



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO DEL HOSPITAL
DEL IGSS “DR. JUAN JOSÉ ARÉVALO BERMEJO” DE LA ZONA
6 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJADO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA POR

RUDY RENÉ CARÍAS

ASESORADO POR: ING. JULIO ROBERTO GUZMÁN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2004



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO DEL HOSPITAL
DEL IGSS “DR. JUAN JOSÉ ARÉVALO BERMEJO” DE LA ZONA
6 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJADO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA POR

RUDY RENÉ CARÍAS

ASESORADO POR: ING. JULIO ROBERTO GUZMÁN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO DEL HOSPITAL DEL IGSS
“DR. JUAN JOSÉ ARÉVALO BERMEJO” DE LA ZONA 6 DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA POR

RUDY RENÉ CARÍAS

ASESORADO POR ING. JULIO ROBERTO GUZMÁN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Muyphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahan Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernandez
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Anacleto Medina Gómez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

Guatemala, octubre del 2003.

Ingeniero.
Arturo Estrada
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero:

Cumpliendo con lo establecido por la Escuela, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación **EXTRACCIÓN Y VENTILACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO DEL HOSPITAL DR. JUAN JOSÉ ARÉVALO BERMEJO DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**, desarrollado por el estudiante universitario Rudy René Carías , previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El trabajo presentado por el estudiante ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, consultando la bibliografía adecuada y siguiendo las recomendaciones de la asesoría.

Dicho todo lo anterior me permito por la presente, aprobar dicho trabajo de graduación del autor.

Sin otro particular, me suscribo de su persona.

Muy atte.

Ing. Roberto Guzmán.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO DEL HOSPITAL
DR. JUAN JOSÉ ARÉVALO BERMEJO DEL INSTITUTO
GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 17 de septiembre del 2001.

Rudy René Carías

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ASPECTOS BÁSICOS DEL CONTROL AMBIENTAL	1
1.1. Ventilación industrial.....	1
1.2. Ruido y vibración.....	3
1.3. Temperatura y humedad	6
2. CLASES DE VENTILACIÓN	9
2.1. ventilación natural	10
2.2. Ventilación mecánica.	17
2.2.1. Ventilación general..	18
2.2.2. Ventilación local o directa.....	18
2.2.2.1. Técnicas de extracción local o directa.....	18
2.2.2.2. Ventilación por diferencia de temperatura y calor.	19
2.3. Diseño de un sistema de ventilación.....	20
3. VENTILADORES	23
3.1. Clasificación y aplicación.....	23
3.1.1. Ventiladores tipo hélice.....	23
3.1.2. Ventiladores tipo axial.....	24

3.1.3. Ventiladores tipo centrifugo.	25
3.1.3.1. Ventiladores de aspas curvadas hacia delante...	26
3.1.3.2. Ventiladores con aspas curvadas hacia atrás.....	26
3.1.3.3. Ventiladores con aspas radiales.....	27
3.1.3.4. Ventiladores de techo.....	27
3.1.3.4.1. Ventiladores de techo por gravedad.....	27
3.1.3.4.2. Ventiladores de techo motorizados.....	27
3.2. Requisitos para la extracción del aire.....	28
3.2.1. Sistema de evacuación de polvos industriales	29
3.2.2. Ramales o caños.....	31
3.2.3. Ventilador.....	32
3.2.3.4 Equipo de colector de polvos.....	33
3.2.4.1. Ciclónicos.....	33
3.2.4.2. Inmersión	33
3.2.4.3. Filtro.....	34
4. ANÁLISIS DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO.....	35
4.1. Condiciones interiores	36
4.2. Nivele de utilidad, época hora.....	37
5. DISEÑO DEL SISTEMA	39
5.1. Factores que dependen el sistema de ventilación.....	39
5.1.1. Potencia del ventilador.....	39
5.1.2. Leyes de los ventiladores	41
5.1.3. Selección del ventilador.....	42
5.1.4. Diseño del sistema ventilación	45
6. ANÁLISIS DE COSTO.....	55
6.1. Cálculo en gasto de equipo.....	55
6.2. Cálculo de gasto en materiales y suministro	56

6.3. Cálculo de gasto en instalación	57
6.4. Cálculo de gasto en mantenimiento	61
7. GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	61
7.1. Verificación de operación del sistema.....	61
7.1.1. Control antes de operar.....	61
7.1.2. Controles en las operaciones	62
7.2. Mantenimiento programado.....	63
7.2.1. Mantenimiento de ventiladores	64
7.2.2. Problemas más frecuentes de los ventiladores.....	67
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ventiladores de gravedad.....	14
2. Orientación de ráfagas de viento.....	15
3. Ventiladores de hélice.....	24
4. Ventiladores tipo axial.....	25
5. Ventiladores centrífugos.....	26
6. Diagrama del extractor a utilizar en este diseño.....	51
7. Diagrama a utilizar para la extracción del calor.....	53
8. Colectora de polvo.....	76
9. Colector de inmersión.....	76
10. Colector de filtros.....	78
11. Gráfica de ventilador de paletas con curvas hacia adelante.....	78
12. Técnicas de ventilación.....	79

TABLAS

I. Condiciones climatológicas en la ciudad de Guatemala.....	35
II. Renovaciones de aire para departamentos.....	48
III. Características técnicas de los ventiladores helicoidales.....	50
IV. Especificaciones del extractor.....	52
V. Programa de mantenimiento para el sistema de extracción.....	59
VI. Horas de servicio del equipo de extracción.....	67
VII. Coeficiente de extracción a través de muro, puertas y techo.....	74

VIII.	Volumen de aire necesario por persona, por hora, en metros cúbicos..	75
IX.	Renovaciones de aire, número de veces por hora.....	75
X.	Velocidades recomendadas para campanas de extracción.....	77

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grados sexagesimal
'	Minutos
“	Segundos
Hs	Presión Estática
r.p.m.	Revoluciones por minuto
PA	Pascal
PSI	Libras por pulgada cuadrada
SI	Sistema Internacional
HP	Potencia de aire estático
Mn	Precipitación
Hrs	Brillo solar
%	Humedad relativa
m/s	Metros por segundos

GLOSARIO

Conducción	Acción de transmitir calor, electricidad, etc. Conjunto de tuberías, cables, etc, para conducir un fluido.
Convección	Transferencia de calor de un punto a otro dentro de un fluido mediante la mezcla de una porción de dicho fluido con otro.
Decibeles	Unidad de medida para expresar la intensidad de los sonidos.
Extracción	Acción de extraer, expulsar hacia el exterior.
Freno	Dispositivo o mecanismo para aplicar resistencia mediante fricción al movimiento de un cuerpo y, por lo tanto, absorber energía mecánica convirtiéndola en calor.
Flujo axial	Movimiento del aire en dirección a su eje.
Flujo radial	movimiento del aire en dirección a su radio.
Humedad	Generalmente, vapor de agua mezclado con aire seco.

Humedad relativa	Relación (con peso) de vapor de agua en el aire y el vapor de agua saturada en aire a la misma presión y temperatura.
Pascal	Medida de presión en sistema SI (1.45 E-4 PSI).
Polucionado	Derramamiento de partículas de manera involuntaria, que son las causantes de la contaminación ambiental.
Potencia al freno	Resistencia a la fricción desarrollada a la por un freno.
Radiación	Transferencia de energía de forma ondulatoria de un cuerpo caliente a un cuerpo relativamente frío, independientemente de cualquier materia existente entre cuerpos.
Recinto	Espacio cerrado y comprendido de ciertos límites.
Temperatura	Magnitud física que caracteriza de manera objetiva la sensación subjetiva de calor o frío producida por el contacto de un cuerpo.
Turbina	Unidad de potencia giratoria producida e impulsada por el impacto o reacción de una corriente de aire (turbina de aire o de gases calientes (turbina de gas) .
Ventilación	Proceso de suministrar aire exterior, es decir fresco, o de eliminar aire de un recinto.

Velocidad de flujo Pies cúbicos por minutos (CFM) de aire circulando de un sistema de aire, o libras de aire por minuto en circulación a través de un sistema de calefacción de agua caliente.

Vibración En un cuerpo elástico son cambios alternativos de forma tal que sus componentes oscile sincrónicamente en torno a posiciones de equilibrio, sin que el campo cambie de lugar.

RESUMEN

Los ventiladores son aparatos que conducen corriente de aire. Estos son necesarios para distribuir el aire en recintos en los cuales es necesario la renovación del mismo.

El propósito de la adecuada distribución del aire es lograr condiciones confortables en cada recinto, este es un aspecto de los sistemas de control ambiental que con frecuencia se omite porque parece sencillo, sin embargo la selección del tipo de ventilador así como el tamaño del mismo incluye consideraciones aerodinámicas, económicas y adaptabilidad funcional.

La distribución adecuada de aire en un espacio determinado es necesaria para proporcionar confort, para ello existen algunos principios de distribución del aire (unidades terminales) (como la temperatura y la velocidad de aire en la zona ocupada), así mismo es necesario utilizar el dispositivo que permita satisfacer tal necesidad, para lo cual hay que tomar en cuenta los tipos disponibles en el mercado, así como sus características para la selección.

Para la realización del diseño ha utilizar se requiere conocer los dos tipos de ventilación, natural y ventilación forzada o mecánica. La ventilación natural se aprovecha los medios naturales disponibles para introducir aire al interior del edificio, pasarlo por el y expulsarlo. Los ventiladores usados al sistema son: persianas, ventiladores de gravedad y ventiladores tipo turbina y cubierta.

Para una ventilación mecánica o forzada se está obligado a contar con un sistema de ventilación y extracción positiva. En este tipo de ventilación se

sabe que la necesidad de un recinto, deberá tener la renovación de aire que se encuentra en él. Ya que puede encontrarse gases, malos olores, partículas en suspensión etc, el suministro de aire viciado se deberá utilizar con diferentes técnicas.

De las características mediante las cuales se clasifican los ventiladores, está por la naturaleza del flujo que pasa a través del rodete. Por ello los rodetes pueden ser de flujo axial, flujo radial, flujo mixto y flujo transversal, estos pueden ser de tipo hélice, axial y centrífugo.

Existen leyes de los ventiladores, está la de calcular la capacidad por medio de la velocidad y la presión estática para una adecuada selección del ventilador. También hay otros parámetros que son eficiencia máxima, operación tamaño peso, ruido y costo.

El estudio financiero se propone para determinar si la inversión del proyecto puede ser aceptada por el hospital, quien analizará el proyecto mediante presupuestos del sistema a utilizar.

Se deberá utilizar un programa de mantenimiento, con el fin de descubrir y reparar situaciones que podrían provocar fallas y daños en el equipo. Deberá emplearse información de inspección que permita predecir cuándo fallará el equipo y evitar problemas más serios.

OBJETIVOS

General

Hacer el estudio para la creación del sistema de ventilación y extracción en el departamento de lavandería y secado del “Hospital Doctor Juan José Arévalo Bermejo”, para mejorar la calidad de trabajo y ayudar al personal que labora en dicho lugar, a mejorar su salud física.

Específicos

1. Conocer los fundamentos y las variables del sistema de ventilación
2. Analizar los tipos de ventiladores o extractores que existen.
3. Analizar la situación actual del área de lavandería y secado de hospital.
4. Realizar el cálculo de los equipo de ventilación ha utilizar y remodelación del departamento de lavandería y secado.
5. Implementar un método de evaluación constante del diseño de ventilación y extracción, así como del tiempo adecuado para darle mantenimiento, con el fin de optimizar costos y energía.
6. Calcular los costos del diseño de ventilación, acorde al presupuesto de la institución hospitalaria.

7. Implementar plan de mantenimiento del sistema de ventilación.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue realizado en el Hospital Dr. Juan José Arévalo Bermejo de la zona 6 de la ciudad de Guatemala. Está destinado a proporcionar un mejor ambiente a los trabajadores del área de lavandería, lo cual se verá reflejado en el tipo de servicio a los afiliados. Trata de la ejecución del proyecto destinado a mejorar las condiciones ambientales de la lavandería y secado de dicho hospital, se pretende que la ventilación y extracción de calor sea eficiente. El modelo planteado para ello se basa en la revisión de literatura sobre ventilación y extracción de aire a nivel industrial, se toman en cuenta los aspectos que deben considerarse para la instalación de un equipo adecuado.

En los capítulos 1, 2 y 3 se describe el análisis y conocimiento de las variables del diseño, la temperatura y la humedad, así como los tipos de ventilación que existen, se describe las características de cada ventilador, así como los aspectos que se tomaron en cuenta para la elección del extractor a utilizar en el diseño de este proyecto.

Para el esquema del el diseño se realizó un diagnóstico y un análisis de las condiciones ambientales internas y externas en el departamento. El diseño se planteó en base a criterios objetivos, producto del diagnóstico y análisis de la situación actual del departamento, donde se aplican las normas y especificaciones en ventilación industrial; como que por ejemplo el volumen de aire sea adecuado al área que se pretende ventilar, la potencia requerida, el caudal de aire, la presión estática y total, las velocidades tangenciales del extractor a proponer y la selección adecuada del equipo.

Es importante tomar en cuenta en este proyecto como en todos el equipo debe ser manejado en forma adecuada, por personal capacitado, con

mantenimiento periódico para lograr una vida larga del equipo, con el fin de proporcionar un servicio continuo y de calidad.

Dado el planteamiento del problema, es necesario implementar un nuevo sistema de ventilación y considerar formas de solución a dicho problema; es importante la remodelación del lugar de trabajo y por ello se justifica la realización de este anteproyecto dirigido a realizar un análisis del ambiente de trabajo y del sistema de ventilación. Es importante contar con la asesoría de personal especializado en el área de ventilación y buscar de información y manuales técnicos para que dicha modificación sea óptima. El anteproyecto plantea las opciones de financiamiento de dicha remodelación, se toma en cuenta el recurso humano y material necesario para la misma. Con este proyecto no sólo se pretende mejorar las condiciones de trabajo del personal, sino también plantear un método de evaluación constante de diseño de ventilación y extracción.

1. ASPECTOS BASICOS DEL CONTROL AMBIENTAL

1.1 Ventilación industrial

La ventilación es un tema estrechamente relacionado con el control de riesgos para la salud. La ventilación influye sobre el control del ambiente para la protección de riesgos físicos. El aire seco y puro en su estado natural es una mezcla de gases constituidos, fundamentalmente, por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 3% de bióxido de carbono y cantidades menores de otros gases como argón, neón, helio, metano, bióxido de azufre, hidrógeno y otros elementos en cantidades menores. Cualquier actividad humana aporta al medio ambiente una cantidad de impurezas que vienen a alterar las proporciones químicas y físicas del aire y, por añadidura, la actividad atmosférica como lluvias, descargas eléctricas, polvos, etc., son responsables también de una modificación sustancial al grado de pureza del aire, combinándose con la actividad química-biológica presente en la superficie de la tierra.

