



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

“DISEÑO DE UNA LAVADORA DE AIRE”

294091

T E S I S
PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO
E L E C T R I C I S T A

P R E S E N T A:
MARTHA PÉREZ CASTAÑÓN

ASESOR DE TESIS:
ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profunda gratitud a las siguientes personas:

Daniel Pérez Guerrero y Gregoria Castañón García.

Por darme la oportunidad de realizar una carrera profesional, que indudablemente es la mejor herencia para un hijo.

Rosa Estela Pérez Castañón.

Por brindarme su apoyo moral y económico durante mis días de estudiante y siempre.

Martín Díaz Martínez.

Por su paciencia y apoyo durante la elaboración de este trabajo.

Alejandro Rodríguez Lorenzana.

Por motivarme y asesorarme en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mis tres hijos:

**Rodrigo,
Mariana y
Benjamín**

A quienes les reitero que el conocimiento nos conduce a lugares sin fronteras, mientras que la ignorancia esclaviza al hombre.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

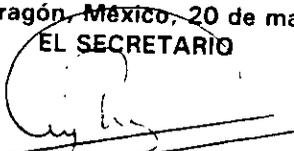
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. IVÁN MUÑOZ SOLÍS
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 20 de marzo del año en curso, por la que se comunica que la alumna MARTHA PÉREZ CASTAÑÓN, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "DISEÑO DE UNA LAVADORA DE AIRE", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 20 de marzo del 2001
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/ROC/vr

20401

ÍNDICE

OBJETIVO	1
JUSTIFICACIÓN	2
INTRODUCCIÓN	4

CAPÍTULO I PRINCIPIOS BÁSICOS

I.1	Aire acondicionado	7
I.1.1	Breve historia del aire acondicionado	8
I.1.2	Necesidad y aplicaciones del aire acondicionado	8
I.1.3	Clasificación	11
I.1.4	Zona de confort	12
I.2	Carga térmica	12
I.2.1	Cálculo de cargas	13
I.3	Ductos	19
I.3.1	Diseño de ductos	19
I.3.2	Difusores	26
I.4	Ventiladores	27

CAPÍTULO II PSICROMETRÍA DEL AIRE

II.1	Psicrometría	34
II.2	Términos usados en psicrometría	34
II.3	Carta psicrométrica	38
II.3.1	Identificación de escalas y líneas	38
II.3.2	Localización de puntos	42
II.4	Procesos psicrométricos	43
II.5	Procesos psicrométricos que sigue el aire a su paso por una lavadora de aire	48
II.5.1	Rendimiento de saturación	49

CAPÍTULO III EQUIPO PROPUESTO

III.1	Planteamiento del problema	53
III.2	Equipo propuesto	53
III.2.1	Unidad lavadora de aire (ULA)	55
III.3	Ubicación de la ULA	56
III.3.1	Arreglo	59
III.4	Diseño	61
III.4.1	Temperatura del local	64

III.4.2	Cantidad de aire del local	65
III.4.2.1	Cálculo de la carga térmica	66
III.4.3	Ventilador Centrífugo o turbina	71
III.4.4	Motor eléctrico	72
III.4.5	Transmisión	73
III.4.6	Chumaceras	75
III.4.7	Ducto	75
III.4.7.1	Difusor	78
III.4.8	Aspersores	79
III.4.8.1	Cantidad de agua requerida	80
III.4.8.2	Selección de aspersores	82
III.4.9	Bomba	83
III.4.10	Rendimiento de saturación	88

CAPÍTULO IV FABRICACIÓN

IV.1	Fabricación de la ULA	90
IV.2	Dibujos de fabricación de la ULA	90

OBJETIVO

La finalidad del presente proyecto, es seleccionar, diseñar, fabricar, instalar y poner en funcionamiento un equipo que modifique las condiciones ambientales en el interior de un local industrial, de tal manera que las personas que laboren en su interior realicen de manera más confortable y eficiente su trabajo, durante las épocas de primavera y verano o cuando así se requiera.

Con la realización de este trabajo, se pretende dar solución a un problema real.

JUSTIFICACIÓN

El clima es el resultado ambiental combinado de temperatura, humedad y presión atmosférica. En la actualidad, diversos factores han influido y provocado en el clima grandes alteraciones que provocan estaciones secas muy largas y estaciones de lluvia escasas o cortas e intempéstuosas.

Como resultado de la necesidad de crear ambientes confortables en el interior de locales para diversas aplicaciones, se han logrado grandes avances tecnológicos en el estudio del AIRE ACONDICIONADO.

Climatizar un espacio es una necesidad de salud, higiene y bienestar que proporciona confort al ser humano y mantiene un control más completo en los procesos de manufactura.

El problema presentado en el interior de un local de una empresa, de la cual se reservará su razón social a petición de la misma, es el siguiente: En su interior se encuentra instalado un taller donde laboran máximo 70 personas realizando diversas actividades que podemos clasificar como trabajo ligero (ensamble de tableros de control para equipos y sistemas de manejo de materiales) y una área de este taller se destina para la impartición de cursos y capacitación de su personal, esto se realiza con mucha frecuencia.

Por lo anterior la mayor parte del año, sobre todo en las épocas de primavera - verano y parte del otoño en las que se alcanzan altas temperaturas, el ambiente interior se torna desagradable para realizar cualquier actividad, ya que el local cuenta solo con la ventilación natural de la puerta principal, que siempre permanece abierta. Por lo que el local no es cerrado.

Ante esta situación se requiere de un equipo que no solo remueva el aire interior, sino que también modifique algunas de sus propiedades como temperatura, humedad y pureza.

Analizando las características planteadas anteriormente y después de valorar los posibles equipos de Aire Acondicionado que den solución a este problema, se propone que el equipo adecuado sea una UNIDAD LAVADORA DE AIRE (ULA), la cual además de solucionar satisfactoriamente el problema presentado tiene un bajo costo y su diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha puede ser realizado por personal de la misma empresa.

Su aplicación es la solución más económica que brinda mayores ventajas que otros sistemas de acondicionamiento para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales. En la actualidad los incrementos constantes en los costos de la energía eléctrica hacen al aire acondicionado por

refrigeración un sistema muy costoso de mantener, además que requiere ser usado solo en medios o locales cerrados, lo que limita su aplicación.

La ULA no usa refrigerantes ni está dotada de unidades mecánicas complejas, enfría con el simple movimiento del aire proveniente del exterior, a través de una superficie de paneles húmedos. La humedad no es percibida, dado que el aire es renovado aproximadamente cada dos minutos de la habitación, proporcionando confort y frescura.

De esta manera, se propone dar solución al problema antes mencionado.

INTRODUCCIÓN

Para acondicionar el aire en un espacio, se requiere tener conocimientos básicos de las propiedades del aire, la humedad, manejo de carta psicrométrica, cálculo de carga térmica, cálculo y selección de equipo.

En el primer capítulo titulado "Principios básicos", se desarrollan los conceptos en los que se fundamenta el estudio del aire acondicionado así como los factores que intervienen en el diseño de la Unidad Lavadora de Aire. Las diversas ganancias que intervienen en el cálculo de la carga térmica y las tablas en que se apoyan dichos cálculos. Se presenta también información sobre cálculo de ductos, difusores y ventiladores con las respectivas tablas que aportan los factores que condicionan su selección y diseño.

El segundo capítulo "Psicrometría del aire", presenta información sobre el estudio del aire, del cual se encarga la psicrometría. En el se pretende analizar y relacionar las propiedades del aire para comprender como es posible controlar y modificar dichas propiedades.

El tercer capítulo "Equipo propuesto" es la parte central de este trabajo, en el, de inicio, se plantea el problema al cual se pretende dar solución, se propone y justifica el equipo seleccionado. Para iniciar con el diseño es necesario conocer el lugar donde será instalada la unidad y así determinar el tipo de descarga que se requiere en la misma.

Se procede a seleccionar el arreglo interno que proporcione el rendimiento más eficiente y económico que satisfaga las necesidades planteadas. Para iniciar el diseño y la selección del equipo, es necesario conocer la cantidad de aire a remover. Con este dato se selecciona el ventilador centrifugo requerido, el motor eléctrico y la transmisión. Se realizan los cálculos necesarios para determinar la cantidad de agua que requiere manejar la unidad. Se selecciona también la bomba que proporcione la cantidad de agua requerida en los rociadores. Utilizando las tablas correspondientes se seleccionan las dimensiones y material del ducto requerido, así como el difusor que se encargará de distribuir el aire en el punto deseado.

A partir de las dimensiones del equipo seleccionado se determinan las dimensiones del gabinete y arreglo interior que se indican en el capítulo cuatro "Fabricación". Aquí se presentan los dibujos de fabricación de cada una de las partes de la unidad, contienen información como: material de fabricación, dimensiones y ensambles realizados.

En el capítulo cinco "Instalación y puesta en marcha" se presentan las consideraciones y procedimientos para realizar la instalación y puesta en marcha de la unidad diseñada.

Finalmente en el capítulo seis "Análisis de costos", se presenta un costo estimado de la Unidad Lavadora de Aire, desglosando un estimado de

equipo, materiales y mano de obra. Cabe mencionar que la empresa para la cual se realiza este diseño cuenta con el personal, equipo y herramienta necesaria para realizar la fabricación instalación y puesta en marcha de la unidad.

Se integra al final de este trabajo las conclusiones, un anexo que contiene tablas, gráficas y esquemas a los que se hace referencia en el desarrollo del capitulado, así como un apéndice sobre el mantenimiento preventivo que se recomienda aplicar a la unidad y la bibliografía.

CAPÍTULO I

PRINCIPIOS BÁSICOS

I.1 AIRE ACONDICIONADO

La ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) define el acondicionamiento del aire como: El proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que cumpla con los requisitos del espacio acondicionado.

Como se indica en la definición, las acciones importantes involucradas en la operación de un sistema de aire acondicionado son:

- a) Control de la temperatura
- b) Control de la humedad
- c) Filtración, limpieza y purificación del aire.
- d) Circulación y movimiento del aire.

El acondicionamiento completo del aire, proporciona el control automático de estas condiciones, tanto para el verano como para el invierno. El control de temperatura en verano se logra mediante un sistema de refrigeración, y en invierno, mediante una fuente de calor. El control de humedad en verano requiere de deshumidificadores y en invierno, se requiere de humidificadores, para agregarle humedad al aire. La filtración de aire, en general, es la misma en verano que en invierno.

El acondicionamiento de aire en casas, edificios o en industrias, se hace por dos razones principales: proporcionar confort humano y para un control más completo del proceso de manufactura; el control de temperatura, humedad, pureza y circulación del aire, mejoran la calidad del producto terminado.

Para acondicionar aire en un espacio, se requiere tener conocimientos básicos de las propiedades del aire y la humedad, del cálculo de cargas de calentamiento y de enfriamiento, manejo de las tablas o carta psicrométrica, y el cálculo y selección de equipo. También se requiere del conocimiento y manejo de instrumentos de medición de temperatura, humedad, velocidad y presión del aire.

I.1.1 BREVE HISTORIA DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El aire acondicionado es tan antiguo como el hombre. La gente primitiva utilizó las pieles de los animales, en un sentido crudo para controlar el escape o contenido de su propio calor corporal y efectuar un cambio en su confort personal. Buscando protección del sol o hallando refugio en cuevas, contra el frío o el calor, básicamente cambiaban su medio ambiente. El descubrimiento y uso del fuego fue quizás el avance más importante de esa era.

Los nobles egipcios usaron esclavos equipados con ramas de palmas para ventilar a sus amos. Así el enfriamiento evaporativo, suministró algún alivio para el calor del desierto. La historia también recuerda que los romanos, diseñaron ventilación y calefacción en sus famosos baños. Los romanos también traían hielo de las montañas del norte, para enfriar vino y posiblemente también para enfriar agua para baño.

En la edad media en notable Leonardo da Vinci, construyó un ventilador accionado por agua, para ventilar los cuartos de la casa de un amigo suyo. El acondicionamiento científico de aire se originó en 1900. Se utilizó para ayudar en los procesos industriales y para satisfacer el confort humano. En 1911 Willis h. Carrier presentó su famoso trabajo sobre las propiedades del aire. Estas suposiciones y fórmulas, fueron la base para la primera carta psicrométrica y llegaron a ser la autoridad para todos los cálculos fundamentales en la industria del aire acondicionado. Actualmente, esta industria se ha convertido en una de las más diversas y desarrolladas.

I.1.2 NECESIDAD Y APLICACIONES DEL AIRE ACONDICIONADO

Climatizar ciertos locales no es en modo alguno procurar una comodidad ni siquiera un cierto lujo, sino una necesidad de higiene. El calor procedente del metabolismo humano sirve para mantener constante la temperatura del cuerpo, lo que resulta indispensable para el desarrollo de las funciones vitales. Una parte de ese calor se cede al ambiente. Como consecuencia, la temperatura del cuerpo humano suele ser mayor que la del aire que lo rodea.

La epidermis participa en primer lugar en ese intercambio térmico; la respiración, también pero en menor grado. Ese intercambio se efectúa de cuatro maneras distintas:

- 1) Por transmisión al ambiente (convección)
- 2) Por irradiación en dirección a la superficie más fría del local
- 3) Por evaporación en la epidermis (transpiración)
- 4) Por las vías respiratorias (calor seco y evaporación de agua)

La medida en que intervienen cada uno de estos intercambios depende de ciertos factores climáticos (temperatura del aire ambiente, factor de humedad, movimiento, etc.), así como de la temperatura de irradiación de la superficie del local.

El proceso químico de la producción interna de calor, así como el físico de la cesión de calor al ambiente, están regulados por el sistema nervioso vegetativo, tanto a lo que se refiere a las condiciones a que está sometido el individuo —trabajo, vestuario y estado físico— como a otros factores exteriores, que en conjunto caracterizan el ambiente.

El margen de eficiencia de los órganos de regulación, el cual una vez excedido puede provocar la muerte, bien por congestión, bien por enfriamiento, es el que determina los límites, por lo general bastante amplios, entre los cuales deben situarse las condiciones climáticas soportables. En compensación, estos límites son ya muy restringidos si se quiere crear un ambiente agradable al cuerpo humano, es decir, un bienestar que no exija una participación muy grande de los órganos de regulación.

También en este caso la expresión bienestar, utilizada en su sentido psicológico, no tiene nada que ver con la noción de comodidad o incluso lujo. La zona de bienestar implica, en relación con la temperatura del aire, un cierto contenido de humedad, su movimiento y la temperatura de irradiación de las superficies envolventes. Es en esta zona en la que son más favorables la salud y la capacidad de trabajo del hombre, las cuales, de todos modos, pueden variar un poco, según la estación de año, el vestuario, el tipo de ocupación e incluso las regiones de un mismo país.

El bienestar, es decir, el equilibrio completo de todo el régimen térmico, no suele ser sentido por el individuo. Pero por lo contrario, nota una cierta perturbación en cuanto se rompe ese equilibrio. El aire muy húmedo provoca una reducción de la evaporación de agua por parte de la epidermis, debido a la elevación de la presión parcial del vapor de agua existente en la atmósfera. La cesión de calor por el cuerpo es más difícil en un ambiente húmedo y resulta particularmente desagradable a los que tienen que realizar esfuerzos físicos.

En general el trabajo es mejor en una atmósfera seca que en un ambiente cargado de humedad, aunque la temperatura sea más alta.

El aire muy seco no suele dar impresión desagradable, en comparación con la que produce el aire muy húmedo, e incluso en el se tiene una respiración más profunda y regular. Tiene por el contrario el inconveniente de favorecer la formación y expansión del polvo, lo que a su vez resulta incomodo, ya que precisamente el polvo es el responsable de la sensación de aire seco y de los golpes de tos que ocasiona. El polvo que es muy

higroscópico, asimila agua en función de contenido de humedad de la atmósfera, lo que evita no sólo su propagación, sino incluso su formación.

Otro factor que influye en el bienestar de las personas es la cantidad de oxígeno disponible para la respiración, si el aire de un local en haya varias personas está viciado, con su contenido de oxígeno disminuido, los ocupantes de ese local sentirán un malestar, como consecuencia se reducirá su capacidad de trabajo.

Todos estos factores tienen una influencia nefasta sobre el individuo y su capacidad de trabajo y pueden afectar también directamente en la producción industrial.

La comodidad de las personas bajo el punto de vista del aire acondicionado, depende entonces de cuatro factores primordiales, que son:

- a) **TEMPERATURA DEL AIRE:** Si no hubiera control de la temperatura, la vida sería imposible. Por esto, el control artificial de la temperatura dentro de un espacio cerrado fue el primer intento para lograr la "comodidad humana".
- b) **HUMEDAD DEL AIRE:** Gran parte del calor del cuerpo humano se pierde por evaporación a través de la piel. La evaporación se debe a la baja humedad relativa del aire, las altas humedades la retardan. Esto da una idea de la importancia que tiene el control de la humedad. Los excesos de la humedad relativa producen no solamente reacciones fisiológicas molestas, sino también afectan las propiedades de algunos materiales.
- c) **MOVIMIENTO DEL AIRE:** El movimiento del aire sobre el cuerpo humano incrementa la pérdida de calor y humedad y modifica la sensación de frío o calor. Además produce una sensación de "chiflón" agradable o desagradable.
- d) **PUREZA DEL AIRE:** La composición química y física del aire es muy importante.

Poco interesa que aumente el CO_2 , o que disminuya el oxígeno debido a la combustión fisiológica, ya que con poca ventilación se resuelve el problema. La nulificación de olores requiere, sin embargo, mucha ventilación, o bien, la purificación del aire por medio de algún recurso artificial.

Nulificar partículas sólidas en el aire es de vital importancia no sólo para la salud, sino porque disminuye los gastos de limpieza y mantenimiento.

El humo que molesta los ojos y la nariz, requiere una buena ventilación.

En ciertos casos es necesario excluir el polen, porque causa asma y molestia a los que padecen cierto tipo de alergias. La contaminación ambiental es hoy en día uno de los grandes problemas a los que tiene que enfrentarse la humanidad.

ALGUNAS APLICACIONES DEL AIRE ACONDICIONADO:

- a) Locales de habitación y oficinas
- b) Procesos de fabricación que exigen humedad, temperatura y pureza del aire determinadas y controladas, como sucede, en la fabricación de productos farmacéuticos y alimenticios, salas de dibujo de precisión, impresión en colores, etc.
- c) Ambientes de trabajo, con vistas a la comodidad de los operarios y por lo tanto a su rendimiento.
- d) Ambientes en los que se exige seguridad, en los que se manejan productos tóxicos o inflamables
- e) Etapas de producción que exijan el control de reacciones químicas (cristalización, corrosión de metales, acciones de microorganismos, etc.)
- f) Locales en los que haya que eliminar la electricidad estática
- g) Operaciones de mecanización con tolerancias mínimas
- h) Laboratorios de control y pruebas de materiales
- i) Hospitales

I.1.3 CLASIFICACIÓN

El panorama del acondicionamiento de aire puede dividirse en tres niveles:
AIRE ACONDICIONADO RESIDENCIAL: Tiene como finalidad modificar las condiciones ambientales, para crear ambientes confortables y saludables en pequeños locales o casas habitación. Incluye unidades para acondicionar residencias o pequeños locales.

AIRE ACONDICIONADO COMERCIAL: Su finalidad es modificar las condiciones ambientales, para crear ambientes confortables y saludables en locales concurridos por determinado número de personas, con la finalidad de prestar algún servicio. Incluye sistemas para tiendas, supermercados y unidades centrales.

AIRE ACONDICIONADO INDUSTRIAL: Su función es modificar las condiciones ambientales en los procesos de fabricación de ciertos productos que así lo requieren, ya sea en todo el proceso o sólo en determinadas etapas del mismo.

1.1.4 ZONA DE CONFORT

La llamada zona de confort es el rango de temperatura, humedad y velocidad del aire en el que la mayoría de las personas normales se sienten a gusto.

Para establecer "estándares" de temperatura, humedad, movimiento y pureza del aire, es indispensable encontrar los valores óptimos para que el cuerpo humano tenga la sensación de comodidad. Debido a las grandes diferencias fisiológicas y psicológicas de los individuos, encontrar valores determinados es prácticamente imposible.

La ASHRAE realizó un estudio de investigación durante muchos años, analizando las reacciones de un gran número de personas, para establecer un rango de temperaturas, humedades y movimientos del aire que provea el máximo confort. Cada combinación se conoce como temperatura efectiva (TE). Se encontró, por ejemplo que con una velocidad del aire dada, varias combinaciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa, daban la misma sensación de confort al 90% de la gente. Así pudo construirse una carta de zona de confort, la cual muestra aproximadamente en porcentaje, la cantidad de personas que se sienten cómodas en cada combinación, aunque de acuerdo a la investigación siempre habrá personas incómodas.

1.2 CARGA TÉRMICA

Para el diseño de un sistema de aire acondicionado, la primera etapa consiste en verificar el llamado Balance Térmico, entendiéndose como tal el análisis de todos aquellos conceptos que puedan modificar la temperatura del local.

Este balance térmico debe verificarse durante el invierno y el verano, considerando los elementos que concurren a la hora más desfavorable por lo que respecta a las condiciones del medio ambiente exterior.

Los conceptos que deben analizarse en este Balance Térmico son los siguientes:

- a) Transmisión de calor a través de muros, puertas, ventanas, etc.
- b) Calor desprendido por las personas que ocupan el local.
- c) Alumbrado y equipo mecánico.
- d) Infiltración de aire exterior hacia el interior por los orificios de puertas, ventanas, etc.
- e) Efecto de los rayos solares sobre paredes y techo.

De lo anterior podemos deducir que la carga térmica es la cantidad de calor que se debe remover del interior del local para acondicionar el aire.

I.2.1 CÁLCULO DE CARGAS

Aplicación de normas: El Instituto de Acondicionamiento de Aire y Refrigeración (A.R.I.) contempla una serie de tablas para utilizarse como norma mínima de aplicación, en los casos que no existan especificaciones de los arquitectos o ingenieros para un proyecto específico y puede ser considerada como una práctica recomendable a seguir para tener una uniformidad en el cálculo de las cargas de enfriamiento y calefacción. Estas tablas se refieren específicamente al acondicionamiento de aire para confort tipo comercial, en el cual se incluyen las aplicaciones más comunes. En caso de una aplicación especial, o cuando sea necesaria una exactitud extrema, lo más conveniente es utilizar las guías de ASHRAE, CARRIER o TRANE para calcular la carga. Esto será necesario solamente en caso de construcciones muy especiales, grandes proyectos, factores de carga muy diversos, etc. La forma para cargas de enfriamiento se ha preparado en base a las tablas. Se pueden adaptar para utilizarse en cualquier localidad aplicando factores de cargas locales.

a) Cálculo de cargas de enfriamiento.

Las temperaturas de diseño de bulbo seco y húmedo, interiores y exteriores son las que determinan la magnitud de la carga de enfriamiento y el nivel de temperaturas de operación del sistema de refrigeración. Estas condiciones no deben ser menores que las que se indican en la Tabla 1 (ver anexo), las cuales no son las máximas pero se sabe que son condiciones promedio, satisfactorias y económicas para aplicaciones de acondicionamiento de aire para confort.

Las normas AMICA, son una recopilación de datos necesarios para efectuar una estimación de carga térmica, tanto para verano como para invierno. Estos datos requieren de mucha paciencia y esmero por parte de un grupo de personas pertenecientes a la ya desaparecida "Asociación Mexicana de Ingenieros en Calefacción y Acondicionamiento", habiéndonos legado los resultados en tablas que denominaron condiciones exteriores de diseño para diversas ciudades en la República Mexicana.

Esta tabla esta compuesta por nueve columnas

- 1° por orden alfabético, los nombres de los diferentes estados y ciudades más importantes de la República Mexicana.
- 2° posición geográfica en latitud
- 3° altitud sobre el nivel del mar
- 4° presión barométrica en mm de mercurio

5°, 6° y 7° Los datos para verano: temperatura máxima exterior en °C, temperaturas de cálculo de bulbo seco y húmedo en °C. Respectivamente.
 8° y 9° Los datos para invierno: temperatura mínima exterior, temperatura de cálculo

b) Cargas de calor sensible y calor latente

Las cargas de calor sensible y latente internas, son aquellas que se originan dentro del espacio por acondicionar, las cuales aumentan la temperatura de bulbo seco y el punto de rocío del aire en el interior del local, precisamente después de que el aire sale del equipo de enfriamiento. Para seleccionar la cantidad de aire necesaria que debe ser recirculada dentro del espacio por acondicionar y para seleccionar también el equipo necesario para producir las condiciones requeridas del aire, los cálculos de cargas de enfriamiento se deben dividir en cargas de enfriamiento sensible y de enfriamiento latente.

La carga de enfriamiento sensible es creada por la transmisión de calor a través de paredes, vidrios y techos, debida a las diferencias entre la temperatura exterior y la interior, la radiación solar, la transmisión de calor sensible de las personas que ocupan el local, al calor generado por el alumbrado y accesorios eléctricos como son: cafeteras, máquinas sumadoras, etc. y por los motores. A esto se le agrega el calor sensible del aire necesario para ventilación o del que pueda infiltrarse al interior del local.

La carga de calor latente es originada por el sudor de las personas que ocupan el local, por el calor generado debido a accesorios que mezclan vapor y calor como son: cafeteras, planchas de vapor, más el calor latente del aire de ventilación y del aire de infiltración.

c) Transmisión de calor a través de paredes y techo de un local

La transmisión de calor a través de paredes, ventanas y techo de un local, consiste en el calor que pasa a través de los materiales de la construcción debido a la diferencia de temperatura del aire interior y a la radiación solar transmitida a través de áreas de vidrios, muros y techos.

d) Radiación solar

La radiación solar incide sobre cualquier superficie y varía de acuerdo a la estación del año, con la hora del día, con la latitud, con la presencia de nubes, polvo, humedad, etc.

La radiación solar transmitida a través del vidrio se divide en tres partes:

- 1) Una parte que es transmitida a través del vidrio hacia el interior del local.
- 2) Una parte que es absorbida por el vidrio.
- 3) La tercera parte restante es reflejada.

La suma de 1 y 2, representa la cantidad de calor que fluye hacia el interior del edificio a través del vidrio debida solamente a la radiación solar. Además existe también una transmisión de calor a través del vidrio por conducción cuando existe una diferencia de temperatura del aire interior y exterior.

La radiación solar a través del vidrio es transmitida hacia las superficies sólidas que se encuentran dentro del espacio a acondicionar, las cuales la absorben y posteriormente la transmiten hacia el aire del local por convección. Por lo tanto existe un atraso en el tiempo entre la ganancia de calor de radiación solar instantáneo y la carga instantánea para enfriamiento.

Este atraso de tiempo, así como la latitud, altitud, cantidad de nubes, fuerza de la atmósfera, son las variables que deben considerarse para cada localización geográfica y juntamente con el factor de transmisión, el cual varía con el espesor del vidrio, el tipo del mismo así como el grado y tipo de sombreado existente. La Tabla 2 (ver anexo) proporciona los factores que deben utilizarse en el cálculo de la ganancia de calor sensible a través de vidrio bajo condiciones promedio, incluyendo tanto las ganancias de calor por radiación como por transmisión.

e) Transmisión a través de muros y techos por efecto solar.

Los muros y techos de los edificios no transmiten la radiación solar directamente al local acondicionado, mientras la temperatura interior permanece constante, la radiación solar sobre las superficies exteriores del edificio y la temperatura del aire exterior varían con la hora del día. Debido a esto, la máxima ganancia de calor dentro del local, dependiendo del tipo de materiales de construcción, puede tener un atraso de varias horas respecto a la cantidad máxima de calor que puede entrar a través de las superficies exteriores del edificio. Mientras mayor sea la capacidad calorífica y la resistencia al paso de calor de los materiales del edificio, mayor será el atraso de tiempo de la ganancia de calor.

La magnitud de la transmisión de calor a través de muros exteriores de construcción tipo comercial es generalmente un pequeño porcentaje de la carga total y se supone que cualquier error que se cometa en el cálculo debido al factor que se considere en la ganancia de calor por transmisión, no afectará en forma significativa la carga total. En la tabla 3 (ver anexo) se incluye un factor "U" total para muros expuestos al sol de 0.43 y un factor de 0.36 para muros sombreados..

La magnitud de la transmisión de calor a través de techos expuestos continuamente al sol, es mucho mayor que la transmisión a través de muros verticales, siendo en consecuencia también mayor su efecto sobre la carga total.

Existe una variación considerable con lo que respecta a los materiales de construcción utilizados en los techos, dentro de los cuales se incluye normalmente el aislamiento, por lo tanto deben analizarse cuidadosamente las cargas a través de techos y todos los factores que afectan a los mismos. La tabla 3 también maneja factores para algunos tipos de construcción de techos, para la mayoría de las aplicaciones.

f) Calor emitido por personas

En la tabla 4 (ver anexo), se encuentran indicadas las cantidades de calor sensible y latente cedidas por las personas que ocupan un determinado local con aire acondicionado, de acuerdo con los diferentes tipos de actividades que desarrollan.

La cantidad de personas que se tomen en cuenta para el diseño de un sistema, deberá estar basada en el promedio máximo que se espera tener bajo las condiciones extremas exteriores consideradas para una hora determinada.

Cuando se presente el caso de que el número de ocupantes máximo está rara vez dentro del área acondicionada durante el periodo de carga máxima de enfriamiento y cuando los ocupantes constituyan el porcentaje mayor de la carga interna total, para la selección de equipos de aire acondicionado se deberá utilizar la carga máxima instantánea por hora que ocurra.

También se deben considerar otros factores, tales como: tipos de vestidos, grado de actitud y tiempo durante el cual se ocupa el local.

g) Calor emitido por:

Alumbrado: La carga debida a alumbrado se obtiene tomando en cuenta todas las lámparas instaladas dentro del espacio por acondicionar. Para la mayoría de los establecimientos, el factor que se utiliza para lámparas de uso corriente es la unidad. Para lámparas fluorescentes su capacidad en watts totales deberá multiplicarse por 1.25 con objeto de considerar la energía consumida en la balasta. Además siempre es conveniente considerar el alumbrado, debido a que en la práctica se mantienen las lámparas encendidas, aún cuando la luz natural del sol es suficiente. Para el caso en que se utilicen lámparas especiales con ventilación, será necesario obtener datos del fabricante para establecer el porcentaje de la energía total que se disipa en el interior del espacio o local acondicionado.

Se justifica utilizar algunos factores de criterio en el caso de que algunas lámparas estén localizadas en techos demasiado altos y cuando el sistema de circulación de aire este diseñado de tal forma que provoque una estratificación parcial en la temperatura con la cual solamente parte de la energía de los accesorios del alumbrado vendrá a contribuir a la carga interna.

Motores: Los motores eléctricos suministran al espacio por acondicionar, una carga en forma de calor sensible y esto se debe a la conversión de la energía eléctrica que consume a energía calorífica.

La cantidad de energía calorífica que disipa un motor, en realidad viene indicada en la placa del mismo, ya sea como caballos de potencia o bien como potencia al freno y las equivalencias son las siguientes:

1 HP = 2545 BTU/HR

641 KCAL/HR

1 WATT = 3.41 BTU/HR

0.86 KCAL/HR

En el caso de que la carga debida a motores constituya una parte considerable de la carga total o también en el caso de que existan varios motores del mismo tamaño, es recomendable calcular la carga debida a motores con bastante exactitud. En el caso en que el motor y la máquina impulsada por el esten dentro del espacio acondicionado, será necesario multiplicar los caballos de potencia por 2545 y dividir entre la eficiencia del motor.

Si el motor está localizado en el exterior y la máquina impulsada por el mismo está dentro del espacio por acondicionar, es necesario multiplicar los caballos de potencia por 2545.

Finalmente, si el motor está dentro del espacio a acondicionar y la máquina impulsada por el mismo está en el exterior, es necesario multiplicar los HP por 2545 y por $(1 - \text{eficiencia en \%})$ y dividir todo entre la eficiencia en $\%$.

Aparatos eléctricos pequeños: La tabla 5 (ver anexo), proporciona los valores de ganancias de calor para diferentes aparatos pequeños, entre los cuales se incluyen los mas comúnmente utilizados. Para aditamentos que no se mencionan en esta tabla, es conveniente consultar los datos de placa de los mismo o bien, consultar las instrucciones de operación que proporcionan los fabricantes, dentro de los cuales, generalmente, se proporciona alguna información sobre la cantidad de calor que disipan los aparatos.

h) Cargas debidas a infiltración de aire exterior

El aire exterior se puede infiltrar hacia el local acondicionado a través de rejillas que siempre existen en ventanas y puertas normalmente cerradas y también a través de puertas giratorias y puertas normalmente abiertas.

La infiltración se ve aumentada normalmente en edificios muy altos debido al efecto causado por diferencia de densidades en el aire (interior o exterior). La tabla 7 (ver anexo), proporciona algunos valores recomendables para utilizarse en los cálculos de infiltración a través de rendijas, basados en cambios de aire, en la misma tabla se proporciona la fórmula para calcular infiltración a través de puertas. Esta tabla está basada en que no existe presión debida al viento y considerando que las puertas giratorias esten localizadas únicamente en una de las paredes del edificio.

En el caso en que existan puertas abiertas en más de una de las paredes del local acondicionado, se efectuarán las condiciones de confort en el mismo, es necesario mencionar que se debe calcular y comprobar el volumen de aire total contra el volumen de aire de ventilación.

i) Ventilación

La cantidad de aire exterior que es necesaria para ventilación y para proporcionar una atmósfera libre de olores y contaminantes dentro del espacio acondicionado en función de las contaminaciones que existen dentro del local.

En la Tabla 6 (ver anexo), se indican las cantidades de aire para ventilación, recomendables y mínimas para diversas aplicaciones con las cuales se ha encontrado que se mantiene un control aceptable de los olores. Con esta tabla se puede determinar el volumen total de aire para ventilación y debe comprobarse que sea igual o mayor que: la cantidad total de aire de los sistemas de extracción existentes en el espacio por acondicionar.

j) Forma para el cálculo de cargas de enfriamiento

Esta forma (ver Tabla 8 en anexo), resume y al mismo tiempo separa las carga latente y sensible internas de las cargas totales. Cuando se emplea esta forma siguiendo las instrucciones respectivas, las cargas calculadas serán de una exactitud y tolerancia aceptables para la mayoría de las instalaciones de aire acondicionado para confort, sin embargo, en caso de que las condiciones de diseño estén fuera de las limitaciones de esta forma, el calculista deberá analizar el problema para aplicar los fundamentos de intercambio de calor y carta psicrométrica al caso específico.

1.3 DUCTOS

Para la conducción del aire en los sistemas de aire acondicionado, se emplean tuberías especiales llamadas ductos. Transportan el aire desde la descarga del ventilador hasta la rejilla de suministro de aire más alejada. Debe diseñarse desde los límites aceptables de espacio, nivel de ruido, ganancia o pérdida de calor y costo. Además debe distribuir el aire en forma adecuada y de acuerdo a las cantidades requeridas para absorber las ganancias de calor en todas las secciones del espacio acondicionado según la estimación de carga térmica.

1.3.1 DISEÑO DE DUCTOS

El objeto del cálculo de las redes de ductos es en primer lugar determinar la sección de cada uno de los diferentes tramos para proceder a su construcción, en segundo, estimar el peso del material requerido para la fabricación de la red, tanto para conocer su costo, como para suministrarlo al proyectista de la estructura para considerar esta carga en el cálculo de la misma, en tercer lugar, en la determinación de la pérdida por rozamiento, la cual se empleará en la selección del ventilador y, finalmente determinar la cantidad de material aislante térmico e impermeabilizante requerido para cubrir los ductos.

Este último concepto es sumamente importante, no tan solo por la transmisión de calor, la cual afectaría el estado psicrométrico del aire y no llegaría a los locales en la condición calculada, el impermeabilizante es básico, especialmente en lugares húmedos por la condensación y producción de gotas, las que dañarían los muros y plafones

a) FORMA, MATERIALES Y UNIÓN EN DUCTOS:

Su forma puede ser circular, rectangular o cuadrada. Desde el punto de vista económico es preferible el primero, ya que puede transportar la mayor cantidad de aire ocupando el mínimo espacio, con la consecuencia de exigir menos material y menos superficie, menos fricción y menor cantidad de aislamiento; tiene el inconveniente de elevar su costo por mano de obra y presentar problema para su colocación y forma de soportarse. Por lo que se refiere a la estética, el conducto de sección rectangular resulta mejor, dado que su superficie plana admite un mejor acabado y es más fácil de trabajar. Lógicamente el conducto rectangular es la solución para algunos problemas en que tiene que atravesar por lugares muy estrechos. Los ductos se construyen de lámina galvanizada (Ver Tabla 9 en anexo),

aunque en casos especiales se hacen de aluminio, hormigón o madera. Hay varias formas de unir los ductos que incluyen codos, curvas, reducciones, collares, uniones flexibles y combinaciones diversas (Ver esquema 1 en anexo). Cuando en un sistema de conductos haya que realizar cambios de medida o forma se procurará que sean progresivos, no deberán hacerse combinaciones que no sean necesarias, ya que ello solo tendrá como consecuencia el aumento del costo de la instalación y de las pérdidas debidas a la fricción.

b) CLASIFICACIÓN DE DUCTOS:

1) POR VELOCIDAD: Existen dos tipos de sistemas de transmisión de aire empleados en el acondicionamiento de aire. Los de baja velocidad, o sistemas convencionales y los de alta velocidad. La línea divisoria entre estos dos sistemas es imprecisa, pero para el estudio que haremos estableceremos la siguiente norma a título de orientación.

1- ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA LOCALES COMERCIALES

BAJA VELOCIDAD – Hasta 2500 PPM (12m/seg.) Normalmente entre 1200 y 2200 PPM (6 y 12 m/seg.)

ALTA VELOCIDAD – Más de 2500 PPM (12 m/seg.)

2- ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA LOCALES INDUSTRIALES

BAJA VELOCIDAD – Hasta 2500 PPM (12m/seg.) Normalmente entre 2000 y 2500 PPM.(11 y 12 m/seg.)

ALTA VELOCIDAD – 2500 A 5000 PPM (12 A 15 M/SEG)

Normalmente, los sistemas de retorno de aire, tanto para baja como para alta velocidad de impulsión, se proyectan siempre como sistemas de pequeña velocidad. En aplicaciones comerciales e industriales, las velocidades empleadas en estos sistemas de retorno son:

Locales comerciales, baja velocidad (hasta 10 m/seg.). Normalmente entre 8 y 10 m/seg.

Locales industriales, baja velocidad (hasta 12 m/seg.). Normalmente entre 10 y 12 m/seg.

2) POR PRESIÓN: Los sistemas de distribución de aire se dividen en tres categorías en cuanto a la presión del aire en el ducto: baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores en : CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 en la forma siguiente:

1- BAJA PRESION: Hasta 3 ¾ pulg. De agua (hasta 90 mm C.A.) (CLASE 1)

2- MEDIA PRESION: De 3 ¾ a 6 ¾ pulg de agua (desde 90 a 180 mm C.A.) (CLASE 2)

3- ALTA PRESION: De 6 ¾ 12 1/4pulg. De agua (desde 180 hasta 300mm C.A.) (CLASE 3)

Las presiones indicadas son presiones totales, incluyendo la pérdida de carga dentro del equipo acondicionador, ductos y bombas de suministro de aire al espacio acondicionado.

c) RELACIÓN DE FORMA:

Llamaremos relación de forma a la relación entre las dimensiones mayor y menor de la sección de un ducto rectangular. Esta relación es un factor importante que debe tenerse en cuenta en el proyecto inicial. Aumentando esta relación aumenta el costo de fabricación.

El costo de la instalación del ducto depende de la cantidad de material que se utilice y de la dificultad en la fabricación y colocación del ducto. La tabla 10 (ver anexo), muestra las clases de construcción de ductos.

La clase del ducto es la representación del costo, cuanto mayor es la clase, más caro es el ducto. Si la clase aumenta, pero la sección y capacidad del ducto siguen siendo las mismas, esto puede implicar un aumento en:

1. Semiperímetro y superficie de ducto
2. Peso del material
3. Calibre de la lámina
4. Cantidad de aislamiento necesario

Por lo tanto, desde el punto de vista económico, debe proyectarse el sistema de ductos de tal manera que tenga la clase más baja posible y la relación en forma más pequeña.

d) GRÁFICA DE PÉRDIDAS DE CARGA

En todos los ductos por los que circula el aire, existe una continua pérdida de presión. Esta pérdida de presión se llama también pérdida de carga por rozamiento y depende de:

- La velocidad del aire.
- Tamaño de los ductos.
- Rugosidad de la superficie interior.
- Longitud de los ductos.

Cualquier variación en uno de estos factores modifica la pérdida de carga en el ducto. La relación que existe entre ellos viene dada por la ecuación:

$$\Delta P = 0.4f (L/D^{1.22}) V^{1.82}$$

Donde

ΔP = pérdida de carga en mm c.a.

f = rugosidad de la superficie interior
(0.9 para ductos galvanizados).

L = longitud del ducto en metros.

D = diámetro del ducto circular (en centímetros) equivalente a otro rectangular

V = velocidad del aire en m/seg.

Con esta relación se construyó la gráfica 1 (ver anexo) de pérdidas de carga para ductos galvanizados en los sistemas de transporte de aire a temperaturas comprendidas entre 0 y 49 °C, y para altitudes de hasta 600 m sin necesidad de corregir el aire.

1) DIÁMETRO DEL DUCTO

La Tabla 13 (ver anexo) da las dimensiones de ductos rectangulares que corresponden a varios diámetros de ducto equivalente que se puede obtener en la Gráfica 1 (ver anexo). En la columna próxima a la de los diámetros, aparece la sección recta del ducto circular. Los ductos rectangulares, que se obtienen en la tabla, transportan el aire con la misma pérdida de carga que los ductos circulares correspondientes. Por esta razón, el área de la sección recta es menor que la del ducto que se obtiene multiplicando sus dimensiones. Para determinar estas dimensiones en la tabla 13 puede entrarse con los diámetros de ducto hallados en la gráfica de pérdidas de carga, o con las secciones calculadas partiendo del caudal y velocidad del aire.

No obstante, las dimensiones del ducto rectangular no pueden deducirse directamente conociendo la sección, sino que es preciso utilizar la Tabla 13. Si no se hiciera esto, resultaría un ducto más pequeño y con mayor pérdida de carga.

2) VELOCIDAD DEL AIRE:

Para establecer la velocidad del sistema de distribución de aire, hay que atender a las limitaciones respecto al ruido, precio de compra y gasto de explotación.

La Tabla 14 (ver anexo), proporciona las velocidades recomendadas para ductos de impulsión y de retorno en un sistema de baja velocidad, y también las presiones dinámicas correspondientes a dichas velocidades. Estas velocidades se han deducido de la experiencia.

3) **PÉRDIDA DE CARGA:** La pérdida de carga se da en la gráfica 1, en milímetros de columna de agua por metro de longitud equivalente del ducto. Para determinar la pérdida de una sección del ducto, se multiplica su longitud equivalente por la pérdida de carga deducida de la gráfica. La longitud total equivalente del ducto incluye los codos y acoplamientos que puede haber en dicha sección. Las tablas 11 y 12 (ver anexo), dan las pérdidas de carga de los elementos del ducto en longitud equivalente.

4) PÉRDIDA O GANANCIA DEBIDA AL CAMBIO DE VELOCIDAD RESPECTO AL VENTILADOR: Además de los cálculos necesarios para determinar la presión estática a la salida del ventilador, debe tenerse en cuenta la pérdida o ganancia con relación al ventilador. En los sistemas de velocidad, esta pérdida o ganancia puede ser muy pequeña, determinándose mediante las siguientes ecuaciones:
 Si la velocidad en el ducto es mayor que a la salida del ventilador, debe utilizarse la siguiente fórmula para calcular la pérdida de presión estática:

$$\text{Pérdida} = 1.1 \quad (V_d/242.4)^2 - (V_f/242.4)^2$$

donde:

V_d = velocidad en el ducto en m/seg.

V_f = velocidad a la salida del ventilador en m/min.

Pérdida = mm c.a.

Si la velocidad de descarga del ventilador es mayor que la del conducto, la siguiente fórmula sirve para calcular el aumento de presión estática:

$$\text{Ganancia} = 0.75 \quad (V_d/242.4)^2 - (V_f/242.4)^2$$

5) PÉRDIDAS DE CARGA EN UN ELEMENTO DEL SISTEMA: La pérdida de carga en cualquier acoplamiento se expresa en términos de longitud equivalente de ductos. Este método proporciona unidades utilizables en la gráfica de pérdidas de carga para calcular las pérdidas en una sección de ducto que contenga codos de acoplamiento. La Tabla 12 (ver anexo) da las pérdidas de carga para codos rectangulares y la tabla 11 (ver anexo) da las pérdidas en codos circulares. En ambas tablas, las pérdidas de carga se dan en función de longitud equivalente de ducto rectilíneo. De este modo, el valor obtenido se suma a la longitud del ducto para obtener la longitud equivalente total.

e) MÉTODOS DE CÁLCULO: Por regla general, en el proyecto de cualquier sistema de ductos, se procura que el tendido sea lo más sencillo posible y simétrico. Los elementos terminales o bocas de suministro se sitúan en puntos adecuados para proporcionar una correcta distribución de aire. Deben evitarse las obstrucciones del edificio, o el equipo industrial en su caso.

