



## DISEÑO DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA EMPRESA COVIM, S.A.

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“EXPERIENCIA PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: ALONSO TORRES HUGO DANIEL

NÚMERO DE CUENTA: 305241461

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR: Dr. JAIME GONZALO CERVANTES DE GORTARI.

AÑO: 2015

## Facultad de Ingeniería

### División de Ingeniería Mecánica e Industrial

NOMBRE DE LA EMPRESA: COVIM, S.A.

TÍTULO: DISEÑO DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA EMPRESA COVIM, S.A.

#### ÍNDICE

INTRODUCCIÓN:.....	1
OBJETIVOS: .....	2
CAPÍTULO I: COVIM. S.A. Historia y Misión.....	3
1.1 Organigrama de COVIM: S. A. ....	4
CAPÍTULO II: Proyectista de COVIM, S.A. ....	6
CAPÍTULO III: Diseño del Sistema de Aire Acondicionado.....	8
3.1 Proceso de Diseño de un Sistema de Aire Acondicionado.....	8
3.1.1 Clasificación de Áreas: .....	10
3.1.2 Sentido de Flujos y Presiones:.....	11
3.1.3 Balanceo de Áreas y Volúmenes.....	15
3.1.4 Diseño de Sistema de Ductos. ....	18
3.1.5 Selección de Difusores y Rejillas.....	20
3.1.6 Unidad Manejadora de Aire y Unidad de Extracción. ....	23
3.1.7 Sistemas Hidráulicos. ....	44
3.1.8 Catálogo de Conceptos.....	65
CONCLUSIONES:.....	78
BIBLIOGRAFÍA:.....	79
ANEXOS:.....	81

## **INTRODUCCIÓN:**

El acondicionamiento de las áreas tiene la finalidad de proporcionar el confort a las personas, ya sea en sus hogares, lugares de trabajo, lugares de entretenimiento, etc. El acondicionamiento consiste en manipular el aire de las áreas, desde enfriarlo, calentarlo, limpiarlo y circularlo, para mantener las condiciones de temperatura, humedad, limpieza y movimiento. Todos estos procesos se logran gracias a los equipos de aire acondicionado, como son las Unidades Manejadoras de Aire, los Chiller (Unidades enfriadoras de agua), los calentadores, los deshumidificadores, etc. Su uso dependerá de las necesidades del área, por ejemplo, la refrigeración en épocas de verano o en tiempo de altas temperaturas.

En el caso de un laboratorio farmacéutico debido a sus funciones de fabricación, preparación, comercialización e investigación de productos para prevenir y tratar enfermedades (humanos y animales), fabricación de productos vitamínicos, productos para el bienestar humano, etc. Se debe cumplir con normas y estándares de calidad mínimos de limpieza, presiones diferenciales, temperatura y humedad relativa en cada una de las áreas. Para lograr el correcto acondicionamiento de las áreas, es necesaria la recopilación de información como la altitud del lugar, las temperaturas máximas y mínimas tanto interiores como exteriores (temperaturas de verano e invierno), actividades que se desempeñarán en dichas áreas, análisis de planos y el concretar opciones con el cliente.

La instalación del sistema de aire acondicionado puede tener cientos de formas y métodos, pero el diseño de dicho sistema siempre debe de contener buenas bases, es decir, contar con memorias de cálculo, clasificación de áreas, sentido de flujos y presiones, cálculos y selección de equipos, diseño de sistemas de inyección y extracción de aire y sus respectivos planos, todo con la finalidad de tener una correcta instalación, que los sistemas operen de la mejor forma posible y sean validados sin presentar problemas al cliente. Por lo tanto a lo largo de todo el informe además de ser presentadas cada una de las fases de diseño del sistema, se profundizará en diversos temas y conceptos que ayudarán a entender de forma más clara cada etapa del proyecto.

## **OBJETIVOS:**

El presente trabajo tiene por objetivo dar a conocer cada una de las actividades que tiene a su cargo un proyectista en COVIM, S.A. enfocadas directamente al diseño de un sistema de aire acondicionado, desde el planteamiento de parámetros de diseño (rangos de temperatura y humedad, cambios de aire mínimos por hora y nivel de filtración necesario en el área), el cálculo de infiltraciones, el sentido de flujos y presiones, el diseño del sistema de inyección y extracción de aire, el diseño del sistema hidráulico y la respectiva selección de equipos, materiales y accesorios necesarios para la instalación del sistema. Todo con la finalidad de dar a conocer el desarrollo profesional y las responsabilidades que he tenido como proyectista en esta empresa.

## **CAPÍTULO I:**

### **COVIM. S.A. Historia y Misión**

COVIM S.A. (Compra Venta Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Aire) fue fundada por el Ing. Ricardo Francisco Olguín Sánchez, el 15 de noviembre de 1979, debido a la demanda de compra-venta, importación, exportación, proyectos en obras, instalación y mantenimiento a equipos y accesorios del sistema de acondicionamiento, enfriamiento, calefacción, colección de polvos, eléctricos e hidráulicos. Esta empresa ha participado en diversos proyectos para plantas de diferentes tipos, por ejemplo: antibióticos, cefalosporinas, hormonales, oncológicos y biológicos.

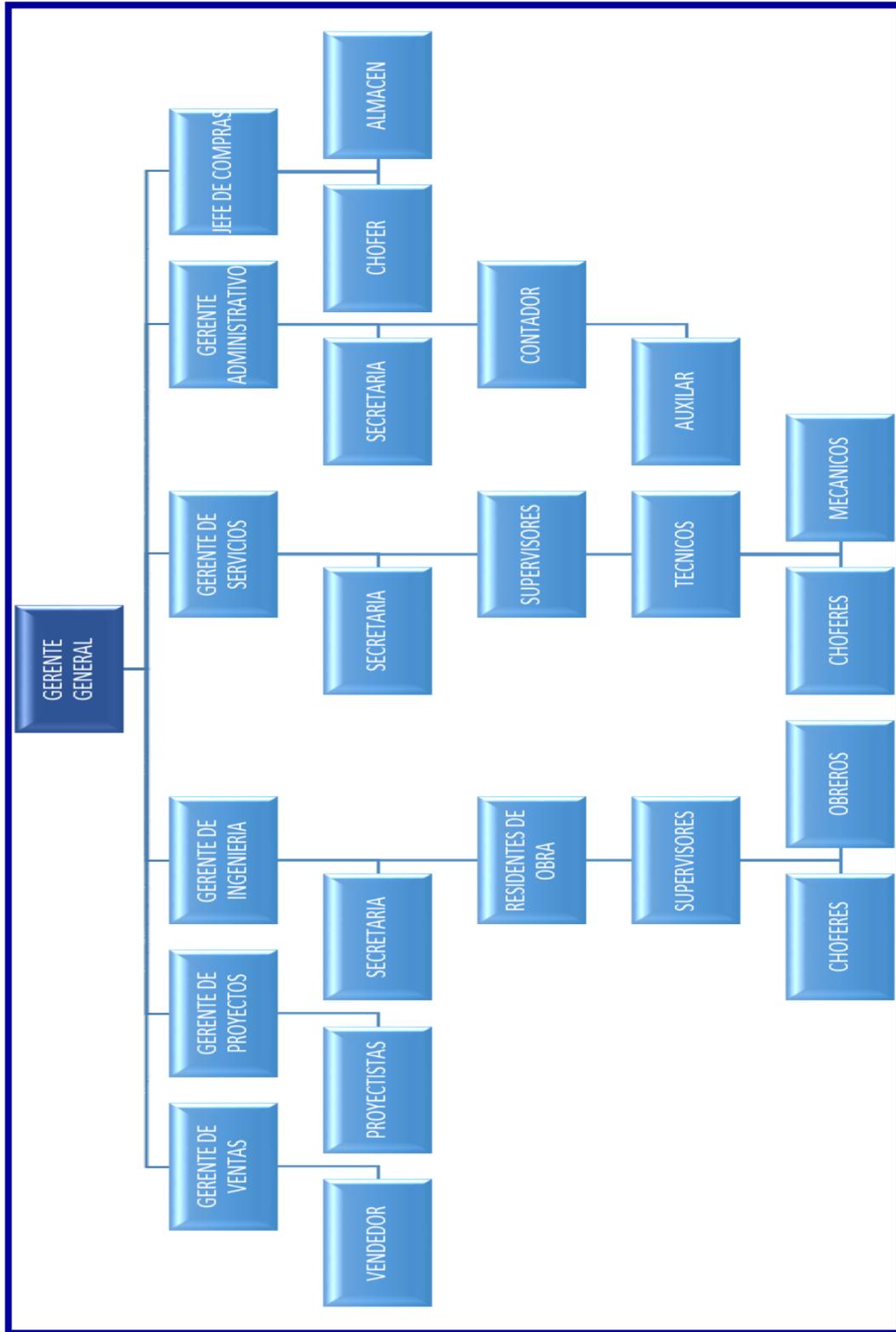
En los 35 años de experiencia COVIM S.A se ha enfocado en dar soluciones a los requerimientos de diversas áreas, principalmente en almacenes de materiales y materias primas, desencartonado, áreas de fabricación y llenado de líquidos, sólidos y semi-sólidos, áreas estériles, enfriamiento, esclusas, áreas de acondicionamiento, laboratorio de control de calidad, microbiología, etc.

La empresa se encuentra actualizada en todo lo relacionado a normatividad y estándares que la industria requiere, tanto para la fabricación de sus productos, para la validación de sus áreas, equipos e instalaciones en México, Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea. Algunas de estas normas son:

- NO-059-SSAI 2013: buenas prácticas de fabricación en la industria químico farmacéutica.
- F.D.A: Food & Drugs Association.
- A.S.H.R.A.E: American Society of Heating, Refrigeration & Air-Conditioning Engineers.
- A.R.I: Association, Refrigeration & Installation.
- S.M.A.C.N.A: Sheet Metal & Air-Conditioning Contractors National Association Inc.

## 1.1 Organigrama de COVIM: S. A.

Cuadro 1.1 Organigrama de COVIM, S.A.



**Ventas:**

Departamento encargado de especializarse en proponer las alternativas que más le convengan al cliente, que se acoplen a los requerimientos del área y de la planta. Es decir buscará equipos y materiales que no sobrepasen el presupuesto del cliente y al mismo tiempo satisfagan lo diseñado por el departamento de proyectos.

**Ingeniería y Proyectos:**

Personal con conocimiento en clasificación de áreas, sentido de flujos y presiones, filtración del aire, balances de áreas y volúmenes y la selección de equipos; con capacidades para diseñar, calcular, dibujar, cuantificar y coordinar un proyecto. El personal contará con conocimientos técnicos para supervisar e instalar los diversos sistemas de aire acondicionado.

**Servicios:**

Conformado por técnicos con conocimiento en la instalación, el mantenimiento preventivo, reparación de equipos y en mantener en perfectas condiciones las instalaciones equipos como Unidades Manejadoras de Aire, Mini Splits, Unidades Enfriadoras de Agua, serpentines, ventiladores, bombas, etc.

**Administración:**

Departamento encargado de revisar los recursos de la empresa. Controlará el presupuesto de cada obra, instalación o servicio realizado, gastos en materiales, en el personal de trabajo, en viáticos, pérdidas y ganancias de la empresa.

**Compras:**

Se enfocará en tener contacto con los mejores proveedores, buscar los mejores precios, materiales y accesorios para la instalación de los sistemas de aire acondicionado tanto en el mercado nacional como en el internacional. Controlará los servicios de almacén (entrada y salida de material) y suministrará el material necesario en obra.

## **CAPÍTULO II:**

### **Proyectista de COVIM, S.A.**

En COVIM, S.A. el puesto de trabajo de proyectista es de los más importantes, ya que éste tiene por objetivo el encaminar cada uno de los proyectos para satisfacer las necesidades del cliente, buscando que el diseño del proyecto cumpla con los estándares y normas, que los cálculos se realicen de forma correcta, que la selección de los equipos y materiales para la instalación sean los adecuados (buscando un equilibrio entre diseño y precio) y que la entrega de cada proyecto se cumpla dentro de los tiempo establecidos.

Las actividades del proyectista empiezan con la recopilación de información con el cliente, desde el plantear el problema a solucionar, el analizar el tipo de laboratorio, áreas o equipos en los que se trabajará, para finalmente concretar opciones y soluciones que sean aceptadas por el cliente. En seguida el proyectista se encargará de diseñar le proyecto, ya sea comenzar con la clasificación de las áreas, cálculo de infiltraciones, balanceo de áreas y volúmenes, diseño de ductos, selección de sistemas hidráulicos o selección de equipos, todo dependerá de las necesidades del cliente.

Ya que se ha terminado el diseño del proyecto, el proyectista se encargará de plantear el catálogo de conceptos, en el cual se tendrán que enlistar cada uno de los equipos, materiales, accesorios, actividades y extras que generarán un costo en la instalación del proyecto. Con el listado terminado, el proyectista se apoyará en el departamento de compras, el cual se encargará de cotizar cada concepto enlistado. Dicha propuesta será la que se entregará al cliente y el cual firmará de conformidad para comenzar con los trabajos.

Durante toda la realización de los trabajos en obra, el proyectista apoyará a los supervisores y contratistas para que la instalación ocurra de la mejor manera posible, revisando que los trabajos realizados se adapten a lo diseñado en el proyecto y a lo

presupuestado al cliente. Si dicha instalación no fuese la correcta se corre el riesgo de tener problemas cuando el sistema esté operando, gastos adicionales en reparación o remplazo de equipos, además de perder la confianza del cliente tanto para el proyecto diseñado como para futuros trabajos.

Finalmente el proyectista se encargará de la carpeta de entrega de obra, en la cual se incluirán las fichas técnicas de los equipos, materiales, certificados de calidad, procedimientos de mantenimiento del sistema, planos finales y pruebas del sistema (realizadas por el supervisor de obra y personal de validación del cliente). Con la entrega de esta carpeta se finaliza el proyecto, quedando de entendido con el cliente que los trabajos se han concluido en tiempo y forma establecidos.

## **CAPÍTULO III**

### **Diseño del Sistema de Aire Acondicionado.**

#### **3.1 Proceso de Diseño de un Sistema de Aire Acondicionado.**

Cada proyecto que llega a COVIM, S.A. empieza con el recabado de información. El laboratorio farmacéutico se encargará de proporcionar los planos y la información necesaria del área a acondicionar, desde la localización del laboratorio (para definir condiciones de altitud, temperatura y humedad del ambiente), el tipo de actividades a desarrollar (almacén, control, acondicionamiento, etc.), qué tipo de productos se van a manejar o a fabricar (orales, virales, cremas, etc.) y el proceso de fabricación que necesitan dichos productos (tableteado, granulado, encapsulado, etc.).