Las impurezas del aire se dividen, fundamentalmente, en impurezas mecánicas correspondientes a partículas sólidas en suspensión e impurezas químicas correspondientes a gases o vapores, cuya presencia altera la composición química del aire.

Las impurezas mecánicas incluye:

Polvos: Término general que se aplica a partículas esencialmente mayores que las coloidales y que son capaces de formar, temporalmente, una suspensión.

Gaseosa: Los polvos no tienen tendencia a flocular excepto bajo la acción de fuerzas electrostáticas; no se difunden, pero se asientan por la influencia de la gravedad. Los polvos son resultado de operaciones como: molienda, aplastamiento, perforación, pulverización, tamizado y explosiones.

Las impurezas químicas incluye:

Vapores: Partículas sólidas generadas por la condensación del estado gaseoso, producido generalmente después de la volatilización de sustancias fundidas y, a menudo acompañadas por una reacción química, como la oxidación. Por ejemplo, el vapor de zinc parte de una superficie caliente del metal líquido y se condensa por el contacto con el aire ambiente para formar partículas pequeñas con apariencia de pelusa de óxido de zinc. En general, los vapores tienen un tamaño menor que 1 un micrón, aunque pueden flocular para formar partículas mayores.

Humos: Partículas sostenidas por un gas, de un tamaño generalmente menor que 0.5 un micrón, resultado de la combustión incompleta de materiales como madera, carbón y petróleo.

Neblinas y plumas: Término aplicado a las dispersiones de partículas líquidas, de 0.1 a 2.5 un micrón; éstas son de baja concentración, aunque las partículas son de gran tamaño. Todas estas impurezas y otras que abundan en la atmósfera, pueden ser las causantes de enfermedades profesionales como la silicosis, asbestosis y otras. Los trabajadores deben permanecer en ambientes de trabajo lo más sano y seguro, y con respecto a la ventilación se sabe que el organismo necesita una cantidad de oxígeno que es suministrado por el aire, por lo que en cualquier industria se necesita de la circulación del aire.

Un espacio donde el aire está quieto hará que el ambiente que rodea a las personas termine saturándose en su temperatura y humedad.

La falta de ventilación adecuada produce fatiga y reduce la atención de los trabajadores, produciendo mayor propensión a los accidentes. En sitios en donde hay polvos perjudiciales o vapores nocivos, es necesario instalar sistemas locales para eliminarlos.

1.2. Ruido y vibración

El ruido como contaminante: La contaminación producida por el ruido consiste en la intensidad con que se emite éste y que resulta molesta y dañina al oído.

Los principales lugares donde se produce ruido se pueden localizar en las concentraciones urbanas o lugares fabriles, es decir, en las zonas industriales. El ruido esta presente a cada momento; en la casa, en la calle, en la escuela, cuando se aborda la camioneta, en el trabajo, el que producen los carros, aviones, centros deportivos, aparatos industriales y domésticos. Sin embargo, muchas veces resulta bastante difícil medir, exactamente, el ruido aunque penetra por todos lados.

Dentro de los problemas que ocasiona al ser humano la continua exposición al ruido, medido de 85 decibeles para arriba, se encuentran los siguientes:

1. Descenso del rendimiento en el trabajo
2. Falta de sueño
3. Pérdida del apetito

4. Falta de coordinación en las ideas por agotamiento mental
5. Daños serios al sistema nervioso
6. Lesiones en el oído
7. Aumento de latidos en el corazón
8. Pérdida paulatina del oído
9. Pérdida del equilibrio
10. Dolores de cabeza
11. Fatiga al sostener una conversación; cansa oír y replicar
12. Problemas del estómago
13. Anormalidad en el páncreas
14. Problemas en los vasos sanguíneos
15. Agresividad

Como medir el ruido: Para precisar sus características se necesitan las siguientes cantidades físicas:

- a) Volumen: Medido en decibeles, cantidad de intensidad del sonido
- b) Frecuencia: Medido en ciclos por segundo c/s, número de veces de las oscilaciones sonoras
- c) Duración tiempo del sonido: Entre los niveles de intensidad que producen diversos ruidos se pueden situar los siguientes:
 - I. Descripción volumen o Intensidad
 - II. Sirenas de ambulancias, 150 decibeles
 - III. Perforaciones mecánicas, 150 decibeles
 - IV. Motocicletas, 110 decibeles
 - V. Fábricas de monedas, 110 decibeles

- VI. Licuadoras, 90 decibeles
- VII. Oficinas ruidosas, 90 decibeles
- VIII. Timbre de teléfono, 70 decibeles
- IX. Voz humana, 60 decibeles

En síntesis, los efectos que produce el ruido en el hombre, constituyen la contaminación quizá más peligrosa para él, para su vida, ya que con frecuencia se protege mejor contra otros tipos de contaminación. De todos los tipos de contaminación, es el que causa mayores estragos en el medio ambiente.

Los ruidos, entonces, deben ser reducidos ya que sus efectos ocasionan gasto de energía en los centros de trabajo y en el propio organismo.

Los trabajadores cuyo esfuerzo implica concentración mental, son bastante sensible al ruido. Las fábricas que se han dado cuenta del problema han logrado resultados positivos en su producción, al disminuir los ruidos que producen las máquinas y otros medios de producción.

El desarrollo industrial ha introducido el ruido como factor perturbador de la salud humana ya que su exceso produce el 20% de los accidentes laborales.

La protección contra el ruido es preferible lograrla disminuyendo el ruido en la propia fuente, pero, esto no es siempre posible. Un segundo paso es procurar la protección del oído del trabajador. De esta idea ha surgido en el comercio una serie de dispositivos de protección que en algunos casos disminuyen sensiblemente la intensidad de los ruidos molestos que suelen oírse.

Sin embargo, aunque la mayor cantidad de sonido alcanza al oído interno a través del canal del oído, conducción del aire al oído interno, una parte importante del sonido es transmitida al oído interno por medio de los huesos de la cabeza. Las protecciones, por tanto, no son capaces de disminuir el sonido que alcanza al oído interno.

Vibración: Una vibración, en un sentido general, es un movimiento periódico, es decir que se repite exactamente en todos sus aspectos después de un cierto intervalo de tiempo que se llama período.

Una consideración importante cuando se describe la exposición a ruidos es la duración, así como de las dimensiones acústicas habituales. Parece evidente que la exposición a ruidos de corta duración, excepto el caso de ruidos de tipo muy sonoro, no producirá daño permanente al oído.

La vibración es otra forma de contaminación, la cual está íntimamente relacionada con el ruido.

1.3 Temperatura y humedad

Debido a los efectos del calor y la humedad en el organismo humano, el balance de calor en el cuerpo es un requerimiento fisiológico necesario para la comunidad y la salud del individuo.

Cuando las condiciones climatológicas son desfavorables y se agrega a la exposición el calor y humedad producida por el proceso industrial, el cuerpo humano no es capaz de eliminar el calor tan rápidamente como es producido, y como consecuencia, la temperatura del cuerpo humano aumenta y, si la exposición es prolongada y excesiva, los resultados negativos son inevitables.

El cuerpo humano es como cualquier otro cuerpo físico, está regido por leyes físicas y se le puede aplicar las leyes del intercambio de calor entre cuerpos sólidos y entre éstos y el medio ambiente. Son varios los valores fundamentales que intervienen en estas leyes, pero, se analizarán aquellos que son fundamentales.

Efectos fisiológicos: cuando el organismo está expuesto al calor intenso, sus sistemas reguladores entran en funcionamiento para equilibrar la temperatura del cuerpo y mantenerlas en equilibrio el cuerpo cuenta con tres factores: sudoración, convección y radiación.

- a) Sudoración: Mediante el sudor del organismo reduce la carga calorífica, al evaporarse éste. Esta evaporación sólo se produce en forma eficiente cuando la humedad relativa del aire está balanceada, pero cuando ésta saturada de agua no podrá recoger el sudor producido por el cuerpo y, por lo tanto, éste corre por la piel gastándose las energías que se usaron para producirlo. Un efecto secundario del calor es que las sales salen del organismo junto con el sudor son restados de los sistemas y si estas sales no son repuestas al organismo, se produce los efectos de la deshidratación, aumento de la temperatura, aceleración del ritmo del corazón, disminución, de la presión arterial, etc. llegando hasta la postración de *shock* por calor.

- b) Convección: Por medio de este sistema físico de cambio de calor con el medio ambiente, el cuerpo obtiene un balance parcial de su carga calorífica. Para que la convección sea eficiente se requiere que el aire que rodea al individuo sea más frío.

Si el aire que rodea al cuerpo es más caliente, éste se calentará o sea que absorberá calor del aire; si el aire es más frío, el cuerpo se enfriará porque transmitirá parte de su calor al aire.

- c) Radiación: La radiación es el intercambio de calor entre dos cuerpos y se produce por el tránsito de ondas de energía radiante del cuerpo más caliente al cuerpo más frío, es decir que si alrededor del individuo existen cuerpos más calientes, los rayos infrarrojos que son los medios por los cuales se produce la radiación, viajan de estos cuerpos al individuo calentándolo y viceversa.
- d) Metabolismo: El cuerpo humano es capaz también de producir calor interno mediante el consumo de energías y se presenta principalmente en grados altos mientras trabajamos.

2. CLASES DE VENTILACION

La ventilación de los edificios industriales es un aspecto de vital importancia en la planeación de éstos.

En todo tipo de industria se requiere de una buena ventilación. El aire que se respira ha de poseer la calidad necesaria para no afectar la salud humana. La calidad del aire esta determinada, simplemente, por la concentración de agentes contaminantes. Se entiende por contaminación, la existencia de partículas que normalmente no deben hallarse en el aire o una concentración demasiado alta de partículas existentes ya que el aire está contaminado siempre por varias razones, tales como polvo, humos, detergentes, gases, vapores, disipadores de calor de motores, secadores, calderas y el calor que librerá el cuerpo humano de los operarios que laboran dentro del edificio.

Cuando se piensa en ventilación de edificios industriales, se está analizando el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior. Entonces, en este proceso se está extrayendo el calor generado por la fuentes mencionadas anteriormente; es decir, se está efectuando un balance térmico ya que la cantidad de calor desplazado por el aire fresco es igual al calor ganado en el edificio menos el calor irradiado en el mismo y, así, mantener la temperatura interior constante, beneficiando el proceso y a los operarios.

La renovación del aire dentro de un edificio industrial se puede llevar a cabo por dos medios:

- a) Renovación natural: La que no precisa de instalación alguna, ya que debido a su propia estructuración y diseño permite una renovación gradual y suficiente de aire.

- b) Renovación artificial o forzada : La que puede ser de dos tipos:
 - a. Renovación forzada estática: La que precisa algún tipo de instalación para crear unas corrientes de aire y poder evacuar los gases viciados: chimeneas.

 - b. Renovación forzada dinámica: La que precisa de instalaciones de impulsión y/o extracción para crear depresión o sobre presión.

Esta puede ser: ascendente, descendente o cruzada (ver anexo 5, ventilación, figura No. 12a).

2.1 Ventilación natural

Esta es la ventilación mediante la cual se aprovechan los medios naturales disponibles para introducir aire al interior del edificio, pasarlo por él y expulsarlo. Estos medios son los siguiente:

- 1) La energía cinética del viento

- 2) El tiro natural provocado por la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el aire exterior. El movimiento del aire puede ocurrir por una de éstas fuerzas actuando individualmente o a la combinación de ambas, esto depende de las condiciones atmosféricas, del diseño del edificio y de la localización y orientación del mismo.

Los resultados esperados pueden variar con el tiempo debido a los cambios de velocidad, dirección del viento y las diferencias de

temperaturas, considerando también, la orientación de las ventanas y su diseño para que éstas actúen a favor de las fuerzas naturales y no se produzcan efectos antagónicos.

La temperatura del aire en el interior de los edificios industriales es, generalmente, mayor a la temperatura del aire exterior, por lo tanto, el peso de una columna de aire en el interior del edificio es menor que el peso de la misma columna del aire exterior, esta diferencia de pesos referida a un área determinada da diferencias de presiones que recibe el nombre de tiro natural y que establece una corriente de aire del exterior al interior del edificio a través de las aberturas localizadas en los niveles inferiores. El aire frío que entra por la parte inferior del edificio toma calor del interior del mismo formándose corrientes convectivas ascendentes que encuentran su salida por las aberturas del nivel superior. Este efecto de chimenea dentro de los edificios es el que se aprovecha para ventilarlos naturalmente, reforzando así, la acción dinámica del viento cuando éste sopla contra el edificio.

El tiro natural es más eficiente para la ventilación cuando aumenta la diferencia de temperatura, cuando las áreas de salida y entrada son, sensiblemente, iguales aunque, teóricamente, las áreas de salida deben ser mayores, pues, el volumen de aire que sale es mayor que el que entra debido a la expansión correspondiente al incremento de la temperatura.

Colocación de ventanales: (Ver anexo 5, figura 12a) . Los ventanales de un edificio deben ser colocados tanto longitudinalmente como frontalmente si se desea una buena

ventilación, ya que el viento algunas veces soplará paralelo al lado longitudinal y otras soplará al lado frontal.

Prácticamente, siempre se estará aprovechando la dirección del viento ya que cuando su acción sea paralela al lado longitudinal, entonces, se aprovechará el lado frontal y viceversa.

En la distribución de ventanas se deben aprovechar las zonas de presión y de vacío, colocando ventanas de entrada y salida, respectivamente, de tal manera que la acción combinada de ambos efectos produzcan ventilación cruzada dentro del edificio, evitando así, los bolsones de aire dentro del mismo.

Las zonas de baja presión se encuentran próximas a las aristas de la pared perpendicular a la dirección del viento, pared anterior y posterior, las zonas de vacío serán las paredes, que en este momento se encuentran longitudinal a la dirección del viento, conociéndose este efecto con líneas de flujo (ver anexo 5, figura No. 12c).

De tal manera que la acción combinada de estos efectos produzca una ventilación cruzada al abrir las ventanas. Disminuye tanto la presión como el vacío original, pero, el paso del aire puede ser controlado en cantidad y dirección variando las áreas de paso en las ventanas.

Los medios de instalación usados para un proyecto de ventilación natural son, entre otros: persianas, ventiladores de gravedad, monitores, ventiladores tipo turbina, cubiertas: campanas de extracción.

Ventiladores de gravedad: Son ventiladores fijos colocados en los techos, son económicos, diseñados para uso general en edificios industriales,

públicos y comerciales donde una ventilación mediante descarga por gravedad es requerida.

Estos ventiladores han sido creados idealmente para corregir fallas en las condiciones de succión por chimenea y también ayudan a prevenir la condensación en las partes altas o en los áticos de los edificios aislados.