El cálculo de un sistema de baja velocidad puede hacerse por uno de los tres métodos siguientes:

- Reducción de velocidad.
- Igualdad de pérdidas por rozamiento o pérdida de carga constante.

- Recuperación estática.

Estos tres métodos tienen distintos grados de precisión economía y empleo.

1) MÉTODO DE REDUCCIÓN DE VELOCIDADES: Este procedimiento consiste en fijar la velocidad de circulación del aire en cada tramo y con el gasto correspondiente determinar la sección. Presenta el inconveniente de ser muy laborioso, corriendo el riesgo de que existan pérdidas dinámicas fuertes por turbulencia excesiva en algunos tramos del sistema, requiriendo por tanto cierta experiencia para determinar las velocidades adecuadas, por lo anterior solo se recomienda para sistemas pequeños.

2) MÉTODO DE PÉRDIDA DE CARGA CONSTANTE: Este método se utiliza en ductos de impulsión, retorno y extracción de aire, y consiste en calcular los ductos de formas que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud, a lo largo de todo el sistema. Es mejor que el de reducción de velocidad porque en los trazados simétricos no requiere ulterior compensación. Si la instalación consta de tramos cortos y largos, el más corto exige mucho amortiguamiento. Un sistema de este tipo es difícil de equilibrar porque el método de pérdida de carga constante no tiene en cuenta el equilibrio de caídas de presión en las distintas ramas, ni está provisto de medios para igualar las caídas de presión o para la misma presión estática en cada boca terminal de impulsión.

3) MÉTODO DE RECUPERACIÓN ESTÁTICA: El fundamento de este método consiste en dimensionar el ducto de forma que el aumento de presión estática (ganancia debida a la reducción de velocidad) en cada rama o boca de impulsión, compense las pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del ducto. De esta forma la presión estática será la misma en cada boca y al comienzo de cada rama.

Para calcular un ducto por este procedimiento se adopta el siguiente método: seleccionar una velocidad inicial para la descarga del ventilador en la tabla 14 (ver anexo) y dimensionar la primera sección del ducto por medio de la tabla 13 (ver anexo).

Las demás secciones del ducto se dimensionan por medio de la Gráfica 2 (ver anexo) que se usa para determinar la relación L/Q conociendo el caudal de aire (Q) y la longitud (L) entre dos bocas, o dos ramas de la sección del ducto que va a dimensionarse, por el método de recuperación estática. Esta longitud (L) es la equivalente entre bocas o ramas incluyendo los codos y prescindiendo de las transformaciones. El efecto de la transformación se tiene en cuenta en la Gráfica 3 (ver anexo) de

recuperación estática. Esto supone que la transformación se ha proyectado de acuerdo con las indicaciones que se dan en este capítulo.

La Gráfica 3 se utiliza para determinar la velocidad en la sección del ducto que se está calculando. Los valores de la relación L/Q y la velocidad (V_1) en la sección anterior a la que se está calculando son los que se van a utilizar para entrar a la Gráfica 3. De esta gráfica se obtiene V_2 que, junto con el caudal, nos dará la sección del ducto. Esta sección nos proporcionará en la Tabla 13 las dimensiones del ducto rectangular o el diámetro del ducto circular equivalente. Dicha sección de ducto permite que la pérdida de carga a lo largo del mismo iguale el aumento de presión estática que se produce por el cambio de velocidad después de cada derivación o boca de impulsión. No obstante, en algunos casos la reducción de la sección del ducto es demasiado pequeña para que merezca realizarla. En otros casos la reducción podría resultar mayor de lo necesario, esto produce una ganancia o pérdida en la sección del ducto, que debe repercutir en el ventilador. Normalmente la pérdida o ganancia es pequeña y en muchos casos puede despreciarse.

En vez de proyectar el sistema de ductos, para que la ganancia o pérdida sea nula, es posible hacerlo de modo que se tenga una pérdida o ganancia constante en todo el sistema, o parte de él, pero esto aumenta el precio y el tiempo necesario para equilibrar el sistema, y puede hacer necesario aumentar la potencia del motor del ventilador. Aunque normalmente no se recomienda calcular el sistema para una pérdida de carga constante, se reduce con ello el tamaño de los ductos.

f) RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCTOS:

- 1- En los dibujos o planos del edificio selecciónese el lugar más adecuado para colocar las unidades de acondicionamiento procurando que estén lo más cerca posible del centro de distribución.
- 2- El aire deberá conducirse en la forma más directa posible y a la velocidad seleccionada para lograr los resultados deseados con el mínimo de ruido con el menor consumo de energía eléctrica y con el material y el espacio más económico.
- 3- Localice las salidas de aire para proporcionar la distribución de aire más adecuada.
- 4- Suministre el volumen de aire para cada local de acuerdo con la carga térmica correspondiente.
- 5- Determine la cantidad, el tamaño y tipo de cada rejilla de inyección basándose en el volumen de aire y el alcance deseado.
- 6- Dimensionese el sistema de ductos, empleando la tabla de velocidades en ductos, selecciónese la velocidad para obtener el nivel de ruido

aceptable, esta velocidad deberá ser menor que la velocidad de salida del ventilador. La resistencia por cada 100 pies de longitud de ducto puede obtenerse de las gráficas correspondientes y los ductos pueden dimensionarse para igual fricción de acuerdo a esos valores

- 7- Calcúlese la fricción para el ducto principal, para los ramales, incluyendo los codos, las transmisiones, etc. Para determinar la resistencia total del sistema solamente considérese la resistencia del ducto principal y la del ramal con mayor resistencia, además de la resistencia de los serpentines, de los calefactores, de los filtros, de las rejillas de inyección y del sistema de retorno.
- 8- Si los ductos son de construcción normal y están llenos de aire, puede considerarse que aproximadamente el 75% de la diferencia entre la velocidad inicial y la velocidad final estará disponible para convertirse a presión estática. La resistencia total calculada según el punto 7, menos la presión estática mencionada en el punto 8 será la presión estática del sistema que debe producir el ventilador para asegurar suficiente flujo de aire a todo el sistema de ductos.

1.3.2 DIFUSORES

Son equipos destinados fundamentalmente para la inyección del aire en los locales, presentando la ventaja de provocar una turbulencia interior más uniforme que las rejillas, y no producen elevado nivel de ruido al circular el aire a través de ellos, permitiendo velocidades de salida hasta de 1500 pies/min. (7.62 m/seg.) o 2000 pies/min. (10.06m/seg.). Pueden ir colocados a techo o a pared: los difusores de techo son los que ofrecen mejor distribución de aire por encima de la línea de respiración, con menos probabilidades de que se formen corrientes de aire. Estos difusores soplan el aire horizontalmente y se mezcla con el existente en el espacio acondicionado por encima de la cabeza de los ocupantes, quedando su velocidad completamente amortiguada antes de bajar a la línea de respiración.

Estos difusores se fabrican en varios tamaños y formas, y se pueden adaptar a cualquier esquema de decoración.

a) DIFUSORES DE TECHO: Los dos tipos de difusores de techo son de baja velocidad y el de alta. El primero, conocido en general como placa, está localizado en el techo y tiene una abertura amplia de descarga, o rejillas, por donde se insufla el aire al recinto. Las velocidades de salida de aire en estos difusores son de 1.5 a 5 m/seg. El de alta velocidad suele estar patentado e insufla el aire horizontalmente y hacia abajo con alta

velocidad. Si está bien instalado no produce corrientes de aire. Se fabrican en lámina metálica u otro material adecuado.

DIFUSOR ANEMÓSTATO: Dada la importancia que tiene la técnica del acondicionamiento de aire la eliminación de corrientes incómodas en la zona ocupada por las personas, debe prestarse una atención especial a un dispositivo conocido como anemóstato, que consiste en una serie de troncos de cono de diferentes tamaños y distintos ángulos de inclinación, colocados unos dentro de los otros. Los aparatos se pueden instalar en el techo, siendo su forma muy reducida y de fácil adaptación.

b) SELECCIÓN DE DIFUSOR

Un criterio importante para la selección de una boca de impulsión es su nivel de ruido. La tabla 15 (ver anexo), da las velocidades de salida recomendadas, que proporcionan niveles de ruido aceptables para varios tipos de aplicación.

Para determinar el alcance y dimensiones del difusor se recomienda apoyarse en la Tabla 16 (ver anexo), en donde se relaciona la velocidad de salida con el gasto y la diferencia de temperaturas.

I. 4 VENTILADORES

Los ventiladores son equipos destinados a suministrar al aire energía de velocidad por medio de un elemento móvil llamado "hélice" o "rotor" según el caso, y transformar esta energía de velocidad en energía de presión para vencer la resistencia o rozamientos.

En todos los sistemas de aire acondicionado se emplea un ventilador para producir el movimiento del aire, el cual, tiene que pasar por varios equipos antes de entrar en el local acondicionado. Estos equipos ofrecen una cierta resistencia al paso del aire, resistencia que habrá que vencer y para lo cual hay que elegir un ventilador de capacidad suficiente para insuflar la cantidad de aire exigida y al que habrá de ir acoplado un motor de potencia adecuada. Este acoplamiento puede ser directo en los casos de pequeña capacidad, en tanto que en los de mayor potencia se efectúa por medio de poleas y banda. Los dos tipos de ventiladores usados en instalaciones de aire acondicionado son:

- a) El centrífugo.
- b) El axial o de hélice.

Este último puede adoptarse en la práctica con cualquier resistencia hasta 6.4 mm de columna de agua. Hay tipos especiales que admiten cargas mayores.

Por su parte el centrífugo sirve para cualquier resistencia. En los sistemas normales de aire acondicionado la presión puede estar comprendida entre

12.7 y 76.2 mm columna de agua, motivo por el cual el ventilador centrífugo resulta el más indicado.

Los ventiladores se fabrican para descargar prácticamente en cualquier dirección. El giro suele estar indicado siempre a derecha o izquierda. El rotor lleva álabes en su periferia cuyo objeto es recoger el aire en la entrada del ventilador y descargarlo por el lado correspondiente a la salida. Los álabes pueden ser curvados hacia adelante cuando estos se curvan en el sentido de giro del rotor o curvados hacia atrás, cuando los álabes se curvan en sentido contrario al giro del rotor.

a) CLASIFICACION

1) VENTILADORES TIPO CENTRÍFUGOS:

ÁLABES CURVADOS HACIA DELANTE: Los álabes son pequeños y curvos hacia la dirección de rotación. Este ventilador gira a una velocidad relativamente baja. Este tipo de rotor es conocido como jaula de ardilla.

APLICACIONES: Principalmente para baja presión de calefacción, ventilación y aire acondicionado, tal como aparatos domésticos, unidades centrales estacionarias y de paquete y equipos de aire acondicionado.

ÁLABES RECTOS: Este rotor es como una rueda con o sin refuerzos. Los álabes son perpendiculares a la dirección de rotación y gira a media velocidad.

APLICACIONES: Este tipo de ventilador se diseñó para aplicaciones en manejo de materiales, se utiliza para altas presiones en requerimientos industriales.

ÁLABES HACIA ATRÁS: Estos alabes son planos e inclinados en dirección opuesta a la rotación. Este ventilador gira a una velocidad relativamente alta. Es más eficiente que los anteriores.

APLICACIONES: Sistemas de calefacción en general, ventilación y aire acondicionado.

ÁLABE TIPO AVIÓN: A pesar que no es un tipo básico, este es un refinamiento del tipo de álabe hacia atrás. Tiene la más alta eficiencia y gira a mayor velocidad que el de álabe recto.

APLICACIONES: Es el más eficiente de todos los centrífugos, usualmente usados en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado así como aplicaciones industriales donde el ahorro de energía sea significativo.

ÁLABE RADIAL CURVADO: Los álabes son curvados en la dirección de rotación, pero en tal forma que la punta alcanza la posición radial. Este ventilador gira aproximadamente a la misma velocidad que el de álabes hacia adelante.

APLICACIONES: Este tipo también se diseñó para manejo de materiales o polvo, o aplicaciones erosivas y es más eficiente que el de paleta recta.

(Ver Esquema 2 en anexo)

2) VENTILADORES TIPO AXIALES

DE PROPELAS: Producen el flujo de aire paralelo a la flecha, su eficiencia es generalmente baja y su uso se limita a bajas presiones.

APLICACIONES: Para aplicaciones de manejo de altos volúmenes de aire como ventilación en paredes sin ductería.

AXIAL TUBULAR: El impulsor es similar al de propelas excepto que usualmente tiene mas aspas y un diseño más robusto. El impulsor está dentro de un tubo para aumentar la eficiencia y presión. Son de presión media.

APLICACIONES: Para aplicaciones en calefacción, ventilación y aire acondicionado donde la distribución de aire no sea crítica. Aplicaciones industriales incluyen hornos de secado y sistemas de extracción de humos.

AXIAL CON GUIAS: Es el axial más eficiente. Usa guías rectas y tiene más capacidad en presión. Sus paletas son tipo avión y pueden ser ajustables, son de presión media alta.

APLICACIONES: Para aplicaciones generales de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Especialmente donde se requieran equipos compactos. Usados en muchas aplicaciones industriales.

(Ver Esquema 3 en anexo)

b) VELOCIDAD DEL VENTILADOR: Se entiende por tal la de salida del aire por él movido, y se mide en la abertura de salida de la voluta del ventilador, siendo la unidad de medida un metro por minuto de recorrido del aire. La velocidad de giro del volante del ventilador se mide en el extremo de los álabes, en r.p.m. (revoluciones por minuto).

c) NIVELES DE RUIDO: La construcción de la voluta, la velocidad de salida del aire y la del aspa (r.p.m.) afectan el nivel de ruido producido por el ventilador. Por lo general, a una gran velocidad de giro le corresponde un giro alto.

Cuando se emplean ventiladores en instalaciones de bienestar personal, en las que lógicamente deben mantenerse bajos niveles de ruido, la velocidad de salida del aire del ventilador habrá de mantenerse lo más reducida posible, con el fin de que el ruido sea mínimo. Si se aplican técnicas apropiadas para la absorción del ruido, es evidente que se podrán usar mayores velocidades.

La localización del equipo puede ocasionar una variación apreciable de la intensidad del ruido generado por el ventilador y por el motor de arrastre. En realidad si el equipo estuviese lejos del espacio acondicionado, la

superficie de los ductos absorbería alguna parte del ruido, lo que hace que a veces resulte difícil determinar si está funcionando el ventilador. La colocación lejana del equipo no siempre resulta práctica y posible. Si se usa una de este tipo se necesitará una mayor longitud de ducto, lo que encarecerá la instalación.

d) CLASES DE CONSTRUCCIÓN: La AMICA ha establecido normas de construcción de los ventiladores centrífugos basados en las presiones que los ventiladores deben desarrollar, clasificando los ventiladores en cuatro clases. Cada fabricante indica la velocidad tangencial máxima del rodete que corresponde a cada una de las cuatro clases.

CLASES	MÁXIMA PRESIÓN TOTAL
I	95 mm C.A. – normal
II	175 mm C.A. – normal
III	325 mm C.A. – normal
IV	Más de 325 mm C.A. - recomendada

La clase de ventilador más conveniente para un caso particular puede determinarse mediante la gráfica de límites de presión de las clases de construcción, donde se relacionan la velocidad de salida del ventilador (m/min.) y la presión (mm C.A.). De esta manera se evitan los cálculos de la presión debida a la velocidad y de la presión total. Esta gráfica está basada en aire normal (760 mm Hg de presión y 21 °C de temperatura).

e) DISPOSICIÓN DEL VENTILADOR Y POSICIÓN DE LA BOCA DE DESCARGA: la disposición de transmisión del ventilador centrífugo se refiere a la posición relativa entre el rodete del ventilador, los cojinetes, número de entradas del ventilador y polea o eje de acoplamiento. La transmisión del ventilador puede ser directa o por banda. Con excepción de unidades compactas de ventilador y motor, la transmisión directa se emplea pocas veces en aplicaciones de acondicionamiento de aire a causa de la mayor flexibilidad que se obtiene mediante la transmisión por banda.

Los ventiladores se fabrican para descargar prácticamente en cualquier dirección.

(Ver Esquemas 4 y 5 en anexo).

f) LEYES DEL VENTILADOR: Las leyes que rigen el funcionamiento del ventilador y que se utilizan para predecir el comportamiento del mismo, bajo condiciones variables de funcionamiento son:

- 1- El caudal es directamente proporcional a la velocidad.
- 2- La presión es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad.
- 3- La potencia es directamente proporcional al cubo de la velocidad.
- 4- El caudal y la potencia varían y son directamente proporcionales al cuadrado del diámetro del rodete del ventilador.
- 5- La velocidad es inversamente proporcional al diámetro del ventilador.
- 6- La presión permanece constante.
- 7- El caudal es directamente proporcional al cubo del diámetro.
- 8- La presión es directamente proporcional al cubo del diámetro.
- 9- La potencia es directamente proporcional a la quinta potencia del diámetro.
- 10- La velocidad, el caudal y la potencia son inversamente proporcionales a la raíz cuadrada de la velocidad.
- 11- La presión y la potencia son directamente proporcionales a la velocidad.
- 12- La velocidad permanece constante.

g) ELECCIÓN DE UN VENTILADOR: Los factores que intervienen en la elección de un ventilador son: el caudal de aire, la presión estática, la densidad del aire cuando es diferente de la normal, el nivel de ruido aceptado en el local acondicionado según el uso a que está este destinado, el espacio disponible y la naturaleza de la carga. Una vez conocidos estos factores, la elección de un ventilador para acondicionamiento de aire depende ya de factores económicos como puede ser el tamaño y la clase de construcción, con el nivel de ruido y un rendimiento aceptable.

La velocidad de salida no se puede emplear como criterio de selección en lo que respecta a la generación de ruido. Las mejores características de ruido se obtienen con el máximo rendimiento del ventilador. Los ventiladores que funcionan a presiones estáticas altas tiene mayores velocidades de salida admisibles, puesto que el máximo rendimiento se produce con mayores caudales de aire. Así, los límites admisibles en la velocidad de salida con relación al nivel de ruido dependen de la presión estática además de los niveles de ruido del ambiente y del uso a que se destine el local acondicionado. En lo que concierne a la generación de ruido, el ventilador se debe seleccionar de modo que su rendimiento se aproxime al máximo cuanto sea posible, y los conductos adyacentes deben estar correctamente proyectados.

Si se desea un equilibrio razonable entre el precio de adquisición y el rendimiento, el ventilador debe elegirse de un tamaño ligeramente menor que el correspondiente al máximo rendimiento. Sin embargo la elección de un ventilador mayor y de más rendimiento puede estar justificada en el caso de muchas horas de funcionamiento. Además económicamente

puede ser preferible un ventilador mayor si la elección de uno menor requiere la instalación de un motor mayor, transmisión y dispositivo de arranque, o de una construcción más costosa.

La elección de un ventilador y su transmisión puede afectar las condiciones psicrométricas del local acondicionado. Si el conjunto produce una cantidad de aire inferior al necesario para las condiciones del proyecto, la temperatura seca resultante en el local es más alta. Cuando el caudal de aire es mayor que el necesario en las condiciones de proyecto, los controles del local impiden que descienda la temperatura.

CAPÍTULO II

PSICROMETRÍA DEL AIRE

II.1 PSICROMETRÍA

La psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. En el estudio y proyecto del aire acondicionado la psicrometría abarca la medida y determinación de las propiedades del aire existente en el recinto o edificio que se va a acondicionar.

También se emplea para establecer las condiciones más apropiadas del aire en determinadas aplicaciones del aire acondicionado.

II.2 TÉRMINOS USADOS EN PSICROMETRÍA

Es necesario conocer de manera más detallada, como se relacionan las propiedades del aire antes de comprender la forma en que se realizan los diversos procesos relacionados con el aire acondicionado, se debe considerar que para controlar una propiedad del aire, es necesario primero poder medirla.

Los términos más comúnmente usados en psicrometría son:

a) TEMPERATURA DE BULBO SECO (T_{bs})

Es la medida de la temperatura ambiente del aire, representa el calor sensible contenido en el aire.

Se expresa en °C.

b) TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO (T_{bh})

Es la temperatura del aire medida con un termómetro cuyo bulbo ha sido cubierto por una gasa húmeda, expuesto a una corriente de aire que se mueve rápidamente. La temperatura de bulbo húmedo es influida por la humedad. No es una medida directa de la humedad debido a que esta es influida también por la temperatura de bulbo seco. Puesto que la temperatura de bulbo húmedo es la combinación del contenido de humedad (calor latente) y la temperatura de bulbo seco (calor sensible), el bulbo húmedo mide el calor total. Se expresa en °C.

c) TEMPERATURA DE ROCIO (TR)

Puede definirse como la menor temperatura a la que se puede enfriar el aire sin que se produzca condensación del vapor de agua o humedad, o dicho de manera más sencilla: "la temperatura en la cual la humedad se condensa en una superficie".

Se puede determinar en cualquier mezcla de aire y vapor de agua de la siguiente manera:

- a) Enfriando poco a poco un recipiente que contenga aire, la temperatura a la que la condensación empieza a aparecer en las paredes del recipiente es la temperatura de rocío.
- b) La temperatura de rocío se puede encontrar en la carta psicrométrica partiendo de la temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo.

Una característica de la temperatura de rocío es que su valor no cambia si no varía la humedad.

Se expresa en °C.

d) HUMEDAD RELATIVA (HR)

La humedad relativa, es un término utilizado para expresar la cantidad de humedad en una muestra dada de aire, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría, estando totalmente saturado y a la misma temperatura de la muestra. La humedad relativa es la diferencia entre el vapor de agua real que está presente en el aire y la mayor cantidad de vapor de agua que puede contener el aire a la misma temperatura. La humedad relativa se expresa en porcentaje, tal como 50%, 75%, 30%, etc.

e) HUMEDAD ABSOLUTA (HA)

El término humedad absoluta se refiere al peso del vapor de agua contenido en la atmósfera por unidad de volumen de aire. Esta unidad de volumen, generalmente es un espacio de un metro cúbico (o un pie cúbico). La humedad relativa está basada en la humedad absoluta, bajo las condiciones establecidas, es decir, la humedad relativa es una comparación con la humedad absoluta a la misma temperatura, si el vapor de agua está saturado.

Tanto la humedad absoluta, como la relativa, están basadas en el peso del vapor de agua en un volumen dado.

Se expresa en libras/pie³ ó Kg/m³

f) HUMEDAD ESPECÍFICA (w)

La humedad específica, o también llamada contenido de humedad, es el peso de vapor de agua en gramos por kilogramo de aire seco (o bien, granos por libra).

La humedad específica, se refiere a la cantidad de humedad en peso, que se requiere para saturar un kilogramo de aire seco, a una temperatura de saturación (punto de rocío) determinada.

La humedad específica es muy similar a la humedad absoluta, excepto que esta última, está basada en gramos por metro cúbico, y la humedad específica, está basada en gramos de humedad por kilogramo de aire seco.

Se expresa en granos o libras de agua por libra de aire seco.

g) VOLUMEN ESPECÍFICO (v)

El volumen específico es el volumen por unidad de masa, o bien el recíproco de la densidad.

Es el volumen ocupado por la cantidad de la mezcla de aire y vapor de agua.

Se expresa en m³/Kg

h) ENTALPÍA DEL AIRE (H)

Es el calor total contenido en una libra de una sustancia, medido a partir de un punto de referencia. Este punto de referencia es 0°F(-17.8°C) para el aire seco y 32°F (0°C) para el vapor de agua.

Se expresa en BTU por libra de aire seco ó KJ/Kg de aire seco

La entalpía del aire húmedo se obtiene sumando la entalpía del aire seco y la entalpía del vapor de agua asociado con aire seco.

i) CALOR SENSIBLE (Qs)

El calor sensible del aire es el calor que podemos sentir y que nuestro cuerpo detecta como temperatura. El calor sensible depende de la temperatura de bulbo seco, en consecuencia, la temperatura de bulbo seco es una medida del cambio en el calor sensible.

j) FACTOR DE CALOR SENSIBLE

La relación de calor sensible con el calor total se llama factor de calor sensible. Las propiedades térmicas del aire se pueden clasificar en las dependientes del calor latente y del calor sensible. El término factor de calor sensible significa la razón aritmética del calor sensible al calor total, en que el calor total es la suma del calor latente más el calor sensible. Esta relación se expresa

$$FCS = QS / (QS + QL) = QS / QT$$

k) CALOR LATENTE (QL)

Es la cantidad de calor necesaria para producir un cambio de estado en la sustancia. Los sólidos se convierten en líquidos y los líquidos se convierten en gases. El calor latente puede ser agregado o retirado. El calor latente de evaporación se agrega al agua para convertirla en vapor de agua. El calor latente de condensación se retira del vapor de agua cuando se condensa y pasa al estado líquido.

l) AIRE SECO, SATURADO Y HUMEDO

AIRE SECO: Es aquel que no contiene en lo absoluto vapor de agua en suspensión.

AIRE SATURADO: Es aquel que contiene el peso máximo posible de vapor de agua en suspensión.

AIRE HUMEDO: Es aquel que contiene cierto grado de humedad, es decir, se encuentra entre los dos estados límite anteriores.

II.3 CARTA PSICROMÉTRICA

Una carta psicrométrica, es una gráfica de las propiedades del aire que se utilizan para determinar cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire.

Aunque las tablas psicrométricas son más precisas, ya que sus valores son hasta de cuatro decimales, sin embargo, en la mayoría de los casos, no se requiere tanta precisión con el uso de la carta psicrométrica se puede ahorrar mucho tiempo y cálculos.

La carta psicrométrica es una gráfica que es trazada con los valores de las tablas psicrométricas, por lo tanto la carta puede basarse en datos obtenidos a la presión atmosférica normal, o puede estar basada en presiones menores que la atmosférica, o sea, para sitios a mayores alturas sobre el nivel del mar.

Existen muchos tipos de cartas psicrométricas, cada una con sus propias ventajas. Algunas se hacen para el rango de bajas temperaturas, algunas para el rango de media temperatura y otras para el rango de alta temperatura. A algunas de las cartas se les amplía su longitud y se recorta su altura, mientras que otras son más altas que anchas y otras tienen forma de triángulo. Todas tienen básicamente la misma función y la carta a usar deberá seleccionarse para el rango de temperaturas y el tipo de aplicación.

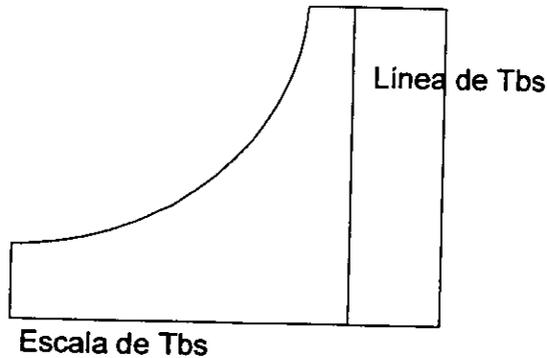
II.3.1 IDENTIFICACIÓN DE ESCALAS Y LÍNEAS

En una carta psicrométrica se encuentran todas las propiedades del aire, de las cuales las de mayor importancia son las siguientes:

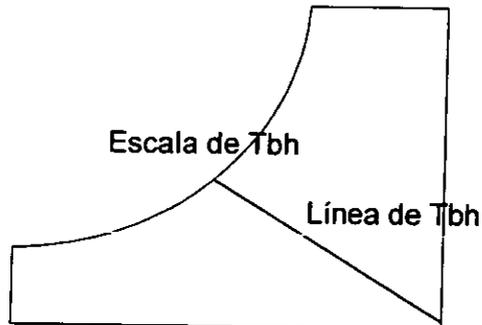
- 1- Temperatura de bulbo seco (T_{bs}).
- 2- Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh}).
- 3- Temperatura de rocío (T_r).
- 4- Humedad relativa (hr).
- 5- Humedad específica (w).
- 6- Entalpía (H).
- 7- Volumen específico (v).

Conociendo dos de cualquiera de estas propiedades del aire, las otras pueden determinarse a partir de la carta.

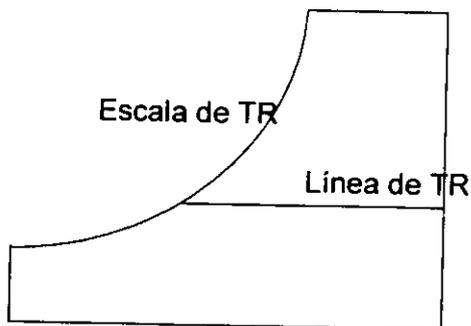
1- Temperatura de bulbo seco: en primer término tenemos la temperatura de bulbo seco expresada en $^{\circ}\text{C}$ o $^{\circ}\text{F}$. Esta escala es horizontal y se encuentra en la parte baja de la carta, como se muestra en la figura. Las líneas se extienden verticalmente, desde la parte baja hasta la parte alta de la carta, se llaman líneas de temperatura de bulbo seco constantes o simplemente líneas de bulbo seco. Son constantes porque cualquier punto a o largo de una de estas líneas corresponde a la misma temperatura indicada en la escala parte baja.



2- Temperatura de bulbo húmedo: Es la segunda propiedad del aire de nuestra carta psicrométrica, se expresa en $^{\circ}\text{C}$ o $^{\circ}\text{F}$. Su escala, es la que se encuentra del lado superior izquierdo, en la parte curva de la carta. Las líneas de temperatura de bulbo húmedo constantes corren diagonalmente de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, en un ángulo de aproximadamente 30 grados de la horizontal. También se les dice constantes porque todos los puntos a lo largo de una de estas líneas, están a la misma temperatura de bulbo húmedo.



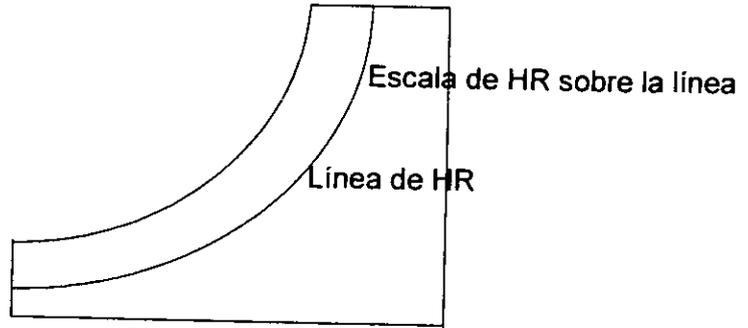
3- Temperatura de rocío: Es otra propiedad del aire incluida en la carta psicrométrica expresada en °C o °F. La escala para esta temperatura es idéntica que la escala para la temperatura de bulbo húmedo, es decir, es la misma escala para ambas propiedades. Sin embargo, las líneas de la temperatura de rocío corren horizontalmente de izquierda a derecha, no en diagonal como las de bulbo húmedo.



4- Humedad relativa: En una carta psicrométrica completa, las líneas de humedad relativa constante, son las líneas curvas que se extienden hacia arriba y hacia la derecha. Se expresan siempre en porciento, y este valor se expresa sobre cada línea.

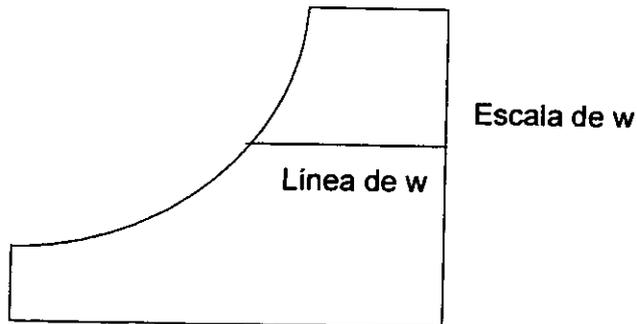
Como ya hicimos notar previamente, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de rocío, comparten la misma escala en la línea curva a la izquierda de la carta. Puesto que la única condición donde la temperatura de bulbo húmedo y el punto de rocío, son la misma, es en condiciones de saturación, esta línea curva exterior, representa una condición de saturación o del 100% de Hr. Por lo tanto la línea de 100% de Hr, es la misma que la escala de temperaturas de bulbo húmedo y de punto de rocío.

Las líneas de Hr disminuyen su valor al alejarse de la línea de saturación hacia abajo y hacia la derecha.

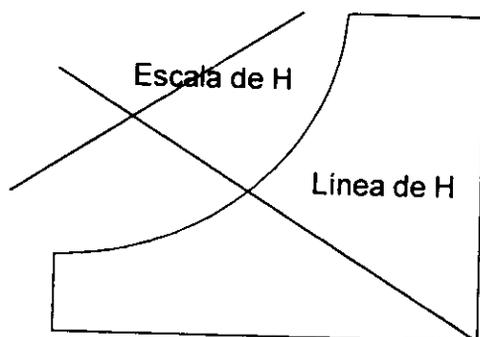


5- Humedad específica: Su escala es vertical y se encuentra ordenada del lado derecho de la carta.

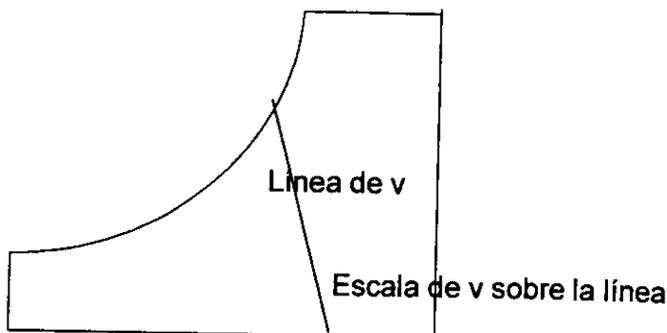
Las líneas de humedad específica corren horizontalmente de derecha a izquierda y son paralelas a las líneas de temperatura de rocío y coinciden con estas. Así pues, podemos ver que la cantidad de humedad en el aire, depende del punto de rocío del aire. Se expresa en gramos de humedad por kilogramo de aire seco o granos de humedad por libra de aire seco.



6- Entalpía: Las líneas de Entalpía constante son extensiones de las líneas de bulbo húmedo, puesto que el calor total del aire, depende de la temperatura de bulbo húmedo. La escala del lado izquierdo lejano a la línea curva, da el calor total del aire en KJ/Kg (kilojoules por kilogramo) de aire seco en el sistema internacional o en BTU/lb de aire seco, en el sistema inglés.



7- Volumen específico: Estas líneas están en un ángulo aproximado de 60 grados con la horizontal y van aumentando de valor de izquierda a derecha. Por lo general el espacio entre cada línea, representa un cambio de volumen específico de 0.05 m³/kg. Cualquier punto que caiga entre estas dos líneas, naturalmente debe ser un valor estimado. Si se desea saber la densidad del aire a cualquier condición, como ya sabemos, se debe dividir uno entre el valor del volumen específico, puesto que la densidad es la inversa del volumen específico y viceversa. Se expresa en m³/ kilogramo de aire o pié³/libra de aire.



II.3.2 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS

Si revisamos una carta psicrométrica a nivel del mar, su constitución consiste de la superposición de las siete propiedades descritas, ocupando la misma posición relativa sobre la carta.

En la descripción de cada una de las siete propiedades, se definió la línea constante como una línea que puede contener un número infinito de puntos, cada uno a la misma condición, esto es, si fuésemos a trazar una sola condición de aire, tal como la temperatura de bulbo seco sobre la carta

psicrométrica, esta podría caer en cualquier punto sobre la línea constante, correspondiente a esa temperatura.

Pero ahora, en la carta psicrométrica compuesta, tenemos un número de líneas que se cruzan una con otra, así que si trazamos un punto sobre una línea de bulbo seco constante, este punto también corresponderá a diferentes valores sobre las líneas constantes para la temperatura de bulbo húmedo, punto de rocío, humedad relativa, volumen específico, humedad específica y entalpía. Suponiendo que dos de cualquiera de estas líneas constantes se cruzaran en un punto común sobre la carta, podremos trazar este punto exactamente, si conocemos dos de cualquiera de esas propiedades del aire. A partir de este punto, podemos entonces movernos a lo largo de las respectivas líneas constantes para las otras propiedades del aire, y podemos leer su valor en cualquiera de sus escalas respectivas, sin tener que recurrir al problema de calcularlos. Aunque este método no es tan preciso como el método de las tablas, es mucho más rápido, y el grado de precisión es suficientemente cercano para fines prácticos.

II.4 PROCESOS PSICROMÉTRICOS

El uso de la carta no se limita solamente a determinar las propiedades de una muestra de aire, también se pueden calcular las cargas térmicas al calentar o enfriar la muestra de aire, con o sin humidificación o deshumidificación, cambios en el volumen, mezclas de aire, etc.

a) CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO SENSIBLES.

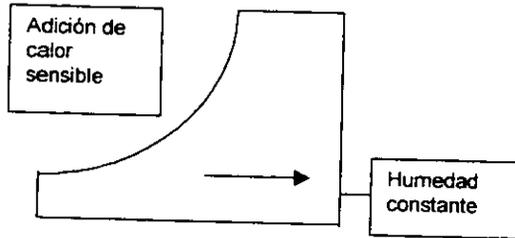
En el enfriamiento o calentamiento del aire, desde condiciones indeseables hasta condiciones que son adecuadas para el confort humano, se debe considerar la adición o remoción de dos tipos de calor: calor sensible y calor latente.

CALOR SENSIBLE APLICADO AL AIRE

Se llama calor sensible al que aumenta o disminuye la temperatura del aire, pero sin modificar el contenido de humedad. Como este aumento de la temperatura puede ser percibido por los sentidos, se llama calor sensible, se refiere a un cambio en calor que provocará un cambio en la temperatura del aire.

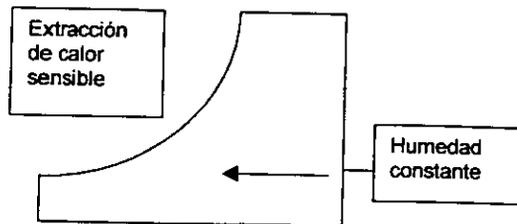
Al aplicar al aire el principio de calor sensible, los cambios que en él se producen son los correspondientes a su temperatura. Al añadirle calor sensible, su temperatura crece sin que se altere el contenido de humedad. Este efecto queda representado en la carta psicrométrica mediante una línea horizontal que empieza en la izquierda y se prolonga hacia la derecha.

PROCESO DE CALENTAMIENTO



Al quitar o extraer calor sensible del aire, su temperatura disminuye sin que se produzca alteración alguna en su contenido de humedad. Este efecto queda representado en la carta psicrométrica por una línea horizontal que empieza en la derecha y se prolonga hacia la izquierda.

PROCESO DE ENFRIAMIENTO



b) HUMIDIFICACIÓN Y DESHUMIDIFICACIÓN

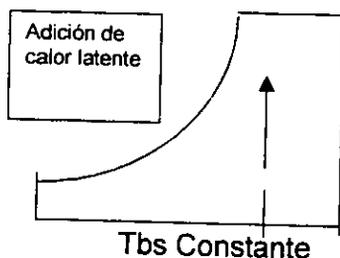
En el acondicionamiento de aire es necesario controlar el contenido de humedad mediante la adición o extracción de la misma.

CALOR LATENTE APLICADO AL AIRE

Aplicando el principio de calor latente al aire, los cambios que se producen son relativos al contenido de humedad de este. Al añadir calor latente, el contenido del aire aumenta, pero la temperatura no se modifica.

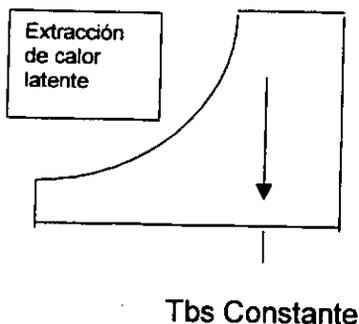
En cualquier condición en que se produzca evaporación sin modificar la temperatura se le agrega calor latente al aire. Esto queda representado en la carta psicrométrica por una línea de bulbo seco que indica un crecimiento de la humedad.

PROCESO DE HUMIDIFICACIÓN



Si se extrae calor latente el contenido de humedad disminuye, aunque la temperatura del aire sigue siendo la misma: cualquier condición que produzca condensación sin alterar la temperatura del aire es una extracción de calor latente. Este efecto queda representado en la carta psicrométrica por una línea recta de bulbo seco que indica una reducción de la humedad.

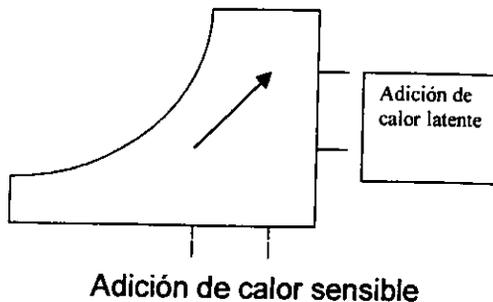
PROCESO DE DESHUMIDIFICACIÓN



c) CALENTAMIENTO Y HUMIDIFICACION

El aire que se tiene que calentar y humidificar simultáneamente, se representa en la carta psicrométrica por una línea diagonal.

PROCESO DE CALENTAMIENTO CON HUMIDIFICACIÓN



CALOR SENSIBLE (QS)

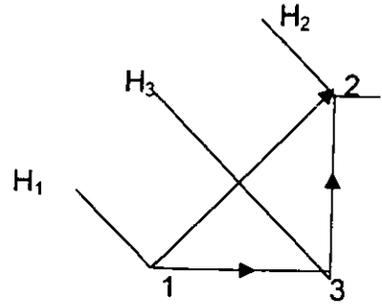
Se determina por la diferencia de Tbs

$$Q_s = T_{bs2} - T_{bs1}$$

CALOR LATENTE (QL)

Se determina por la diferencia de H (entalpía)

$$Q_L = H_2 - H_3$$

**CALOR TOTAL (QT)**

Se determina por diferencia de entalpía

$$Q_T = H_2 - H_1$$

CANTIDAD DE HUMEDAD AGREGADA

Se determina por diferencia de humedad específica

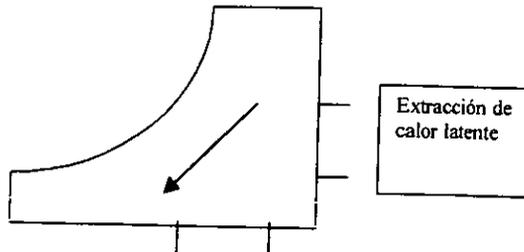
$$W = w_2 - w_1$$

d) ENFRIAMIENTO Y DESHUMIDIFICACIÓN

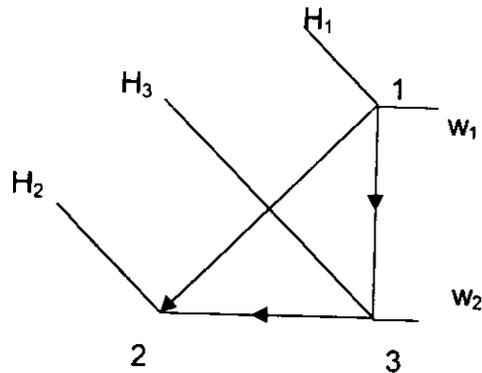
El aire que hay que enfriar y deshumidificar tiene que pasar por un serpentín de enfriamiento. En este proceso se extrae calor sensible, y cuando el aire se acerca a la temperatura final se procede a la extracción de calor latente. De modo general, los procesos de enfriamiento y deshumidificación producen cambios directamente opuestos a los que se tienen en el caso de calentamiento y humidificación, se elimina calor sensible y latente, en lugar de agregarlos.

Este proceso se produce de manera simultánea, motivo por el cual se representa por una línea diagonal dirigida hacia abajo.

**PROCESO DE
ENFRIAMIENTO
CON
DESHUMIDIFICACIÓN**



Extracción de calor sensible



CALOR SENSIBLE (QS)

$$QS = T_{bs1} - T_{bs2}$$

CALOR LATENTE (QL)

$$QL = H_1 - H_3$$

CALOR TOTAL (QT)

$$QT = H_1 - H_2$$

CANTIDAD DE HUMEDAD EXTRAÍDA (WT)

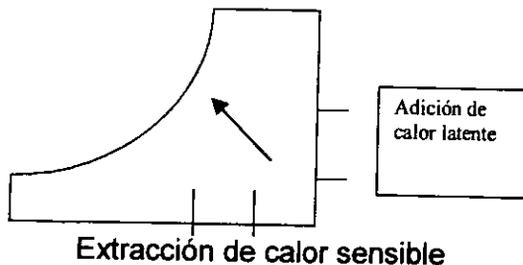
$$WT = w_1 - w_2$$

e) ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO (ENFRIAMIENTO CON HUMIDIFICACIÓN)

Se llama enfriamiento evaporativo el proceso mediante el cual se extrae calor sensible y latente, a la vez que se añade humedad al aire.

Este proceso puede indicarse en la carta psicrométrica por una línea diagonal ascendente de derecha a izquierda.

**PROCESO DE
ENFRIAMIENTO
CON
HUMIDIFICACION**



El enfriamiento evaporativo es un proceso adiabático, lo que significa que no hay pérdida ni ganancia de calor total. El calor sensible se convierte en

calor latente, debido a que se permite que el calor sensible del aire evapore la humedad contenida en éste. En consecuencia, el calor sensible del aire se convierte en calor latente de la humedad

En el enfriamiento evaporativo se necesita un rociador. Conforme va pasando el aire por el agua del rociador le va cediendo calor. Parte de esa agua se evapora, extrayendo calor del aire, con lo que este se enfría y humidifica.

