



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

**DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DUCTERÍA PARA LA  
DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO DADO POR CUATRO  
MANEJADORAS EN ALMACENES CARRIÓN**

**Edwin Steward López Mazariegos**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DUCTERÍA PARA LA  
DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO DADO POR CUATRO  
MANEJADORAS EN ALMACENES CARRIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDWIN STEWARD LÓPEZ MAZARIEGOS**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Arturo Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DUCTERÍA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO DADO POR CUATRO MANEJADORAS EN ALMACENES CARRIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha de 11 de octubre de 2005.

**Edwin Steward López Mazariegos**

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **DIOS**

Por su amor y bendiciones en mi vida.

### **MI PADRES**

Edwin López y Virginia de López, por todo su amor, esfuerzo y ejemplo de seguir adelante.

### **MIS HERMANOS**

Por compartir la vida y ser un apoyo para mí.

### **MI FAMILIA**

Por el amor e instrucción que me han compartido.

### **MIS AMIGOS**

Por su amistad y apoyo que me han brindado.

### **LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

Por ser mi casa de estudio.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SIMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XIII
<b>OBJETIVOS</b>	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XVII
<b>1. FASE DE INVESTIGACIÓN</b>	1
1.1. Generalidades	2
1.1.1. Acondicionamiento de aire	6
1.1.2. Diseño de sistemas de aire acondicionado	7
1.1.2.1. Diseño de sistemas de ductería	9
1.1.2.2. Dimensionamiento de conductos	14
1.1.2.2.1. El método de igual fricción	14
1.2. Datos del equipo de aire acondicionado	18
1.3. Evaluación física del área	24
1.4. Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 1	27
1.4.1. Distribución de caudal de aire	32
1.4.2. Dimensionamiento de conductos y conexiones	33
1.4.3. Cálculo de caída de presión	35
1.5. Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 2	36
1.5.1. Distribución de caudal de aire	36
1.5.2. Dimensionamiento de conductos y conexiones	44
1.5.3. Cálculo de caída de presión	46

1.6. Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 3	47
1.6.1. Distribución de caudal de aire	51
1.6.2. Dimensionamiento de conductos y conexiones	52
1.6.3. Cálculo de caída de presión	54
1.7. Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 4	55
1.7.1. Distribución de caudal de aire	57
1.7.2. Dimensionamiento de conductos y conexiones	59
1.7.3. Cálculo de caída de presión	61
1.8. Resultados	62
<b>2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL</b>	
2.1. Construcción de los sistemas de ductería	66
2.2. Soportería	70
2.3. Sistema de ductería para la manejadora # 1	74
2.3.1. Cálculo de materiales	75
2.3.2. Construcción e instalación	76
2.4. Sistema de ductería para la manejadora # 2	77
2.4.1. Cálculo de materiales	78
2.4.2. Construcción e instalación	79
2.5. Sistema de ductería para la manejadora # 3	80
2.5.1. Cálculo de materiales	81
2.5.2. Construcción e instalación	82
2.6. Sistema de ductería para la manejadora # 4	83
2.6.1. Cálculo de materiales	84
2.6.2. Construcción e instalación	85
2.7. Costo total del proyecto	86
2.8. Plan de mantenimiento Preventivo	87
2.8.1. Mantenimiento al <i>Chiller</i> y unidades manejadoras	88



<b>CONCLUSIONES</b>	93
<b>RECOMENDACIONES</b>	95
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	97



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Representación de una canalización	10
2	Conexión de dos ramales	12
3	Conexiones	14
4	Transición	15
5	Pérdidas por fricción de flujo de aire a través de ductos redondos de lámina galvanizada	16
6	Diámetros de ductos redondos equivalentes	17
7	Pérdidas de presión en conexiones de ductos	18
8	<i>Chiller Carrier</i>	19
9	Dimensiones del <i>Chiller Carrier</i>	20
10	Diagrama general del sistema de la unidad Chiller	21
11	Ventiladores centrífugos	22
12	Manejadoras del sistema Chiller	23
13	Corte frontal del local	24
14	Posición de las manejadoras en el local, cortes longitudinales y transversales del área	25
15	Dimensiones del área en primer nivel	26
16	Dimensiones del área en segundo nivel	26
17	Distribución de aire para el sistema # 1	32
18	Plano del sistema de ductería para la manejadora # 1	34
19	Tipos de filtros y diámetros de las partículas	37
20	Filtro húmedo	38
21	Filtro seco	39

22	Distribución de aire para el sistema # 2	43
23	Plano del sistema de ductería para la manejadora # 2	45
24	Comportamiento del aire impulsado a un costado de un local	49
25	Comportamiento del aire en un local con diferentes posiciones de impulsión y aspiración	50
26	Comportamiento del aire en un local con obstáculos	51
27	Distribución de aire para el sistema # 3	51
28	Plano del sistema de ductería para la manejadora # 3	53
29	Tipos de difusores	57
30	Distribución del aire para el sistema # 4	58
31	Plano del sistema de ductería para la manejadora # 4	60
32	Piezas para el acople de elementos de ductería	66
33	Ducto redondo flexible	67
34	Fibra de vidrio flexible	68
35	Dobladora	69
36	Varilla roscada con roldadas y tuercas	71
37	Soportería utilizando alambre	72
38	Soportería utilizando varillas roscadas y angulares	72
39	Soportería colocada a techo de losa	73
40	Corte longitudinal del primer diseño del sistema # 1	74
41	Corte longitudinal del diseño final del sistema #1	75
42	Fotografías de la instalación del sistema # 1	76
43	Fotografías del acople de ductería a la unidad # 1	76
44	Corte longitudinal de una parte del sistema #2	77
45	Fotografías del avance de la instalación del sistema # 2	79
46	Fotografías de la parte final de la instalación del sistema # 2	79
47	Fotografía de un ramal del sistema # 3	80
48	Corte longitudinal de una parte del sistema # 3	81
49	Fotografías del avance de la instalación del sistema # 3	82

50	Fotografías de la parte final de la instalación del sistema # 3	82
51	Corte longitudinal de una parte del sistema # 4	83
52	Fotografías del avance de la instalación del sistema # 4	85
53	Fotografías de la parte final de la instalación del sistema # 4	85

## TABLAS

I.	Componentes del aire seco	27
II.	Aire contaminado	28
III.	Causas de insatisfacción por la calidad de aire interior	30
IV.	Tamaño de partículas	31
V.	Polvo de la calle	31
VI.	Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 1	33
VII.	Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 1	35
VIII.	Características de un filtro húmedo	38
IX.	Comportamiento de un filtro seco	40
X.	Selección de separadores y filtros	42
XI.	Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 2	44
XII.	Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 2	46
XIII.	Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 3	52
XIV.	Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 3	54
XV.	Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 4	59
XVI.	Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 4	61
XVII.	Clasificación de lámina por número de calibre	67
XVIII.	Cálculo de materiales para el sistema # 1	75

XIX.	Cálculo de materiales para el sistema # 2	78
XX.	Cálculo de materiales para el sistema # 3	81
XXI.	Cálculo de materiales para el sistema # 4	84
XXII.	Costo total del proyecto	86
XXIII.	Mantenimiento del <i>Chiller Carrier</i>	91

## LISTA DE SÍMBOLOS

"	Pulgadas.
°	Grados.
°C	Grados centígrados.
°F	Grados <i>Fahrenheit</i> .
µm	Micras.
A/A	Aire acondicionado.
ACCA	<i>Air conditioning contractors of America.</i>
ARI	<i>Air-Conditioning and Refrigeration Institute.</i>
ASHRAE	<i>American society of heating, refrigeration and air Conditioning Engineers.</i>
Btu/h	Unidad Térmica Británica por hora.
C	Coeficiente de fricción.
CFM	Pies cúbicos por minuto (siglas en ingles).
ft <sup>2</sup> /BTU	Pies cuadrados por Unida Térmica Británica.
g/m <sup>3</sup>	Gramos sobre metros cúbicos.
Hf	Pérdida de presión (siglas en ingles).
HP	Caballos de fuerza (siglas en ingles).
hr	Hora.
L	Longitud.
m	Metros.
m/s	Metros sobre segundos.
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados.
mg/m <sup>3</sup>	Miligramos sobre metros cúbicos.
mm c.d.a	Milímetros de columna de agua.
p	Pies.
p/min	Pies por minuto.

<b>pH</b>	Potencial hidrogeno.
<b>Pulg</b>	Pulgadas.
<b>Vf</b>	Velocidad final.
<b>Vo</b>	Velocidad inicial.



## GLOSARIO

<b><i>Bushines</i></b>	Elementos por los cuales giran las aspas del ventilador.
<b>Capacitor</b>	Es un dispositivo que almacena energía en la forma de un campo eléctrico.
<b>Carter</b>	Elemento del compresor que contiene al aceite lubricante.
<b><i>Chiller</i></b>	Es un equipo diseñado especialmente para enfriar agua la cual es utilizada para muchas aplicaciones.
<b>Ciclo frigorífico</b>	El refrigerante tiene una condición y un estado inicial, pasa por una serie de procesos que son regulación, evaporación, compresión y condensación, y vuelve a su estado inicial.
<b>Compresor</b>	Es utilizado para comprimir un fluido en su estado gaseoso para utilizarlo en el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
<b>Compresor de tornillo semi - hermético</b>	Utiliza un sistema de tornillo para la compresión del gas. Tanto el motor como el compresor están herméticamente sellados en el interior por una cubierta común.

<b><i>Darcy</i></b>	Factor de fricción usada en hidráulica.
<b><i>Duct wrap</i></b>	Envoltura de ducto.
<b>Ductulador</b>	Herramienta utilizada en aire acondicionado para diseñar sistemas de ductería.
<b>Humidostato</b>	Es un control automático de humedad.
<b>Presostato</b>	Dispositivo utilizado para identificar la presión baja o alta en el sistema de refrigeración.
<b>R-12</b>	Gas refrigerante diclorodifluorometano.
<b>R-22</b>	Gas refrigerante monoclorodifluorometano.
<b>Reles térmicos</b>	Son dispositivos para la protección del motor compresor, que utilizan procedimientos térmicos para temporizar.
<b>Retardadores</b>	Dispositivo que retarda el paso de corriente hacia la bobina del compresor.
<b>Válvula de expansión</b>	Es una válvula utilizada para la expansión del refrigerante.
<b>Válvula solenoide</b>	Es un elemento regulador de presión.

## RESUMEN

Almacenes Carrión es una empresa que trabaja en ventas de ropa. Está ubicado en la zona 4 de la ciudad capital de Guatemala. El local fue adquirido con un sistema incompleto de acondicionamiento de aire que incluye un *Chiller*, cuatro manejadoras de aire y un sistema de tubería de agua fría conectado a las unidades. Para completar este sistema debe aplicarse un sistema de ductería.

El diseño de un sistema de acondicionamiento de aire representa una serie de pasos, los cuales son: la evaluación física, cálculo de carga térmica, selección del equipo, diseño de sistema de ductería, construcción, instalación, arranque y prueba.

Para el diseño del sistema de ductería existen varios métodos para el dimensionamiento y cálculo de caída de presión en el sistema el cual relaciona el diámetro de ducto redondo con el caudal de aire para formar ductos de forma rectangular.

La distribución del aire y la selección de los suministros forman parte del diseño de ductería. Para la elaboración del sistema de ductería es considerado varios factores, como: el cálculo y costo de materiales, mano de obra, construcción e instalación de ductería, programación, diseño arquitectónico del edificio.

La mayoría de las fallas en las unidades acondicionadoras de aire es por no tener un adecuado mantenimiento. Se aplica a los sistemas con el fin de alargar

a vida útil del equipo, mantener su eficiencia, prevenir que el deterioro y falla del equipo.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollo e instalación del sistema de ductería para cuatro manejadoras en Almacenes Carrión, Centro comercial Plaza zona 4, Ciudad Guatemala.

### **Específicos**

1. Conocer el proceso de construcción e instalación de sistemas de ductería para equipos de aire acondicionado.
2. Diseño de los sistemas de ductería para cada manejadora.
3. Cálculo de materiales necesarios para la construcción del sistema de ductería.
4. Instalación del sistema de ductería.



## INTRODUCCIÓN

El acondicionamiento del aire es el proceso que enfría, limpia y circula el aire; controlando, además, su contenido de humedad. En condiciones ideales se logra todo esto de manera simultánea. Enfríar significa eliminar calor, otro término utilizado para decir refrigeración. El aire acondicionado, obviamente incluye a la refrigeración. Los sistemas para el acondicionamiento proporcionan refrigeración en verano o ante temperaturas altas. Estos sistemas producen el enfriamiento del aire del local o vivienda a costa del calentamiento del aire exterior.

El calor se extrae del local, y lo transfiere al ambiente exterior. El aire acondicionado ha sido creado para el confort de las personas en los lugares donde habitan, trabajan o permanecen. Actualmente ha llegado a ser necesario para mantener un ambiente agradable en lugares donde hay calor o frío.

Existen diversos factores importantes para lograr acondicionar cierto lugar, es necesario un estudio para concluir con un buen acondicionamiento. No existe un método único para su aplicación en la instalación pero requiere de mucha atención los pasos siguientes: estudios de planos, cálculo de carga térmica, selección del equipo adecuado, diseño del sistema de ductería, instalación y puesta en marcha.

El proyecto que se presenta trata del diseño, construcción e instalación de un sistema de ductería para cuatro manejadoras (2 manejadoras de 15,000 CFM y 2 manejadoras de 20,000 CFM para un centro comercial llamado Almacenes Carrión, ubicada en el Centro Comercial Plaza zona 4. 6ta avenida

0-79. z.4. Este sistema de aire acondicionado consta de un equipo tipo *Chiller* marca *Carrier* enfriado por agua, un sistema de tubería para la recirculación del agua y 4 manejadoras anteriormente mencionadas.

En las fases de investigación y técnico profesional, aparte de presentar las etapas de diseño, construcción e instalación de los sistemas de ductería, se presenta diferentes conceptos y temas, profundizándose en algunos, para ofrecer un mayor conocimiento con relación al aire acondicionado. El aire, su acondicionamiento, movimiento, filtros, difusores, diseño de sistemas de acondicionado, diseño de sistemas ductería, son algunos de los temas que se presentan.



## 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

Almacenes Carrión es una empresa hondureña fundada en 1970 por el sr. Vicente Carrión y su esposa Francisca Carrión para luego ampliarse hacia otros países y entre ellos Guatemala. Tiendas Carrión dedicada a ventas clasificadas por departamentos para caballeros, damas, niños, deportes, hogar, zapatería, perfumería.

Este proyecto esta enfocado al diseño del sistema de ductería de aire acondicionado en almacenes Carrión ubicada en el centro comercial plaza zona 4. con un área aproximadamente de 5322 m<sup>2</sup>, básicamente es el área a acondicionar tomando en cuenta que el local se distribuirá generalmente en planta baja, planta alta y un sector de bodega en la parte de atrás. Como se menciona esta es una tienda de ventas de varios productos como ropa, muebles, equipos, accesorios en donde tiene un movimiento de muchas personas lo cual requiere un ambiente agradable para las personas que estén trabajando en el lugar y para los clientes.

Almacenes Carrión adquirió este lugar en donde se encontraba ya instalado un sistema de aire acondicionado enfriado por agua conocido como *Chiller* que utiliza manejadoras para la distribución del aire. Carrión rediseño el área comercial en donde incluye la reinstalación del sistema de ductería adecuada para la distribución del aire dentro del recinto.

Tomando en cuenta que ya existe un equipo acondicionador este proyecto trata entonces del diseño e instalación del sistema de ductería para la distribución de aire acondicionado dado por cuatro manejadoras en Almacenes Carrión.

Antes de describir estos procesos, es necesario conocer algunos conceptos y detalles importantes con relación a este proyecto y generalidades sobre el aire acondicionado.

## **1.1 Generalidades**

El Acondicionamiento del aire viene desde miles de años atrás. El hombre descubrió el fuego como una fuente de calor, utilizaba pieles para mantener el calor corporal y dependía del área en donde viviera, en otros lugares se usaba abanicos para mantener la comodidad cuando hubiera calor. Un ventilador impulsado por el agua, calderas, radiadores, hornos de aire caliente, ventiladores mecánicos, calentadores, plantas de vapor y más, son parte de la evolución del acondicionamiento del aire y la habilidad de lograr el confort humano.

En el año 1894 varios ingenieros relacionados con la ventilación y calefacción empezaron la sociedad americana de ingenieros sobre la calefacción y ventilación con el propósito de progresar en el negocio y aumentar el trabajo de los ingenieros en esta área. Muchos proyectos importantes fueron realizados lo que formo parte del desarrollo de la industria del aire acondicionado. En 1904 el termino "aire acondicionado" fue designado para abarcar los tratamientos de ventilación, calefacción y humidificación del aire.

A principios de los años 20 el aire acondicionado conquista el campo de los cines y teatros, los cuales eran sistemas de diseño y fabricación especial también se desarrolló el primer aire acondicionado para habitación. A finales de los 20 se empezó a introducir en campo de la industria. El desarrollo de un refrigerante seguro fue otro paso muy importante, Refrigerante fluoro carbono,

el Freón. El Freón 12 fue introducido como un refrigerante comercial, este ayudo en el mejoramiento del diseño de muchos sistemas y a la creación de una familia de refrigerantes según sus requerimientos de operación. En 1956 la industria creó un sistema de numeración para clasificar e identificar los tipos de refrigerantes utilizados por las empresas, como R-22, R-12, etc.

Los compresores también fueron parte de este desarrollo, mejorando las revoluciones del motor, el sistema de trabajo interno, la carcasa exterior atornillada o soldada y la capacidad en toneladas.

Acondicionadores para tienda ocupó el confort comercial como restaurantes, tiendas de abarrotes, farmacias así también como: los de tipo ventana que abarcaron a pequeñas oficinas, tiendas, residencias, apartamentos y sistemas para aplicaciones en maquinarias; fueron productos introducidos después de la Segunda Guerra Mundial.

En 1953 la industria creció en ventas pues nuevas tecnologías en el diseño de sistemas permitieron una nueva modalidad en las instalaciones, las primeras unidades en paquete principalmente de tipo horizontal, para montaje en terrazas, techos o sobre una losa de concreto a nivel del piso. La desventaja encontrada en estas unidades era la poca flexibilidad para la adaptarse generalmente en donde se combinaba el enfriamiento y la calefacción. Para mejorar esta adaptación se introdujo un sistema dividido el cual se formaba por dos partes: componente de enfriamiento interior y uno de condensación exterior. Ambas partes se conectaban mediante tuberías para refrigerante. En este mismo periodo se introdujeron las bombas de calor que trabajaban con un ciclo inverso en donde el calor podía ser bombeado hacia adentro o hacia fuera del área. Estas eran utilizadas para lugares sumamente fríos pero fue disminuyendo su popularidad por la falta de atención técnica.

Las unidades de calefacción por gas y de enfriamiento eléctrico para techo fué un paso importante para la innovación, ocurrido entre los años cincuentas y sesentas, empezando con sistemas de 2 hasta 5 toneladas colocados en techos de bajo nivel de las estructuras comerciales y también de edificios comerciales. Las capacidades manejadas hasta hoy son de más de 100 toneladas de enfriamiento.

Dos asociaciones de fabricantes relacionados se unieron para formar el instituto de aire acondicionado y refrigerante (ARI) para solución de problemas comunes creando servicios educativos y de investigación para el apoyo de la industria. Para finales de los cincuentas varios institutos formaron una estación de experimentos en donde llevaron a cabo muchos estudios importantes relacionados con el flujo del calor, los efectos del aislamiento, diseño y su eficiencia en la distribución de aire, etc., ahora tienen el nombre de Aire acondicionado Contratistas de América (ACCA).

La sociedad americana de ingenieros sobre la calefacción, refrigeración y aire acondicionado (ASHRAE), es otra asociación de grupos profesionales que le ayudan al desarrollo de habilidades y a obtener oportunidades encaminadas a temas educativos y tendencias de la industria.

El ser humano necesita mantener una sensación física cómoda en el entorno en donde se encuentra tomando en cuenta que el cuerpo humano reacciona al clima. Este confort se logra gracias al acondicionamiento del aire en donde su propósito es mantener un ambiente agradable. El acondicionamiento de un local tiene por objeto crear unas determinadas condiciones de temperatura, humedad, movimiento del aire, control del calor y la eliminación de partículas y gases mezclados en el aire a fin de que las personas que lo habitan tengan una sensación de bienestar. La mencionada sensación es, principalmente, el

resultado del intercambio de energía entre el cuerpo humano y su entorno. Este intercambio se produce por evaporación, convección y radiación. Podemos ver que, únicamente en los espacios habitados, es necesario mantener las condiciones ambientales necesarias para el confort. De hecho las normativas sobre el acondicionamiento ya definen estos espacios, en que deben garantizarse los criterios de bienestar, como zonas ocupadas.

La Psicometría es una parte de la física que estudia las propiedades térmicas del aire húmedo, su regulación, medición y el efecto que la humedad produce en los materiales y confort de las personas. La humedad contenida en el aire modifica en gran manera las propiedades físicas del mismo e influye enormemente en las sensaciones físicas de las personas. Se utiliza una gráfica psicrométrica para mostrar las interrelaciones de estas propiedades. El aire atmosférico que nos rodea es una mezcla de aire seco y vapor de agua, la que se le llama aire húmedo. Debido a que esta mezcla de gases es la que se acondiciona en los sistemas de control ambiental ha sido necesario comprender como es su comportamiento.

Todo aire tiene un peso y ocupa un espacio. El aire es esencial para la existencia de los seres vivos. Los humanos exigen, además, unas condiciones que le garanticen la higiene del mismo. Otro factor que afecta el confort y la salud de las personas es la calidad del aire el cual es el grado de pureza del mismo. Esta se empeora cuando aparecen contaminantes tales como olores, humo y partículas de polvo, o gases. Las partículas se pueden eliminar filtrando el aire, y los gases mediante el uso de sustancias químicas absorbentes. Contaminantes como olores o humo también pueden diluirse utilizando ventilación exterior en el lugar. Todo aire contiene algo de humedad. Esta cantidad está directamente relacionada con la temperatura; mientras más elevada sea la temperatura, mayor será la cantidad de agua que se evaporará.