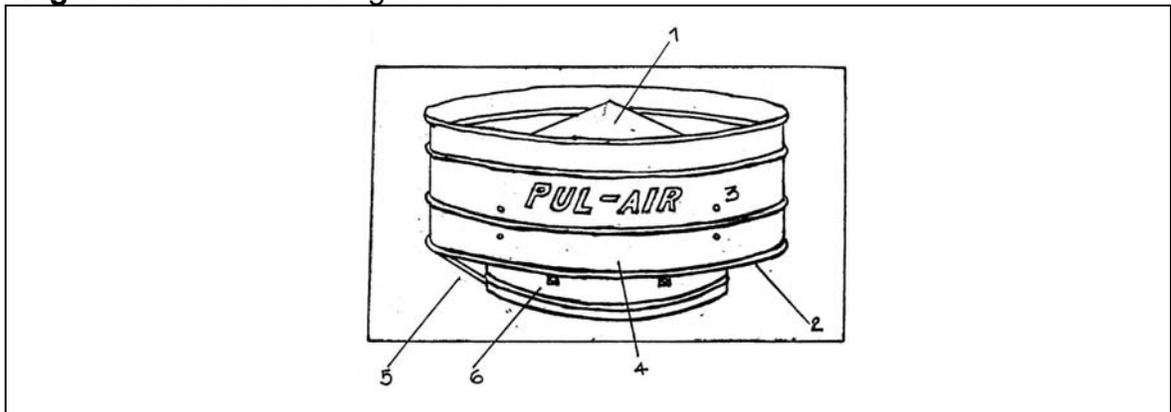
Estos ventiladores pueden ser suministrados en cualquier forma deseado, redondo, cuadrado o rectangular y pueden ser modificados para otros adicionales y variados usos.

Básicamente, el rozamiento del aire y la acción de tiro natural son utilizados en los principios fundamentales de trabajo de este tipo de ventiladores.

Presiones negativas son desarrolladas cuando el paso de las corrientes de aire golpea la superficie externa del ventilador. El aire desde adentro es impulsado hacia arriba para llenar el vacío parcial inducido y es expulsado a través del área de protección climática de salida.

Ventilador de gravedad fabricado por “*penn ventilator co. inc*”

Figura 1. Ventilador de gravedad



Fuente: **Juan Gómez**, Sistema de evacuación de ventilación para ambientes con alta concentración de polvos. Pág., 15.

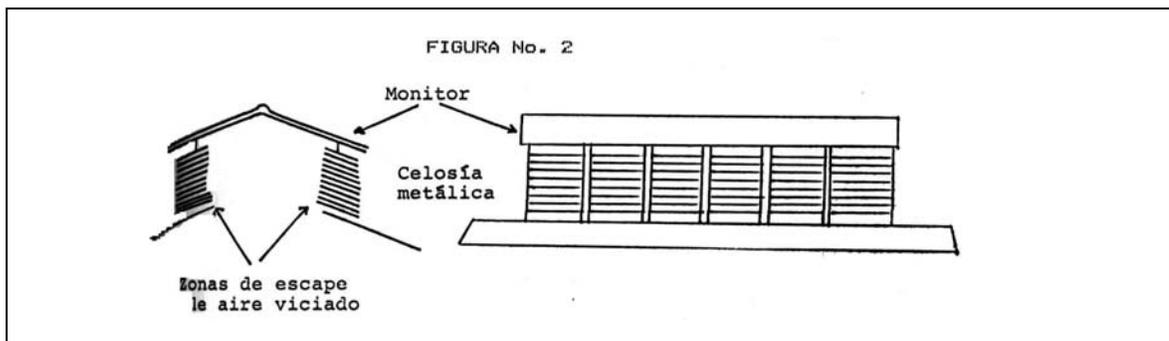
Descripción de la figura:

- 1) Cubierta cónica climática
- 2) Banda de viento
- 3) Aros de rigidez
- 4) Desviación interior para disminuir la presión.
- 5) Brazos de barras planas: retenedores
- 6) Árbol interior

Monitores de techo: Este tipo de instalación tiene el mismo principio de los ventiladores de gravedad y se basa, primordialmente, en el hecho de que el aire caliente que se concentra en las partes más altas de un local tiende a escaparse por las aberturas practicadas en el techo.

Las ráfagas de viento inducen presiones de vacío en este tipo de ventilador estático y el aire viciado tiende a ocupar estas zonas y se escapa por las aberturas, ventanas, practicadas en ellos. **Ver figura No. 2**

Figura 2. Orientación de ráfagas de viento



Fuente: **Juan Gómez, Sistema de evacuación de ventilación para ambientes con alta concentración de polvos. Pág. 16.**

El aire viciado en teoría se escapa por las zonas laterales del monitor y su área efectiva, A_e , para efectos de cálculo es igual a cA_t , $A_e = cA_t$, donde c es un coeficiente que toma en cuenta la cantidad de aire que logra pasar a través de las persianas de celosía y que también depende del ángulo de inclinación que poseen éstas. A_t es el área total de persianas. Este tipo de instalación ventilador es recomendable en lugares donde se produce gran cantidad de calor y formación de vapor de agua.

Reglas generales de ventilación natural: El área de ventanas para una buena iluminación natural es suficiente para una buena ventilación, el área aceptable es del 25 a 30% de la superficie del suelo.

Es conveniente considerar las siguientes reglas para completar el funcionamiento de la ventilación.

- 1) Las áreas de paso del aire deben estar bien distribuidas en el edificio, debiendo ser localizadas las entradas lo más bajo posible y las salidas lo más alto que se pueda.
- 2) No debe haber obstáculos cerca de las entradas ni tabiques interiores que impidan la circulación interior del aire.
- 3) Cuando las áreas de entrada son sensiblemente iguales a las áreas de salida, se obtiene el mayor rendimiento por metro cuadrado de ventana.
- 4) Cuando la dirección del viento es prácticamente constante, debe aprovecharse esta circunstancia orientando el edificio, de tal manera, que su eje mayor quede perpendicular a la dirección del viento dominante. Si la dirección del viento es muy variable, entonces, el diseño del edificio debe hacerse en tal forma que éste tenga las áreas de sus ventanas balanceadas en los cuatro costados, para que independientemente de la dirección del viento siempre se tenga ventilación en el interior.
- 5) Para que exista tiro natural debe haber desnivel entre las ventanas de diferente altura.
- 6) Cuando se usan tragaluces, las ventanas del lado del viento deben cerrarse, pues, si se abren, habrá la tendencia del tiro descendente que se opondrá al tiro natural. Las ventanas del lado opuesto deben abrirse para que el efecto del viento y del tiro natural se unan en el mismo sentido.
- 7) Cuando se usan chimeneas de ventilación se deben colocar en forma simétrica con respecto al techo del edificio.

2.2 Ventilación artificial o forzada mecánica

Debido a lo contaminante que resulte un proceso, muchas veces no se podrá ventilar usando únicamente los efectos de ventilación natural.

Existen diversos procesos industriales donde la presencia de partículas en suspensión en el aire pueden deteriorar el producto a conseguir: pinturas, laboratorios de procesos químicos, gases, etc.

Se sabe que la necesidad de ventilación de un recinto, no es otra que la de renovación del aire que se encuentra en él, ya que puede encontrarse deteriorado por:

- a. Consumo de oxígeno
- b. Mezclado con otros gases
- c. Malos olores
- d. Polucionado con partículas de suspensión
- e. Radio activado

El saneamiento del aire viciado se deberá realizar con diferentes técnicas, las cuales se irán especializando cada vez más, según sea el grado de peligrosidad, ya sea tóxico o técnico, llegando a la protección individual. En este tipo de ventilación, el intercambio de aire viciado por el aire nuevo se realiza sin cambios térmicos.

a) Clasificación de ventilación forzada.

En ventilación forzada podemos hacer la siguiente clasificación:

1. Ventilación general
2. Extracción local o directa

La elección de cada uno depende del grado de concentración

2.2.1. Ventilación general

Con este tipo de ventilación se hará entrar aire fresco para que la concentración descienda a límites aceptables.

2.2.2. Extracción local o directa

Consiste en atajar aire contaminado antes de que se expanda por la habitación. Obviamente, este tipo de extracción es la solución más lógica desde el punto de vista de seguridad higiénica y por supuesto del consumo de energía y mantenimiento.

Técnicas de ventilación forzada general

- 1) Ascendente
- 2) Descendente
- 3) Cruzado

La elección de una u otra dependerá básicamente de las características del elemento a evacuar: (Ver anexo 5., figura 12a)

2.1.2.1. Técnicas de extracción local o directa

La extracción del aire viciado se hace por medio de mangueras o ductos, los cuales se instalan directamente en el origen de la contaminación. Es decir, eliminar el humo y el polvo antes de que se expanda.

Por ejemplo, en un taller de motores donde se producen gases nocivos, éste se conectará directamente al escape, evitando así que los gases se desparramen en el aire ambiente.

En los casos de gases de pequeño volumen pero gravemente tóxicos: laboratorios, soldaduras eléctricas, gases de mezclas químicas, etc., por ser emitidos cerca de las personas, es imprescindible la extracción directa, intercalada antes que llegue a las vías respiratorias del operario.

En algunos casos, la extracción directa no puede reemplazar totalmente a la ventilación general, sin embargo, es posible casi siempre resolver los problemas de ventilación mediante la extracción directa, sin aumentar la ventilación natural y sin necesidad de inversiones importantes ni altos costos de mantenimiento.

2.2.2.2. Ventilación por diferencia de temperaturas por medio de calor

Se sabe que el aire se renueva por efectos de la diferencia de densidades entre el aire fresco del exterior, más pesado, el interior más caliente, más ligero. Tal renovación no es regular y fluctúa según oscilen las citadas temperaturas.

Este tipo de ventilación es idóneo para hospitales, escuelas y centros de pública concurrencia; vitrinas de laboratorios, cámaras de disección y casos análogos.

De este sistema de ventilación existen los diferentes métodos:

- a) Precalentamiento local
- b) Precalentamiento central

En ambos casos se calienta el aire, el cual se hace pasar por ductos de superficie calculada, los cuales tiene rejillas donde se atrapar  el aire viciado y, luego, transportado hasta las rejillas de evacuación. Este sistema es poco usado, ya que los sistemas anteriormente descritos, presentan más comodidad y economía en su instalación.

2.3. Diseño de un sistema de ventilación

La ventilación natural de edificios industriales se mide por el número de veces que cambia el volumen del aire por hora dentro del edificio, siendo este aire exclusivamente el destinado a ventilación. Este número de renovaciones de aire por hora está en función del número de personas que se encuentran en él, del tipo de maquinaria y de las operaciones del proceso, presentándose la situación más crítica en la época del verano que es cuando se da la máxima temperatura.

Se sabe que el viento es el medio de ventilación, por lo tanto, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- 1) Velocidad promedio del aire
- 2) Dirección dominante
- 3) Variaciones diarias y estaciónales de la velocidad y dirección
- 4) Obstáculos cercanos tales como edificios, árboles, accidentes topográficos, vallas publicitarias, etc.

La cantidad de aire que entra al edificio depende de:

- a) La velocidad del viento

- b) Del tamaño de las ventanas y su posición con respecto a la dirección del viento

La cantidad de aire que entra a un edificio se puede medir a través de la siguiente fórmula:

$$Q_1 = CAV$$

De donde

Q_1	=	Flujo de aire en m^3/s
A	=	Área de paso de las ventanas en m^2
V	=	Velocidad del viento en m/s
C	=	Coefficiente de entrada de la ventana

Características

0.5 – 6.25 Cuando el viento sopla perpendicular a la ventana.

0.25 – 0.3 Cuando actúa longitudinalmente.

Conocido el volumen de aire a renovar se debe calcular el caudal de aire necesario para que se dé una buena ventilación.

De donde:

$$Q_2 = V \times \text{No. R/hora}$$

De donde:

Q_2	=	Caudal de aire necesario (m^3 / h)
V	=	Volumen de aire que se desea renovar (m^3)

No.R/hora = Número de renovaciones de aire por hora (ver anexo 1, tabla XIII y IX).

Entonces, Q_2 habrá que compararlo con Q_1 (flujo de aire que entra al edificio) para saber si está entrando la cantidad adecuada para que se considere una buena ventilación natural.

Cálculo de volumen de aire a considerar Sabemos que:

$$V = \frac{M''}{0.3116 (t - 0)} \text{ (m}^3\text{)}$$

De donde:

V = Volumen de aire en m³ que se desea renovar por hora

t = Temperatura interior que se desea

0 = Temperatura mínima exterior

M'' = Calor a eliminar

De donde:

$$M'' = C' + C'' - M'$$

C = 864 calorías/Kwh (cantidad de calor aportado por el alumbrado eléctrico)

C'' = Calor que libera el cuerpo humano a una temperatura exterior de 27°C

El cuerpo humano cede calor entre 80 y 100 calorías/hora dependiendo

de la actividad del operario (pasiva o activa).

M' = Pérdida de calor a través de paredes, ventanas y techos (ver anexo 1, tabla VII de coeficientes de transmisión).

3. VENTILADORES

Son casi universalmente empleados para circulación de aire u otros gases a través de sistemas de baja presión.

3.1 Clasificación y aplicaciones

Una de las características mediante la cual se clasifican los ventiladores, es la de naturaleza de flujo que pasa a través de las aspas del rodete. Por lo anterior, los rodetes o impulsores pueden ser de flujo axial, flujo radial, flujo mixto y flujo transversal. Ciertos nombres de ventiladores se derivan de la anterior clasificación, aún otros nombres se obtienen de otras características.

3.1.1 Ventiladores de tipo hélice (figura 3)

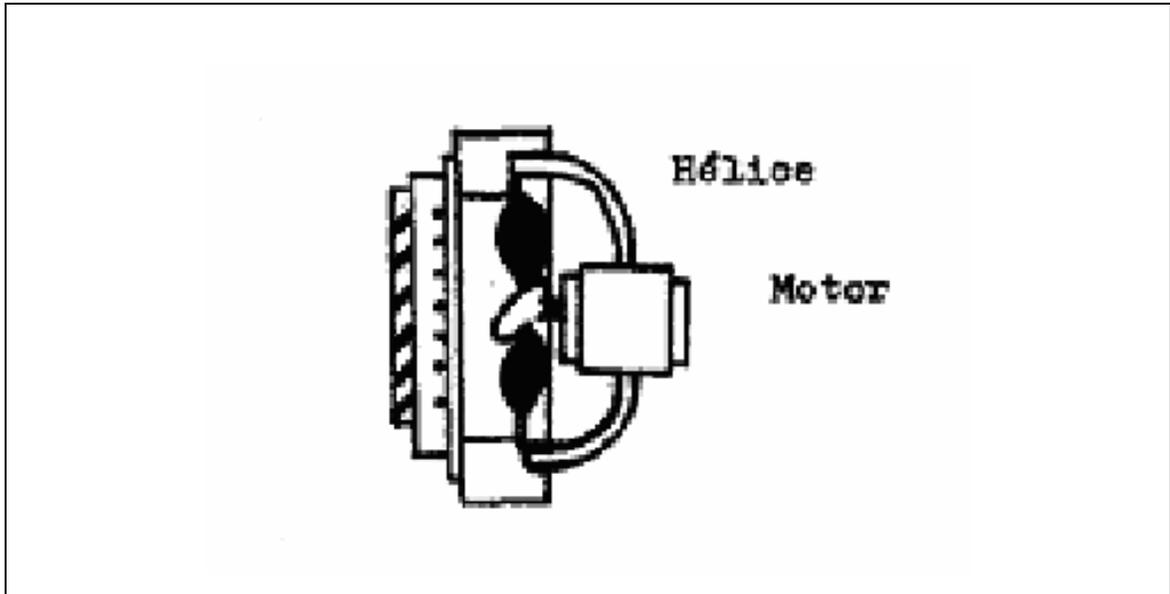
Esta clase de ventiladores se le conoce como propulsores de flujo axial; siendo la forma de su carcasa o envolventes la que los caracteriza. Estos ventiladores pueden montarse dentro de un anillo o marco de montaje o panel.