La mayoría de los procesos de enfriamiento evaporativo siguen una línea de bulbo húmedo. Este tipo de enfriamiento se utiliza más comúnmente en el acondicionamiento de aire industrial que en lugares habitados.

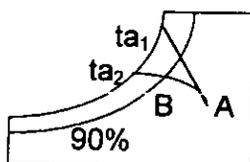
II.5 PROCESOS PSICROMÉTRICOS QUE SIGUE EL AIRE A SU PASO POR UNA LAVADORA.

Para determinar esos procesos se parte de tres suposiciones teóricas:

- 1- El área de intercambio de calor entre al agua y el aire es constante.
- 2- La temperatura del agua se mantiene constante independientemente del intercambio de calor que exista.
- 3- La longitud de la lavadora es suficientemente grande para permitir que el aire llegue a la saturación completa.

Con las consideraciones anteriores, el aire sufrirá a su paso por la lavadora un proceso según una línea inclinada de derecha a izquierda trazada sobre la carta psicrométrica, la cual parte del punto que marca el estado inicial del aire y termina sobre la curva de saturación en el punto que indica la temperatura del agua.

Como en la realidad no es posible satisfacer las tres condiciones teóricas señaladas anteriormente, el proceso real que sigue el aire es una curva que al principio sigue a la recta y se va alejando de ella hasta terminar en otro punto de la línea de saturación, el cual marca la temperatura del agua cuando ya ha intercambiado calor, o sea, cuando cae al tanque de recolección y, el estado final del aire estará indicado en el punto (B), localizado sobre la curva anterior y la intersección de la curva que marca el porcentaje de humedad que puede suministrar la lavadora.



Estas curvas son proporcionadas por los fabricantes y la diferencia de temperaturas del agua entre la que es rociada y la que tiene al caer al tanque es de aproximadamente 6 a 8 ° F (13 a 15°C).

Los procesos que puede verificar una lavadora son cinco, los cuales dependen exclusivamente de la relación entre la temperatura del agua al momento de ser rociada y las tres temperaturas del aire (Tbs, Tbh y TR)

Temperatura	El aire se	Qs	QL	QT	w	El agua se	y debemos
Ta>Tbs>Tbh>TR	Calienta y humedece	aumenta	aumenta	aumenta	aumenta	enfria	calentarla
Tbs>ta>Tbh>TR	Enfria y humedece	disminuye	aumenta	aumenta	aumenta	calienta	enfriarla
Recirculado	Enfria y humedece	disminuye	aumenta	constante	aumenta	-----	-----
Tbs>Tbh>ta>TR	Enfria y humedece	disminuye	aumenta	disminuye	aumenta	calienta	enfriarla
Tbs>Tbh>TR>ta	Enfria seca	disminuye	disminuye	disminuye	disminuye	calienta	enfriarla

ta = temperatura del agua

II.5.1 RENDIMIENTO DE SATURACIÓN

En una ULA, el aire absorbe parte del agua pulverizada con la que entra en contacto, y sale en un estado más o menos próximo a la saturación, según el rendimiento de la unidad. Este se define como "RENDIMIENTO DE SATURACIÓN". Se puede considerar que este rendimiento representa el porcentaje de aire que entró en contacto efectivo con las gotas de agua el tiempo suficiente para salir completamente saturado a la temperatura media del agua.

Aunque no se trata de una función lineal, este rendimiento de saturación puede determinarse con suficiente precisión según la relación:

$$R.S. = (Tbs_e - Tbs_s) / (Tbs_e - T_{eqs}) = (w_e - w_s) / (w_e - w_{eqs}) = (h_e - h_s) / (h_e - h_{es})$$

donde:

Tbs_e = Temperatura de bulbo seco a la entrada.

Tbs_s = Temperatura de bulbo seco a la salida.

T_{eqs} = Temperatura equivalente de superficie.

W_e = Humedad específica del aire a la entrada.

W_s = Humedad específica a la salida.

W_{eqs} = Humedad específica correspondiente a la temperatura equivalente de superficie.

h_e = Entalpía a la entrada.

h_s = Entalpía a la salida.

h_{es} = Entalpía de la mezcla aire exterior más aire realimentado.

El rendimiento de saturación es el complemento a un factor de bypass que interviene en el cálculo del balance frigorífico ($1 - BF$). Se puede considerar que el factor de bypass representa el porcentaje de aire cuyo estado no se ha modificado a su paso por la unidad.

La superficie de contacto y la duración del contacto con el agua pulverizada son los dos factores principales que influyen sobre el rendimiento de la unidad. Esta superficie la determinan el diámetro de las gotitas de agua (función de la presión de pulverización y de la dimensión del orificio). Depende también del caudal de agua pulverizada, del número de bocas del pulverizador y del número de pulverizadores de cada línea. La duración de contacto entre el aire y el agua pulverizada es función de la velocidad del aire, de las dimensiones del depósito y de la dirección de los chorros respecto al aire. El rendimiento de saturación disminuirá al disminuir la superficie y la duración del contacto. La siguiente tabla da los valores de rendimientos para distintas disposiciones y velocidades del aire.

Para seguir la evolución del aire en una ULA, es preciso comprender la relación que existe entre las temperaturas del agua pulverizada y del aire. Se puede admitir que el agua, después de su contacto con el aire, adquiere una temperatura igual a la temperatura del aire a la salida. En efecto, la diferencia entre estas dos temperaturas no es, generalmente, mayor de 0.5 °C. La temperatura del agua a la salida de los pulverizadores dependerá del caudal pulverizado y de la cantidad de calor que se deba aportar o restar.

RENDIMIENTO DE SATURACIÓN DE LAS UNIDADES LAVADORAS DE AIRE

Número de capas o estratos	Direcciones relativas aire- agua *pulverizada	Pulverizadores de ¼" alimentados a 1.75 kg/m ² 7.3 m ³ /h.m ²		Pulverizadores de 1/8" alimentados a 2.1 kg/m ² 6.1 m ³ /h.m ² **	
		Velocidad*** (m/seg)		Velocidad*** (m/seg)	
		1.5	3.5	1.5	3.5
1	Paralela	70%	50%	80%	60%
	Contracorriente	75%	65%	82%	70%
2	Paralela	90%	85%	92%	87%
	Opuesta	98%	92%	98%	93%
	Contracorriente	99%	93%	99%	94%

* Rendimiento de saturación = $1 - BF$

** Estos caudales se refieren a la superficie frontal del lavador

*** Velocidades inferiores a 1.50 m/seg y superiores a 3.50 m/seg, no permiten en general una acción eficaz de los separadores de gotitas. Consúltense las indicaciones del constructor para saber el intervalo de velocidades admisibles y el rendimiento exacto.

CAPÍTULO III

EQUIPO PROPUESTO

III.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una nave industrial de una empresa, de la cual se reservará su razón social a solicitud de la misma, se presentó el siguiente problema:

En su interior se encuentra instalado un taller donde laboran máximo 70 personas realizando diversas actividades que podemos clasificar como trabajo ligero (ensamble de tableros de control para equipos y sistemas de manejo de materiales) y una área de este taller se destina para la impartición de cursos y capacitación de su personal, esto se realiza con mucha frecuencia.

Por lo anterior la mayor parte del año, sobre todo en las épocas de primavera, verano y parte del otoño en las que se alcanzan altas temperaturas, el ambiente interior se torna desagradable para realizar cualquier actividad, ya que el local cuenta con escasa ventilación.

Ante esta situación se requiere de un equipo que no solo remueva el aire interior, sino que también modifique algunas de sus propiedades como temperatura, humedad y pureza.

Para proponer un equipo es necesario atender las siguientes consideraciones:

- La nave se encuentra ubicada en Tlalnepantla, Estado de México
- El espacio a acondicionar no es cerrado
- Las dimensiones del local son:
 - Largo = 18 metros
 - Ancho = 12 metros
 - Alto = 3.5 metros
- En su interior laboran máximo 70 personas
- En su interior se realiza un trabajo ligero
- La mayor parte del personal se concentra en la parte frontal del local.

III.2 EQUIPO PROPUESTO

Analizando las características planteadas anteriormente y después de valorar los posibles equipos de Aire Acondicionado que den solución a este problema, se propone que el equipo adecuado sea una UNIDAD LAVADORA DE AIRE (ULA), la cual además de solucionar satisfactoriamente el problema presentado tiene un bajo costo y su diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha puede ser realizado por personal de la misma empresa.

En una Unidad Lavadora de Aire se presenta lo que se conoce como enfriamiento evaporativo (enfriamiento con humidificación), su aplicación es

la solución más económica que brinda mayores ventajas que otros sistemas de acondicionamiento para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales. En la actualidad los incrementos constantes en los costos de la energía eléctrica hacen al aire acondicionado por refrigeración un sistema muy costoso de mantener, además que requiere ser usado solo en medios o locales cerrados, lo que limita su aplicación.

El enfriamiento evaporativo no usa refrigerantes ni está dotado de unidades mecánicas complejas, enfría con el simple movimiento del aire proveniente del exterior, a través de una superficie de filtros húmedos. Las temperaturas del aire bajan cuando un líquido, en este caso el agua, se transforma en gas. La humedad no es percibida, dado que el aire es renovado aproximadamente cada dos minutos de la habitación, proporcionando confort y frescura.

La circulación continua del aire es un aspecto vital del proceso de enfriamiento evaporativo y brinda una ventaja definitiva sobre el aire acondicionado por refrigeración.

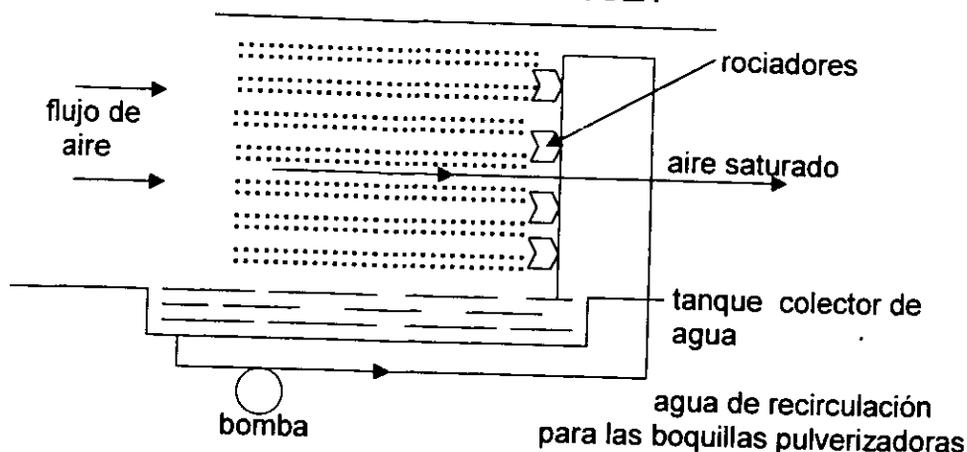
III.2.1 UNIDAD LAVADORA DE AIRE

Una Lavadora de Aire es un equipo que transforma el estado psicrométrico del aire, por lo que puede considerarse como un equipo acondicionador del mismo, aunque no puede establecer una temperatura dada en el lugar de su instalación, es decir, limpia, enfría y humedece el aire pero las condiciones finales de este dependen de las condiciones iniciales del aire atmosférico del lugar.

Está integrada en un gabinete y consiste en lo siguiente:

- a) Un tanque de dimensiones adecuadas al volumen de aire por manejar, el cual sirve a la vez como recolector del agua que se va a rociar y como base de la unidad.
- b) Cuatro tapas laterales y una tapa superior para formar propiamente el cuerpo de la unidad. Dos de las tapas laterales o las cuatro según sea el modelo tienen persianas que permiten la entrada del aire ambiente.
- c) Uno, dos o tres bancos de rociadores, que consisten de un cabezal horizontal colocado dentro del tanque, el cual lleva una serie de tubos verticales sobre los cuales a su vez van los rociadores especiales. Este arreglo varía según el fabricante.
- d) Una serie de placas llamadas paneles de distribución, colocadas al extremo final de la cámara, los cuales constan de varios quiebres, para un mayor tiempo de contacto del aire con el agua.
- e) Una bomba de capacidad adecuada para circular y atomizar el agua sobre la corriente de aire.
- f) Una serie de accesorios como una válvula de flotador, derrame, banco de filtros para la limpieza del aire, puertas de inspección, etc.
- g) Ventilador centrífugo o turbina montado sobre un eje o flecha apoyado sobre un par de chumaceras fijas al cuerpo del gabinete.

DIAGRAMA DE LA ULA



III.3 UBICACIÓN DE LA ULA

Una vez seleccionado el equipo que proporcione las condiciones requeridas en el interior del local, se procede a localizar el lugar donde se va a instalar.

El lugar seleccionado para su instalación debe quedar a favor de las corrientes naturales de aire y alejado de fuentes contaminantes como chimeneas, respiraderos de drenaje, etc.

También se deben evitar las interferencias a las entradas de aire de la unidad, asegurándose de mantener una distancia mínima de 30 centímetros entre cualquier obstrucción (pared, techo, equipo, etc.) y su unidad.

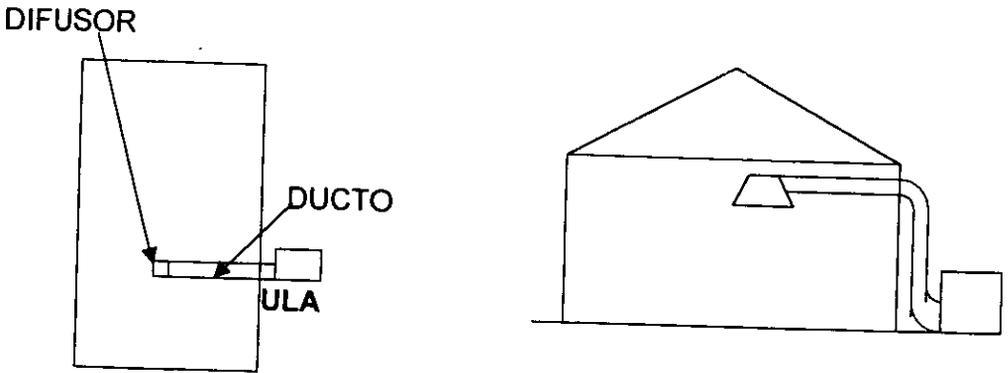
La superficie de montaje debe ser lo suficientemente resistente para soportar el peso de la unidad, considere que cuando el depósito de agua sea llenado, la unidad será aproximadamente 2 veces más pesada.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se realizó un análisis de la ubicación y construcción del taller a acondicionar, descartando la posibilidad de ubicar en el techo del mismo la Unidad, ya que esta está fabricada en lámina apoyada en una estructura metálica y con una caída a dos aguas.

La ubicación de la salida de aire de la ULA debe ser dirigida hacia la mayor concentración de personas, asegurándose de mantener una sensación agradable en dicho espacio.

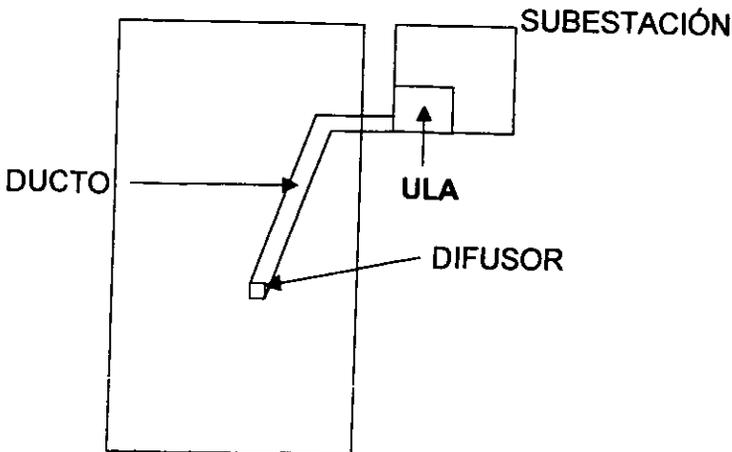
Se consideraron tres posibles opciones de localización que son las siguientes:

1) A PISO A UN COSTADO DE LA NAVE CON UN DUCTO Y DIFUSOR.



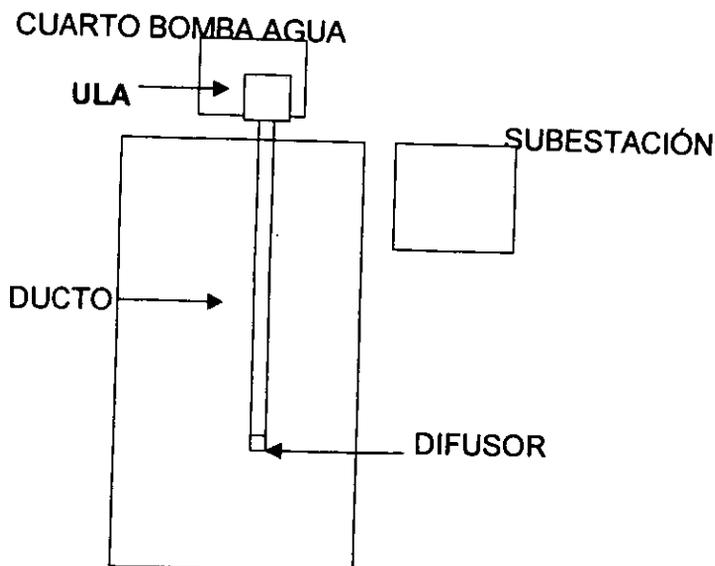
En este arreglo la ULA se instala a piso a un costado de la nave y a la altura del punto donde se requiere la descarga de aire, se tiene la ventaja de que la longitud del ducto se reduce a 7 metros, pero en el arreglo se tienen dos vueltas a 90° , en las que se tiene una gran pérdida de aire, por lo que se tendría que seleccionar una turbina de diámetro mayor y un motor de gran potencia, esto elevaría el costo del equipo. Lo anterior se considera como una desventaja para este arreglo y se sugiere buscar otra posibilidad más favorable.

2) A TECHO, SOBRE LA SUBESTACIÓN CON DUCTO Y DIFUSOR



En este arreglo, se tiene la desventaja de que el cuarto sobre el que se pretende instalar la unidad es de la subestación eléctrica, por lo que se presenta el riesgo de que al anclar el gabinete al techo, este se agriete y en época de lluvias se filtre el agua al interior provocando problemas al equipo o incidentes mayores. También se considero que la ULA maneja agua y tiene una instalación hidrahúlica que en caso de presentar fuga ocasionaría los problemas que se mencionaron anteriormente. Por estas razones se desecha la posibilidad de realizar esta instalación.

3) A TECHO, SOBRE EL CUARTO DE LA BOMBA DE AGUA, CON DUCTO Y DIFUSOR



Este arreglo presenta la ventaja de que la unidad se puede fijar al techo libremente sin restricciones, ya que en el interior de este cuarto se encuentra la bomba de agua que da servicio a la empresa, además el ducto que se requiere puede instalarse directamente al área requerida sin usar curvas o desviaciones. La longitud del ducto se extiende a 15 metros, pero esto se contempla al seleccionar el diámetro de la turbina y la

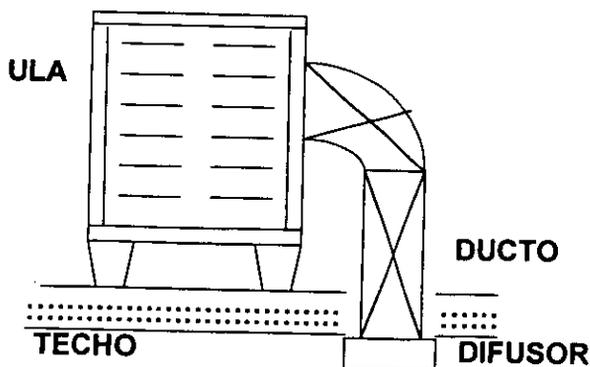
capacidad del motor. Por las razones anteriores este arreglo es el que se seleccionará.

III.3.1 ARREGLO

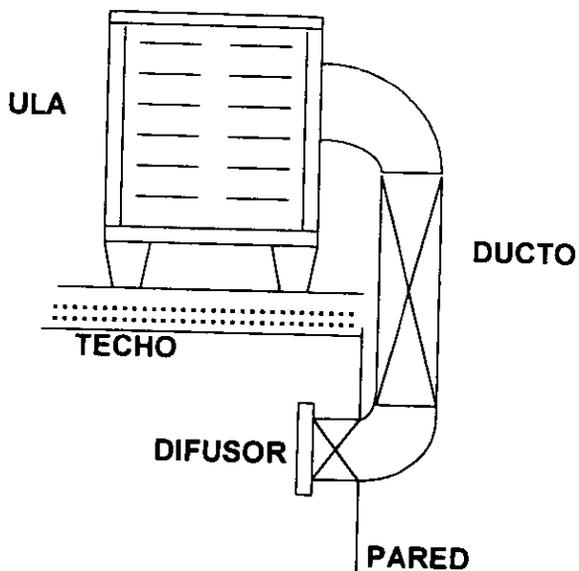
Para determinar el arreglo de entrada y salida de aire es necesario conocer la ubicación, así se decide si la descarga de aire es hacia abajo vertical, que es la más empleada en instalaciones comerciales e industriales, o descarga horizontal que tiene más aplicación en instalaciones residenciales.

INSTALACIONES TIPICAS DE TECHO

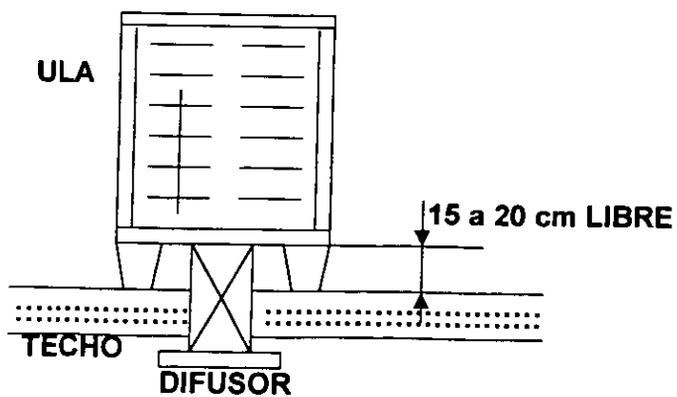
A) DESCARGA HORIZONTAL A TECHO



B) DESCARGA HORIZONTAL A PARED

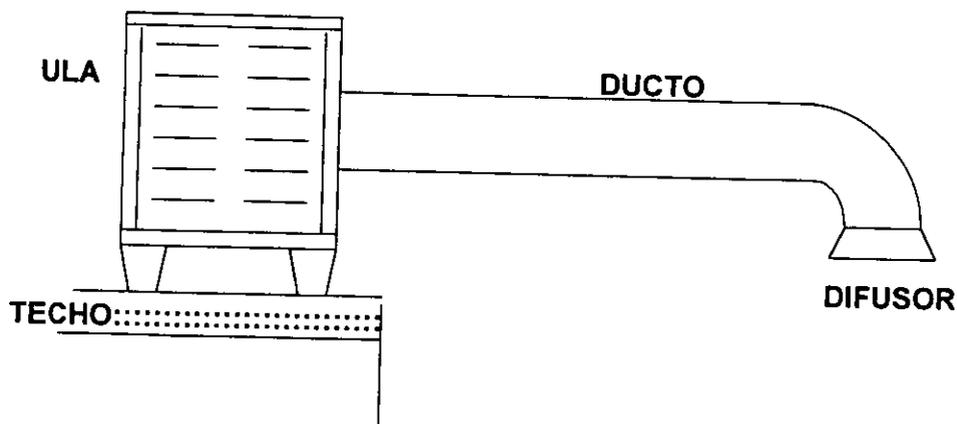


C) DESCARGA VERTICAL A TECHO



ARREGLO SELECCIONADO

El arreglo que se ajusta a las necesidades de ubicación de la ULA es de descarga horizontal, con un ducto de 15 metros de longitud aproximadamente que entregue el aire a la zona más concurrida del interior del taller. La entrada del ducto será por el muro posterior de la nave a una altura de 3.5 metros.

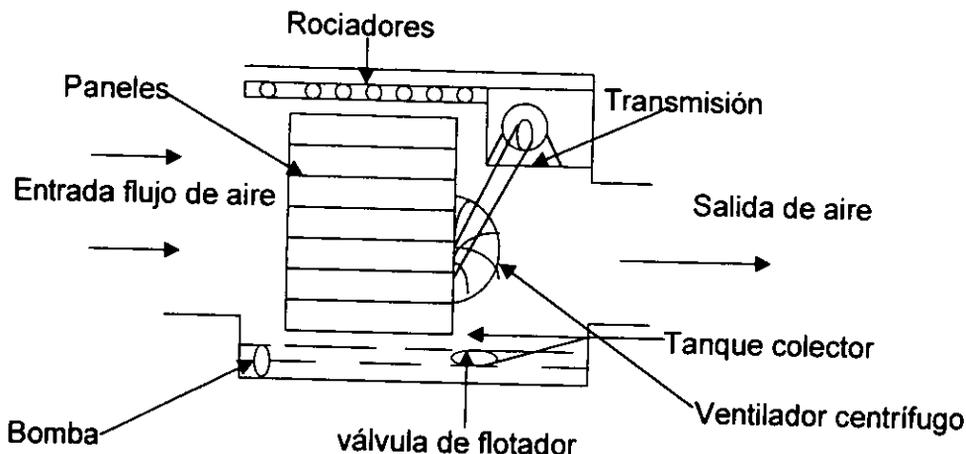


III.4 DISEÑO

El objetivo de la ULA es, limpiar el aire de impurezas por medio de una cortina de agua, realizar su humidificación y enfriamiento y entregarlo a un espacio abierto para crear condiciones ambientales confortables.

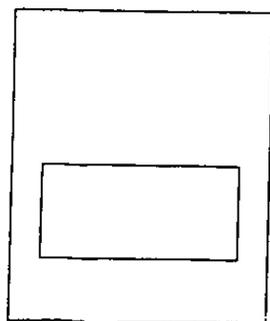
Basándose en el arreglo seleccionado por las condiciones de ubicación, se sugiere el siguiente arreglo interno con los componentes que a continuación se describen:

DIAGRAMA DE LA ULA



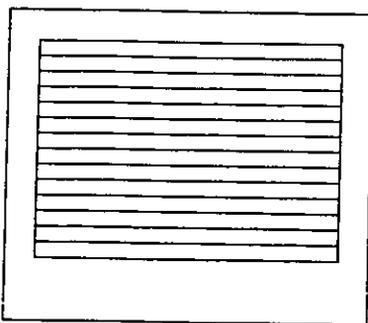
COMPONENTES DE LA ULA

a) **GABINETE:** Es el cuerpo de la unidad. La parte frontal se considera la que lleva la boca de descarga, la parte posterior y ambas laterales llevarán persianas para permitir una libre entrada de aire al interior de la unidad. La tapa será cerrada y la base es el tanque recolector de agua, que llevará 4 patas para anclarse al techo. Es importante mencionar que todas las partes del gabinete irán atornilladas para permitir el acceso para aplicar mantenimiento preventivo o correctivo si así se requiere. Se fabricará en lámina galvanizada calibre 18.



FRONTAL

BOCA
DE
DESCARGA



LATERAL DERECHA, IZQUIERDA
Y POSTERIOR

- b) VENTILADOR CENTRÍFUGO:** Se encarga de proporcionar al aire la energía de velocidad para pasar a través de la unidad y viajar por el ducto hasta entregarlo en el local. También llamado turbina, irá colocado frente a la boca de descarga montado en una flecha apoyada en dos chumaceras fijas al gabinete.
- c) MOTOR ELÉCTRICO:** Su función es la de impulsar a la turbina. Del lado superior izquierdo de la parte frontal, se fijará a una base, que quede aislada del contacto con el agua. La transmisión será por medio de poleas y banda.
- d) ROCIADORES:** Proporcionan agua en forma de lluvia al interior de la unidad. En la parte superior del gabinete, a excepción de la parte frontal se fijará un tubo de cobre con aspersores que permitirán un mayor contacto entre el agua y el aire.
- e) BOMBA:** La bomba de agua se conectará desde el tanque colector con el tubo de cobre que alimenta los aspersores, esta se ubicará sumergida en el tanque y colocada en la parte izquierda de la cara posterior de la ULA.
- f) PANELES DE DISTRIBUCIÓN:** La función de los paneles es evitar el arrastre de eventuales partículas líquidas que salgan por la boca de descarga hacia el local a acondicionar.
En este caso estos se fabricarán en madera y se colocarán bajo la caída de agua de las tres caras de la unidad, tendrán forma de "zigzag", es decir, con varios quiebres que permitan al aire tener un mayor contacto con el agua sin arrastrar la misma al interior del local.
- g) TANQUE COLECTOR:** Es la base de la unidad, colecta el agua que esparcen los rociadores y los alimenta mediante la bomba. Tendrá una línea de alimentación hidráulica y una de drenaje, debe contar con una válvula de flotador que controle un nivel constante de agua en el interior del tanque.
- h) INSTALACIÓN A LA RED DE AGUA:** Es necesario conectar el tanque a una red de tubería de alimentación de agua para que el nivel requerido se mantenga.
- i) INSTALACIÓN ELÉCTRICA:** La unidad requiere de un cableado eléctrico conectado a una línea trifásica, los controles deberán ser remotos, ya que el paro y arranque debe ser controlado desde el interior del local.

j) **DUCTO:** La función del ducto será conducir el aire entregado por la ULA hasta el punto del local donde se entregará. Su recorrido será de 15 metros.

k) **DIFUSOR:** Cumple la función de realizar una distribución correcta del aire en el local acondicionado. Pero al mismo tiempo deberá cumplir otras condiciones:

- Disminuir en forma eficaz y atractiva el orificio del ducto.
- Enviar el aire por lo menos a los $\frac{3}{4}$ partes de distancia existente entre las paredes opuestas del espacio acondicionado.
- Desviar o difundir el aire.
- Controlar el flujo de aire.
- No producir ni propagar ruidos.

Los factores que condicionan el diseño y selección de los componentes de la unidad se analizarán en los siguientes puntos.

III.4.1 TEMPERATURA DEL LOCAL

La temperatura del local debe constituir una solución de compromiso entre el rendimiento de la unidad y el caudal de aire. La temperatura de salida de aire podrá determinarse según la siguiente relación:

$$Tbs_{sa} = Tbs_e - (\text{Rend. Sat.}) (Tbs_e - Tbh_e)$$

Donde:

Tbs_{sa} = Temperatura de bulbo seco a la salida del aire.

Tbs_e = Temperatura de bulbo seco a la entrada.

Rend. Sat = Rendimiento de saturación.

Tbh_e) = Temperatura de bulbo húmedo a la entrada.

Sustituyendo:

$$\begin{aligned} Tbs_{sa} &= 32^\circ \text{C} - (.70) (32^\circ \text{C} - 19^\circ) \\ &= 22.9 \end{aligned}$$

$$Tbs_{sa} = 22.9^\circ \text{C}$$

Si se realiza este cálculo con la Gráfica 6 (ver anexo) de temperaturas interiores recomendables para verano en función de la temperatura del aire exterior se tiene el siguiente resultado:

Datos para entrar a la gráfica:

Abscisa $T_{bs_{sa}} = 32^{\circ} \text{C}$, sube en forma vertical hasta interceptar con la línea 4 que representa lugares como México, D.F. y se obtiene en la ordenada:

$$T_{bs_{sa}} = 23.2^{\circ} \text{C}$$

De lo anterior se puede considerar el valor de la temperatura interior del local con un valor de

$T_{bs_{sa}} = 23^{\circ} \text{C}$

III.4.2 CANTIDAD DE AIRE DEL LOCAL

a) MÉTODO ANALÍTICO

Conocido el valor de la carga térmica de cada local hay que proceder al cálculo de la cantidad de aire necesario en él. En el método analítico se procede a la determinación mediante la fórmula:

$$m^3/h = \text{Ganancias sensibles del local} / 0.29 (T_{bs_e} - T_{bs_{sa}})$$

T_{bs_e} = Temperatura de bulbo seco exterior.

$T_{bs_{sa}}$ = Temperatura de bulbo seco interior.

b) MÉTODO GRÁFICO

Este método se realiza en función de la carga térmica sensible y de la diferencia de temperatura entre el aire insuflado y el del ambiente con ayuda de la Gráfica 7 (ver anexo).

Procedemos a calcular la cantidad de aire requerida en el local por el método analítico, para lo cual es necesario, calcular la carga térmica del local.

III.4.2.1 CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA

El cálculo de la carga térmica se realizará por el método rápido, empleando los criterios y tablas incluidos en el CAPÍTULO 1.

Ubicación del local: Tlalnepantla, Edo. Mex.

Dimensiones del local:

Alto = 3.5 m

Largo = 18 m

Ancho = 12 m

Orientación:

Pared Norte = con un local no acondicionado.

Pared Sur = al exterior.

Pared Este = con un local no acondicionado.

Pared Oeste = al exterior.

Nota: Las paredes Sur y Oeste tienen en la parte superior y a todo su largo ventanas con vidrio sencillo permanentemente cerradas de 1 metro de ancho, sin cubierta y cristal transparente de 6 mm. La pared Este es el frente del local y aquí se encuentra una puerta de reja de 3 m de largo por 2 metros de alto.

Material de construcción:

Paredes = Ladrillo común.

Techo = Lamina con impermeabilizante, sin plafón.

Piso = Concreto de 4" sobre suelo

Temperaturas de diseño:

Exteriores

Tbs = 32°C

Tbh = 19°C

Interiores

Tbs = 23°C

HR = 55%

GANANCIAS DE CALOR SENSIBLE EN VIDRIOS

La fachada sur tiene 1 metro de ancho por 18 metros de largo, entonces $1 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 18 \text{ m}^2$.

De la Tabla 2 (ver anexo) consideramos el mes más caluroso, por lo que el factor es de

450 Kcal/Hr-m².

Corrección:

a) Considerando una ventana con marco metálico será:
 $450 \times 1.17 = 526.5 \text{ Kcal/Hr-m}^2$.

b) Latitud sur Diciembre o Enero + 7%
 564 Kcal/Hr-m^2 .

La fachada oeste tiene 1 metro de ancho por 12 metros de largo, entonces
 $1 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 12\text{m}^2$

De la Tabla 2 consideramos el mes más caluroso, por lo que el factor es de:

444 Kcal/Hr-m^2 .

Corrección: considerando una ventana con marco metálico será:
 $444 \times 1.17 = 520 \text{ Kcal/Hr-m}^2$.

GANANCIAS POR TRANSMISIÓN

Considerando que los muros norte y este son muros sombreados, de la tabla 3 tenemos un factor de 0.36

El área será de:

$3.5 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 63\text{m}^2$

$3.5 \text{ m} \times 12\text{m} = 42\text{m}^2 - 6 \text{ m}^2 = 36 \text{ m}^2$

Considerando que los muros sur y oeste son muros expuestos al sol, de la Tabla 3 (ver anexo), tenemos un factor de 0.46

El área será de

$2.5 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 45\text{m}^2$.

$2.5 \text{ m} \times 12\text{m} = 30\text{m}^2$.

TECHO

Área $12 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 216 \text{ m}^2$.

De Tabla 3, construcción ligera con aislamiento factor 0.80, sin plafón.

PISO

Sobre el terreno, factor 0.0.

GANANCIA DE CALOR POR PERSONAS Y ALUMBRADO

Para alumbrado: Se tienen 8 lámparas de 150 watts por lo tanto
 $8 \times 150 = 1200 \text{ watts}$.

Por personas: se tienen máximo 70 personas, con un grado de actividad ligero, de Tabla 4 (ver anexo) calor sensible = 76 Kcal/Hr y factor de calor latente = 176 Kcal/Hr.

OTRAS GANANCIAS DE CALOR INTERNO

Se tienen 3 motores de 1 HP.

VENTILACIÓN

De Tabla 6 (ver anexo), en fábricas nadie fumando se tienen $17\text{m}^3/\text{hr}$ por persona, por lo tanto para 70 personas.

$$17 \times 70 = 1190\text{m}^3/\text{hr}.$$

INFILTRACION

De la Tabla 7 (ver anexo), en este caso será por la puerta de la fachada Este y tendrá un uso muy frecuente, habrá una infiltración de:

Cambios de aire = 0.90 C.A./ Hr .

$$\text{m}^3 / \text{hr} = \text{VOLUMEN} \times \text{C.A.}$$

$$= 756 \text{ m}^3 \times 0.90 \text{ C.A./ Hr}$$

$$= 680 \text{ m}^3 / \text{hr}.$$

Para cada persona que pasa por la puerta se agregan la siguiente cantidad:

$$1.13 \text{ m}^3 / \text{min.} \times 70 = 79 \text{ m}^3 / \text{min.} = 4740 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\text{m}^3 / \text{hr} = 5420.$$

Por lo tanto utilizaremos este valor.

De la carta psicrométrica se obtiene:

Humedad específica para condiciones exteriores $w = 8 \text{ g/kg}$.

Para condiciones interiores $w = 9 \text{ g/kg}$.

Concentrando esta información en la forma para cálculo de carga térmica se obtiene lo siguiente:

FORMA DE CÁLCULO DE CARGA TERMICA						
1- CONDICIONES DE DISEÑO		Tbs °C	Tbh °C	w g/Kg		
Exteriores		32	19	8		
Interiores		23		9		
Diferencia		9		1		
KCal/Hr				CARGA DE ENFRIAMIENTO		
CONCEPTOS				SENSIBLE	LATENTE	SUB-TOTAL LATENTE +
SENSIBLE						
2- GANANCIA DE CALOR SENSIBLE EN VIDRIOS (TABLA 2)						
Metros cuadrados X Factor						
	12	520		6204		
	18	564		10152		16392
3- GANANCIA POR TRANSMISIÓN (TABLA 3)						
Metros cuadrados X Factor X Dif.Temp.						
Paredes	75	X 0.46	X 9°C	310		
	99	X 0.36	X 9°C	320		
Techo	216	X 0.80	X 9°C	1555		
Piso	216	X 0.0	X 9°C	0		
						2185
4- GANANCIA DE CALOR INTERNO, PERSONAS Y ALUMBRADO (TABLA 4)						
	Cantidad	Factor	Factor			
		Sensible	Latente			
Personas	70	X 76		5320		
Personas	70	X	176		12320	
	Watts	X Factor				
Alumbrado	1200	X 0.86		1032		18672

5- OTRAS GANANCIAS DE CALOR INTERNO (TABLA 5)			
Motores	HP 3	X 856	2568
			2568
6- VENTILACIÓN e INFILTRACIÓN DE AIRE (TABLAS 6 Y 7)			
Metros cúbicos X Diferencia de	X 0.29		
Por hora	Temperaturas		
5420	X 9	X 0.29	14146
Metros cúbicos X Diferencia de	X 0.71		
Por hora	humedad esp.		
5420	X 1	X 0.71	3848
			17994
7- CARGA TOTAL SENSIBLE Y LATENTE			
			41643
			16168
8- CARGA TOTAL			
			57810

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AIRE

$$m^3/h = \text{Ganancias sensibles del local} / 0.29 (T_{bs_e} - T_{bs_{sa}})$$

Sustituyendo

$$m^3/h = 41643 / 0.29 (32^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) = 15955$$

$$m^3/h = 16000$$

$$\text{ó } 267 \text{ m}^3/\text{min}$$

III.4.3 VENTILADOR CENTRÍFUGO O TURBINA

La ULA requiere de un ventilador centrífugo que transforme la energía de velocidad del aire en energía de presión, para vencer la resistencia que opone el ducto a la circulación del aire.

Los ventiladores centrífugos constan de dos elementos, uno móvil llamado "rotor" o "impulsor", cuyo objeto es suministrar al aire energía de velocidad, y el otro fijo, llamado "envolvente", cuya misión es transformar la energía de velocidad que ha recibido el aire en el rotor, en energía de presión. La envolvente del ventilador tiene la forma de espiral, de sección creciente en forma gradual, en caso de que sea necesario reducir más la velocidad de salida, se acopla al ventilador una boca que aumenta la sección recta del orificio de salida.

Para seleccionar la medida de un ventilador se necesita conocer:

- 1- Pies cúbicos por minuto o metros cúbicos por minutos, también conocido como gasto. Este es el volumen de aire que se va a manejar.
- 2- Presión estática. Esto es la resistencia necesaria del sistema al empuje de aire, la unidad es la pulgada de agua o mm de agua.
- 3- La referencia más comúnmente usada para la selección de un ventilador es la tabla de relaciones múltiples. Usualmente la tabla enlista los PCM verticalmente en el lado izquierdo y la Pe horizontalmente en la parte superior.

Los fabricantes ofrecen más de un tamaño que puede realizar el mismo trabajo, por lo que deben considerarse los siguientes aspectos:

- Económicos (precio de venta incluyendo motor).
- Medida física (tamaño).
- Costo de operación.
- Necesidades futuras.
- Existencia.
- Ruido, generalmente los más eficientes son los más silenciosos.

De fabricantes (ARMEE) seleccionamos el ventilador que satisface nuestras necesidades:

El ventilador centrífugo que se requiere para manejar un gasto de 267 m³/min y Pe = 11.15 mm columnas de agua, deberá tener las siguientes características:

DIÁMETRO = 20".

LONGITUD = 3 pies.

POTENCIA = 2 HP.

RPM = 1750.

EJE = 1".

PRESIÓN ESTÁTICA = 11.15 mm c.a.

III.4.4 MOTOR ELÉCTRICO

Los motores se fabrican de fracciones de caballo, hasta 1 HP. Por encima de esta potencia suelen ser de 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100 e incluso más, y para corriente continua o alterna y diversas tensiones, tales como 110, 220, 440 V o mayores.

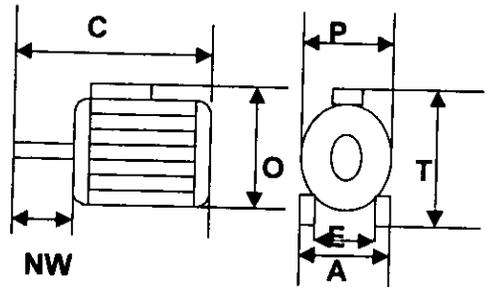
También se hacen motores para su conexión a redes monofásicas o trifásicas, así como para varias frecuencias (25, 50, 60 Hz.).

El motor correspondiente a un ventilador dado deberá elegirse de manera que su potencia nominal, de acuerdo con la indicación arriba mencionada, sea por lo menos un 20% superior a la potencia en el eje que necesita el ventilador.

Si se requiere de 1.5 HP + 20% = 1.8 HP

Por lo tanto se recomienda utilizar un motor de 2 HP

Después de realizar un análisis entre varios fabricantes (Asea Brown Boveri, General Electric y Siemens) que ofrecen el motor con las características requeridas, seleccionamos el siguiente motor:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**MARCA = ABB (ASEA BROWN BOVERI)****4 POLOS 1800 RPM, VELOCIDAD SINCRÓNICA****CODIGO = 1012****ARMAZON = 145T (90L)****RPM = 1675****PESO APROXIMADO = 15 KG****ARRANCADOR A TENSION PLENA (EN 220V) = 9C/6-9ª****CARCATERÍSTICAS FÍSICAS:****ARAMAZON = 145T****A = 6.7****C = 12.9****E = 5.5****O = 6.99****P = 6.93****T = 13.92****NW = 2.25****DIMENSIONES EN PULGADAS****III.4.5 TRANSMISIÓN**

El acoplamiento entre el motor y el ventilador será por medio de poleas y banda, para este cálculo son necesarios los siguientes datos:

POTENCIA DE DISEÑO = 2 HP**RPM = 1750**

De catálogo de fabricantes (DODGE) se selecciona el factor de servicio de acuerdo al tipo de elemento de máquina o mecanismo que se diseña. De

Tabla 17 (ver anexo) para ventiladores debajo de 10 HP y un servicio normal de 6 a 16 horas diarias:

FACTOR DE SERVICIO = 1.1.

HP DE DISEÑO x F.S. = HP, PARA SELECCIONAR LA SECCIÓN DE LA BANDA Y POLEAS.

$2 \times 1.1 = 2.2 \text{ HP}$.

Con este dato entramos a la Tabla 18 (ver anexo) donde existe la relación de HP y RPM para seleccionar la sección de la banda:

BANDA = TIPO B, SECCIÓN A.

En la Tabla 19 (ver anexo) de selección de poleas se determina, en base en la relación de reducción, el diámetro de la polea motriz, la polea conducida y las RPM que entregará el motor al ventilador centrífugo.

BANDA TIPO B.

SECCION A.

1750 RPM

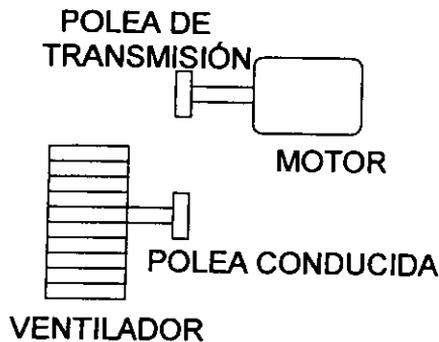
RELACIÓN DE REDUCCIÓN 1:1.