El aire se llama saturado cuando se mantiene en equilibrio en presencia de agua líquida sin que haya traspase de uno al otro. La presión parcial del vapor de agua contenido en este aire se llama presión de saturación y a cada temperatura le corresponde una diferente.

La humedad absoluta es el peso de vapor contenido por unidad de volumen de aire ó también el peso de vapor por unidad de peso de aire seco. Ambas magnitudes tienen un escaso interés técnico. La humedad relativa es el cociente entre el peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire y el peso del vapor saturado del mismo volumen. Esta expresión es la usada en ciencia y corresponde al concepto de humedad en acondicionamiento.

### **1.1.1 Acondicionamiento de aire**

El acondicionamiento de aire es simplemente el enfriamiento o calefacción del aire, es el tratamiento dado al mismo en un ambiente interior con el fin de mantener las condiciones de temperatura, humedad, limpieza y movimiento. La temperatura del aire podemos controlarla calentándola o enfriándola. La humedad es el contenido de vapor de agua en el aire, se relaciona como la humidificación o deshumidificación el cual se agrega o elimina vapor de agua al aire respectivamente. La limpieza es la calidad del aire que se controla filtrándola para la eliminación de contaminantes no deseables por medio de filtros y otros dispositivos o simplemente mediante la ventilación donde se introduce aire exterior al área interior el cual dispersa la concentración de contaminantes. Es común usar la filtración o la ventilación en una instalación. El movimiento del aire es controlado mediante un equipo adecuado para su distribución. El cuerpo humano genera calor el cual pasa al medio ambiente continuamente. Cuando la persona siente calor o frío se dice que es la

velocidad de pérdida de calor corporal. Cuando la velocidad de pérdida de calor es demasiado alta, se siente frío. Si es demasiado baja, se siente calor. Si esta velocidad queda dentro de ciertos límites, se tiene una sensación confortable. El cuerpo humano puede recibir calor por medio de la evaporación. El agua de la piel, la transpiración, que ha absorbido calor corporal, se evapora en el aire, llevándose el calor con ella. A la velocidad de pérdida de calor corporal la afectan cinco factores: Temperatura del aire, humedad del aire, movimiento del aire, temperatura de los objetos circundantes, prendas de vestir.

### **1.1.2 Diseño de sistemas de aire acondicionado**

Se puede decir que aire acondicionado es el control simultáneo de las condiciones de aire las cuales son la temperatura, humedad, movimiento de aire y filtración del aire. Para el estudio de estos sistemas no hay un método único en la aplicación del acondicionamiento del aire pues en cada instalación requiere de cierta atención. Básicamente los pasos técnicos para realización del estudio son:

- Estudio de planos o evaluación física.
- Cálculo de carga térmica.
- Selección del equipo adecuado.
- Diseño del sistema de conductos
- Selección de los ramales auxiliares, de las rejillas y difusores.
- Construcción.
- Instalación.
- Arranque y prueba.

Estudio de planos o evaluación física procede directamente de los planos y de la información que lo facilita el arquitecto, constructor o el propietario respecto al local, o edificio a acondicionar. En muchos casos puede que el lugar ya exista o esta en plan de construcción. La información del cálculo de carga térmica se obtiene de la inspección física del lugar, la observación detallada del mismo y obtención de las dimensiones de la estructura. Aquí es de interés saber como se gana ese calor al aire dentro del local que se va acondicionar y la carga de enfriamiento necesaria para la extracción de calor del aire. Para eso se necesitan realizarse cálculos para conocer las cargas térmicas.

Al conocer la carga térmica que se genera en el área, se procede a seleccionar el equipo adecuado en donde comúnmente encontramos varios tipos de equipos de acondicionamiento como los portátiles, tipo ventana, de consola, *split*, *minisplit*, tipo paquete, etc.

Para el diseño del sistema de ductería se encuentran usualmente casos en donde el área a acondicionar es grande y el equipo seleccionado utilice una red de conductos, es necesario realizar el estudio para el diseño del sistema de aire acondicionado, selección de los ramales auxiliares, rejillas y difusores. Estos son complementos del sistema para la distribución del aire al lugar. En la etapa de la construcción se realiza el cálculo de materiales, elementos para soporte del equipo, ductería y la construcción de los sistemas de conductos y piezas para la su fijación. La instalación es la parte en donde se instala el equipo de acondicionamiento de aire, el sistema de conductos y la soportería. Y teniendo instalado todo el sistema completo, se procede al arranque del equipo y un tiempo de prueba para chequear el funcionamiento general y para luego se entregado al cliente el equipo y trabajo final.



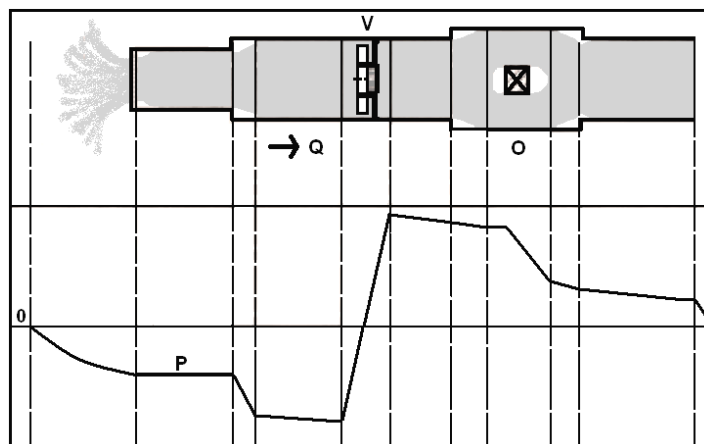
### **1.1.2.1 Diseño de sistemas de ductería**

En esta etapa se diseña el sistema de ductería adecuado y se discute la selección y ubicación de las rejillas de suministro de aire. Los criterios de confort humano, movimiento y circulación del aire pueden proporcionar información importante para su planteamiento. Sin embargo, el diseño estructural y requerimientos funcionales de los edificios normalmente afectan al diseño en general. Comúnmente, las estructuras comerciales están construidas de tal forma que no permiten instalar los conductos del sistema de distribución de aire de una manera apropiada. En estos lugares el espacio es de gran importancia, tanto el techo como el piso, cualquier obstáculo puede afectar al efecto de distribución dentro del área. En dada situación se debe utilizar un sistema de descarga simétrico. La remodelación de las estructuras de los locales puede requerir una gran cantidad de trabajo para el diseñador del sistema de acondicionamiento de aire pues debe adaptarse al nuevo diseño del comercial. Si no es posible utilizar el sistema ideal, debe tenerse cuidado en seleccionar y ubicar con cierto cuidado el equipo de difusión del aire. Los fabricantes proporcionan información técnica sobre el desempeño de sus productos, aun así no es suficiente para estos casos. La experiencia en el diseño de los sistemas de distribución de aire es un apoyo muy importante.

Para ventilar un espacio, un recinto o una máquina, ya sea impulsando aire o bien extrayéndole, es muy normal tener que conectar el ventilador ó extractor por medio de un conducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma. El fluir del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo extrae ó impulsa debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso. La optimización de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida.

En la Figura 1 se representa una canalización en la que un ventilador V trabaja haciendo circular un caudal Q de aire. Esta conducción tiene la entrada cortada a ras, los cambios de sección cuadrados y un obstáculo O atravesado con su forma natural. Debajo se ha representado una gráfica de las presiones totales P que van produciéndose a lo largo como pérdidas de carga y que debe vencer el ventilador. Las zonas sin sombrear indican los espacios vacíos de aire y la aparición de torbellinos en el flujo. El consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total P a la que trabaja, por esa razón se debe de cuidar el diseño de la canalización, de no ser así, puede darse el caso de gastar un porcentaje más de energía del necesario.

**Figura 1. Representación de una canalización**



Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

El flujo del aire se llama laminar cuando su trayectoria es uniforme, las líneas de aire son paralelas y bien definidas. El flujo es turbulento cuando la trayectoria de las partículas del fluido es irregular, constantemente cambiante con la aparición y desaparición de innumerables torbellinos. Calculando un número, llamado de *Reynolds*, que comprende la densidad del fluido, el diámetro del

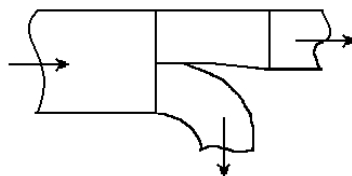
conducto, la velocidad y la viscosidad, puede conocerse qué régimen tendremos dentro de un conducto. Por debajo de 2.100 será laminar y, por encima de 4.000, manifiestamente turbulento. En ingeniería de ventilación, por razones de economía en la sección de las instalaciones, los regímenes de los flujos de aire siempre son turbulentos.

Se deben calcular las pérdidas de presión en sistemas de conductos para determinar la capacidad de los ventiladores, verificar el funcionamiento del sistema y balancear las cantidades de aire. La presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto es la que determina el gasto de energía del ventilador. Se define a la pérdida total de presión del sistema como la pérdida de presión total a través del trayecto del ducto que tiene las mayores pérdidas de presión. Este trayecto es con frecuencia el más largo, pero puede ser uno más corto que contenga un número considerado de conexiones con grandes pérdidas de presión. Es más sencillo trabajar con la pérdida total de presión en lugar de pérdidas de presión estática, cuando se analizan las pérdidas de presión en conductos. Esto proporciona una mejor comprensión de la misma presión total disponible en cada punto del sistema, en caso de surgir problemas. Para calcular la pérdida total de presión en el sistema, se suman las pérdidas para cada sección de tubo recto y cada conexión en el trayecto que se haya elegido. Se deben incluir las pérdidas de presión a través de cualquier equipo. El fabricante proporciona los datos serpentines, filtros y difusores.

La pérdida de presión en tramos rectos se puede calcular por la fórmula de *Darcy* que contempla la longitud de la conducción, el llamado diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire y el coeficiente de frotamiento que, éste, a su vez, depende del número de *Reynolds*, de rugosidad de las paredes, de las dimensiones y la disposición del mismo. Calcular la pérdida de carga con estas fórmulas resulta difícil y con todo, solo lleva a resultados aproximados ya

que tanto la viscosidad, como la densidad y la rugosidad pueden variar entre márgenes muy amplios. De ahí que la forma práctica de hacerlo es recurriendo a tablas obtenidas de experimentos y normalizadas a base de todo el equipo técnico y son válidos para conducciones con la rugosidad corriente en materiales normalmente usados, como lámina galvanizada, fibra de vidrio rígida, etc. Los sistemas de ductería dejan escapar aire en las uniones, a esto se le conoce como fugas de aire. Desafortunadamente, muchos sistemas tienen pérdidas demasiado grandes debidas a instalaciones defectuosas. Sin embargo, con un trabajo cuidadoso se deben limitar las fugas de aire al 5% de los CFM totales. Si los conductos están fuera del espacio acondicionado, el efecto de las fugas se debe sumar a la ganancia de calor. Si el aire escapa hacia el recinto acondicionado, entonces efectúa un trabajo útil de enfriamiento, pero se debe tener cuidado para que no se difunda hacia lugares equivocados. Se les llama conexiones de conductos a los cambios de dirección como codos, transiciones, nudos, que forman parte de estos sistemas. Las pérdidas de presión para estas conexiones se pueden expresar por el procedimiento llamado método de coeficiente de pérdidas el cual es el que se usara para este diseño respectivo. En un sistema de conductos en donde se encuentra una transición y ramal combinados, la pérdida de presión en el ducto recto principal y en el ramal son separadas, y el valor de cada una depende de la forma. Si es importante mantener al mínimo las pérdidas.

**Figura 2. Conexión de dos ramales**



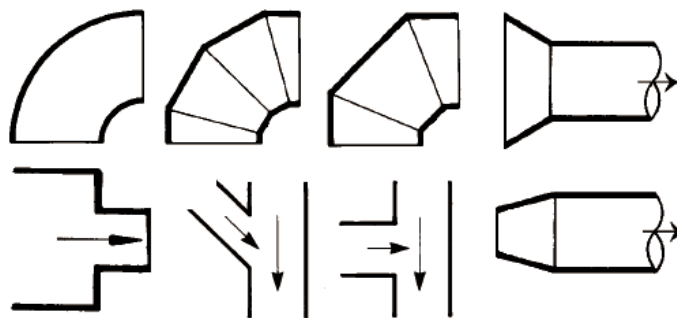
Fuente: **Elaboración propia**

En este caso, en general, se puede omitir la pérdida de presión por el tramo recto, y se calcula la pérdida de presión en el ramal, como si fuera un codo. Si la sección del conducto no es circular, caso frecuente en instalaciones de ventilación en donde se presentan formas rectangulares o cuadradas, es necesario determinar antes la sección circular equivalente, esto es, aquella que presenta la misma pérdida de carga que la rectangular considerada. El diseño rectangular es usualmente aplicado a los sistemas de ductería por tener la facilidad de ajustarse a la estructura del establecimiento variando sus dimensiones laterales manteniendo la capacidad del conducto. A primera vista parecería que el ducto redondo equivalente tendría la misma área de sección transversal que uno cuadrado, para tener la misma pérdida por fricción. Esto no es exacto. Un ducto rectangular con la misma pérdida por fricción tendrá una mayor área que un ducto redondo. Esto se debe a su forma rectangular, que tiene una mayor relación de superficie de ducto con área transversal, por lo que causa mayor fricción. Este problema empeora a medida que aumenta la relación de aspecto. Esta es la relación de las dimensiones de los dos lados adyacentes de un ducto rectangular. Como regla general, las relaciones de aspecto de los conductos rectangulares deben ser tan bajas como sea posible para mantener razonablemente bajas las pérdidas por fricción, evitando así un exceso de consumo de energía. Una relación de aspecto ascendente quiere decir también que se usa más lámina metálica y por lo tanto que el sistema será más costoso. El espacio disponible para los conductos horizontales esta limitado con frecuencia debido a la profundidad de los cielos rasos suspendidos, que a veces obliga a usar altas relaciones de aspecto.

Las canalizaciones de aire no siempre se componen de ramales rectilíneos sino que a menudo se presentan cambios en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas, obstáculos, nudos, etc. Todos los cuales ofrecen resistencia al paso del aire provocando pérdidas de carga. Para

conocer la resistencia total de un sistema de conductos será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales conexiones y sumarlas a las de los tramos rectos.

**Figura 3. Conexiones**



Fuente: **Elaboración propia**

### **1.1.2.2 Dimensionamiento de conductos**

Para cada área se debe considerar una cantidad de aire, en ello va incluida la capacidad equivalente y caudal necesaria. Encontramos varios métodos por el cual se puede dimensionar los conductos como el método de igual fricción el cual se utiliza en este proyecto, el método de recuperación estática y por medio de ductulador.

#### **1.1.2.2.1 El método de igual fricción**

La base de este método de dimensionamiento de conductos es que se selecciona un valor para la pérdida de presión por fricción por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El

valor que se selecciona se basa en general en la velocidad máxima permisible en el conducto cabezal que sale del ventilador, para evitar demasiado ruido.

Este método consiste en:

- Selección de un valor de pérdida de presión por fricción por longitud de ducto. Para este diseño se utiliza el valor de  $H_f/100\text{pies} = 0.1$  pulgadas.
- Selección de valor de caudal máximo permisible.
- Diseño de ductería usando graficas, tablas y formulas.

Las pérdidas de presión en conductos largos se expresa de la siguiente forma:

$H_f = (H_f/100) \times L$  (pulgadas de agua), en donde L es la longitud del ducto en pies,  $H_f/100\text{p}$  son las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por 100 pies de largo.

Las pérdidas de presión en conexiones de conductos se expresa de la siguiente forma:  $H_f = C \times (V/4000)^2$  (pulgadas), en donde C es el coeficiente de fricción, V es la velocidad de aire en pies/minuto,  $H_f$  es la pérdida de presión en pulgadas.

Las pérdidas de presión en transiciones se expresa de la siguiente forma:

$H_f = 1.1 \left| [(V_o/4000)^2 - (V_f/4000)^2] \right|$  (pulgadas) en donde  $V_o$  es la velocidad de entrada a la transición y  $V_f$  es la velocidad de salida en la transición.

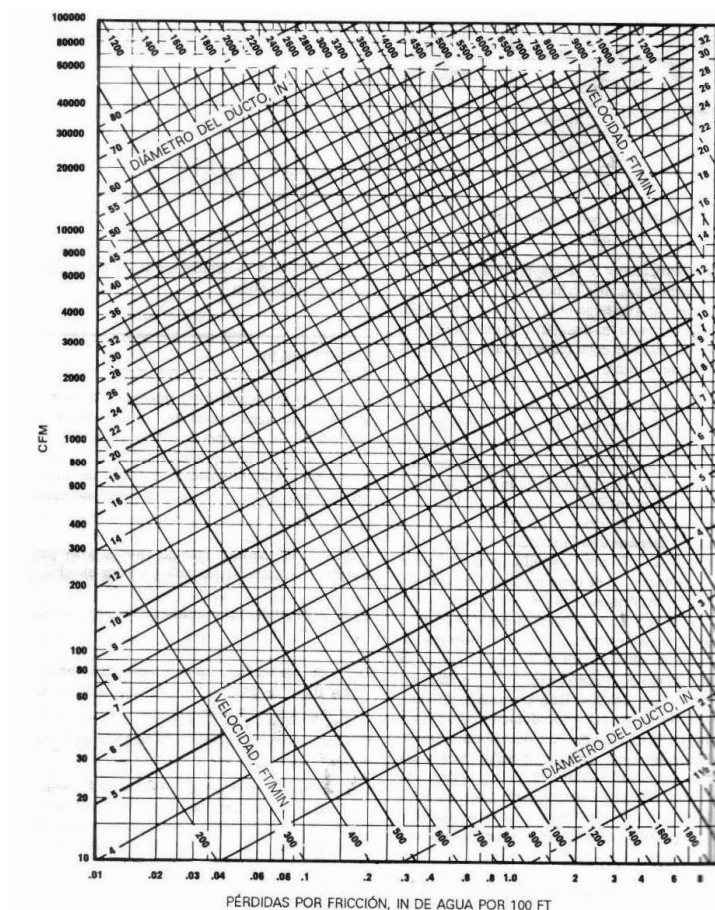
**Figura 4. Transición**



Fuente: **Elaboración propia**

La grafica de la Figura 5 representa las pérdidas por fricción para flujo de aire en conductos redondos de lámina galvanizada. También se usa la grafica de la Figura 6 para encontrar la equivalencia del diámetro de ducto redondo para obtener un conducto rectangular. Estas graficas son adecuadas para conductos de acero galvanizado con flujo de aire normal y un promedio de 40 uniones por cada 100 pies.

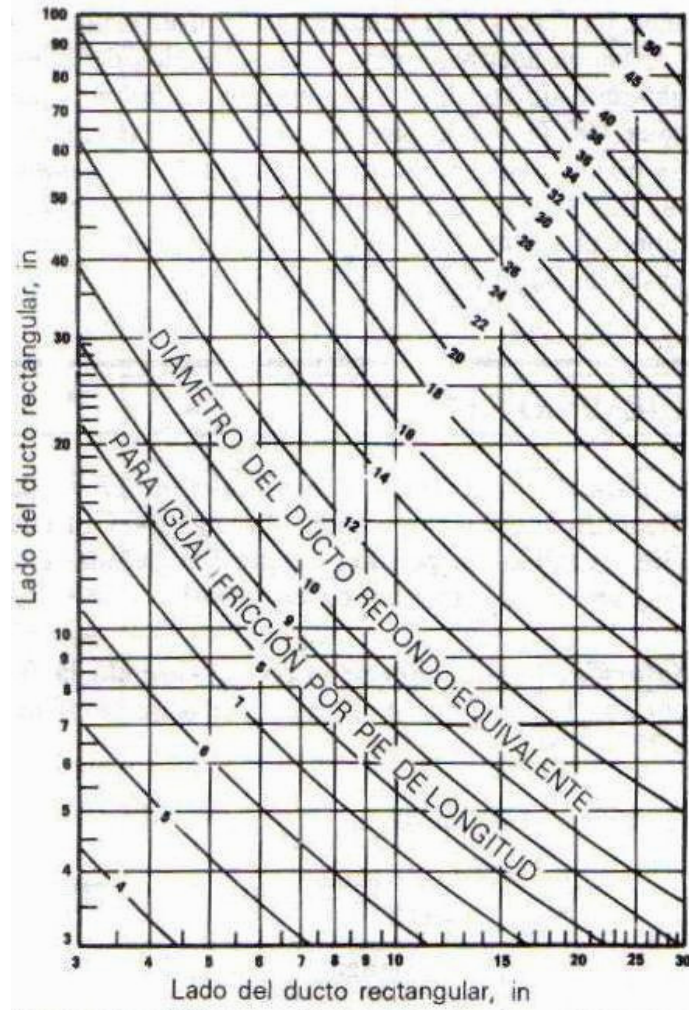
**Figura 5. Pérdidas por fricción de flujo de aire a través de ductos redondos de lámina galvanizada**



Fuente: Pita Edgard G. **Acondicionamiento de aire principios y sistemas**. Pág. 234

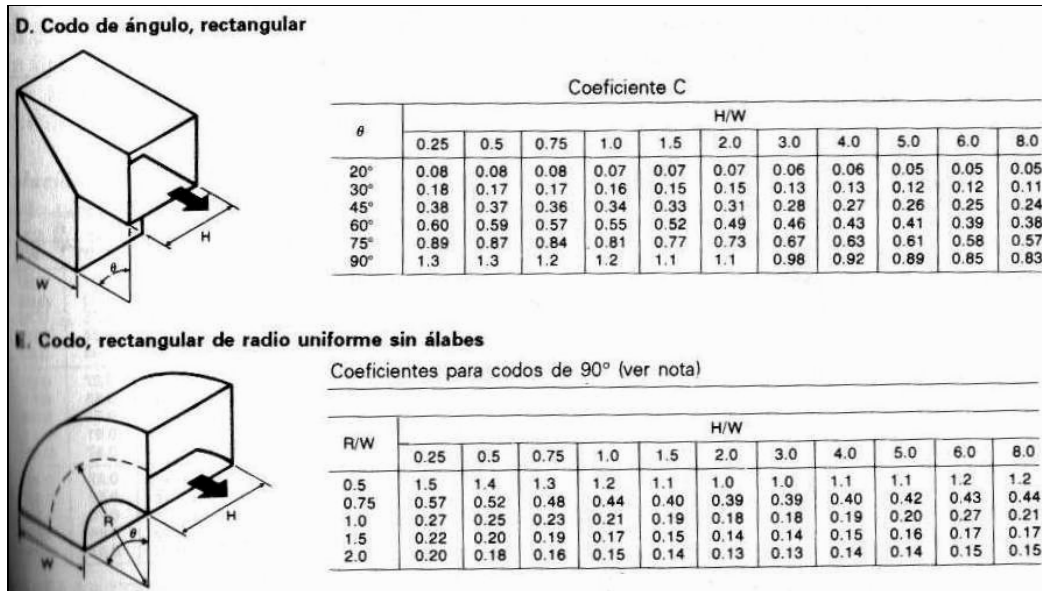


Figura 6. Diámetros de ductos redondos equivalentes



Fuente: Pita Edgard G. **Acondicionamiento de aire principios y sistemas**. Pág. 236

Figura 7. Pérdidas de presión en conexiones de ductos



Fuente: Pita Edgard G. **Acondicionamiento de aire principios y sistemas.** Pág. 239

## 1.2 Datos del equipo de aire acondicionado

El sistema de acondicionamiento de aire esta comprendido por un *chiller Carrier* modelo 30GX-136---630CA enfriado por agua, utiliza dos bombas marca *Bell&Gossett* de 10 Hp y un sistema de tubería para el circuito del agua distribuido a cuatro manejadoras *Carrier* de modelo 39THWQAA. El *chiller* trabaja con refrigerante HFC-134a y dos compresores de tornillo semi-hemético lo cuales son elementos principales que comprenden al sistema.