Este ventilador consiste en una hélice o rotor de dentro de montaje. La dirección de la corriente del aire es la línea correcta, paralela a la flecha del ventilador. Se usa, principalmente, para la traslación de un lugar a otro, hacia el ambiente exterior o para introducir aire nuevo. El montaje puede ser de acoplamiento, por transmisión por banda, flechas extendidas y otras.

Pueden mover grandes cantidad de aire, pero, no produce aumento de presión significantes en el aire de circulación.

Sus aplicaciones comprenden: la ventilación fabril, para procesos específicos, el aire fresco para comunidad de personas y para enfriamientos de productos industriales, como también para producir movimiento de aire dentro un espacio, contra pequeñas diferencia de presión.

Figura 3. Esquemas de tipos de ventilador, Ventilador de hélice

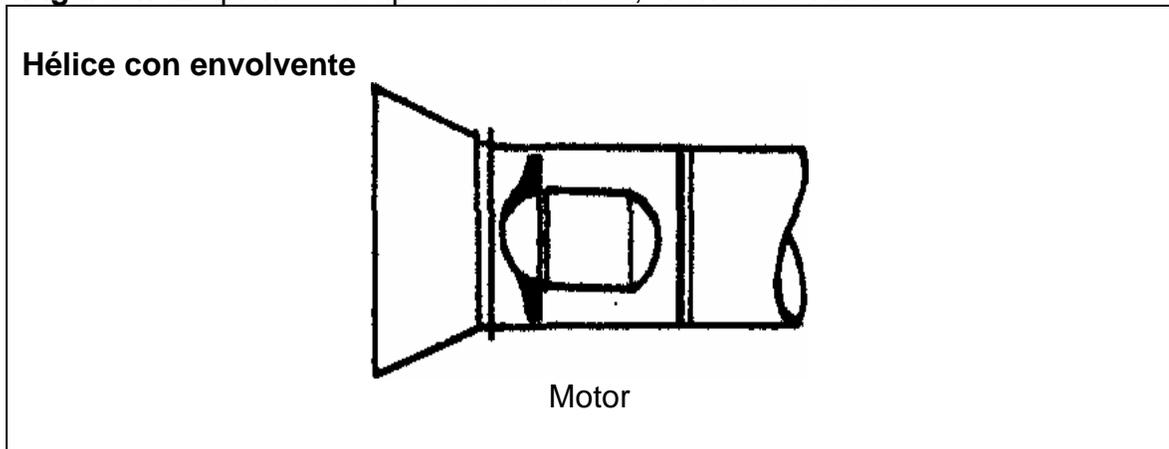


3.1.2 Ventiladores de tipo axial (Figura 4)

Estos ventiladores, al igual que el anterior, al igual que el anterior, utilizan impulsores de flujo axial. Tienen carcasa o envolvente cilíndrico. La agitación del alabe guía, convierte el ventilador en tipo axial en ventilador con aletas guía. Este último es capaz de desarrollar mayores presiones estáticas, siendo más eficientes, los alabes guía en la succión o en la descarga o en ambas, se han añadido para enderezar el flujo de aire fuera de la unidad, alcanzando más alta presión estática que el tipo de hélice de aspas rectas a la misma velocidad axial.

Su uso no es solo en la extracción si no en aplicaciones especiales como escapes de hornos, ventiladores para enfriamiento de productos a alta velocidad y muchos otros.

Figura 4. Esquemas de tipos de ventilador, Ventilador Axial



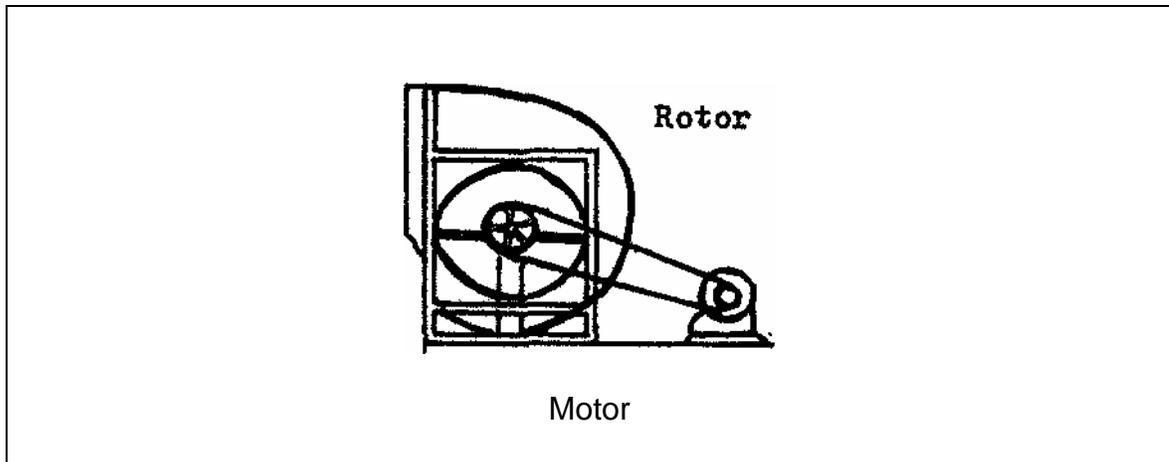
3.1.3 Ventiladores tipo centrífugo (Figura 5)

Estos ventiladores utilizan impulsores de flujo radial, es el tipo de más versátil y ampliamente usado.

Consiste en un rotor encerrado en un envolvente de forma espiral. El aire entra a través del ojo del rotor paralelo a la flecha del ventilador y se descarga por la salida de la envolvente a ángulos rectos de la flecha.

Cuando el ventilador es de entrada doble, el aire entra por ambos lados de la envolvente succionado por un rotor doble o por dos rotores sencillos montados, lado a lado. Los rotores de estos ventiladores se pueden clasificar en aquellos cuyas aspas son radiales, inclinados hacia delante o inclinados hacia atrás del sentido de rotación.

Figura 5. Esquemas de tipos de ventilador, Ventilador centrífugo



3.1.3.1 Los ventiladores de aspas curvadas hacia delante

Su presión va desde $\frac{1}{4}$ hasta 3 pulgadas de columna de agua. Siendo usados para acondicionamiento de aire, ventilación de oficinas y usos relacionados donde el bajo nivel del ruido y baja velocidad son requisitos. Se fabrican algunas veces con acoplamiento directo aunque, generalmente, son de transmisión por banda.

3.1.3.2 Los ventiladores de aspas curvadas hacia atrás

Son más usados en la industria teniendo las características de no sobrecarga y funcionan a más altas velocidades usando transmisiones sencillas. La presión va desde $\frac{1}{2}$ hasta 16 pulgadas de columna de agua. Para volúmenes hasta de varios cientos de miles de pies cúbicos por minuto (pcm).

3.1.3.3 Los centrífugos de aspas radiales

Son unidades de altas velocidades y presiones, muchos tienen acoplamiento directo como los usados en hornos de fundición y sistemas de extracción a alta presión. Su característica principal es bajo volumen, alta presión, de aspas estrechas de diámetro grande.

Su capacidad para desarrollar presión depende de las características de las aspas, como son su longitud o altura, velocidad en la punta y ángulo.

3.1.3.4 Ventiladores de techo

En la ventilación general de una planta, son de dos tipos:

- a) Ventiladores marizados.
- b) Ventiladores por gravedad.

3.1.3.4.1 Ventiladores de techo por gravedad

Dependen de la velocidad del viento que sople sobre ellos, así como de su altura sobre el nivel del piso y de la diferencia de temperatura en el edificio.

3.1.3.4.2 Los ventiladores de techo motorizados

Por lo general se emplea para propósitos de extracción, también se construye en la actualidad para propósitos de admisión del aire y se controlan por completo por estaciones de botones, sin tomarse en cuenta las condiciones externas climatológicas.

Para las plantas industriales se proporcionan comúnmente ventiladores de tipo hélice o de tipo axial en tubo, debido a sus altas velocidades de descarga o movimiento del aire, Algunos fabricantes de equipo pueden efectuar adaptaciones especiales, empleando ventiladores reversibles para hacer entrar el aire a la planta a través de lumbreras y en ciertas épocas del año. El mismo ventilador puede utilizarse para extraer el aire cuando es necesario.

La mayoría de los fabricantes proporcionan ventiladores de techo para montarse, ya sean flanco y declives, según sea el tipo de techo de que se trate. Generalmente, se emplea hierro galvanizado, aunque se puede proporcionar otros materiales como son el cobre, aluminio, asbesto, lamina revestida, monel o acero inoxidable. Los ventiladores de techo se proporcionan, ya sea de acoplamiento directo o con el motor colocado fuera de las corrientes de aire, que es donde se encuentran los vapores.

3.2 Requisitos para la extracción del aire

Cuando se extra aire de un local cerrado, se crea un vacío. Este vacío, provoca la entrada de aire fresco por las aberturas del aire naturales del mismo, ventanas y puertas, en caso de que el local este cerrado por completo y halla que renovar el aire frecuentemente, se hace necesario de aberturas adicionales.

La velocidad del aire no deberá de sobrepasar 1 m/s. En caso de locales grandes, es preferible el uso de varios ventiladores, por que una ventilación completa solamente existe cuando todo el aire del local es removido.

En el anexo 1, tabla XIII y IX, se indica una lista de establecimientos industriales y comerciales, en la cual se indican los requisitos de cambio de aire, normalmente, se aceptan como de buena práctica.

Debe mencionarse, sin embargo, que las variaciones desde 1 a 5 minutos o más por cambio, depende realmente de las circunstancias que priven en las instalaciones.

En estos casos no hay nada que sustituya a la experiencia y a los conocimientos del ingeniero competente para determinar donde y durante cuantos minutos por cambio se necesitan estos cambios de aire.

Debe tenerse en consideración cuidadosa todos los factores antes de determinar los pies cúbicos por minutos (pcm), que son necesarios y el lugar de ubicación.

3.2.1. Sistema de evacuación de polvos industriales

Un sistema de evacuación de polvos industriales consta esencialmente de:

- Campana cubierta
- Ramales o caños
- Un ventilador
- Un colector de polvo
- Campanas o cubiertas: Estos dispositivos se utilizan, principalmente para encerrar a la fuente productora de polvo. El diseño de la cubierta se basa, principalmente, en:

1. Forma de la fuente productora de polvos. velocidad de producción

2. Área de cubrir
3. Tipos de elementos de evacuar, polvo o gas

El área de aspiración de la cubierta y la velocidad necesaria que impida el escape del polvo o gas determinara el caudal a extraer. El conocimiento del caudal y de las velocidades de transporte del material a evacuar, permitirán establecer las dimensiones transversales de los conductos.

Las velocidades recomendadas para las campanas de extracción ver anexo 3, de ventiladores en la tabla X , muestra algunos procesos y tipos de campanas que se emplean en la industria. Nótese que las velocidades del aire que se requieren son de un rango bien amplio y con frecuencia, es necesario que un ingeniero de ventiladores experimentado entre en consulta con el ingeniero de planta para esos trabajos.

Algunos de los procedimientos que deben seguirse para la colocación de campanas de extracción, ranura o del tipo de pabellón, se rigen por el sentido común. Es evidente que los vapores y el calor deben captarse lo más cerca posible a la fuente que lo produce. Así mismo, es bueno distribuir los ductos de forma directa y de corta longitud como sea posible. Con frecuencia, se descuidan estos dos factores al arreglar estos dos sistemas de extracción. Sin embargo, muchas veces no es práctico captar los vapores directamente de su fuente, debido a las condiciones de trabajo; por la misma razón, algunas veces los sistemas de ductos requieren muchas vueltas.

Otra regla práctica es mantener la velocidad del aire en el ducto lo más baja que sea posible, considerando, naturalmente, las clases vapores que se vayan a manejar y el recorrido del ducto.

Esto no puede hacerse en el transporte materiales, pues, a lo que se refiere a la velocidad, existen requisitos definidos para cada tipo de material. En todo sistema de ductos, en donde las vueltas sean necesarias es bueno emplear codos de radio largo o codos flexibles o veletas exteriores para mantener al mínimo la resistencia que presentan los codos. También, después de calcular la resistencia de tal sistema de extracción, es conveniente sugerir un ventilador que tenga reserva de capacidad de 10 a 15 % más halla del punto volumen / presión seleccionado.

El ingeniero debe estar seguro de especificar todo el conjunto que interviene en un sistema específico de ventilación, de que el área de la campana sea amplia, de la altura de la cual se coloca la campana y del espacio de que cubra esta, en forma de tal que se mantenga la efectividad de las condiciones de trabajo y se logre una eficaz captación de lo que se trata extraer. Esto reza también con los sistemas de ventilación de tanques, de las campanas de tipo ranura y de otras instalaciones específicas de campanas.

3.2.2 Ramales o caños

Son utilizados para efectuar el aporte o la absorción de aire. En la mayoría de los casos, por no decir siempre, es necesario conducir el aire por tuberías, con una sección de acuerdo al volumen y velocidad del fluido para mantener equilibrio en la presión.

Las tuberías de conducción pueden ser construidas en las paredes ahuecándolas o bien en tuberías de lámina de hierro, teniendo por ventaja el primer sistema de eliminar casi por completo las fugas de aire, y el segundo el de la velocidad mayor que se consigue respecto al interior.

Como campo de aplicación las tuberías de hierro laminado se usan principalmente en las instalaciones industriales, las construidas directamente en paredes de construcciones civiles y particulares, en las cuales se debe respetar el valor estético.

Se debe lograr que los distintos ramales se conecten al caño maestro, mediante acoples adecuados a su instalación. Los ramales deben ser lo más cortos posibles para disminuir la resistencia total y tener menor consumo de potencia.