Se obtiene:

DIÁMETRO DE LA POLEA MOTRIZ = 3.6 "

DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUcida = 3.6 "

Que soportan 2.77 HP, 1750 RPM por lo que se esta considerando un factor de seguridad de 26%.



Para seleccionar la longitud de banda, se usa la siguiente ecuación:

$$L = 2C + 3.14/2 (D + d) + (D - d)^2 / 4C$$

Donde:

C = Distancia entre centros.

D = Diámetro de paso de la polea mayor.

d = Diámetro de paso de la polea menor.

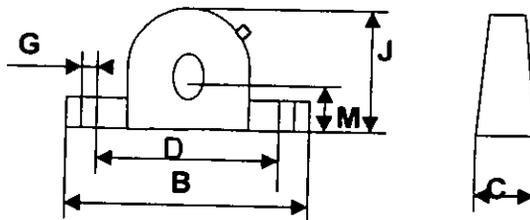
Sustituyendo:

$$L = 2(24 \text{ ") + } 3.14/2 (3.6 \text{ " + } 3.6 \text{ "}) + (3.6 \text{ " - } 3.6 \text{ "})^2 / 4(24 \text{ "})$$

$$L = 59.30 \text{ pulgadas}$$

III.4.6 CHUMACERAS

De la Tabla 20 (ver anexo) se seleccionan 2 chumaceras de piso, para diámetro de 1", con las siguientes características:



TIPO = SC

B = 5 1/2 "

C = 1 5/16 "

D = 3 11/16 "

G = 27/32 "

J = 2 25/32 "

M = 1 7/16 "

III.4.7 DUCTO

Antes de comenzar con el diseño de los ductos es conveniente seleccionar el equipo que se instalará para tener datos reales en cuanto a capacidades y manejo de aire por equipo, para que los ductos una vez instalados funcionen lo más cercano a lo previsto.

Para iniciar el cálculo, los datos necesarios son el material, manejo de aire o gasto y la velocidad del aire a la salida del ventilador y en el ducto principal. Para nuestro caso el gasto es de $267 \text{ m}^3 / \text{min.}$ y la velocidad es de 548 m/min. que se recomienda en la Tabla 7 (ver anexo).

MATERIAL = Lamina galvanizada.

FORMA = Rectangular.

Con estos dos datos obtenemos el aire del ducto a la descarga del ventilador, utilizando la siguiente ecuación:

$$G = V A$$

Donde:

G = Gasto.

V = Velocidad.

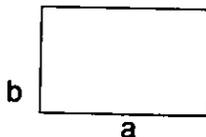
A = Área.

$$A = G / V = 267 \text{ m}^3/\text{min.} / 548 \text{ m}/\text{min.} = 0.447 \text{ m}^2$$

Con el valor del área y de acuerdo a la Tabla 13 (ver anexo) obtenemos las dimensiones rectangulares del ducto de descarga de:

Lado a = 900 mm

Área = a X b



$$b = \text{área} / a = 0.447 / 0.900 = 0.496 \text{ m}$$

DESCARGA:

DIMENSIONES:

Largo = 900 mm.

Ancho = 496 mm.

SUPERFICIE = 0.4464 m².

CALIBRE = 24.

CLASE = 4.

El siguiente paso es obtener las dimensiones del ducto principal, con un gasto de 267 m³/min y una velocidad de 900 m/min

De Gráfica 1 (ver anexo), con gasto y velocidad encontramos:

DIÁMETRO = 600 mm

ÁREA = 278 m²

$$a = 650 \text{ mm}$$

$$\text{Área} = a \times b$$

$$b = \text{área} / a = 0.278 / 0.650 = 0.427 \text{ m}$$

DUCTO:

DIMENSIONES:

Largo = 650 mm.

Ancho = 427 mm.

SUPERFICIE: 0.277 m².

CALIBRE = 24.

CLASE = 3.

Finalmente calculamos la fricción o caída de presión por unidad de longitud:

Pérdida = LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE x PÉRDIDA UNITARIA

a) Longitud de ducto = 15 m.

De la Gráfica 1 (ver anexo):

Ducto $f = 0.45 \text{ mm C.A. por metro lineal.}$

b) Longitud equivalente del codo

De Tabla 12 (ver anexo) de rozamiento en codos rectangulares, con $W = 0.650\text{m}$ y $D = 0.496\text{m}$ se tiene una longitud equivalente de $= 3.54 \text{ m.}$

c) Reducción

Para determinar la pérdida en la reducción de Tabla 11 (ver anexo) de rozamiento en los elementos de un sistema de ductos se obtiene la siguiente relación:

$$fr = n (hv_1 - hv_2)$$

Donde:

f = Pérdida de rozamiento en la reducción.

n = Valor para un determinado accesorio.

hv_1 = Presión dinámica a la entrada del elemento.

hv_2 = Presión dinámica a la salida del elemento.

De Tabla 8 de pérdidas dinámicas obtenemos:

$$V_1 = 9.31 \text{ m/seg.} = hv_1 = 5.25 \text{ mm c.a.}$$

$$V_2 = 15 \text{ m/seg.} = hv_2 = 14.25 \text{ mm c.a.}$$

Sustituyendo:

$$fr = 0.311 (14.25 - 5.25)$$

$$fr = 2.799 \text{ mm c.a.}$$

Pérdidas por rozamiento:

ELEMENTO	LONGITUD (m)	LONG. EQUIVALENTE (m)
Ducto	15	
Codo		3.54
	TOTAL	18.54

$$\text{Pérdida} = 18.54 \text{ m} \times 0.45 \text{ mm c.a./m lineal} = 8.343 \text{ mm c.a.}$$

$$\text{Pérdida total} = 8.343 \text{ mm c.a.} + 2.799 \text{ mm c.a.} = 11.142 \text{ mm c.a.}$$

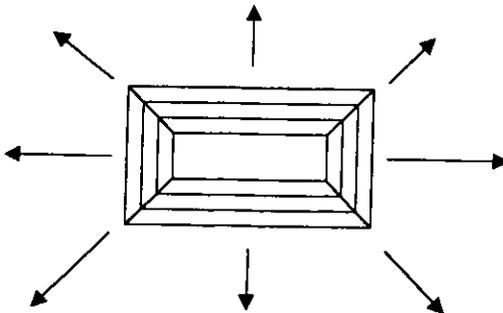
Pérdida total = 11.15 mm c.a.

Por lo tanto el ventilador seleccionado deberá tener una presión estática no menor de 11.15 mm c.a. ya que hay que tomar en cuenta que el aire es iniciado y acelerado hasta la velocidad de salida del ventilador.

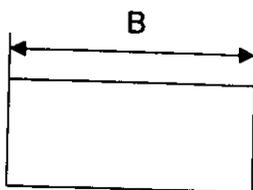
Es importante recordar que el ducto seleccionado debe tener el costo más bajo posible, por lo que se deben presentar varios arreglos en dimensiones y calibres y de ahí seleccionar el que cubra la mayoría de las consideraciones de diseño.

III.4.7.1 DIFUSOR

a) Se selecciona el tipo de difusor de acuerdo a la aplicación del local:
ESTILO CENTRAL RECTANGULAR



Vista de planta



B = múltiplos de 1 ½"

b) De acuerdo a la Tabla 15 (ver anexo) de velocidades de salida de las aplicaciones, podemos considerar una velocidad de salida requerida en el difusor de 5 m/seg.

c) Mediante las tablas de Rendimientos de rejillas (ver Tabla 16 en anexo), se seleccionan una o más bocas que den una distancia de propulsión por lo menos de 4.5m, con las siguientes características:

ALTURA MÍNIMA DEL TECHO = 2.45 m

VELOCIDAD DE SALIDA = 5 m/seg.

POSICIÓN DE GUÍAS = 45°

NOTA: Si no se logra la distancia de propulsión deseada en la salida del difusor, se pueden ajustar las guías para que la propulsión sea correcta.

III.4.8 ASPERSORES

Se propone un arreglo de tres bancos de rociadores con sus respectivos paneles de distribución, con la finalidad de incrementar la superficie de intercambio entre el agua y el aire, que es uno de los factores que condicionan el rendimiento de saturación. Los paneles de distribución serán fabricados en madera de pino (con objeto de que se facilite la evaporación al fragmentar la corriente de agua en pequeñas gotas) y en forma de zigzag para prolongar el tiempo de contacto. Los paneles se mantendrán humedecidos por una cortina de agua proporcionada por los tres bancos de rociadores, que serán alimentados por una bomba sumergible instalada en el interior del tanque colector.

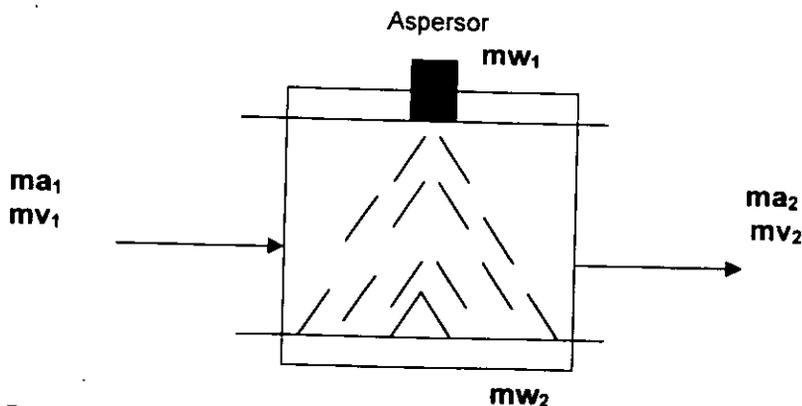
Para determinar el tipo y número de aspersores, se requiere conocer la cantidad de agua que va suministrarse a la unidad, por lo que se procede a realizar un análisis adiabático del sistema.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

La dirección relativa aire-agua pulverizada puede ser paralela, opuesta o contracorriente, de estos tres arreglos se elige la dirección opuesta por proporcionar un rendimiento de saturación más alto.

III.4.8.1 CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA

Proceso de enfriamiento adiabático en una Unidad Lavadora de Aire:



Donde:

ma_1 = masa de aire seco a la entrada.

ma_2 = masa de aire seco a la salida.

mv_1 = masa de vapor de agua a la entrada.

mv_2 = masa de vapor de agua a la salida.

mw_1 = masa de agua que entra a la unidad.

mw_2 = masa de agua que sale de la unidad.

w_1 = humedad específica del aire a la entrada.

w_2 = humedad específica del aire a la salida.

Despreciando la transferencia de calor entre la ULA y sus alrededores, así como los cambios de energía cinética y de energía potencial, se tiene, de la primera ley:

$$mw_1hf_1 + ma_1(ha_1 + w_1hv_1) = mw_2hf_2 + ma_2(ha_2 + w_2hv_2)$$

Efectuando un balance de masas para el agua:

$$mw_1 + ma_1 + mv_1 = mw_2 + ma_2 + mv_2$$

$$ma_1 = ma_2$$

$$mw_1 + mv_1 = mw_2 + mv_2$$

$$mv = w ma$$

$$mw_1 + w_1ma = mw_2 + w_2ma$$

$$mw_1 - mw_2 = w_2ma - w_1ma$$

$$mw_1 - mw_2 = ma(w_2 - w_1)$$

El resultado de esta relación representa el agua de reposición y permite dimensionar el depósito de la ULA.

Condiciones iniciales:

$$T_{bs} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{bh} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Condiciones finales:

$$T_{bs} = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\phi_2 = 50 \%$$

El gasto másico de aire está dado por:

$$m_a = P_a V_a / R_a T_1$$

$$P_a = P_{atm} - P_v$$

$$P_v = P_g \times \phi_2$$

Donde:

m_a = Gasto másico de aire (kg/min).

P_a = Presión Parcial del aire seco (N/m²).

V_a = Gasto volumétrico de aire (m³/min).

R_a = Constante para el aire (287 N.m/kg^oK).

T_1 = Temperatura del aire a la entrada (°K).

P_{atm} = Presión atmosférica (N/m²).

P_v = Presión parcial del vapor de agua (N/m²)

P_g = Presión de saturación del vapor de agua (N/m²)

P_{atm} = Presión atmosférica (N/m²).

ϕ = Humedad relativa (%).

De tablas de vapor saturado, se tiene, a 32 °C

$$P_g = 4794 \text{ N/m}^2$$

$$P_v = 4794 \text{ N/m}^2 \times 0.29$$

$$P_v = 1390.26 \text{ N/m}^2$$

$$P_a = 0.78 \times 10^5 \text{ N/m}^2 - 1390.26 \text{ N/m}^2$$

$$P_a = 76,609.74 \text{ N/m}^2$$

$$m_a = (76,609.74 \text{ N/m}^2) (267 \text{ m}^3/\text{min}) / (287 \text{ N.m/Kg}^\circ\text{K})(305^\circ\text{K})$$

$$m_a = 232 \text{ Kg/min}$$

La cantidad total de calor que pierde el aire es igual a la que gana el agua.

Gráficamente:

$$H_2 = 47.5 \text{ KJ/Kg}$$

$$H_3 = 43 \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_T = (47.5 - 43) \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_T = 4.5 \text{ KJ/Kg}$$

Cantidad de calor que se extrae al aire:

$$4.5 \text{ KJ/Kg} \times 232 \text{ Kg/min} = 1044 \text{ KJ/Kg}$$

Gasto másoco de agua que entra a la unidad

$$mw_1 = H_T / C_p \Delta T$$

Donde:

H_T = Calor Total (KJ/Kg).

C_p = Calor Especifico del aire (KJ/Kg °K).

ΔT = Diferencia de temperaturas (°K).

$$mw_1 = 1044 \text{ KJ/min} / (4.184 \text{ KJ/Kg}) (9 \text{ °K})$$

$$mw_1 = 27.72 \text{ Kg/min} = 7.5 \text{ galón / min}$$

Gasto másico de agua que sale de la unidad

$$mw_1 - mw_2 = ma(w_2 - w_1)$$

Gráficamente:

$$w_1 = 8.2 \text{ g/Kg}_{a.s.}$$

$$w_2 = 9 \text{ g/Kg}_{a.s.}$$

$$mw_1 - mw_2 = 232 \text{ Kg/min} (0.008 \text{ Kg/Kg}_{a.s.})$$

$$mw_1 - mw_2 = 1.856 \text{ Kg/min}$$

Esta cantidad de agua que sale, es la misma que tendrá que reponerse para el funcionamiento continuo de la unidad.

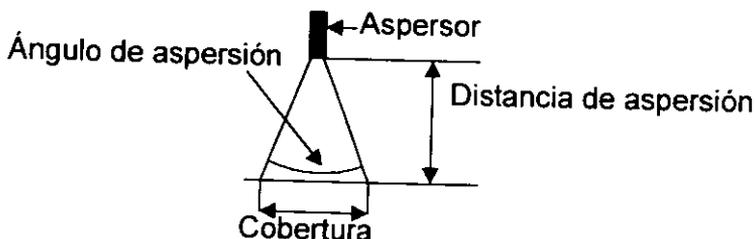
III. 4.8.2 ASPERSORES

El tipo de aspersor se selecciona de acuerdo a la aplicación y a la cantidad de agua que se requiere manejar. Se recomienda emplear boquillas de aspersión cuadrada para cubrir el área del panel de distribución y aprovechar al máximo el agua pulverizada.

De catalogo de fabricante (Spraying Systems Co.) se selecciona el siguiente aspersor (ver Tabla 21 en anexo):

- Cuerpo de boquilla estándar con conexión de entrada de ½".
Modelo QJJ.
- Tipo de punta con diámetro nominal de orificio de 3/32".
Modelo QH.
- Material de fabricación = Latón.
- Tamaño = 6SQ.
- Longitud de boquilla = 1 15/16".
- Peso de boquilla = 3 ½ oz.

Se selecciona el ángulo de aspersión requerido para el modelo anterior:



Considerando que la cobertura es cuadrada, no deberá exceder el ancho del panel de distribución que es de 65 mm.

De Tabla 22 (ver anexo) se obtiene:

Cobertura = 2.5"

Distancia de aspersión = 2"

Ángulo de cobertura = 60°.

Para obtener la cobertura anterior se requiere de:

Presión de alimentación = 5 PSI.

Capacidad = 0.43 GPM.

Total de aspersores requeridos = 7.5 GPM / 0.43 GPM = 18 aspersores

Para obtener el número de aspersores requeridos en cada banco, se considera la longitud del panel de distribución y el espaciamiento determinado por la cobertura anteriormente establecida que es de 2.5".

Los detalles de fabricación y fijación se verán en el Capítulo IV.

III.4.9 BOMBA

Se requiere de una bomba centrífuga sumergible que alimente los tres bancos de rociadores, por lo que se procede a calcular la potencia de la misma:

$$P = Q \delta H / \eta$$

Donde:

P = Potencia de la bomba (HP).

Q = Gasto (m³/seg).

δ = Peso específico del agua (Nw/m²).

H = Altura útil (m).

η = Eficiencia de la bomba (%).

$$Q = 0.43 \text{ GPM} \times 18 \text{ aspersores} = 7.5 \text{ GPM}$$

$$7.5 \text{ GPM} = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$H = (P_A - P_B) / \gamma + (Z_A - Z_B) + (V_A^2 - V_B^2) / 2g + (H_{rp} + H_{rs})$$

Donde:

H = Altura útil (m).

P_A = Presión en la impulsión (N/m^2).

P_B = Presión en la aspersión (N/m^2).

γ = Peso específico del agua (N/m^3).

Z_A = Altura en la impulsión (m).

Z_B = Altura en la aspersión (m).

V_A = Velocidad del agua en la impulsión (m/seg).

V_B = Velocidad del agua en la aspersión (m/seg).

g = Aceleración de la gravedad (m/seg^2).

H_{rp} = Perdidas de carga en la impulsión (m).

H_{rs} = Perdidas de carga en la aspersión (m).

P_A = Presión del sistema + Presión atmosférica.

Presión del sistema = 5 PSI = 34,448.5 N/m^2 .

Presión atmosférica = 0.78 bar = 0.78 $\times 10^5 \text{ N}/\text{m}^2$.

$P_A = (34,448.5 + 0.78 \times 10^5) \text{ N}/\text{m}^2$

$P_A = 112,455.7 \text{ N}/\text{m}^2$

P_B = Presión atmosférica.

$P_B = 0.78 \times 10^5 \text{ N}/\text{m}^2$.

$$P_A - P_B / \gamma = (112,455.7 - 34,448.5) \text{ N}/\text{m}^2 / 9780 \text{ N}/\text{m}^3 = 3.5 \text{ m}.$$

$$P_A - P_B / \gamma = 3.5 \text{ m}.$$

$Z_A = 1.20 \text{ m}.$

$Z_B = 0.25 \text{ m}.$

$$Z_A - Z_B = (1.20 - 0.25) \text{ m} = 0.95 \text{ m}.$$

$$Z_A - Z_B = 0.95 \text{ m}.$$

$$V_A = Q / A_A$$

Donde:

V_A = Velocidad del agua (m/seg).

Q = Gasto (m^3/seg).

A_A = Área (m^2).

$$A_A = 3.1416(D)^2 / 4$$

$$\text{Diámetro} = \frac{1}{2} \text{ " } = 0.0127 \text{ m.}$$

$$A_A = 3.1416 (0.0127\text{m})^2 / 4 = 1.266 \times 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$V_A = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg} / 1.266 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3.749 \text{ m/seg.}$$

$$V_A = 3.749 \text{ m/seg.}$$

$$V_B = Q / A_B$$

$$A_B = 3.1416 (0.0254\text{m})^2 / 4 = 5.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$V_B = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg} / 5.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.937 \text{ m/seg}$$

$$V_B = 0.937 \text{ m/seg}$$

$$(V_A^2 - V_B^2) / 2g = (3.749 \text{ m/seg})^2 - (0.937 \text{ m/seg})^2 / 2 (9.78 \text{ m/seg}^2) = 0.673 \text{ m}$$

$$(V_A^2 - V_B^2) / 2g = 0.673 \text{ m.}$$

Calcular las pérdidas de carga en la impulsión:

$$H_{rp} = \lambda (L v^2 / D 2g)$$

Donde:

H_{rp} = Pérdidas de carga en la impulsión (m).

λ = Coeficiente de pérdida de carga primaria.

L = Longitud de la tubería (m).

D = Diámetro de la tubería (m).

v = Velocidad media del fluido (m/seg).

g = Aceleración de la gravedad (m/seg²).

Obtener el coeficiente de rozamiento del diagrama de Moody (ver

gráfica 8 en anexo), con Re y K / D, donde:

Re = Número de Reynolds.

K / D = Rugosidad relativa.

K = Coeficiente de rugosidad absoluta (m).

D = Diámetro de la tubería (m)

De Tabla 23 (ver anexo):

$$K = 0.001 \text{ mm} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$D = \frac{1}{2} \text{ " } = 0.0127 \text{ m}$$

$$K / D = 1 \times 10^{-6} \text{ m} / 0.0127 \text{ m} = 7.874 \times 10^{-5}$$

$$K / D = 7.874 \times 10^{-5}$$

$$Re = VD / \nu$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

V = Velocidad del agua (m/seg)

ν = Viscosidad cinemática (m²/seg) (ver Tabla 24 en anexo)

$$Re = (3.749 \text{ m/seg}) (0.127\text{m}) / 1.0038 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$$

$$Re = 47,140.89$$

De diagrama de Moody:

$$\lambda = 0.0138$$

L = Longitud del tubo + Longitud equivalente

$$\text{Longitud del tubo} = 5.35 \text{ m}$$

Para determinar la longitud equivalente se emplea el nomograma de pérdidas secundarias (ver gráfica 9 en anexo):

Accesorios empleados en la impulsión: 5 codos de cobre a 90°, con diámetro de 0.0127 m.

$$Leq = 0.2 \text{ m} \times 5 = 1 \text{ m}$$

$$L = 5.35 \text{ m} + 1 \text{ m} = 6.35 \text{ m}$$

$$L = 6.35 \text{ m.}$$

$$H_{rp} = 0.0138 (6.35 \text{ m} (3.749 \text{ m/seg})^2 / 0.0127\text{m} \times (2 \times 9.78 \text{ m/seg}^2))$$

$$H_{rp} = 4.95 \text{ m}$$

Calcular las pérdidas de carga para la aspiración:

$$H_{rs} = \lambda (Lv^2 / D2g)$$

$$Re = 0.937 \text{ m/seg} (0.0254) / 1.0038 \text{ m}^2/\text{seg} = 23,574.83$$

$$K / D = 1 \times 10^{-6} \text{ m} / 0.0254 \text{ m} = 3.937 \times 10^{-5}$$

De diagrama de Moody:

$$\lambda = 0.026$$

L = Longitud equivalente

Accesorios empleados en la aspersion: una válvula de colador de 1" de diámetro.

$$L = 1 \text{ m}$$

$$H_{rs} = 0.026 (1 \text{ m} (0.937\text{m/seg})^2 / 0.0254 (2 \times 9.78 \text{ m/seg}^2))$$

$$H_{rs} = 0.0459\text{m}$$

$$H_{rp} + H_{rs} = 4.95\text{m} + 0.0459\text{m} = 4.99 \text{ m}$$

$$H_{rp} + H_{rs} = 4.99 \text{ m}$$

$$H = 3.5\text{m} + 0.95\text{m} + 0.673\text{m} + 4.99\text{m} = 10.118 \text{ m}$$

$$H = 10.118 \text{ m.}$$

Se procede a calcular la potencia de la bomba:

$$P = Q \gamma H / \eta$$

$$P = (4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}) (9780 \text{ N/m}^3) (10.118 \text{ m}) / 0.67$$

$$P = 70.15 \text{ W} = 0.094 \text{ HP}$$

Se requiere una bomba sumergible de 1/8 HP.

Se seleccionó la siguiente bomba:

ESPECIFICACIONES:

MARCA = LITTLE GIANT PUMP.

MODELO = 1 - AM.

POTENCIA = 1/8 HP.

DESCARGA = 1/2".

MÁXIMA ALTURA DE DESCARGA = 8 PIES.

EFICIENCIA = 0.7

CARACTERÍSTICAS:

FABRICACIÓN

- Caja de aluminio de fundición con recubrimiento epóxico.
- Cabezal de bomba e impulsor de polipropileno.
- Protección de impedancia.
- Alimentación de aceite por vida.

APLICACIONES:

- Espreas para agua.
- Evaporadores.
- Condensadores.
- Equipo de laboratorio.
- Equipo médico.
- Fuentes.
- Tanques.
- Cascadas.

DIMENSIONES:

ANCHO = 8 cm.

LARGO = 12 cm.

ALTO = 13 cm.

III.4.10 RENDIMIENTO DE SATURACIÓN

Este rendimiento representa el porcentaje de aire que entró en contacto efectivo con las gotas de agua el tiempo suficiente para salir completamente saturado a la temperatura media del agua.

$$R.S. = (Tbs_1 - Tbs_2) / (Tbs_1 - Tbh_1)$$

Donde:

Tbs_1 = Temperatura de bulbo seco a la entrada.

Tbs_2 = Temperatura de bulbo seco a la salida.

Tbh_1 = Temperatura de bulbo húmedo a la entrada.

$$R.S. = (32^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) / (32^\circ\text{C} - 19^\circ\text{C})$$

$$R.S. = 0.692$$

$$R.S. = 70\%$$

CAPÍTULO IV

FABRICACIÓN

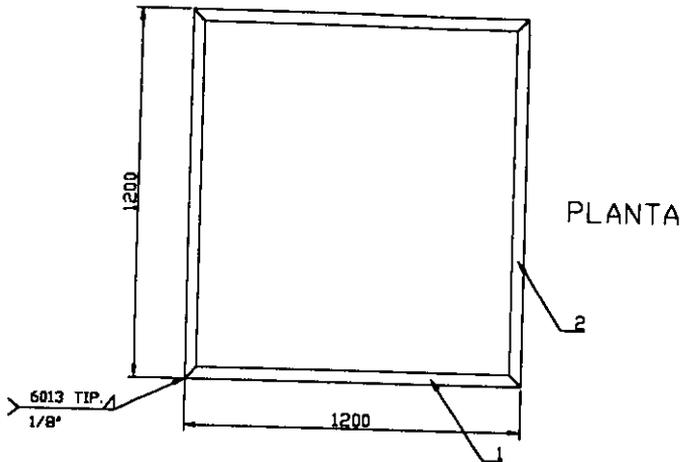
IV.1 FABRICACIÓN DE LA UNIDAD LAVADORA DE AIRE

Para la fabricación de la unidad se requiere de un área que cuente con el equipo y herramienta necesaria, además de contar con mano de obra que tenga conocimiento no solo del uso del equipo y herramienta, sino también de interpretación de planos de fabricación.

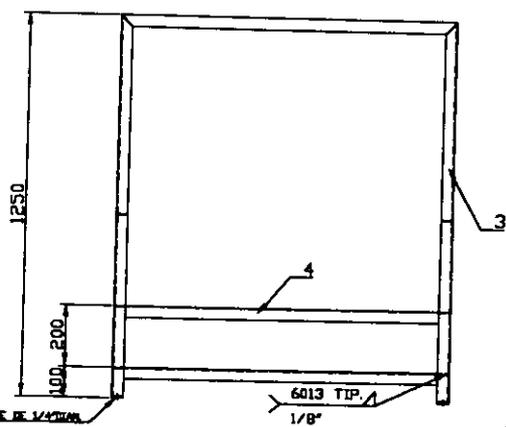
A continuación se presentan los dibujos de fabricación de las partes que integran la ULA, en donde se indican las dimensiones, material de fabricación y acabado para cada una. Es importante mencionar que las dimensiones de la unidad, se determinaron a partir del diámetro y longitud del ventilador centrífugo.

IV.2 DIBUJOS DE FABRICACIÓN DE LA ULA

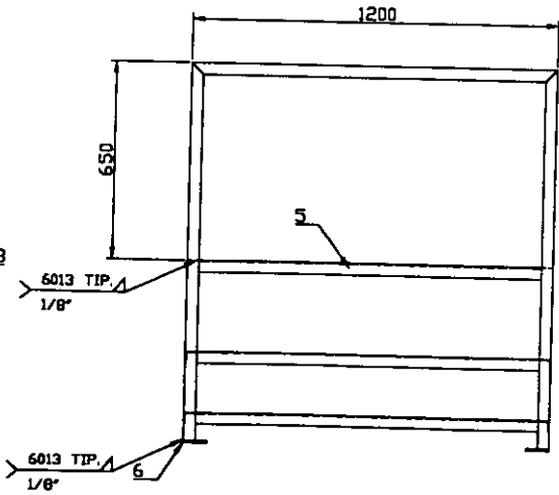
NUMERO	DESCRIPCIÓN
01	ESTRUCTURA DE GABINETE
02	TANQUE COLECTOR
03	CUBIERTA DE VENTILADOR
04	BASE MOTRIZ
05	DETALLE DE ENSAMBLE
06	PANEL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
07	PANEL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
08	DETALLE DE ENSAMBLE
09	SISTEMA DE ASPERSIÓN
10	TAPAS LATERALES Y POSTERIOR
11	DIFUSOR
12	TAPA FRONTAL
13	TAPA SUPERIOR
14	ENSAMBLE FINAL DE ULA
15	REDUCCIÓN
16	DUCTO
17	SOPORTE PARA DUCTO
18	UNIÓN DE DUCTOS
19	DIAGRAMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA



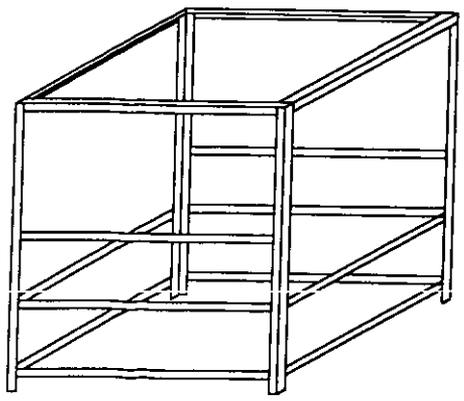
PLANTA



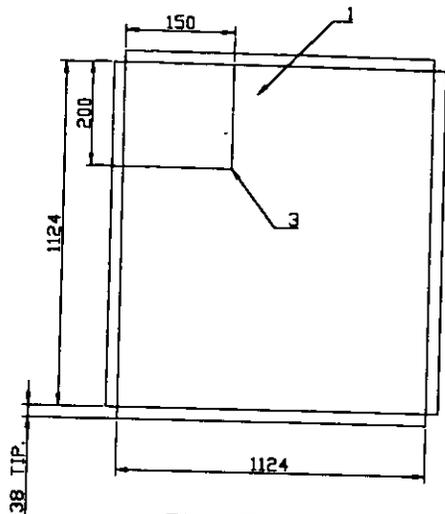
FRONTAL



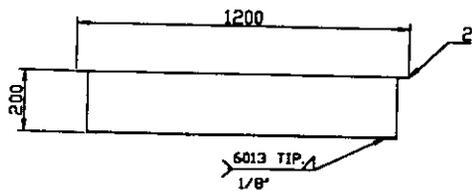
LATERAL



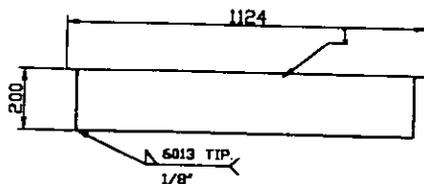
6	4	SOLERA DE 1/8"x1 1/2"x50mm.
5	6	ANGULO ESTRUC DE 1/8"x1 1/2"x1193 mm.
4	4	ANGULO ESTRUC DE 1/8"x1 1/2"x1083 mm.
3	4	ANGULO ESTRUC DE 1/8"x1 1/2"x1250 mm.
2	2	ANGULO ESTRUC DE 1/8"x1 1/2"x1200 mm.
1	2	ANGULO ESTRUC DE 1/8"x1 1/2"x1200 mm.
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA: 17/09/00 DIBUJO: P.C.M. #DIBUJO: 01 REVISO: D.M.M.		
TITULO:		ACOT: MM.
ESTRUCTURA DE GABINETE		ESCALA: SIN
		REVISION: 01



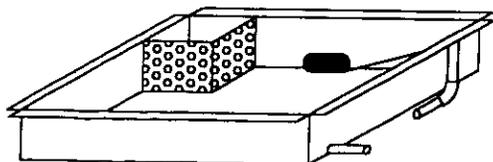
PLANTA



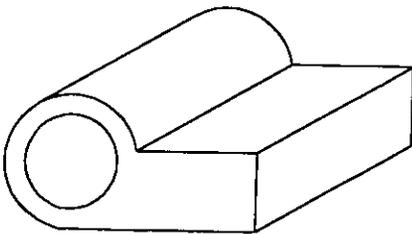
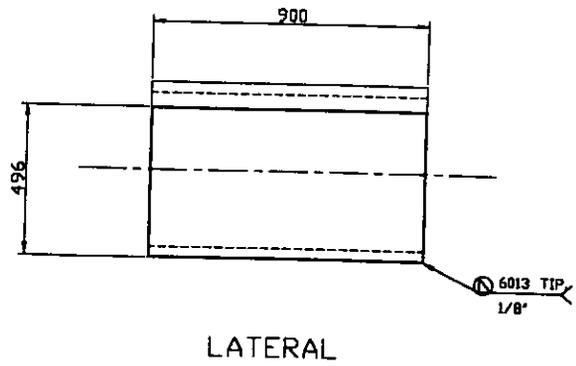
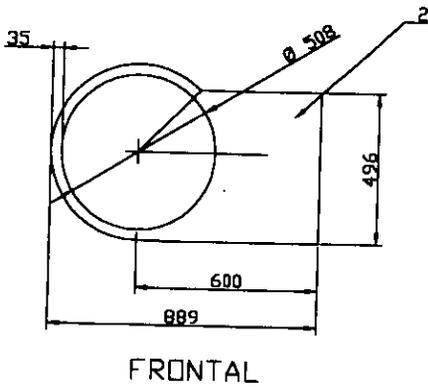
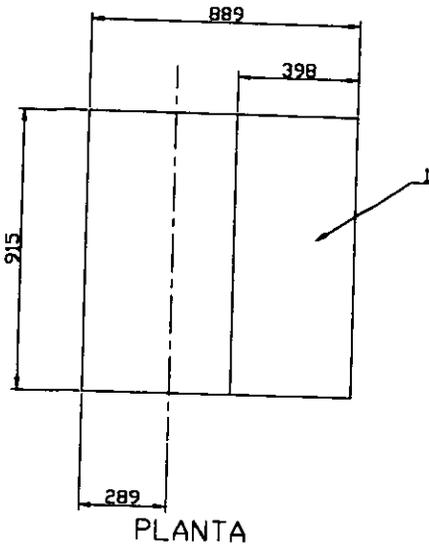
FRONTAL



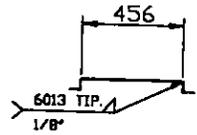
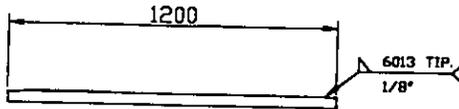
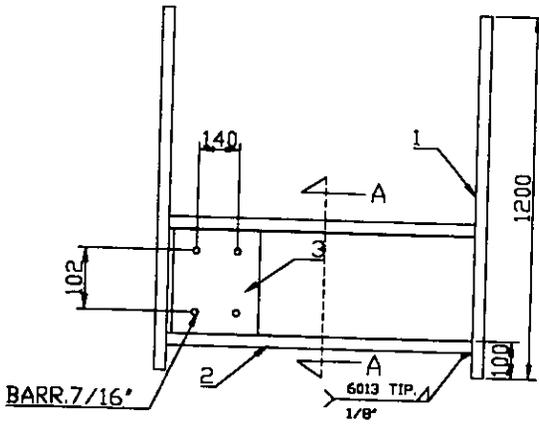
LATERAL



3	1	CUBIERTA DE PROTECCION P/BOMBA	
		LAMINA PERFORADA GALV.CAL-18	
2	2	LAMINA GALV.CAL18 CONFORMADA	
1	1	LAMINA GALV.CAL18 CONFORMADA	
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL	
FECHA: 17/09/00		DIBUJO: P.C.M.	#DIBUJO: 02
TITULO:		ACOT.: MM.	REVISO: D.M.M.
TANQUE COLECTOR		ESCALA: SIN	REVISION: 01

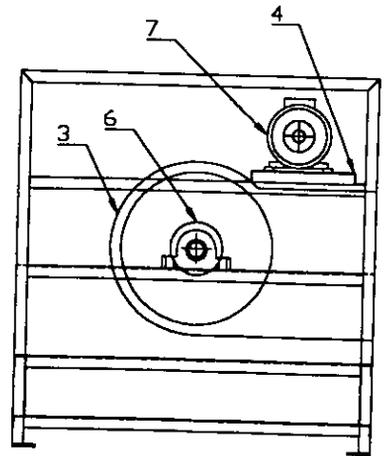
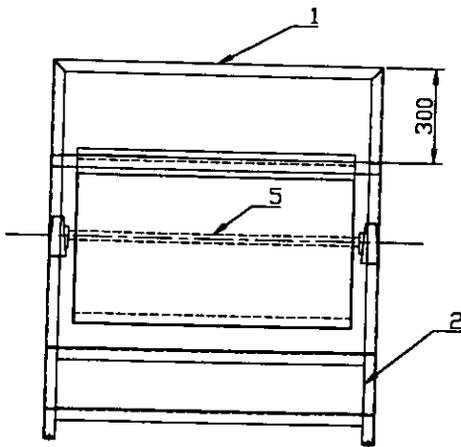
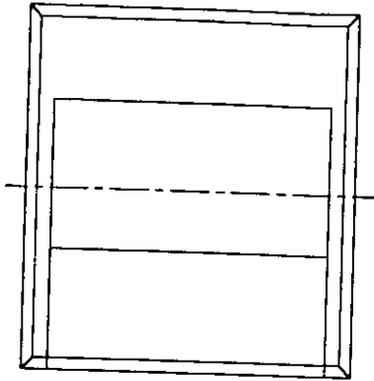


2	2	CONFORMADAS EN LAM. GALV. CAL-18
1	1	CUBIERTA CONFORMADA EN LAMINA GALV. CALIBRE 18
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA:	17/09/00	DIBUJO: P.C.M. DIBUJO: 03 REVISO: D.M.M.
TITULO:		ACOT.: MM.
CUBIERTA DE VENTILADOR		ESCALA: SIN
		REVISION: 01

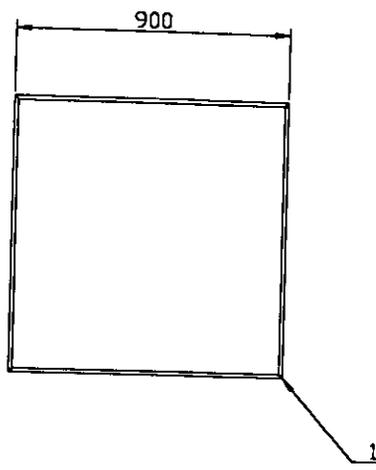


SECCION A-A

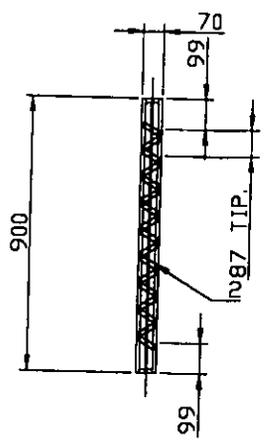
3	1	PLACA BASE DE 1/8x170x456 A-36	
2	2	ANGULO ESTRUCT DE 1/8"x1 1/2"x1124 MP.	
1	2	ANGULO ESTRUCT DE 1/8"x1 1/2"x1200 MP.	
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL	
FECHA: 17/09/00		DIBUJO: P.C.M.	#DIBUJO: 04
TITULO:		REVISOR: D.M.M.	ACOT.: MM.
BASE MOTRIZ		ESCALA: SIN	REVISION: 01



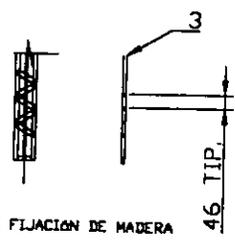
7	1	MOTOR DE 2 HP, 1750RPM, 3 FASES, 60 HZ
6	2	CHUMACERA DE PISO DE 1" DE DIAM. 2 BARR.
5	1	CRS-1018 DE 1" DIAM. x 1195
4	1	BASE MOTRIZ VER DIB. 04
3	1	CUBIERTA VENTILADOR VER DIB. 03
2	1	TANQUE COLECTOR VER DIB. 02
1	1	ESTRUCTURA DE GABINETE VER DIB. 01
ITEM CANT DESCRIPCIÓN DE MATERIAL		
FECHA: 17/09/00		DIBUJO: P.C.M.
		DIBUJOS
		REVISOR: D.M.M.
TÍTULO:		ACOT. MM.
DETALLE DE ENSAMBLE		ESCALA SIN
		REVISIÓN 01



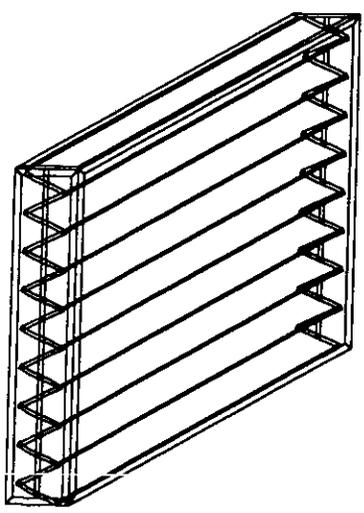
FRONTAL



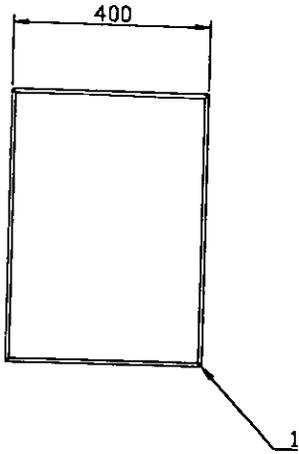
LATERAL



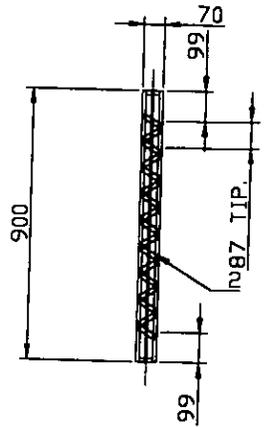
DETALLE FIJACION DE MADERA



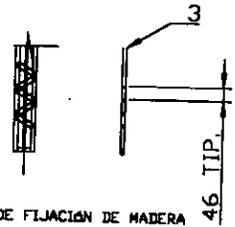
3	2	ANGULO CONFORMADO 1/2x1/2 EN LAMCALIB
2	1B	MADERA PINO DE 15x55x850 MM
1	1	ANGULO CONFORMADO 1/2x1/2 EN LAMCALIB
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA: 17/09/00		DIBUJO: P.C.M.
		#DIBUJO: 06
		REVISOR: D.M.M.
TITULO:		ACOT: MM
PANEL DISTRIBUCION DE AGUA		ESCALA: SIN
ENSAMBLE (POSTERIOR)		REVISION: 01



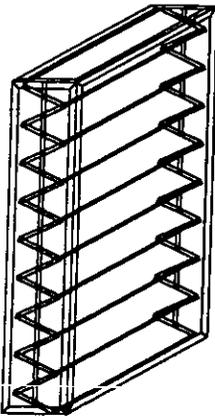
FRONTAL



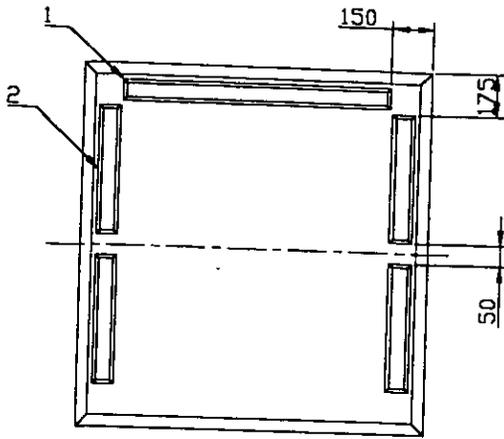
LATERAL



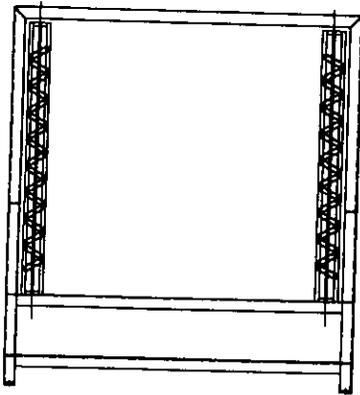
DETALLE DE FIJACION DE MADERA



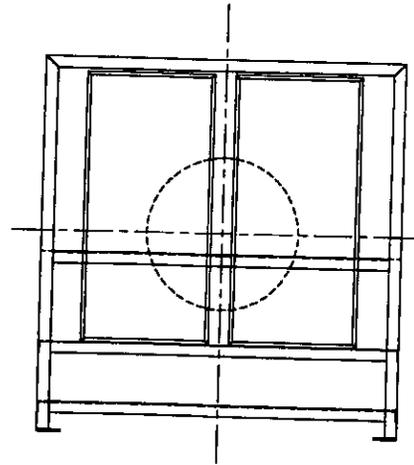
3	2	ANGULO CONFORMADO 1/2x1/2 EN LAM.CAL.18
2	18	MADERA PINO DE 15x65x850 MM.
1	1	ANGULO CONFORMADO 1/2x1/2 EN LAM.CAL.18
ITEM	CANT.	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA: 17/09/00		DIBUJO: P.C.M. @DIBUJO: 07 REVISO: D.M.M.
TÍTULO:		ACOT. MM.
PANEL DISTRIBUCION DE AGUA		ESCALA: SIN
4 ENSAMBLES (LATERALES)		REVISION: 01



PLANTA

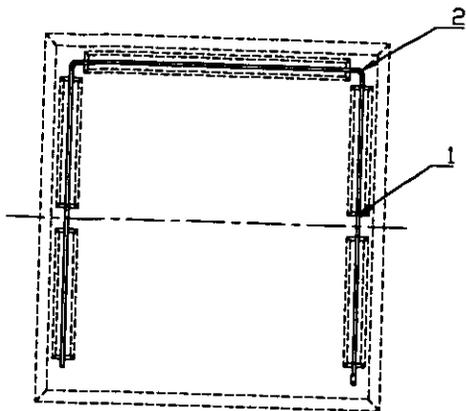


FRONTAL

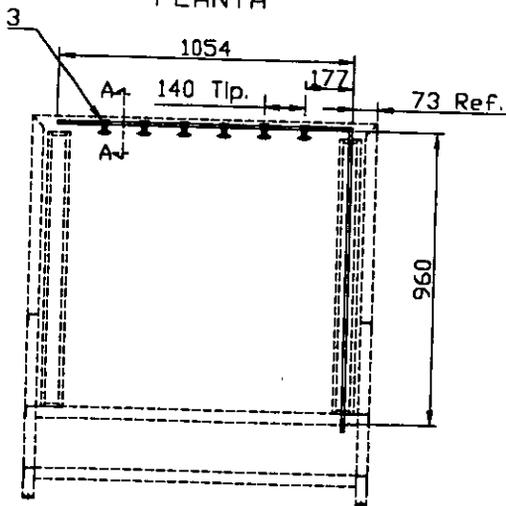


LATERAL

2	1	PANELES LATERALES VER DIB.07
1	1	PANEL POSTERIOR VER DIB.06
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA	17/09/00	DIBUJO: P.C.M. #DIBUJO:08 REVISOR: D.M.M.
TÍTULO:		ACOT. MM.
DETALLE DE ENSAMBLE		ESCALA: SIN
		REVISION: 01

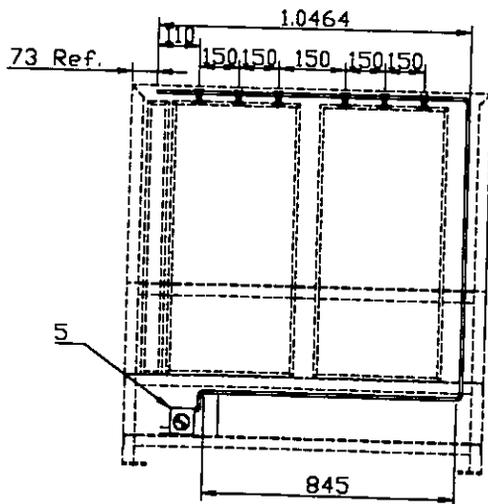


PLANTA

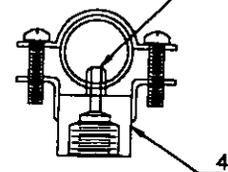


FRONTAL

BARREND EN TUBO DE 9/32"



LATERAL



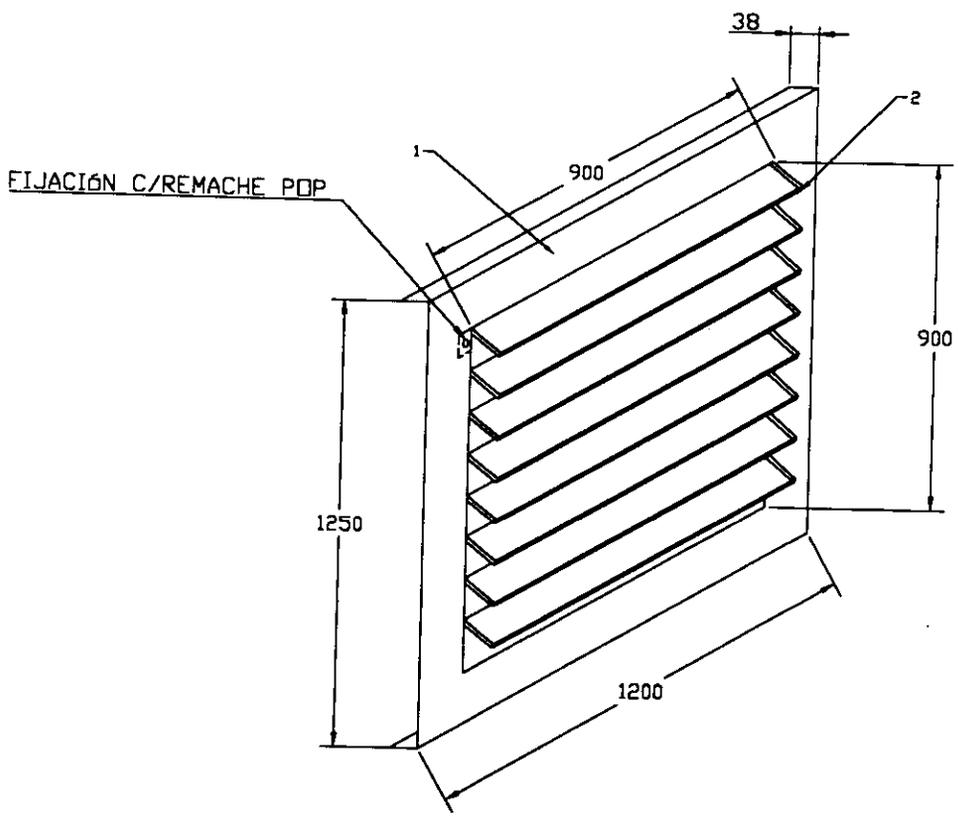
SECCION A-A

5	1	BOMBA SUMERGIBLE DE 1/8 DE HP.
4	18	CONECTOR DE ABRAZADERA 7521-A-1/2X1/4
3	18	ASPERSOR MOD. QJJ-QH-650
2	6	CODO DE 90 GRADOS P/TUBO DE 1/2"
1	1 LIT.	TUBO DE COBRE EN 1/2" DIAMETRO
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL

FECHA: 17/09/00 DIBUJO: P.C.M. #DIBUJO: 09 REVISO: D.M.H.