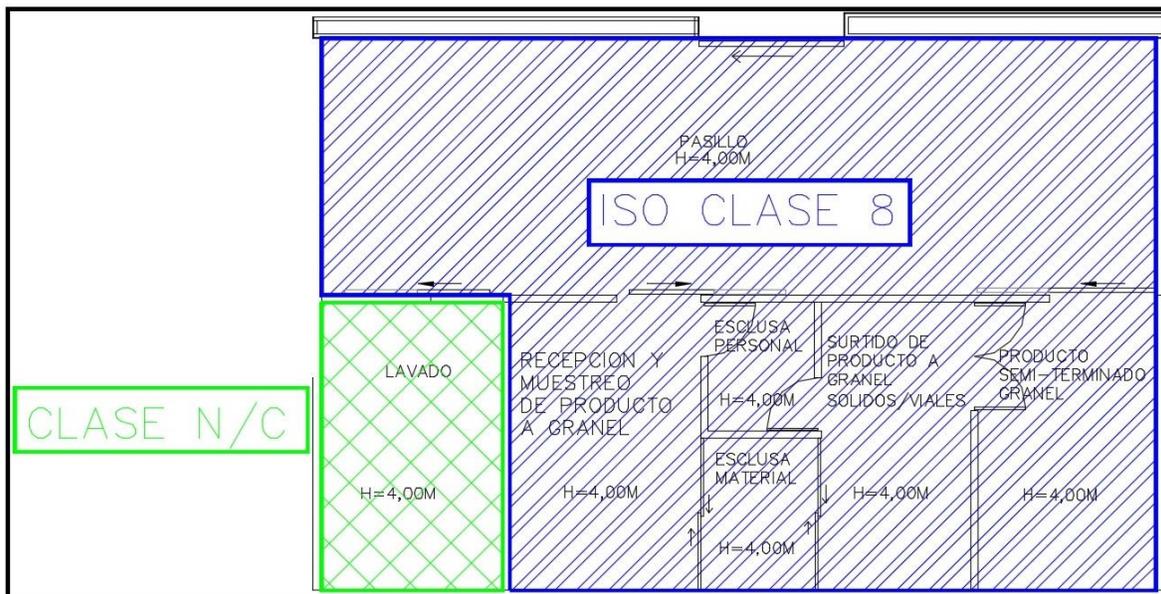
Esta información será la base del proyecto, ya que servirá para dar inicio al diseño del sistema, por ejemplo, tener idea si el cliente necesitará un equipo con cien por ciento aire exterior, un equipo con aire de retorno, si el área contará con colección de polvos, etc. Y de esta manera proporcionar al cliente la solución que más le convenga. Teniendo idea de cuáles serán los fines de cada área, podremos hacer uso de la Tabla de clasificación de áreas de la NOM-059-2013. Con esta tabla se conseguirán datos que serán de apoyo en el desarrollo del proyecto, como la clasificación de áreas, las partículas viables permitidas (nivel de filtración necesario), la presión diferencial entre cuartos, cambios de aire mínimos por hora que debe tener cada cuarto y las condiciones de temperatura y humedad máximas y mínimas que se deben cumplir.

**Cuadro 3.1 Clasificación de Áreas de la NOM-059-SSA1-2013.**

Clasificación	Ejemplos de procesos	Número máximo permitido de partículas totales/m <sup>3</sup> :			Partículas viables		Presión diferencial y flujo de aire	Cambios de aire (mínimos) por hora	Temperatura y humedad	Vestimenta
		Condiciones estáticas/dinámicas		Frecuencia de monitoreo	(UFC)	Frecuencia de monitoreo				
		0.5 µm	5 µm							
ISO-Clase 5	Llenado aseptico. Operaciones asepticas. Muestreo, pesado y surtido de insumos esteriles.	3 500 / 3 500	29 / 29	CONTINUO/ Durante todo el proceso de llenado	≤ 1/m <sup>3</sup> / ≤ 1/placab / ≤ 1/mueclac	CONTINUO/ Durante todo el proceso de llenado	n.a.	18°C a 25°C 65% HRg	Orient. sacadora, goggles cubrezapatos / guantes, esteriles para área aseptica.	
ISO-Clase 6	Entorno de ISO-Clase 5 para productos que no llevan esterilización terminal. Escuelas a cuartos de llenado. Cuartos vestidores para áreas ISO-Clase 5.	35 000 / 3 500 000	293 / 293	c/ 3 meses	≤ 10/m <sup>3</sup> / ≤ 5/placab / ≤ 5/mueclac	Diana/Turno de producción	20 a 50	18°C a 25°C 30 a 65% HR	Igual que en ISO-Clase 5	
ISO-Clase 7	Llenado de productos con esterilización terminal. Preparación de soluciones para filtración esterilizante, para esterilización terminal y elementos del sistema de contenedor-cierre. Entorno de ISO-Clase 5 para productos que llevan esterilización terminal. Almacenamiento de accesorios para formas farmacéuticas esteriles.	352 000 / 3 500 000	2 900 / 29 300	c/ 6 meses a excepción de llenado de soluciones con esterilización terminal que se realice c/3 meses	≤ 100/m <sup>3</sup> / ≤ 50/placab	Semanalmente	>10 Pa	18°C a 25°C 30 a 65% HR	Uniforme de planta limpio; cabello, vello facial y corporal cubierto, cubrebocas / guantes	
ISO-Clase 8	Entorno de ISO-Clase 7 Cuartos de abisotares. Cuartos incubadores y de refrigeración (localizados en áreas de producción). Preparación y envasado primario de formas farmacéuticas no esteriles. Muestreo, pesado y surtido de insumos no esteriles.	3 500 000 / n.a.	29 300 / n.a.	c/ 6 meses	≤ 200/m <sup>3</sup> / ≤ 100/placab	Mensualmente	>5 Pa Presión negativa donde se generan polvos con respecto a los cuartos adyacentes y positiva con respecto a donde no se generan polvos	18°C a 25°C 30 a 65% HR	Uniforme de planta limpio; cabello, vello facial y corporal cubierto, cubrebocas / guantes	
ISO-Clase 9	Acondicionamiento secundario.	35 200 000 / n.a.	293 000 / n.a.	Anualmente	n.a.	Anualmente	Presión positiva con respecto a áreas no clasificadas.	18°C a 25°C	Uniforme de planta limpio; cabello cubierto.	

### 3.1.1 Clasificación de Áreas:

La clasificación de áreas además de poder ser representada visualmente con ayuda de planos como se muestra en la imagen de abajo, también nos da una idea clara de que áreas son las de mayor importancia y por lo tanto las que necesitan un mayor control de presión, temperatura y humedad.



**Figura 3.1 Clasificación de Áreas**

Fuente: Propia.

La diferencial de presión entre las diversas áreas y sus entornos se verá regida directamente por la clasificación de las áreas. Por ejemplo, para los cuartos de la imagen de arriba con una clasificación de área ISO-clase 8, la diferencial de presión entre cada uno de ellos debería de ser mayor o igual a 5 Pa. En cambio para el cuarto de Lavado que cuenta con una clasificación de área ISO-Clase N/C, la diferencial de presión entre este cuarto con respecto al Pasillo deberá de ser mayor o igual a 10 Pa, ya que entre estos dos cuartos se cuenta con una clasificación de área distinta.

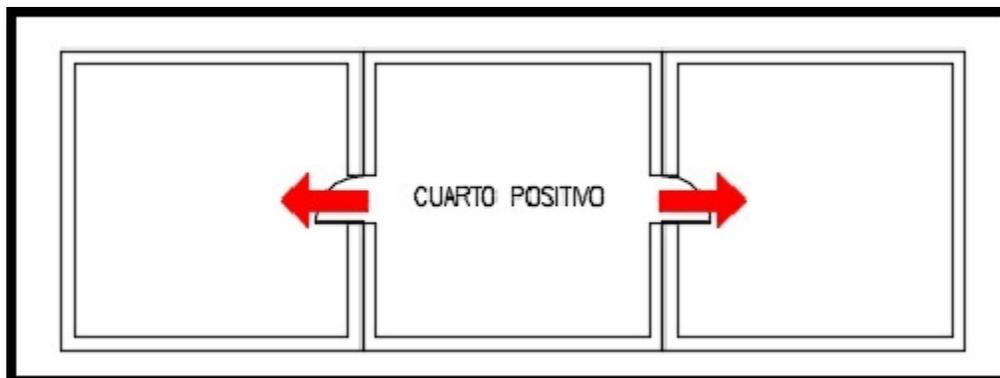
### 3.1.2 Sentido de Flujos y Presiones:

Teniendo la clasificación de áreas del proyecto, el siguiente paso en el diseño será el sentido de flujos y presiones.

Para poder abordar esta etapa del proyecto se debe dar por entendido el significado de infiltración, el cual se define como el ingreso o fuga de aire a través de grietas u otras aberturas y que pueden o no haber sido colocadas intencionalmente. La infiltración se presentará como el flujo de aire entre cuartos, ya sea por paso de banda, arrastre de puerta, juntas en puertas, etc.

Para poder tener un control sobre las infiltraciones se debe respetar la diferencial de presión que se presenta entre cuartos y entre cambio de áreas, y así poder dar un sentido al flujo de aire que será inyectado o extraído en el área, el sentido del flujo (infiltración) va a caracterizar a cada cuarto de la siguiente manera:

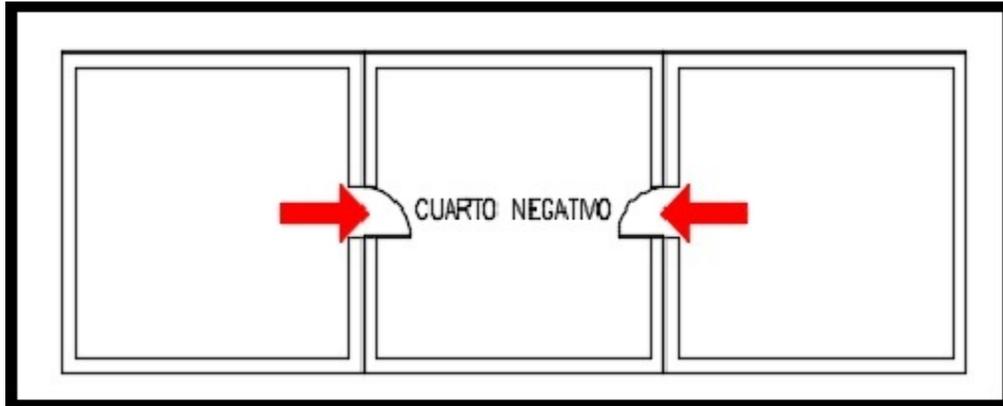
- Cuarto Positivo: Es aquel cuarto en el que su flujo de aire se dirige directamente a los cuartos que lo rodean por medio de las infiltraciones, es decir, el flujo de aire se dirige de este cuarto de mayor presión a los de menor presión.



**Figura 3.2 Cuarto Positivo**

Fuente: Propia.

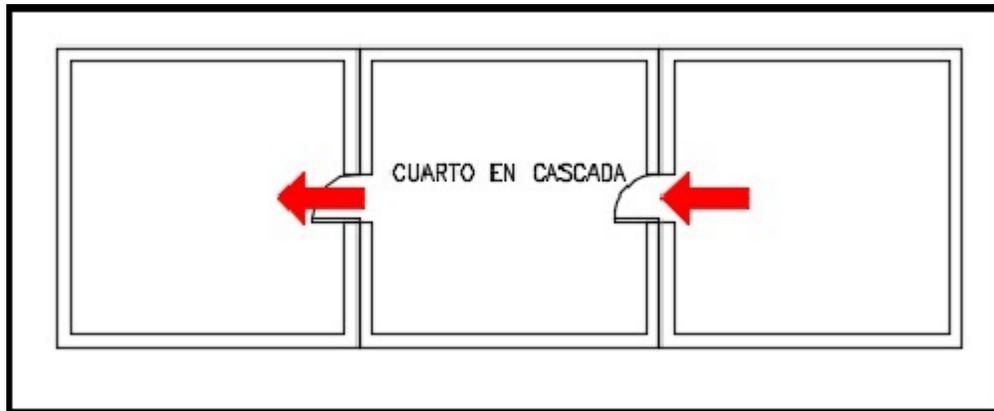
- Cuarto Negativo o pozo: Aquel cuarto que tiene menor presión con respecto a los cuartos que lo rodean, ocasionando que todas las infiltraciones ingresen a éste. Los cuartos de este tipo se utilizan cuando se está trabajando con ciertos productos como alcohol o polvos y se desea evitar contaminar otras áreas.



**Figura 3.3 Cuarto Negativo**

Fuente: Propia.

- Cuarto en cascada: Este tipo de cuartos se caracteriza por tener a su alrededor cuartos de mayor y menor presión, por lo que este cuarto tendrá infiltraciones positivas e infiltraciones negativas.



**Figura 3.4 Cuarto en Cascada**

Fuente: Propia.

Las infiltraciones desempeñan un papel muy importante en el diseño del proyecto, ya que el valor de dichas infiltraciones afecta directamente el aire de inyección y

extracción que tendremos en el área. Como se indica en el Handbook de ASHRAE, “la diferencial de presión puede servir como una barrera de control de humo, donde la barrera será una puerta, el lado de mayor presión de la puerta servirá de refugio, mientras que el lado bajo estará expuesto al humo generado por el fuego. A pesar de que la puerta y a construcción tengan orificios y ranuras, la diferencial de presión no permitirá la infiltración del humo” (ASHRAE: 2009: 16.11). Por lo que para estimar cada infiltración se puede utilizar la ecuación estándar para flujos a través de orificios:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$

**Ecuación  
Estándar para  
Flujos a través de  
Orificios**

Dónde:

Q- Flujo de aire filtrado.

C<sub>d</sub>- Coeficiente de descarga de la abertura.

A-Área de la abertura.

Δp- Diferencial de presión a través de la abertura

ρ- Densidad del aire a T<sub>o</sub> y P<sub>o</sub> de referencia.

- Para conseguir el área, se deben saber las dimensiones de cada una de las puertas o huecos que tendremos en las áreas y que podrían presentar una infiltración. Es decir, saber el alto y ancho de las puertas sencillas, de las puertas dobles y de los huecos.
- Para saber la diferencial de presión se debe saber la presión que tendremos en cada uno de los cuartos.
- El coeficiente de descarga tendrá un valor entre 0.6 y 0.7 (se utilizará 0.65).