3.2.3. Ventilador

Estos son utilizados para producir la diferencia de presión necesaria, para poner en movimiento el aire cargado de polvo o gas de las cubiertas y conductos.

Estos ventiladores se seleccionan de acuerdo a las siguientes características:

- a. Velocidad de succión
- b. Velocidad de descarga
- c. Características de elemento a evacuar
- d. Características del material en donde se transportarán
- e. Capacidad
- f. Presión a la descarga

3.2.4 Equipo colector de polvos

Estos aparatos son utilizados para la limpieza de aire. Son diseñados para manejar concentraciones de polvos originados en sistemas locales, en sistemas

locales de escape o en la salida de gases por chimeneas que se emplean en procesos industriales.

En los colectores de polvos, por lo regular se manejan concentraciones de 100 a 20,000 veces mayores que las que se operan con filtros.

Los colectores de polvos se instalan para satisfacer uno o más de los siguientes propósitos.

1. Evitar perjuicio o daño a propiedad
2. Evitar el regreso de contaminantes al lugar de trabajo
3. Colectar el material que pueda utilizarse
4. Reducir los riesgos por fuego o por explosión
5. Permitir la circulación recirculación de aire limpio en las áreas de trabajo.

Los colectores de polvos pueden ser de varios tipos:

3.2.4.1. Ciclónicos

Ver anexo de ventiladores (anexo 2. figura 8), con dispositivos de superficie helicoidal que permita la separación centrífuga de las partículas que lleva en suspensión del aire.

3.2.4.2. Inmersión

Ver anexo de ventiladores (anexo 2, Figura 9), con recorrido laberíntico que obliga al aire a ponerse en contacto con el agua, donde quedan retenidas las partículas a separar o retener.

3.2.4.3 Filtro

Ver anexo de ventiladores (anexo 2, Figura 10), con elementos filtrantes, de mallas metálicas o de telas, adecuadas al tipo de partículas a separar o retener.

Los diseños son muy variados. Frecuentemente se usa más de uno de los conocidos principios de separación de sólidos, humos, gases o vapores originados en el flujo de gases. Su manipulación se basa en más de uno de los siguientes principios: choque, difusión, gravedad, humidificación, condensación, precipitación electrostática.

4. ANÁLISIS DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA Y SECADO

El hospital “Doctor Juan José Arévalo Bermejo”, esta ubicado en la zona 6 de la ciudad de Guatemala, con una latitud de 14°37’40”, longitud 90°31’31” y altitud de 1,489 metros.

Teniendo las condiciones climatológicas promedio es:

Tabla I. Condiciones climatológicas promedio en la ciudad de Guatemala

PARÁMETROS	Valores promedio	Dimensionales
Temperaturas	18.30	°C
Precipitación	1196.60	Mm
Brillo solar	203.60	Hrs
Humedad	78	%
Velocidad	17.70	Km/h
Evaporación	120	Mn

Fuente: INSIVUMEH

4.1. Condiciones interiores

El departamento cuenta con áreas de trabajo las cuales se describen de la siguiente manera.

1. En el servicio de lavandería y secado esta situado en la planta baja del edificio. Tiene 2114.06 m.² y una altura de 3.25 metros construido de mampostería.
2. Área de lavandería: Cuenta con cuatro lavadoras de 300,250 y dos de 100 libras de capacidad. El tiempo promedio de lavado 1 hora por máquina.
3. Área de secado. Cuenta con cuatro secadoras con capacidad de:
 1. 190 libras
 2. 150 libras
 3. 125 libras
 4. 100 libras
4. Área de planchado: se cuenta con tres planchadoras de formas y una de rodillos o mangle, la cual se encuentra en desuso por motivos de reparación.
5. La extracción de mota de las secadoras y del calor del mangle es por medio de extractores de tipo hélice. La mota es descargado directamente a la vía pública a nivel de la banqueta y la extracción de mota de la secadora de 190 libras de capacidad y mangle a la azotea, provocado contaminación en el medio por las razones que no cuenta con un diseño adecuado de ingeniería.

4.2. Nivel de utilidad, hora época

La producción actual es de 795.77 libras de capacidad. Para lograr el producto terminado se utilizan 13 personas, la distribución es la siguiente: dos

operadores de secadoras y lavadoras, un operador de planchadora, y diez acomodadores de ropa, trabajando ocho horas diarias.

En los diversos procesos de lavado, secado y planchado se generan calor y partículas contaminantes en altas concentraciones dentro y fuera del departamento.

El principal problema en estas áreas de trabajo se debe principalmente, a que no cuenta con un diseño apropiado de ventilación y extracción.

Existen dos situaciones que demanda la modificación del mismo. Las personas que laboran en dicho espacio, refieren que se trabaja a elevadas temperaturas, lo que genera incomodidad para trabajar así como:

1. La elevada temperatura del ambiente de trabajo; que provoca incomodidad para laborar, exacerbación de problema de salud, lo que repercute en la baja producción y calidad de trabajo.
2. El inadecuado diseño del sistema de extracción de mota y la falta de un sistema de ventilación y extracción de calor.

5. DISEÑO DEL SISTEMA

5.1. Factores de los que depende el diseño de ventilación

5.1.1. Potencia del ventilador

Para determinar la potencia del ventilador se necesita conocer todas las resistencias por fricción, ya que éstas deben ser vencidas por él mismo.

La presión estática es el aumento de presión (manométrica), producida por el aire del ventilador. La presión de velocidad es producida por la corriente de aire que sale del ventilador, en el caso de un ventilador instalado en un ducto, esta presión de velocidad está relacionada con el cambio neto de velocidad del aire que pasa a través de éste. Si un ventilador descarga el aire directamente a un espacio libre y abierto (no a una cámara de presión), la presión estática en la descarga se considera igual a cero y toda la energía de la corriente de aire que sale del ventilador es energía cinética (velocidad).

El trabajo útil que desarrolla un ventilador, consiste en elevar la velocidad del aire hasta la velocidad de la descarga aumentando su presión estática. La presión total del ventilador es la suma de los cambios de presión estática y de velocidad. Los caballos de fuerza impartidos al aire se describen en la ecuación siguiente, con la eficiencia total del ventilador:

$$\text{HP (aire total)} = \frac{[(ht/12) (62.3)] (\text{pies}^3 / \text{min.})}{\text{eficiencia}} = \frac{(ht) (\text{pies}^3 / \text{min.})}{\text{eficiencia}}$$

33 00

6 350

y la eficiencia total del ventilador es:

$$\text{Eficiencia total} = \frac{\text{HP aire total}}{\text{HP entrada al ventilador}} = \frac{(\text{ht}) (\text{pies}^3/\text{min})}{(6\ 350) (\text{HP entrada})}$$

En donde:

Pies³/min = aire entregado del por minuto

ht = presión total, en pulgadas de agua

HP = potencia al freno

Si no se usa la energía de velocidad del aire que sale del ventilador, o si se desea desprestigiar esta energía, la presión estática deberá usarse en lugar de la presión total. Entonces la ecuación quedaría así:

$$\text{Capacidad} = [\text{CFM} \times (\text{velocidad tangencial/velocidad rotacional})]$$

$$\text{Presión estática} = [\text{presión manométrica} \times (\text{velocidad tangencial/velocidad rotacional})^2]$$

$$\text{HP aire estático} = \frac{[(\text{hs}/12) (62.3)] (\text{pies}^3/\text{min})}{33\ 000} = \frac{(\text{hs}) (\text{pies}^3/\text{min})}{6\ 350}$$

O también

$$\text{HP de aire estático} = [\text{HP de aire estático} \times (\text{velocidad tangencial/velocidad rotacional})^3]$$

En donde:

Velocidad tangencial y la velocidad rotacional está dada en revoluciones por minuto.

Por lo tanto:

$$\text{Eficiencia estática} = \frac{(\text{hs}) (\text{pies}^3/\text{min})}{(6\ 350) (\text{HP Entrada})}$$

Con la ayuda de las curvas características para ciertos tipos de ventiladores, se podrá calcular la potencia de aire total que puede soportar un ventilador. Para esta condición, Generalmente para esta condición se toma como base de comparación la potencia, y las necesidades para cualquier otra descarga pueden leerse sobre la curva de caballos de potencia como un porcentaje de los caballos de fuerza libres entregados. Cada juego de curvas se traza con velocidad angular (r.p.m.) constante en la rueda del ventilador (Ver figura de Anexos).

5.1.2 LEYES DE LOS VENTILADORES

- La capacidad (pies³/min) es proporcional a la velocidad del ventilador.
- La presión (estática, velocidad o total) es proporcional al cuadrado de la velocidad del ventilador.
- La potencia necesaria es proporcional al cubo de la velocidad del ventilador.
- A velocidad y capacidad constante, la presión y la potencia son inversamente proporcionales a la masa específica del aire.

- A presión constante, la velocidad, la capacidad y la potencia son inversamente proporcionales a la raíz cuadrada de la masa específica.
- A peso constante entregado, la capacidad, la velocidad y la presión son inversamente proporcionales al cuadrado de la masa específica.

5.1.3 Selección del ventilador

Para seleccionar adecuadamente el ventilador se toma en cuenta el número de pies cúbicos de aire por minuto que van a circularse; la presión estática que debe desarrollarse para circular el aire a través del sistema; el tipo disponible de fuerza motriz; si los ventiladores trabajaran solos o en paralelo sobre un ducto cualquiera; el grado de ruido permitido y la naturaleza de la carga, como cantidades variables o presión del aire.

Cuando las necesidades del sistema son conocidas, los puntos principales a ser considerados en la selección de un ventilador son: la eficiencia, confiabilidad de operación, tamaño y peso, velocidad, ruido y costo.

Para escoger con más ventaja el equipo, los fabricantes de ventiladores proporcionan tablas y curvas que muestran los factores para cada tipo de ventilador, con una gran gama de presiones estáticas entre ellas:

- El volumen de aire estándar (0.075 lb/pie³), manejado en pies cúbicos por minuto.
- La velocidad del aire a la salida.
- La velocidad del ventilador en r.p.m.

- La potencia (en caballos) al freno.
- La velocidad periférica o velocidad tangencial de las paletas, pies por minuto.
- La presión estática, en pulgadas de agua.

Los ventiladores pueden encontrarse disponibles en tres clases de presión, las cuales se determinan de acuerdo con la presión estática total éstas pueden ser:

Presión baja (clase 1), presión total estática hasta de 747 PA (3 pulgadas de agua).

Presión media (clase 2), presión total estática de 747 a 1245 PA (de 3 a 5 pulgadas de agua).

Presión alta (clase 3), presión total estática de 1245 a 2490 PA (de 5 a 10 pulgadas de agua).

Es común que los ventiladores (turbinas) de las unidades de ventilación sean centrífugos. Según la capacidad de la unidad pueden ser curvadas hacia delante, inclinadas hacia atrás y con el diseño aerodinámico de las ruedas. Las aspas curvadas hacia delante son las más comunes en ventilación y son las que se seleccionarán en este diseño. Las aspas inclinadas hacia atrás son más usadas en la industria, tienen la características de no sobrecargarse y funcionan a altas velocidades con transmisiones sencillas.

La implementación del sistema de ventilación y extracción para obtener un área ventilada debe ser capaz de proporcionar comodidad y ambiente fresco, además de permitir la colocación de ventiladores en cualquiera de sus tipos.

Dos factores importantes en la selección de sistemas de ventiladores son la eficiencia, que afecta al costo de operación, y el ruido. El costo inicial y el espacio ocupado se consideran secundarios. Los ventiladores deberán seleccionarse para trabajar a eficiencia máxima sin ruido. Cuando el ventilador produce, puede ser por la inadecuada selección del tipo de ventilador o por la velocidad muy alta para el tamaño escogido. La velocidad tangencial para una capacidad y presión especificada varía con el tipo de paleta; y una velocidad tangencial que sea excesiva para un ventilador de paletas curvadas hacia adelante, no necesariamente lo será para uno de paletas curvadas hacia atrás. Un ventilador que trabaja en un punto considerablemente alejado de su eficiencia máxima, por lo general es ruidoso.

En los ventiladores impulsados por bandas en V es necesario utilizar poleas acanaladas, ajustables en el motor de impulsión para que tengan la capacidad de permitir pequeños ajustes en el flujo del aire y en la presión estática, en el lugar de su instalación.

Existen también los ventiladores extractores de hélice (rotación contraria a los ventiladores) ubicados en la parte más alta de las ventanas, ya que el aire caliente tiende a subir y salir por las mismas; sin embargo, es necesario colocar entradas de aire frío y limpio por otro lugar, para aprovechar la ventilación natural del recinto ventilado.

5.1.4 Diseño del sistema de ventilación

Durante el proceso de lavado y extracto se agrega cloro, detergente y un neutralizador, concluido el proceso se pasa a la sección de secado, planchado y doblado. El calor generado en el proceso de lavado, secado y planchado eleva la temperatura ambiente.

Al tomar en cuenta las condiciones ideales con que debe contar el edificio para la lavandería, no sólo es importante la distribución del equipo dentro de éste sino también la ventilación del mismo. Después de observar el sistema de ventilación en esta área, puede diagnosticarse que éste es el problema.

Para instalar el sistema de ventilación deberá modificarse la ubicación de las lavadoras y secadoras, pues su ubicación actual no favorece la ventilación de los espacios libres existentes.

Existen 4 secadoras en funcionamiento, están ubicadas en el esquema diseñado. (ver figura 7)

Existe una planchadora en desuso porque está pendiente de reparación ya que presenta múltiples fallas, por lo que para establecer la ubicación de las secadoras en el diseño, sólo se tomarán en cuenta 3 planchadoras.

Para la instalación de las secadoras se utilizó el manual DRY INSTALLATION WITH MULTIPLE, proporcionado por la empresa innovaciones médicas ubicada en la 14 calle 6 – 93 zona 11, Colonia Mariscal.

Las secadoras quedarán en serie, el calor generado por éstas se descargará ductos de lámina galvanizada calibre 24, con un diámetros de 12, 9, y 6 pulgadas, tendrá un encubrimiento de fibra de vidrio.

El caudal de aire para ventilación entra por la puerta del edificio de la lavandería que posee un área 4.20 m^2 . Para la extracción se utilizará el caudal necesario según la ecuación siguiente:

Volumen de la edificación a ser ventilada = V

$$V = 51.01 \times 36.91 \times 10.82 = 20390.49 \text{ P}^3$$

Para calcular dicho caudal como se puede observar en la tabla II. Se han utilizado dichos estándares en base a múltiples estudios, los cuales proporcionan un alto coeficiente de seguridad.

En estas tablas se dan a conocer las renovaciones que se esperan por minuto. Estos datos son el resultado de investigaciones realizadas por instituciones oficiales, asociaciones profesionales y oficinas de investigación de fábricas de ventilación en países como E. U. A., Alemania, Italia e Inglaterra que son los países que tienen mayor experiencia en ventilación.