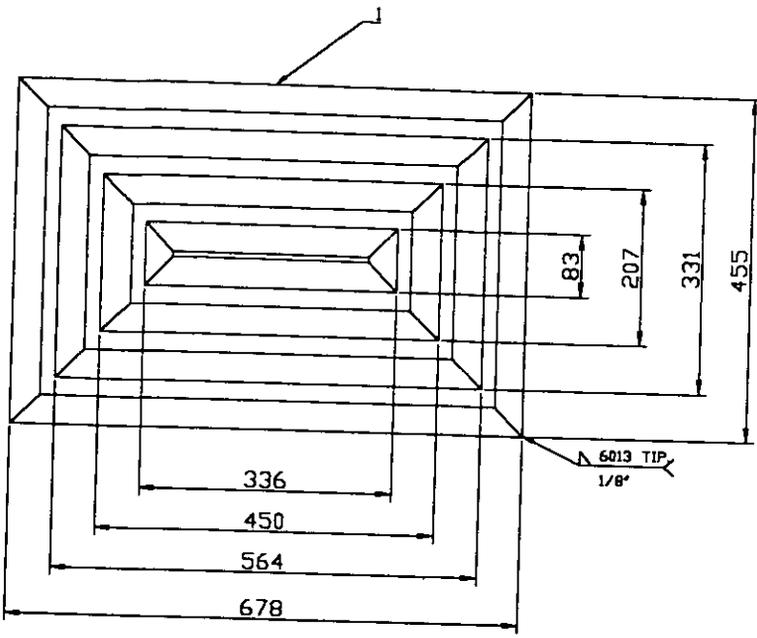
TITULO:
SISTEMA DE ASPERSION

ACOT. MM.
ESCALA: SIN
REVISION: 01

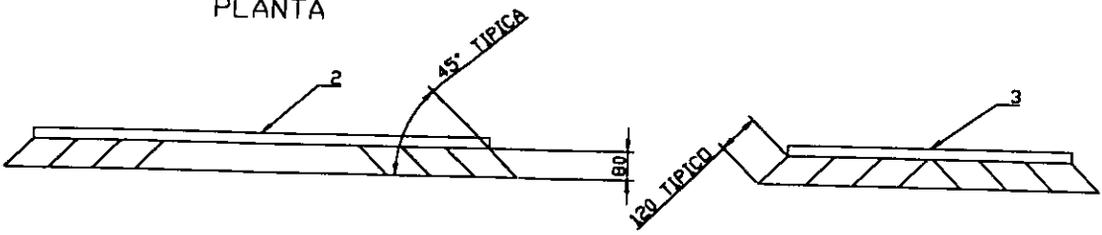


BARRENO DE 1/8"

2	17	PERSIANA EN LAMINA CAL-18 A-36		
1	2	MARCO EN LAMINA CAL-18 A-36		
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL		
		DIBUJO P.C.M.	Ø DIBUJO 10	REVISOR D.M.M.
FECHA: 17/09/00		TÍTULO:		
		TAPAS LATERALES Y POSTERIOR		ACOT. NBL
		(FABRICACIÓN 3 ENSAMBLES)		ESCALA: SIN
				REVISIÓN 01



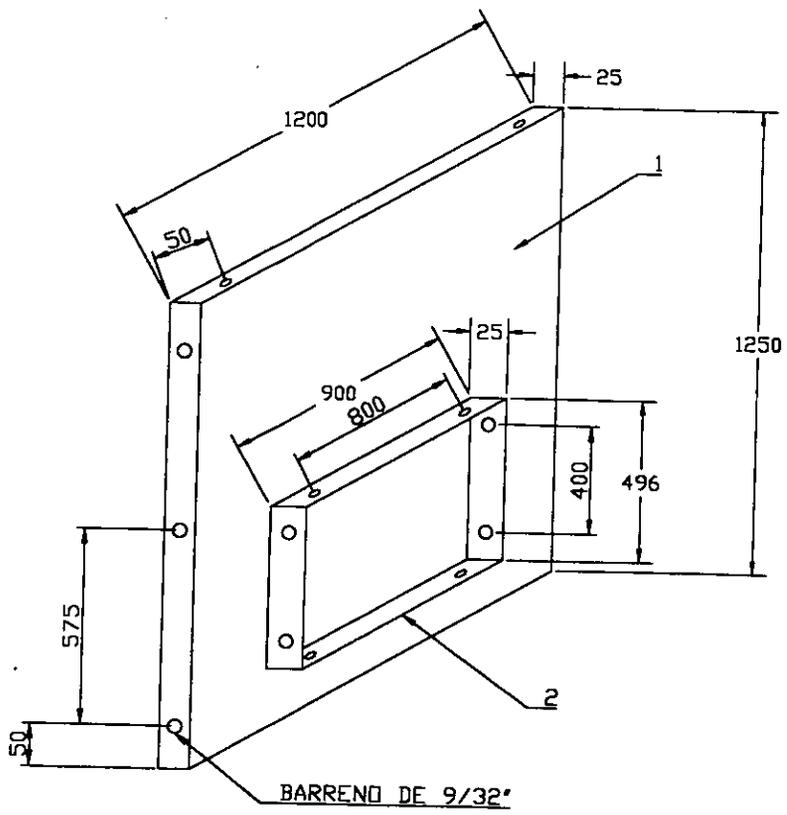
PLANTA



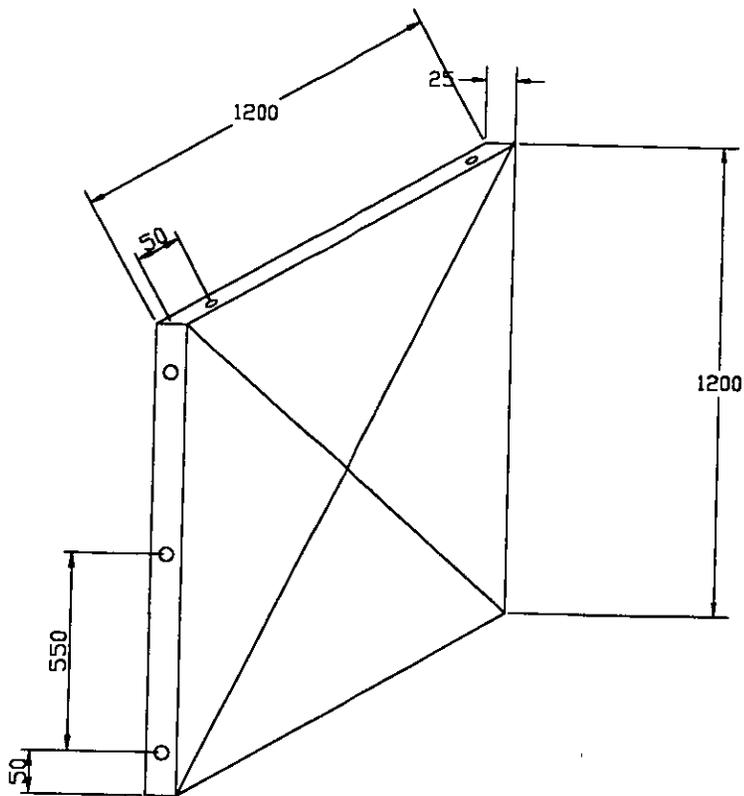
FRONTAL

LATERAL

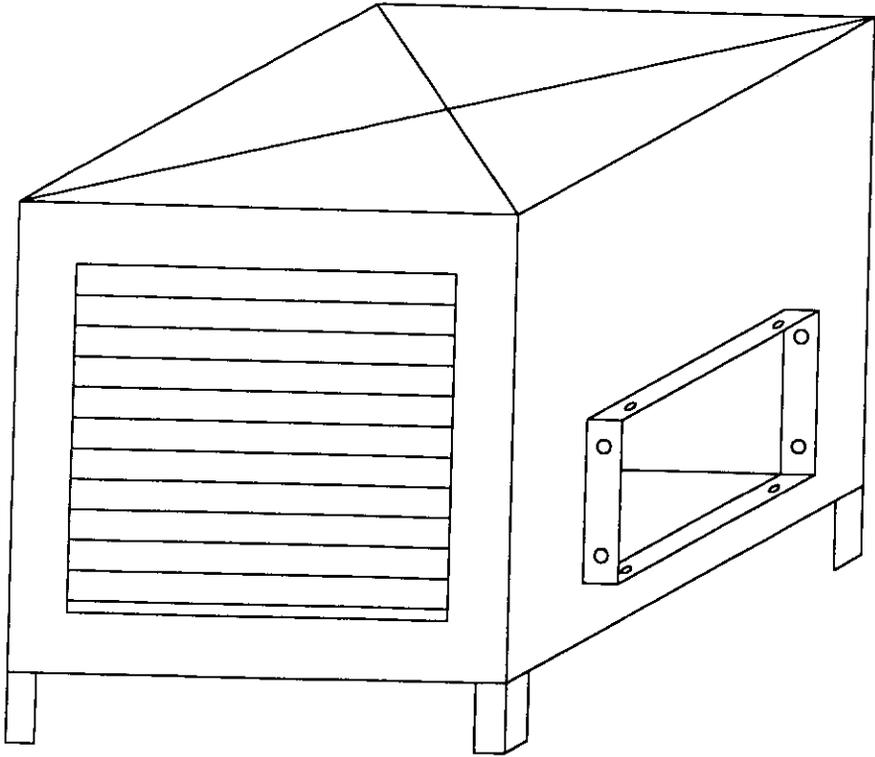
3	1	SOLERA CONFORMADA DE 20 x 273 MM. EN LAMINA CALIBRE 18 GALVANIZADA.
2	1	SOLERA CONFORMADA DE 20 x 496 MM. EN LAMINA CALIBRE 18 GALVANIZADA.
1	4	MARCOS CONFORMADOS EN LAMINA GALVANIZADA CALIBRE 24
ITEM CANT DESCRIPCION DE MATERIAL		
FECHA: 17/09/00 DIBUJO: P.C.M. #DIBUJO: 11 REVISO: D.N.M.		
TÍTULO:		ACOT. MM.
DIFUSOR		ESCALA: SIN
		REVISION: 01



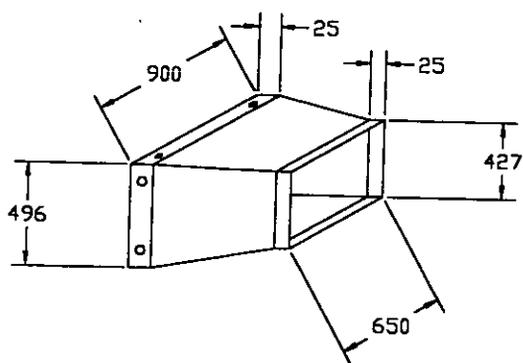
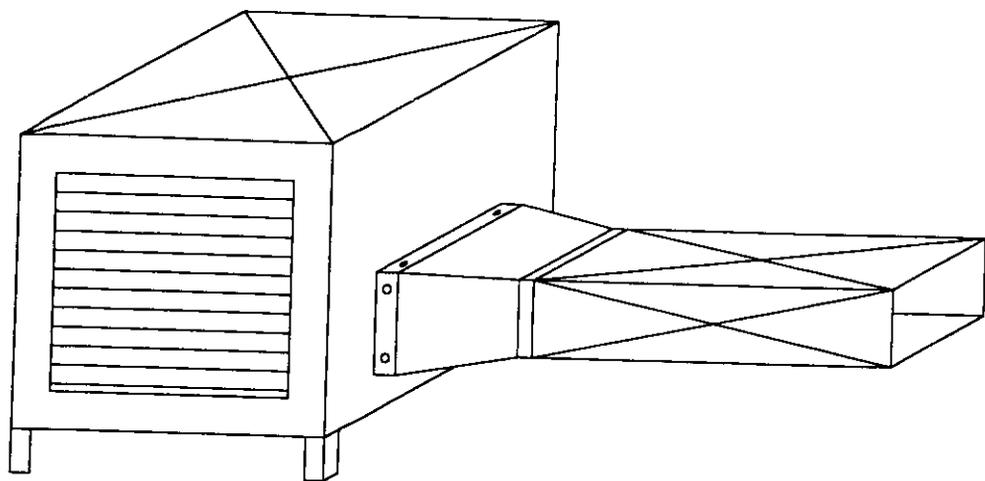
2	1	BOCA DE DESCARGA LAN-CAL18 A-36
1	1	MARCO EN LAMINA CAL-10 A-36
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA	17/09/00	DIBUJO P.C.M.
		DIBUJO 12
		REVISO D.M.N.
TITULO:		ACOT: MM.
TAPA FRONTAL		ESCALA: SIN
		REVISION: 01



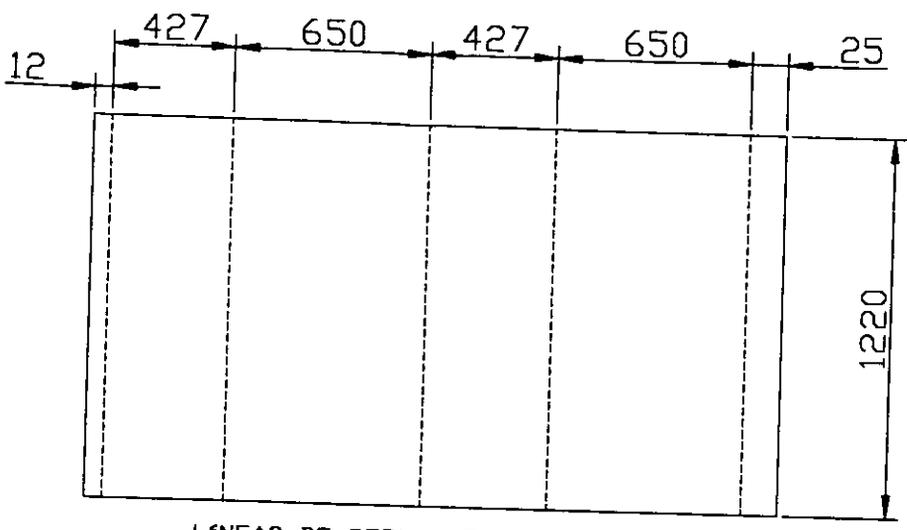
1	1	FABRICACION EN LAMINA CAL-18 A-36
		DOBLEZ A 90 GRADOS Y DIAMANTADA
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL
FECHA:	17/09/00	DIBUJO: P.C.M. #DIBUJD13 REVISO: D.M.M.
TITULO:		ACOT.: MM.
TAPA SUPERIOR		ESCALA: SIN
		REVISION: 01



ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	REVISOR
		FECHA: 17/09/00 DIBUJO: P.C.M. #DIBUJO: 14	REVISOR: D.M.M.
TÍTULO: ENSAMBLE FINAL DE ULA			ACOT.: MM. ESCALA: SIN REVISIÓN: 01

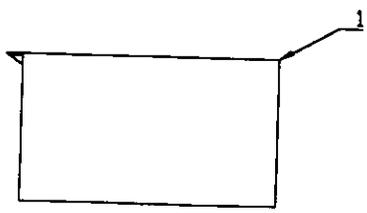


1	1	FABRICACION EN LAMINA CAL-24 A-36	
		UNION ATORNILLADA	
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL	
FECHA	17/09/00	DIBUJO: P.C.M.	#DIBUJO: 15
		REVISO: D.M.M.	
TÍTULO:		ACOT.:	MM.
REDUCCIÓN		ESCALA:	SIN
		REVISIÓN:	01

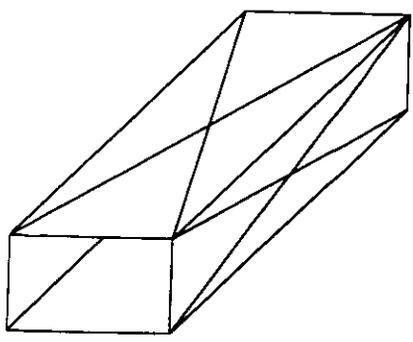


LÍNEAS DE DOBLEZ TÍPICO A 90 GRADOS

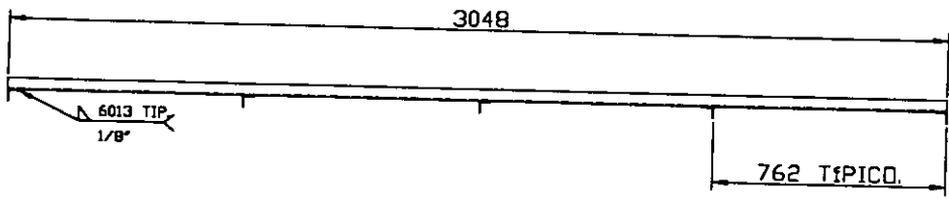
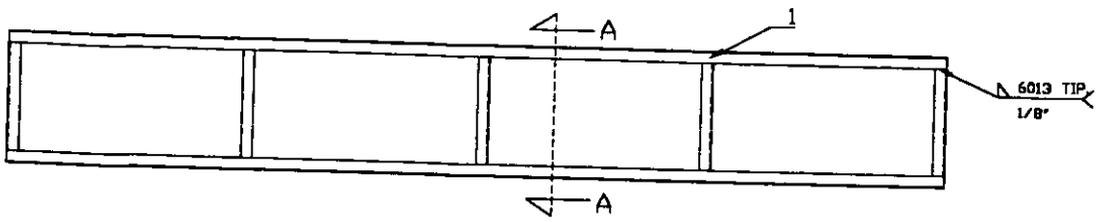
SECCIÓN A-A



PERFIL TÍPICO

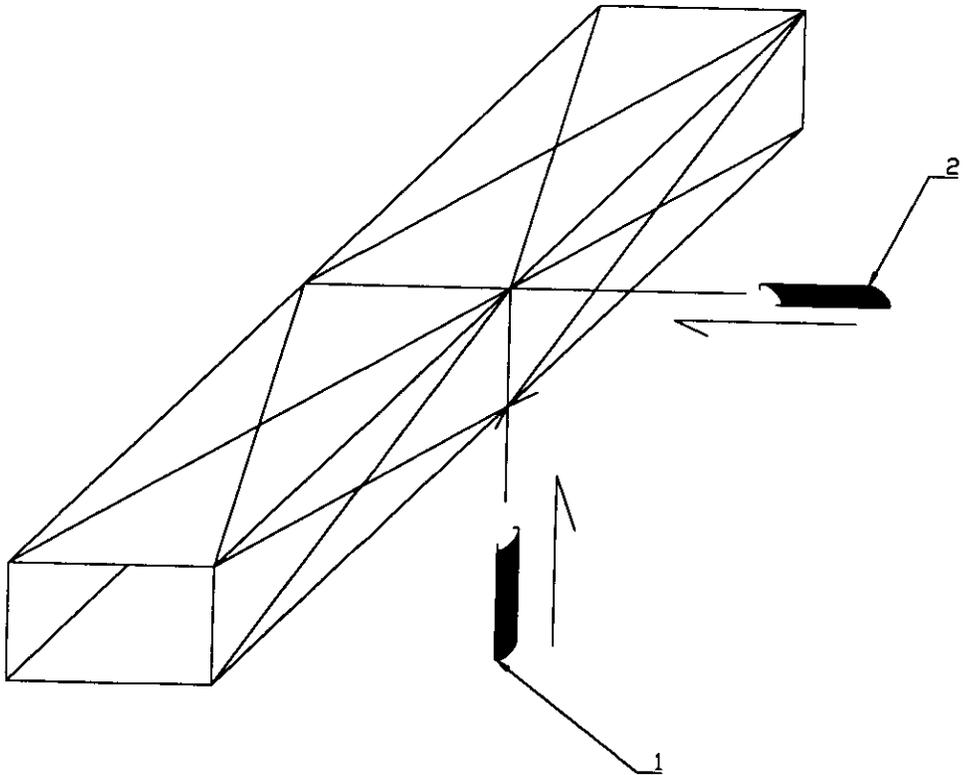


1	2	LAPINA GALV CAL-24		
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL		
FECHA	17/09/00	DIBUJO P.C.M.	#DIBUJO16	REVISOR D.M.M.
TÍTULO:			ACOT.	MM
DUCTO			ESCALA	SIN
(12 ENSAMBLES)			REVISIÓN	01



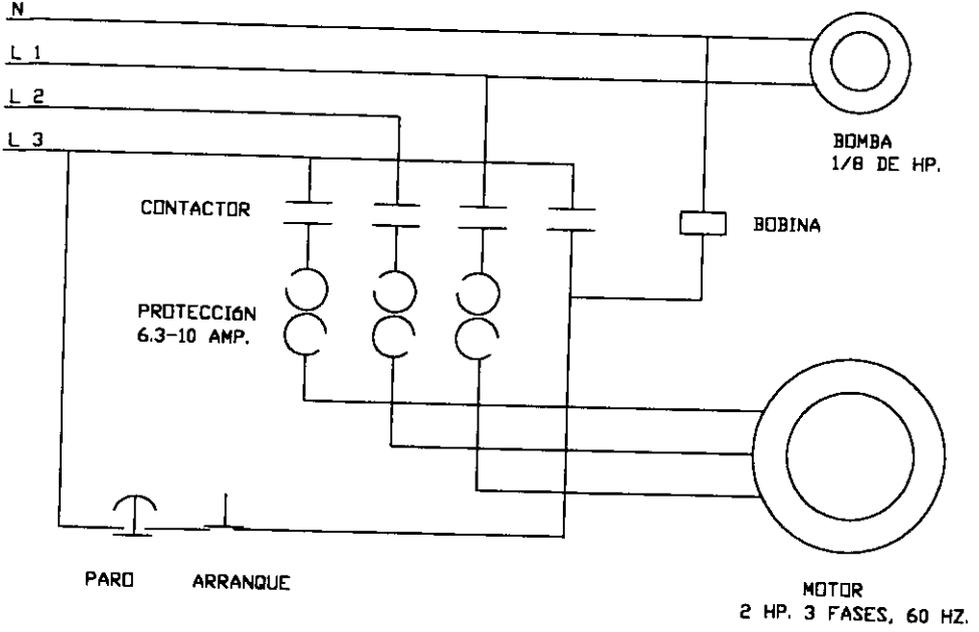
SECCION A-A

2	5	ANGULO ESTRUC A36 3/16"x1 1/2"x429 mm.		
1	2	ANGULO ESTRUC A36 3/16"x1 1/2"x3048 mm.		
ITEM	CANT	DESCRIPCION DE MATERIAL		
		FECHA: 17/09/00	DIBUJO: P.C.M.	DIBUJO: 17
			REVISOR: D.M.M.	
TITULO:			ACOT.	MM.
SOPORTE PARA DUCTO			ESCALA:	SIN
(12 ENSAMBLES)			REVISION:	01



2	24	EN LAM. CAL 24 A-36
1	24	EN LAM. CAL 24 A-36
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL
FECHA: 17/09/00		DIBUJO: P.C.M.
		DIBUJADO
		REVISOR: D.M.M.
TÍTULO:		ACOT. MM.
UNIÓN DE DUCTOS		ESCALA: SIN
		REVISIÓN: 01

ACOMETIDA DE FUERZA
220 -3-60



ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL
FECHA:	17/09/00	DIBUJO: P.C.M. #DIBUJO: 19 REVISO: D.M.M.
TÍTULO:		ACOT.: MM.
DIGRAMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA		ESCALA: SIN
		REVISIÓN: 01

CAPÍTULO V

INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA

V.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez que se ha ensamblado totalmente la unidad, se recomienda realizar pruebas de funcionamiento, antes de proceder a la instalación, con la finalidad de observar que funcionen correctamente las siguientes partes:

- Que el motor este correctamente conectado (medir corrientes).
- Verificar que la turbina entregue aire, este bien balanceada y fija.
- Llenar el tanque de forma manual y checar el buen funcionamiento de la bomba.
- Revisar que los rociadores produzcan una caída de agua y que esta efectivamente se desplace a través de los paneles.
- Verificar que el flujo de aire entregado no contenga gotas de agua.
- Dar tiempos de funcionamiento espaciados y continuos a la unidad para observar su funcionamiento.

En caso de observar alguna anomalía, realizar los ajustes pertinentes y proceder a su instalación.

V.2 INSTALACIÓN DE LA ULA.

Esta instalación consiste en ubicar a la unidad en el lugar que se programó en el diseño y realizar las instalaciones de alimentación eléctrica y de la red de agua para su funcionamiento.

V.2.1 UBICACIÓN

- 1- Localizar el lugar donde se va a instalar la unidad.
- 2- La superficie de montaje debe ser lo suficientemente resistente para soportar el peso de la ULA, considere que cuando el depósito de agua sea llenado, la unidad será aproximadamente dos veces más pesada.
- 3- Considerar el peso estimado de la unidad sin agua = 115 Kg.
- 4- Verificar que la unidad sea instalada a favor de las corrientes de aire y alejada de fuentes contaminantes.
- 5- Evitar interferencias en la salida de aire.
- 6- Asegurarse de tener los medios adecuados, para levantar la unidad, hasta el sitio donde será instalada.

- 7- Se recomienda desarmar la unidad en la medida de lo posible, para disminuir su peso.
- 8- Tomar las precauciones necesarias para evitar que el techo sea dañado durante el anclaje.
- 9- La superficie de montaje deberá estar nivelada en todas direcciones para una correcta distribución del agua.
- 10- Una vez instalada la unidad, las tapas deben quedar bien fijas para evitar daños o saqueos.

V.2.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La alimentación trifásica se encuentra en el interior del taller, sobre la pared sur, a 12 metros de distancia del frente. Para realizar esta instalación se debe considerar lo siguiente:

- 1- La caja de conexión de la unidad se encuentra localizada en la parte interior del gabinete.
- 2- Identificar las conexiones del motor y de la bomba. (Previamente se realizó la conexión eléctrica del motor y la bomba).
- 3- Conectar la unidad a la línea de 220 V, de acuerdo al diagrama eléctrico.
- 4- Evitar descargas eléctricas, instalando la línea de tierra.
- 5- El cableado eléctrico no debe interferir con la banda, el agua, las poleas y la turbina.
- 6- Instalar la estación de botones de arranque y paro en el interior del taller, para controlar su encendido y apagado desde el interior.
- 7- Asegurar que al realizar la instalación, el interruptor de control este en la posición de apagado.
- 8- Utilizar cable calibre 10 para el suministro de energía eléctrica de la unidad.
- 9- Todas las conexiones eléctricas deben cumplir con los reglamentos locales de construcción y seguridad, y deben ser realizados solo por personal calificado.
- 10- Antes de abrir la unidad, reinstalarla o darle mantenimiento, se debe interrumpir el suministro de energía eléctrica.

V.2.3 ALIMENTACIÓN DE AGUA

La unidad requiere de una conexión a la red de alimentación de agua del lugar, para mantener el nivel requerido en el tanque de almacenamiento.

Esta conexión se facilita debido a que la unidad será instalada sobre el cuarto de la bomba que distribuye el agua a la empresa en cuestión, y por la parte del techo sale un tubo de distribución, del cual puede adaptarse la conexión requerida.

Consideraciones:

- 1- A la entrada del tanque de almacenamiento se debe conectar una válvula de paso, para alimentar de agua a la unidad.
- 2- La válvula debe colocarse en un lugar seguro donde pueda fácilmente controlar el flujo, abrir y cerrar.
- 3- En este diseño el acceso para la alimentación de agua será por la parte derecha de la cara frontal (bajo el ducto de descarga).
- 4- Se debe instalar la válvula de flotador en el tanque de almacenamiento para controlar el nivel de agua.
- 5- El tanque de almacenamiento debe contar con un sistema de drenado, para aplicar mantenimiento al tanque.
- 6- En este diseño la salida de agua será por gravedad, colocándose en la parte izquierda de la cara frontal, casi al ras de la tina, para desembocar en un registro de piso (bajo el ducto de descarga).
- 7- Todas las conexiones de alimentación de agua deben cumplir con los reglamentos locales de construcción y seguridad, y deben ser realizados solo por personal calificado.

V.3 INSTALACIÓN DE DUCTO

Una vez que la unidad a sido instalada se procede a colocar el ducto que conducirá el aire hasta el punto requerido del local, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1- Para que el ducto se instale al interior del local es necesario abrir un espacio en el muro Oeste.
- 2- Conectar la reducción a la unidad.

- 3- Conectar el tramo de ducto necesario para salir de la reducción y entrar al local.
- 4- Fijar el soporte a la estructura del techo por medio de tirantes soldados, después de nivelar la altura requerida.
- 5- Verificar que la dirección del ducto sea al punto de inyección que se consideró en el proyecto.
- 6- Proceder a colocar el resto del ducto, utilizando las grapas fabricadas.
- 7- Seguir las normas de seguridad durante el proceso de la instalación del ducto, asegurándose de fijar correctamente los andamios a piso.
- 8- Fijar el difusor al ducto, verificando que la inyección de aire sea correcta.
- 9- Proteger el ducto con un aislante para favorecer la temperatura del aire entregado. Se usará impermeabilizante comercial, para sellar las uniones con grapas, de los tramos de ducto.
- 10- Finalmente se dará un acabado en donde se requiera con pintura laca gris.
- 11- Sellar cuidadosamente las áreas de unión del ducto con la unidad, utilizando un compuesto silico, poliuretano o cinta industrial.
- 12- Resanar y rellenar perfectamente los límites entre ducto y pared (interior y exterior) para prevenir fugas de aire o entrada de agua de lluvia al interior del local.

V.4 PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA.

Antes de poner en marcha la unidad ya terminada, se recomienda realizar las siguientes pruebas de funcionamiento:

- 1- Que el gabinete de la unidad este bien nivelado.
- 2- La turbina gire libremente.
- 3- Amperaje total de la unidad de acuerdo a especificaciones
- 4- Conexiones eléctricas terminadas, identificadas y seguras incluyendo la conexión a tierra.
- 5- El impulsor de la bomba gira libremente.
- 6- Sistema de distribución de agua firme y sin fugas.
- 7- Cubierta de la bomba y tapa del impulsor completamente sellados.
- 8- Tensión de la banda (A una tensión manual de $\frac{3}{4}$ ”).
- 9- Poleas debidamente alineadas.
- 10- Flotador corta automáticamente el nivel de agua recomendado.

- 11- Correcto arranque de la bomba.
- 12- Turbina, flecha y opresores de las poleas debidamente apretados.
- 13- Chumaceras de eje de turbina lubricadas a tope (aceite tipo SAE 20/30 W)

V.5 PUESTA EN MARCHA

Una vez que se ha corroborado que la unidad se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento, se procede a dar la indicación de arranque de la unidad.

Se recomienda observar su funcionamiento y verificar que:

- 1- Satisface las condiciones de confort requeridas en el interior del local (temperatura y humedad).
- 2- El aire insuflado se distribuye en el área requerida.
- 3- La velocidad de salida del aire sea apropiada.
- 4- El nivel de ruido este dentro de los límites aceptables.

Si la unidad satisface los requerimientos para los que fue diseñada, solo resta darle el uso adecuado y aplicar el mantenimiento preventivo periódicamente.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE COSTOS

Para concluir este trabajo, se da una estimación aproximada del costo de la Unidad Lavadora de Aire.

VI.1 EQUIPO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	VENTILADOR CENTRÍFUGO (TURBINA) Aspas inclinadas hacia atrás, 20" de diámetro,	6150.00
1	MOTOR, 2 HP, 220V	1375.00
2	POLEAS 3.6" de diámetro exterior y 1" diámetro interior.	130.00
1	BANDA DE TRANSMISION Tipo B, Sección A de 60"	45.00
2	CHUMACERAS Para flecha de 1"	180.00
1	BOMBA SUMERGIBLE 1/8 HP	450.00
1	ARRANCADOR 2 HP, con sus elementos.	680.00
1	VÁLVULA DE FLOTADOR	180.00
1	LLAVE DE CUADRO SOLDABLE 1/2"	70.00
18	ASPERSORES Modelo QJJ-QH-SS 6SQ	2659.00
18	CONECTOR DE ABRAZADERA P/ tubo de 1/2"	599.00
	SUBTOTAL	\$ 12,518.00

VI.2 MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
3	LÁMINA GALVANIZADA Calibre 18, (4x10pies)	780.00
10	ÁNGULO 1 1/2" x 3/16 Tramo de 6.10m,	680.00
15	LÁMINA GALVANIZADA Calibre 24 (4x10 pies)	3332.00
1	BARRA DE ACERO COOL ROLED 1" Diámetro x 1.2 m	25.00
50	TORNILLOS Cabeza hexagonal, con tuerca y rondanas 1/4" x 1"	50.00
100	PIJAS CABEZA DE GOTA # 10, para desarmador plano piezas	50.00
1	SOLERA 1/8" x 1/2" x 6 m	58.00
1	TUBO DE COBRE 1/2" x 6 m	160.00
6	CODOS DE COBRE 90° de 1/2"	12.00
3	LIJA PARA PLOMERO Metros	15.00
1	CHALUPA	5.00
1	PRIMER Una cubeta	452.00
1	PINTURA LACA GRIS Una cubeta	637.00
4 KG	SOLDADURA 60:13 de 1/8"	52.00
1	SELLADOR Una cubeta	182.00

1	REMACHES POP 1/8" x 1/4" Caja	70.00
12	TRAMOS DE MADERA DE PINO 2.20 x 0.0015 m	225.00
1	CABLE CALIBRE TWA #10 Rollo	145.00
2	TRAMOS DE TUBO CONDUIT PARED GRUESA DE 3/4"	75.00
4	CAJAS OVALADAS FP DE 3/4	72.00
1	CHALUPA	5.00
SUBTOTAL		\$ 7082.00

VI.3 MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	PROCESO	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	PERSONAS (No.)	COSTO HORA - HOMBRE (\$) SALARIO SEMANAL (\$) / JORNADA SEMANAL(HRS.)	SUB-TOTAL (\$)
ESTRUCTURA DE GABINETE	CORTE.	2	1	8.75	17.50
	SOLDADURA.	3	2	16.25	97.50
TANQUE COLECTOR	CORTE.	1	1	8.75	8.75
	DOBLEZ.	1	1	18.75	18.75
	SOLDADURA.	1	2	16.25	32.50
ENSAMBLE DE TANQUE	ENSAMBLE.	2	1	16.25	32.50
CUBIERTA DE VENTILADOR	CORTE.	2	1	8.75	17.50
	DOBLEZ Y ROLADO.	3	2	18.75	112.50
	SOLDADURA.	3	2	16.25	97.50
BASE MOTRIZ	CORTE.	1	1	8.75	8.75
	SOLDADURA.	2	1	16.25	32.50
ROCIADORES	CORTE.	2	1	8.75	17.50
	SOLDADURA Y ENSAMBLE.	3	2	16.25	97.50
PANEL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	CORTE.	3	2	8.25	49.50
	ENSAMBLE.	10	2	16.25	325.00
TAPAS CON PERSIANA	CORTE.	3	2	8.75	52.50
	DOBLEZ.	2	1	18.75	37.50
	ENSAMBLE.	6	2	16.25	195.00
TAPAS FRONTAL Y SUPERIOR	CORTE	2	1	8.75	17.50
	DOBLEZ.	4	2	18.75	150.00

REDUCCIÓN	CORTE DOBLEZ. ENGARGOLADO.	1	1	8.75	8.75
		2	2	18.75	18.75
DUCTO	CORTE. DOBLEZ, DIAMANTADO Y ENGARGOLADO	10	1	8.75	87.50
		32	2	18.75	1200.00
SOPORTE PARA DUCTO	CORTE. SOLDADURA.	1	1	8.75	8.75
		3	2	16.25	97.50
DIFUSOR	CORTE. DOBLEZ. ENSAMBLE.	1	1	8.75	8.75
		1	1	18.75	18.75
		4	2	16.25	130.00
LOTE DE ACABADO	ESMALTE SOBRE PRIMARIO	8	2	13.75	220.00
INSTALACIÓN MECÁNICA	INSTALACIÓN	12	4	25.00	1200.00
INSTALACION ELECTRICA, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	INSTALACIÓN	6	2	30.00	360.00

SUB-TOTAL \$4852.00

VI.4 COSTO ESTIMADO

El estimado, se realizó en el mes de Octubre del año 2000, por lo que puede haber variaciones en los costos correspondientes.

CONCEPTO	SUBTOTAL
EQUIPO	\$ 12,518.00
MATERIAL	\$ 7082.00
MANO DE OBRA	\$ 4852.00
TOTAL	\$ 24,452.00

COSTO ESTIMADO = \$ 24,500.00

Esta inversión, es recomendable ya que con ella se obtendrán grandes beneficios que mejorarán el rendimiento del personal y por lo tanto la producción de la empresa.

Para este caso, el que se cuente con la infraestructura necesaria para fabricar la unidad, disminuye de manera muy considerable el costo de este proyecto.

CONCLUSIONES

Después de desarrollar este trabajo puedo concluir lo siguiente:

- La selección de una Unidad Lavadora de Aire satisface correctamente la necesidad de modificar las condiciones ambientales planteadas al inicio de este trabajo.
- Es conveniente para la empresa instalar la unidad lavadora de aire, ya que se requiere de una inversión inicial y un bajo costo de mantenimiento.
- Para diseñar un sistema de Aire Acondicionado, es necesario tener conocimientos básicos de termodinámica, psicrométrica, manejo de tablas de cálculo y selección de equipo. Además de la habilidad para relacionar la información anterior.
- La mayoría de las tablas empleadas han sido determinadas en base a la experiencia de profesionistas dedicados al estudio del acondicionamiento del aire, por lo que considero necesario un análisis constante de las mismas, ya que en la actualidad las condiciones ambientales han sufrido grandes cambios.
- Al seleccionar un sistema de aire acondicionado se debe tomar en cuenta no solo la funcionalidad sino también se debe considerar la economía.
- Para lograr que un sistema de Aire Acondicionado funcione en optimas condiciones, es necesario aplicar periódicamente el mantenimiento preventivo requerido.
- Hoy en día, el estudio del Aire Acondicionado es de gran importancia, en todos sus niveles y requiere de personal calificado que cubra las demandas de la sociedad. Por lo que considero de gran importancia que la UNAM brinde la formación necesaria en los estudiantes de esta área.