Con estos datos y el apoyo de una hoja de cálculo, se podrá realizar un rápido cálculo de las infiltraciones que estarán presentes en cada una de las áreas de la siguiente manera:

- 1- El primer paso será el ingresar la altura sobre el nivel del mar y la temperatura a la que se encuentra el proyecto y de esta forma tener una idea de la densidad del aire.
- 2- Se ingresarán las dimensiones de las puertas y huecos. Para el caso de la imagen es una puerta sencilla de 2.15 m de alto por 0.9 m de ancho. Se considerará que la puerta tiene una abertura de 0.01 m con respecto al piso y 0.002 con respecto a los muros que la rodean a los lados y en la parte superior. Con estos datos se podrá calcular el área cada abertura de la puerta.
- 3- Para la diferencial de presión entre cuartos clasificados como ISO-08 se recomienda el valor mínimo de 0.02 pulg. H<sub>2</sub>O. (5 Pa). Dicho valor surge de pruebas de control de humo en las que al utilizar una abertura de puerta de 0.11 pie<sup>2</sup> y ser sometida a diversas diferenciales de presión, se observa que la presión entre cuartos tiene que ser superior o igual 0.02 pulg. H<sub>2</sub>O. para evitar el estancamiento del aire y superar la presión del aire. También es recomendable evitar altas presiones que dificulten la apertura de las puertas.
- 4- La hoja de cálculo se ejecutará la ecuación estándar para flujos a través de grandes orificios, la cual nos proporcionará el valor de la infiltración en pies cúbicos por minuto (PCM).

### Cuadro 3.2 Infiltraciones por Puerta Sencilla.

INFILTRACIONES POR PUERTA SENCILLA																								
$Q = C_3 C_D A \sqrt{2 \Delta p / \rho}$																								
Q = Flujo de aire en [pcm]															Altura sobre nivel del mar					7,350 p.s.n.m.				
C <sub>D</sub> = Coeficiente de descarga = 0.65															Temperatura del aire					21 °C				
A = Area de paso del aire en [pie <sup>2</sup> ]															Presion atmosferica					11.19 psia				
ρ = Densidad del aire [lb/pie <sup>3</sup> ] = 0.057															Temperatura del aire					69.8 °F				
Δp = Diferencial de presion en [pulg c.a.]																								
C <sub>3</sub> = Factor de conversion = 776																								
Planta	Dimensiones [m]		Dimensiones de rendija [m]			Area de rendija [m <sup>2</sup> ]			Area de rendija [pie <sup>2</sup> ]			Presiones en areas [pulg c.a.]			Flujo por rendija [pcm]			Infiltracion [pcm]						
No. Puerta	Alto	Ancho	Inferior	Lateral	Superior	Inferior	Lateral	Superior	Inferior	Lateral	Superior	Mayor	Menor	Δp	Inferior	Lateral	Superior	Suma	TOTAL [pcm]					
1	2.15	0.90	0.01	0.002	0.002	0.009	0.0086	0.0018	0.0969	0.0926	0.0194	0.048	0.024	0.024	44.83	42.84	8.97	96.63	100					

Fuente: Propia. (Ver anexo Cuadro 1)

### 3.1.3 Balanceo de Áreas y Volúmenes.

Finalmente para poder realizar el cálculo del flujo total de aire que tiene que ser inyectado y extraído en cada una de las áreas, se tiene que tener por dato el volumen de cada uno de los cuartos. Si bien las dimensiones de cada una de las áreas pueden ser proporcionadas por el cliente, es preferible realizar un levantamiento en campo o apoyarse en un plano a escala para tener un aproximado del largo, ancho y alto como se muestra en la siguiente imagen.

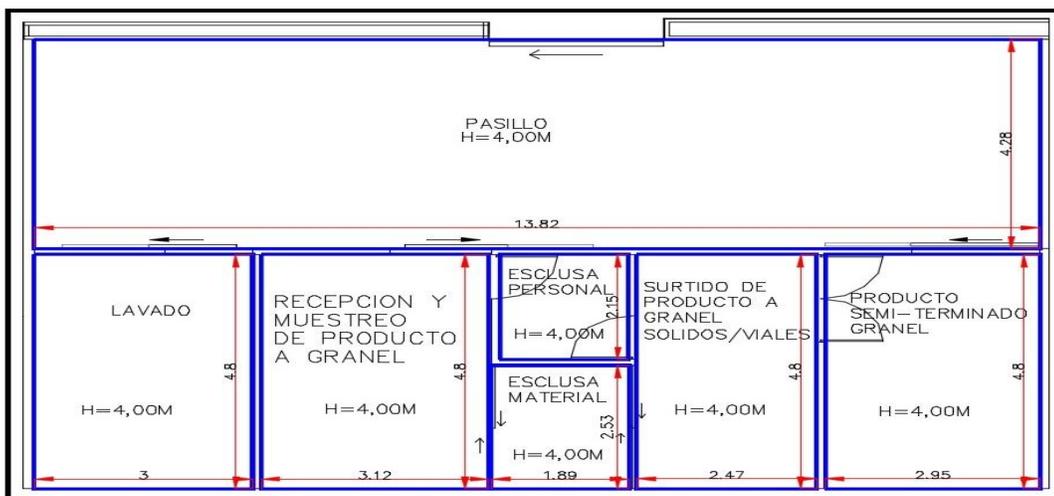


Figura 3.5 Dimensionamiento de Áreas.

Fuente: Propia

Para abordar el Balanceo de áreas y Volúmenes, se tienen que tomar en cuenta cada uno de los datos que se han conseguido, desde la clasificación de áreas, los sentidos de flujos, las infiltraciones por aberturas y huecos, las dimensiones de cada área y los cambios mínimos por hora de aire que se necesitan.

1. Para esta etapa se hará uso de hojas de cálculo, empezando por ingresar las dimensiones de cada uno de los cuartos y conseguir su respectivo volumen.

**Cuadro 3.3 Balanceo de Áreas y Volúmenes (Dimensiones del Cuarto).**

No.	NOMBRE DEL AREA	DIMENSIONES (m)			AREA		VOLUMEN		c/hr	INYECCION (PCM)			Extracción y/o retorno (PCM)						
		Eje X	Eje Y	Alto	[m <sup>2</sup> ]	[pie <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[pie <sup>3</sup> ]		Por c/hr	CORREGIDA	Corregida	Por puerta (+)	total	Extracción	Retorno	Por puerta (-)	colección polvos	total
	<b>UMA-01</b>																		
	Pasillo	13,82	4,28	4,0	59,15	637	237	8355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>					637				0	0		0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Propia.

2. En seguida se ingresarán los cambios mínimos de aire requeridos para cada una de las áreas. Este dato dependerá directamente de la clasificación de área que tenga cada uno de los cuartos.

**Cuadro 3.4 Balanceo de Áreas y Volúmenes (Cambios Mínimos de Aire Requeridos).**

No.	NOMBRE DEL AREA	DIMENSIONES (m)			AREA		VOLUMEN		c/hr	INYECCION (PCM)			Extracción y/o retorno (PCM)						
		Eje X	Eje Y	Alto	[m <sup>2</sup> ]	[pie <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[pie <sup>3</sup> ]		Por c/hr	CORREGIDA	Corregida	Por puerta (+)	total	Extracción	Retorno	Por puerta (-)	colección polvos	total
	<b>UMA-01</b>																		
	Pasillo	13,82	4,28	4,0	59,15	637	237	8355	10	1393	1395	1395	0	1395	1395	0	0	0	1395
	<b>TOTAL</b>					637				1395	1395		1395	1395	0	0	0	0	1395

Fuente: Propia.

- Estos dos datos proporcionarán la inyección mínima de aire que se va a requerir en el área. Para tener un correcto balanceo del aire que será inyectado y extraído del área, se necesita colocar el valor de cada una de las infiltraciones, el aire que se utilizará como retorno y el que será para la colección de polvos (estos dos últimos en el caso de que el área lo requiera).

**Cuadro 3.5 Balanceo de Áreas y Volúmenes (Infiltraciones).**

No.	NOMBRE DEL AREA	Eje X	Eje Y	Alto	[m2]	[pie2]	[m3]	[pie3]	c/ht	Por c/ht	Corregida	Corregida	Por puerta (-)	total	Extraccion	Retorno	Por puerta (-)	coleccion polvos	total
	<b>UMA-01</b>																		
	Pasillo	13,82	4,28	4,0	59,15	637	237	8355	10	1393	1395	1395	0	1395	620	0	775	0	1395
	<b>TOTAL</b>					637					1395	1395		1395	620	0		0	1395

Fuente: Propia.

Como se puede observar en las figuras de la parte superior, la extracción disminuye considerablemente después de considerar las infiltraciones. Esto ocurre debido a que el cálculo está basando en un balanceo de aire, es decir, todo el aire que será inyectado en el área deberá de ser extraído de alguna manera, ya sea por medio de un equipo de extracción de aire, por retorno de aire, por infiltración o por colección de polvos para que se cumplan los cambios mínimos de aire que se necesitan.

Al sumar la inyección de aire de cada uno de los cuartos, se podrá conseguir la capacidad mínima del equipo que se encargará de la inyección de aire en el área. Del mismo modo ocurre para el total del aire de extracción, el aire de retorno y el de colección de polvos (Ver Anexo Cuadro 2).

### **3.1.4 Diseño de Sistema de Ductos.**

Los ductos serán los encargados del traslado del aire de un punto a otro, ya sea para la inyección y/o la extracción del aire, por lo que el dimensionamiento de cada ducto tiene que ser el correcto para que el aire llegue adecuadamente a cada área. El método de dimensionamiento de ductos que se ocupará para este proyecto es el “método de fricción constante”, el cual consiste en mantener un valor fijo de pérdida de presión por fricción por longitud de ducto, para cada sección del ducto.

Una de las maneras más sencillas de diseñar ductos es hacer uso de un ductulador, el cual mediante el uso del flujo en Pies Cúbicos por Minuto y la pérdida de presión por fricción por cada 100 pies de 0.1 pulg. H<sub>2</sub>O/ 100 pies. Este valor de pérdida de presión por fricción se debe a que para aplicaciones en la industria farmacéutica se requieren velocidades bajas, menores a 2500PPM. Con el valor de 0.1 pulg. H<sub>2</sub>O se logra un correcto diseño de ducto, el cual tendrá bajas velocidades, no generará grandes niveles de ruido y la caída de presión será la adecuada evitando la selección de ventiladores de grandes dimensiones.

Por ejemplo, para el cuarto de Surtido de Producto a Granel se necesita un ducto que suministre un flujo de 395 CFM, por lo que si se ingresa este flujo de aire y la pérdida de fricción, se obtiene un ducto de 14” de ancho (huella) por 6” de alto (peralte) como se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Propia

**Figura 3.6 Diseño de Ductos.**

Este mismo procedimiento se tendrá que realizar para cada uno de los cuartos del sistema, buscando el mejor diseño para la distribución del aire. Dicho diseño se puede realizar mediante ductos independientes para cada cuarto o diseñando un ducto principal el cual va a tener varias derivaciones para la distribución del aire. El seleccionar qué tipo de diseño se ocupará dependerá de las características del área y los espacios para el paso de ductos.

Comúnmente se recomienda que la huella del ducto sea mínimo dos veces más grande que el peralte, pero en ocasiones por falta de espacio u obstáculos en obra, el dimensionamiento del ducto tiende a modificarse, es decir, se puede volver más cuadrado, llega a ocurrir que el peralte sea más grande que la huella o el peralte sea muy pequeño.

### 3.1.5 Selección de Difusores y Rejillas.

Los elementos difusores y extractores son muy importantes ya que serán los encargados de inyectar y extraer el flujo de aire y dar una dirección al flujo para hacer un barrido en cada cuarto, por lo que se deben acoplar al diseño del área. Para que estos elementos logren su objetivo suelen ser de disposición cuadrada a rectangular, con diseños de aletas paralelas verticales y/u horizontales; con sección de descarga de una, dos, tres, cuatro vías o descarga con sección difusora de lámina perforada, todo dependerá de las necesidades del área y los requerimientos del cliente.

Sin importar la marca o el modelo, para la selección de difusores y rejillas siempre se debe recordar el flujo de aire para el cual se necesita el difusor o la rejilla y la velocidad de paso, ya que con esta velocidad a la salida del difusor o la rejilla, se tendrá una caída de presión adecuada, con bajos niveles de ruido y un tiro adecuado para la distribución del aire en el cuarto.

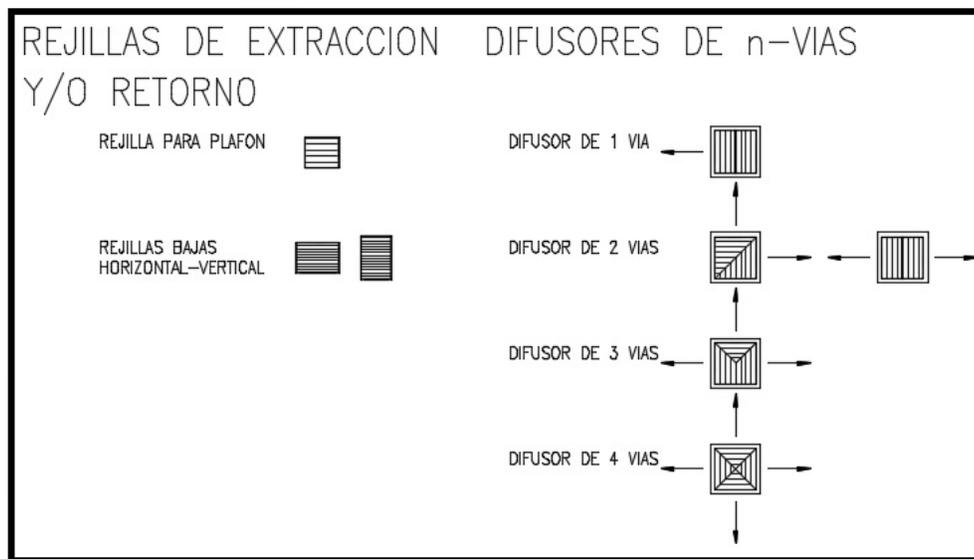


Figura 3.7 Difusores y Rejillas.

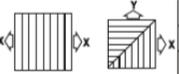
Fuente: Propia.

Por ejemplo si se toma el mismo flujo de aire que se ocupó para el diseño del ducto de 395 CFM, la selección del difusor de inyección ocurrirá de la siguiente manera:

1. El primer paso será el posicionarse a lo largo de toda la columna de velocidad de paso de aire. En el caso de los difusores tipo diamante, se recomienda una velocidad de paso de 500 PPM.
2. Buscar a lo largo de toda la columna de 500 PPM, el valor en CFM que más se acople al flujo solicitado en el área (en este caso 395 CFM).
3. Seleccionar el difusor entre varias de las opciones viables.
4. El número de vías en el difusor dependerá del barrido del aire que se desee en el área y de la localización del mismo.