Se utilizará como extractor un ventilador helicoidal con alta frecuencia, paletas curvas hacia atrás, accionado por bandas, motor cerrado a 4 polos, cajas de cojinetes S Y P con rodamientos de bolas, paletas aluminio y plástico, cuya renovación se hará periódicamente como parte del programa de mantenimiento.

$$\text{VOLUMEN} = 20390.49 \text{ p}^3$$

Para obtener el caudal se utiliza la tabla II

$$Q = (20390.49 \text{ p}^3) (3 / \text{min}) = 61171.47 \text{ p}^3 / \text{min}$$

$$Q = \underline{61171.47 \text{ p}^3 / \text{min}} = 20390.49 \text{ p}^3 / \text{min}$$

3

El caudal anterior es equivalente a 34628.72 m/h

Para distribución del caudal se utilizarán tres extractores, que es lo recomendable por el espacio en donde hará su descarga, en la parte frontal inferior izquierda del edificio.

TABLA II: Renovaciones por minuto para cada departamentoo

Departamento	Cambio de aire por minuto
Salas de conferencia	4-15
Panaderías	1-3
Bancos	3-10
Barras	2-4
Salones de belleza	2-5
Cámaras de calderas	2-4
Iglesias	4-15
Corredores	6-20
Lavanderías	1-5
Cuartos de máquinas	5-10

Fábrica	1-5
Fábricas donde se genera humo	1-2
Fundiciones	1-4
Garages	2-10
Cuartos generadores	2-5
Plantas de vidrio	1-2
Gimnasios	2-10
Cuartos que generan calor	1.5-1
Tienda de máquinas	3-5
Oficinas	2-8
Departamento de condensado	2-5
Cuartos de la producción	1-2
Cuartos de proyección	1-3
Cuartos de recreacion	2-8
Residencias	2-5
Restaurants	5-10
Teatros	3-8
Cuarto de transformadores	1-5
Salas de espera	10
Almacenes	2-10

Fuente: Manual de ventilación CARRIER para Guatemala.

Obtenemos:

$$Q = 36970 \text{ M/H}$$

$$\text{H.P.} = 2.0 \text{ kw}$$

$$P_{ma} = 2.33 \text{ kw}$$

Uno de los procedimientos importantes en este diseño es la forma en que se extraerá el calor generado. Esto se realizará de forma que se produzca una distribución adecuada del sistema, por lo que el equipo a utilizar para la extracción deberá tener la capacidad adecuada de acuerdo al área ambiente que se desee ventilar, con el fin de que dicho sistema de ventilación sea funcional.

Tabla III. Características técnicas de los ventiladores helicoidales

Modelo	Velocidad R.P.M.	Potencia H.P.	Potencia máxima absorbida KW	Intensidad máxima A		Nivel de presión sonora dB A *	Caudal Máximo m3	Peso Kg.
				440V	220V			
HXA/P-4- 800/L0	1725	1.5	1.37	4.8	2.4	73	14,500	22
HXA/P-4- 800/L1	1725	2.0	1.54	6.2	3.1	74	16,250	25
HXA/P-4- 800/L	1725	3.0	2.3	3.0	6.0	79	24,270	37
HXA/P-4- 800/H	1725	5.0	4.2	7.0	14	82	31,240	52
HXA/P-6- 800/L	1150	0.75	1.18	1.4	2.8	70	19,210	31
HXA/P-6- 800/H	1150	1.0	1.22	1.8	3.6	72	21,099	36
HXA/P-4- 1000/L	1725	5.0	4.40	7.4	15	84	39,960	67
HXA/P-4- 1000/H	1725	7.5	7.20	11	23	87	52,500	95

HXA/P-6-1000/L	1150	1.5	1.40	2.4	4.8	75	29,160	54
HXA/P-6-1000/H	1150	2.0	2.33	4.1	8.2	78	36,970	50
HXA/P-8-1000/L	814	0.5	0.72	1.4	2.9	68	21,500	68
HXA/P-8-1000/H	814	1.0	1.10	2.3	4.7	72	25,920	71

Fuente: Nivel sonoro medido de acuerdo a norma 300/96 AMCA y 301

Referencia:

H Helicoidal

X siglas de la serie

Tipo de hélice

A Aluminio

P Plástico

Figura 6 : Diseño del extractor a utilizar en este sistema

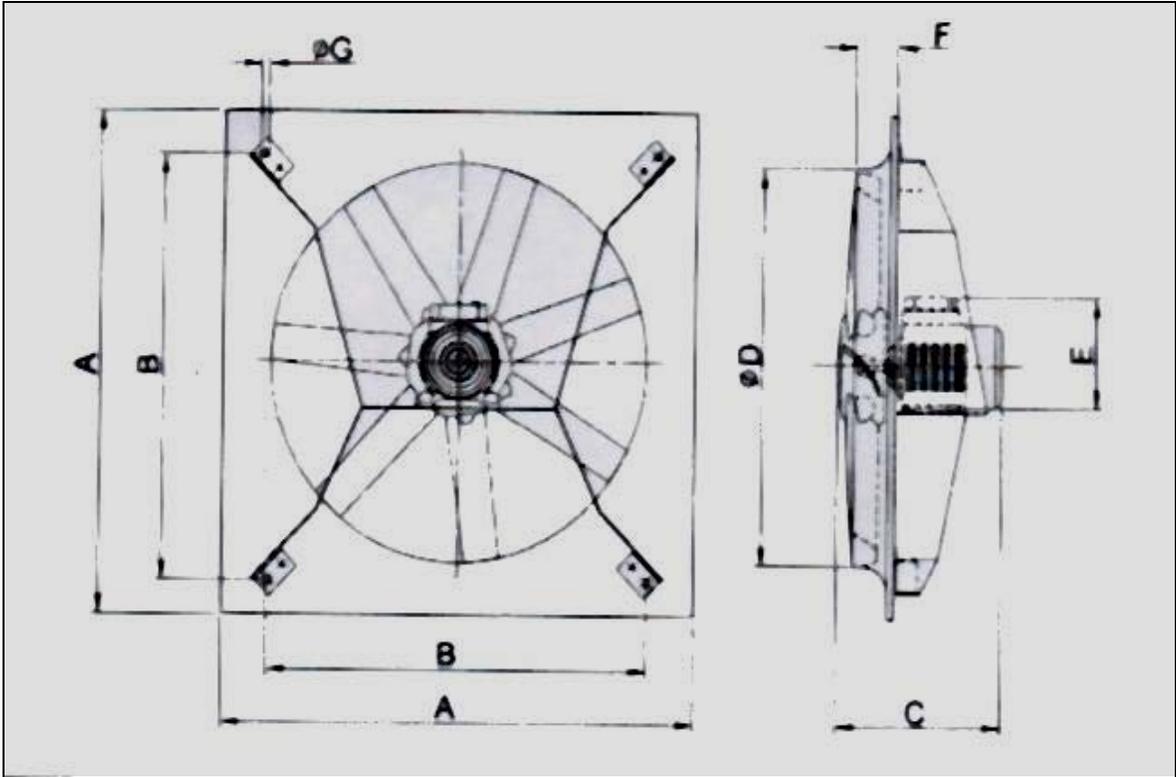
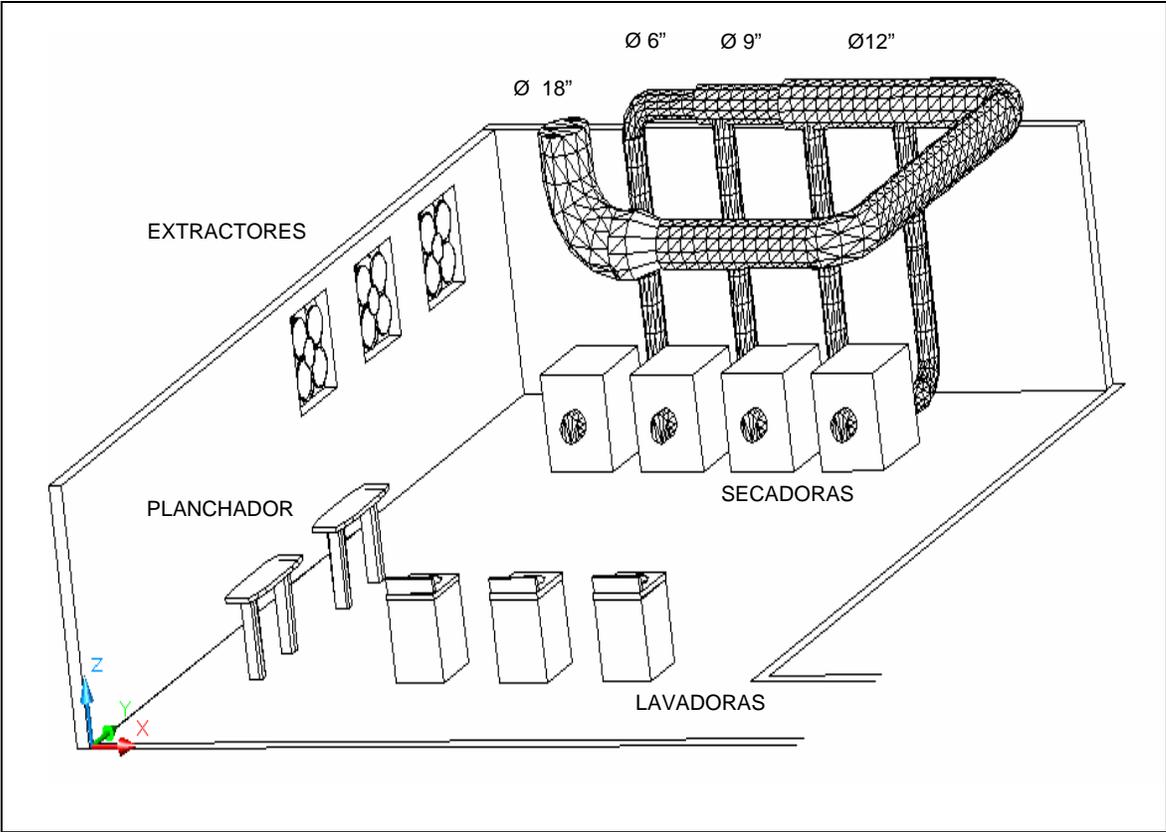


Tabla IV. Especificaciones del extractor

E	8 POLOS	H		270			
		L		220			
		6 POLOS	H	220	270		
			L	220	220		
			4 POLOS	H	270	300	
				L	270	270	
	L1			220			
	L0			220			
	C	8 POLOS		H		397	
				L		333	
			6 POLOS	H	333	397	
				L	333	397	
4 POLOS				H	397	478	
				L	397	397	
	L1	333					
	L0	333					
	G			18	18		
		F		88	105		
D				797	1010		
			B		835	973	
				A		1007	1175
						1	2

Fuente: Extractores y ventiladores *VENT-SET SOLER & PALAU*

Figura 7. Diagrama final del sistema a utilizar para la extracción de calor



6. ANALISIS DE COSTO

6.1. Cálculo de gasto en equipo

La elaboración del presupuesto deberá realizarse en conjunto con el departamento de mantenimiento y la dirección ejecutiva del hospital, quienes analizarán el proyecto y estudiarán la viabilidad del mismo, de lo que dependerá aprobación y ejecución.

Para el diseño de ventilación de este edificio citado se tomaron en cuenta los siguientes factores.

- Espacio disponible en el edificio para su instalación.
- Presión requerida para la succión y descarga.
- Equipo con capacidad de 36,970 metros cúbicos por hora.
- Costo total de la unidad.
- Nivel del ruido.
- Presencia de elementos corrosivos o abrasivos.

Luego de realizar analizado cuidadosamente todo estos factores y de acuerdo a los recursos disponibles, se concluye que el ventilador apropiado es un ventilador de tipo helicoidal .Características del ventilador helicoida.

- Modelo HXA/P-6-1000/H
- Velocidad 1150 revoluciones por minuto:
- Potencia 2.00 HP
- Potencia máxima absorbida 2.33 kw
- Intensidad máxima 440 a 220 V

- Nivel sonoro de presión DB(A) 75.
- Caudal máximo 36970 metros cúbicos
- Peso 50 kilogramos

6.2. Cálculo de gasto en materiales y suministro

Actualmente en el comercio existe una variedad ilimitada de materiales y suministros que pueden ser útiles para la instalación de los elementos que integran este proyecto. La selección de dichos elementos se realizará en conjunto con profesionales de amplia experiencia en el ramo de la ventilación, pues la misma contribuirá a la mejor selección de materiales, porque ellos conocen la forma en que funcionan así como la vida media de los mismos.

La opción más accesible desde el punto de vista económico, que reúne las características que se tomaron en cuenta para la selección de materiales es la lámina galvanizada calibre No. 24, fibra de vidrio, y soldadura de estaño.

El presupuesto calculado en base a los distintos componentes a utilizar se detalla a continuación. Está sujeto a cambios por la devaluación de la moneda en nuestro país.

Extractor helicoidal de alta frecuencia HXA/P-6-1000/H C/U	Q 6,500.00
Ducto de lamina galvanizada No. 24	Q 600.00
Aislante térmico de fibra de vidrio 1 1/2 X 100 X 48 plg.	Q ,200.00
Costo total de materiales	<u>Q 8,300.00</u>

6.3. Cálculo de gasto en instalación

De acuerdo a la prioridad del problema dentro de la institución y del presupuesto con el que cuenta para el mismo, se determina el tiempo que se requerirá para su instalación. Es importante que esto sea coordinado conjuntamente con el personal de mantenimiento y debe tomarse en cuenta la probabilidad de contrato de personal adicional para la instalación de los ventiladores. Se realizaron cotizaciones de las tres unidades de ventilación con las empresas *Carrier* para Guatemala con un costo de Q 5,000.00 y de la empresa *SOLER Y PALAU* con un costo de Q 4,200.00 por las tres unidades de extracción.

6.4. Cálculo de gasto en mantenimiento

A medida que el equipo trabaja sus componentes se desgastan y los gastos de mantenimiento son mayores.

Si bien es cierto que un programa de mantenimiento preventivo de rutina representa gastos, estos son mucho menores y pueden representarse como inversión; dado que un buen mantenimiento es la única manera de reducir los costos y aumentar la vida útil del equipo. Con ello se reducen las fallas y se obtienen un equipo, que funciona en su totalidad.

La empresa fabricante *SOLER Y PALAU*, cuenta con un equipo de fácil mantenimiento. Por ejemplo, eje alineado, lubricación, limpieza, balanceo del rotor, soporte de equipo, entre otros que se detallan en el siguiente cuadro. Por lo tanto, se recomienda la contratación de una empresa para dar el servicio de mantenimiento, observando que los costos no afecten el presupuesto de la institución.

El fabricante o representante ofrece usualmente un contrato de servicio que asegura que el personal que realiza el mantenimiento cumpla con los programas convenidos. Si el personal de la institución realiza el procedimiento de mantenimiento, deberá recibir entrenamiento adecuado al equipo y al sistema.