ANEXO

TABLA I
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE DISEÑO

ESTADO	SITUACION			VERANO			INVIERNO	
	LATITUD	ALTURA S.N.M.	PRESION BAROMETRICA	TEMP. MAX. EXT.	TEMP. DE CALCULO		TEMP. MIN. EXT.	TEMP. DE CALCULO
	N	M	MM HG	°C	DS	8M	°C	°C
DURANGO								
Durango	24° 01'	1898	610	35.6	33	17	- 5.0	0
Ciudad Lerdo	25° 30'	1140	667	39.0	36	21	- 4.2	+ 1
GUANAJUATO								
Celaya	20° 32'	1754	610	41.5	34	20	- 4.5	0
Guanajuato	21° 01'	2037	601	33.8	32	18	+ 0.1	+ 5
León	21° 07'	1809	617	36.5	34	20	- 2.5	+ 2
Salvatierra	20° 13'	1761	620	38.0	35	19	- 2.0	+ 3
GUERRERO								
Acapulco	16° 50'	3	760	35.8	33	27	+ 15.8	+ 19
Ciudad Brava	17° 33'	1250	658	35.2	33	23	+ 5.0	- 9
Chilpancingo	18° 33'	1755	621	36.5	34	20	- 8.0	+ 12
Taxco								
HIDALGO								
Octopan	20° 08'	2415	573	31.4	29	18	- 5.8	- 1
Tulacingo	20° 05'	2181	590	34.7	32	19	- 5.8	- 1
JALISCO								
Guadalejora	20° 41'	1389	633	36.0	33	20	- 3.7	+ 1
Lagos	21° 22'	1680	612	43.2	39	20	- 3.2	+ 2
Fuente Vallarta	20° 37'	2	740	39.0	36	26	+ 11.0	+ 14
MEXICO								
Texcoco	19° 31'	2216	588	34.0	32	19	- 6.0	+ 1
Toluca	19° 17'	2675	557	26.8	26	17	- 3.0	+ 2
MICHOACAN								
Apetzingan	19° 05'	682	705	43.0	39	25	+ 11.5	+ 13
Moralla	19° 42'	1923	609	31.3	30	19	+ 1.6	+ 6
Zamora	19° 59'	1635	630	37.5	35	20	- 0.2	+ 4
Zacapu	19° 45'	2000	603	34.8	32	19	- 6.0	- 1

TABLA 2

kcal/h x (m² de abertura)

20°

20°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época			
21 Junio	N	76	111	90	48	51	46	40	46	51	67	90	111	75	S	22 Diciembre			
	NE	219	417	390	330	225	103	40	38	38	38	32	24	8	SE				
	E	401	434	387	260	111	38	38	38	38	32	24	8	E					
	SE	75	168	199	179	119	57	38	38	38	38	32	24	8	NE				
S	8	24	33	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	N					
SO	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	NO					
O	8	24	32	38	38	38	38	111	260	387	434	401	230	O					
NO	8	24	32	38	38	38	38	40	103	225	390	417	230	SO					
Horizontal	30	162	328	477	585	629	678	629	585	477	328	162	30	Horizontal					
22 Julio Y 21 Mayo	N	54	73	62	46	40	38	38	38	40	146	62	75	54	S		21 Enero Y 21 Noviembre		
	NE	192	358	374	301	190	84	38	38	38	35	32	21	8	SE				
	E	203	401	442	393	268	124	38	38	38	35	32	21	8	E				
	SE	84	189	230	214	154	78	38	38	38	35	32	21	8	NE				
S	8	21	32	35	38	38	38	38	38	38	35	32	21	8	N				
SO	8	21	32	35	38	38	38	38	38	154	214	230	189	84	NO				
O	8	21	32	35	38	38	38	124	268	393	442	401	203	O					
NO	8	21	32	35	38	38	38	84	196	301	374	358	192	SO					
Horizontal	8	149	320	474	585	650	680	650	585	474	320	149	8	Horizontal					
24 Agosto Y 20 Abril	N	16	27	29	35	38	38	38	38	38	35	29	17	16	S	20 Febrero Y 23 Octubre			
	NE	122	301	320	241	135	48	38	38	38	35	29	17	5	SE				
	E	143	385	447	404	287	138	38	38	38	35	29	19	5	E				
	SE	78	241	306	282	245	149	54	38	38	35	29	19	5	NE				
S	5	19	29	38	38	38	38	65	54	38	29	19	5	N					
SO	5	19	29	35	38	38	38	54	149	245	306	241	78	NO					
O	5	19	29	35	38	38	38	138	247	404	447	385	143	O					
NO	5	19	29	35	38	38	38	48	135	241	320	301	122	SO					
Horizontal	13	130	290	452	569	637	649	637	569	452	290	130	13	Horizontal					
22 Septiembre Y 22 Marzo	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	S		22 Marzo Y 22 Septiembre		
	NE	0	225	225	160	59	38	38	38	38	35	29	16	0	SE				
	E	0	352	442	404	282	122	38	38	38	35	29	16	0	E				
	SE	0	268	348	379	325	227	111	40	38	35	29	16	0	NE				
S	0	21	59	103	141	170	176	172	141	103	59	21	0	N					
SO	0	16	29	35	38	40	111	227	325	379	348	268	0	NO					
O	0	16	29	35	38	38	38	122	282	404	442	352	0	O					
NO	0	16	29	35	38	38	38	38	59	160	225	225	0	SO					
Horizontal	0	81	252	414	537	610	631	610	537	414	252	81	0	Horizontal					
23 Octubre Y 20 Febrero	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S	20 Abril Y 24 Agosto			
	NE	0	119	141	78	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE				
	E	0	268	378	382	271	132	38	38	35	32	24	10	0	E				
	SE	0	246	396	433	404	322	200	75	35	32	24	10	0	NE				
S	0	57	135	206	252	287	301	287	252	206	135	57	0	N					
SO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	NO				
O	0	10	24	32	35	38	38	132	271	382	378	268	0	O					
NO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SO					
Horizontal	0	48	184	344	443	531	564	531	443	344	184	48	0	Horizontal					
21 Noviembre Y 21 Enero	N	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	S		21 Mayo Y 23 Julio		
	NE	0	65	79	38	35	35	35	35	35	29	21	8	0	SE				
	E	0	192	347	344	246	116	35	35	35	29	21	8	0	E				
	SE	0	198	390	444	428	346	244	124	43	29	21	8	0	NE				
S	0	67	167	277	333	348	382	348	333	277	167	67	0	N					
SO	0	8	21	29	35	42	124	244	346	428	444	390	198	0	NO				
O	0	8	21	29	35	35	35	116	244	344	347	192	0	O					
NO	0	8	21	29	35	35	35	35	35	38	79	65	0	SO					
Horizontal	0	13	130	273	396	466	488	466	396	273	130	13	0	Horizontal					
22 Diciembre	N	0	5	19	29	32	35	35	35	32	29	19	5	0	S	21 Junio			
	NE	0	38	48	32	32	35	35	35	32	29	19	5	0	SE				
	E	0	151	320	328	230	92	35	35	35	32	29	19	5	0			E	
	SE	0	160	377	432	431	363	263	163	54	29	19	5	0	NE				
S	0	67	200	301	358	396	382	396	358	301	200	67	0	N					
SO	0	5	19	29	34	163	263	363	431	432	377	160	0	NO					
O	0	5	19	29	32	35	35	92	230	328	320	151	0	O					
NO	0	5	19	29	32	35	35	35	32	32	29	19	5	0	SO				
Horizontal	0	18	97	249	366	436	461	436	366	249	97	18	0	Horizontal					
Correcciones	Marco metálico o ningún marco x 1/0,85 ó 1,17	Defecto de limpieza 15% máx.			Altitud + 0,7% por 300 m			Punto de rocío superior a 19,5°C - 14% por 10°C			Punto de rocío superior a 19,5°C + 14% por 10°C			Latitud sur Dic. o enero + 7%					

Valores subrayados-máximos mensuales

Valores encuadrados-máximos anuales

TABLA 3
FACTORES DE GANANCIA POR TRANSMISION

CONCEPTOS	PARA ENFRIAMIENTO			PARA CALEFACCION		
VENTANAS:						
Con vidrio sencillo	1.13			1.13		
Con vidrio doble	0.50			0.50		
MUROS:						
Expuesto al sol	0.43			0.43		
Muros sombreados	0.36			0.36		
DIVISIONES INTERIORES	0.40			0.40		
TECHOS CON FALSO PLAFON	0.48			0.48		
PISOS:						
Con local abajo	0.48			0.48		
Con solano abajo	0.40			0.40		
Sobre el terreno	0.00			0.00		
TECHOS:	SIN PLAFON	CON PLAFON	CON DESVAN	SIN PLAFON	CON PLAFON	CON DESVAN
De concreto sin aislante	1.20	1.07	0.93	0.60	0.35	0.30
Construcción ligera sin aislamiento	1.87	1.60	1.33	0.80	0.40	0.35
Con aislamiento	0.80	0.67	0.67	0.15	0.13	0.13

TABLA 4
GANANCIA DE CALOR DEBIDA A PERSONAS

GARDO DE ACTIVIDAD	APLICACIÓN TÍPICA	CALOR TOTAL ADULTO		CALOR TOTAL AJUSTADO		CALOR SENSIBLE		CALOR LATENTE	
		BTU/Hr	Kcal/Hr	BTU/Hr	Kcal/Hr	BTU/Hr	Kcal/Hr	BTU/Hr	Kcal/Hr
SENTADOS DESCANSANDO	CINE- MATINEE CINE-TARDE	390	98	330	84	180	46	150	38
		391	98	350	88	195	49	155	39
SENTADOS TRABAJO LIGERO	OFICINAS, HOTELES, DEPARTAMEN TOS	450	113	400	100	195	49	205	82
ACTIVIDAD MODERADA TRABAJO DE OFICINA	OFICINAS, HOTELES, DEPARTAMEN TOS	475	120	450	120	200	50	250	63
PARADAS, TRABAJO LIGERO, CAMINANDO POCO	TIENDAS, ALMACENES, SUPERMERCAS DOS	550	139	450	113	200	50	250	63
CAMINANDO, SENTADAS PARADAS, CAMINANDO POCO	FARMACIAS BANCOS	550	139	500	126	200	50	300	76
TRABAJANDO POCO	RESTAURANT	490	123	550	139	220	55	330	84
TRABAJANDO SENTADAS	FABRICA	800	202	750	189	230	58	530	134
BAILANDO MODERADA- MENTE	SALON DE BAILE	900	227	850	214	245	61	605	152
CAMINANDO 5 Km/hr TRABAJANDO LIGERO- PESADO	FABRICA	1000	252	1000	252	300	76	700	176

		1000	250	1000	252	300	76	700	176
JUGANDO BOLICHE	BOLICHE								
		1500	378	1450	365	465	117	985	248
TRABAJO PESADO	FABRICAS	1500	378	1450	365	465	117	985	248

CALOR PRODUCIDO POR DIVERSAS FUENTES			
APLICACION	kcal/h		
	Sensible	Latente	total
<i>Equipo eléctrico</i>			
Aparatos eléctricos, por kW	—	—	860
Horno eléctrico, servicios de cocina, por kW	690	170	860
Tostadores y parrillas, por kW	770	90	860
Mesa caliente, por m ²	800	2170	2970
Cafeteras, por litro	40	40	80
Motores, por HP	645	—	645
<i>Equipo de gas</i>			
Gas artificial, por m ³ /h	4050	450	4500
Gas natural, por m ³ /h	8000	900	8900
Mechero de Bunsen, tamaño grande, gas artificial	—	—	750
Mechero de Bunsen, tamaño grande, gas natural	—	—	1260
Mechero de Bunsen, tamaño pequeño, gas artificial	—	—	450
Mechero de Bunsen, tamaño pequeño, gas natural	—	—	750
Horno de gas (cocina), gas artificial, por m ³ /h	3000	1500	4500
Horno de gas (cocina), gas natural, por m ³ /h	6000	2900	8900
Mesa caliente, por m ²	1100	2500	3600
Cafetería, por litro	35	35	70
<i>Equipo de vapor</i>			
Superficies calentadas, sin pulir, por m ²	900	0	900
Superficies calentadas, pulidas, por m ²	350	0	350
Superficies con aislamiento, por m ²	220	0	220
Tuberías, sin pulir, por m ²	1080	0	1080
Tuberías, pulidas, por m ²	600	0	600
Tuberías, con aislamiento, por m ²	300	0	300
<i>Diversos</i>			
Alimentos, por persona (restaurantes)	8	8	16

TABLA 6

VELOCIDADES RECOMENDADAS DEL AIRE EN m/min						
DESIGNACIÓN	PREFERIBLES			MÁXIMAS		
	Residencias	m/min Escuelas teatros y edif. Públicos	Edificios industriales	Residencias	m/min Escuelas, teatros y edif. Públicos	Edificios industriales
Toma de aire exterior 1	210 80	250 90	300 110	250 90	270 110	370 110
Filtros	140	150	180	150	180	210
Serpentines (1) (2)	150	150	150	150	150	150
Aspiración del ventilador	110	250	300	280	300	430
Descarga del ventilador	300 a 500	400 a 600	500 a 750	520	650	850
Conductos principales	200 a 280	300 a 400	350 a 550	300	430	600
Ramales horizontales	180	180 a 270	240 a 300	210	300	370
Ramales verticales	150	180 a 210	250	200	280	300

**TABLA 7
INFILTRACIÓN**

TIPO DE LOCAL O EDIFICIO	CAMBIOS DE AIRE POR HORA			
	VERANO		INVIERNO	
	CIERRE ORDINARIO	CIERRE HERMÉTICO	CIERRE ORDINARIO	CIERRE HERMÉTICO
SIN VENTANAS O SIN PUERTAS EXTERIORES	0.30	0.15	0.50	0.25
PASILLOS DE ENTRADA	1.20 - 1.80	0.60 - 0.90	2.00 - 3.00	1.00 - 1.50
RECEPCIÓN	1.20	0.60	2.00	1.00
BAÑOS	1.20	0.60	2.00	1.00
INFILTRACION A TRAVÉS DE VENTANAS				
CUARTOS, 1 LADO EXPUESTO	0.60	0.30	1.00	0.50
CUARTOS, 2 LADOS EXPUESTOS	0.90	0.45	1.50	0.75
CUARTOS, 3 LADOS EXPUESTOS	1.20	0.60	2.00	1.00
CUARTOS, 4 LADOS EXPUESTOS	1.20	0.60	2.00	1.00

LA CANTIDAD DE AIRE SE PUEDE CALCULAR EN LA SIGUIENTE FORMA:

$$H \times L \times W \times AC / 60 = PCM \text{ (m}^3\text{/min)}$$

En donde:

H = Altura del local en pies (metros).

L = Largo del local en pies (metros).

W = Ancho del local en pies (metros).

AC = Cambios de aire por hora

NOTA: LA INFILTRACIÓN TOTAL PARA UN EDIFICIO COMPLETO SERÁ APROXIMADAMENTE EL 50% DE LA SUMA DE LA INFILTRACIÓN DE CADA CUARTO O LOCAL INDIVIDUALMENT

TABLA 7 (CONT.)

INFILTRACIÓN A TRAVÉS DE PUERTAS

POR CADA PERSONA QUE PASA A TRAVÉS DE PUERTAS QUE DAN AL EXTERIOR A UN LOCAL NO ACONDICIONADO AGREGUE LAS SIGUIENTES CANTIDADES A LA INFILTRACIÓN A TRAVÉS DE VENTANAS DURANTE EL VERANO.

USO	PIE ³ / MIN	M ³ / MIN
POCO FRECUENTE	60	1.70
REGULAR	50	1.42
USO MUY FRECUENTE	40	1.13
PUERTAS GIRATORIAS	100	2.83

ESTOS VALORES SON CONSIDERANDO QUE NO EXISTE PRESIÓN DEBIDA AL VIENTO Y QUE LAS PUERTAS GIRATORIAS EN USO ESTÁN EN UNA PARED SOLAMENTE.

TABLA 8

FORMA DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA			
1- CONDICIONES DE DISEÑO	Tbs °C	Tbh °C	w g/Kg
Exteriores			
Interiores			
Diferencia			
CONCEPTOS	CARGA DE ENFRIAMIENTO KCal/Hr		
	SENSIBLE	LATENTE	SUB-TOTAL LATENTE + SENSIBLE
2- GANANCIA DE CALOR SENSIBLE EN VIDRIOS (TABLA 2) Metros cuadrados X Factor			
3- GANANCIA POR TRANSMISIÓN (TABLA 3) Metros cuadrados X Factor X Dif.Temp. Paredes Techo Piso			
4- GANANCIA DE CALOR INTERNO, PERSONAS Y ALUMBRADO (TABLA 4) Cantidad Factor Factor Sensible Latente Personas X Personas X Watts X Factor Alumbrado X			
5- OTRAS GANANCIAS DE CALOR INTERNO (TABLA 5) HP Motores X 856			
6- VENTILACIÓN e INFILTRACIÓN DE AIRE (TABLAS 6 Y 7) Metros cúbicos X Diferencia de X 0.29 Por hora Temperaturas Metros cúbicos X Diferencia de X 0.71 Por hora humedad esp.			
7- CARGA TOTAL SENSIBLE Y LATENTE			
8- CARGA TOTAL			

TABLA 9

**CALIBRES DE LAMINA GALVANIZADA
RECOMENDADOS PARA LA FABRICACION DE DUCTOS**

CALIBRE	DUCTO CIRCULAR DIÁMETRO EN cm	DUCTO RECTANGULAR LADO MAYOR EN cm
26	Hasta 45	Hasta 30
24	Hasta 100	Hasta 100
22	Hasta 150	Hasta 150
20	Hasta 240	Hasta 240
18	Hasta 375	Hasta 375

TABLA 10
RELACION DE FORMA

CLASE DEL DUCTO	DIMENSION MAYOR(CM)	SEMIPERIMETRO(CM)
1	15-45	25-60
2	30-60	60-120
3	65-100	80-120
4	60-225	120-240
5	120-230	240-450
6	230-370	240-610
CLASE DEL DUCTO	DIMENSION MAYOR (PULG.)	SEMIPERIMETRO (PULG.)
1	6-17 1/2	10-23
2	12-24	24-46
3	26-40	32-46
4	24-88	48-94
5	48-90	96-176
6	90-144	96-238

TABLA 11
ROZAMIENTO EN LOS ELEMENTOS DE DUCTOS RECTANGULARES

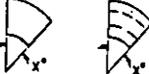
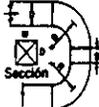
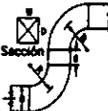
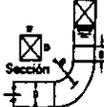
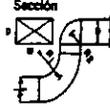
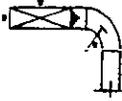
ELEMENTO	CONDICIONES	RELACION L/D **																																									
<p>Codo de radio de sección rectangular</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">W/D</th> <th colspan="5">R/D</th> </tr> <tr> <th>0,5</th> <th>0,75</th> <th>1,00</th> <th>1,25 *</th> <th>1,50</th> </tr> <tr> <th colspan="6">Relación L/D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,5</td> <td>33</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>45</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80</td> <td>30</td> <td>14</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>125</td> <td>40</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	W/D	R/D					0,5	0,75	1,00	1,25 *	1,50	Relación L/D						0,5	33	14	9	5	4	1	45	18	11	7	4	3	80	30	14	8	5	6	125	40	18	12	7	
W/D	R/D																																										
	0,5	0,75	1,00	1,25 *	1,50																																						
Relación L/D																																											
0,5	33	14	9	5	4																																						
1	45	18	11	7	4																																						
3	80	30	14	8	5																																						
6	125	40	18	12	7																																						
<p>Codo de radio de sección rectangular con guías</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Número de guías</th> <th colspan="4">R/D</th> </tr> <tr> <th>0,60</th> <th>0,75</th> <th>1,00</th> <th>1,50</th> </tr> <tr> <th colspan="5">Relación L/D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Número de guías	R/D				0,60	0,75	1,00	1,50	Relación L/D					1	18	10	8	7	2	12	8	7	7	3	10	7	7	6													
Número de guías	R/D																																										
	0,60	0,75	1,00	1,50																																							
Relación L/D																																											
1	18	10	8	7																																							
2	12	8	7	7																																							
3	10	7	7	6																																							
<p>Codo de X°</p> 	<p>Codo de radio con o sin guías</p>	<p>X/90 multiplicado por el valor correspondiente a codo análogo de 90°</p>																																									
<p>Codo recto rectangular</p> 	<p>Sin guías</p> <p>Guías de cambio de dirección de simple espesor</p> <p>Guías de cambio de dirección de doble espesor</p>	<p>60</p> <p>15</p> <p>10</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 1, R/D = 1,25 *</p>	<p>S = O</p> <p>S = D</p>	<p>19</p> <p>10</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 1, R/D = 1,25 *</p>	<p>S = O</p> <p>S = D</p>	<p>20</p> <p>22</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 1, R/D = 1,25 * para ambos</p>	<p>S = O</p> <p>S = D</p>	<p>15</p> <p>16</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 2, R₁/D = 1,25 *, R₂/D = 0,5</p>	<p>Dirección de la flecha</p> <p>Dirección inversa</p>	<p>45</p> <p>40</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 4, R/D = 1,25 * para ambos codos</p>	<p>Dirección de la flecha</p> <p>Dirección inversa</p>	<p>17</p> <p>18</p>																																									

TABLA 11 (CONT.)

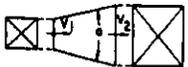
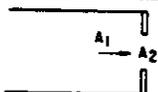
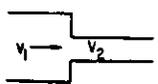
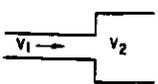
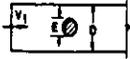
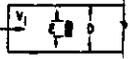
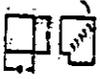
ELEMENTO	CONDICIONES	VALOR DE n ***																												
Transformación 	$V_1 = V_2$ Pérdida p. e. = nhv_1	0.04																												
Expansión 	$n = 0$ Ángulo α en ° <table border="1" data-bbox="582 327 976 428"> <thead> <tr> <th>v_2/v_1</th> <th>5°</th> <th>10°</th> <th>15°</th> <th>20°</th> <th>30°</th> <th>40°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.20</td> <td>0.26</td> <td>0.22</td> <td>0.20</td> <td>0.18</td> <td>0.18</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>0.40</td> <td>0.27</td> <td>0.25</td> <td>0.23</td> <td>0.22</td> <td>0.20</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>0.60</td> <td>0.28</td> <td>0.26</td> <td>0.25</td> <td>0.24</td> <td>0.24</td> <td>0.23</td> </tr> </tbody> </table>	v_2/v_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°	0.20	0.26	0.22	0.20	0.18	0.18	0.13	0.40	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.60	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	
v_2/v_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°																								
0.20	0.26	0.22	0.20	0.18	0.18	0.13																								
0.40	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19																								
0.60	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23																								
Contracción 	Ganancia p. e. = $n(hv_1 - hv_2)$ <table border="1" data-bbox="617 462 923 520"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>30°</th> <th>45°</th> <th>60°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.311 ****</td> <td>0.317</td> <td>0.326</td> </tr> </tbody> </table> Pérdida p. e. = $n(hv_1 - hv_2)$ **** Pendiente 25 %	α	30°	45°	60°	n	0.311 ****	0.317	0.326																					
α	30°	45°	60°																											
n	0.311 ****	0.317	0.326																											
Entrada abrupta 	Pérdida p. e. = nhv_1	0.10																												
Entrada suave 		0.009																												
Salida abrupta 	Pérdida p. e. o ganancia consideradas nulas																													
Salida suave 																														
Entrada reentrante 	Pérdida p. e. = nhv_1	0.25																												
Orificio redondo de borde agudo 	<table border="1" data-bbox="582 882 958 940"> <thead> <tr> <th>A_1/A_2</th> <th>0</th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.00</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.76</td> <td>0.70</td> <td>0.57</td> <td>0.33</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	A_1/A_2	0	0.25	0.50	0.75	1.00	n	0.76	0.70	0.57	0.33	0																	
A_1/A_2	0	0.25	0.50	0.75	1.00																									
n	0.76	0.70	0.57	0.33	0																									
Contracción abrupta 	<table border="1" data-bbox="599 999 923 1050"> <thead> <tr> <th>v_1/v_2</th> <th>0</th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.40</td> <td>0.37</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> </tbody> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	v_1/v_2	0	0.25	0.50	0.75	n	0.40	0.37	0.29	0.15																			
v_1/v_2	0	0.25	0.50	0.75																										
n	0.40	0.37	0.29	0.15																										
Expansión abrupta 	<table border="1" data-bbox="605 1117 905 1167"> <thead> <tr> <th>v_2/v_1</th> <th>0.20</th> <th>0.40</th> <th>0.60</th> <th>0.80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.09</td> <td>0.14</td> <td>0.14</td> <td>0.09</td> </tr> </tbody> </table> Ganancia p. e. = nhv_1	v_2/v_1	0.20	0.40	0.60	0.80	n	0.09	0.14	0.14	0.09																			
v_2/v_1	0.20	0.40	0.60	0.80																										
n	0.09	0.14	0.14	0.09																										
Tubaría que atraviesa el conducto 	<table border="1" data-bbox="623 1234 882 1285"> <thead> <tr> <th>E/D</th> <th>0.10</th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.08</td> <td>0.16</td> <td>0.60</td> </tr> </tbody> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.08	0.16	0.60																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.08	0.16	0.60																											
Barra que atraviesa el conducto 	<table border="1" data-bbox="617 1352 887 1402"> <thead> <tr> <th>E/D</th> <th>0.10</th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.21</td> <td>0.42</td> <td>1.21</td> </tr> </tbody> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.21	0.42	1.21																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.21	0.42	1.21																											
Alivio sobre la obstrucción 	<table border="1" data-bbox="617 1470 887 1520"> <thead> <tr> <th>E/D</th> <th>0.10</th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>0.02</td> <td>0.07</td> <td>0.27</td> </tr> </tbody> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.02	0.07	0.27																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.02	0.07	0.27																											

TABLA 12

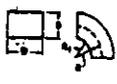
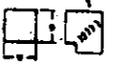
ROZAMIENTO EN CODOS RECTANGULARES

DIMENSIONES DEL CONDUCTO (cm)	CODO DE RADIO SIN GUÍAS 	CODO DE RADIO CON GUÍAS ***		CODOS CUADRADOS ***	
					
W D	Relación de radio ** R/D = 1,25	R ₁ = 150 mm (Recomendado)	R ₁ = 75 mm (Aceptable)	Guías cambio dirección Doble espesor	Guías cambio dirección Simple espesor

LONGITUD ADICIONAL EQUIVALENTE DE CONDUCTO RECTO (METROS)

D	W	CODO DE RADIO SIN GUÍAS	CODO DE RADIO CON GUÍAS ***		CODOS CUADRADOS ***	
			R ₁ = 150 mm (Recomendado)	R ₁ = 75 mm (Aceptable)	Guías cambio dirección Doble espesor	Guías cambio dirección Simple espesor
240	120	9,22	13,40	12,80	11,80	17,70
	90	7,38	10,82	9,22	8,85	13,40
	75	6,51	9,22	11	7,30	10,95
	60	5,65	9,84	8,36	5,90	8,85
	50	4,87	8,23	7,30	5	7,30
180	120	8,25	13,04	11,92	10,45	17,70
	90	6,90	9,80	8,85	8,56	13,40
	75	6,20	8,40	9,80	7,43	10,95
	60	5,05	8,48	7,31	6,33	8,85
	50	4,42	6,78	5,75	5,31	7,30
	40	3,80	5,30	4,72	4,42	5,95
150	120	8	12,17	11,43	9,74	17,70
	90	6,51	9,10	8,08	8,56	13,40
	75	5,85	7,50	9,20	8,88	10,95
	60	4,77	8,08	7,78	5,98	8,85
	50	4,18	6,44	6,17	5,01	7,30
	40	3,58	4,87	4,47	3,80	5,95
120	240	13,31	10,48	9,96	8,56	17,70
	120	7,87	10,38	8,80	8,88	13,40
	90	5,90	7,87	6,80	6,20	10,95
	75	5,29	6,98	8,40	5,28	8,85
	60	4,42	7,13	6,20	4,48	7,30
	50	4,18	5,85	6,03	3,69	5,95
	40	3,28	4,42	4,18	2,95	4,50
	30	2,62		3,80	2,39	3,68
	25	2,40		3,24	2,08	2,98
	20	2,39		2,67	1,72	2,98
105	180	8,81	8,23	7,87	7,17	15,55
	90	6,90	7,06	6,31	6,58	13,40
	75	6,03	6,30	7,74	5,92	10,95
	60	4,42	6,28	6,84	4,75	8,85
	50	3,87	5,29	4,70	4,18	7,30
	40	3,25	4,11	3,85	3,54	5,95
	30	2,88		3,80	2,68	4,50
	25	2,40		2,99	2,36	3,68
90	180	10,04	8,04	5,89	5,90	13,40
	90	5,80	6,59	6,84	6,28	10,95
	75	4,79	5,70	6,47	4,42	8,85
	60	4,14	5,03	4,42	3,80	7,30
	50	3,53	3,82	3,62	3,25	6,98
	40	2,98		3,58	2,70	4,50
	30	2,70		2,85	2,33	3,68
	25	2,36		2,38	1,72	2,98
80	90	5,00	5,53	5,10	6,09	11,98
	75	4,75	5,45	5,25	5,25	10,95
	60	4,11	5,88	5,00	4,39	8,85
	50	3,54	4,67	4,18	3,68	7,30
	40	2,95	3,52	3,68	3,18	5,95
	30	2,33		3,81	2,33	4,50
	25	2,08		2,98	2,08	3,68
	20	1,72		2,38	1,72	2,98

TABLA 12 (CONT.)

DIMENSIONES DEL CONDUCTO (cm)		CODO DE RADIO SIN GUÍAS	CODO DE RADIO CON GUÍAS ***		CODOS CUADRADOS ***			
								
W	D	Relación de radio ** R/D = 1.25	Rt = 150 mm (Recomendado)	Rt = 75 mm (Aceptable)	Guías cambio dirección Doble espesor	Guías cambio dirección Simple espesor		
LONGITUD ADICIONAL EQUIVALENTE DE CONDUCTO RECTO (METROS)								
			Deflec- tores	Deflec- tores				
70	70	4.40	4.22	2	5.03	2	4.16	
	60	3.84	5.10	1	4.45	2	3.84	10.33
	50	3.54	4.40	1	3.90	2	3.54	8.85
	40	2.95	3.19	1	3.28	2	2.95	7.30
	30	2.33			3.21	1	2.33	5.95
	25	2.08			2.66	1	2.08	4.50
20	1.72			2.38	1	1.72	3.58	
								2.98
60	240*	11.28	5.55	3			6.82	23.83
	180*	9.48	5.13	3			6.25	21.46
	120*	6.56	6.02	2			6.32	18.30
	80	3.74	4.75	1	5.98	3	3.53	8.85
	50	3.28	3.84	1	4.17	2	2.95	7.30
	40	2.91	3.25	1	3.64	2	2.84	5.95
	30	2.33			2.92	2	2.34	4.50
	25	2.06			2.99	1	2.06	3.58
	20	1.75			2.33	1	1.73	2.98
	15	1.47			2.08	1	1.17	2.38
50	200*	9.47	4.88	3			6.55	19.83
	150*	7.75	5.85	2			6.03	17.41
	100*	6.50	4.50	2	4.13	3	4.13	14.57
	50	3.25	3.52	1	2.95	2	2.95	7.30
	40	2.86	2.81	1	2.70	2	2.37	5.95
	30	2.06			2.88	1	2.06	4.50
	25	1.80			2.37	1	1.80	3.58
	20	1.47			2.08	1	1.47	2.98
	15	1.17					1.17	2.38
40	180*	7.72	2.76	3			4.18	14.26
	120*	6.22	3.63	2			3.66	12.87
	80	4.43	3.26	2	3.52	3	3.25	11.24
	40	2.66	2.36	1	2.40	2	2.08	5.95
	30	2.06			2.34	1	1.78	4.50
	25	1.78			1.77	1	1.49	3.58
	15	1.17			1.81	1	1.47	2.98
						1.17	2.38	
30	120*	5.84	2.34	2	2.34	3	2.85	9.84
	90*	4.71	2.10	2	2.10	3	2.67	8.95
	60*	3.25	2.42	1	2.42	2	2.32	7.74
	30	2.06			2.01	1	1.49	4.50
	25	1.78			1.49	1	1.47	3.58
	20	1.47			1.47	1	1.16	2.98
	15	1.16					0.88	2.38
25	100*	5.53	1.79	2	1.88	3	2.33	7.98
	75*	3.81	1.79	2	2.36	2	2.07	7.18
	50*	2.85	2.08	1	1.78	2	1.78	6.25
	25	1.47			1.49	1	1.19	3.58
	20	1.19			1.48	1	1.16	2.98
	15	0.88					0.88	2.38
20	80*	3.82	1.53	2	1.23	3	1.79	6.26
	60*	3.21	1.77	1	1.49	2	1.79	5.65
	40*	2.33	1.15	1	1.47	2	1.47	4.73
	20	1.16			1.17	1	0.88	2.98
	15	0.88					0.88	2.38
15	60*	2.85	1.17	1	1.19	2	1.19	4.45
	40*	2.37	0.88	1	1.15	2	1.17	3.53
	30*	1.72			1.19	1	0.88	3.01
	15	0.88					0.88	2.38

* Dobladuras difíciles como se representa.

Dobladura difícil



Dobladura fácil



** Para otras relaciones de radio, véase tabla 10.

*** Para otras dimensiones, véase tabla 10.

Los deflectores deben estar colocados como muestra el gráfico 6 página 29, para obtener estas mínimas pérdidas.

TABLA 13

DIMENSIONES DE DUCTOS, ÁREA DE LA SECCIÓN Y DIÁMETRO EQUIVALENTE

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	160		200		250		300		350		400		450		500		550	
	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)
250	0,036	213	0,049	249	0,06	287												
300	0,042	231	0,067	272	0,071	302	0,087	333										
350	0,048	249	0,087	292	0,094	328	0,103	361	0,119	389								
400	0,056	264	0,076	309	0,084	348	0,118	384	0,134	414	0,154	445						
450	0,061	280	0,084	328	0,106	368	0,129	407	0,151	439	0,173	470	0,196	501				
500	0,067	292	0,092	343	0,117	394	0,142	427	0,169	460	0,192	496	0,216	526	0,242	556		
550	0,072	306	0,10	363	0,128	404	0,166	447	0,184	489	0,21	518	0,238	551	0,264	582	0,292	612
600	0,078	318	0,107	371	0,138	422	0,186	468	0,196	503	0,229	541	0,257	574	0,296	607	0,318	638
650	0,082	328	0,118	384	0,146	436	0,182	483	0,214	524	0,246	561	0,278	597	0,31	630	0,341	664
700	0,088	336	0,123	396	0,156	450	0,193	498	0,228	541	0,266	582	0,301	620	0,333	656	0,368	689
750	0,093	346	0,13	409	0,168	465	0,206	514	0,244	569	0,282	602	0,32	640	0,36	677	0,392	711
800	0,099	356	0,137	419	0,179	478	0,218	529	0,26	578	0,301	620	0,341	661	0,381	698	0,418	734
850	0,106	368	0,146	432	0,188	490	0,23	544	0,274	592	0,318	637	0,36	678	0,404	719	0,443	758
900	0,109	374	0,153	442	0,198	504	0,242	558	0,288	607	0,336	658	0,378	696	0,424	736	0,467	775
950	0,113	381	0,16	462	0,208	518	0,258	572	0,303	622	0,352	671	0,398	714	0,448	757	0,494	798
1.000	0,118	389	0,167	463	0,216	526	0,267	585	0,318	637	0,368	686	0,418	732	0,468	776	0,517	816
1.050	0,123	396	0,172	470	0,225	536	0,276	596	0,33	650	0,384	707	0,438	747	0,482	793	0,54	834
1.100	0,128	404	0,18	480	0,233	546	0,288	607	0,343	662	0,401	716	0,453	762	0,513	810	0,563	852
1.150	0,132	412	0,188	488	0,242	556	0,298	618	0,359	678	0,418	729	0,472	777	0,524	825	0,568	869
1.200	0,137	419	0,193	496	0,25	567	0,31	630	0,373	691	0,43	742	0,491	793	0,553	841	0,611	887
1.250		0,198	506	0,26	577	0,32	641	0,384	701	0,448	767	0,51	808	0,573	856	0,633	903	
1.300		0,206	514	0,27	587	0,33	651	0,398	714	0,463	770	0,53	824	0,584	871	0,658	916	
1.350		0,212	521	0,278	596	0,343	664	0,41	724	0,478	782	0,546	836	0,614	896	0,678	936	
1.400		0,218	531	0,286	605	0,354	674	0,422	734	0,482	793	0,553	849	0,636	902	0,702	961	
1.450		0,225	536	0,286	616	0,368	684	0,434	744	0,507	806	0,58	862	0,654	915	0,724	965	
1.500		0,237	544	0,303	622	0,378	694	0,448	756	0,523	819	0,602	876	0,673	927	0,747	983	
1.600		0,244	559	0,32	640	0,392	709	0,472	778	0,548	841	0,636	902	0,714	956	0,78	1.008	
1.700				0,336	656	0,416	729	0,487	798	0,58	862	0,648	923	0,762	981	0,821	1.034	
1.800				0,355	674	0,436	746	0,527	820	0,61	885	0,667	948	0,788	1.004	0,876	1.063	
1.900				0,38	696	0,464	762	0,543	834	0,632	900	0,706	971	0,826	1.029	0,923	1.086	
2.000				0,394	701	0,478	782	0,57	854	0,67	926	0,768	991	0,863	1.052	0,961	1.113	
2.100						0,502	800	0,594	878	0,698	948	0,782	1.008	0,9	1.078	0,996	1.133	
2.200						0,517	813	0,618	887	0,73	968	0,827	1.030	0,934	1.095	1,035	1.152	
2.300						0,536	828	0,64	905	0,763	982	0,868	1.055	0,962	1.119	1,061	1.177	
2.400						0,548	839	0,66	920	0,778	998	0,896	1.070	0,988	1.130	1,118	1.200	
2.500								0,686	937	0,787	1.020	0,907	1.080	1,048	1.158	1,138	1.210	
2.600								0,704	951	0,824	1.030	0,94	1.106	1,072	1.172	1,202	1.240	
2.700								0,731	967	0,862	1.045	0,962	1.119	1,11	1.194	1,238	1.261	
2.800								0,76	981	0,88	1.063	1,006	1.135	1,138	1.205	1,278	1.278	
2.900										0,906	1.078	1,040	1.158	1,165	1.222	1,32	1.303	
3.000										0,925	1.090	1,068	1.168	1,21	1.248	1,33	1.308	
3.100										0,94	1.108	1,1	1.185	1,238	1.260	1,387	1.331	
3.200										0,963	1.120	1,12	1.197	1,277	1.279	1,432	1.353	
3.300												1,166	1.216	1,302	1.292	1,46	1.368	
3.400												1,186	1.231	1,334	1.310	1,496	1.390	
3.500												1,22	1.241	1,362	1.321	1,525	1.397	
3.600												1,23	1.252	1,387	1.344	1,551	1.414	

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 13 (CONT.)

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	600		650		700		750		800		850		900		950		1.000	
	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)
250																		
300																		
350																		
400																		
450																		
500																		
550																		
600	0,348	666																
650	0,373	692	0,407	722														
700	0,401	716	0,437	749	0,472	777												
750	0,433	746	0,468	776	0,502	803	0,543	834										
800	0,467	765	0,487	798	0,536	829	0,578	859	0,618	889								
850	0,486	788	0,527	823	0,568	854	0,61	884	0,654	914	0,697	944						
900	0,617	813	0,548	838	0,603	876	0,646	909	0,682	940	0,738	971	0,783	1.002				
950	0,642	834	0,591	869	0,636	903	0,679	934	0,728	966	0,775	996	0,822	1.028	0,873	1.057		
1.000	0,669	853	0,622	883	0,668	926	0,714	956	0,767	992	0,818	1.020	0,864	1.062	0,914	1.083	0,972	1.114
1.050	0,697	874	0,66	914	0,702	948	0,752	981	0,803	1.015	0,853	1.044	0,907	1.078	0,963	1.108	1,018	1.139
1.100	0,724	894	0,679	934	0,733	969	0,784	1.004	0,840	1.038	0,89	1.068	0,962	1.103	1,0	1.133	1,064	1.166
1.150	0,752	914	0,708	951	0,764	990	0,818	1.025	0,877	1.067	0,934	1.093	0,99	1.127	1,048	1.159	1,1	1.190
1.200	0,778	930	0,736	971	0,794	1.009	0,856	1.046	0,915	1.082	0,972	1.118	1,027	1.148	1,082	1.180	1,148	1.216
1.250	0,792	949	0,764	990	0,823	1.028	0,89	1.068	0,963	1.106	1,008	1.139	1,072	1.171	1,128	1.204	1,2	1.240
1.300	0,728	968	0,762	1.006	0,856	1.046	0,924	1.089	0,99	1.126	1,064	1.161	1,118	1.199	1,176	1.226	1,248	1.263
1.350	0,755	984	0,818	1.025	0,89	1.068	0,963	1.108	1,018	1.143	1,092	1.181	1,166	1.219	1,22	1.248	1,286	1.286
1.400	0,779	999	0,848	1.042	0,92	1.084	0,99	1.126	1,066	1.163	1,128	1.201	1,2	1.241	1,268	1.272	1,34	1.308
1.450	0,798	1.011	0,877	1.059	0,952	1.102	1,018	1.143	1,082	1.184	1,166	1.223	1,238	1.260	1,312	1.296	1,388	1.331
1.500	0,822	1.027	0,902	1.074	0,97	1.118	1,066	1.166	1,128	1.202	1,2	1.242	1,276	1.280	1,35	1.318	1,426	1.366
1.600	0,872	1.067	0,952	1.106	1,036	1.164	1,118	1.189	1,182	1.236	1,276	1.280	1,368	1.321	1,432	1.366	1,526	1.398
1.700	0,923	1.088	1,008	1.136	1,081	1.186	1,183	1.229	1,267	1.276	1,36	1.318	1,441	1.369	1,526	1.396	1,618	1.438
1.800	0,961	1.116	1,063	1.166	1,147	1.216	1,248	1.262	1,331	1.308	1,423	1.361	1,516	1.396	1,608	1.436	1,682	1.476
1.900	0,996	1.141	1,108	1.194	1,21	1.246	1,302	1.292	1,396	1.340	1,468	1.388	1,589	1.430	1,682	1.470	1,786	1.611
2.000	1,063	1.168	1,166	1.219	1,287	1.272	1,359	1.321	1,46	1.368	1,572	1.418	1,673	1.462	1,776	1.606	1,876	1.699
2.100	1,108	1.192	1,22	1.248	1,312	1.299	1,423	1.360	1,526	1.397	1,636	1.448	1,748	1.496	1,868	1.642	1,96	1.694
2.200	1,156	1.217	1,266	1.272	1,368	1.326	1,488	1.380	1,688	1.429	1,71	1.478	1,821	1.528	1,932	1.676	2,042	1.616
2.300	1,192	1.237	1,312	1.289	1,433	1.356	1,543	1.406	1,666	1.467	1,776	1.607	1,896	1.557	2,016	1.604	2,128	1.660
2.400	1,228	1.259	1,368	1.326	1,489	1.371	1,59	1.428	1,72	1.488	1,821	1.530	1,96	1.690	2,096	1.639	2,22	1.682
2.500	1,266	1.285	1,388	1.344	1,546	1.402	1,656	1.466	1,776	1.508	1,906	1.682	1,998	1.600	2,166	1.664	2,283	1.716
2.600	1,36	1.315	1,44	1.368	1,58	1.422	1,72	1.486	1,84	1.538	1,96	1.692	2,096	1.639	2,228	1.690	2,366	1.740
2.700	1,368	1.326	1,488	1.368	1,627	1.443	1,776	1.608	1,886	1.669	2,036	1.612	2,17	1.669	2,283	1.716	2,46	1.770
2.800	1,398	1.348	1,552	1.410	1,682	1.473	1,82	1.628	1,96	1.692	2,06	1.632	2,266	1.702	2,376	1.746	2,506	1.790
2.900	1,46	1.370	1,6	1.432	1,747	1.496	1,878	1.692	2,096	1.616	2,17	1.670	2,296	1.716	2,426	1.762	2,606	1.826
3.000	1,487	1.387	1,646	1.461	1,783	1.516	1,932	1.676	2,096	1.639	2,236	1.696	2,41	1.768	2,516	1.794	2,683	1.856
3.100	1,535	1.402	1,7	1.476	1,83	1.532	1,996	1.600	2,146	1.660	2,33	1.728	2,46	1.776	2,606	1.826	2,736	1.881
3.200	1,58	1.426	1,738	1.492	1,878	1.552	2,06	1.628	2,18	1.678	2,37	1.744	2,526	1.800	2,666	1.848	2,78	1.894
3.300	1,608	1.438	1,786	1.512	1,922	1.570	2,08	1.636	2,286	1.703	2,43	1.766	2,61	1.830	2,766	1.880	2,866	1.948
3.400	1,656	1.456	1,822	1.528	1,978	1.593	2,126	1.650	2,32	1.723	2,486	1.786	2,66	1.846	2,82	1.900	3,016	1.964
3.500	1,71	1.478	1,877	1.560	2,08	1.627	2,23	1.689	2,386	1.752	2,546	1.806	2,716	1.868	2,916	1.932	3,086	1.988
3.600	1,738	1.490	1,906	1.562	2,086	1.638	2,28	1.716	2,43	1.766	2,61	1.829	2,766	1.886	2,966	1.948	3,14	2.010

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 13 (CONT.)