**Figura 8. Chiller Carrier**

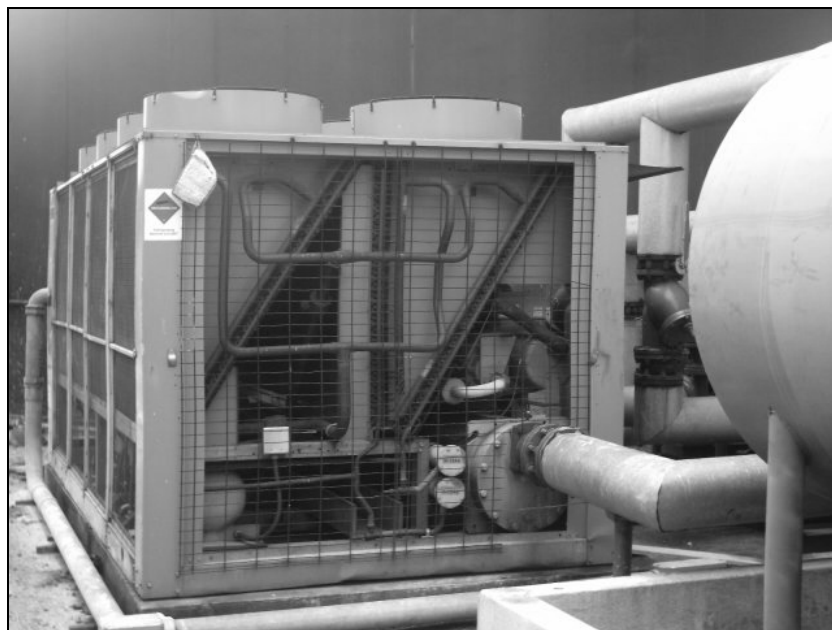
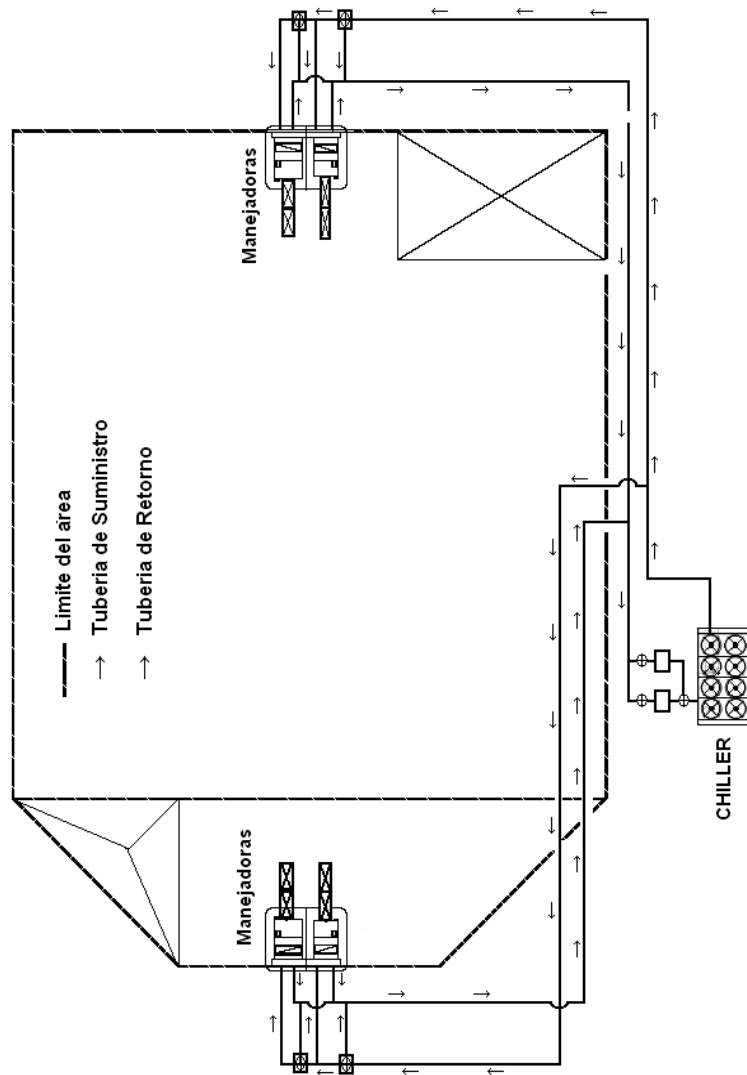




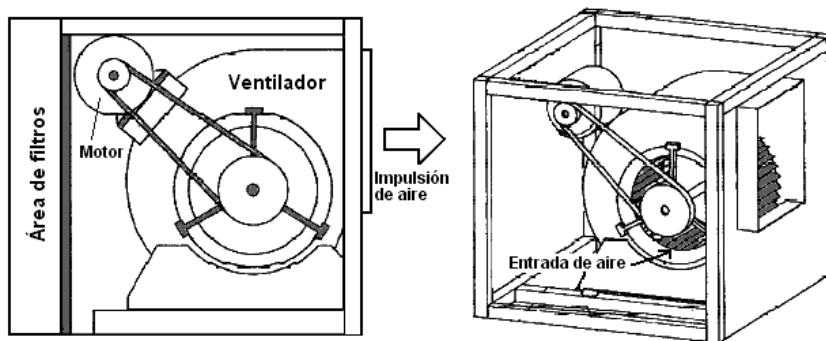
Figura 10. Diagrama general del sistema de la unidad *Chiller*



Fuente: **Elaboración propia**

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

**Figura 11. Ventiladores centrífugos**

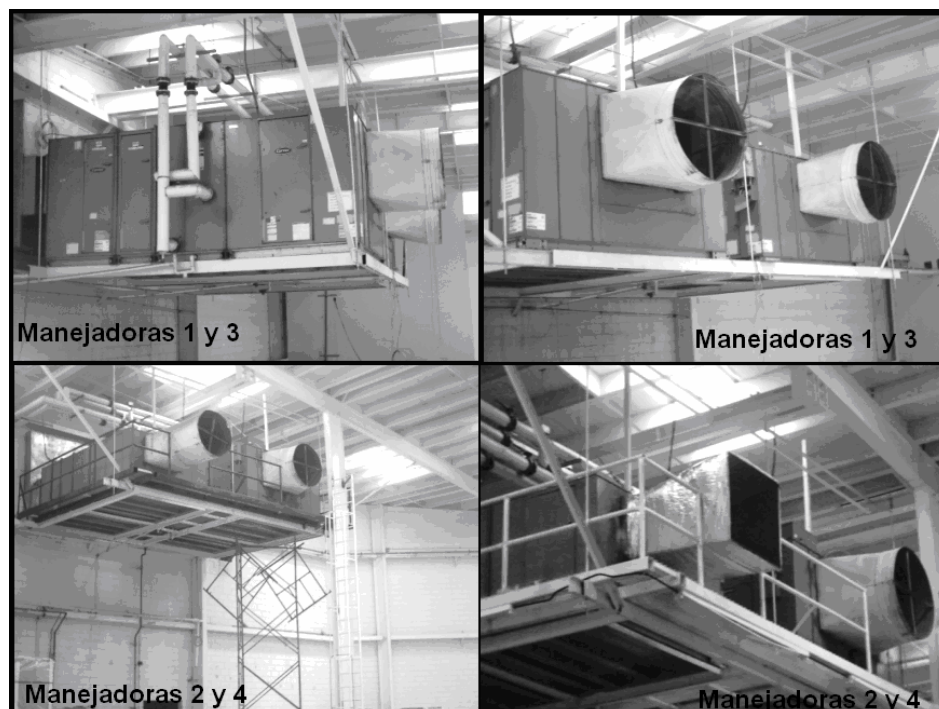


Fuente: **Elaboración propia**

Estas unidades están preparadas para presiones diferenciales de 8 pulgadas columna de agua de caída de presión estática, con fugas de aire menores permisible de 1% del flujo de aire nominal de pérdida.

Poseen amplias puertas de acceso a la sección de ventilación permite darle servicio al motor o incluso removerlo de manera fácil. El arreglo del ventilador provee amplio espacio para brindar mantenimiento a los cojinetes opuestos a lado de la transmisión. Las secciones de filtros planos también tienen puertas de acceso en ambos lados de la unidad para ingresar a limpiar o reemplazar los filtros. Tienen dos paneles de acceso que permiten acceder al pleno anterior y posterior del serpentín de enfriamiento. Todos los paneles son construidos con un espesor de 2 pulgadas de doble pared con aislamiento interno de fibra de vidrio.

**Figura 12. Manejadoras del sistema Chiller**

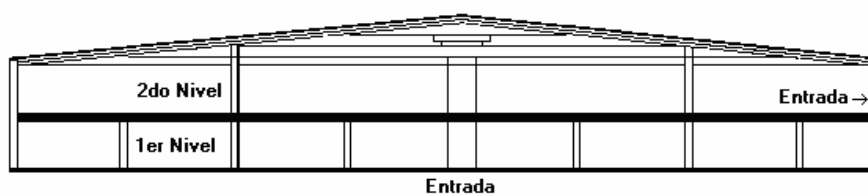


### 1.3 Evaluación Física del Área

Almacenes Carrión tiene su tienda de ventas en el primer y segundo nivel del local dejando en la parte trasera un área específica de bodega. En medio de la tienda esta un área cuadrada con un diseño decorativo y es donde están instaladas las gradas eléctricas que comunican la planta baja y alta. En la construcción exterior las paredes son de *block*, el techo es de lámina prefabricada, dentro del local las paredes y columnas están cubiertas por tablayeso, el techo es de cielo falso en los dos niveles, esta iluminado por reflectores y candiles. El almacén tiene dos entradas, una por enfrente y otra por el lado derecho del comercial.

El mayor porcentaje de aire esta distribuido a las tiendas y el resto hacia la bodega. En la siguiente Figura 13 se observa la vista frontal del almacén en donde se observa los dos niveles a acondicionar.

**Figura 13. Corte frontal del local**



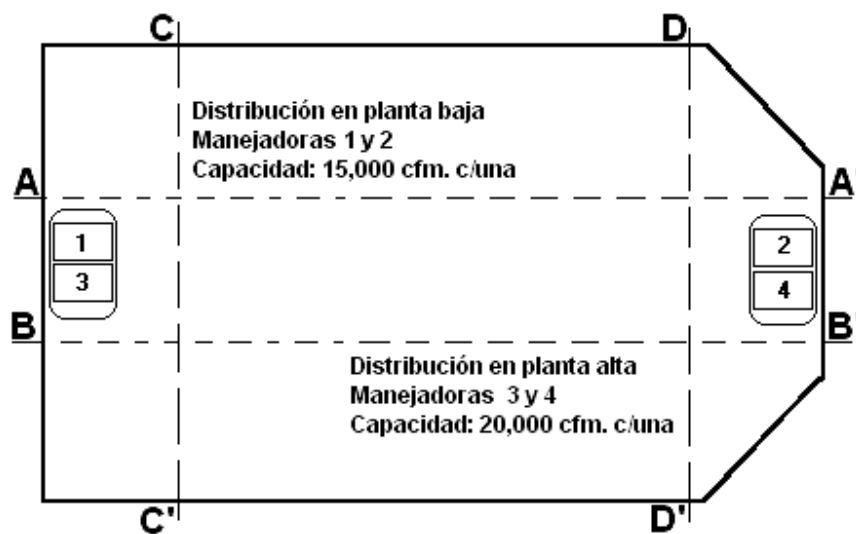
Fuente: **Elaboración propia**

El aire acondicionado para la planta baja estará distribuida por las manejadoras 1 y 2 que tienen una capacidad de 15,000 CFM cada una, mientras que la planta alta estará distribuida por las manejadoras 3 y 4 con capacidad de 20,000 CFM cada una, como se muestra en la Figura 14 al igual que los cortes



longitudinales A-A', B-B' y transversales C-C', D-D', para la ubicación de los planos de los cuatro sistemas.

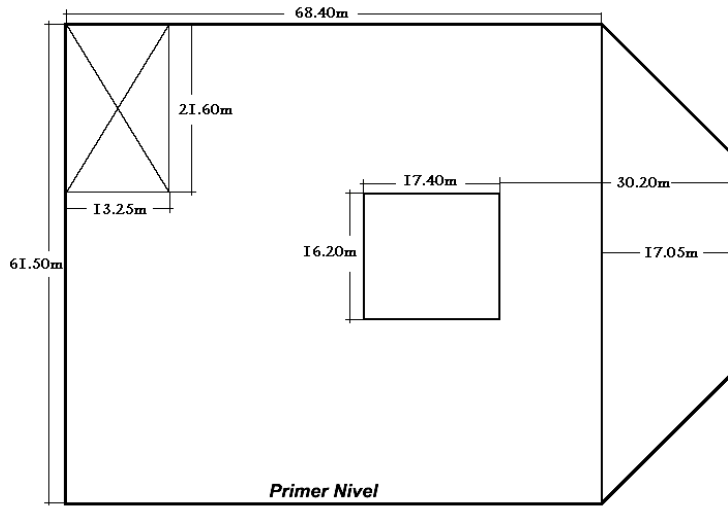
**Figura 14. Posición de las manejadoras en el local, cortes longitudinales y transversales del área**



Fuente: **Elaboración propia**

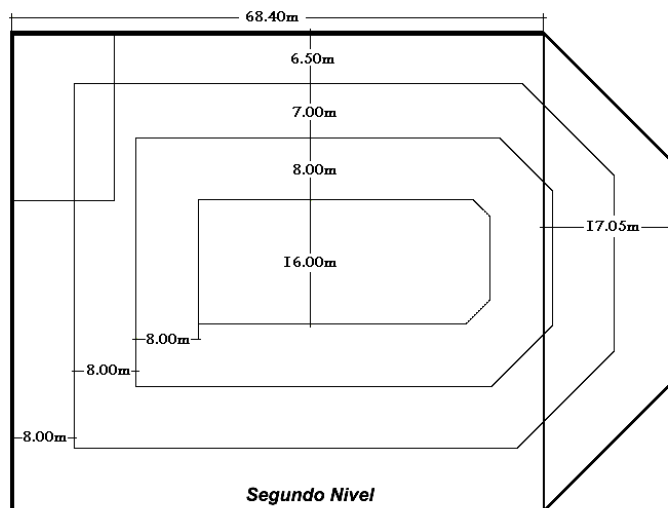
El diseño de remodelación en el local será construido con base de tabla-yeso y cielo falso. En el primer nivel se tendrá una holgura de 22 pulgadas entre el cielo falso y techo del segundo nivel, esto quiere decir que la altura de los sistemas de ductería utilizados para esta área no debe propasar el espacio planteado. Y para el espacio entre el cielo falso y techo en el segundo nivel se tendrá más de 2 metros, permitiendo así un mejor dimensionamiento de la ductería.

Figura 15. Dimensiones del área en primer nivel



Fuente: **Elaboración propia**

Figura 16. Dimensiones del área en segundo nivel



Fuente: **Elaboración propia**

#### 1.4 Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 1

El caudal que esta manejadora suministra es de 15,000 CFM que equivale a 37.5 toneladas de aire. El sistema de ductería que se diseña en esta parte, ha sido elegido para suministrar a parte del área del primer nivel del local, el cual se supone un área de 34.2m x 59m. Pero antes de proceder con este diseño se trata un tema importante que se refiere a la calidad del aire, las partículas encontradas en el y de los elementos para poder purificarlo.

El aire exterior se compone principalmente de dos elementos, Oxígeno y Nitrógeno, y otros gases cuyas proporciones se presentan en la Tabla I. Si estos gases no sobrepasan los valores de la Tabla II, puede considerársele aire limpio. Desgraciadamente los valores se disparan, sobre todo en las grandes ciudades, derivando a aire contaminado, como aparece en la segunda columna de la misma tabla.

**Tabla I. Componentes del aire seco**

Componentes del aire seco (1'2928 Kg/m <sup>3</sup> , a 0 °C 760 mm)			
	Símbolo	En volumen %	Contenido en el aire g/m <sup>3</sup>
Nitrógeno	N2	78,02	976,30
Oxígeno	O2	20,94	299,00
Argón	Ar	0,934	16,65
Anh. Carbónico	CO2	0,0315	0,62
Otros		0,145	0,23
		100,00	1292,80

Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

**Tabla II. Aire contaminado**

	Aire limpio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aire contaminado $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Medida anual en una gran ciudad
Óxido de carbono CO	máx. 1000	6.000 a 225.000
Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	máx. 65.10x4	65 a 125.10x4
Anhídrido Sulfuroso SO <sub>2</sub>	máx. 25	50 a 5.000
Compuesto. de Nitrógeno NO <sub>x</sub>	máx. 12	15 a 600
Metano CH <sub>4</sub>	máx. 650	650 a 13.000
Partículas	máx. 20	70 a 700

Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

Como es conocido, ventilar es sustituir una porción de aire interior que se considera indeseable por su pureza, temperatura, humedad, olor, etc., por otro exterior de mejores condiciones. Pero si el aire exterior está contaminado será necesario recurrir a depurarlo para retener los elementos contaminantes. Con la crisis del petróleo en 1.973, todos los países industrializados establecieron normas para contener el consumo energético, especialmente el de calefacción y refrigeración. Se aumentó el poder aislante de muros y cubiertas y se mejoraron los cierres de puertas y ventanas para evitar las pérdidas por convección. Aparecieron, en suma, los edificios herméticos, dotados de sistemas mecánicos de ventilación. Pero, para contribuir al ahorro de energía, se recicló parte del caudal de aire extraído en porcentajes crecientes hasta llegar a límites exagerados. Además, si las instalaciones no se limpian y desinfectan de forma regular, como es habitual, ayudaran a la difusión de contaminantes y microorganismos por todo el recinto.

Una persona satisfecha por haberse aislado del exterior con una ventana hermética, evitando la entrada de contaminantes, polvo y ruido, al poco tiempo empieza a sufrir alergias, irritaciones, escozores de ojos y jaquecas.

El hombre moderno pasa más del 80% de su tiempo dentro de locales cerrados y los factores enumerados tienen consecuencias inmediatas: aumentan las enfermedades alérgicas y pulmonares y crecen enormemente la rapidez de difusión de las infecciosas entre los usuarios de un mismo lugar, sobre todo si disponen de instalación de aire acondicionado. Diversas causas concurren a ello pero se ha señalado como la principal e indiscutible una ventilación insuficiente, inadecuada. Pero aparte de los problemas de salud que puede acarrear un sistema de aire acondicionado con mala conservación, poca limpieza y escasez de buena calidad de aire, múltiples causas contribuyen a contaminar el aire interior del edificio.

Antiguamente se consideraba que sólo el ser humano con la expulsión de anhídrido carbónico de la respiración y el desprendimiento del olor corporal era el causante del deterioro de la calidad del aire. Hoy en día se sabe que los componentes orgánicos volátiles que se desprenden de muebles, pinturas, adhesivos, barnices, combustibles, materiales higiene personal y de limpieza del hogar, contaminan de forma importante el aire interior: Insecticidas, raticidas, combustión directa dentro de la habitación, aerosoles, detergentes, ropa de la tintorería que se airea en casa, el humo de tabaco y, también, los ambientadores con los que se quiere disimular el ambiente cargado.

Un grupo muy importante de contaminadores son los materiales de construcción entre los que destacan el formaldehído de los aglomerados de madera unidos con resinas y algunos aislantes. Diversas normativas han venido en establecer que la ventilación necesaria para proporcionar un ambiente higiénico a los ocupantes de un espacio cerrado es del orden de los 7,5 litros por segundo por persona como mínimo. Según sea la función del local considerado salón para fumadores, salas de hospitales, bares, etc. este valor va en aumento hasta alcanzar más del doble o el triple. Pero como tales caudales

entran en conflicto con el ahorro de energía, sobre todo calefacción, se ven reducidos cayendo al extremo opuesto.

En la Tabla III se reproduce de una investigación sobre 350 edificios y las causas de las quejas por la calidad de aire interior.

**Tabla III. Causas de insatisfacción por la calidad de aire interior**

Numero de edificios estudiados	%	Causas de insatisfacción por la calidad de aire interior		
		Causas	Origen	
	50	Ventilación deficiente	* Poca renovación del aire * Mala distribución del aire * Temperatura y Humedad inadecuadas	Aire puro
350	28	Contaminantes interiores	* Humo de tabaco * Partículas desprendidas * Dióxido de carbono * Humedad * Otros	
	11	Contaminantes aire exterior	* Polvo * Tubos de escape vehículos * Polen	
	11	Desconocida		

Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

El diseño de los sistemas de ventilación y aire acondicionado debería tener en cuenta la facilidad de limpieza y desinfección regular de equipos y conductos. El aire que respiramos contiene partículas en suspensión, se le conoce como polvo en general, que pueden aumentar considerablemente debido a los procesos industriales. Mantener la cantidad de estas partículas dentro de unos límites razonables es una de las operaciones a que debe someterse el aire, tanto para prevenir posibles enfermedades como evitar inconvenientes en tales procesos e imperfecciones en útiles o máquinas.