Tabla V. Programa de mantenimiento preventivo para el sistema de extracción

PARTES DEL EQUIPO	TIEMPO DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN
1. Entrada y Salida de aire	Mensualmente	Limpiarlos, ya que deben tener flujos de aire libre.
2. Compuertas en succión	Mensualmente	Lubricar las juntas móviles de la compuerta cuidadosamente y de manera completa.
3. Chumaceras autoalineamiento, lubricación de anillos, bolas	Mensualmente	En el caso que hubiera fugas de aceite deben desmontarse los retenes de fieltro de la parte superior de la carcasa.
4. Aspas del rotor	Semanalmente	La suciedad se adhiere a las aspas, esto aumentará los costos de operación, bajará la eficiencia y alterará el balance del rotor.
5. Motor eléctrico	Mensualmente	Debe estar totalmente cerrado, libre de acumulaciones de pelusas y suciedades, ya que disminuyen la transferencia de calor de la carcasa.
6. Ventiladores de techo	Semestralmente	Debe estar libre de basura y evitarse las goteras y escurrimientos. Si se usa sólo en tiempos de verano deben revisarse antes del comienzo de la nueva estación de cada año.
7. Cambio de grasa	1200-1500 horas	Lubricar con grasa de buen grado de base de sosa. Evitar todo el exceso de grasa para no mover los retenes de fieltro.
8. Cambio de aceite (SAE 20, SAE 40)	2000 horas	Drenarse y reponerse con aceite nuevo y limpio. Si el aceite está muy sucio deberán lavarse las chumaceras con aceite ligero.
9. Interruptores eléctricos	Semestralmente	Inspeccionar y limpiar los contactos de los componentes eléctricos.
10. Chumaceras de muñón	Anualmente	Se les debe dar una película de aceite y limpiar el excedente.
11. Realineamiento	Anualmente	Se debe efectuar después quitar una polea, si el equipo lleva bandas hay que tener el cuidado del aumento de tensión de las mismas.
12. Interior del ventilador	Anualmente	Deberá limpiarse y repuntarse.
13. Alineación del ventilador y del motor	Anualmente	Revisar pernos de sujeción del equipo y comprobar que estén bien apretados.

Fuente: Morrow L. C., Mantenimiento Industrial. Págs. 498-597

7. GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

7.1 Verificación de operación del sistema

De no contar con las instrucciones de operación y mantenimiento del fabricante del equipo, debe considerarse el siguiente procedimiento para verificar el equipo y a si evitar fallas.

7.1.1 Controles antes de operar

Antes del arranque inicial o después de hacer el servicio, debe usarse siguiente lista de verificaciones en los ventiladores.

- Revisar todo trabajo realizado en el ventilador.
- Apretar todos los pernos de la base, el juego de tornillos del centro de la turbina y el collarín de los cojinete.
- Las puertas de acceso deben estar muy bien selladas.
- Todos los dispositivos de seguridad deben estar en su lugar.
- Verificar la alineación y lubricación de los cojinetes.
- Los acoplamientos deben estar bien alineados y lubricados.

- Girar a mano la rueda del ventilador para verificar que se mueva con toda libertad y no se atore o se golpee con la cubierta del ventilador.
- Verificar el cableado eléctrico del motor.
- Si el ventilador es movido por un motor verificar que las bandas en V estén alineadas y tensas.
- Las compuertas y las aspas de entrada variables deben funcionar con libertad y sus hojas deben cerrar con fuerza. Cerrar todas las compuertas y aspas de entrada variables durante los periodos de arranque para reducir el gasto de energía.
- Observar que el ventilador extractor no vibre fuera de lo normal, si lo hace hoy que apagarlo.

7.1.2. Controles en la operación

- Dar ligeros golpes al motor para verificar que el ventilador gire con libertad y que la rueda gire en la forma adecuada.
- Hacer que el ventilador alcance su velocidad, pero si no lo hace en 20 segundos, detenerlo investigar la causa.
- A la primera señal de problemas o vibración, detener el ventilador y verificar el problema.
- No hacerlo funcionar en un rango de atascamiento.

- Después de terminar un periodo de funcionamiento, por lo general de alrededor de ocho horas, verificar de nuevo todas las alineaciones y revisar los cojinetes. Verificar el lubricante. Revisar que todos los pernos y tornillos estén apretados.
- A los treinta días de operación, todos los cimientos, estructuras y soportes deben estar estabilizados en su posición y resulta indicado hacer otra prueba.
- Asegurarse que no existen fugas de aceite en el equipo.
- Observar que ninguna parte del sistema se sobrecaliente.

Es importante que se revise el balanceo de todos los ventiladores cuando se arranquen por primera vez, después de repararlos y a intervalos regulares.

- Antes de realizar el balanceo, verificar las otras causas posibles de vibración o desbalanceo en la tabla de problemas más comunes.
- Existen instrumentos portátiles que indican el desplazamiento de las vibraciones y la velocidad. Es preciso solicitar al fabricante del equipo la información relativa a la operación normal, alarma y desplazamiento y velocidad de paro de su equipo rotatorio.

7.2.1 Mantenimiento programado

Éste consiste en la actividad necesaria para mantener una instalación en las mismas condiciones en que se encontraba cuando se construyó.

Todo equipo físico es susceptible a fallar y descomponerse, deteriorarse debido al uso y al tiempo y llegar a la obsolescencia debido a los avances de la tecnología. Existen dos formas de dividir el mantenimiento: reactivo y proactivo.

El mantenimiento proactivo incluye:

- El mantenimiento preventivo se realiza con base en un calendario regular e incluye mantenimiento de rutina, limpieza completa y calibrada. Incluye también inspecciones programadas del equipo del hospital con el fin de descubrir y solución situaciones que podrían provocar fallas prematuras y daños en el equipo.

- **Mantenimiento predictivo.** Monitorea de manera muy precisa el desempeño del equipo en su entorno de operación real y dirige el mantenimiento hacia un momento preestablecido de acuerdo con el desempeño anterior del equipo en el área. Emplea los datos de inspección y permite predecir cuándo fallará el equipo para que se eviten problemas más serios , además de determinar cuál es la causa principal.

7.2.2 Mantenimiento de ventiladores

- Debe establecerse un calendario definido para inspeccionar todas las partes rotatorias. La frecuencia de la inspección dependerá de lo rudo del trabajo; lo tradicional es que se realice a intervalos de 30 días de operación y en paros normales.

- La alineación de los cojinetes y de los acoplamientos flexibles del ventilador debe revisarse a intervalos regulares. Una falta de alineación puede provocar sobrecalentamiento, desgaste de los guardapolvos de los cojinetes, fallas de los cojinetes y desbalanceo.
- Los cojinetes de los ventiladores deben lubricarse a intervalos regulares y revisarse con periodicidad de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los mismos. Para lubricar de nuevo debe usarse el mismo producto, de lo contrario limpiar a conciencia con un chorro de agua todos los restos del lubricante anterior antes de añadir el nuevo.
- Los cojinetes para ventiladores de alta velocidad tienden a calentarse, de 10° a 38°C por arriba de la temperatura ambiente. No es necesario reemplazar un cojinete sólo porque se sienta caliente al tocarlo. Es mejor colocar un termómetro de contacto contra el soporte del cojinete y verificar la temperatura.
- Los acoplamientos metálicos y los acoplamientos de engranes necesitan inspecciones de lubricación periódicas. Otros acoplamientos flexibles, como los de disco de anillo o del tipo de insertos de hule habrán de verificarse para que no se desgasten.
- Revisarse, cuando menos cada año, que los pernos de la base y todos los tornillos de presión estén bien apretados.
- Los ventiladores deben revisarse para verificar que no estén desgastados o sucios (cuando menos una vez al año), lavarlos con vapor o con chorro de agua que sea suficiente.

Cubrir los cojinetes para que el agua no penetre en su soporte. Limpiar la carcasa y reemplazar o reconstruir las ruedas del ventilador cuyas aspas estén demasiado desgastadas y balancearlas antes de ponerse de nuevo en servicio.

- Verificar el desgaste, la alineación y la tensión de las bandas en V
- Si el cojinete vibra de manera excesiva o su temperatura es muy alta, puede deberse al desbalance, falta de alineación, bandas flojas, mala lubricación, acumulación de suciedad sobre la turbina, etc.
- Al repintar las partes externas e internas del ventilador, se alargará su vida de servicio.
- Nunca haga funcionar el ventilador a velocidades superiores a las que se previeron en el diseño.
- El mantenimiento de ventiladores extractores es igual al de cualquier ventilador; debe limpiarse las aspas del extractor con regularidad, para quitar la pelusa y la suciedad de sus componentes.
- La norma de los fabricantes de cojinetes es medir la vida de servicio de sus cojinetes en millones de revoluciones, mientras que para el ingeniero de diseño o de operación de la planta, la vida de servicio demandada de un cojinete se basa en las horas que transcurren entre fallas.

Lo que el ingeniero diseñador debe hacer es especificar las horas demandadas del cojinete entre fallas, así como el medio ambiente en el que

éste se utilizará y encargará al fabricante que diseñe y calcule la vida útil necesaria, para obtener las horas indicadas.

Para determinar las horas de operación antes de la falla del cojinete será de utilidad la siguiente tabla:

Tabla VI. Horas de servicio del equipo de extracción

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	HORAS DE SERVICIO
Para equipo que opera sólo una cuantas horas a la semana o cuando los costos iniciales son más importantes que la vida de servicio.	10,000
Cuando el equipo opera 8 h al día, 5 días/semana	20,000
Cuando el equipo opera 24 h al día, 365 días/año	50,000

7.2.2.1. Problemas más frecuentes de los ventiladores

Vibración y ruido

- Cojinetes, acoplamientos, ruedas o bandas en V desalineadas.
- Base o montaje inestable.
- Desbalanceo causado por material extraño en el ventilador o en la rueda.
- Cojinetes desgastados.
- Rueda o motor dañados.
- Pernos y juegos de tornillos rotos o flojos.
- Flecha doblada.
- Rendimiento del ventilador mayor que su capacidad.
- Velocidad demasiado alta o rotación de ventilación en la dirección equivocada.

Cojinetes sobrecalentados

- Demasiada grasa en los cojinetes.
- Alineación deficiente.
- Turbina o impulsor dañados.
- Empuje final fuera de lo normal.
- Suciedad en los cojinetes.
- Tensión excesiva de la banda.

CONCLUSIONES

1. Los dirigentes del hospital “Dr. Juan José Arévalo Bermejo” deben estar atentos a las diferentes necesidades que tienen sus trabajadores, ya que de ésta dependerá la eficiencia del producto terminado.
2. Debido a la concentración del calor existente en el departamento de lavandería y secado, y por diversas limitaciones que se presentaron, para hacer uso de la ventilación o extracción natural, se llegó a determinar que lo más apropiado para solucionar por completo el problema era usar tres extractores.
3. La selección del equipo así como los diferentes componentes, lleva una serie de análisis técnicos y prácticos, los cuales habrán de utilizarse detenidamente, un alto nivel de profesionalismo para que el funcionamiento del sistema sea lo más eficiente y cumpla con lo establecido.
4. El mantenimiento del sistema de extracción debe ser frecuente para que tenga durabilidad y sea eficaz. Se comprobó que al limpiar y lubricar las partes de los ventiladores se mejora su rendimiento y la vida útil, además, los gastos de instalación y de operación del sistema se reducen.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que los dirigentes del hospital “Dr. Juan José Arévalo Bermejo”, visiten con más frecuencia las distintas áreas de trabajo, para que conozcan realmente, las condiciones ambientales en que se encuentran cada uno de los trabajadores.
2. Analizar la posibilidad de que el proyecto de dicho sistema sea ejecutado para la obtención de un ambiente confortable. Esto beneficiará al personal que labora en dicha área.
3. Se debe utilizar, siempre que sea posible, extractores de pared con el sistema de extracción local, que permiten la entrada de aire limpio y fresco al área.
4. Que el supervisor verifique el buen funcionamiento del equipo y reporte, inmediatamente, al departamento de mantenimiento cualquier desperfecto por mínimo que sea para detenerlo inmediatamente y evitar que el mismo sea parado en su totalidad y por un tiempo más prolongado para su reparación.
5. Los sistemas de ventilación forzada y sus aplicaciones serán de beneficio en los departamentos de trabajo de los hospitales en que exista elevadas temperaturas , para obtener un confort ambiental agradable.

REFERENCIAS

1. Bosco V. Xavier . **Proyecto de ventilación para una bodega en el valle de sebaco**. Managua Nicaragua , 1988, p,84.
2. Botero G. Camilo (traductor), **Instituto de aire acondicionado y refrigeración**; 1era. Ed. (Bogotá: Rditorial Prentice Hall internacional 1988), P.5.
3. Burgess H . Jennings, Samuel R. Lewis, **Aire acondicionado y refrigeración** . (México; Editorial Continental S.A. de C.V., 1995), P,10.
4. Juan F. Gómez . **Sistema de evacuación y ventilación para ambiente en alta concentración de polvos**. Tesis; Facultad de ingeniería, universidad de san Carlos de Guatemala, 198, p. 71.
5. Rosales, Roberto C., **Manual del ingeniero de planta**. 2da Ed. (México: Editorial McGraw-Hill, 1998), 5-59 pp.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arlington L. Eichert. **Calefacción, aire acondicionado y refrigeración.** Conceptos y Aplicaciones . México: Limusa; 1988. 123 pp.
2. Kutz Myer, Francisco Paniagua. **Enciclopedia de la mecánica ingeniería y técnica; 8 volúmenes** Oceano / Centrum. 1960 pp.
3. Marks Lionel, Theodore Baumeister y otros. **Manual del Ingeniero mecánico;** 9na Ed. en español. México: McGraw-Hill, 1995.
4. Torres Sergio Antonio. **Ingeniería de plantas.** Guatemala 1988. 134 pp.
5. Whitman C. William, Wiliam Jonson. **Tecnología de refrigeración y aire acondicionado;** 3 volúmenes: MARCOMBO: Editores Boixareu, 1997, vol. 3.