Para este caso la imagen muestra que para una velocidad de 500 PPM, un difusor de 12"x12" sería el adecuado para manejar el flujo de aire que se necesita de 395 CFM.

**Cuadro 3.6 Selección de Difusores.**

VIAS/ WAYS	12x12 $A_n / A_c = 1.000$	PCM / CFM	300		400		500		600		700		800		900	
		LADO / SIDE	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
4		PCM x LADO/CFM by SIDE	75	75	100	100	125	125	150	150	175	175	200	200	225	225
		TIRO / THROW-Pies	9-14	9-14	12-17	12-17	13-19	13-19	14-21	14-21	16-23	16-23	17-25	17-25	18-27	18-27
		NC	-		-		20		26		32		36		39	
3		PCM x LADO/CFM by SIDE	112	75	150	100	187	125	225	150	262	175	300	200	337	225
		TIRO / THROW-Pies	10-16	9-14	13-19	12-17	15-21	13-19	17-24	14-21	19-27	16-23	21-24	17-25	23-31	18-27
		NC	-		-		20		26		32		36		39	
2		PCM x LADO/CFM by SIDE	150	150	200	200	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450
		TIRO / THROW-Pies	12-18	12-18	14-22	14-22	18-26	18-26	20-28	20-28	22-30	22-30	24-32	24-32	26-34	26-34
		NC	-		-		20		26		32		36		39	
1		PCM x LADO/CFM by SIDE	300		400		500		600		700		800		900	
		TIRO / THROW-Pies	17-26		21-30		24-34		26-37		28-40		30-43		32-46	
		NC	-		-		20		26		32		36		39	

Fuente: NAMM INDUSTRIAL

En el caso de las rejillas de extracción, su selección ocurrirá de la misma manera, es decir posicionarse a una velocidad de paso de 500PPM y buscar el flujo de aire que más se acople al flujo de extracción requerido.

Ya que se ha seleccionado cada difusor y rejilla del sistema se buscará que la posición de cada uno en el cuarto sea la adecuada, logrando que el flujo de aire vaya a favor del sentido de flujos y presiones, se logre un barrido completo del área y su posición se acople a la trayectoria de los ductos (evitar el amontonamiento de ductos)

De esta manera se logrará un correcto diseño del sistema general de ductos, tanto para la inyección como para la extracción del aire como se muestra en la siguiente figura (diseño del sistema general de ductos).

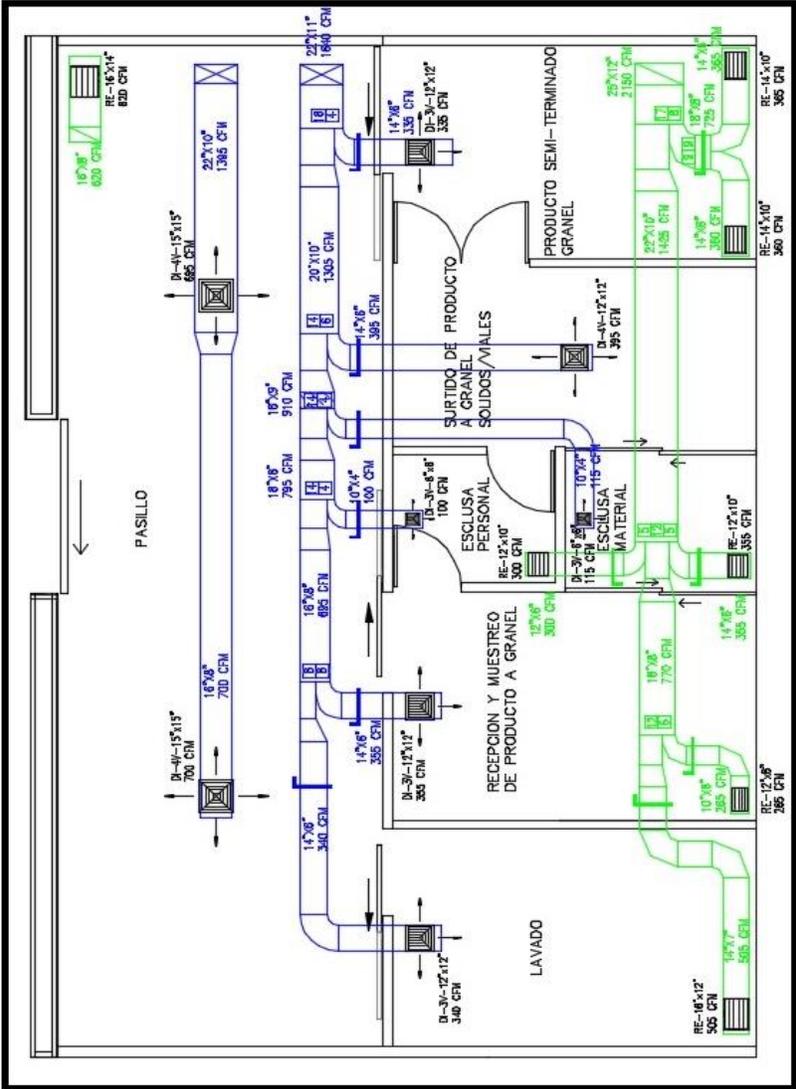


Figura 3.8 Diseño del Sistema General de Ductos. Fuente: Propia

### **3.1.6 Unidad Manejadora de Aire y Unidad de Extracción.**

Para poder realizar la selección de los equipos que se encargarán de la inyección y extracción de aire (UMA y UE), primeramente se tienen que conocer las especificaciones y características de cada uno de los elementos que conforman a estos equipos, es decir, conocer la variedad de filtros que llegan a ocupar, las secciones de enfriamiento y calentamiento, la sección de ventilación y la configuración y dimensión de cada equipo.

#### **Filtros:**

Para mantener el conteo de partículas dentro del rango permitido de acuerdo a la NOM-059 se debe hacer uso de diversas etapas de filtración, las cuales serán colocadas dentro del equipo empezando con las etapas que tengan menor eficiencia de filtración hasta llegar a la eficiencia de filtración requerida en el proyecto. El término de eficiencia en filtros se basa en la clasificación MERV (Minimum Efficiency Reporting Value), que se puede entender como una comparación de la eficiencia para evitar que las partículas atraviesen un filtro, entre mayor sea el valor MERV, mayor será la eficiencia del filtro. En ASHRAE Standard 52.2-2008, "Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal by Particle Size" (ASHRAE: 2008: 4), se plantean tres rangos para tamaños de partículas y con los cuales se puede definir el valor del MERV:

Rango 1: 0.30-1.0  $\mu\text{m}$  tamaño de partícula.

Rango 2: 1.0- 3.0  $\mu\text{m}$  tamaño de partícula.

Rango 3: 3.0- 10.0  $\mu\text{m}$  tamaño de partícula.

**Cuadro 3.7 Eficiencias en Filtros.**

MERV	Eficiencia	Rango de Tamaño de Particula
15	>95%	1
14	90-95%	1
13	89-90%	1
12	70-75%	2
11	60-65%	2
10	50-55%	2
9	40-45%	2
8	30-35%	3
7	25-30%	3
1 a 6	<20%	3

Fuente: Soler & Palau.

Algunos de los filtros más comunes que se llegan a ocupar de acuerdo a sus cualidades y eficiencias son los siguientes:

### **Filtro Metálico.**

Filtro de baja eficiencia cercana al 30%, ocupado para remover polvo, pelusa y tierra del aire. Este filtro puede ocuparse como filtro primario cuando en el área no se requiere un alto control en la limpieza del aire. Regularmente se le da la finalidad de pre filtro para proteger los filtros de mayor eficiencia, logrando que su mantenimiento sea menos frecuente y alargar el tiempo de remplazo.

Este filtro está fabricado con varias capas de tiras de aluminio, las cuales al ser colocadas de forma entrecruzada logran capturar las partículas más grandes. La ventaja de este filtro es que debido a sus materiales llega a ser altamente durable y a comparación de otros filtros, puede ser lavable.

## **Filtro de Bolsa.**

Filtros compuestos por una serie de bolsas individuales fabricadas con media sintética con una alta capacidad de retención de polvo fino, humo, bacterias, etc. La variedad de medidas de cada filtro, la profundidad de las bolsas, el número de bolsas y el diseño de cada media sintética, ofrecen una amplia variedad de capacidades y eficiencias. Las eficiencias más comunes para estos filtros serían del 45%, 65%, del 85% y finalmente del 95%, es decir MERV 8 al 15. Lo que logra que estos filtros lleguen a ser ocupados como pre filtros o filtros finales en áreas en las que se requiere un control de moderado a alto del conteo de partículas.

## **Filtros Compactos**

Este tipo de filtros están contruidos con una microfibras de vidrio, que dependiendo la medida y densidad de la fibra va a variar su eficiencia. Existe una serie de diversos diseños para este tipo de filtros, como son: los filtros VariCel AM ideales para condiciones de trabajo muy duras y de alta temperatura; VariCel II utilizado en espacios reducidos; BioCel BF especial en lugares con alta combustión y resistentes al agua; y los filtros VariCel en V con capacidad de operación arriba de 750 PPM, baja resistencia al aire y larga vida de servicio.

Su eficiencia oscila entre MERV 11 (60-65%) hasta una eficiencia de MERV 15 (95%), por lo que son catalogados como filtros de media y alta eficiencia.

## **Filtros HEPA.**

Como sus siglas lo indican son filtros de alta eficiencia y están diseñados para ocuparse en sistemas donde se requiere un aire ultra limpio y libre de partículas. Por lo que estos filtros tienen una eficiencia del 99.97%, es decir, de un total de 10, 000 partículas de 0.3 micras, solamente 3 de esas partículas lograrán pasar.

Para lograr este objetivo estos filtros están fabricados con una micro fibra de vidrio submicrónica resistente a la humedad. Cada filtro será sometido a pruebas de escaneo, alargamiento, peso, espesor y fuerza de tracción para detectar cualquier fuga o desperfecto y poder garantizar su integridad. Debido a lo delicados que son, se deben colocar etapas previas de filtración de media y alta eficiencia y así poder alargar su vida.

Ya que se tiene idea de la eficiencia de algunos de los filtros más comunes que se llegan a ocupar en equipos de inyección y extracción de aire, se puede entender la razón por la cual estos equipos tienen que llevar integradas diversas etapas de filtración.

De acuerdo a la NOM-059, apartado 8.2.2.8: “El sistema HVAC debe estar diseñado e integrado de forma tal que permita cumplir con la clasificación del área requerida de acuerdo al Apéndice A (Normativo). Los correspondientes a clase ISO 5, 6 y 7 deben contar como mínimo con filtros terminales HEPA de 99.97% de 0.3µm. En el caso de clase ISO 8 deben contar como mínimo con filtros de eficiencia de 95% y para clase ISO 9 deben contar como mínimo con filtros de eficiencia de 85%”.

Por ejemplo para una área Clase-ISO 8, el equipo de inyección contaría con el siguiente arreglo de filtros: Se tendría una primera etapa de pre filtración con filtros metálicos para eliminar grandes partículas de polvo y tierra, seguido de una etapa de filtros de bolsa con eficiencia del 45% encargada de proteger al siguiente filtro; el tercer filtro será un VariCel en V Merv 14, que es colocado para proteger del polvo, contaminantes y partículas a los serpentines, motor y al filtro final. El último filtro será un VariCel en V Merv 15 que tiene la finalidad de cumplir con el conteo de partículas y mantener limpio el aire. Para el caso del equipo de extracción solo es necesario colocar una etapa con filtros de bolsa de 45% de eficiencia para evitar que algún material o contaminante llegue al ventilador de extracción o al ambiente.

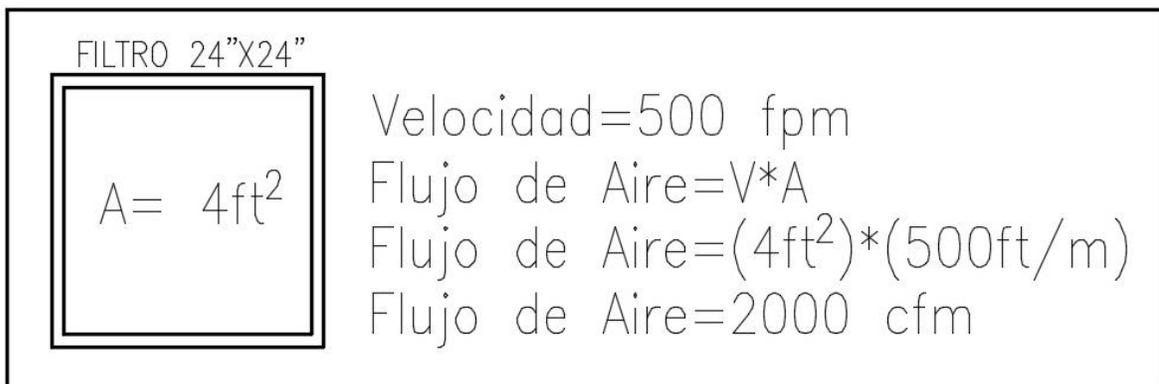
## Arreglo de Filtros

Aunque el definir el arreglo de filtros para los equipos de inyección y extracción es algo muy sencillo, es de vital importancia para evitar que los equipos queden cortos en su capacidad o tengan un sobre dimensionamiento.

Cada filtro está diseñado para operar a una cierta velocidad promedio de 500PPM independientemente de su eficiencia, ya que si se llega a operar a una mayor velocidad se corre el riesgo de presentarse el arrastre de condensados en las secciones de los serpentines, el tener altos niveles de ruido en el equipo y una mayor caída de presión; en el caso de que se estuviese muy por debajo de esta velocidad, se corre el riesgo de tener sobre dimensionamiento de los equipos generando altos costos y baja eficiencia. Al tener una velocidad promedio y una cierta área de paso por el filtro, se tendrá el flujo de aire para el que están calculados todos los filtros.

Un claro ejemplo sería el siguiente:

Se tiene un filtro de 24"x24" a través del cual se tiene un flujo de aire con una velocidad de 500PPM. Si se hace la conversión de pulgadas a pies, se tendría un filtro de 2'x2' que tendría un área de filtración de 4 pies<sup>2</sup>. Si esta área del filtro es multiplicada por la velocidad de paso del aire a través del filtro, se obtiene el flujo promedio para el cual está calculado este filtro.