En la tabla IV se muestra distintos tipos de polvo y el tamaño de las partículas que pueden encontrarse en suspensión. El aire es expresado en  $\mu\text{m}$  (micras).

**Tabla IV. Tamaño de partículas**

Tipo de Polvo	$\mu\text{m}$
Polvo de la calle	0.5
Polvo de explosiones	1.4
Polvo de fundición	1/200
Corte de granito	1.4
Neblina	1/40
Cenizas volantes	3/70
Carbón pulverizado	10/400

Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

En la tabla V se presenta el tamaño de partículas para las de tipo polvo de la calle según sea el ambiente considerando la concentración del mismo.

**Tabla V. Polvo de la calle**

Tamaño partículas $\mu\text{m}$	Porcentaje %
0-5	39
5-10	18
10-20	16
20-40	18
40-80	9

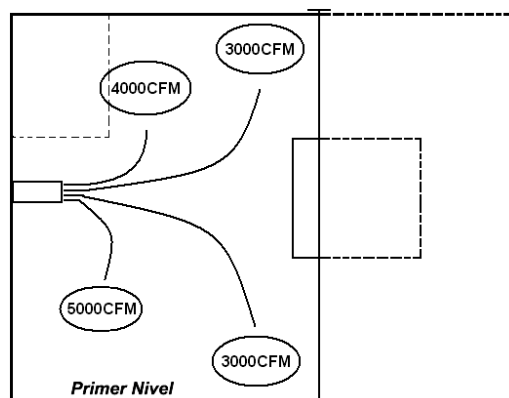
Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

Entre los dispositivos utilizados para depurar el aire encontramos dos grupos principales: Filtros de aire y Separadores de polvo.

### 1.4.1 Distribución de caudal de aire

Esta manejadora tiene una capacidad de flujo de aire de 15,000 CFM el cual el aire es distribuido en su totalidad hacia la planta baja cubriendo a un 50% de la zona. Tomando en cuenta que el equipo esta en una parte alta del local y que es seleccionado para suministrar parte del área en el primer nivel, el diseño de este sistema se ha establecido de tal forma que se lleve a través del techo del segundo nivel y entre al área del primer nivel para colocar sus ramificaciones. Para la distribución de este caudal se a elegido 30 salidas con 500 CFM de capacidad cada uno, transportados por ducto flexible de 10 pulgadas de diámetro. La altura máxima que tendrá este sistema es de 18 pulgadas y con variabilidad en el ancho de los ductos. Se ha escogido difusores de 24"x24". La distribución de caudal de aire ha sido seleccionada según el diseño del local.

**Figura 17. Distribución de aire para el sistema # 1**



Fuente: **Elaboración propia**

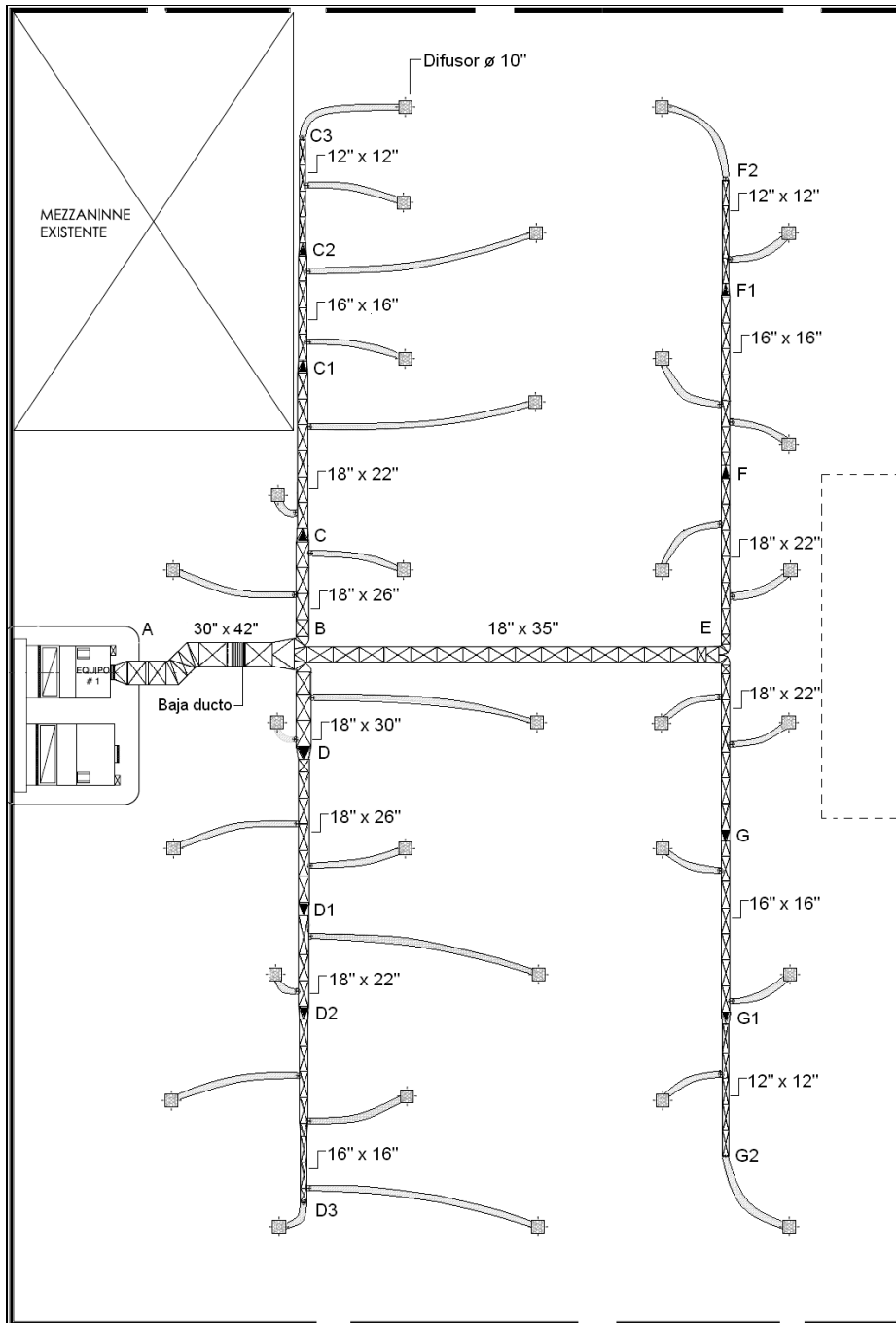


### 1.4.2 Dimensionamiento de conductos y conexiones

**Tabla VI. Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema #1**

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS Y CONEXIONES PARA SISTEMA # 1										
Sección	Componente	Cantidad Conexcion	Salida de 500CFM	Flujo CFM	Velocidad p/min	Diametro Pulg.	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies
A - B	Ducto			15000	1714.29	38	30	X	42	20
	Fuelle	1		15000	1714.29		30	X	42	1
	Codo 45°	2		15000	1714.29		30	X	42	
	Codo 90°	2		15000	1714.29		30	X	42	
	Trans 30X42 a 18X91	1		15000						2
B - C	Ducto		2	4000	1230.77	23	18	X	26	16
	Codo 90°	1		4000	1230.77		18	X	26	
C - C1	Ducto		2	3000	1090.91	21	18	X	22	16
C1 - C2	Ducto		2	2000	1125.00	18	16	X	16	16
C2 - C3	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	24
B - D	Ducto		2	5000	1333.33	25	18	X	30	16
	Codo 90°	1		5000	1333.33		18	X	30	
D - D1	Ducto		2	4000	1230.77	23	18	X	26	16
D1 - D2	Ducto		2	3000	1090.91	21	18	X	22	16
D2 - D3	Ducto		4	2000	1125.00	18	16	X	16	24
B - E	Ducto			6000	1371.43	27	18	X	35	160
	Anillo	1		6000	1371.43	27	18	X	35	2.5
	Trans 18X35 a 18X44	1		6000						2
E - F	Ducto		2	3000	1090.91	21	18	X	22	24
	Codo 90°	1		3000	1090.91		18	X	22	
F - F1	Ducto		2	2000	1125.00	18	16	X	16	24
F1 - F2	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	20
E - G	Ducto		2	3000	1090.91	21	18	X	22	24
	Codo 90°	1		3000	1090.91		18	X	22	
G - G1	Ducto		2	2000	1125.00	18	16	X	16	24
G1 - G2	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	20
Ramales	Trans 18X30 a 18X26	1		4000						2
	Trans 18X26 a 18X22	2		3000						2
	Trans 18X22 a 16X16	4		2000						2
	Trans 16X16 a 12X12	3		1000						2
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>	<b>30</b>							

Figura 18. Plano del sistema de ductería para la manejadora # 1



Fuente: **Elaboración propia**

### 1.4.3 Cálculo de caída de presión

Tabla VII. Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 1

CALCULO DE PERDIDA DE PRESION PARA SISTEMA # 1											
Sección	Componente	Cantidad Coneccion	Flujo CFM	Velocidad p/min	C	"Hf/100p	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies	"Hf
A - B	Ducto					0.1	30	X	42	20	0.02
	Fuelle	1				0.1	30	X	42	1	0.001
	Codo 45°	2	15000	1714.29	0.36		30	X	42		0.132
	Codo 90°	2	15000	1714.29	0.19		30	X	42		0.07
	Trans 30X42 a 18X91	1	15000			1.1				2	0.082
B - C	Ducto					0.1	18	X	26	16	0.016
	Codo 90°	1	4000	1230.77	0.23		18	X	26		0.022
C - C1	Ducto					0.1	18	X	22	16	0.016
C1 - C2	Ducto					0.1	16	X	16	16	0.016
C2 - C3	Ducto					0.1	12	X	12	24	0.024
B - D	Ducto					0.1	18	X	30	16	0.016
	Codo 90°	1	5000	1333.33	0.25		18	X	30		0.028
D - D1	Ducto					0.1	18	X	26	16	0.016
D1 - D2	Ducto					0.1	18	X	22	16	0.016
D2 - D3	Ducto					0.1	16	X	16	24	0.024
B - E	Ducto					0.1	18	X	35	160	0.16
	Anillo	1				0.1	18	X	35	2.5	0.003
	Trans 18X35 a 18X44	1	6000			1.1				2	0.047
E - F	Ducto					0.1	18	X	22	24	0.024
	Codo 90°	1	3000	1090.91	0.23		18	X	22		0.017
F - F1	Ducto					0.1	16	X	16	24	0.024
F1 - F2	Ducto					0.1	12	X	12	20	0.02
E - G	Ducto					0.1	18	X	22	24	0.024
	Codo 90°	1	3000	1090.91	0.23		18	X	22		0.017
G - G1	Ducto					0.1	16	X	16	24	0.024
G1 - G2	Ducto					0.1	12	X	12	20	0.02
Ramales	Trans 18X30 a 18X26	1	4000			1.1				2	0.018
	Trans 18X26 a 18X22	2	3000			1.1				2	0.045
	Trans 18X22 a 16X16	4	2000			1.1				2	0.021
	Trans 16X16 a 12X12	3	1000			1.1				2	0.055
<b>TOTAL</b>											<b>1.018</b>

## 1.5 Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 2

Esta manejadora suministra un caudal de 15,000 CFM que equivale a 37.5 toneladas de aire. Esta manejadora esta ubicado al lado opuesto de la manejadora # 1 y el sistema de ductería diseñado, suministra la otra parte del área del primer nivel del local que corresponde a un área de 34.2mx59m y de esa forma se completa los dos sistemas para acondicionar el primer nivel del almacén. Antes de continuar con el diseño, se presenta información referida a los elementos que filtran el aire para evitar que entre al ambiente acondicionado las partículas y el polvo.

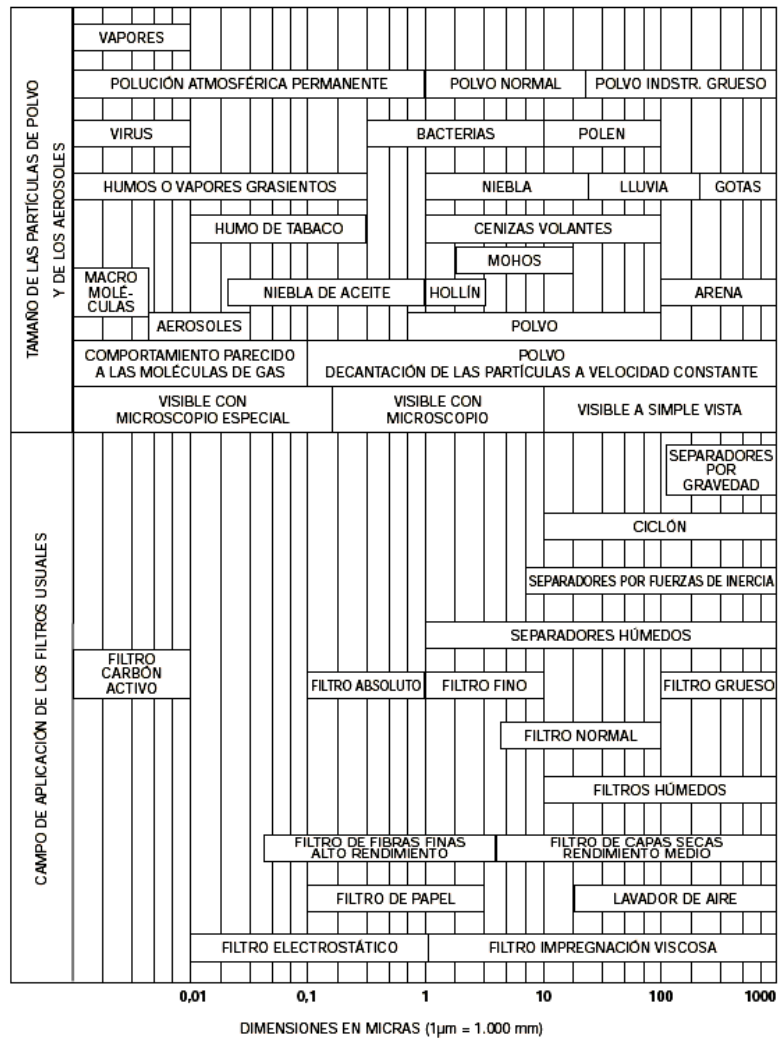
**Los filtros** de aire son dispositivos diseñados para reducir la concentración de las partículas que se encuentran suspendidos en el aire. El tipo de filtro a emplear dependerá del tamaño de las partículas a separar tal como se muestra en la figura 1, así:

- Para la separación de virus y partículas de tamaño molecular se utilizan filtros de Carbón Activo.
- Para separar hollín y el humo de tabaco deben utilizarse filtros Electrostáticos.
- Para separar polen y polvo deben utilizarse filtros Húmedos o Secos.

Otra característica a tener en cuenta cuando quieran emplearse filtros es que la concentración de partículas en el aire no debe ser demasiado elevada, pues de otro modo el filtro quedará colapsado rápidamente con lo que el mantenimiento de la instalación sería muy molesto.

El límite superior de concentración de polvo en el aire para poder emplear filtros es de 35 mg/m<sup>3</sup>, utilizando los filtros húmedos o secos.

Figura 19. Tipos de filtros y diámetros de las partículas

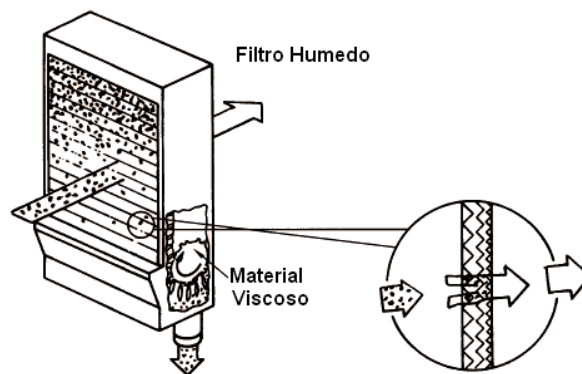


Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

Los Filtros húmedos son llamados también viscosos, consisten en un montura filtrante de material metálico o fibra que está impregnado de una materia viscosa como aceite o grasa, ver Figura 20. Si se observa un filtro de este tipo veremos que en el lado de entrada del aire el material es mucho menos tupido que en el lado de salida, con esta disposición se consigue aumentar la vida del

filtro ya que las partículas que quedan primeramente retenidas son las de mayor granulometría y el aire que llega a las sucesivas capas es cada vez más puro.

**Figura 20. Filtro Húmedo**



Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

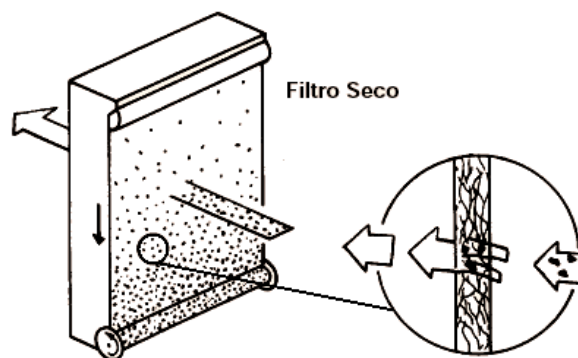
**Tabla VIII. Características de un filtro húmedo**

Tipo de filtro	Material	Velocidad aire m/s	Pérdida de carga mm c.d.a./m <sup>2</sup>	Rendi- miento %
FILTRO HÚMEDO	PANELES	1'5 - 2'5	2 ÷ 15	65 ÷ 80
	CONTÍNUO	2'5	3 ÷ 17	80 ÷ 90
FILTRO SECO	PANELES	0'1 - 1	2'5 ÷ 25	50 ÷ 95
	CONTÍNUO	0'25	3 ÷ 18	
FILTROS ABSOLUTOS	Material sintético, papel	0'1 - 2'5	25 ÷ 60	99'97

Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

Los Filtros secos están formados por un material fibroso o por un lecho de fibras finas a través del cual se hace pasar el aire, ver Figura 3. El rendimiento aumenta a medida que la porosidad del material es menor. Permiten una velocidad de paso del aire más reducida que los filtros húmedos al mismo tiempo que su duración es menor. Por el contrario el precio unitario es más económico. A fin de aumentar la superficie de paso del aire suelen colocarse en forma de V. En la tabla IX pueden verse las principales características de este tipo de filtros. El material de las fibras que forman el filtro deberá escogerse según sea el ambiente que debe purificarse, la temperatura del mismo y las solicitaciones físicas a que estará sometido. En esta tabla se resumen las características que podemos esperar de distintos materiales utilizados para la construcción de filtros. Otras características a tener en cuenta al seleccionar un filtro serán: la pérdida de carga del mismo, el rendimiento así como el incremento que experimenta la pérdida a medida que aumenta el contenido de polvo del mismo.

**Figura 21. Filtro seco**



Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

**Tabla IX. Comportamiento de un filtro seco**

MATERIA	Temperatura máx. °C		RESISTENCIA FÍSICA					RESISTENCIA QUÍMICA				
	Con-ti-nua	Inter-mi-tente	Ca-lor seco	Calor húme-do	A-bra-sión	Vi-bra-ción	Fle-xión	Ácidos Mine-rales	Ácidos Orgá-nicos	Al-ca-lis	Oxi-dan-tes	Disol-ven-tes
- LANA	101	121	R	R	B	R	B	R	R	M	M	R
- ALGODÓN	82	-	B	B	R	B	B	M	B	R	R	E
- POLIÉSTER	135	-	B	R	B	E	E	B	B	R	B	E
- ACRÍLICA	135	140	B	B	B	B	E	B	B	R	B	E
- POLIAMIDA												
Nylon	107	-	B	B	E	E	E	M	R	B	R	E
Nomex	203	-	E	E	E	E	E	M-R	E	B	B	E
- POLIPROPILENO	93	121	B	R	E	E	B	E	E	E	B	B
- FLUORCARBONATO (Teflón)	260	287	E	E	M-R	B	B	E	E	E	E	E
- FIBRA DE VIDRIO	260	315	E	E	M	M	R	E	E	R	E	E

E = Excelente

B = Buena

R = Regular

M = Malo

Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

Si regresamos a Figura 19 se podrá observar cuando las partículas tienen un diámetro de grano superior a 1mm pueden emplearse medios mecánicos para su separación. Para este caso se le denominara como proceso de separación de polvo.

Los separadores de polvo pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Separadores por gravedad: Se utilizan cuando las partículas son de gran tamaño. Los más típicos son las cámaras de sedimentación.
- Separadores por fuerza de inercia: En este tipo de colector se utiliza el principio que la masa efectiva de las partículas puede incrementarse mediante la aplicación de la fuerza centrífuga. El tipo más característico es el ciclón.



- Separadores húmedos: Utiliza el agua para evitar que las partículas vuelvan a la corriente de aire.

En la Tabla XI se han presentado los principales parámetros que pueden ser de utilidad al escoger un separador de polvo, pudiéndose comparar, en la misma tabla, con los que definen los filtros de aire.

El filtro opone una resistencia al paso del aire originado una pérdida de presión, expresada en *Pascals* o mm c.d.a., que deberá vencer la presión del ventilador que impulse aire a través del mismo. Esta pérdida de presión es inicial, con el filtro limpio, o bien final recomendada, que es cuando el filtro debe limpiarse o reponerse por otro nuevo. Para mantener el caudal de aire uniforme debe preverse el aumento de pérdida de presión a medida que se satura el filtro, a través de una regulación de la velocidad del ventilador o bien por compuertas graduables.

Un sistema u otro de filtraje supone una mayor o menor pérdida de presión y por consiguiente un mayor o menor costo de mantenimiento. Los filtros de alta eficiencia lógicamente son los que mayor pérdida de presión provocan, por lo que debe escogerse en el proyecto la eficiencia justa y no más.