MEDIDAS DEL CON-DUCTO (mm)	1.050		1.100		1.150		1.200		1.250		1.300		1.350		1.400		1.450	
	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Díam. equiv. (mm)
1.050	1.065	1.165																
1.100	1.108	1.190	1.108	1.222														
1.150	1.184	1.218	1.21	1.248	1.278	1.278												
1.200	1.2	1.240	1.288	1.278	1.22	1.302	1.286	1.336										
1.250	1.248	1.265	1.322	1.300	1.378	1.327	1.482	1.361	1.506	1.385								
1.300	1.302	1.290	1.368	1.325	1.432	1.362	1.487	1.388	1.57	1.418	1.588	1.444						
1.350	1.348	1.316	1.42	1.380	1.488	1.378	1.55	1.413	1.625	1.443	1.69	1.469	1.773	1.508				
1.400	1.386	1.335	1.468	1.378	1.542	1.403	1.605	1.435	1.68	1.468	1.746	1.495	1.81	1.523	1.884	1.555		
1.450	1.45	1.363	1.525	1.398	1.588	1.426	1.68	1.460	1.735	1.495	1.81	1.523	1.886	1.555	1.948	1.582	2.03	1.612
1.500	1.486	1.388	1.57	1.418	1.645	1.451	1.718	1.485	1.8	1.519	1.875	1.550	1.948	1.579	2.014	1.608	2.075	1.634
1.600	1.587	1.432	1.67	1.467	1.755	1.489	1.828	1.531	1.912	1.565	1.986	1.596	2.07	1.630	2.148	1.658	2.028	1.658
1.700	1.68	1.473	1.782	1.511	1.855	1.545	1.95	1.578	2.025	1.609	2.116	1.648	2.186	1.678	2.28	1.709	2.255	1.735
1.800	1.782	1.515	1.875	1.562	1.976	1.591	2.06	1.621	2.138	1.655	2.235	1.692	2.318	1.723	2.41	1.755	2.505	1.790
1.900	1.886	1.555	1.975	1.592	2.07	1.629	2.16	1.668	2.288	1.702	2.356	1.738	2.44	1.769	2.54	1.802	2.67	1.850
2.000	1.975	1.592	2.07	1.630	2.17	1.668	2.27	1.708	2.374	1.745	2.478	1.782	2.586	1.825	2.68	1.848	2.78	1.888
2.100	2.07	1.629	2.17	1.670	2.28	1.708	2.385	1.748	2.488	1.785	2.586	1.825	2.69	1.858	2.79	1.892	2.91	1.932
2.200	2.18	1.668	2.28	1.702	2.378	1.745	2.485	1.785	2.596	1.825	2.716	1.863	2.825	1.900	2.83	1.938	3.02	1.970
2.300	2.248	1.698	2.388	1.740	2.476	1.782	2.586	1.825	2.706	1.862	2.815	1.900	2.95	1.944	3.058	1.978	3.165	2.010
2.400	2.33	1.727	2.47	1.778	2.56	1.805	2.715	1.865	2.79	1.892	2.836	1.940	3.085	1.980	3.13	2.002	3.286	2.060
2.500	2.405	1.755	2.508	1.790	2.676	1.850	2.79	1.891	2.815	1.935	3.02	1.968	3.12	1.998	3.28	2.050	3.39	2.085
2.600	2.506	1.790	2.625	1.832	2.715	1.878	2.873	1.916	3.02	1.968	3.145	2.008	3.306	2.065	3.425	2.095	3.555	2.135
2.700	2.58	1.821	2.725	1.870	2.83	1.900	2.988	1.965	3.076	1.982	3.28	2.045	3.38	2.085	3.555	2.132	3.676	2.172
2.800	2.686	1.859	2.79	1.892	2.88	1.942	3.06	1.982	3.225	2.030	3.48	2.085	3.51	2.120	3.676	2.170	3.775	2.195
2.900	2.775	1.885	2.855	1.945	3.02	1.968	3.146	2.008	3.216	2.050	3.505	2.120	3.68	2.170	3.79	2.200	3.82	2.240
3.000	2.838	1.905	3.02	1.968	3.105	1.992	3.31	2.055	3.485	2.105	3.635	2.155	3.775	2.200	3.87	2.225	4.025	2.270
3.100	2.91	1.930	3.106	1.993	3.175	2.027	3.37	2.075	3.556	2.136	3.758	2.189	3.836	2.215	4.0	2.265	4.12	2.295
3.200	2.97	1.952	3.14	2.005	3.345	2.070	3.485	2.110	3.62	2.144	3.825	2.210	3.965	2.250	4.12	2.295	4.33	2.350
3.300	3.068	1.980	3.22	2.030	3.405	2.090	3.58	2.140	3.756	2.190	3.935	2.248	4.075	2.285	4.24	2.332	4.43	2.388
3.400	3.14	2.008	3.288	2.050	3.51	2.120	3.668	2.165	3.86	2.220	4.06	2.275	4.14	2.305	4.378	2.370	4.58	2.425
3.500	3.25	2.045	3.415	2.090	3.58	2.145	3.74	2.190	3.915	2.235	4.14	2.305	4.29	2.345	4.48	2.395	4.84	2.463
3.600	3.306	2.060	3.48	2.115	3.688	2.175	3.82	2.210	4.07	2.285	4.22	2.325	4.43	2.375	4.58	2.425	4.76	2.470

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 14

VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS PARA SISTEMAS DE BAJA VELOCIDAD.

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL - ROZAMIENTO EN CONDUCTO			
		CONDUCTOS PRINCIPALES		CONDUCTOS DERIVADOS	
		SUMINISTRO	RETORNO	SUMINISTRO	RETORNO
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos					
Dormitorios de hotel	5	7.5	6.5	6	5
Dormitorios de hospital					
Oficinas particulares	6				
Despachos de directores		10	7.5	8	6
Bibliotecas					
Salas de cine y teatro	4	6.5	5.5	5	4
Auditorios					
Oficinas públicas					
Restaurantes de primera categoría	7.5	10	7.5	8	6
Comercios de primera categoría					
Bancos					
Comercios de categoría media	9	10	7.5	8	6
Cafeterías					
Locales industriales	12.5	15	9	11	7.5

TABLA 15

VELOCIDADES RECOMENDADAS EN LAS BOCAS DE SALIDA

APLICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)
Estudios de radiodifusión	1.5 – 2.5
Residencias	2.5 – 4
Apartamentos	2.5 – 4
Iglesias	2.5 – 4
Dormitorios de hotel	2.5 – 4
Teatros	2.5 – 4
Oficinas particulares, tratadas acústicamente	2.5 – 4
Oficinas particulares, no tratadas	2.5 – 4
Salas de cine	5
Oficinas públicas	5 – 6.5
Almacenes comerciales, plantas superiores	7.5
Almacenes comerciales, planta principal	10

TABLA 16

RENDIMIENTOS PARA REJILLAS DE IMPULSIÓN

VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)		1.25						2					
PÉRDIDA DE PRESIÓN CON DESCARGA NORMAL (mm c. a.)		POSICIÓN DE GUÍAS RECTA = 0.25, 22 1/2° = 0.25, 45° = 0.25						POSICIÓN DE GUÍAS RECTA = 0.33, 22 1/2° = 0.38, 45° = 0.48					
PÉRDIDA DE PRESIÓN CON CONTROL DE CAUDAL (mm c. a.)		RECTA = 0.25, 22 1/2° = 0.38, 45° = 0.71						RECTA = 0.61, 22 1/2° = 1.12, 45° = 1.68					
Tamaño nominal (mm) o superficie de sección (m²)	Posición de guías	Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)			Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)		
		m³/h	m³/s		8°	11°	14°	m³/h	m³/s		8°	11°	14°
					Altura mínima de techo (m)						Altura mínima de techo (m)		
200 x 100 (0,011)	Recta 22 1/2° 45°	81	0,014	1,06 0,78 0,56	2,2 2,1 2	2,3 2,2 2,1	2,5 2,3 2,1	76	0,027	2,1 1,5 1,06	2,5 2,3 2	2,8 2,4 2	2,8 2,5 2,3
250 x 100 (0,014)		83	0,017	1,08 0,78 0,55	2,25 2,1 2	2,35 2,3 2,1	2,6 2,3 2,1	87	0,027	2,25 1,67 1,13	2,5 2,3 2,1	2,7 2,4 2,2	2,8 2,6 2,3
300 x 100 (0,016)		76	0,021	1,08 0,78 0,55	2,2 2,2 2	2,4 2,3 2,1	2,5 2,3 2,1	116	0,032	2,28 1,87 1,19	2,5 2,3 2,1	2,7 2,4 2,2	2,8 2,6 2,3
400 x 100 (0,023)		104	0,029	1,13 0,82 0,51	2,3 2,2 2	2,4 2,3 2,1	2,5 2,3 2,1	158	0,043	2,41 1,83 1,22	2,6 2,3 2,1	2,7 2,5 2,2	2,9 2,6 2,3
500 x 100 (0,029)		131	0,036	1,22 0,91 0,55	2,3 2,2 2	2,4 2,3 2,1	2,6 2,4 2,15	198	0,065	2,44 1,83 1,22	2,6 2,4 2,1	2,7 2,6 2,15	2,9 2,6 2,3
600 x 100 (0,036)		158	0,044	1,23 0,94 0,55	2,3 2,2 2	2,4 2,3 2,1	2,6 2,4 2,15	236	0,066	2,43 1,83 1,22	2,6 2,4 2,1	2,76 2,6 2,15	2,9 2,6 2,3
750 x 100 (0,044)		198	0,055	1,28 0,94 0,54	2,35 2,2 2	2,5 2,3 2,1	2,6 2,4 2,15	286	0,082	2,43 1,83 1,22	2,6 2,4 2,2	2,75 2,5 2,3	2,9 2,6 2,35
900 x 100 (0,054)		236	0,065	1,22 1,05 0,67	2,35 2,2 2	2,5 2,3 2,1	2,6 2,4 2,2	358	0,099	2,43 1,83 1,22	2,6 2,4 2,2	2,8 2,6 2,3	2,9 2,6 2,35
200 x 150 (0,017)	Recta 22 1/2° 45°	87,8	0,024	1,52 1,18 0,78	2,5 2,3 2,1	2,6 2,4 2,2	2,7 2,5 2,25	130	0,038	2,9 2,13 1,48	2,7 2,6 2,2	2,9 2,7 2,4	3,1 2,8 2,45
250 x 150 (0,022)		112	0,031	1,67 1,25 0,85	2,6 2,4 2,2	2,8 2,6 2,3	2,9 2,65 2,4	166	0,048	3,05 2,28 1,52	2,9 2,65 2,3	3,1 2,8 2,4	3,3 3 2,58
300 x 150 (0,027)		136	0,038	1,83 1,37 0,91	2,65 2,4 2,2	2,8 2,65 2,3	2,95 2,7 2,4	202	0,058	3,35 2,48 1,68	2,96 2,7 2,35	3,2 2,9 2,5	3,4 3 2,6
400 x 150 (0,037)		182	0,05	1,89 1,43 0,94	2,8 2,5 2,25	2,9 2,65 2,4	3,1 2,75 2,5	273	0,075	3,56 2,74 1,83	3,1 2,8 2,4	3,3 2,95 2,55	3,5 3,1 2,7
500 x 150 (0,046)		230	0,064	2 1,52 0,87	2,9 2,55 2,3	3 2,7 2,4	3,2 2,8 2,5	342	0,082	3,88 2,74 2	3,2 2,9 2,5	3,4 3 2,6	3,7 3,2 2,7
600 x 150 (0,056)		275	0,078	2,14 1,55 1,07	2,9 2,7 2,35	3,1 2,8 2,5	3,25 2,9 2,6	412	0,114	3,98 3,05 1,88	3,25 2,9 2,5	3,45 3,1 2,7	3,75 3,3 2,8
750 x 150 (0,070)		345	0,096	2,13 1,64 1,07	3 2,65 2,4	3,15 2,8 2,5	3,35 2,95 2,6	530	0,168	3,98 3,05 1,96	3,36 2,9 2,55	3,6 3,2 2,7	3,85 3,3 2,85
900 x 150 (0,080)	Recta 22 1/2° 45°	418	0,118	2,18 1,67 1,07	3 2,7 2,4	3,2 2,9 2,6	3,4 3 2,65	618	0,17	3,96 3,05 1,98	3,4 3 2,6	3,65 3,2 2,8	3,8 3,4 2,9

FACTOR «K»		
Caudal máximo/ pared de impulsión (m³/s)/(m²)	0,147	0,0955
Caudal mínimo/ pared de impulsión (m³/s)/(m²)	0,0442	0,0289

TABLA 16 (CONT.)

2.5						3.75					
POSICIÓN DE GUÍAS RECTA = 0.61, 22 1/2° = 0.71, 45° = 0.89						POSICIÓN DE GUÍAS RECTA = 1.3, 22 1/2° = 1.65, 45° = 2.03					
RECTA = 1.55, 22 1/2° = 2.08, 45° = 3						RECTA = 4.45, 22 1/2° = 4.83, 45° = 6.85					
Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)			Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)		
m³/h	m³/s		8°	11°	14°	m³/h	m³/s		8°	11°	14°
			Altura mínima de techo (m)						Altura mínima de techo (m)		
100	0.028	3.06 2.3 1.62	2.6 2.4 2.2	2.8 2.6 2.3	3 2.7 2.4	152	0.042	5.2 3.95 2.74	2.9 2.8 2.25	3.2 2.8 2.4	3.4 2.9 2.6
127	0.035	3.2 2.43 1.64	2.7 2.4 2.2	2.9 2.6 2.3	3 2.7 2.4	180	0.052	5.5 3.95 2.74	3 2.8 2.3	3.2 2.8 2.4	3.4 2.9 2.6
152	0.042	3.25 2.48 1.67	2.7 2.4 2.2	2.9 2.6 2.3	3 2.7 2.4	230	0.064	5.5 3.95 2.74	3 2.6 2.3	3.2 2.8 2.4	3.4 3 2.6
205	0.067	3.35 2.48 1.68	2.7 2.5 2.2	2.9 2.6 2.3	3 2.7 2.4	310	0.088	5.8 4.26 3.05	3 2.7 2.3	3.3 2.9 2.4	3.5 3 2.6
263	0.073	3.5 2.59 1.83	2.8 2.6 2.15	2.9 2.65 2.4	3.1 2.8 2.5	383	0.109	6.1 4.58 3.05	3.1 2.7 2.3	3.3 2.9 2.5	3.6 3 2.6
312	0.087	3.5 2.59 1.83	2.8 2.6 2.15	2.9 2.7 2.4	3.1 2.8 2.5	470	0.13	6.1 4.58 3.05	3.1 2.7 2.3	3.3 2.9 2.5	3.6 3.1 2.6
395	0.11	3.65 2.74 1.4	2.8 2.6 2.3	3 2.7 2.4	3.15 2.8 2.45	590	0.164	6.4 4.87 3.35	3.15 2.7 2.3	3.4 2.9 2.5	3.65 3.1 2.6
470	0.13	3.65 2.74 1.83	2.8 2.9 2.3	3 2.7 2.4	3.2 2.8 2.5	718	0.2	6.4 4.87 3.35	3.2 2.7 2.4	3.4 3 2.5	3.7 3.15 2.6
174	0.048	3.95 3.05 1.83	3 2.7 2.35	3.2 2.85 2.5	3.4 3 2.6	284	0.073	7.3 5.5 3.65	3.15 2.95 2.5	3.7 3.2 2.6	4 3.4 2.8
223	0.062	4.55 3.35 2.14	3.2 2.8 2.5	3.4 3 2.6	3.6 3.7 2.7	334	0.082	8.22 6.1 4.25	3.7 3.1 2.6	4 3.4 2.8	4.3 3.7 2.85
270	0.075	4.55 3.35 2.14	3.2 2.9 2.5	3.5 3.1 2.6	3.7 3.3 2.75	405	0.11	8.55 6.4 4.25	3.8 3.2 2.65	4.15 3.6 2.8	4.4 3.7 3
384	0.1	4.88 3.68 2.44	3.4 3 2.55	3.65 3.2 2.7	3.85 3.4 2.8	548	0.15	9.15 6.7 4.65	4.1 3.4 2.7	4.4 3.85 2.9	4.7 3.9 3.15
455	0.127	5.18 4.98 2.74	3.5 3.1 2.6	3.8 3.3 2.8	4.1 3.5 2.9	682	0.19	9.75 7.62 4.88	4.3 3.5 2.8	4.6 3.8 3	5 4.2 3.2
550	0.15	5.5 3.95 2.74	3.8 3.15 2.65	3.9 3.4 2.9	4.2 3.6 3	828	0.23	10 7.62 5.18	4.4 3.6 2.9	4.8 3.9 3.1	5.2 4.2 3.3
690	0.19	5.8 4.28 3.05	3.7 3.2 2.7	4.1 3.5 2.9	4.3 3.7 3	1.036	0.28	11.4 7.62 5.18	4.5 3.7 2.95	4.9 4.05 3.2	5.3 4.3 3.4
830	0.23	5.8 4.28 3.05	3.8 3.25 2.75	4.15 3.5 2.95	4.5 3.8 3.1	1.250	0.345	11.7 7.82 5.5	4.8 3.8 3	5.05 4.1 3.2	5.5 4.5 3.45
FACTOR « K »											
0.071						0.0405					
0.0213						0.0147					

TABLA 16 (CONT.)

VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)	5						7,5					
PÉRDIDA DE PRESIÓN CON DESCARGA NORMAL (mm c. a.)	POSICIÓN DE GUÍAS RECTA = 2,38, 22 1/4° = 2,8, 45° = 3,56						POSICIÓN DE GUÍAS RECTA = 5,38, 22 1/4° = 6,1, 45° = 8,1					
PÉRDIDA DE PRESIÓN CON CONTROL DE CAUDAL (mm c. a.)	RECTA = 6,4, 22 1/4° = 8,4, 45° = 12						RECTA = 18,1, 22 1/4° = 18,8, 45° = 28,3					
Tamaño nominal (mm) Posición de superficie de sección (m²)	Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)			Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)		
	m³/h	m³/s		8°	11°	14°	m³/h	m³/s		8°	11°	14°
			Altura mínima de techo (m)			Altura mínima de techo (m)						
200 x 100 (0,011) Recta 22 1/4° 45°	200	0,068	7,32 5,8 3,86	3,16 2,76 2,3	3,4 2,9 2,46	3,65 3,1 2,66	300	0,083	12,2 9,15 6,1	3,85 3 2,35	3,95 3,2 2,48	4,2 3,4 2,8
250 x 100 (0,014)	256	0,072	7,96 6,8 3,95	3,2 2,78 2,36	3,5 2,95 2,5	3,7 3,2 2,8	382	0,108	12,8 9,76 6,4	3,7 3,06 2,38	4 3,25 2,66	4,3 3,16 2,66
300 x 100 (0,018)	308	0,085	8,25 6,1 4,28	3,25 2,85 2,4	3,56 3 2,6	3,75 3,2 2,63	463	0,128	13,4 10,1 6,7	3,76 3,1 2,46	4,05 3,3 2,6	4,4 3,58 2,7
400 x 100 (0,023)	418	0,115	8,52 6,4 4,28	3,38 2,9 2,38	3,6 3,1 2,55	3,85 3,2 2,63	623	0,173	14 10,7 7	3,85 3,2 2,6	4,2 3,45 2,86	4,5 3,85 2,8
500 x 100 (0,028)	534	0,148	8,95 6,7 4,66	3,4 2,96 2,4	3,7 3,15 2,6	3,9 3,3 2,7	788	0,22	14,6 11 7,3	3,9 3,25 2,65	4,3 3,5 2,7	4,8 3,7 2,85
600 x 100 (0,035)	630	0,172	9,15 6,7 4,6	3,45 3 2,46	3,75 3,2 2,6	4 3,35 2,7	948	0,263	15 11,3 7,62	4 3,3 2,66	4,3 3,6 2,75	4,7 3,8 2,85
750 x 100 (0,044)	782	0,22	9,15 6,7 4,66	3,5 3 2,46	3,8 3,2 2,5	4,06 3,4 2,7	1,186	0,33	15,2 11,3 7,83	4 3,3 2,6	4,4 3,6 2,75	4,75 3,85 2,9
900 x 100 (0,064)	960	0,265	9,45 7 4,8	3,6 3,06 2,46	3,8 3,26 2,6	4,1 3,4 2,75	1,423	0,4	15,8 11,6 7,96	4,06 3,36 2,6	4,4 3,66 2,8	4,8 3,85 2,9
200 x 150 (0,017) Recta 22 1/4° 45°	350	0,097	11 8,25 5,5	3,55 3,3 2,6	4,2 3,5 2,8	4,5 3,75 2,9	527	0,146	18 13,4 8,16	4,5 3,65 2,65	4,9 4 3,05	5,3 4,3 3,25
250 x 150 (0,022)	446	0,123	12,2 8,16 6,1	4,2 3,56 2,6	4,6 3,85 3	5 4,1 3,2	687	0,186	20,2 15,3 10,5	4,9 4 3,1	5,5 4,4 3,3	6 4,7 3,55
300 x 150 (0,027)	540	0,16	12,5 8,46 6,4	4,3 3,8 2,85	4,7 4,9 3,06	5,2 4,2 3,2	810	0,225	20,4 15,3 10,4	5 4,1 3,1	5,6 4,5 3,35	6 4,8 3,6
400 x 150 (0,037)	730	0,2	13,4 10,7 6,72	4,6 3,8 2,96	5 4,15 3,2	5,5 4,45 3,4	1,086	0,34	22 16,6 11	5,4 4,35 3,3	6 4,75 3,66	6,5 5,2 3,8
500 x 150 (0,046)	914	0,25	14,3 10,7 7,32	4,8 4 3,1	5,3 4,3 3,3	5,8 4,7 3,6	1,368	0,38	23,5 17,7 11,9	5,7 4,56 3,4	6,4 5 3,7	6,8 5,4 3,95
600 x 150 (0,056)	1,162	0,32	14,7 11 7,32	5 4,1 3,16	5,5 4,46 3,4	6 4,8 3,6	1,655	0,46	24,2 18 12,2	5,9 4,7 3,55	6,6 5,2 3,8	7,1 5,8 4,06
750 x 150 (0,070)	1,380	0,385	15,3 11,8 7,62	5,2 4,2 3,2	5,7 4,6 3,5	6,2 4,85 3,7	2,100	0,58	25 18,5 12,6	6,1 4,85 3,6	6,8 5,3 3,85	7,3 5,8 4,2
900 x 150 (0,090) Recta 22 1/4° 45°	1,665	0,463	15,6 11,8 7,95	5,3 4,3 3,3	5,8 4,6 3,56	6,3 5,06 3,8	2,600	0,7	25,6 19,2 12,8	6,3 5 3,6	7 5,4 3,9	7,6 6 4,25

FACTOR « K »

Caudal máximo/ pared de impulsión (m³/s)/(m²)	0,0365	0,0244
Caudal mínimo/ pared de impulsión (m³/s)/(m²)	0,0112	0,0071

TABLA 16 (CONT.)

10

POSICIÓN DE GUÍAS
RECTA = 9.5. 22 1/2° = 10.7. 45° = 14.3

RECTA = 37.5

Caudal		Alcance del tiro (m)	Diferencia de temperatura (°C)		
m³/h	m³/s		8°	11°	14°
			Altura mínima de techo (m)		
405	0,112	17,6	3,85	4,25	4,6
		13,4	3,1	3,35	3,55
		8,55	2,4	2,6	2,6
510	0,142	18,3	3,95	4,3	4,7
		13,7	3,2	3,45	3,65
		9,15	2,45	2,6	2,7
617	0,17	18,8	4,05	4,4	4,8
		14,3	3,2	3,5	3,75
		9,3	2,5	2,65	2,6
830	0,23	19,8	4,2	4,6	4,95
		15	3,35	3,65	3,9
		10	2,5	2,75	2,9
1.045	0,29	20,6	4,25	4,7	4,75
		16,2	3,45	3,75	4
		10,4	2,6	2,6	2,95
1.260	0,35	20,7	4,3	4,75	5,05
		16,6	3,5	3,8	4,05
		10,4	2,65	2,65	3
1.585	0,44	21,3	4,1	4,8	5,2
		16,2	3,55	3,85	4,1
		10,7	2,7	2,9	3,05
1.894	0,52	21,6	4,4	4,85	5,3
		16,2	3,55	3,9	4,15
		10,4	2,75	2,9	3,1
700	0,195	25	4,95	5,5	5,9
		18,9	3,95	4,3	4,7
		12,6	3	3,25	3,45
880	0,25	28	5,5	6,1	6,6
		21	4,05	4,8	5,2
		14	3,3	3,55	3,8
1.182	0,323	28,7	5,5	6,2	6,7
		21,4	4,45	4,9	5,3
		14,3	3,35	3,6	3,9
1.455	0,405	31,2	6,1	6,7	7,3
		23,6	4,75	5,2	5,7
		16,6	3,55	3,8	4,1
1.830	0,51	33	6,4	7,1	7,7
		24,7	5	5,5	6,1
		16,5	3,7	3,95	4,3
2.200	0,61	34	6,7	7,4	8
		25,3	5,2	6,7	6,4
		17,1	3,8	4,1	4,4
2.790	0,78	35	6,9	7,6	8,3
		25,3	5,3	5,9	6,5
		17,7	3,9	4,2	4,5
3.340	0,93	36,5	7,1	7,9	8,5
		27,2	5,5	6	6,5
		18,3	3,95	4,25	4,65

FACTOR «K»

0,0182

0,0056

15

TABLA 17
FACTORES DE SERVICIO EN APLICACIONES TÍPICAS

Table 12—Typical Service Factors

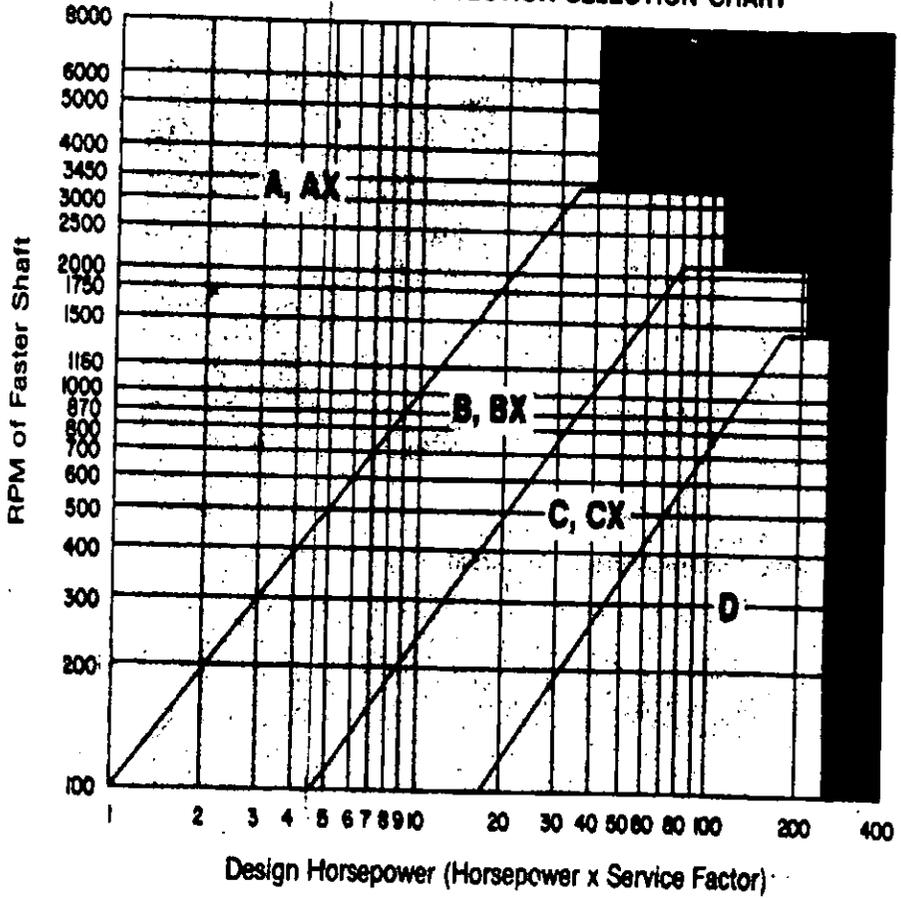
Driven Machine Types	Driver Types					
	AC Motors: Normal Torque, Squirrel Cage, Synchronous, Split Phase. DC Motors: Shunt Wound. Engines: Multiple Cylinder Internal Combustion.			AC Motors: High Torque, High Slip, Repulsion-Induction, Single Phase, Series Wound, Slip Ring. DC Motors: Series Wound, Compound Wound. Engines: Single Cylinder Internal Combustion. Line Shafts, Clutches		
	Intermittent Service	Normal Service	Continuous Service	Intermittent Service	Normal Service	Continuous Service
The types listed below are representative samples only. Select the group whose load characteristics most closely simulate those of the machine being considered. If idlers are used, add the following to the service factor: Idler on slack side (inside the belts) None Idler on slack side (outside the belts) 0.1 Idler on tight side (inside the belts) 0.1 Idler on tight side (outside the belts) 0.2	Not More Than 6 Hrs./Day	Operating Daily: 6-16 Hrs./Day	16-24 Hrs./Day	Not More Than 6 Hrs./Day	Operating Daily: 6-16 Hrs./Day	16-24 Hrs./Day
Agitators for Liquids Blowers and Exhausters Centrifugal Pumps and Compressors Fans up to 10 HP Light Duty Conveyors	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Belt Conveyors for Sand, Grain, etc. Dough Mixers Fans Over 10 HP Generators Line Shafts Laundry Machinery Machine Tools Punches-Presses-Shears Printing Machinery Positive Displacement Rotary Pumps Revolving and Vibrating Screens	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Brick Machinery Bucket Elevators Exciters Piston Compressors Conveyors (Drag-Pan-Screw) Hammer Mills Paper Mill Beaters Piston Pumps Positive Displacement Blowers Pulverizers Saw Mill and Woodworking Machinery Textile Machinery	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Crushers (Gyratory-Jaw-Roll) Mills (Ball-Rod-Tube) Hoists Rubber Calenders-Extruders-Mills	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Duplex Piston Slush Pump	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0
Triplex Piston Slush Pump	1.0	1.0	1.4	1.0	1.0	1.4
Chokable Equipment ▲ Fire Hazard Conditions ▲	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

* Apply indicated service factor to continuous service engine rating. Deduct 0.2 (with a minimum service factor of 1.0) when applying to maximum engine rating.

▲ In conditions presenting a fire hazard, it is recommended that drives be designed using a service factor of 2.0 on the HP rating of the motor.

TABLA 18
SELECCIÓN DE BANDAS

TABLE 11 - CLASSICAL CROSS SECTION SELECTION CHART



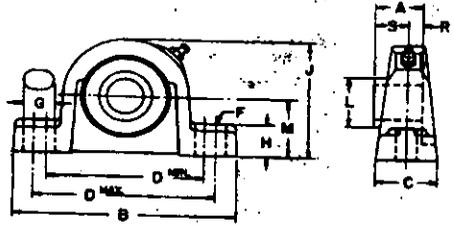
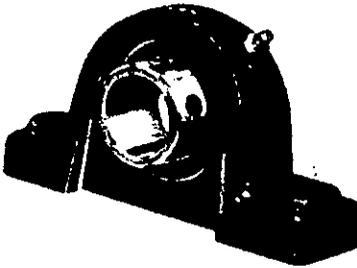
15

TABLE 19
SELECCIÓN DE POLEAS

Classical A		Sealed-Life II		Classical AX		Dyna-Cog II		STOCK DRIVE SELECTIONS											
Speed Ratio	Stock Sheaves (1-6 Grooves)		3500 RPM Driver				1750 RPM Driver				1160 RPM Driver				Belt Number & Approx. Center Distance* (Cont. next page)				
	Pitch Diam.		Driven RPM	HP per Belt		Driven RPM	HP per Belt		Driven RPM	HP per Belt									
	Driver	Driven		A	AX		A	AX		A	AX								
1.00	3.0	3.0	3500	2.24	3.17	1750	1.67	2.10	1160	1.29	1.57	8.9	11.4	12.4	13.4	14.9			
	3.2	3.2	3500	2.87	3.82	1750	2.04	2.47	1160	1.55	1.83	8.6	11.1	12.1	13.1	14.6			
	3.4	3.4	3500	3.48	4.45	1750	2.41	2.84	1160	1.81	2.09	8.3	10.8	11.8	12.8	14.3			
	3.6	3.6	3500	4.08	5.07	1750	2.77	3.21	1160	2.06	2.34	8.0	10.5	11.5	12.5	14.0			
	3.8	3.8	3500	4.68	5.67	1750	3.13	3.57	1160	2.32	2.60	7.7	10.2	11.2	12.2	13.7			
	4.0	4.0	3500	5.27	6.27	1750	3.48	3.92	1160	2.57	2.85	7.4	9.9	10.9	11.9	13.4			
	4.2	4.2	3500	5.77	6.76	1750	3.83	4.28	1160	2.82	3.10	7.1	9.6	10.6	11.6	13.1			
	4.4	4.4	3500	6.27	7.26	1750	4.18	4.62	1160	3.07	3.35	6.8	9.3	10.3	11.3	12.8			
	4.6	4.6	3500	6.77	7.76	1750	4.53	4.97	1160	3.31	3.60	6.4	8.9	9.9	10.9	12.4			
	4.8	4.8	3500	7.27	8.26	1750	4.88	5.33	1160	3.55	3.84	6.1	8.6	9.6	10.6	12.1			
5.0	5.0	3500	7.77	8.76	1750	5.23	5.67	1160	3.80	4.09	5.8	8.3	9.3	10.3	11.8				
5.2	5.2	3500	8.27	9.26	1750	5.58	6.01	1160	4.04	4.33	5.5	8.0	9.0	10.0	11.5				
5.4	5.4	3500	8.77	9.76	1750	5.93	6.36	1160	4.28	4.57	5.2	7.7	8.7	9.7	11.2				
6.0	6.0	3500	9.92	11.46	1750	6.83	7.34	1160	4.99	5.29	4.5	7.1	8.1	9.1	10.6				
6.4	6.4	3500	10.63	12.31	1750	7.45	7.96	1160	5.45	5.75	4.2	6.8	7.8	8.8	10.3				
7.0	7.0	3500	11.53	13.46	1750	8.36	8.93	1160	6.13	6.45	3.8	6.4	7.4	8.4	9.9				
1.04	4.6	4.8	3354	6.99	8.13	1677	4.60	5.05	1112	3.37	3.65	6.3	8.8	9.8	10.8	12.3			
	4.8	5.0	3360	7.49	8.67	1680	4.94	5.40	1114	3.61	3.89	6.0	8.5	9.5	10.5	12.0			
	5.0	5.2	3385	7.97	9.20	1683	5.28	5.74	1115	3.85	4.14	5.7	8.1	9.1	10.1	11.6			
1.05	3.8	4.0	3325	4.86	5.66	1662	3.23	3.66	1102	2.38	2.66	7.5	10.0	11.0	12.0	13.5			
	4.0	4.2	3333	5.12	6.48	1667	3.58	4.02	1105	2.63	2.91	7.2	9.7	10.7	11.7	13.2			
	3.2	3.4	3294	3.10	4.03	1647	2.14	2.58	1092	1.63	1.80	8.5	11.0	12.0	13.0	14.5			
1.08	3.4	3.6	3306	3.71	4.66	1653	2.52	2.95	1096	1.89	2.18	8.2	10.7	11.7	12.7	14.2			
	3.6	3.8	3316	4.31	5.29	1658	2.89	3.31	1099	2.14	2.41	7.8	10.3	11.3	12.3	13.8			
	3.0	3.2	3281	2.51	3.41	1641	1.81	2.22	1088	1.38	1.65	8.0	11.3	12.3	13.3	14.8			
1.07	5.0	6.0	3267	8.40	10.79	1633	6.32	8.80	1083	4.60	4.89	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			
	6.0	6.4	3281	10.19	11.70	1641	8.36	7.46	1088	5.67	5.37	4.5	6.5	7.5	8.5	9.9			
	4.8	5.2	3231	7.82	8.79	1615	5.01	5.46	1071	3.65	3.93	5.3	7.3	8.3	9.3	10.8			
1.06	5.2	5.6	3250	8.56	9.83	1625	5.68	6.14	1077	4.14	4.42	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			
	4.8	5.0	3220	7.15	8.28	1610	4.68	5.13	1067	3.42	3.70	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			
	6.4	7.0	3200	10.96	12.61	1600	7.62	8.13	1061	5.66	6.16	4.5	6.5	7.5	8.5	10.0			
1.10	4.2	4.6	3196	6.13	7.18	1598	4.81	4.44	1059	2.93	3.21	6.7	9.2	10.2	11.2	12.7			
1.11	3.6	4.0	3150	4.48	5.42	1575	2.98	3.38	1044	2.19	2.48	7.7	10.2	11.2	12.2	13.7			
	3.8	4.2	3167	5.04	6.03	1583	3.32	3.74	1050	2.44	2.71	7.4	9.9	10.9	11.9	13.4			
	3.4	3.8	3132	3.88	4.82	1566	2.61	3.03	1036	1.94	2.21	8.0	10.5	11.5	12.5	14.0			
1.12	5.0	5.6	3125	8.21	9.42	1563	5.40	5.85	1036	3.93	4.21	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			
	3.0	3.4	3088	2.67	3.56	1544	1.89	2.30	1024	1.44	1.70	8.6	11.1	12.1	13.1	14.6			
	3.2	3.6	3111	3.27	4.19	1556	2.25	2.66	1031	1.69	1.95	8.3	10.8	11.8	12.8	14.3			
1.14	4.6	5.2	3096	7.25	8.37	1548	4.74	5.17	1026	3.45	3.73	5.5	7.5	8.5	9.5	11.0			
	4.2	4.8	3062	6.22	7.27	1531	4.06	4.48	1016	2.97	3.24	6.0	8.0	9.0	10.0	11.5			
	5.6	6.4	3062	9.59	10.95	1531	6.41	6.88	1016	4.66	4.95	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			
1.18	4.0	4.6	3043	5.70	6.70	1522	3.72	4.14	1009	2.72	2.98	6.9	9.4	10.4	11.4	12.9			
	5.2	6.0	3033	8.74	9.99	1517	5.77	6.22	1005	4.19	4.47	6.0	8.0	9.0	10.0	11.5			
	3.6	4.2	3000	4.59	5.54	1500	3.02	3.44	994	2.23	2.50	7.5	10.0	11.0	12.0	13.5			
1.17	4.8	5.6	3000	7.83	8.99	1500	5.12	5.56	994	3.72	4.00	6.0	8.0	9.0	10.0	11.5			
	6.0	7.0	3000	10.44	11.93	1500	7.08	7.57	994	5.16	5.44	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			
	7.0	8.2	2989	12.84	13.93	1494	8.82	9.16	990	6.30	6.61	4.5	6.5	7.5	8.5	10.0			
1.16	3.4	4.0	2975	4.01	4.93	1487	2.67	3.08	986	1.98	2.25	7.8	10.3	11.3	12.3	13.8			
1.19	3.2	3.8	2947	3.41	4.31	1474	2.32	2.72	977	1.73	1.99	8.1	10.7	11.7	12.7	14.2			
	4.2	5.0	2940	6.32	7.35	1470	4.10	4.53	974	3.00	3.27	6.4	8.9	9.9	10.9	12.4			
	3.0	3.6	2917	2.88	3.68	1458	1.96	2.36	967	1.46	1.74	8.5	11.0	12.0	13.0	14.5			
1.20	4.0	4.8	2917	5.79	6.79	1458	3.78	4.18	967	2.75	3.02	6.7	9.2	10.2	11.2	12.7			
	5.0	6.0	2917	8.37	9.56	1458	5.48	5.92	967	3.96	4.26	5.5	7.5	8.5	9.5	11.0			
	3.8	4.6	2891	5.26	6.21	1446	3.42	3.83	958	2.51	2.77	7.0	9.5	10.5	11.5	13.0			
1.22	4.6	5.6	2875	7.42	8.52	1437	4.82	5.25	953	3.51	3.78	6.0	8.0	9.0	10.0	11.5			
1.23	5.2	6.4	2844	8.87	10.11	1422	5.83	6.28	942	4.24	4.51	5.0	7.0	8.0	9.0	10.5			

→ CONT. ON PAGE D4-40.
 * Provisions should be made for belt installation and take-up. Refer to page D4-71, Table 19. Interpolate C.D. for belts not listed.

TABLE 20
SC and SCB Pillow Blocks



SC/SCB Pillow Blocks (non-expansion type)*

Shaft Size A	Part Number		Weight		A	B	C	D		F Ball Diam.	G	H		J	K	L		M	N	O
	SC	SCB	SC	SCB				Min.	Max.			SC	SCB			SC	SCB			
1/2, 203	123030	123031	1.1	1.0	1	5/8	1 1/2	3/4	4 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
3/4, 2044	123032	123033	1.6	1.5	1 1/4	5/8	1 3/4	3/4	4 3/4	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1, 2056	123034	123035	1.8	1.7	1 1/2	5/8	1 3/4	3/4	4 3/4	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 1/4	123037	123038	2.8	2.8	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 1/2	123039	123040	2.7	2.8	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4, 2069	123170	123171	2.6	2.4	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4, 207	123041	123042	4.5	4.0	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123043	123044	4.4	3.9	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123045	123046	4.2	3.8	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123047	123048	4.2	3.7	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123049	123050	5.4	4.3	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123051	123052	5.3	4.2	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123053	123054	6.4	5.5	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123055	123056	6.2	5.3	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123057	123058	7.2	6.2	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1 3/4	123059	123060	7.0	6.0	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2	123061	123062	8.8	7.5	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2	123063	123064	8.8	7.2	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2 1/4	123065	123066	10.2	8.6	1 3/4	5/8	1 3/4	3/4	5 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2 1/4	123067	123068	20.5	—	2	3/4	2	3/4	6 1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2

* Sizes not listed will be priced on application. For recommended shaft tolerances, see Table 1 on page B1-3.
 * LD Protected Screw Take-Up Frame Size. (See page B5-10.)
 † Assemble-to-order. Consult factory for delivery.
 ‡ Specify series number when ordering.
 ‡ Not available.