**Figura 3.9 Flujo de Aire a través de un Filtro.**

Fuente: Propia

Existen diversos tamaños de filtros pero los más convencionales y a los que mejor se acoplan los proveedores son los filtros de 24"x24" para un flujo de 2000 CFM como se muestra en la figura anterior y los filtros de 24"x12" y 12"x24 con un flujo de 1000 CFM cada uno.

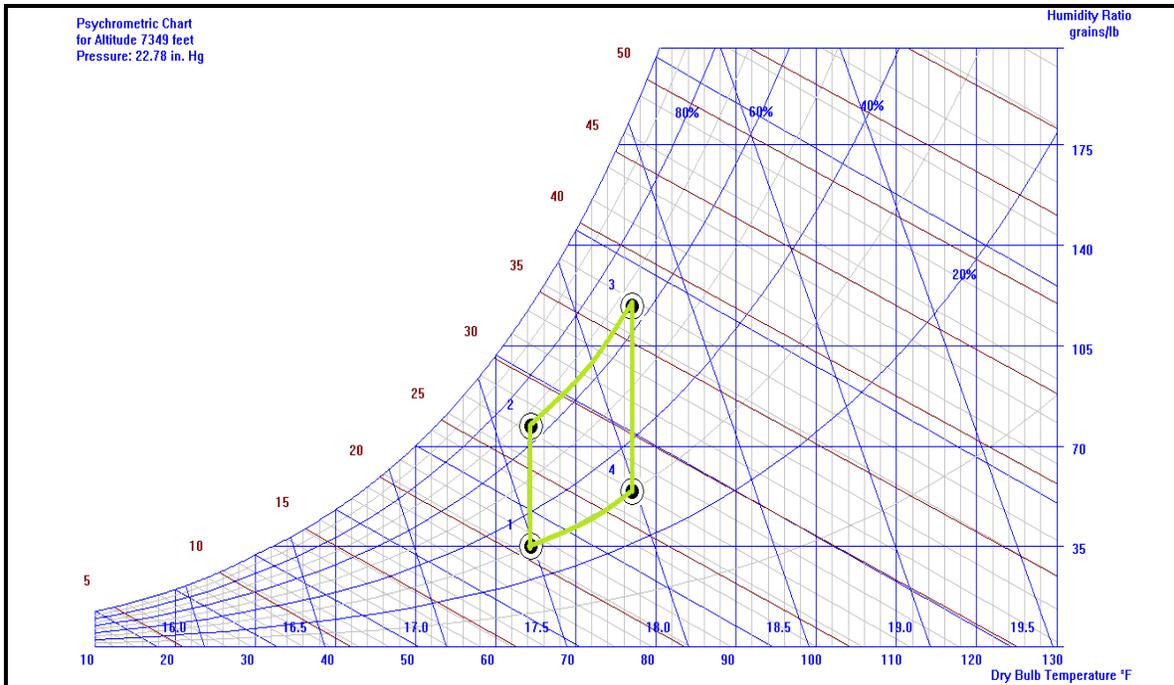
Con estos datos se puede deducir fácilmente cual sería el arreglo de filtros para cualquier etapa de filtración, ya sea para un equipo de inyección o extracción, por ejemplo para un equipo de inyección con un flujo de 3100 CFM se necesitarían dos filtros de 24"x24" o bien un filtro de 24"x24" con dos filtros de 12"x24", con lo cual se tendría un flujo de 4000 CFM para cumplir con el flujo mínimo requerido en el área.

### **Sección de Enfriamiento y Calentamiento**

La figura que muestra los cuatro puntos en la carta Psicrométrica (Figura 3.10), con líneas de color verde, indica la llamada área de confort (bota); cualquier punto dentro de ésta, proporcionará las condiciones de los cuartos por acondicionar de acuerdo a los parámetros de temperatura y humedad establecidos.

Los puntos mínimos y máximos del área de confort (bota), son los siguientes:

- Punto 1: Temperatura de 18°C Bulbo Seco (64.4°F) con 30% de Humedad relativa.
- Punto 2: Temperatura de 18°C Bulbo Seco (64.4°F) con 65% de Humedad relativa.
- Punto 3: Temperatura de 25°C Bulbo Seco (77°F) con 65% de Humedad relativa.
- Punto 4: Temperatura de 25°C Bulbo Seco (77°F) con 30% de Humedad relativa.



**Figura 3.10 .Carta Psicrométrica (Área de Confort)**

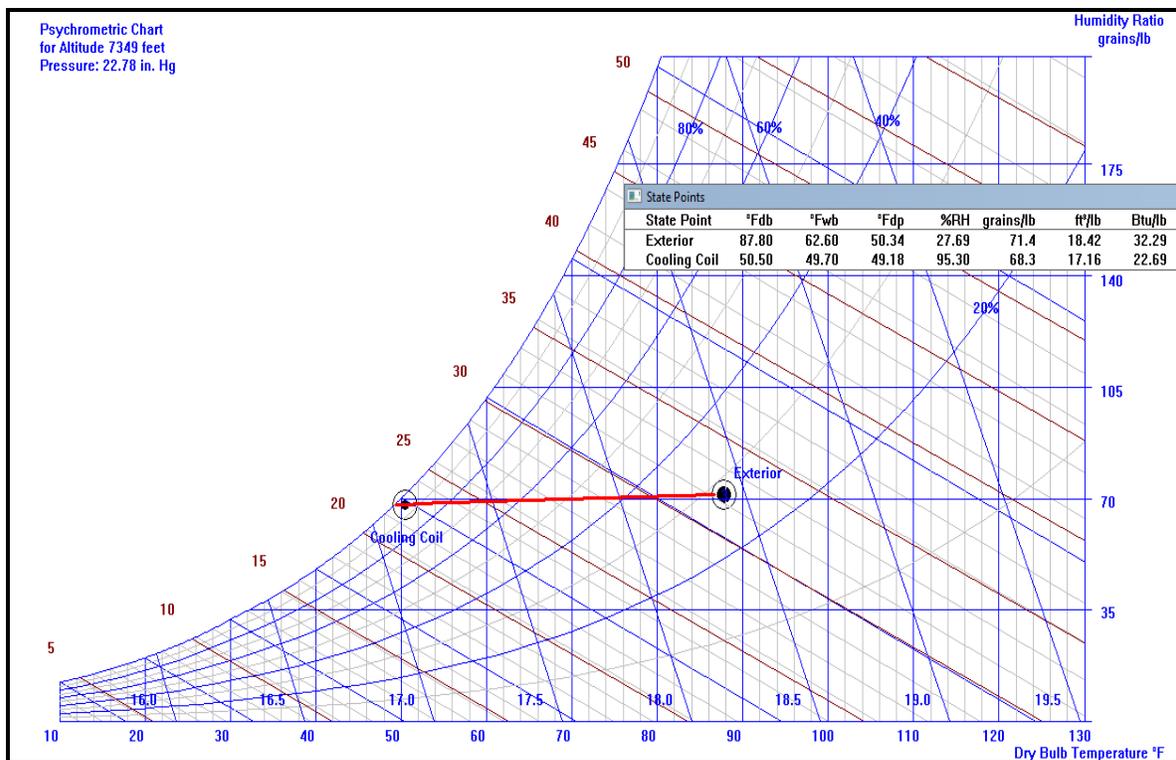
Fuente: Propia.

Las secciones de enfriamiento y recalentamiento serán las encargadas de adecuar el aire de inyección a las condiciones de temperatura y humedad, y poder tener un sistema dentro del área de confort. Dichas secciones comúnmente están conformadas por serpentines los cuales cuentan con una serie de hileras de tubos de cobre con aletas de aluminio, a través de los cuales se efectuara la transferencia de calor.

### **Serpentines de Enfriamiento**

Para el caso de lo serpentines de enfriamiento más convencionales para ser instalados en las Unidades Manejadoras de Aire son los serpentines de agua helada, debido a su facilidad de instalación, bajo costo en reparación y mantenimiento. También se puede contar con serpentines de expansión directa, aunque su uso es limitado debido a dificultades para controlar los rangos de temperatura, su reparación y mantenimiento.

Al efectuarse la transferencia de calor del aire de inyección al serpentín de enfriamiento, el aire presentará una disminución de su temperatura y de su humedad absoluta, pero también causará que haya un aumento de su humedad relativa. Suponiendo que se tienen las siguientes condiciones para verano, a una altitud de 7349 pies, una temperatura de bulbo seco de 31°C (87.8°F) y una temperatura de bulbo húmedo 17°C (62.6°F), con estas condiciones entrará el aire a la manejadora de aire y será enfriado con ayuda del serpentín, hasta una temperatura de 10.28°C bulbo seco (50.5°F) y 9.83°C bulbo húmedo (49.7°F), como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3.11 Carta Psicrométrica (Cooling Coil).**

Fuente: Propia.

El aire logrará esa transferencia de calor gracias a que el serpentín de enfriamiento tendrá un suministro de agua helada a una temperatura de 7.2°C (45°F) y la estará retornando a 12.7°C (55°F).

## Serpentín de Calentamiento.

Para la sección de calentamiento se contará con un serpentín de agua caliente, que por las mismas razones que el serpentín de agua helada, por su facilidad de instalación, bajo costo en mantenimiento y en reparación, son los ideales para ser instalados en esta sección.

Retomando el punto inmediato después del serpentín de enfriamiento para el caso de verano (temperatura de 10.28°C bulbo seco (50.5°F) y 9.83°C bulbo húmedo (49.7°F)), el serpentín de calentamiento se encargará de transferir el calor del agua caliente al aire de inyección, lo cual ocasionará un aumento de temperatura y la disminución de la humedad relativa con respecto al punto Cooling Coil, posicionando al aire de inyección en el área de confort con una temperatura de 22°C (71.6°F) y una humedad relativa de 45.08%.

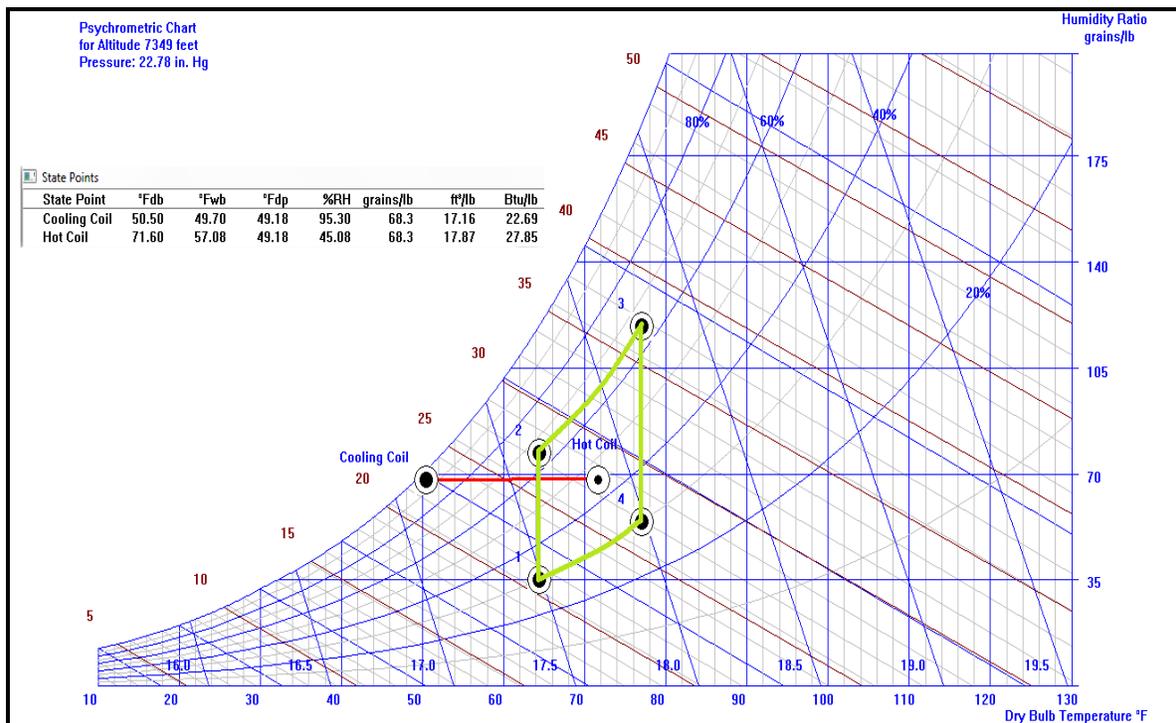


Figura 3.12 Carta Psicrométrica (Hot Coil).

Fuente: Propia.

La selección del serpentín de calentamiento se debe efectuar para las condiciones más extremas, que para este caso serían las condiciones de invierno, es decir, una temperatura de bulbo seco de 0°C (32°F) y una humedad relativa del 80%. El serpentín de calentamiento logrará el aumento de la temperatura del aire y la disminución de la humedad relativa gracias a que tendrá un suministro de agua caliente a 60°C (140°F) y retornando a 48.9°C (120°F).

### **Sección del Ventilador.**

La sección del ventilador tanto en los equipos de inyección y extracción de aire será la encargada de manejar el aire y su selección dependerá directamente del flujo de aire a manipular, la altura a la que se encuentra el proyecto y la caída de presión del sistema.

Los tipos de ventiladores que más se usan en la industria son los ventiladores Axiales (el flujo de aire va en la dirección del eje del ventilador) y los ventiladores centrífugos (la descarga es perpendicular con respecto a la succión del ventilador). Los ventiladores centrífugos se limitan a poleas y bandas (para aplicaciones dentro de Unidades Manejadoras de Aire), este último a pesar de ser muy económico, puede manejar grandes flujos de aire y manipular con facilidad las revoluciones de las poleas, su uso ha ido en decadencia debido a problemas encontrados en el desgaste de sus bandas, el cual afecta la relación de velocidades de las poleas, además de contaminar las etapas de filtración y el sistema de ductos.

Los ventiladores axiales pueden ser acoplados directamente al motor o mediante poleas y bandas, tienen la ventaja de manejar pequeños y grandes flujos de aire, soportan grandes caídas de presión estática, son muy silenciosos y tiene descargas de aire uniformes sin necesidad de instalar una sección difusora. Su gran desventaja se presenta al momento de remplazar un motor, ya que el desacoplarlo del ventilador requiere de un gran esfuerzo y experiencia, un error podría dañar al ventilador. Por lo tanto conociendo las ventajas y desventajas de cada ventilador, la selección del tipo de ventilador a ocupar será decisión del cliente.