**Tabla X. Selección de separadores y filtros**

	Tipo	Tamaño mínimo partículas $\mu\text{m}$	Concentración óptima $\text{g}/\text{m}^3$	Velocidad normal		Pérdida de carga c.d.a.	Rendimiento aprox. %	
				m/s	A través de			
SEPARADORES DE POLVO	POR GRAVEDAD	CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN	200	>180	1'5 ÷ 3	LA CÁMARA	<2'5	<50
	POR FUERZAS DE INERCIA	CÁMARA DE CHOQUE	50 ÷ 150	>180	5 ÷ 10	ENTRADA	<13	<50
		CICLÓN	>10	>35	10 ÷ 20	ENTRADA	<50	<80
		MULTICICLÓN (Ciclones de poco diámetro)	>5	>35	10 ÷ 20	ENTRADA	<100	<90
SEPARADORES HÚMEDOS (SRUBBERS)	DE CHOQUE	>5	>35	15 ÷ 30	TOBERAS	>50	<80	
	DE CHORRO	<5	>3'5	10 ÷ 15	ENTRADA	<200	<90	
	DE TOBERA SUMERGIDA	>2	>3'5	10 ÷ 20	TOBERAS	>50	<90	
FILTROS	ELECTROSTÁTICO	ALTA TENSION	<2	>3'5	1 ÷ 3	PLACAS	<8	<95
		BAJA TENSION	<1	<0'03	1'5 ÷ 2'5	PLACAS	<25	<90
	FILTROS DE AIRE	HÚMEDOS	>5	<0'07	1'5 ÷ 2'5		2 ÷ 18	65 ÷ 90
		SECOS	>0'5	<0'035	0'1 ÷ 2'5		2 ÷ 25	50 ÷ 95
		ABSOLUTOS	<1	<0'035	0'1 ÷ 2'5		25 ÷ 65	99'95
PARA ABSORCIÓN MOLECULAR DE OLORES (Carbón activo)			<0'035	0'1 ÷ 0'6		<8	>95	

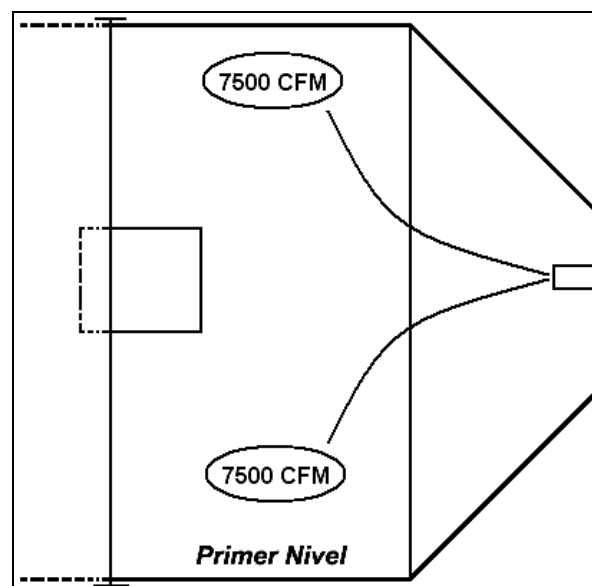
Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

### 1.5.1 Distribución de caudal de aire

Esta manejadora tiene una capacidad de flujo de aire de 15,000 CFM el cual distribuye el aire en su totalidad hacia la planta baja cubriendo a un 50% de la zona, complementando el área total del primer nivel. Esta manejadora esta ubicada al lado opuesto de la manejadora #1 a una gran altura en el área de bodega. Su sistema de ductería será transportado hacia el local para la

distribución del aire. Se han elegido 20 salidas de 500 CFM cada una, transportados por ducto flexible de 10 pulgadas de diámetro ubicados en difusores de suministro con dimensiones de 24"x24", también 2 salidas de 1,000 CFM cada una con rejillas de suministro de 16"x12" y 2 salidas de 1,500 CFM cada una con rejillas de suministro de 24"x12". Al igual que el sistema anterior, la altura máxima de los ductos es de 18 pulgadas, el cual no permite mantener de forma cuadrada los ductos por motivo de la estructura y diseño de las instalaciones.

**Figura 22. Distribución de aire para el sistema # 2**



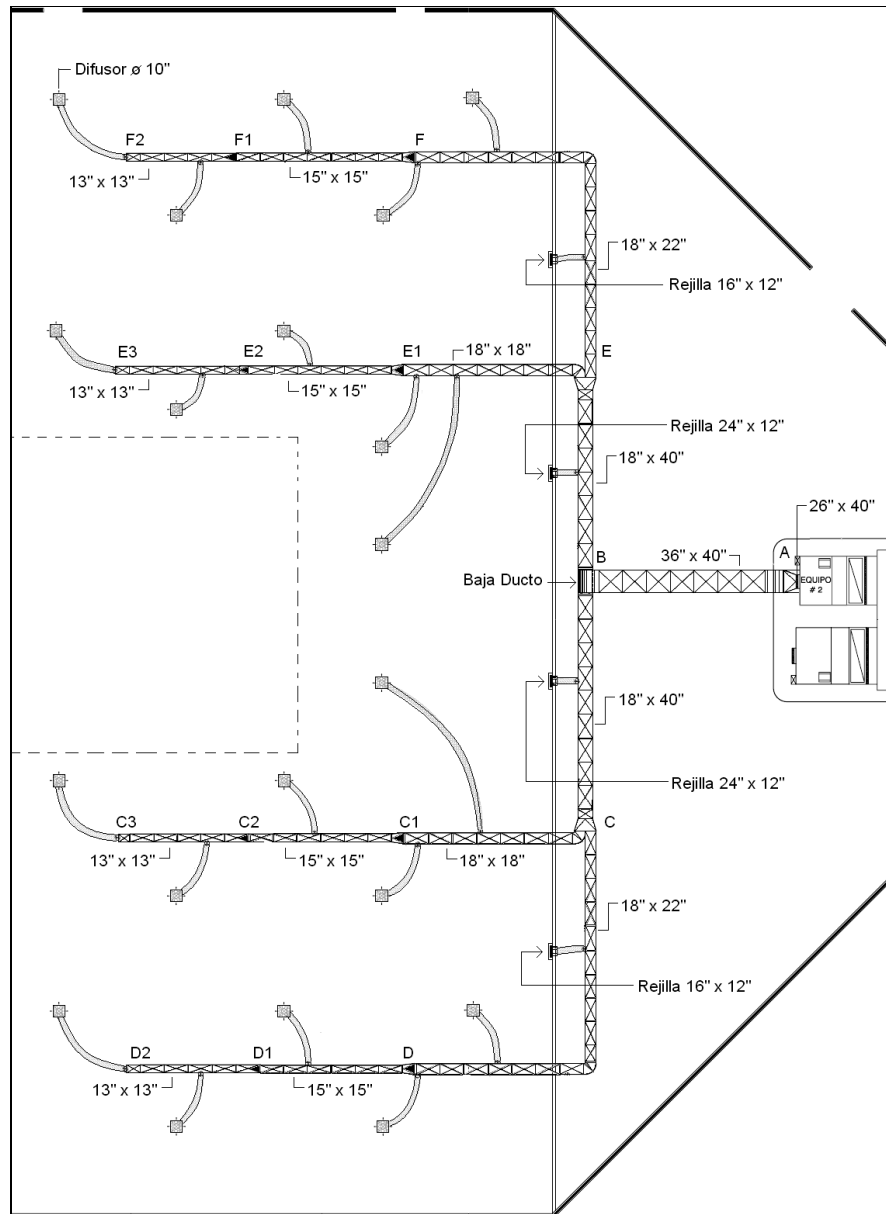
Fuente: **Elaboración propia**

## 1.5.2 Dimensionamiento de conductos y conexiones

**Tabla XI. Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 2**

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS Y CONEXIONES PARA SISTEMA # 2												
Sección	Componente	Cantidad Conexión	Salida 500CFM	Salida 1000CFM	Salida 1500CFM	Flujo CFM	Velocidad p/min	Diametro Pulg.	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies
A - B	Ducto					15000	1500.00	38	36	X	40	60
	Fuelle	1				15000	2076.92		26	X	40	1
	Codo 90°	1				15000	1500.00		40	X	36	
	Trans 26X40 a 36X40	1				15000						2
	Codo 90°	2				7500	1500.00		18	X	40	
B - C	Ducto				1	7500	1500.00	29	18	X	40	20
C - C1	Ducto		2			2500	1111.11	19	18	X	18	16
	Codo 90°	1				2500	1111.11		18	X	18	
	Anillo	1				3500	1272.73	22	18	X	22	2
C1 - C2	Ducto		1			1500	960.00	16	15	X	15	16
C2 - C3	Ducto		2			1000	852.07	14	13	X	13	20
C - D	Ducto		2	1		3500	1272.73	22	18	X	22	60
	Codo 90°	1				3500	1272.73		18	X	22	
D - D1	Ducto		1			1500		16	15	X	15	16
D1 - D2	Ducto		2			1000		14	13	X	13	20
B - E	Ducto				1	7500	1500.00	29	18	X	40	32
E - E1	Ducto		2			2500	1111.11	19	18	X	18	16
	Codo 90°	1				2500	1111.11		18	X	18	
	Anillo	1				3500	1272.73	22	18	X	22	2
E1 - E2	Ducto		1			1500	960.00	16	15	X	15	16
E2 - E3	Ducto		2			1000	852.07	14	13	X	13	20
E - F	Ducto		2	1		3500	1272.73	22	18	X	22	60
	Codo 90°	1				3500	1272.73		18	X	22	
F - F1	Ducto		1			1500	960.00	16	15	X	15	16
F1 - F2	Ducto		2			1000	852.07	14	13	X	13	20
Ramales	Trans 18X22 a 15X15	2				1500						2
	Trans 18X18 a 15X15	2				1500						2
	Trans 15X15 a 13X13	4				1000						2
<b>TOTAL</b>		19	20	2	2							

Figura 23. Plano del sistema de ductería para la manejadora # 2



Fuente: **Elaboración propia**

### 1.5.3 Cálculo de caída de presión

**Tabla XII. Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 2**

CALCULO DE PERDIDA DE PRESION PARA SISTEMA # 2											
Sección	Componente	Cantidad Conexcion	Flujo CFM	Velocidad p/min	C	"Hf/100p	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies	"Hf
A - B	Ducto					0.1	36	X	40	60	0.06
	Fuelle	1				0.1	26	X	40	1	0.001
	Codo 90°	1	15000	1500.00	0.44		36	X	40		0.062
	Trans 26X40 a 36X40	1	15000		1.1					2	0.095
	Codo 90°	2	7500	1500.00	0.39		18	X	40		0.11
B - C	Ducto					0.1	18	X	40	20	0.02
C - C1	Ducto					0.1	18	X	18	16	0.016
	Codo 90°	1	2500	1111.11	0.44		18	X	18		0.034
	Anillo	1				0.1	18	X	22	2	0.002
C1 - C2	Ducto					0.1	15	X	15	16	0.016
C2 - C3	Ducto					0.1	13	X	13	20	0.02
C - D	Ducto					0.1	18	X	22	60	0.06
	Codo 90°	1	3500	1272.73	0.48		18	X	22		0.049
D - D1	Ducto					0.1	15	X	15	16	0.016
D1 - D2	Ducto					0.1	13	X	13	20	0.02
B - E	Ducto					0.1	18	X	40	32	0.032
E - E1	Ducto					0.1	18	X	18	16	0.016
	Codo 90°	1	2500	1111.11	0.44		18	X	18		0.034
	Anillo	1				0.1	18	X	22	2	0.002
E1 - E2	Ducto					0.1	15	X	15	16	0.016
E2 - E3	Ducto					0.1	13	X	13	20	0.02
E - F	Ducto					0.1	18	X	22	60	0.06
	Codo 90°	1	3500	1272.73	0.48		18	X	22		0.049
F - F1	Ducto					0.1	15	X	15	16	0.016
F1 - F2	Ducto					0.1	13	X	13	20	0.02
Ramales	Trans 18X22 a 15x15	2	1500		1.1					2	0.096
	Trans 18X18 a 15x15	2	1500		1.1					2	0.043
	Trans 15x15 a 13X13	4	1000		1.1					2	0.052
<b>TOTAL</b>											<b>1.035</b>

### **1.6 Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 3**

Esta manejadora esta ubicada al lado de la manejadora #1, tiene una capacidad de 20,000 CFM que equivale a 50 toneladas de aire. El aire acondicionado impulsado por esta unidad es para el 2do nivel en su mayoría de área el cual corresponde a 60mx60m. Para el diseño de un sistema de aire acondicionado implica muchas cosas y entre ellas aparecen ciertas designaciones para encontrar algunos valores y conceptos para encontrar resultados, además es de gran importancia conocer el comportamiento del aire dentro de un local y su movimiento natural.

El aire se manifiesta como envoltura gaseosa de la tierra no es una masa de gases en reposo sino que constituye una delgada capa fluida y turbulenta removiéndose variablemente debida a grandes cambios de térmicos. Al desplazamiento masivo de grandes porciones de aire con una cierta velocidad y dirección común se le llama Viento. A las desordenadas y continuas alteraciones en la velocidad de masas del aire que se desplaza se le llama Turbulencia.

La velocidad del aire influye en el confort de las personas principalmente por dos causas: la continuidad del chorro sobre las mismas y el ruido que produce. Existen ciertas designaciones que son las más comúnmente aceptadas en ventilación, distribución y difusión de aire. Entre ellas están: Alcance, chorro axial, coeficiente de descarga, difusión, difusor, caída, elevación, área efectiva, arrastre, coeficiente de arrastre, envolvente, flujo radial, radio de difusión, aire total, alabes, relación de alabes, aspiración.

El aire propulsado de la unidad enfriadora tiende a bajar, por esta razón los equipos se colocan en un lugar alto. El aire cercano al chorro se mezcla por lo

que se debe suministrar más aire frío al recinto. A medida de que el aire frío se mezcla con el aire del local, va cambiando su velocidad y temperatura.

En la Figura 24 se observa el comportamiento del aire impulsado por a lado de un local. De una boca de impulsión se encuentra una velocidad de aire que depende de la forma del área y espacio entre la succión e impulso. Así pues hay que tener muy en cuenta que al soplar en un local, con velocidades elevadas para que el chorro alcance distancias convenientes, las personas o animales que ocupan el mismo toleren la corriente de aire.

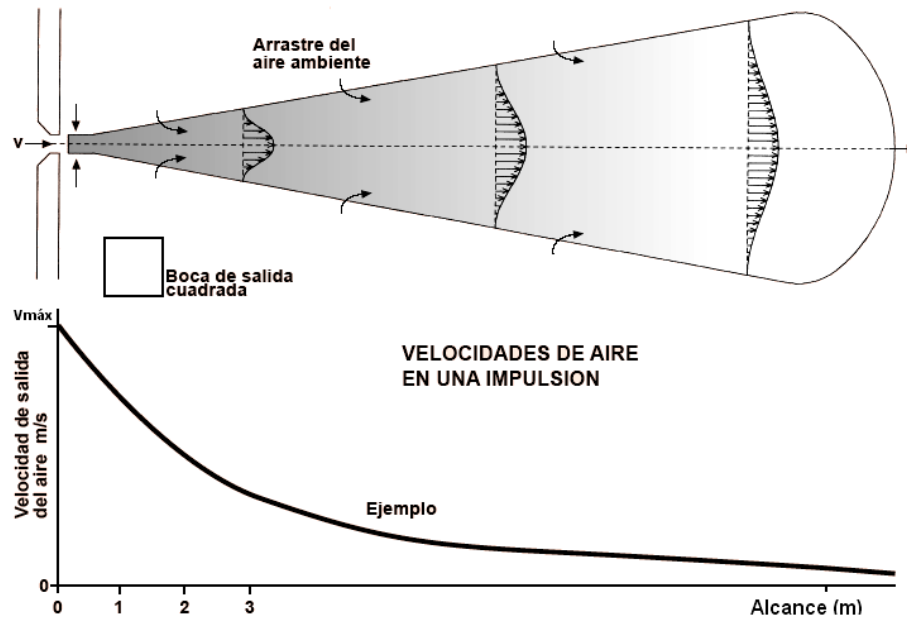
La impulsión debe arrastrar aire del ambiente y mezclarse con el mismo fuera de la zona de ocupación para llegar a una velocidad terminal que luego no moleste a los habitantes.

Hay que tener en cuenta también que los movimientos de aire en un local en el cual se introduce depende, no solamente de la velocidad de proyección del aire soplado, sino también de las diferencias de la temperatura más elevada del aire introducido como del enfriamiento del aire a lo largo de las paredes.

Si hay algo de ventilación natural, en invierno el aire exterior penetra por la parte baja del local y empuja hacia arriba el aire interior.



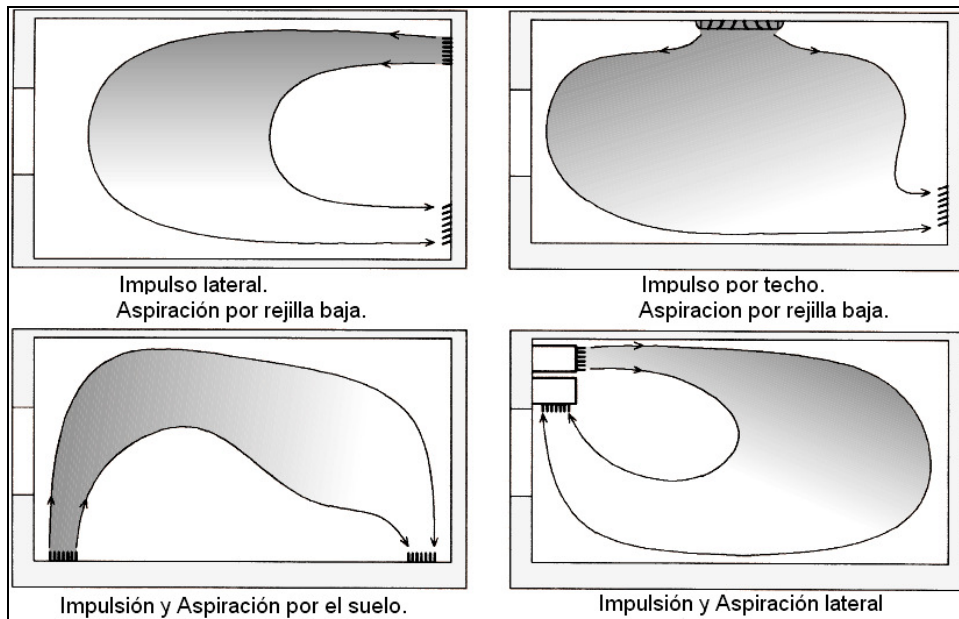
Figura 24. Comportamiento del aire impulsado a un costado de un local



Fuente: **Manual práctico Solery Palau**

La posición relativa de las bocas de impulsión y la de aspiración pueden ser muy diversas y es importante disponerlas adecuadamente para obtener una buena difusión de aire. En la Figura 25 muestra cuatro de las más usuales para locales de dimensiones discretas.

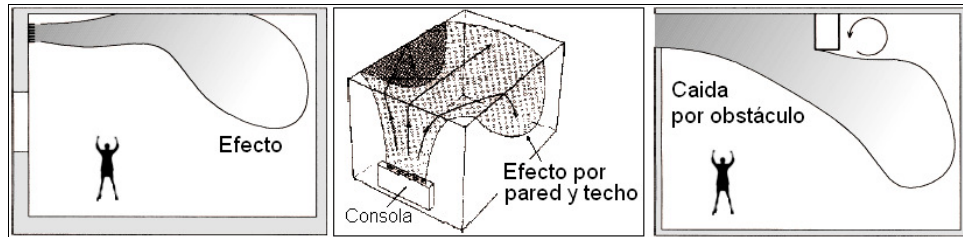
**Figura 25. Comportamiento del aire en un local con diferentes posiciones de impulsión y aspiración**



Fuente: **Elaboración Propia**

Los chorros de impulsión tienden a pegarse a las paredes y recorrer distancias largas antes de desprenderse y caer. Para ello las bocas deben estar muy próximas al techo. También las unidades pegadas a las paredes, pueden aprovechar este efecto de repartimiento, descargando verticalmente y siguiendo luego el chorro adherido al techo. Pero el efecto queda anulado cuando lo intercepta un obstáculo, una viga atravesada o una luz que sobresale, o una columna lo suficiente ancha que se oponga, ver Figura 26. Hay que elegir el lugar de impulsión colocándolo, cuando sea posible, con el chorro paralelo al obstáculo o soplar pasado el mismo.

**Figura 26. Comportamiento del aire en un local con obstáculos**

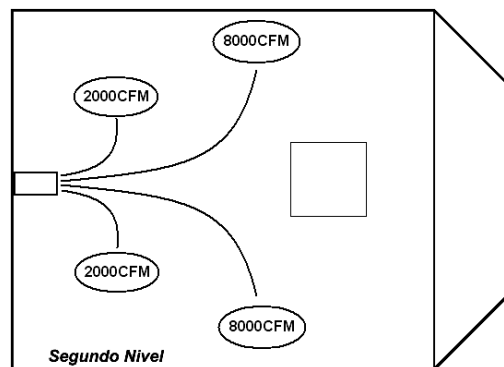


Fuente: **Elaboración propia**

### 1.6.1 Distribución de caudal de aire

Esta manejadora tiene una capacidad de flujo de aire de 20,000 CFM el cual distribuye el aire en su totalidad hacia el segundo nivel cubriendo a un 80% de la zona. La distribución del aire será aplicado por medio de 40 salidas de 500 CFM cada una, llevados con ducto flexible de 10 pulgadas de diámetro y colocado en difusores de 24"x24". Entre el cielo falso y el techo del local se encuentra un espacio amplio el cual permite llevar un tamaño adecuado en los ductos, preferiblemente de tamaño cuadrado. En la Figura 27 se muestra la forma general de la distribución del aire a esta parte del local.