TABLA 21
ASPERSIÓN CUADRADA
DATOS SOBRE FUNCIONAMIENTO

Conexión entrada boquilla NPT o BSPT	TIPO DE PUNTA QUICK FULLJET		Tamaño	Diám. nom. orificio outgates	Diám. máximo de paso outgates	CAPACIDAD (galones por minuto)										ANGULO DE ASPERSIÓN		
	QH	QLH				5	7	10	20	30	40	60	80	100	150	7	20	80
						psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
1/4, 1/4, 1/4, 1/2	●	●	8.8SQ	1/8	.050	28	31	36	50	60	69	83	95	1.1	1.3	40°	52°	47°
			6SQ	1/8	.050	41	51	60	83	1.0	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	60°	66°	60°
1/4, 1/4, 1/2	●	●	10SQ	1/4	1/8	.72	.85	1.0	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	2.9	3.5	62°	67°	61°
			12SQ	1/4	1/8	.86	1.0	1.2	1.7	2.0	2.3	2.8	3.2	3.5	4.3	70°	75°	68°
			14.5SQ	1/4	1/8	1.1	1.2	1.45	2.0	2.4	2.8	3.0	3.8	4.2	5.1	78°	82°	75°
1/4, 1/2	●	●	18SQ	1/2	1/8	1.3	1.5	1.8	2.5	3.0	3.4	4.1	4.7	5.3	6.4	71°	75°	68°
1/2			●	36SQ	1/2	1/4	2.6	3.1	3.6	5.0	6.0	6.9	8.3	9.5	10.5	13.0	78°	82°
Material			Códigos de material			*Las partículas extrañas con un diámetro máximo como los que aparecen en el cuadro pueden pasar a través de la boquilla sin producir obstrucciones.												
● ●			Sin código de material = Latón															
● ●			SS = Acero inoxidable 303															

TABLA 23
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA

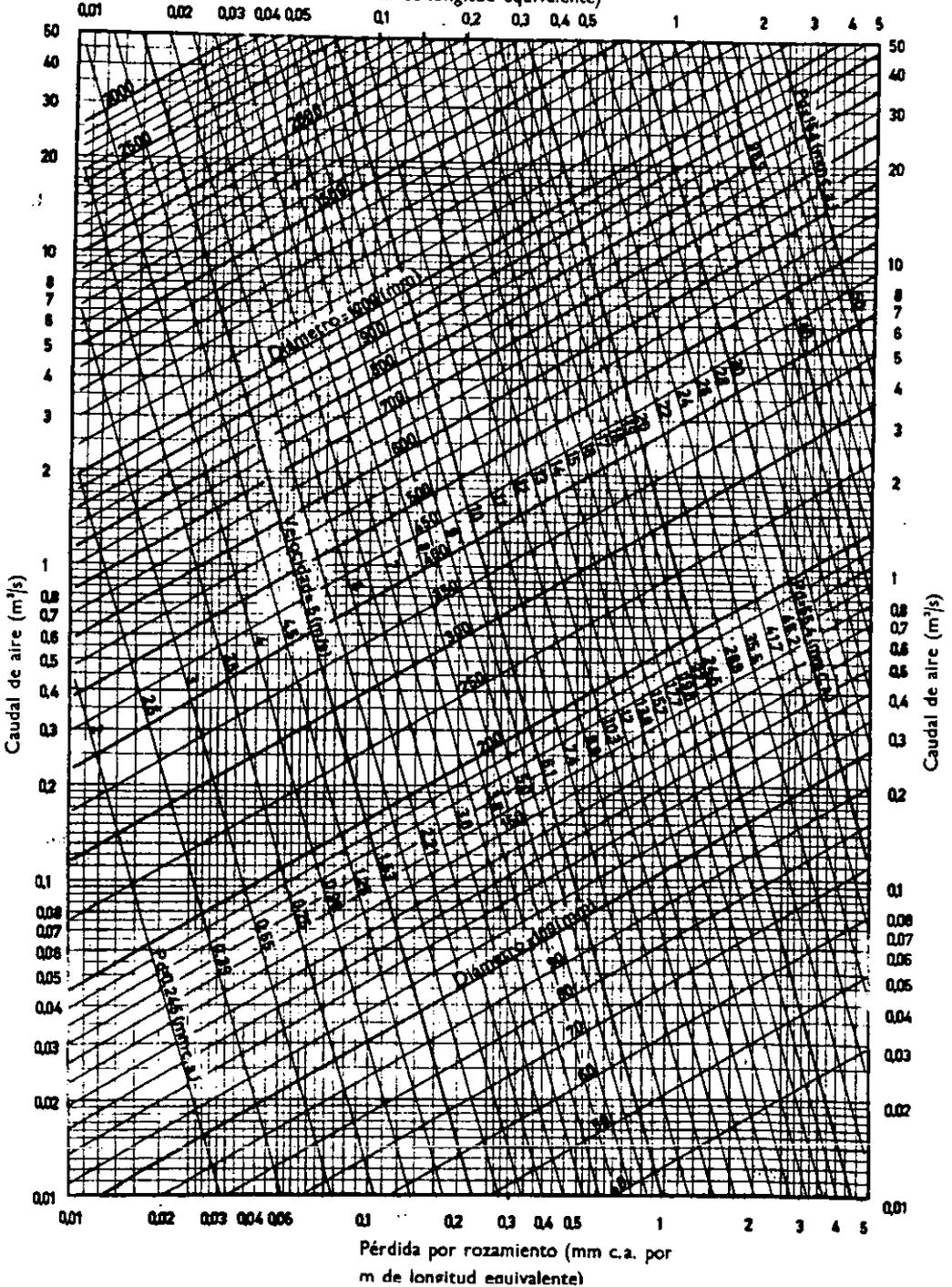
<i>Tipo de tubería</i>	<i>Rugosidad absoluta</i> — <i>k (mm)</i>	<i>Tipo de tubería</i>	<i>Rugosidad absoluta</i> — <i>k (mm)</i>
Vidrio, cobre o latón estirado..	<0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado	0,15 a 0,20
Latón industrial	0,025	Fundición corriente nueva...	0,25
Acero laminado nuevo	0,05	Fundición corriente oxidada..	1 a 1,5
Acero laminado oxidado.....	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada	0,1
Acero laminado con incrustaciones.....	1,5 a 3	Cemento alisado.....	0,3 a 0,8
Acero asfaltado.....	0,015	Cemento bruto.....	Hasta 3
Acero roblonado	0,03 a 0,1	Acero roblonado	0,9 a 9
Acero soldado, oxidado.....	0,4	Duelas de madera	0,183 a 0,91

TABLA 24
 VISCOSIDAD DINÁMICA Y CINEMÁTICA DEL AGUA EN
 FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

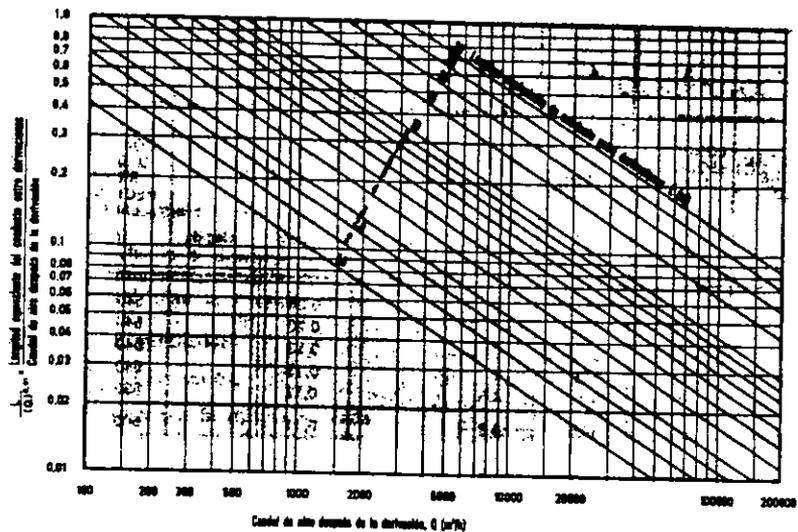
Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (10 ³ kg/m · s)	Viscosidad cinemática ν $10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \text{cSt}$
0	999,8	178,7	1,787
2	999,9	167,1	1,671
4	1.000	156,2	1,562
6	999,9	146,4	1,464
8	999,8	137,6	1,375
10	999,7	130,5	1,307
12	999,4	122,6	1,227
14	999,2	116,1	1,163
16	998,9	110,4	1,106
18	998,5	105,2	1,053
20	998,2	100,2	1,0038
22	997,7	95,5	0,957
24	997,2	91,1	0,914
26	996,6	87,2	0,875
28	996,1	83,4	0,837
30	995,7	79,7	0,801
32	994,9	76,4	0,768
34	994,2	74,1	0,745
36	993,4	70	0,705
38	992,8	68	0,685
40	992,2	65,3	0,658
45	990,2	59,8	0,604
50	988	54,8	0,554
55	985,7	50,5	0,512
60	983,2	46,7	0,475
65	980,6	43,4	0,443
70	977,8	40,4	0,413
75	974,8	37,8	0,388
80	971,8	35,5	0,365
85	968,6	33,4	0,345
90	965,3	31,5	0,326
95	961,8	29,8	0,310
100	958,4	28,2	0,295
150	916,9	18,6	0,205
200	864,6	13,6	0,161
250	799,2	10,9	0,14
300	712,4	8,91	0,132

GRÁFICA 1

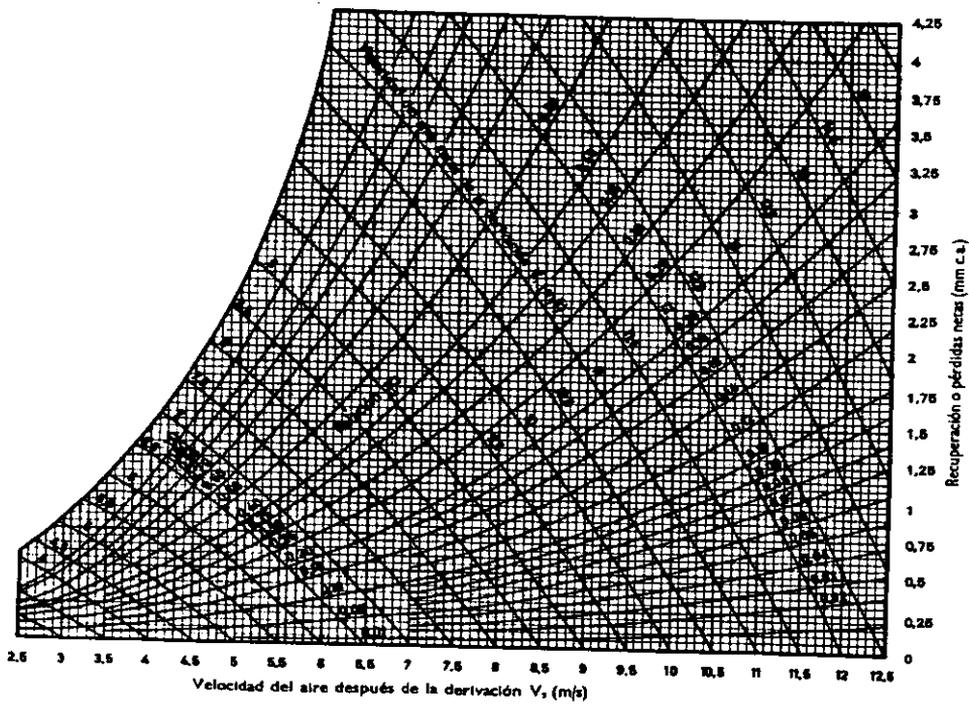
Pérdida por rozamiento (mm c.a. por m de longitud equivalente)

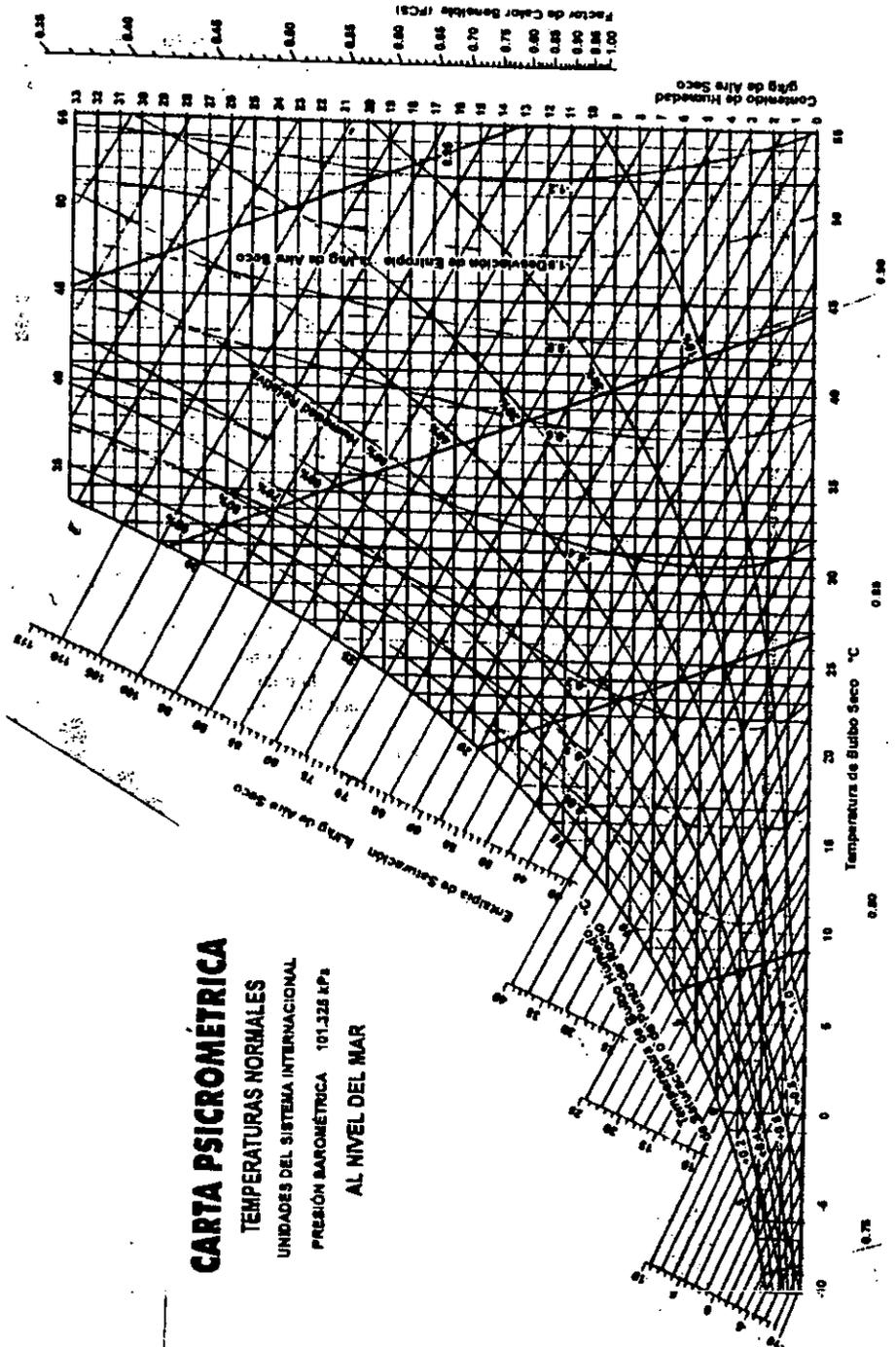


GRÁFICA 2 RELACIÓN L/Q

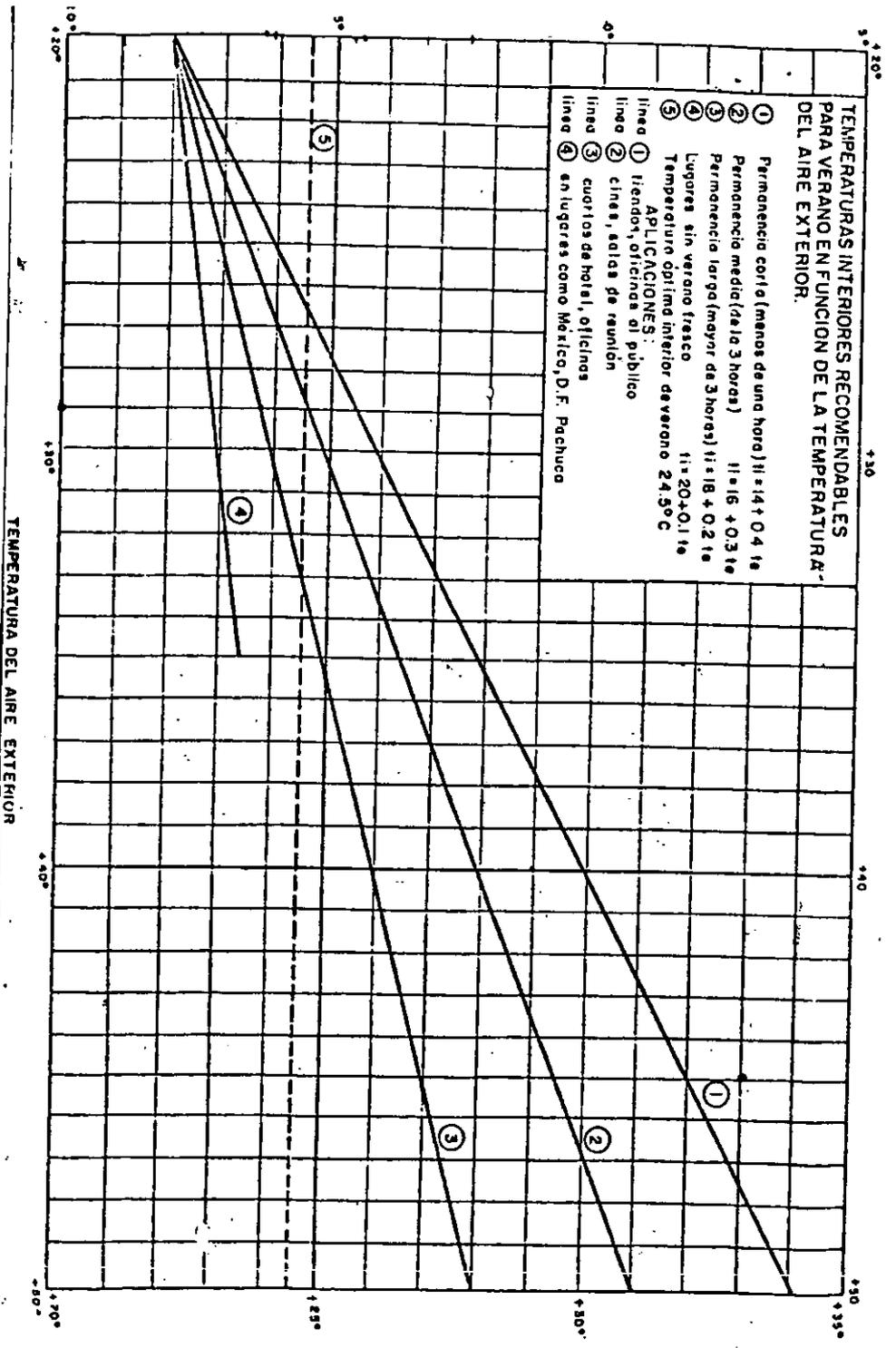


GRÁFICA 3
RECUPERACIÓN ESTÁTICA EN BAJA VELOCIDAD

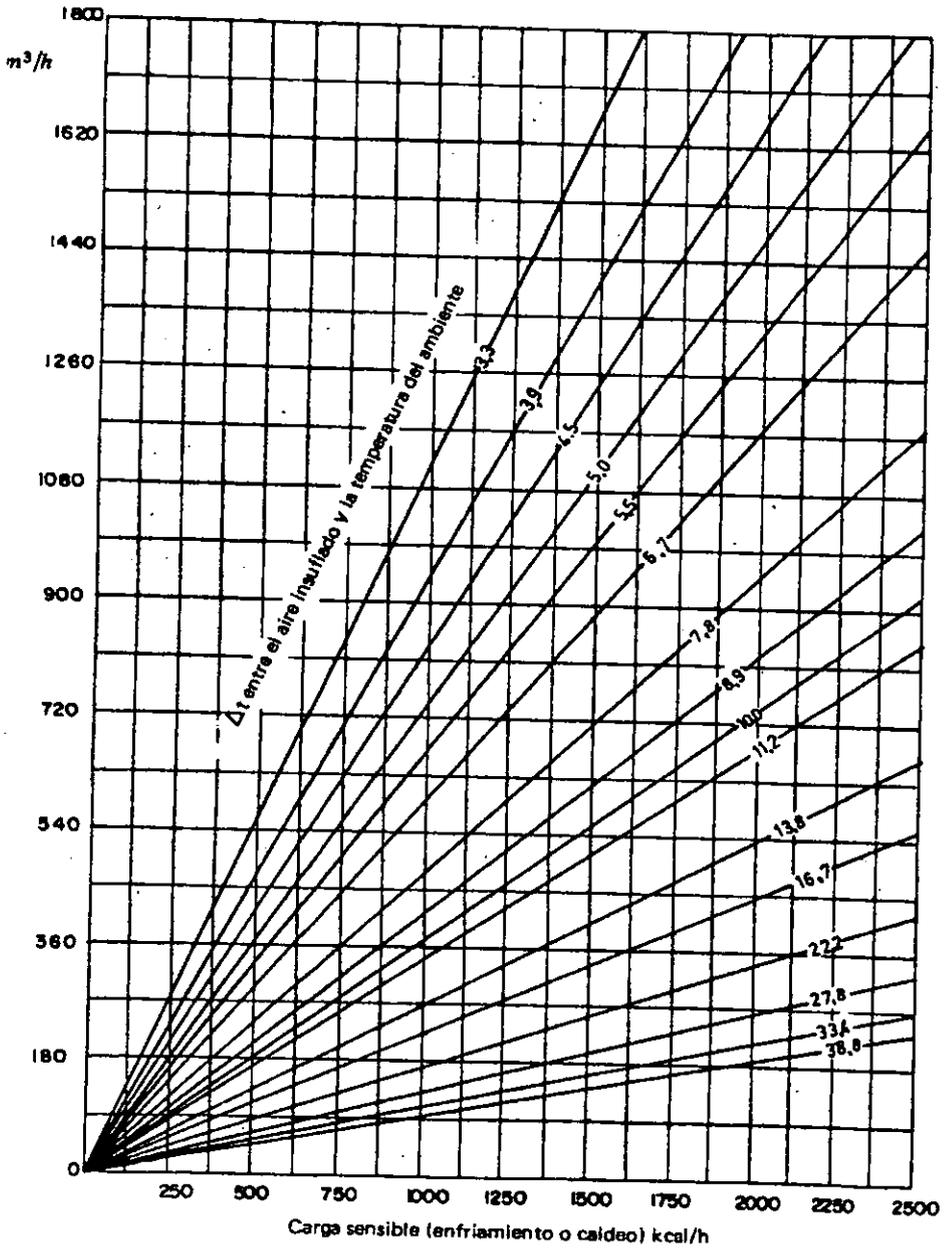




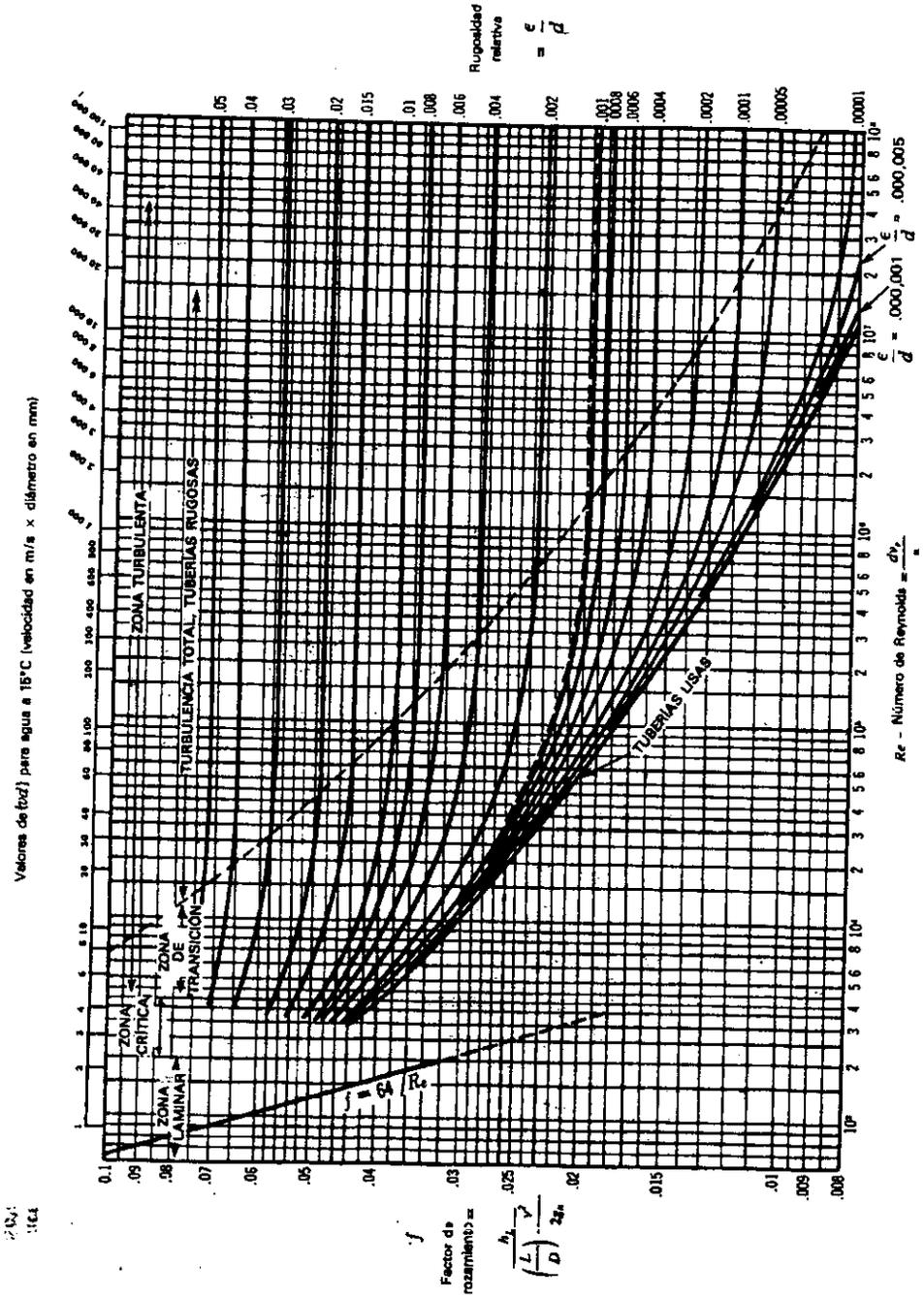
Abejo de 6°C las propiedades y las líneas de desviación de la entalpia son para el hielo



GRÁFICA 7
CANTIDAD DE AIRE

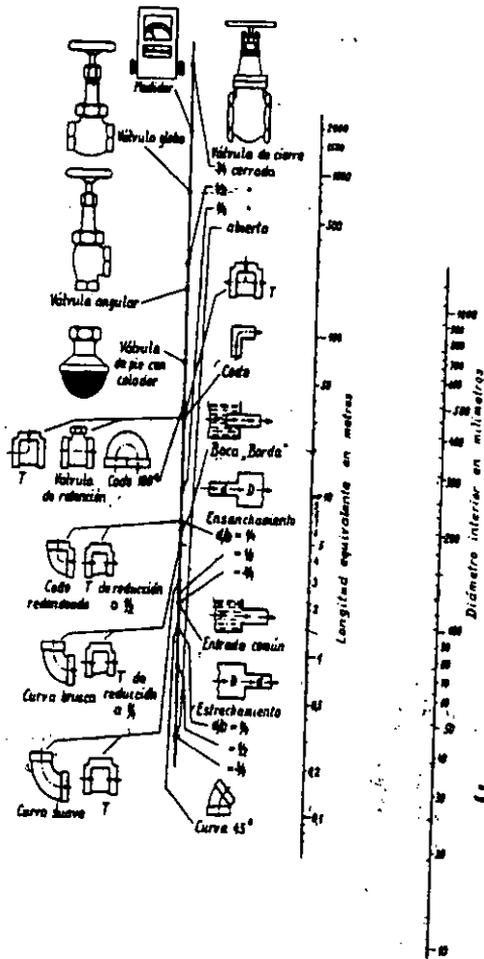


GRÁFICA 8 DIAGRAMA DE MOODY

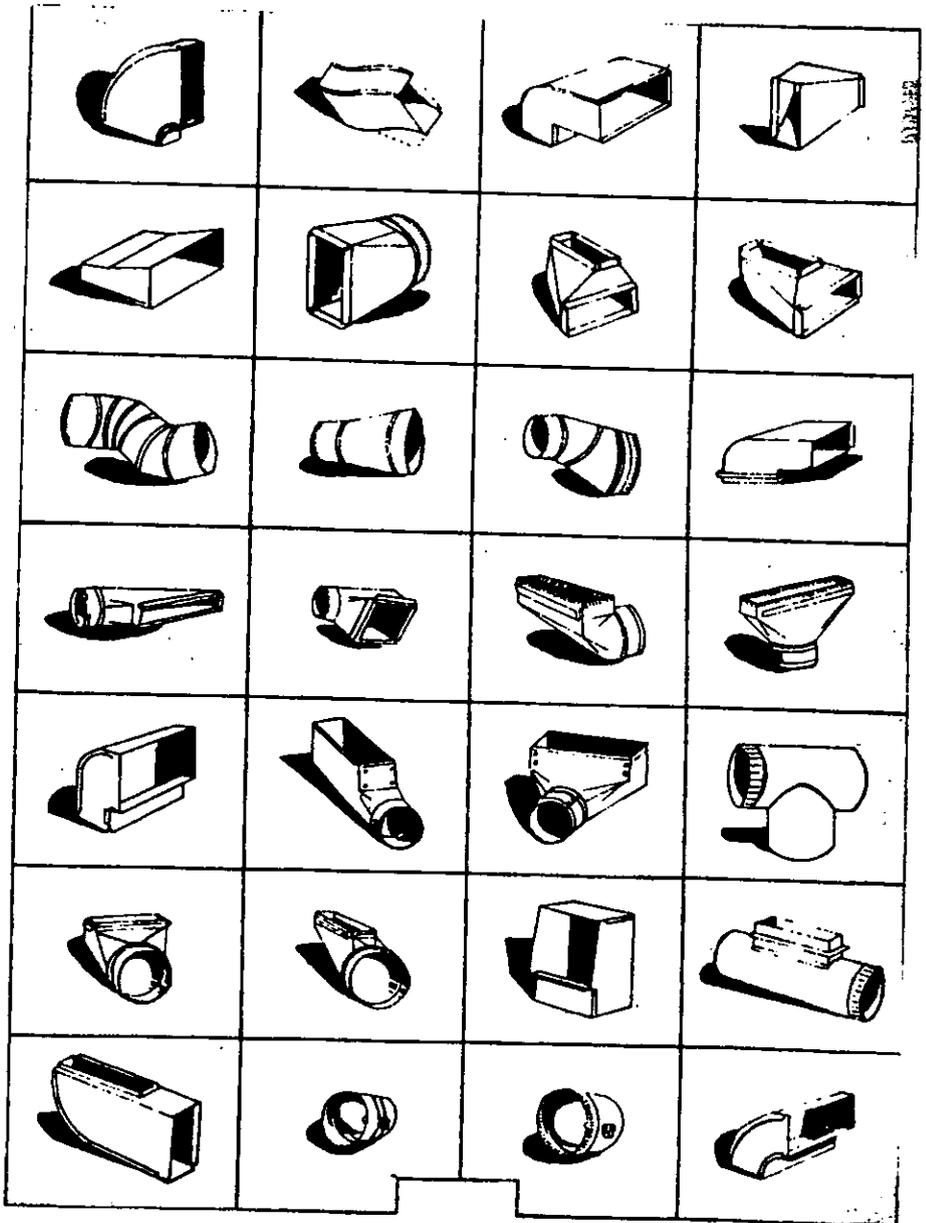


GRÁFICA 9

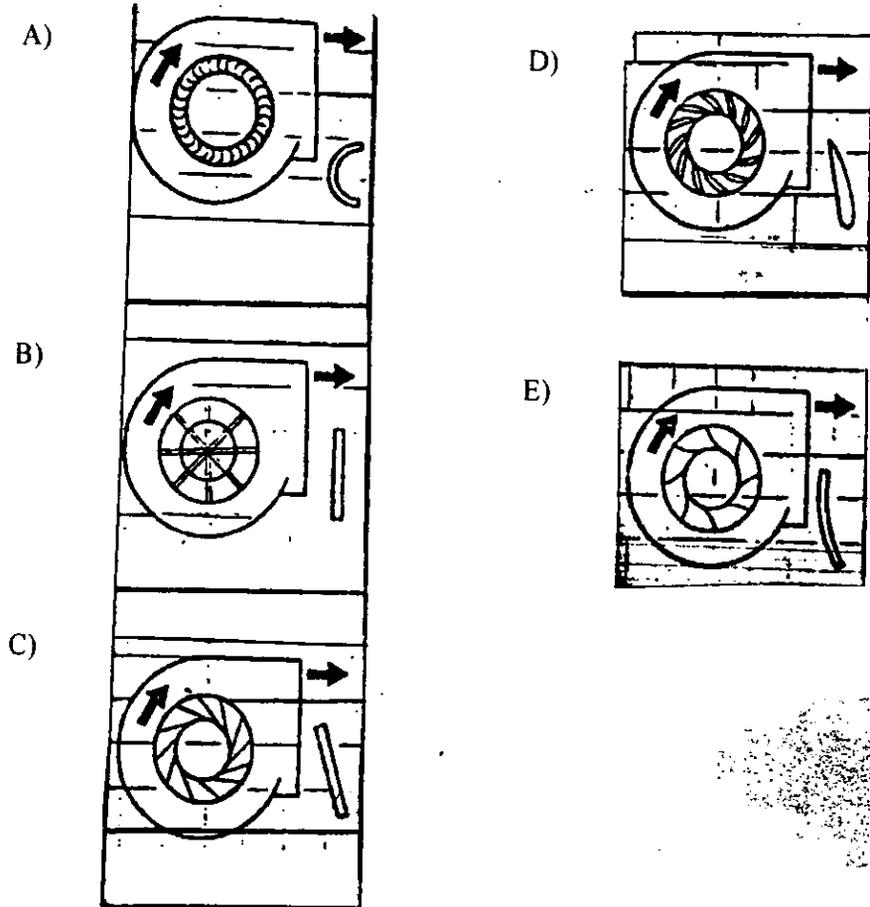
NOMOGRAMA DE PÉRDIDA DE CARGA SECUNDARIA



ESQUEMA 1 UNION DE DUCTOS

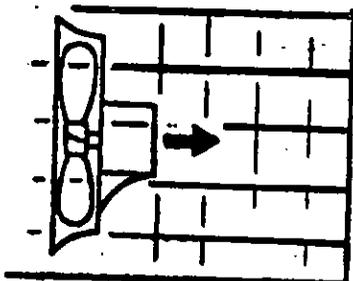


ESQUEMA 2
VENTILADORES CENTRIFUGOS

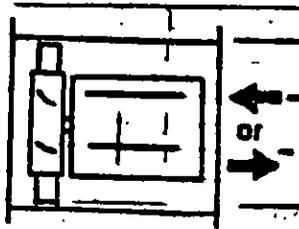


ESQUEMA 3
VENTILADORES AXIALES

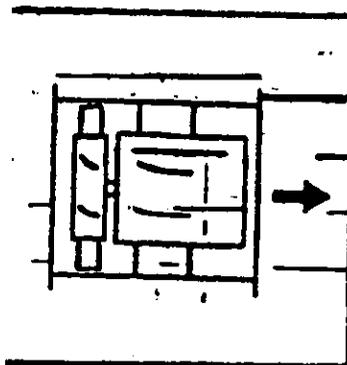
A)



B)



C)



ESQUEMA 4 POSICION DE LA BOCA DE DESCARGA



Superior horizontal,
giro a la izquierda



Superior horizontal,
giro a la derecha



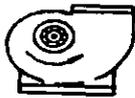
Inferior horizontal,
giro a la izquierda



Ascendente,
giro a la derecha



Inferior horizontal,
giro a la izquierda



Ascendente,
giro a la izquierda



Descendente,
giro a la izquierda



Descendente,
giro a la derecha



Inclinada
descendente,
giro a la izquierda



Inclinada
descendente,
giro a la derecha



Inclinada
ascendente superior,
giro a la derecha



Inclinada ascendente
superior, giro
a la izquierda



Inclinada ascendente
inferior, giro
a la izquierda



Inclinada ascendente
superior, giro
a la derecha



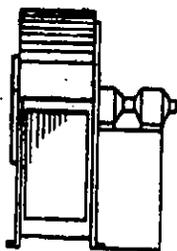
Inclinada descendente
inferior, giro
a la derecha



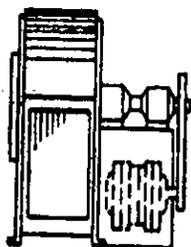
Inclinada descendente
inferior, giro
a la izquierda

El sentido de rotación está determinado desde el lado de transmisión para los ventiladores de entrada simple o doble. (El lado de transmisión de un ventilador de simple entrada se considera que es el opuesto a la entrada de aire, cualquiera que sea la colocación real de la transmisión.) Cuando los ventiladores tienen que estar invertidos por estar suspendidos del techo, el sentido está determinado descansando el ventilador sobre el suelo.

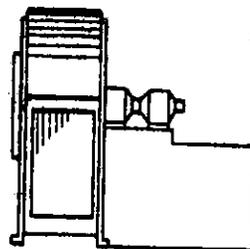
ESQUEMA 5 DISPOSICIONES DE TRANSMISIÓN



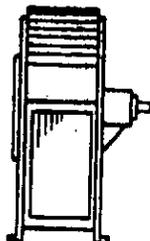
Disposición 1, SW, SI
Para transmisión por correa o acoplamiento directo. Dos cojinetes sobre la base



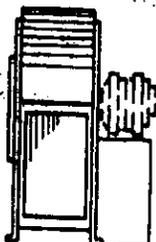
Disposición 8, SW, SI
Para transmisión por correa. Disposición 1 proyectada para montar el motor impulsor en el lado de la base



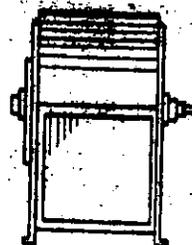
Disposición 6, SW, SI
Para transmisión por correa o acoplamiento directo. Disposición 1 más base para motor impulsor



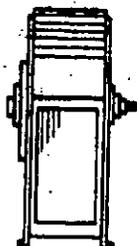
Disposición 2, SW, SI
Para transmisión por correa o acoplamiento directo. Cojinetes en ménsula soportada por caja del ventilador



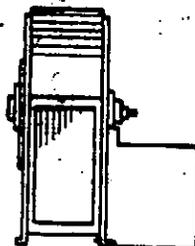
Disposición 4, SW, SI
Para transmisión directa. Sin cojinetes en ventilador. Base montada o motor impulsor incorporado acoplado directamente



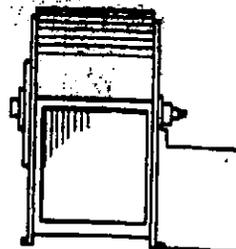
Disposición 5, DW, DI
Para transmisión por correa o acoplamiento directo. Un cojinete en cada lado y soportado por la caja del ventilador



Disposición 3, SW, SI
Para transmisión por correa o acoplamiento directo. Un cojinete en cada lado y soportado por la caja de ventilador. No recomendada con rodete de 700 mm de diámetro o más pequeño



Disposición 7, SW, SI
Para transmisión por correa o conexión directa. Disposición 3 más base para motor impulsor. No recomendado en rodetes de 700 mm diámetro o menores



Disposición 7, DW, DI
Para transmisión por correa o acoplamiento directo. Disposición 3 más base para motor impulsor

APÉNDICE

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA UNIDAD LAVADORA DE AIRE

Aplicando mantenimiento preventivo con regularidad a esta unidad, hace que se mantenga en buen estado y es clave para que proporcione un servicio efectivo y prolongado. De esta manera se evitan reposiciones innecesarias de las partes que integran la ULA. La unidad tendrá utilidad en la temporada de primavera-verano, para la cual se recomienda lo siguiente:

REQUERIDO	ARRANQUE DE TEMPORADA	MEDIA TEMPORADA	FIN DE TEMPORADA
Cerrar el suministro de agua y drenar completamente.			X
Lubricación de chumaceras del eje de turbinas.	X	X	X
Ajuste de tornillería en general	X	X	
Limpieza general de la unidad y depósito de agua	X	X	X
Limpieza y lubricación de la bomba de agua	X	X	X
Inspección periódica	X	X	X
Lubricación del motor			X
Aislamiento de ducto	X	X	

LIMPIEZA DE LA UNIDAD:

- 1- Asegurarse de interrumpir el suministro de energía eléctrica antes de dar mantenimiento a su aparato.
- 2- Retirar las tapas laterales, trasera y superior de la unidad.
- 3- Drenar completamente la unidad, utilizando el tubo de drenado.
- 4- Con un cepillo suave (cerdas plásticas) limpiar el depósito del agua, removiendo las sales minerales y polvo acumulado (Utilizar solo agua limpia).
- 5- Llenar el tanque de agua y verificar que no halla fugas.
- 6- Si la unidad permanece fuera de servicio por más de 30 días asegurarse de cerrar la alimentación principal de agua y el suministro de energía eléctrica del aparato.

LUBRICACIÓN DE MOTOR Y CHUMACERAS:

- 1- Revisar que el motor se encuentre perfectamente limpio, sin presencia de sales minerales (sarro)
- 2- Lubricar el motor y chumaceras con aceite grado SAE 20-30W para evitar desgastes prematuros.
- 3- Para lubricar el motor remover la tapa de la aceitera y aplicar de 4 a 6 gotas de aceite. Asegurarse de colocar y cerrar la tapa nuevamente.
- 4- Para lubricar las chumaceras, remover la tapa de la aceitera y aplicar un mínimo de 6 gotas de aceite. Cerrar la tapa perfectamente.

 AISALAMIENTO DE DUCTO:

Sabiendo que la unidad inyecta aire frío al interior del local y empuja el aire caliente hacia el exterior, un buen aislante alrededor de la ductería que se encuentra a la intemperie, permitirá mantener en la salida un aire más frío. Además un buen aislante que proteja los techos de la casa contribuyen a que la radiación solar no filtre calor excesivo hacia el interior, aumentando el confort y la frescura.

AJUSTE DE BANDA:

- 1- No ajustar la tensión de la banda cambiando el diámetro de poleas. Ajustar moviendo y ajustando únicamente el soporte de la base del motor.
- 2- Desconectar la energía eléctrica a la unidad y asegúrese que la banda no este girando antes de ajustar su tensión.
- 3- La tensión y alineación correcta de la banda es factor importante par lograr que el motor alcance su máxima capacidad y prolongar la vida de ambas partes.
- 4- Las bandas y poleas no han sido previamente ajustadas de fábrica. Evite perder su garantía.
- 5- Las bandas tienden a aflojarse con el uso, por lo que en cada mantenimiento deberá verificarse el desgaste y la tensión correcta de la misma.
- 6- Para ajustar la tensión de la banda, aflojar los tornillos de la base del motor, y la banda se afloja, mover el motor hacia atrás junto con la base hasta tensar la banda. Esta deberá tener de 12.7 mm (1/2") a 29 mm (3/4") de flexión manual por lado. Una vez que tenga la tensión requerida, proceda a apretar los 3 tornillos de la base.

AJUSTE DE POLEA VARIABLE:

Como la unidad está conectada a un ducto, el desplazamiento del aire y el amperaje del motor se reducirán debido a la restricción del aire en el ducto. Para compensar esta pérdida, la polea del motor se ajusta abriéndola o cerrándola utilizando un amperímetro para verificar el amperaje correcto del motor.

AJUSTE DE POLEA FIJA:

- 1- Alinear la polea del motor con la polea de la turbina moviéndola hacia fuera o hacia adentro sobre el eje del motor hasta que quede alineado a la vista o con el uso de una regla metálica.
- 2- Apretar el tornillo de la polea motriz a tope 2.5 kg/cm², si usa herramienta. Evitar ajustarla hasta el punto en que la polea pudiera hacer contacto con el motor.
- 3- Hacer girar la turbina, manualmente, para asegurarse que se mueva libremente sin rozar contra la caja de la turbina.
- 4- No rebasar el amperaje máximo de salida del motor que viene impreso en la placa del mismo, para no dañarlo.

- 5- Unicamente personal calificado, con conocimientos y equipo adecuados deberán ajustar poleas de paso variable.

LIMPIEZA DE LA BOMBA DE AGUA:

- 1- Desconectar la bomba de la caja de conexiones eléctricas.
- 2- Retirar la bomba del gabinete.
- 3- Liberar cuidadosamente la tapa del impulsor colocada en la parte inferior de la bomba.
- 4- Usando una solución de detergente suave, lavar las cavidades interiores y alrededor del impulsor y la tapa.
- 5- Girar libremente el impulsor de la bomba para eliminar cualquier material extraño incrustado.
- 6- Quitar la tapa superior, presionando por los costados el cuerpo de la bomba para expulsar la tapa. No sobreapretar.
- 7- Verificar que el impulsor gire libremente.
- 8- Colocar la tapa superior.
- 9- Reinstalar la bomba.
- 10- Usar un cedazo nuevo para proteger la bomba.

TABLA DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES

FALLA DETECTADA	CAUSA PROBABLE	ACCION A TOMAR
La unidad no arranca	- Pasa corriente a la unidad	- Revisar corriente eléctrica
	- Se fundió un fusible	- Cambiar fusibles
	- Se desconectó el interruptor	- Reaccionar interruptor
	- Motor sobrecalentado se protege	- Revisar conexiones eléctricas
	- Motor quemado	- Reparar motor o cambiarlo, previamente detectar falla que ocasionó el problema.
	- Cableado interno	- Revisar instalación

	con fallas	eléctrica
	- Corto circuito	- Revisar instalación eléctrica
Enfriamiento insuficiente	- Difusor mal dirigido - No fluye suficiente agua para mojar los paneles - La bomba no funciona - - Tubería de alimentación de agua suelta - Mala selección del equipo	- Orientar correctamente el difusor - Revisar el sistema de distribución de agua. - Desconectar la bomba y verificar que funcione el impulsor del abanico - Verificar fugas y sellar perfectamente. - Realizar nuevamente el cálculo
Flujo de aire inadecuado (bajo)	- Circulación de aire insuficiente - Sobrecarga del motor	- Aumentar la ventilación - Revisar la instalación
El motor se enciende y se apaga cíclicamente	- Flecha de turbina forzada - Sobrecarga del motor - Turbina mal centrada - Banda tensa	- Revisar el desgaste de las chumaceras - Revisar la instalación - Alinear turbina - Ajustar la tensión de la banda
Se tira agua por el drenado.	- Nivel de agua inadecuado - Fuga en la válvula de flotador	- Ajuste el flotador al nivel correcto - Cambiar el flotador

Ruidos o golpeteo interior	<ul style="list-style-type: none"> - La turbina roza con su caja o está desbalanceada - Chumaceras sin aceite - Partes sueltas 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el sistema impulsor de aire. - Aceitar las chumaceras - Conectar o sujetar de nuevo.
Se percibe un olor desagradable	<ul style="list-style-type: none"> - Agua estancada en el depósito - Paneles sucios 	<ul style="list-style-type: none"> - Tirar el agua, lavar y limpiar el depósito. - Cambiar los paneles de madera
Excesiva humedad en la habitación	- Circulación de aire insuficiente	- Abrir ventanas para liberar humedad interior.

BIBLIOGRAFÍA

BURGESS H. JENNINS
SAMUEL L. LEWIS
Aire Acondicionado y Refrigeración
Editorial CECSA
México, 1992.

CARRIER
Manual de Aire Acondicionado
Editorial Marcombo
Barcelona, 1986.

ESPINOZA HERNÁNDEZ HELIODORO
Elementos de Refrigeración y Aire Acondicionado
Editorial HP
México, 1975.

HABRELLA
Fundamentos de Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento de Aire
Editorial McGraw Hill
México, 1983.

HERNÁNDEZ GORIBAR, EDUARDO
Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración
Editorial Limusa
México, 1986.

INSTITUTO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDIONADO
Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado
Editorial Prentice Hall
México, 1994

PERAGALLO TORREIRA RAÚL
Elementos Básicos de Aire Acondicionado
Editorial Paraninfo
España, 1979.

VALYCONTROL, S.A. DE C. V.
Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado
Editorial Impre - Jal
México, 1996.