### Caída de Presión del Sistema.

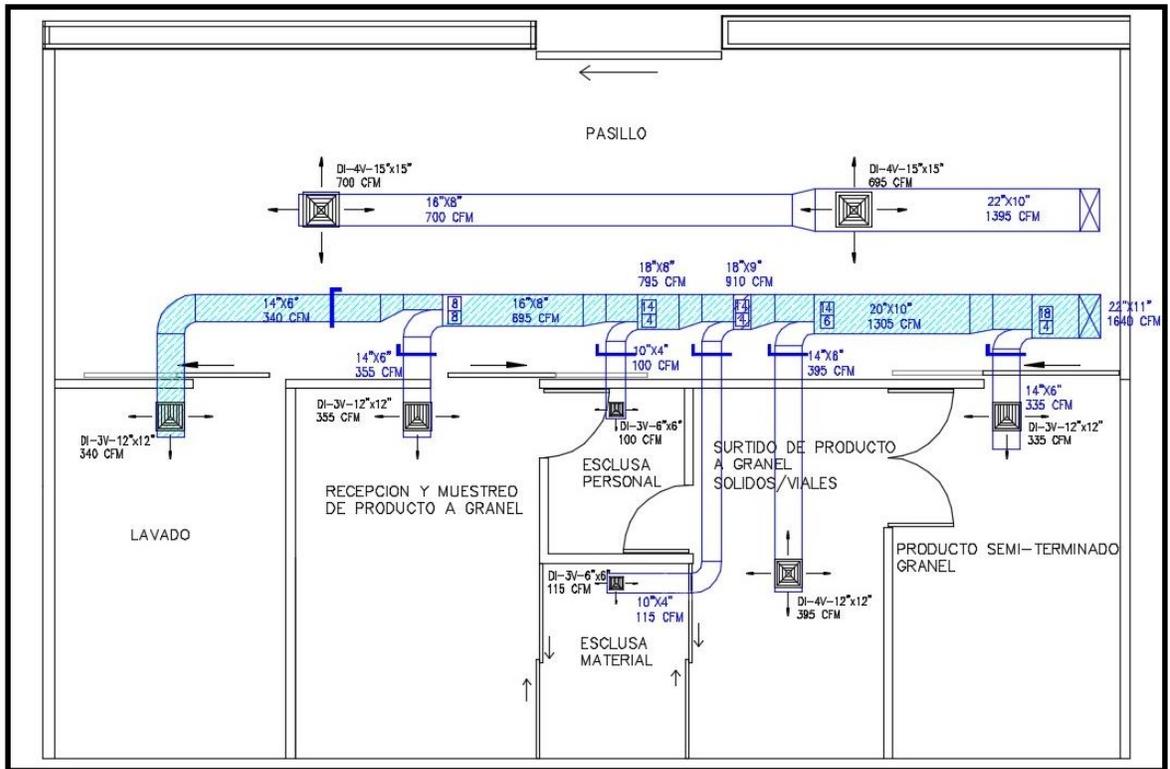
El término caída de presión para la selección de ventiladores se refiere a la presión estática total que debe vencer el ventilador para suministrar o extraer el aire desde el punto más alejado de succión, hasta el punto más alejado de descarga. Entre estos dos puntos más alejados se contará con factores y elementos que aumentan la caída de presión como son: las dimensiones de los ductos, los codos, las etapas de filtración, los serpentines de enfriamiento y recalentamiento, las compuertas en ducto, difusores y rejillas de inyección y extracción de aire.

Para realizar el cálculo de caída de presión del sistema se debe recordar el valor de pérdida de presión por fricción con el cual se diseñó el sistema de ductos, que para este caso es un valor de 0.1 pulg de H<sub>2</sub>O/ 100 pies. Con este valor, las dimensiones de huella, peralte y largo de cada sección del ducto, se podrá saber cuál es la caída de presión que debe vencer el ventilador para cumplir con los requerimientos del sistema. Si se observa el plano del sistema general de ductos de la pág. 22, se puede entender que la trayectoria más alejada del ventilador de inyección sería el ducto que suministra aire al cuarto de lavado, por lo que el cálculo de caída de presión se tendrá que realizar con esta trayectoria como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3.13 Caída de Presión (Cabezal de Inyección).**

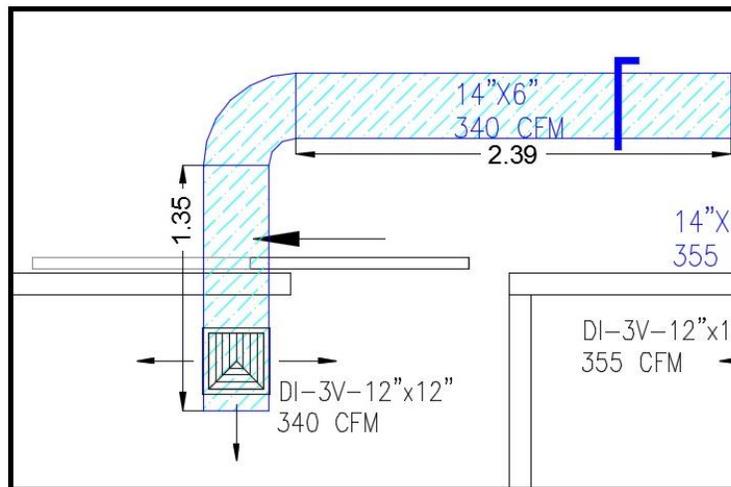
Fuente: Propia.



**Figura 3.14 Caída de Presión (Trayectoria más Larga de Ducto).**

Fuente: Propia.

El cálculo se realizará tomando la longitud de cada una de las secciones del ducto, la condición será que cada tramo que se tome de ducto debe de tener las mismas dimensiones de huella y peralte. Por ejemplo si se empieza el cálculo desde el difusor de inyección, se tendrían que tomar toda la sección de ducto como se muestra en la figura:



Fuente: Propia

**Figura 3.15 Caída de Presión (Punto más Lejano).**

El cálculo de esta sección sería con un ducto de 14"x6", con un flujo de 340 CFM, con dos codos (uno en la vertical para interconectar difusor a ducto) y una longitud total de ducto de 4.24m (0.5m distancia entre difusor y ducto).

Al multiplicar el valor de pérdida de presión por fricción y la longitud del ducto, se podrá saber cuál es la caída de presión para esta sección del ducto. Para el caso de los codos, es necesario saber la longitud equivalente de los mismos, la cual se obtendrá con ayuda del siguiente cuadro:

**Cuadro 3.8 Longitud Equivalente en Codos.**

DUCT DIMENSIONS (in.)		RADIUS ELBOW NO VANES	RADIUS ELBOW—WITH VANES <sup>‡</sup>		SQUARE ELBOWS <sup>‡</sup>	
W	D	Radius Ratio <sup>†</sup> R/D = 1.25	R <sub>1</sub> = 6" (Recommended)		R <sub>1</sub> = 3" (Acceptable)	
ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)						
			Vaness		Vaness	
28	28	15	14	2	17	2
	24	13	17	1	15	2
	20	12	15	1	13	2
	16	10	11	1	11	2
	12	8			11	1
	10	7			9	1
	8	6			8	1
24	96*	38	19	3		
	72*	32	17	3		
	48*	22	20	2	20	3
	24	13	16	1	14	2
	20	11	13	1	12	2
	16	10	11	1	10	2
	12	8			10	1
10	7			8	1	
8	6			7	1	
20	80*	32	16	3		
	60*	26	19	2		
	40*	22	15	2	14	3
	20	11	12	1	10	2
	16	9			9	2
	12	7			9	1
	10	6			8	1
8	5			7	1	
6	4					
16	64*	26	9	3		
	48*	21	12	2	12	3
	32*	15	11	2	9	3
	16	9			8	2
	12	7	8	1	8	1
	10	6			6	1
	8	5			6	1
6	4					
12	48*	19	8	2	8	3
	36*	16	7	2	7	3
	24*	11	8	1	8	2
	12	7			7	1
	10	6			5	1
	8	5			5	1
	6	4				
10	40*	19	6	2	6	3
	30*	13	6	2	6	2
	20*	9	7	1	6	2
	10	5			5	1
	8	4			5	1
	6	4				
	6	3				
8	32*	13	5	2	4	3
	24*	11	6	1	5	2
	16*	8	4	1	5	2
	8	4			4	1
	6	3				
6	24*	10	4	1	4	2
	18*	8	3	1	4	2
	12*	6			4	1
	6	3				
28	28	15	14	2	17	2
	24	13	17	1	15	2
	20	12	15	1	13	2
	16	10	11	1	11	2
	12	8			11	1
	10	7			9	1
	8	6			8	1
24	96*	38	19	3		
	72*	32	17	3		
	48*	22	20	2	20	3
	24	13	16	1	14	2
	20	11	13	1	12	2
	16	10	11	1	10	2
	12	8			10	1
10	7			8	1	
8	6			7	1	
20	80*	32	16	3		
	60*	26	19	2		
	40*	22	15	2	14	3
	20	11	12	1	10	2
	16	9			9	2
	12	7			9	1
	10	6			8	1
8	5			7	1	
6	4					
16	64*	26	9	3		
	48*	21	12	2	12	3
	32*	15	11	2	9	3
	16	9			8	2
	12	7	8	1	8	1
	10	6			6	1
	8	5			6	1
6	4					
12	48*	19	8	2	8	3
	36*	16	7	2	7	3
	24*	11	8	1	8	2
	12	7			7	1
	10	6			5	1
	8	5			5	1
	6	4				
10	40*	19	6	2	6	3
	30*	13	6	2	6	2
	20*	9	7	1	6	2
	10	5			5	1
	8	4			5	1
	6	4				
	6	3				
8	32*	13	5	2	4	3
	24*	11	6	1	5	2
	16*	8	4	1	5	2
	8	4			4	1
	6	3				
6	24*	10	4	1	4	2
	18*	8	3	1	4	2
	12*	6			4	1
	6	3				
28	28	15	14	2	17	2
	24	13	17	1	15	2
	20	12	15	1	13	2
	16	10	11	1	11	2
	12	8			11	1
	10	7			9	1
	8	6			8	1
24	96*	38	19	3		
	72*	32	17	3		
	48*	22	20	2	20	3
	24	13	16	1	14	2
	20	11	13	1	12	2
	16	10	11	1	10	2
	12	8			10	1
10	7			8	1	
8	6			7	1	
20	80*	32	16	3		
	60*	26	19	2		
	40*	22	15	2	14	3
	20	11	12	1	10	2
	16	9			9	2
	12	7			9	1
	10	6			8	1
8	5			7	1	
6	4					
16	64*	26	9	3		
	48*	21	12	2	12	3
	32*	15	11	2	9	3
	16	9			8	2
	12	7	8	1	8	1
	10	6			6	1
	8	5			6	1
6	4					
12	48*	19	8	2	8	3
	36*	16	7	2	7	3
	24*	11	8	1	8	2
	12	7			7	1
	10	6			5	1
	8	5			5	1
	6	4				
10	40*	19	6	2	6	3
	30*	13	6	2	6	2
	20*	9	7	1	6	2
	10	5			5	1
	8	4			5	1
	6	4				
	6	3				
8	32*	13	5	2	4	3
	24*	11	6	1	5	2
	16*	8	4	1	5	2
	8	4			4	1
	6	3				
6	24*	10	4	1	4	2
	18*	8	3	1	4	2
	12*	6			4	1
	6	3				

Fuente: Carrier

Para entrar a este cuadro sólo es necesario saber la huella y el peralte de cada codo, que para este caso un codo de 14"x6" tiene una longitud equivalente de 4 pies. Este valor de longitud equivalente se multiplicará de igual manera por el valor de pérdida de presión por fricción y por el número de codos que se tengan en la trayectoria del ducto.

**Cuadro 3.9 Cálculo de Caída de Presión en Ductos.**

Ducto de Inyección				
Flujo de aire	340	CFM		
DUCTO	14	x	6	pulg
Factor de Fricción	0,075	pulg H <sub>2</sub> O/ 100 pies		
Distancia del Ducto	4,24	m	13,91	pies
Codos	2	pza		
Distancia Equivalente	4	pies		
Caída de Presión debido a Distancia de Ducto	0,010	pulg H <sub>2</sub> O		
Caída de Presión debido a Codos	0,006	pulg H <sub>2</sub> O		

Fuente: Propia.

En este caso esta trayectoria del ducto tendrá una caída de presión por distancia de ducto de 0.01 pulg H<sub>2</sub>O y una caída de presión debido a codos de 0.006 pulg H<sub>2</sub>O. Este mismo procedimiento se tendrá que realizar para cada una de las secciones de la trayectoria del ducto hasta llegar a la succión del equipo.

Finalmente como se mencionó anteriormente se tendrán que considerar todos los elementos a lo largo de la trayectoria del flujo de aire que podrían causar una caída de presión en el sistema, como cada una de las etapas de filtración desde los filtros metálicos, los filtros de bolsa y los Varicel en V; los serpentines de enfriamiento y calefacción, las compuertas y los difusores.

### Cuadro 3.10 Caída de Presión Total del Sistema.

No. Equipo: UMA-01		Altura sobre nivel del mar (Ft): 7349	
Flujo a manejar (cfm): 3.035		Temperatura (°C): 22	
<b>SUCCIÓN</b>		<b>DESCARGA</b>	
Filtro metalico	0,5300 pulg H2O	Filtro de 95% de eficiencia	1,3700 pulg H2O
Filtro de 35-45% de eficiencia	0,5700 pulg H2O	Ducto (Suma de todos los tramos)	0,0810 pulg H2O
Filtro de 85% de eficiencia	1,0700 pulg H2O	Codos (Suma de todos los codos)	0,0220 pulg H2O
Serpentín de Enfriamiento	0,5700 pulg H2O	Compuerta de regulacion en Ducto	0,0200 pulg H2O
Serpentín de calefaccion	0,2400 pulg H2O	Difusor o Rejilla de Inyeccion	0,1155 pulg H2O
Compuerta de Succion	0,0600 pulg H2O		
<b>Subtotal succion</b>	<b>3,04 pulg H2O</b>	<b>Subtotal descarga</b>	<b>1,61 pulg H2O</b>
<b>Factor de seguridad</b>	<b>10 %</b>	<b>Factor de seguridad</b>	<b>10 %</b>
<b>Total en succion</b>	<b>3,34 pulg H2O</b>	<b>Total en descarga</b>	<b>1,77 pulg H2O</b>
<b>Caída de presión total del sistema a nivel del mar</b>		<b>5,11 pulg H2O</b>	

Fuente: Propia.