**Figura 27. Distribución de aire para el sistema # 3**



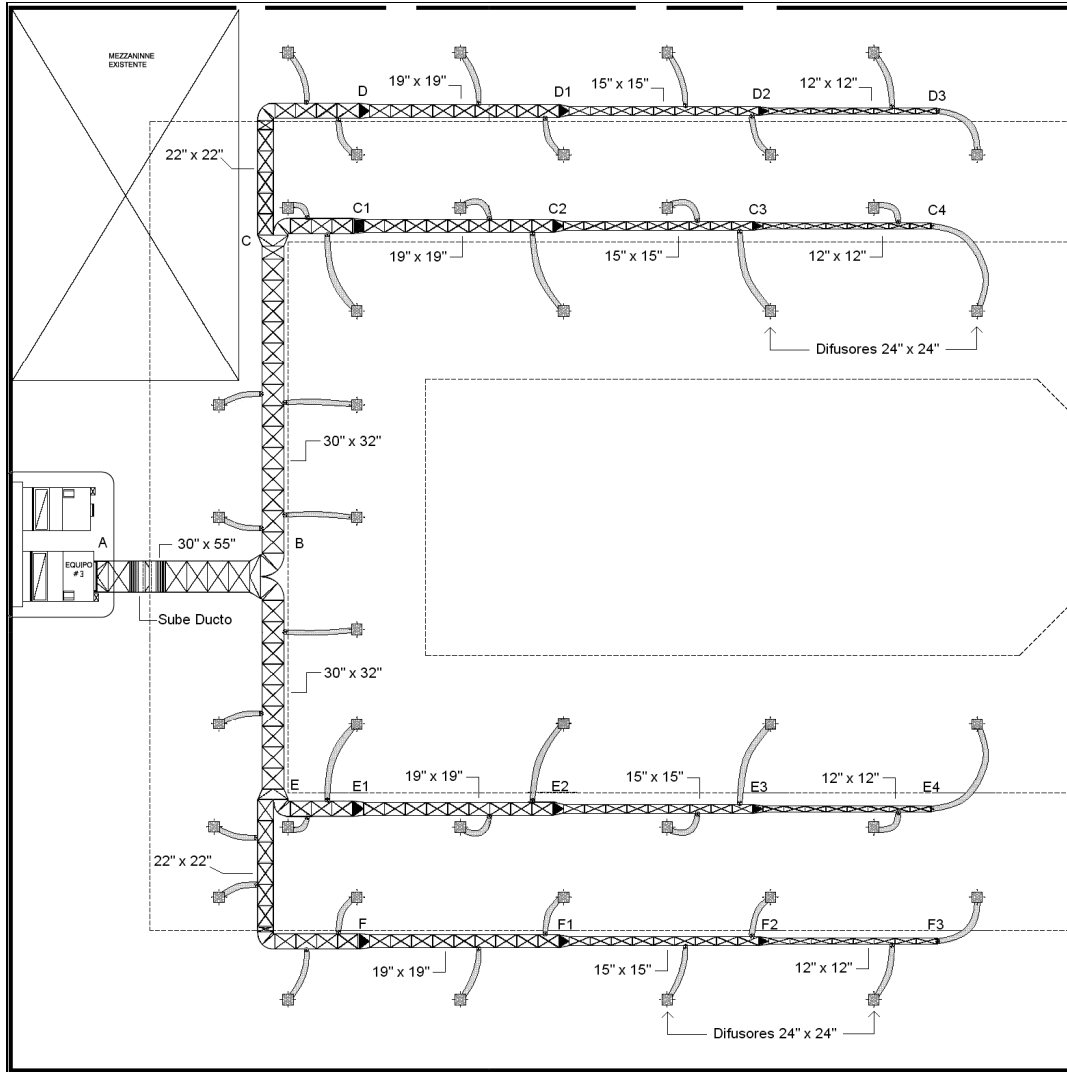
Fuente: **Elaboración propia**

## 1.6.2 Dimensionamiento de conductos y conexiones

**Tabla XIII. Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 3**

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS Y CONEXIONES PARA SISTEMA # 3										
Sección	Componente	Cantidad Coneccion	Salida 500CFM	Flujo CFM	Velocidad p/min	Diametro Pulg.	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies
A - B	Ducto			20000	1745.45	43	30	X	55	30
	Fuelle	1		20000	1745.45		30	X	55	1
	Codo 45°	2		20000	1745.45		30	X	55	
	Trans 55X30 a 64X30	1		20000						2
	Codo 90°	2		10000	1500.00		30	X	32	
B - C	Ducto		4	10000	1500.00	33	30	X	32	52
	Trans 30X32 a 44X22	1		10000						2
C - D	Ducto		2	4000	1190.08	23	22	X	22	48
	Codo 45°	1		4000	1190.08		22	X	22	
D - D1	Ducto		2	3000	1196.68	21	19	X	19	24
D1 - D2	Ducto		2	2000	1280.00	18	15	X	15	24
D2 - D3	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	24
C - C1	Ducto		2	4000	1190.08	23	22	X	22	24
	Codo 45°	1		4000	1190.08		22	X	22	
	Anillo	1		4000	1190.08	23	22	X	22	2
C1 - C2	Ducto		2	3000	1196.68	21	19	X	19	24
C2 - C3	Ducto		2	2000	1280.00	18	15	X	15	24
C3 - C4	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	24
B - E	Ducto		2	10000	1500.00	33	30	X	32	20
	Trans 30X32 a 44X22	1		10000						2
E - F	Ducto		4	5000	1487.60	25	22	X	22	48
	Codo 45°	1		4000	1190.08		22	X	22	
F - F1	Ducto		2	3000	1196.68	21	19	X	19	24
F1 - F2	Ducto		2	2000	1280.00	18	15	X	15	24
F2 - F3	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	24
E - E1	Ducto		2	4000	1190.08	23	22	X	22	24
	Codo 45°	1		4000	1190.08		22	X	22	
	Anillo	1		4000	1190.08	23	22	X	22	2
E1 - E2	Ducto		2	3000	1196.68	21	19	X	19	24
E2 - E3	Ducto		2	2000	1280.00	18	15	X	15	24
E3 - E4	Ducto		2	1000	1000.00	14	12	X	12	24
Ramales	Trans 22X22 a 19x19	4		3000						
	Trans 19x19 a 15X15	4		2000						
	Trans 15X15 a 12X12	4		1000						
<b>TOTAL</b>		26	40							

Figura 28. Plano del sistema de ductería para la manejadora # 3



Fuente: **Elaboración propia**

### 1.6.3 Cálculo de caída de presión

**Tabla XIV. Cálculo de pérdida de presión para el sistema # 3**

CALCULO DE PERDIDA DE PRESION PARA SISTEMA # 3											
Sección	Componente	Cantidad Conexcion	Flujo CFM	Velocidad p/min	C	"Hf/100p	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies	"Hf
A - B	Ducto					0.1	30	X	55	30	0.03
	Fuelle	1				0.1	30	X	55	1	0.001
	Codo 45°	2	20000	1745.45	0.31		30	X	55		0.118
	Trans 55X30 a 64X30	1	20000		1.1					2	0.054
	Codo 90°	2	10000	1500.00	1.2		30	X	32		0.338
B - C	Ducto					0.1	30	X	32	52	0.052
	Trans 30X32 a 44X22	1	10000		1.1					2	0.003
C - D	Ducto					0.1	22	X	22	48	0.048
	Codo 45°	1	4000	1190.08	0.15		22	X	22		0.013
D - D1	Ducto					0.1	19	X	19	24	0.024
D1 - D2	Ducto					0.1	15	X	15	24	0.024
D2 - D3	Ducto					0.1	12	X	12	24	0.024
C - C1	Ducto					0.1	22	X	22	24	0.024
	Codo 45°	1	4000	1190.08	0.15		22	X	22		0.013
	Anillo	1				0.1	22	X	22	2	0.002
C1 - C2	Ducto					0.1	19	X	19	24	0.024
C2 - C3	Ducto					0.1	15	X	15	24	0.024
C3 - C4	Ducto					0.1	12	X	12	24	0.024
B - E	Ducto					0.1	30	X	32	20	0.02
	Trans 30X32 a 44X22	1	10000							2	0.003
E - F	Ducto					0.1	22	X	22	48	0.048
	Codo 45°	1	4000	1190.08	0.15		22	X	22		0.013
F - F1	Ducto					0.1	19	X	19	24	0.024
F1 - F2	Ducto					0.1	15	X	15	24	0.024
F2 - F3	Ducto					0.1	12	X	12	24	0.024
E - E1	Ducto					0.1	22	X	22	24	0.024
	Codo 45°	1	4000	1190.08	0.15		22	X	22		0.013
	Anillo	1				0.1	22	X	22	2	0.002
E1 - E2	Ducto					0.1	19	X	19	24	0.024
E2 - E3	Ducto					0.1	15	X	15	24	0.024
E3 - E4	Ducto					0.1	12	X	12	24	0.024
Ramales	Trans 22X22 a 19X19	4	3000		1.1						0.004
	Trans 19X19 a 15X15	4	2000		1.1						0.057
	Trans 15X15 a 12X12	4	1000		1.1						0.172
<b>TOTAL</b>											<b>1.34</b>

## **1.7 Diseño del sistema de ductería para la manejadora # 4**

El caudal suministrado por esta manejadora es de 20,000 CFM equivalente a 50 toneladas de aire. El sistema de ductería de esta unidad está diseñado para distribuir el aire acondicionado a la parte restante del segundo nivel del local y en la mayor cantidad para el acondicionamiento en el área de bodega. Los elementos de difusión son muy elementales por ser parte del sistema de ductería ya que ellos dan la dirección de flujo y se acoplan al diseño interior del local. Los difusores de salida son parte de los sistemas de conductos en donde su función es darle una mejor distribución al aire y evitar que el aire que sale a alta velocidad entre directamente al lugar ocupado.

Estos difusores se clasifican según la posición de instalación como los difusores cerca o en el techo que descargan el aire horizontalmente, los difusores cerca o en el piso que descargan el aire verticalmente en forma dispersante o directa, los difusores cerca o en el piso que descargan el aire horizontalmente y los difusores cerca o en el techo que se proyectan el aire hacia abajo verticalmente.

Los difusores rectilíneos tienen su principal aplicación de forma mural y para aire acondicionado. Suelen ser rectangulares desde proporciones próximas al cuadrado hasta llegar a ser totalmente lineales de varios metros, estrechas. Todas disponen de aletas paralelas, horizontales o inclinadas, y mayormente fijas. Las hay regulables en inclinación y también de dos hileras superpuestas, verticales y horizontales, que permiten regulaciones más finas.

El alcance del chorro y la dispersión del cono que forman sus filetes vienen influidos también de forma notable por la rejilla o persiana con que se haya equipado la boca de sople.

Los difusores de suelo deben colocarse en la periferia de los locales, junto a las paredes en lugares en los que los ocupantes no se coloquen encima de ellas y no se vean obstaculizadas por muebles o enseres. Suelen estar empotradas en el piso y llevan aletas regulables que permitan orientar el chorro o hacerlo divergir rápidamente y también compuertas de regulación de caudal.

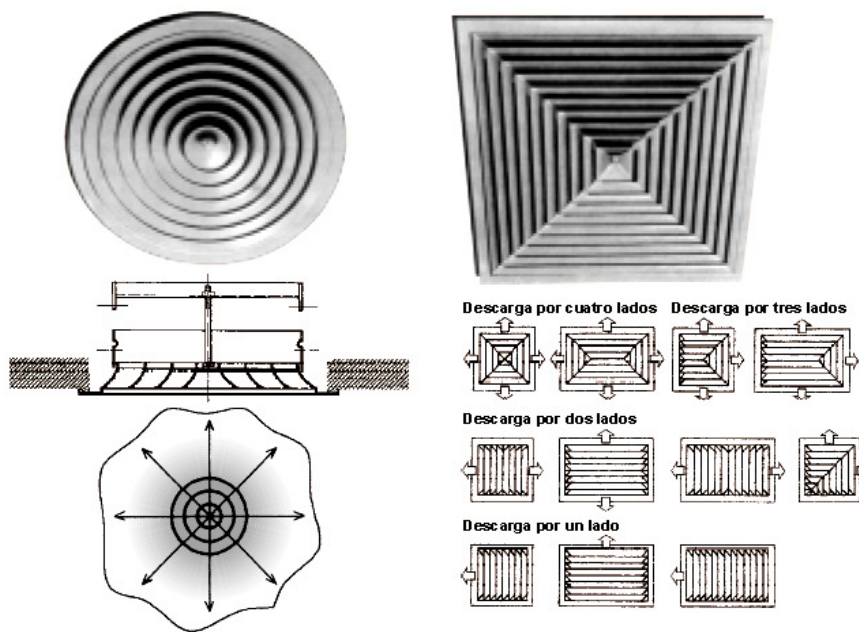
La difusión del aire por medio de rejillas colocadas en el techo son muy populares en aplicaciones comerciales y por esa razón se encuentran en varios estilos. También son especiales por su distribución radial en todas las direcciones y su rápida difusión permitiendo manejar grandes cantidades de aire y mayores velocidades que la mayor parte de otros difusores.

La difusión por el techo es la mejor forma de hacerse porque está fuera de la zona ocupada. Los difusores generalmente adoptan la forma circular o cuadrada. Los difusores circulares están contruidos por varios conos centrados que proyectan el aire paralelamente al techo y en todas direcciones.

Los difusores cuadrados se comportan prácticamente igual que los circulares. También los hay que descargan en sólo tres, dos o una sola dirección. Estos difusores, cuando son de dos o una dirección se usan también en la pared.



**Figura 29. Tipos de difusores**



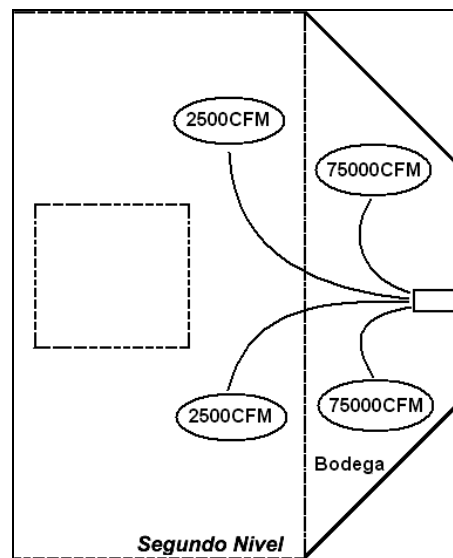
Fuente: **Elaboración propia**

Aparte de los descritos que son los principales, existen difusores de inducción, que favorecen la mezcla del aire impulsado con el del ambiente, difusores de techo orientales que aparte de permitir escoger la orientación de la descarga pueden llegar a cerrar el paso del aire, de rejilla plana constituidos por una simple malla, sistema muy primitivo, que no permite ningún tipo de regulación ni de orientación y difusores de zócalo que revisten la forma de una rendija de descarga a lo largo de las paredes.

### 1.7.1 Distribución de caudal de aire

Esta manejadora tiene una capacidad de flujo de aire de 20,000 CFM el cual distribuye el aire hacia el segundo nivel cubriendo a un 20% de la zona con 5,000 CFM y hacia la bodega cubriendo el 100% del área con un caudal de 15,000 CFM. La ubicación de esta manejadora es al lado de la manejadora #2, a la misma altura. Su sistema de ductería es adaptable para suministrar hacia el local comercial y hacia la bodega del mismo. Hacia el área comercial se ha elegido 10 salidas de 500 CFM cada una para completar con 5,000 CFM utilizando ducto flexible de 10" y difusores de suministro de 24"x24". Y para el área de bodega se distribuye 15,000 CFM de aire por medio de 10 salidas de 1,500 CFM cada una y rejillas con dimensiones de 24"x12". En la siguiente figura se hace notar la forma de distribución para el sistema de esta unidad.

**Figura 30. Distribución del aire para el sistema # 4**



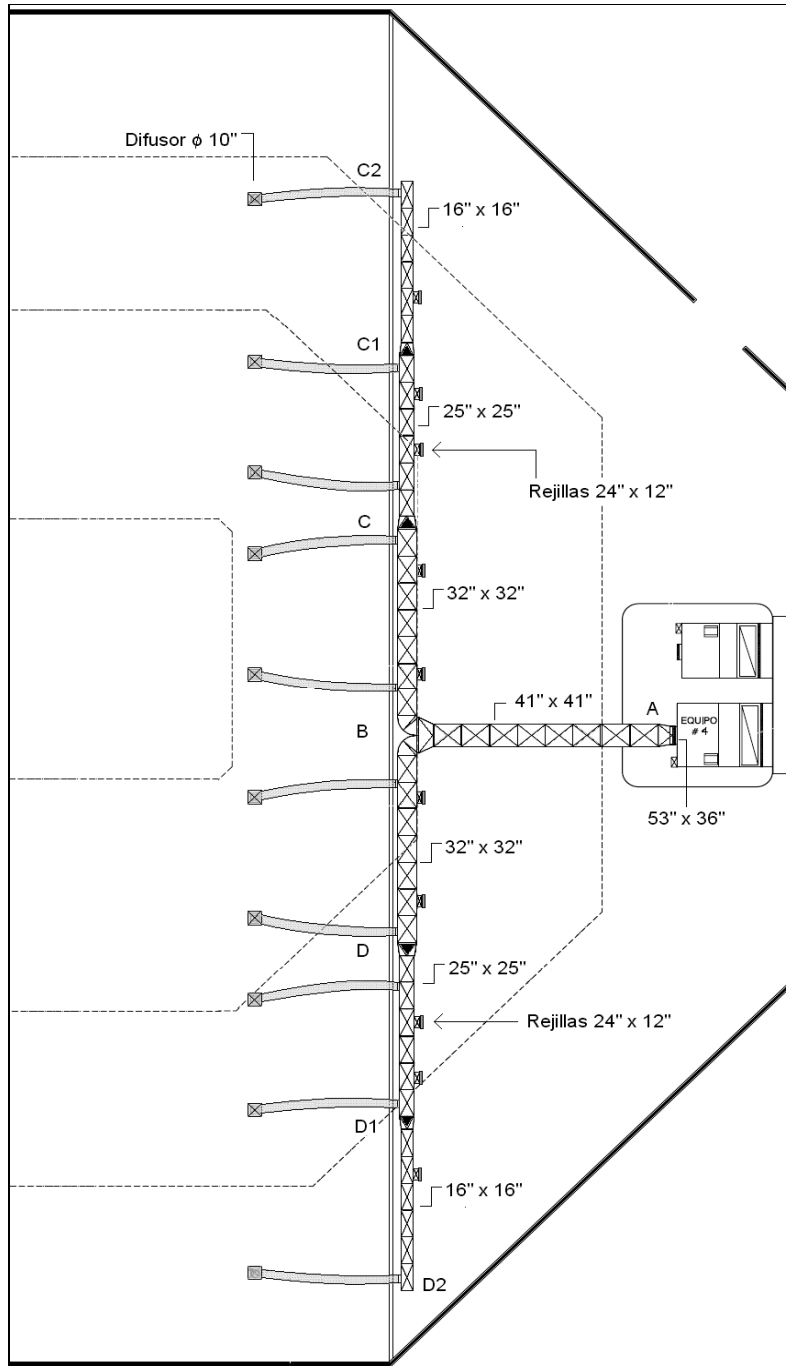
Fuente: **Elaboración propia**

### 1.7.2 Dimensionamiento de conductos y conexiones

**Tabla XV. Dimensionamiento de conductos y conexiones para el sistema # 4**

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS Y CONEXIONES PARA SISTEMA # 4											
Sección	Componente	Cantidad Conexcion	Salida 500CFM	Salida 1500CFM	Flujo CFM	Velocidad p/min	Diametro Pulg.	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies
A - B	Ducto				20000	1713.27	43	41	X	41	52
	Fuelle	1			20000	1509.43		53	X	36	1
	Codo 45°	1			20000	1713.27		41	X	41	
	Codo 45°	1			20000	1406.25		32	X	64	
	Trans 53X36 a 41X41	1			20000						2
	Codo 90°	2			10000	1406.25		32	X	32	
B - C	Ducto		2	2	10000	1406.25	33	32	X	32	20
C - C1	Ducto		2	2	6000	1382.40	27	25	X	25	20
C1 - C2	Ducto		1	1	2000	1125.00	18	16	X	16	20
B - D	Ducto		2	2	10000	1406.25	33	32	X	32	28
D - D1	Ducto		2	2	6000	1382.40	27	25	X	25	28
D1 - D2	Ducto		1	1	2000	1125.00	18	16	X	16	28
Ramales	Trans 32X32 a 25X25	2			6000						2
	Trans 25X25 a 16x16	2			2000						2
<b>TOTAL</b>		10	10	10							

Figura 31. Plano del sistema de ductería para la manejadora # 4



Fuente: **Elaboración propia**

### 1.7.3 Cálculo de caída de presión

**Tabla XVI. Cálculo de Pérdida de presión para el sistema # 4**

CALCULO DE PERDIDA DE PRESION PARA SISTEMA # 4											
Sección	Componente	Cantidad Coneccion	Flujo CFM	Velocidad p/min	C	"Hf/100p	Dimensiones Ducto Pulg.			Longitud Pies	"Hf
A - B	Ducto					0.1	41	X	41	52	0.052
	Fuelle	1				0.1	53	X	36	1	0.001
	Codo 45°	1	20000	1713.27	0.34		41	X	41		0.062
	Codo 45°	1	20000	1406.25	0.31		32	X	64		0.038
	Trans 53X36 a 41X41	1	20000		1.1					2	0.048
	Codo 90°	2	10000	1406.25	1.2		32	X	32		0.297
B - C	Ducto					0.1	32	X	32	20	0.02
C - C1	Ducto					0.1	25	X	25	20	0.02
C1 - C2	Ducto					0.1	16	X	16	20	0.02
B - D	Ducto					0.1	32	X	32	28	0.028
D - D1	Ducto					0.1	25	X	25	28	0.028
D1 - D2	Ducto					0.1	16	X	16	28	0.028
Ramales	Trans 32X32 a 25X25	2	6000		1.1					2	0.009
	Trans 25X25 a 16x16	2	2000		1.1					2	0.088
<b>TOTAL</b>											<b>0.739</b>

## **1.8 Resultados**

Para el sistema # 1 se tiene la cantidad de 30 salidas de aire con caudal de 500 CFM cada una, un caudal máximo de 15,000 CFM en ducto de 30"x42" y un caudal mínimo de 1,000 CFM en ducto de 12"x12" y una caída de presión de 1.018 pulgadas.

Para el sistema # 2 se tiene la cantidad de 20 salidas de aire con caudal de 500 CFM cada una, 2 salidas de 1,000 CFM, 2 salidas de 1,500 CFM, un caudal máximo de 15,000 CFM en ducto de 36"x40" y un caudal mínimo de 1,000 CFM en ducto de 13"x13" y una caída de presión de 1.035 pulgadas.

Para el sistema # 3 se tiene la cantidad de 40 salidas de aire con caudal de 500 CFM cada una, un caudal máximo de 20,000 CFM en ducto de 30"x55" y un caudal mínimo de 1,000 CFM en ducto de 12"x12" y una caída de presión de 1.34 pulgadas.