ANEXOS

ANEXO 1. Tablas de ventilación

Tabla VII. Coeficiente de transmisión a través de muro, puertas, techos, etc. valores de k, calorías por m, por hora , por grado de diferencia de temperatura

DESCRIPCIÓN	ESPESOR (cm)	M
1 . Pared de mampostería	80	1.3
2. Pared de ladrillo	30	1.8
3. Pared de ladrillo con capas de aire interpuesta	30	1.3
4. Tabique	7	2.4
5. Suela de tierra apisonada	---	4.0
6. Pavimento con bovedillas	---	0.4 a 1.0
1. Techos con viga de hierro: --- con cielo raso --- sin cielo raso	--- ---	1.0 a 1.5 1.5 a 2.0
9. Puertas y paredes de madera al: --- exterior --- interior	--- ---	5 . 0 2 . 0
10. Ventana de hoja sencilla	---	5 . 0
11. Ventana de hoja doble	---	2 . 3
12. Cubiertas de --- Zinc con cielo --- hormigón	--- ---	2 . 2 2 . 6

Tabla VIII. Volumen de aire necesario por persona y por hora en m³

Hospitales, salas generales	60
-----------------------------	----

Hospitales, salas de enfermedades infecciosas	150
Hospitales, salas de heridos	100
Talleres	60
Teatros y salas de reunión	50
Escuelas de niños	15
Escuelas de adultos	30

Tabla IX. Renovación de aire, número de veces por hora (suspendidos que el local sea proporcionado al objeto a que a que se le destina)

Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales, enfermedades epidémica	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

ANEXO 2

Figura 8. Colector de polvos de tipo ciclónico

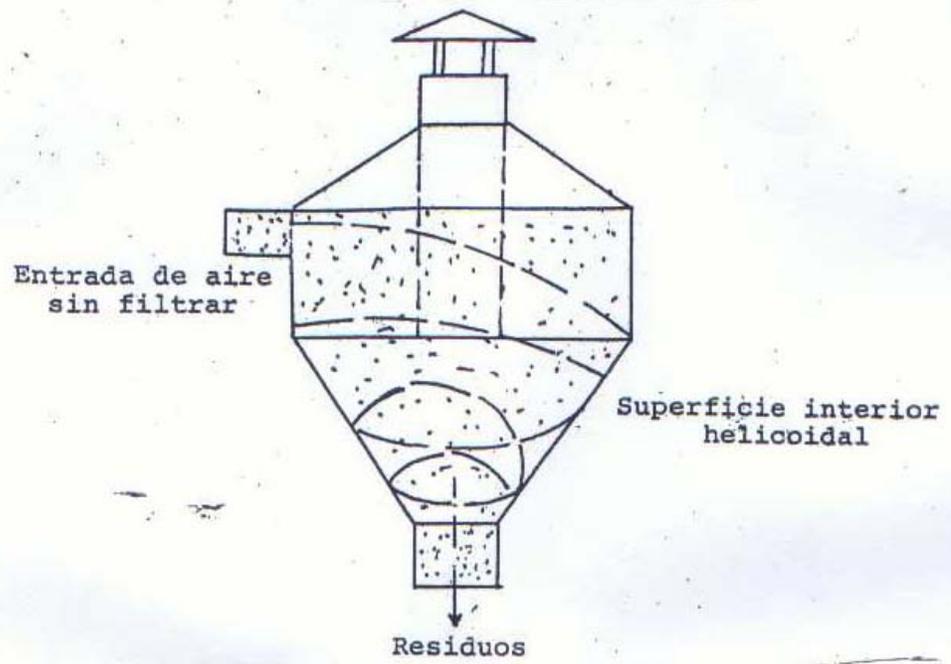


Figura 9. Colector de inmersión

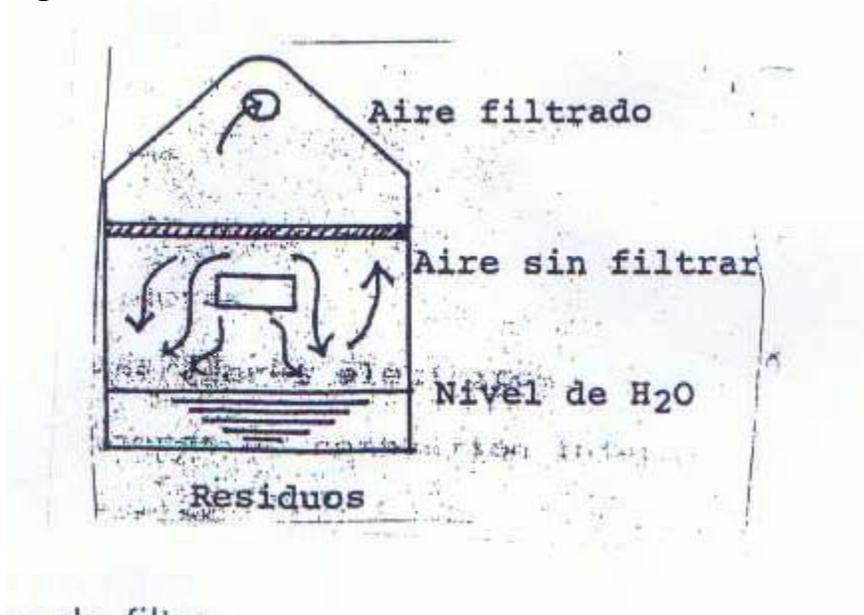
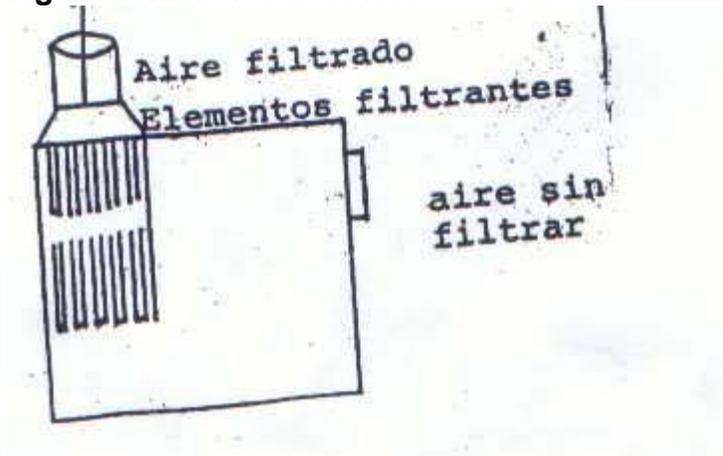


Figura 10. Colector de filtro



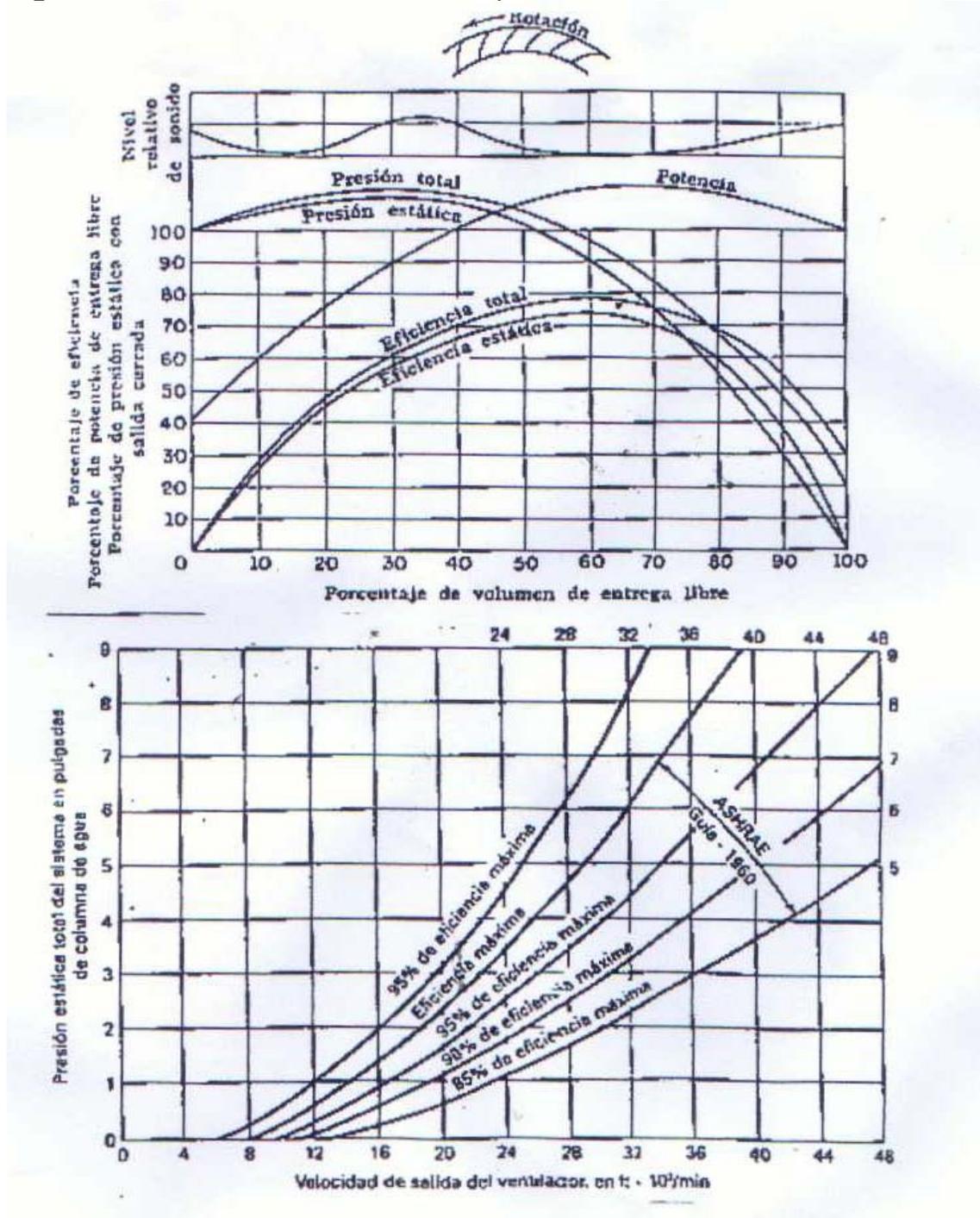
ANEXO 3

Tabla X. Velocidad recomendada para campanas de extracción

Sitio de colocación	Campana	Promedio de velocidad recorrida pies / min.
Caseta para soldadura de plomo.	Caseta cerrada abierta a un lado.	150 – 200 sobre la cara
Corte de piedras	Caseta cerrada cara abierta	400 – 500 sobre la cara
Descorriadores de fundiciones	Caseta cerrada frente abierto de tiro hacia abajo tipo parrilla.	150 – 200 sobre la cara 300 – 500 sobre la cara
Esmeriladores (de disco y Sandblast)	De tipo parrilla, tiro hacia abajo De tipo de banco con ranura a un lado.	400 sobre la cara abierta 2000 – 2500 a través de la ranura de 4”.
Granos de polvo, aserrín, etc.	Tipo ranura	2000 a través de ranura de 4”
Estufas de cocina	Campana elevada	125 – 150 sobre la cara
Fraguas naturales	Campana elevada Caseta cerrada abierta a un lado	150 – 250 sobre la cara 200 – 300 sobre la cara
Lavadoras de botella	Caseta cerrada abierta a un lado	150 – 200 sobre el lado abierto
Roles mezcladores de hule	Campana elevada tipo ranura Tipo ranura	150 – 200 sobre la cara 2000 – 2400 a través de ranura de 4”
Soldaduras eléctricas	Caseta cerrada frente abierto Campana elevada	100 – 150 sobre la cara 125 – 150 sobre la cara
Máquinas para fabricación de papel	Campana elevada	100 – 300 sobre la cara

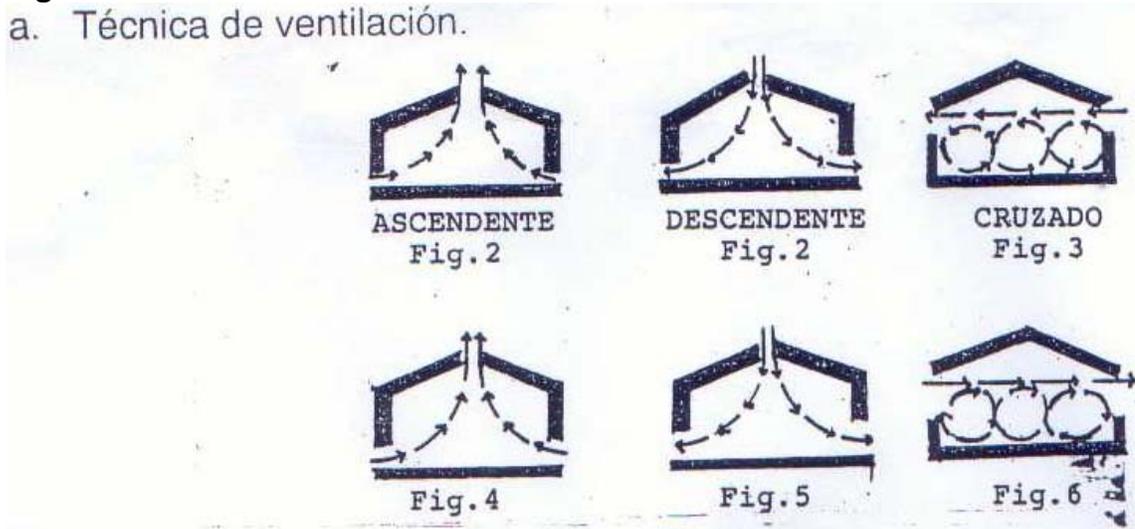
ANEXO 4

Figura 11. Gráfico de un ventilador de paletas con curvas hacia delante.

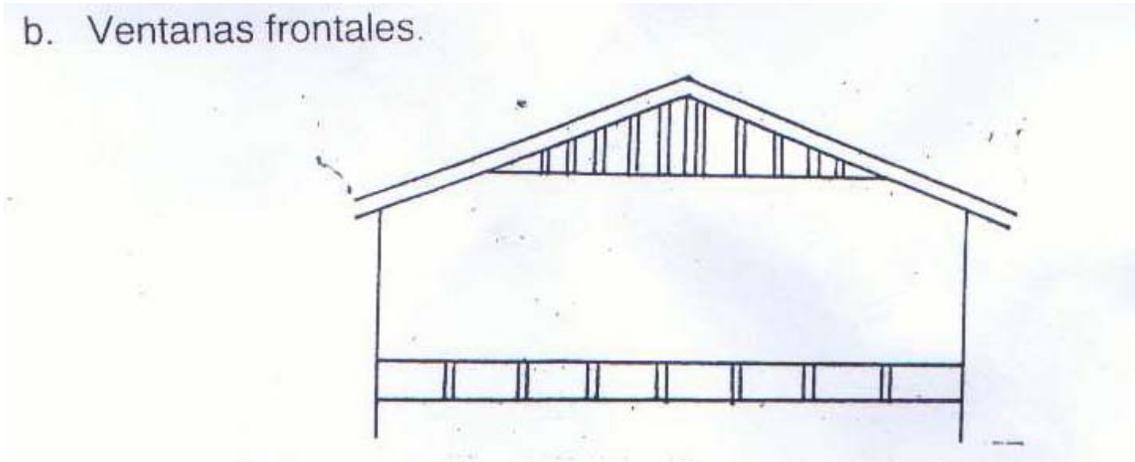


ANEXO 5

Figura 12. Ventilación
a. Técnica de ventilación.



b. Ventanas frontales.



c. Ventanas laterales.