Como se puede observar en la imagen superior todos los valores al ser sumados tanto para la succión como para la descarga, dan como resultado la caída de presión total del sistema. Ahora solo es necesario realizar el ajuste que esta caída de presión tendría para una altura de 7349ft con una temperatura de 22°C. Para realizar este ajuste es necesario conseguir el factor de corrección, el cual se obtendrá por medio de una serie de interpolaciones del siguiente cuadro:

### Cuadro 3.11 Factores de Corrección Por Temperatura y Altitud.

Temperatura		0mts.	152	305	457	610	762	915	1069	1220	1372	1524	1676	1829	1981	2134	2286	2439	2540	2743	3050
°C	°F	0 pies	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	10000
-17,8	0	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	1,01	1,03	1,05	1,08	1,09	1,1	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,28
4,4	40	0,94	0,96	0,98	1	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,12	1,14	1,16	1,19	1,21	1,23	1,26	1,28	1,3	1,32	1,36
21,1	70	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,12	1,14	1,16	1,18	1,2	1,22	1,25	1,27	1,3	1,32	1,35	1,37	1,4	1,45
26,7	80	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,12	1,14	1,16	1,18	1,21	1,23	1,26	1,28	1,3	1,33	1,36	1,38	1,41	1,43	1,48
37,8	100	1,06	1,08	1,1	1,12	1,14	1,16	1,19	1,21	1,23	1,25	1,28	1,3	1,33	1,35	1,38	1,41	1,43	1,46	1,48	1,54
48,9	120	1,09	1,12	1,14	1,16	1,18	1,2	1,23	1,25	1,28	1,3	1,32	1,35	1,38	1,4	1,42	1,46	1,48	1,51	1,53	1,58
60,0	140	1,13	1,15	1,18	1,2	1,22	1,25	1,27	1,29	1,32	1,34	1,37	1,4	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,58	1,65
71,1	160	1,17	1,19	1,22	1,24	1,28	1,29	1,31	1,34	1,38	1,39	1,42	1,44	1,47	1,5	1,53	1,56	1,59	1,62	1,64	1,7
82,2	180	1,21	1,23	1,26	1,28	1,3	1,33	1,36	1,38	1,41	1,42	1,48	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,7	1,75
93,3	200	1,25	1,27	1,29	1,32	1,34	1,37	1,4	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,6	1,63	1,68	1,69	1,72	1,75	1,81
121,1	250	1,34	1,36	1,39	1,42	1,45	1,47	1,5	1,53	1,56	1,59	1,62	1,65	1,68	1,71	1,74	1,78	1,82	1,85	1,88	1,94
148,9	300	1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,57	1,61	1,64	1,67	1,7	1,74	1,77	1,8	1,84	1,87	1,91	1,94	1,98	2	2,08
176,7	350	1,53	1,58	1,59	1,62	1,65	1,68	1,72	1,75	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2	2,04	2,07	2,11	2,14	2,22
204,4	400	1,62	1,65	1,69	1,72	1,75	1,79	1,82	1,85	1,89	1,93	1,96	2	2,04	2,08	2,12	2,16	2,2	2,25	2,27	2,35
232,2	450	1,72	1,75	1,79	1,82	1,88	1,89	1,93	1,96	2	2,04	2,08	2,12	2,16	2,2	2,24	2,29	2,33	2,38	2,41	2,5
260,0	500	1,81	1,85	1,88	1,92	1,95	1,99	2,03	2,07	2,11	2,15	2,19	2,23	2,28	2,32	2,34	2,41	2,46	2,51	2,54	2,62
287,8	550	1,91	1,94	1,98	2,02	2,05	2,1	2,14	2,18	2,22	2,25	2,3	2,35	2,4	2,44	2,49	2,54	2,58	2,63	2,68	2,77
315,6	600	2	2,04	2,08	2,12	2,18	2,2	2,24	2,29	2,33	2,38	2,42	2,47	2,5	2,56	2,61	2,66	2,71	2,77	2,8	2,9
343,3	650	2,1	2,14	2,18	2,22	2,25	2,31	2,35	2,4	2,44	2,49	2,54	2,58	2,63	2,68	2,74	2,79	2,84	2,9	2,94	3,04
371,1	700	2,19	2,23	2,27	2,32	2,38	2,41	2,48	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7	2,75	2,8	2,85	2,91	2,97	3,03	3,08	3,18
398,9	750	2,28	2,33	2,37	2,42	2,47	2,51	2,58	2,61	2,66	2,71	2,76	2,81	2,87	2,92	2,98	3,04	3,1	3,16	3,19	3,31
426,7	800	2,38	2,43	2,48	2,52	2,57	2,62	2,68	2,72	2,76	2,81	2,86	2,9	2,96	3,02	3,1	3,14	3,21	3,26	3,33	3,45
454,4	850	2,47	2,52	2,57	2,62	2,67	2,72	2,76	2,82	2,87	2,92	2,96	3,02	3,09	3,14	3,21	3,26	3,33	3,38	3,46	3,58
482,2	900	2,57	2,62	2,67	2,72	2,78	2,83	2,88	2,93	2,98	3,03	3,08	3,14	3,21	3,28	3,34	3,39	3,47	3,52	3,6	3,73
510,0	950	2,66	2,72	2,77	2,82	2,87	2,92	2,94	3,03	3,08	3,14	3,19	3,24	3,32	3,38	3,45	3,51	3,58	3,64	3,72	3,86
537,8	1000	2,76	2,82	2,87	2,98	2,98	3,04	3,09	3,14	3,2	3,26	3,31	3,37	3,45	3,5	3,59	3,64	3,72	3,78	3,86	4

Fuente: Armee Chicago

La interpolación se tendrá que efectuar entre los 7000 pies y 7500 pies, con las temperaturas de 21.1°C y 26.6°C, lo que posicionará al factor de corrección con un valor de 1.32. Es decir que la caída de presión para la selección adecuada del ventilador será:

### Cuadro 3.12 Caída de Presión Corregida.

Caída de presión ACTUAL			
Factor de correccion	1,320	Factor de correccion	1,320
C. Presion <u>ACTUAL</u> en succion	2,53 pulg H2O	C. Presion <u>ACTUAL</u> en descarga	1,34 pulg H2O
Caída de presión total del sistema <u>ACTUAL</u>			3,87 pulg H2O

Fuente: Propia

Este valor de 3.78 pulg H<sub>2</sub>O. será el valor adecuado de caída de presión que tendrá el sistema y para el cual deberá de ser seleccionado el ventilador de inyección. Para el caso del ventilador de extracción el cálculo de caída de presión se realizará de la misma manera, tomando el punto de succión más alejado del ventilador que en este caso serían las rejillas de extracción hasta el punto de descarga más alejado, es decir a la salida del equipo de extracción.

### Selección de Unidad Manejadora de Aire.

Ya que se conocen las etapas de filtración, el arreglo de filtros, los serpentines de enfriamiento y calentamiento y la sección del ventilador, ahora es posible realizar la selección del equipo de inyección de aire con ayuda de un Programa Comercial. En el cual se conformarán las etapas del equipo de la siguiente manera:

1. La primera etapa será una sección de acceso de 24" con puertas de 20", la cual servirá para dar mantenimiento a la segunda sección la cual está conformada por los filtros metálicos y de bolsa de 45% de eficiencia con una longitud de 20".

Access Section		Component: 1		Length: 24 in		Shipping Section: 1			
Air Pressure Drop									
0.00 inWc									
Door									
Location		Width		Opening					
Drive side		20 in		Outward					
Combination Filter		Component: 2		Length: 20 in		Shipping Section: 1			
Access		Face Velocity		Face Area		Air Volume			
Side		379.38 ft/min		8.0 ft <sup>2</sup>		3035 cfm			
Portion	Type	Efficiency	Air Pressure Drop			Number of Filters	Height	Width	Depth
			Clean Air	Mean Air	Dirty Air				
Pre-Filter	Throwaway	MERV 7	0.09 inWc	0.53 inWc	1.00 inWc	1	24 in	24 in	2 in
			2	12 in	24 in	2 in			
Filter	DriPak 2000 bag	MERV 8	0.16 inWc	0.57 inWc	1.00 inWc	1	24 in	24 in	15 in
			2	12 in	24 in	15 in			
Door									
Location		Width		Opening					
-		-		-					
Special Options									
Filter Gauge									
Magnehelic 0-2"									

Figura 3.16 Unidad Manejadora de Aire (Sección de Acceso y Etapa de Filtración).  
Fuente: Propia.

- Se continúa de nuevo con una sección de acceso de 24" para dar mantenimiento a la sección de filtros Varicel en V Merv 14. Esta sección de filtros es colocada para proteger a los serpentines, a la sección del ventilador y a la última etapa de filtros.

Access Section		Component: 3		Length: 24 in		Shipping Section: 1			
Air Pressure Drop									
0.00 inWc									
Door									
Location		Width		Opening					
Drive side		20 in		Outward					
Combination Filter		Component: 4		Length: 14 in		Shipping Section: 2			
Access		Face Velocity		Face Area		Air Volume			
Side		379.38 ft/min		8.0 ft <sup>2</sup>		3035 cfm			
Portion	Type	Efficiency	Air Pressure Drop			Number of Filters	Height	Width	Depth
			Clean Air	Mean Air	Dirty Air				
Pre-Filter	None	-	0.00 inWc	0.00 inWc	0.00 inWc	-	-	-	-
Filter	Varicel V cartridge	MERV 14	0.28 inWc	1.14 inWc	2.00 inWc	1	24 in	24 in	12 in
			2	12 in	24 in	12 in			
Door									
Location		Width		Opening					
-		-		-					
Special Options									
Filter Gauge									
Magnehelic 0-2"									

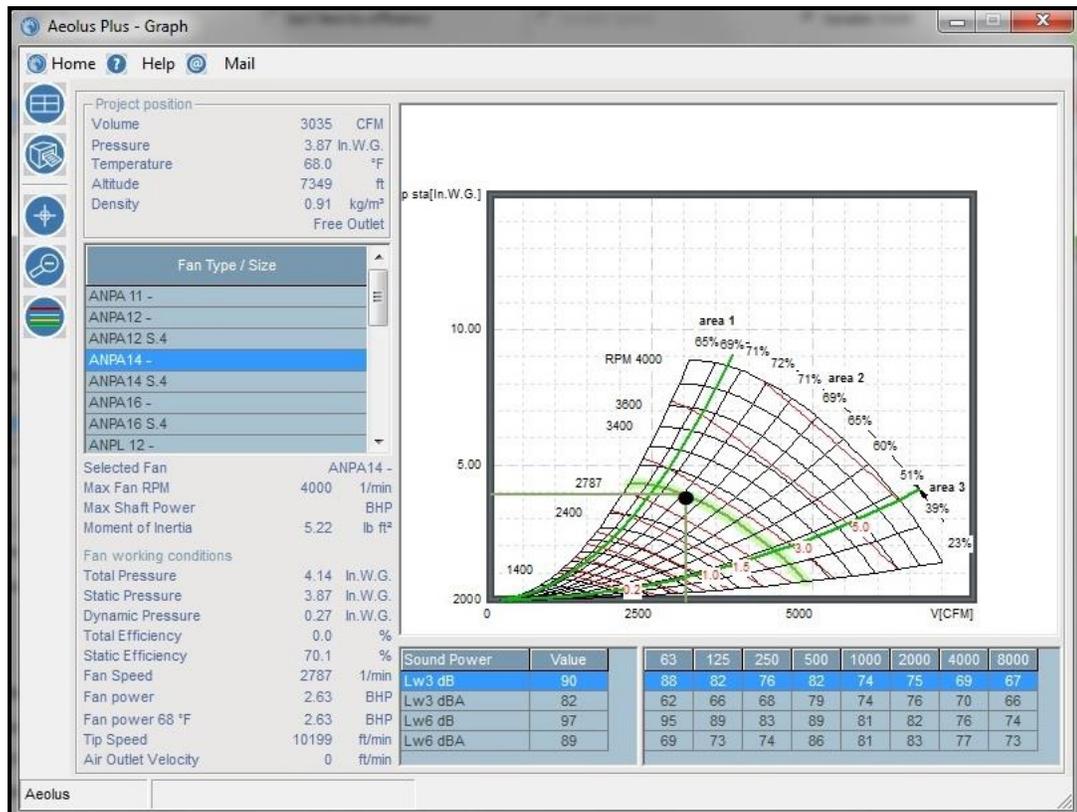
Figura 3.17 Unidad Manejadora de Aire (Sección de Acceso y 2ª Etapa de Filtración).  
Fuente: Propia.

3. La quinta sección está conformada por el serpentín de enfriamiento y el serpentín de calentamiento. La capacidad total de cada serpentín dependerá directamente de la temperatura ambiente, la temperatura y humedad que se necesita en el área, la temperatura a la que se suministra el agua, las dimensiones de cada serpentín, su número de hileras y el número de aletas por pulgada. Dichas capacidades totales tienen que ser proporcionadas por la unidad generadora de agua helada y por la unidad generadora de agua caliente para que los serpentines logren las condiciones de temperatura y humedad que se requieren.