Para el sistema # 4 se tiene la cantidad de 10 salidas de aire con caudal de 500 CFM cada una, 10 salidas de 1,500 CFM, un caudal máximo de 20,000 CFM en ducto de 41"x41" y un caudal mínimo de 2,000 CFM en ducto de 16"x16" y una caída de presión de 0.739 pulgadas.

## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

Muchos problemas que enfrentan los diseñadores, instaladores y operadores de sistemas de acondicionamiento de aire se relacionan con problemas de la construcción. El desarrollo de un sistema de acondicionamiento de aire para un edificio pasa por varias etapas, que son: Diseño, instalación, operación y mantenimiento constante, servicio.

El diseño del proyecto para un edificio de grandes dimensiones es una tarea extremadamente complicada. Puede requerir meses o años, e involucrar a varios grupos de personas. El diseño para una residencia privada es mucho más simple y puede requerir tan solo de una o dos personas. El diseño para grandes proyectos es responsabilidad de los ingenieros mecánicos. Los sistemas eléctricos, estructurales y de tubería son diseñados por ingenieros consultores que se especializan en sus campos respectivos. Los ingenieros consultores también pueden llevar a cabo otras tareas como la estimación de costos, y la supervisión en campo de la construcción. Cada una de esas tareas se lleva a cabo con la cooperación de los arquitectos, que realizan el diseño y la planificación general del edificio.

La coordinación del trabajo entre los arquitectos y los ingenieros es una tarea importante y difícil. Incluye la verificación de que el equipo y los materiales que van a instalarse no interfieran físicamente entre si. Un error en la coordinación puede tener malos resultados.

El diseño de un sistema de acondicionamiento de aire implica determinar el tipo de sistema que debe emplearse, calcular las cargas de calentamiento y de

enfriamiento, estimar los tamaños de tubería y de conductos, seleccionar el tipo y tamaño del equipo, y planear la localización de cada pieza del equipo en la construcción. Esta información se muestra en los planos y en las especificaciones de acondicionamiento de aire, que sirven como instructivo para instalar el sistema. Los planos son diseños del sistema. Las especificaciones son descripciones por escrito de los materiales, el equipo, etc.

La construcción general de un edificio es responsabilidad del contratista principal o general el cual obtiene un contrato concedido por el propietario, o contratante, que puede ser una compañía de bienes raíces, dependencia pública, escuela, etc. También puede contratar a subcontratistas como mecánicos, electricistas para instalar cada uno de los sistemas en la construcción.

Los subcontratistas deben coordinar sus trabajos para evitar cualquier interferencia física. El contratista mecánico es el responsable de la instalación del sistema, toma los planos del ingeniero consultor y prepara planos de taller a partir de aquellos. Estos planos son dibujos a mayor escala y más detallados del sistema de acondicionamiento de aire, los cuales serán necesarios para los instaladores. Este contratista contrata al personal, trabajadores de la construcción, especialistas en tuberías, láminas metálicas y aislamientos, también compra todo el equipo y materiales necesarios para el sistema de acondicionamiento de aire. Para esto, sus empleados llevan a cabo una estimación; esto es, hacen una lista de todo el equipo y materiales que indican los planos y las especificaciones, siendo esta una tarea muy complicada. Se deben determinar también los costos de mano de obra y gastos generales. Cuando esta terminada la instalación, el contratista mecánico prueba, ajusta y balancea el sistema de acondicionamiento de aire.



En contraste con los procedimientos descritos, hay empresas que manejan todas las tareas de diseño y construcción como un paquete: arquitectura, ingeniería de consulta y contratación. El diseñar y construir es un método rápido y práctico. Los partidarios de este sistema afirman que la construcción puede iniciarse y continuar a medida que se elaboran los planos para cada etapa. No es necesario esperar los planos de ingeniería ni los del contratista; no hay retrasos por licitación en que compiten contratistas, se logra una mejor coordinación y es más fácil determinar la responsabilidad, ya que una organización es la responsable de todo.

El ingeniero mecánico consultor es parte de una compañía que diseña los sistemas de aire acondicionado, estima los costos, lleva a cabo cálculos técnicos, prepara planos, especificaciones, supervisa las instalaciones y verificación de la instalación, el trabajo de prueba, ajustes y balanceo.

El constructor mecánico forma parte de una compañía que instala los sistemas, comprende el cálculo o estimación de costos, preparación de planos y supervisión de la instalación.

La compañía de servicio es la encargada de reparar y dar mantenimiento a los sistemas de acondicionamiento de aire.

El fabricante es una compañía que produce equipos para acondicionamiento de aire, comprende la producción, investigación y desarrollo, mercadotecnia y ventas.

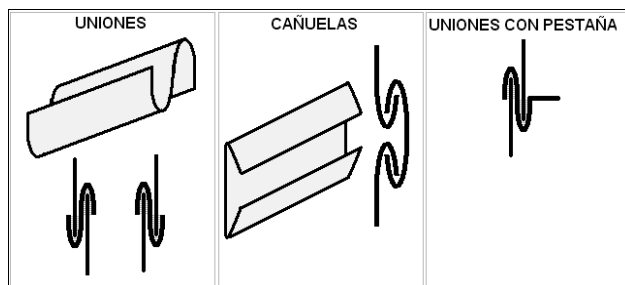
El representante de ventas, propietario de la construcción, personal de operación, entre otros, son partes elementales que conforman a esta industria

obteniendo un equipo para la ejecución de trabajos sobre sistemas de aire acondicionado.

## 2.1 Construcción de los sistemas de ductería

La etapa de la construcción es una parte muy importante, en donde se realiza la selección y cálculo de materiales a utilizar en la construcción de los elementos del sistema completo. Es elemental poder evaluar desde un inicio la cantidad de materiales y la herramienta que se va a utilizar para la elaboración de un proyecto. También es recomendable considerar un porcentaje más de la cantidad de material al momento de adquirirlos ya que durante la elaboración de un sistema en general aparecen otros detalles que originan al final más costo de lo previsto. Esto aplica de igual forma al momento de realizar una cotización. Entre los materiales utilizados son lámina galvanizada por su durabilidad y resistente de la corrosión, fibra de vidrio rígida y flexible, cinta de aluminio, cinta blanca, pegamento, grapas, remaches, tornillos para lámina, material para fijación, alambre de amarre, angulares, etc. Para acoplar los conductos, codos y transiciones se utilizan uniones y cañuelas hechos de lámina galvanizada.

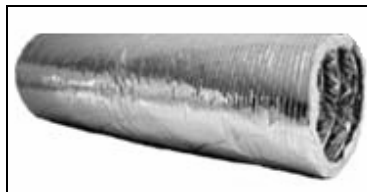
**Figura 32. Piezas para el acople de elementos de ductería**



Fuente: **Elaboración propia**

El ducto flexible circular con aislamiento térmico son elementos que se acoplan en sus extremos a los ramales del sistema y a los difusores o rejillas. Están contruidos con aislamiento de fibra de vidrio y con forro exterior de doble película metalizada para evitar la condensación y un ducto interior de doble película metalizada y reforzada, lleva en su interior un resorte de acero al alto carbón galvanizado que permite la flexibilidad. Se encuentra ducto flexible de 4" a 20" de diámetro y de 25 pies de largo.

**Figura 33. Ducto redondo flexible**



**Fuente:** [www.aerolica.com/productos/](http://www.aerolica.com/productos/)

Para la construcción de conductos con lámina galvanizada se utiliza de diferentes grosores dependiendo de las dimensiones de los elementos conductores de aire, así mismo se relaciona para clasificarse por un número de calibre. Una lámina tiene las dimensiones de 4' de ancho y 8' de largo.

**Tabla XVII. Clasificación de lámina por número de calibre**

<b>Lado de ducto (pulg.)</b>	<b>Número de calibre</b>
Hasta 12"	#26
13" a 30"	#24
31" a 50"	#22
50" a 80"	#20

La fibra de vidrio flexible se utiliza para el aislamiento exterior o interior de los conductos metálicos en sistemas para transporte de aire acondicionado y de ventilación. Su principal uso es controlar la transferencia de calor del aire interior al ducto y el medio ambiente, y la condensación de la humedad relativa del medio; evitando así la corrosión del ducto metálico.

**Figura 34. Fibra de vidrio flexible**



**Fuente:** [www.vermont.com.mx/htm/aislamientos.htm](http://www.vermont.com.mx/htm/aislamientos.htm)

La fibra de vidrio flexible viene en rollo representando las siguientes características.

Dimensiones:

- 15.24 m (600 " largo) x 1.22 m (48" ancho) x 38 mm (1 ½" espesor).
- 30.48 m (1200 " largo) x 1.22 m (48" ancho) x 38 mm (1 ½" espesor).

Resistencia térmica:

- R= 4.2 a 5.2 ( hr. °F ft<sup>2</sup>/BTU) Nominal

Beneficios:

- Garantiza la no condensación de la humedad relativa del aire sobre el ducto, evitando el proceso corrosivo de la lámina metálica, cuando el fluido del aire transportado tiene una temperatura inferior a la del medio ambiente. Eliminándose la posibilidad de llegar a la temperatura del punto de rocío.

Para reforzar la envoltura aplicada a los ductos se utiliza cemento de contacto para pegar los extremos del pliego de fibra de vidrio y se coloca cinta para conductos para fortalecerlo, también la cinta es aplicada en casos de que el forro tenga áreas dañadas. Esta cinta para conductos esta compuesta por un refuerzo tridimensional de fibra de vidrio, laminada con papel *kraft* y recubierta con un sistema adhesivo fuerte a base de caucho. Es usado principalmente en la fabricación de conductos proporcionando cerrado hermético y resistente. También se utiliza para la unión y sello del aislamiento de fibra de vidrio. Sus dimensiones pueden ser de 150 pies de largo por 3" ó 2" de ancho.

La herramienta del técnico debe ser aplicable para facilitar la construcción de los sistemas de ductería, entre la herramienta más utilizada esta: Alicates, martillo, barreno, brocas para metal, pulidora, juego de desarmadores, extensión eléctrica, escalera, secciones de andamios, Dobladora, tijera grande y pequeña para cortar lámina, escuadra, alicate doblador, sierra de metal, equipo de soldadura.

La lámina viene de diferentes grosores y no es sencillo doblarla. La Dobladora es una herramienta especial para doblar la lámina que se utiliza para la construcción de las piezas de los conductos.

**Figura 35. Dobladora**



## 2.2 Soportería

Es conveniente saber la razón por la cual se soporta la ductería. Principalmente, para sujetarla y mantenerla en un solo lugar, pero no solo eso. El soportar la ductería conlleva a garantizar que el sistema será confiable a pesar del tiempo transcurrido, de movimientos estructurales, de la ocurrencia de terremotos o temblores, del caso que alguien se posicione sobre los ductos, que el mismo peso la dañe. En conclusión, el soporte debe asegurar que el sistema siempre estará como cuando se instaló por vez primera. La soportería son aplicados también para soportar maquinas, tubería eléctrica, tubería de agua, elementos pesados y livianos, etc. Esta fase es tan importante tanto para el diseño como para la instalación tomando las consideraciones necesarias para cada uno.

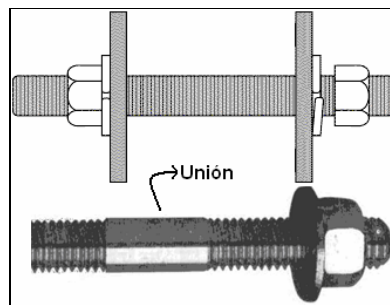
Teóricamente, el soporte es cualquier arreglo que permita fijar la ductería a la estructura. Así, un alambre o un lazo podrían servir para colgar un ducto por mencionar un ejemplo. La soportería debe cumplir con ciertas condiciones que permitan acoplarse al diseño, a los mecanismos si existiesen y calificado por un ingeniero.

Entre los materiales más comunes para la fijación de los sistemas de ductería están: las varillas roscadas, varillas lisas, uniones roscadas para las varillas, tensores, argollas, abrazaderas, resortes, tuercas hexagonales, roldanas alambre galvanizado, angulares de hierro, tornillos para lámina, tarugos *hilti*, etc. Lo que se pretende de los soportes es que sean hechos de metal, fácil acceso y económico. Los soportes pueden construirse de otros materiales no metálicos siempre y cuando sean resistentes al peso y al fuego.

Para poder sujetar la soportería es necesario perforar la estructura, ya que esta considerado para tales esfuerzos con algunas excepciones en donde es obligado a usar otros recursos.

Las varillas roscadas son hechas de acero, con terminado galvanizado, normalmente de un metro de largo y diferentes tamaños de diámetro. Es utilizado para colgar equipo, tubería de agua y vapor, ductos, lámparas, tubería eléctrica, transformadores, tornillos especiales, motores, juntas de tuberías, fijación de cajas eléctricas, abrazaderas y tensores.

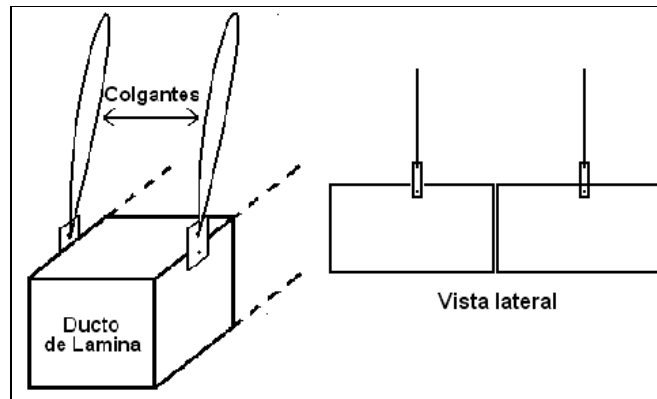
**Figura 36. Varilla roscada con roldadas y tuercas**



Fuente: **Elaboración propia**

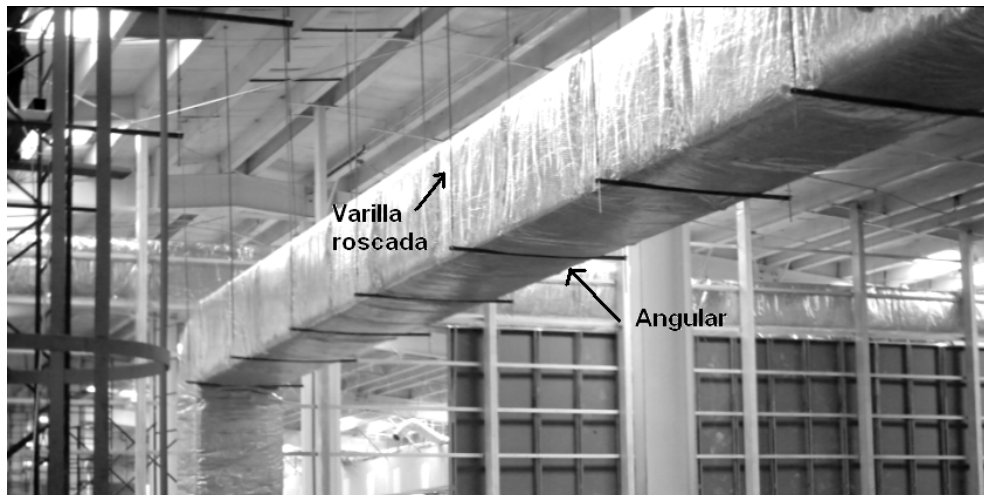
Cada ducto debe estar soportado con alambre, en posición central y fijado al techo. El alambre galvanizado da la facilidad de poder mover el ducto para facilitar el acople con las demás piezas del sistema. En caso de tener un ducto de gran dimensión se soporta con varillas roscadas y angulares.

**Figura 37. Soportería utilizando alambre**



Fuente: **Elaboración propia**

**Figura 38. Soportería utilizando varillas roscadas y angulares**

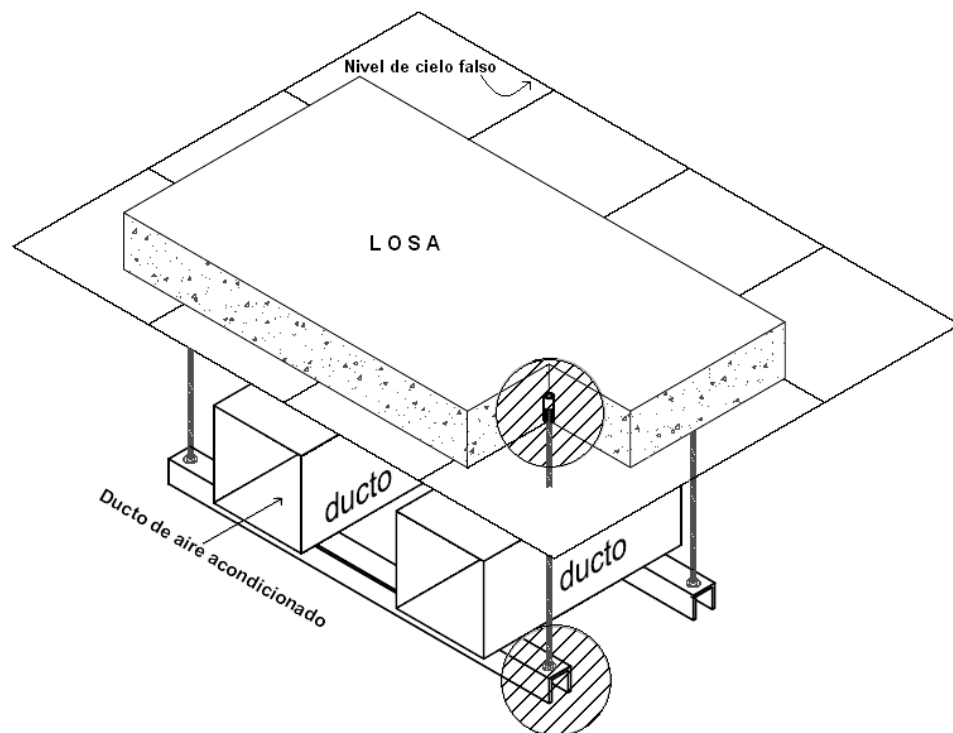


Para la instalación de la fijación para la ductería en los sistemas de almacenes Carrión, se sujetaron a las vigas de la estructura del local.



En algunos casos se encuentra losa como techo en donde se utilizan tarugos con rosca para introducir las varillas.

**Figura 39. Soportería colocada a techo de losa**

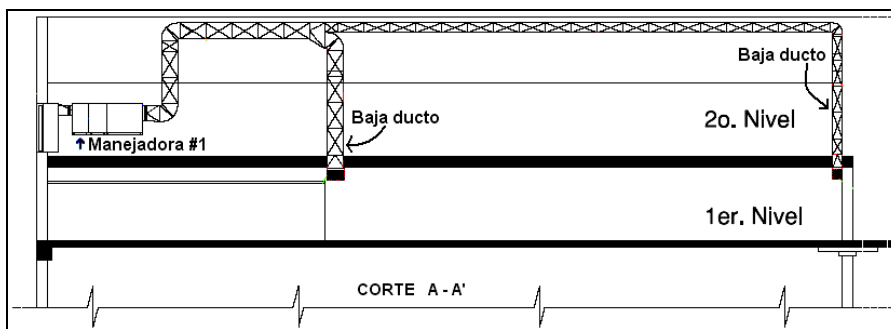


Fuente: **Elaboración propia**

### 2.3 Sistema de ductería para la manejadora # 1

Inicialmente este sistema había sido diseñado de modo que al salir de la manejadora subía cerca del techo, se dividía en dos ramales, uno de ellos bajaba para cubrir parte de la planta baja y el otro seguía por la parte de arriba y luego bajaba de igual forma para completar el sistema como se muestra en la figura longitudinal siguiente.

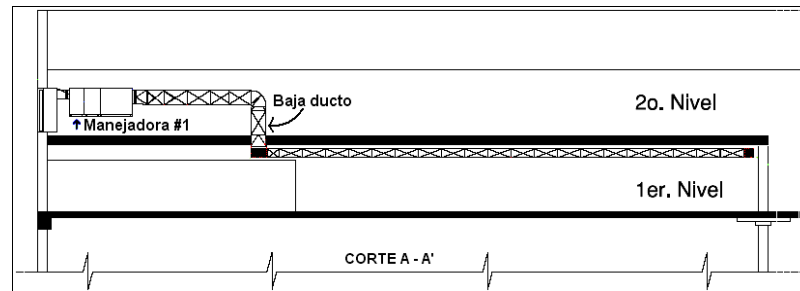
**Figura 40. Corte longitudinal del primer diseño del sistema #1**



Fuente: **Elaboración propia**

Se realizó un cambio a este sistema por motivos del diseño del local y por la comodidad de la instalación, buscando la forma de evitar menos desvíos al sistema en donde el ducto que sale de la manejadora se desvía hacia una columna de la estructura atravesando el piso del segundo nivel y distribuyéndose los ramales para suministrar al primer nivel.

**Figura 41. Corte longitudinal del diseño final del sistema #1**



Fuente: **Elaboración propia**

### 2.3.1 Cálculo de materiales

**Tabla XVIII. Cálculo de materiales para el sistema # 1**

<b>MATERIALES PARA SISTEMA DE MANEJADORA # 1</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Lámina galvanizada calibre 22	89
Lámina galvanizada calibre 24	61
Lámina galvanizada calibre 26	8
Rollo de Fibra de vidrio 1-1/2"* 40'*100' <i>Ductwrap</i>	13
Caja ducto redondo flexible 10"x25'	15
Difusor perforado de 24"x24"	30
Yardas de lona para fuelle	1

**2.3.2 Construcción e instalación**

**Figura 42. Fotografías de la instalación del sistema # 1**



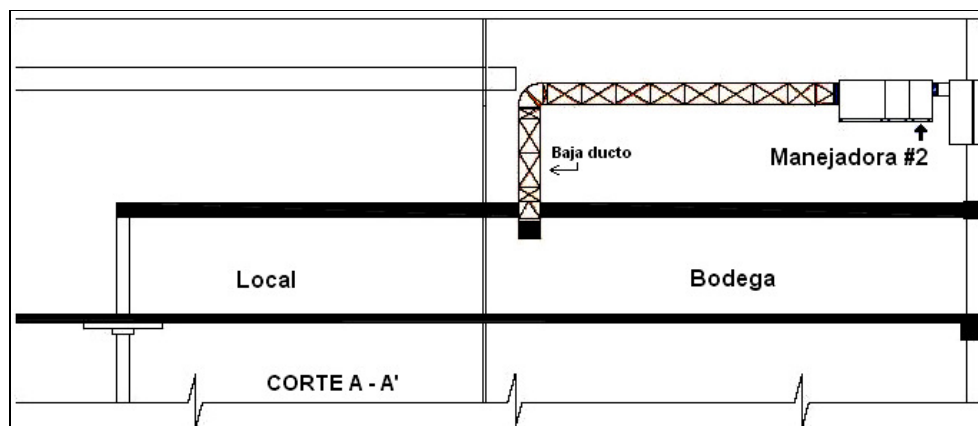
**Figura 43. Fotografías del acople de ductería a la unidad # 1**



## 2.4 Sistema de ductería para la manejadora # 2

A la salida de la manejadora se colocó el ramal principal con ductos de 36"x40" dirigido hacia el techo del primer nivel. Para su construcción se utilizó más material y una mejor soportería por ser elementos pesados. Para la parte de ductería que baja se ha reforzado la fijación de modo que soporte el peso en ese punto. La altura de la unidad es más de 7m con lo que se utilizaron varias secciones de andamios y protección para los técnicos para poder acoplar y fijar los elementos.

**Figura 44. Corte longitudinal de una parte del sistema #2**



Fuente: **Elaboración propia**

## 2.4.1 Cálculo de materiales

Tabla XIX. Cálculo de materiales para el sistema # 2

<b>MATERIALES PARA SISTEMA DE MANEJADORA # 2</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Lámina galvanizada calibre 22	61
Lámina galvanizada calibre 24	67
Rollo de Fibra de vidrio 1-1/2"* 40'x100' <i>Ductwrap</i>	11
Caja ducto redondo flexible 10"x25'	10
Difusor perforado de 24"x24"	20
Rejillas de suministro Lv 16"x12"	2
Rejillas de suministro Lv 24"x12"	2
Yardas de lona para fuelle	1

## 2.4.2 Construcción e instalación

Figura 45. Fotografías del avance de la instalación del sistema # 2



Figura 46. Fotografías de la parte final de la instalación del sistema # 2



## 2.5 Sistema de ductería para la manejadora # 3

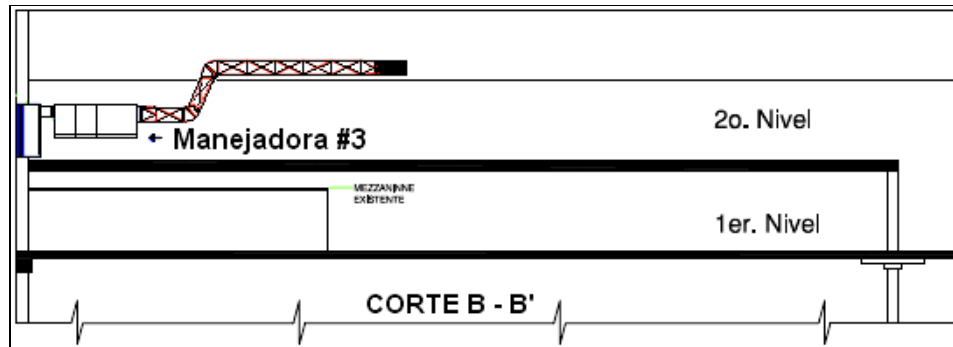
Este sistema es el que más lámina galvanizada se ha utilizado, el espacio utilizado para la instalación ocupa casi el área del 2do nivel ya que suministra en gran porcentaje. El ramal principal se ha llevado cerca del techo superior para tener cierta declinación siguiendo la forma del techo. La dificultad de esta instalación se encontró en el acople de los ductos de gran tamaño y en los colocados en las partes más altas. La altura máxima que se colocaron los ramales de este sistema es de 4 metros y a la salida de la manejadora es de 3 metros.

**Figura 47. Fotografía de un ramal del sistema # 3**





**Figura 48. Corte longitudinal de una parte del sistema # 3**



Fuente: **Elaboración propia**

### 2.5.1 Cálculo de materiales

**Tabla XX. Cálculo de materiales para el sistema # 3**

<b>MATERIALES PARA SISTEMA DE MANEJADORA # 3</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Lámina galvanizada calibre 22	75
Lámina galvanizada calibre 24	88
Lámina galvanizada calibre 26	12
Rollo de Fibra de vidrio 1-1/2"* 40'x100'	
<i>Ductwrap</i>	14
Caja ducto redondo flexible 10"x25'	20
Difusor perforado de 24'x24' (500cfm)	40
Yardas de lona para fuelle	1

**2.5.2 Construcción e instalación**

**Figura 49. Fotografías del avance de la instalación del sistema # 3**



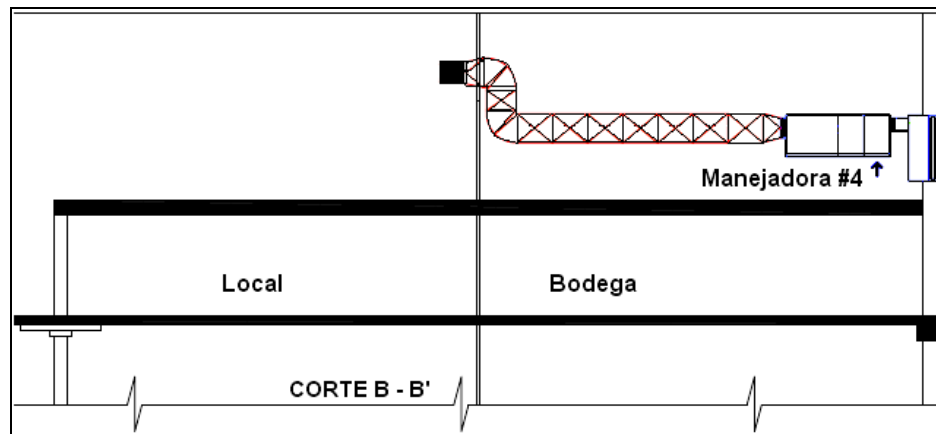
**Figura 50. Fotografías de la parte final de la instalación del sistema # 3**



## 2.6 Sistema de ductería para la manejadora # 4

Al igual que la manejadora # 2, este sistema utiliza ductos de gran dimensión y la manejadora esta a gran altura. Para este sistema, principalmente en el ramal principal, ha sido fijado con varillas de mayor diámetro y angulares de mayor grosor para lograr soportar el peso.

**Figura 51. Corte longitudinal de una parte del sistema # 4**



Fuente: **Elaboración propia**

## 2.6.1 Cálculo de materiales

Tabla XXI. Cálculo de materiales para el sistema # 4

<b>MATERIALES PARA SISTEMA DE MANEJADORA # 4</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Lámina galvanizada calibre 22	63
Lámina galvanizada calibre 24	23
Rollo de Fibra de vidrio 1-1/2"* 40'x100' <i>Ductwrap</i>	7
Caja ducto redondo flexible 10"x25'	5
Difusor perforado de 24'x24' (500cfm)	10
Rejillas de suministro Lv 24"x12" (1500cfm)	10
Yardas de lona para fuelle	1

## 2.6.2 Construcción e instalación

Figura 52. Fotografías del avance de la instalación del sistema # 4



Figura 53. Fotografías de la parte final de la instalación del sistema # 4



## 2.7 Costo total del proyecto

**Tabla XXII. Costo total del proyecto**

#	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Lamina galvanizada calibre 22	320	Q184.00	Q58,880.00
2	Lamina galvanizada calibre 24	265	Q154.72	Q41,000.80
3	Lamina galvanizada calibre 26	25	Q126.48	Q3,162.00
4	Rollo de Fibra de vidrio 1-1/2** 40*100' ductwrap	50	Q684.00	Q34,200.00
5	Caja ducto redondo flexible 10"x25'	55	Q276.16	Q15,188.80
6	Difusor perforado de 24'x24' sin marco	100	Q134.40	Q13,440.00
7	Rejillas de suministro Lv 16"x12"	2	Q200.00	Q400.00
8	Rejillas de suministro Lv 24"x12"	12	Q296.00	Q3,552.00
9	Yardas de lona para fuelle	4	Q120.00	Q480.00
10	Cinta de aluminio 2" * 50YD lisa TA-250	274	Q56.00	Q15,344.00
11	Libra de alambre galvanizado calibre 16	70	Q3.76	Q263.20
12	Tornillo para lamina de 10x1	1400	Q0.15	Q210.00
13	Tornillo para lamina de 10x1/2	1300	Q0.08	Q104.00
14	Tornillo polzer de 1/4x1	150	Q0.25	Q37.50
15	Tornillo polzer de 1/4x 1 1/2	250	Q0.35	Q87.50
16	Remache Pop 1/8 x 3/8	2200	Q0.08	Q176.00
17	Cemento de contacto Galon weelwood	10	Q107.00	Q1,070.00
18	Colgantes HILTI	550	Q2.50	Q1,375.00
19	Disparos HILTI	550	Q1.50	Q825.00
20	Varilla roscada de 1/4" x 100	4	Q4.00	Q16.00
21	Varilla roscada de 3/8" x 100	60	Q9.00	Q540.00
22	Angulares 1" x 1/8"	20	Q40.00	Q800.00
23	Angulares 1-1/4" x 1/8"	15	Q65.00	Q975.00
24	Electrodo de 1/8 punto Café	75	Q0.80	Q60.00
25	Galon tinner	5	Q38.00	Q190.00
26	Bola de Wipe	20	Q9.00	Q180.00
27	Broca para concreto de 5/16	5	Q11.00	Q55.00
28	Broca para metal 3/8	5	Q16.00	Q80.00
29	Sierras acero plata	10	Q8.00	Q80.00
30	Tuerca galvanizada 3/8"	120	Q0.20	Q24.00
31	Roldana galvanizada 3/8"	120	Q0.20	Q24.00
32	Union galvanizada 1/4" para varilla roscada	35	Q2.50	Q87.50
33	Union galvanizada 3/8" para varilla roscada	75	Q3.50	Q262.50
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q193,169.80</b>

## **2.8 Plan de mantenimiento preventivo**

La principal razón de la mayoría de las fallas en los equipos de acondicionamiento de aire es por no tener un buen mantenimiento preventivo o simplemente por no realizar un mantenimiento. Este mantenimiento es aplicado a los sistemas de acondicionamiento de aire con el fin de alargar la vida útil del equipo y mantener su eficiencia. Prevenir que el deterioro y falla del equipo, es el objetivo principal para poder lograr un servicio confiable e ininterrumpido lo cual se espera de la unidad de aire acondicionado. Los sistemas de aire acondicionado provocan altos costos de operación, cuando se encuentra funcionando por debajo de su eficiencia.

La lubricación y alineación de motores, verificación y ajuste de las correas, el lavado del serpentín, reemplazo de filtros, cambio de elementos dañados y limpieza general son actividades que pueden ser realizadas dentro de un programa de mantenimiento preventivo, por el propio personal encargado del equipo, dependiendo también de los diferentes sistemas. Cuando se trata de pruebas de presión, recargar los niveles de refrigerante, probar los sensores y termostatos, reparar e instalar accesorios eléctricos y mecánicos, se recomienda solicitar los servicios de una empresa de mantenimiento o contactar al propio fabricante.

La limpieza se debe programar dependiendo de la ubicación y modo de uso, si está en una zona con mucha suciedad se debe realizar limpiezas más frecuentes. Como mínimo una vez al año deben de limpiarse las partes importantes de los equipos, como los condensadores. Un condensador limpio previene las altas presiones que pueden acortar la eficiencia de la unidad. Las partes de los sistemas eléctricos deben ser inspeccionados antes del encendido. Los contactos se deterioran como resultado de los ciclos del

compresor, las terminales de conexión deben ser apretados y revisados, deben cambiarse todos los elementos que presenten desperfecto.

Tanto las partes mecánicas y eléctricas utilizan controles de operación y de seguridad que son parte principal de las unidades, estas deben ser revisados para asegurar que están bien calibrados y funcionando correctamente. Como todo equipo mecánico y eléctrico, estos controles se desgastan y deben ser reemplazados.

### **2.8.1 Mantenimiento al *Chiller* y las unidades manejadoras**

Para asegurar la correcta operación del este sistema, y así poder predecir o detectar alguna anomalía, antes de que pueda ocurrir alguna falla; independientemente del tipo y su capacidad, se recomienda contar con un programa de mantenimiento, realizar inspecciones generales, así como tomar periódicamente lecturas de corriente, voltaje, temperatura, presión, flujo y niveles de fluidos del equipo.

Inicialmente se realizó una visita para inspección de las cuatro manejadoras y el *Chiller*. Se encontraron las manejadoras sucias, serpentines atascados de tierra con partes de aislamiento deteriorado. Estas manejadoras se operaron durante la remodelación del lugar habiendo mucho polvo en el ambiente, además no se encontraron partes del sistema como ciertos filtros, por lo que la tierra no se quedó en los filtros sino penetró a toda la estructura.



Adicionalmente no se encontraron los controles de temperatura, una de las tarjetas electrónicas estaba quemada por lo que se arrancó la maquina sin esta tarjeta y cotizarla posteriormente así como cualquier otro dispositivo que no funcione y necesite ser reemplazado.

Los siguientes pasos son aplicados para al mantenimiento mayor:

- a) Desmontaje de motores, secado de bobinas, lubricación de cojinetes lubricación de *bushines*, desmontaje de accesorios monitores eléctricos y electrónicos, desmontaje de contactores, relees térmicos, capacitores, retardadores de tiempo, para la limpieza de bornes, terminales, platinos de enclave, etc.
- b) Cambio de terminales, cables recalentados del sistema eléctrico interno.
- c) Chequeo de presiones manométricas para determinar carga de refrigerante.
- d) Chequeo de compresor, línea de succión y descarga.
- e) Chequeo de balance de hélices y turbinas.
- f) Calibración de termostato, presostato, relee térmico, retardador de arranque, humidostatos, válvulas solenoides, válvulas de expansión, flujo de aire.
- g) Lavado de serpentín del Chiller y serpentín de las manejadoras con químico especial para quitar grasa en aluminio y cobre, aplicado con bomba a presión, neutralización del químico con agua, chasis del aparato interno y externo, filtros para aire, ventiladores axiales y tipo turbina.

h) Mediciones de voltaje, amperaje, temperaturas de condensación, temperaturas ambiente exterior, temperatura de retorno descarga del evaporador, temperatura ambiente de diseño, chequeo general.

Las tareas realizadas para el mantenimiento menor son los incisos g) y h) del mantenimiento mayor, además incluye limpieza de difusores.

En el plan de mantenimiento se realiza una combinación repetitiva de estos dos tipos de mantenimiento en donde el de tipo menor es más constante que el de tipo mayor. El tiempo de mano de obra depende de las tareas realizadas, de esta forma se programa el trabajo con el tiempo. Por ser un lugar comercial en donde los equipos esta funcionando por más de 8 horas, se le aplica mantenimiento menor por mes y cada tres meses mantenimiento mayor. En la tabla XXI se presenta una lista técnica de mantenimiento aplicado al *Chiller*.

**Tabla XXIII. Mantenimiento del *Chiller Carrier***

LISTA TÉCNICA PARA EL MANTENIMIENTO DEL CHILLER		
PROGRAMA DE SERVICIO.	SERVICIO MENOR.	SERVICIO MAYOR.
		Todos los detalles del mantenimiento menor se agregan.
Observaciones generales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar el aislante térmico.</li> <li>* Revisar los antivibradores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar el estado del chasis de la unidad.</li> <li>* Revisar la pintura en general.</li> </ul>
Circuito de refrigeración en general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar las válvulas de alivio.</li> <li>* Revisar los fusibles y enchufes.</li> <li>* Observe que las tuberías no estén dañadas.</li> <li>* Revisar que la unidad este libre de fugas de refrigerante.</li> <li>* Revisar que el visor de la línea de liquido no marque humedad.</li> <li>* Revisar el sobrecalentamiento en la línea de succión.</li> <li>* Revisar el sobrecalentamiento del economizador.</li> <li>* Revisar que el sub-enfriamiento de la línea de liquido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar todas las válvulas solenoides</li> </ul>
Compresor / Separador de aceite.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar el nivel de aceite.</li> <li>* Anotar las presiones de aceite.</li> <li>* Revisar la correcta operación de la válvula de capacidad en el compresor.</li> <li>* Revisar que la resistencia de aceite en el carter funcione bien.</li> <li>* Revisar el estado del aceite.</li> <li>* Anotar el dato técnico del sobrecalentamiento de descarga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Dependiendo de las caídas de presión a través del circuito de aceite, cambie los filtros internos y externos (si usa) de la unidad, cambie el aceite del compresor por el que se recomienda el fabricante.</li> </ul>
Evaporador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar el adecuado flujo de agua.</li> <li>* Anotar la caída de presión en el evaporador.</li> <li>* Revisar las resistencias del carter del evaporador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar el pH del agua / porcentaje de glicol.</li> <li>* Limpiar los filtros en el circuito de agua del evaporador.</li> <li>* Limpiar el tanque de expansión de la unidad.</li> </ul>
Condensador enfriado por aire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* revisar el flujo de aire a través de las aletas del serpentín.</li> <li>* Revisar el estado de las aletas.</li> <li>* Revisar los motores ventiladores y los protectores de los mismos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Lave los serpentines con agua con bajo pH y químico especial.</li> <li>* Revisar los cojinetes de los ventiladores.</li> </ul>
Circuito de control y potencia en general	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar la condición del panel.</li> <li>* Revisar los dispositivos de control y de potencia.</li> <li>* Revisar la correcta ubicación de los sensores.</li> <li>* Ajustar los presostatos de alta y de baja presión.</li> <li>* revisar el paro por emergencia.</li> <li>* Revisar todos los dispositivos de Sobrecarga de la unidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* revisar todas las conexiones.</li> <li>* revisar los contactores de los compresores.</li> <li>* Revisar los ventiladores y sus protecciones eléctricas.</li> <li>* Revisar la correcta calibración de los sensores y transductores.</li> <li>* revisar las protecciones de los motores.</li> </ul>
Controles del microprocesador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tomar nota del historial de alarmas.</li> <li>* Revisar los ajustes de programación.</li> <li>* Revisar el correcto funcionamiento de los ajustes de corte y accionamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Chequear el funcionamiento de los motores ventiladores.</li> <li>* Revisar los ajustes de control ambiental.</li> </ul>



## CONCLUSIONES

1. El estudio físico del local y el cálculo de carga térmica son los principales pasos en el diseño de aire acondicionado para poder seleccionar el equipo adecuado a utilizar.
2. En este sistema de ductería se ha seleccionado adecuadamente la distribución y suministros de aire en cada ambiente del local para controlar la temperatura, humedad y movimiento del aire de manera más práctica.
3. La construcción e instalación de los sistemas de ductería fueron etapas que se trabajaron paralelamente debido a cambios que surgieron durante el proceso de la instalación; de esta forma se pudo evitar la elevación del costo del proyecto.
4. El dimensionamiento de los ductos y conexiones fueron realizadas por el método de igual fricción, el cual es un método práctico en donde relaciona un valor constante para todas las secciones de ducto del sistema y se basa en la velocidad máxima permisible en el ducto principal que sale del ventilador para evitar demasiado ruido.
5. La presión del aire necesaria para vencer la fricción en un sistema de ductos es la que determina la pérdida de presión del ventilador, de esta forma el equipo que se selecciona se especificaría para la caída de presión total calculada.
6. Los sistemas de ductos para las manejadoras # 1 y # 2 con capacidad de 15,000 CFM cada una, fueron seleccionados para suministrar hacia el

primer nivel del local, mientras que las manejadoras # 3 y # 4 de 20,000 CFM cada una, quedaron suministrando hacia el segundo nivel del local y la sección de bodega por tener mayor capacidad.

7. El total de lámina galvanizada y rollos de fibra de vidrio utilizada en la construcción han contribuido a la elevación del costo de materiales debido a que son los materiales de mayor precio.

## **RECOMENDACIONES**

1. Antes de entrar a la realización del diseño de un sistema de aire acondicionado, se sugiere compartir la información necesaria entre el propietario, arquitectos, ingenieros y personas relacionadas en el proyecto, con el fin de prevenir datos erróneos e intervenciones al diseño arquitectónico del local.
2. Para el cálculo de materiales especialmente con la lámina galvanizada, rollos de fibra de vidrio, ductos flexibles y rollos de cinta de aluminio, estimar una cantidad mayor al calculado para evitar la elevación del costo al adquirir el material faltante durante el proceso de construcción e instalación.
3. Para evitar una caída de presión alta y lograr una mayor eficiencia del sistema, es recomendado hacer una buena distribución de aire considerando distancias cortas y pocas conexiones.
4. Colocar el equipo de aire acondicionado en un lugar adecuado del edificio para facilitar el mantenimiento.
5. Evitar la instalación de ductería sobre equipos eléctricos o en lugares que puedan ser peligrosos para los operarios al efectuar los trabajos de mantenimiento.
6. Recomendar al departamento técnico trabajar con equipo de seguridad industrial para evitar daños físicos.

7. Controlar las pérdidas de aire por fugas con un engrape resistente en los ductos y un buen aislamiento.
8. Considerar para los ductos de mayor dimensión la flexibilidad y resistencia en la soportería para resistir golpes, temblores y su propio peso.
9. Estirar los ductos flexibles y colocarlas en sentido del flujo de aire evitando demasiadas curvaturas para lograr una salida de aire efectiva en el difusor.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Budzik Richard. **Today 40 most frequently used fittings including supplemental sections of other fittings and items.** 5<sup>th</sup> Edition, volumen 1. Chicago, Illinois.
2. Catalog Carrier No. 533-052, **Air-Cooled Liquid Chillers, series 30GSX-6SB.** U.S.A. 1998.
3. Cuevas Lorea, Eduardo. **Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado.** 3ra.edición. México; editorial Prentice Hall, 1999.
4. John Wiley & Sons. **Calefacción, ventilación y aire acondicionado.** 1ra.edición. México; editorial Limusa, 2003.
5. Manual de Refrigeración **COPELAND.**
6. Manual Práctico **Soler & Palau.**
7. Pita, Edward G. **Acondicionamiento de aire principios y sistemas.** México; editorial Continental, 1994.
8. W. H. Servens, H. E. Degler, J. C. Miles. **Energía mediante vapor, aire o gas.** Editorial Reverté, S. A.