Combination Coil		Component: 5		Length: 26 in		Shipping Section: 2			
<b>Chilled Water Coil</b>									
<b>Coil Model</b>	<b>Total Capacity</b>	<b>Sensible Capacity</b>	<b>Number of Coils</b>	<b>Number of Rows</b>	<b>Fins per Inch</b>	<b>Tube Diameter</b>	<b>Tube Spacing (Face x Row)</b>		
5WH0908C	111468 Btu/hc	100100 Btu/hc	1	8	9	0.625 in	1.50 in x 1.299 in		
<b>Air Volume</b>	<b>Air Temperature</b>				<b>Coil Air Pressure Drop</b>	<b>Finned Height</b>	<b>Finned Length</b>	<b>Face Area</b>	<b>Face Velocity</b>
	<b>Entering</b>		<b>Leaving</b>						
	<b>Dry Bulb</b>	<b>Wet Bulb</b>	<b>Dry Bulb</b>	<b>Wet Bulb</b>					
3035 cfm	87.8 °F	62.6 °F	48.2 °F	48.0 °F	0.57 iWc	39 in	35 in	9.48 ft²	320 ft/min
<b>Water</b>		<b>Flow Rate</b>		<b>Pressure Drop</b>		<b>Velocity</b>	<b>Volume</b>	<b>Weight</b>	
<b>Entering</b>	<b>Leaving</b>								
45.0 °F	55.1 °F	22.20 gpm		3.10 ftHd		1.80 ft/s	11.0 gal	93.00 lb	
<b>Connection</b>					<b>Min. Fin Surface Temp.</b>	<b>Min. Tube Wall Surface Temp.</b>	<b>Fouling Factor</b>		
<b>Type</b>	<b>Quantity</b>	<b>Size</b>	<b>Location</b>	<b>Material</b>					
Threaded	2	2.00 in	Opp drive side	Carbon steel	45.0 °F	45.0 °F	0.000		
<b>Material</b>				<b>Drain Pan</b>		<b>Drain Side</b>			
<b>Fin</b>	<b>Tube</b>	<b>Header</b>	<b>Case</b>						
Aluminum .0075 in	Copper .020 in	Copper	Galv. steel		Microbial resistant coated galvanized		Opp drive side		
<b>Reheat Hot Water Coil</b>									
<b>Coil Model</b>	<b>Total Capacity</b>	<b>Number of Coils</b>	<b>Number of Rows</b>	<b>Fins per Inch</b>	<b>Tube Diameter</b>	<b>Tube Spacing (Face x Row)</b>			
5WQ1401C	121409 Btu/hc	1	1	14	0.625 in	1.50 in x 1.299 in			
<b>Air Volume</b>	<b>Air Temperature</b>			<b>Coil Air Pressure Drop</b>	<b>Finned Height</b>	<b>Finned Length</b>	<b>Face Area</b>	<b>Face Velocity</b>	
	<b>Entering</b>	<b>Leaving</b>							
	<b>Dry Bulb</b>	<b>Dry Bulb</b>							
3035 cfm	32.0 °F	80.1 °F		0.24 iWc	39 in	32 in	8.67 ft²	350 ft/min	
<b>Water</b>		<b>Flow Rate</b>		<b>Pressure Drop</b>		<b>Velocity</b>	<b>Volume</b>	<b>Weight</b>	
<b>Entering</b>	<b>Leaving</b>								
140.0 °F	120.0 °F	12.10 gpm		1.40 ftHd		1.80 ft/s	3.0 gal	26.00 lb	
<b>Connection</b>					<b>Min. Fin Surface Temp.</b>	<b>Min. Tube Wall Surface Temp.</b>	<b>Fouling Factor</b>		
<b>Type</b>	<b>Quantity</b>	<b>Size</b>	<b>Location</b>	<b>Material</b>					
Threaded	2	1.50 in	Opp drive side	Carbon steel	120.0 °F	120.0 °F	0.000		
<b>Material</b>				<b>Case</b>					
<b>Fin</b>	<b>Tube</b>	<b>Header</b>	<b>Case</b>						
Aluminum .0075 in	Copper .020 in	Copper	Galvanized track						

Figura 3.18 Unidad Manejadora de Aire (Sección de Serpentines)

4. Esta sexta sección está destinada para el ventilador de inyección, la cual contará con una sección previa para darle mantenimiento. Como se mencionó previamente, la selección del ventilador dependerá directamente de la caída de presión del sistema, del flujo a manejar y de la altitud a la que se encuentre el proyecto.



**Figura 3.19 Selección de Ventilador**

Fuente: Propia.

La figura 3.19 nos muestra la selección del ventilador con ayuda de un programa comercial, en el cual al ingresar el flujo de 3035CFM, la caída de presión de 3.87 pulg H<sub>2</sub>O y la altitud de 7349 pies, se puede obtener el comportamiento de diversos ventiladores. En este caso se seleccionó un ventilador plenum, tipo ANPA-14, que operará a una velocidad de 2787 rpm, con una eficiencia de 70.1% y un motor de 5 HP con una velocidad de 3500 rpm. En la selección del ventilador se pueden encontrar varios ventiladores que cumplan las necesidades del sistema, pero se debe seleccionar el ventilador que se acople a los cambios que se puedan sufrir en obra,

como el aumento o disminución del flujo del sistema o de la caída de presión (se puede apoyar la selección en la curva de comportamiento del ventilador).

- La sección posterior al ventilador será la última etapa de filtración con su respectiva sección de acceso. Esta etapa de filtros serán los Varicel en V Merv 15, encargados de cumplir con el conteo de particular establecido por la NOM-059 para las áreas ISO 8.

Access Section		Component: 8	Length: 24 in		Shipping Section: 4				
Air Pressure Drop									
0.00 inWc									
Door									
Location		Width			Opening				
Drive side		20 in			Outward				
Combination Filter		Component: 9	Length: 14 in		Shipping Section: 4				
Access		Face Velocity		Face Area		Air Volume			
Side		379.38 ft/min		8.0 ft²		3035 cfm			
Portion	Type	Efficiency	Air Pressure Drop			Number of Filters	Height	Width	Depth
			Clean Air	Mean Air	Dirty Air				
Pre-Filter	None	-	0.00 inWc	0.00 inWc	0.00 inWc	-	-	-	-
Filter	Varicel V cartridge	MERV 15	0.28 inWc	1.37 inWc	2.00 inWc	1	24 in	24 in	12 in
						2	12 in	24 in	12 in
Door									
Location		Width			Opening				
-		-			-				
Special Options									
-									

Figura 3.20 Unidad Manejadora de Aire (Sección de Acceso y 3ª Etapa de Filtración).

Fuente: Propia.

- Finalmente para completar la selección de la UMA, se cuenta con una sección de plenum de descarga en la cual se inyectará el ducto encargado del suministro de aire a las áreas.

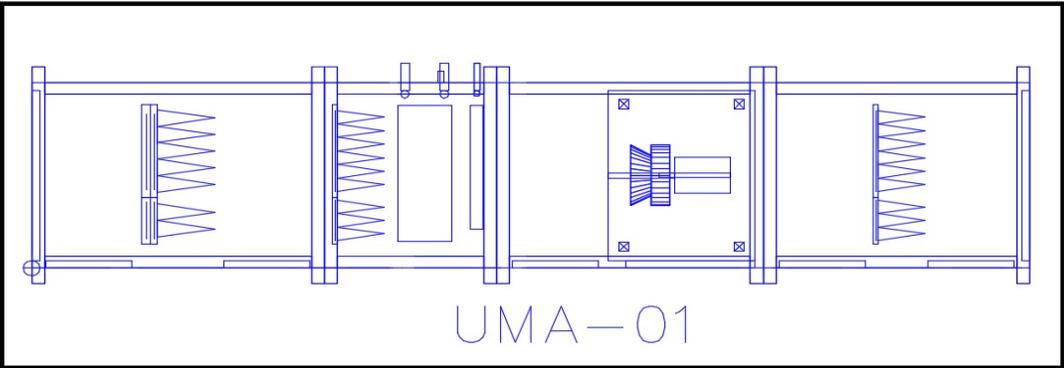
Plenum		Component: 10	Length: 24 in		Shipping Section: 4			
Air Pressure Drop								
0.00 inWc								
Door								
Location		Width			Opening			
Drive side		20 in			Outward			

Figura 3.21 Unidad Manejadora de Aire (Sección de Descarga).

Fuente: Propia

Ya que se ha realizado la selección de todo el equipo, es posible generar con ayuda del mismo programa una imagen de planta del diseño de la manejadora, la cual

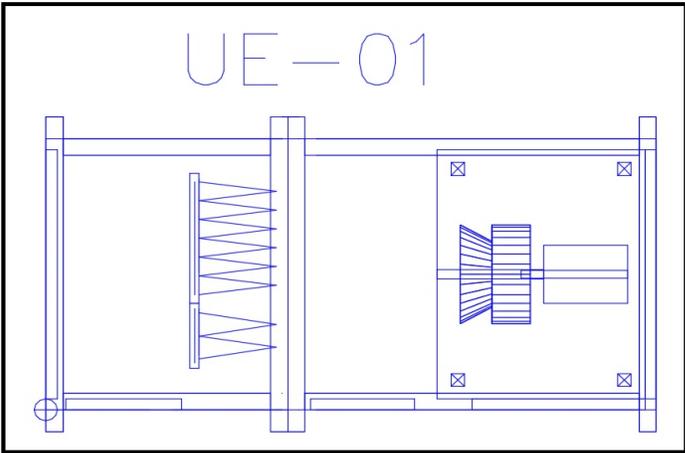
puede ser utilizada en planos y ser enviada al proveedor junto con la corrida de selección del equipo para su respectiva cotización.



**Figura 3.22 Unidad Manejadora de Aire.**

Fuente: Propia.

Para el caso de la Unidad de Extracción de Aire también se hará uso del mismo programa. Y de igual manera la selección del ventilador tiene que ser realizada por medio del cálculo de caída de presión por fricción. Dando como resultado un equipo compuesto por una primera sección de acceso para mantenimiento de la etapa de filtros de 45% de eficiencia (1 filtros de 24"x24" y un filtro de 12"x24"), seguida de la etapa de filtración se encontrara una sección de acceso para dar mantenimiento a la sección del equipo compuesta por el ventilador de extracción.



Fuente: Propia.

**Figura 3.23 Unidad de Extracción de Aire.**

### **3.1.7 Sistemas Hidráulicos.**

Antes de comenzar con la descripción del tipo de sistemas hidráulicos existentes, y el respectivo diseño y selección de tuberías; es importante el conocer a los equipos encargados del enfriamiento y calentamiento del agua que circulará por dichos sistemas.

#### **Unidad Enfriadora de Agua**

Este equipo será el encargado de enfriar el agua que alimentará al serpentín de enfriamiento de la unidad manejadora de aire. La selección de este equipo se realizará por medio del uso de la capacidad total y de los galones por minuto obtenidos de la selección del serpentín. Recordando que el serpentín seleccionado en la sección anterior requiere de una capacidad total de 111468BTU/hr y un flujo de 22.20 GPM (Ver Figura 3.18), la unidad enfriadora de agua helada deberá seleccionarse para que cumpla estos requerimientos. El primer paso será convertir los BTU/hr a Toneladas de Refrigeración (capacidad de enfriamiento de los equipos, es decir la cantidad de calor latente que se puede absorber de una tonelada de agua y lograr que pase del estado líquido al estado sólido en un plazo de 24 hrs) donde una T.R. equivale a 12000BTU/hr, por lo que la unidad enfriadora de agua debe tener una capacidad de 9.29 T.R.

Debido a las Toneladas de Refrigeración que se requieren, la selección del equipo se basará en el Product Data, Aquasnap 30RAP010-060 Air Cooled Chillers de Carrier, en el cual se pueden localizar las unidades de enfriamiento con capacidades de 10 T.R. hasta 60 T.R. En ese catálogo se puede contar con datos esenciales para el diseño del sistema hidráulico de agua helada, desde los rangos de capacidad de cada unidad, sus características físicas y técnicas y los requerimientos para su instalación.

**Cuadro 3.13 Ficha Técnica de Unidad Enfriadora de Agua (Chiller).**

UNIT 30RAP		CAPACITY		COMPRESSOR POWER INPUT (kW)	FAN POWER (kW)	TOTAL POWER (kW)	FULL LOAD		IPLV		COOLER FLOW RATE		COOLER WATER PRESSURE DROP	
		Tons	kW				EER	COP	EER	COP	GPM	L/s	Ft wg	kPa
010	10.5	36.9	10.6	1.3	11.9	10.5	3.1	14.5	4.2	25.1	1.6	12.9	38.7	
015	14.0	49.5	15.5	1.3	16.9	10.0	2.9	13.1	3.8	33.6	2.1	14.8	44.1	
018	16.0	55.4	15.7	2.7	18.4	10.4	3.1	14.3	4.2	38.4	2.4	14.5	43.3	
020	19.0	66.3	19.1	2.7	21.9	10.4	3.1	14.0	4.1	45.5	2.9	13.5	40.2	
025	23.5	80.5	24.8	2.7	27.5	10.3	3.0	15.0	4.4	56.4	3.6	16.8	50.3	
030	27.8	96.8	30.9	2.8	33.8	9.9	2.9	14.7	4.3	66.7	4.2	19.9	59.4	
035	34.4	120.5	35.8	3.9	39.7	10.4	3.0	15.2	4.5	82.6	5.2	12.4	37.1	
040	39.1	137.0	42.2	3.7	45.9	10.2	3.0	15.2	4.5	93.8	5.9	13.1	39.2	
045	43.4	151.3	48.5	3.6	52.1	10.0	2.9	15.3	4.5	104.2	6.6	14.6	43.7	
050	47.6	166.3	53.3	3.8	57.1	10.0	2.9	14.5	4.2	114.2	7.2	18.2	54.3	
055	52.5	183.1	56.5	5.2	61.8	10.2	3.0	14.5	4.2	126.0	7.9	17.0	50.8	
060	56.3	197.9	61.3	5.1	66.4	10.2	3.0	14.3	4.2	135.0	8.5	19.4	57.9	

LEGEND  
 COP— Coefficient of Performance  
 EER — Energy Efficiency Ratio  
 IPLV — Integrated Part Load Value

\* Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute.  
 NOTE: Based on AHRI-550/590 standard rating conditions. Ratings are for standard chillers only. Ratings do not include options.

Fuente: Carrier.

El cuadro de rangos de capacidad de las unidades 30RAP será el primer paso para entrar a este catálogo, ya que en este se localizan las capacidades de cada equipo y el flujo que manejarán. Al comparar la T.R. requeridas por el serpentín de enfriamiento con las capacidades del cuadro, se puede deducir que la Unidad 30RAP010, con una capacidad de 10.5 T.R. y un flujo de 25.1GPM es el equipo indicado para ser instalado ya que cumple con la capacidad de enfriamiento y los galones que requiere el serpentín de enfriamiento.

Como se ha mencionado anteriormente las características del equipo serán de vital importancia para el diseño del sistema, desde poder plantear sus dimensiones en plano, calcular el flujo que se manejará en todo el sistema hidráulico y realizar el cálculo de caída de presión del sistema para la selección de las bombas.

# Physical data

UNIT 30RAP	010
OPERATING WEIGHT (lb)	
MCHX Condenser Coil, No Pumps	704
MCHX Condenser Coil, Dual Pumps	1029
REFRIGERANT TYPE	
Total Refrigerant Charge (lb)	8.6
Refrigerant Charge (lb) Ckt A/Ckt B	8.6/—
COMPRESSORS	
Quantity	1
Speed (Rpm)	(1) 11
(Qty, Tons) Ckt A	—
(Qty, Tons) Ckt B	—
Oil Charge (Pt) Ckt A/Ckt B	6.9/—
No. Capacity Steps	
Standard	1
with Hot Gas Bypass	—
Digital Compressor Option	13
Minimum Capacity Step (%)	
Standard	100
with Hot Gas Bypass	—
Digital Compressor Option	20
Capacity (%)	
Circuit A	100
Circuit B	—
COOLER	
Weight (lb) (empty)	22.4
Net Fluid Volume (gal)	4.9
Maximum Refrigerant Pressure (psig)	505
Maximum Water-Side Pressure without Pump(s) (psig)	300
Maximum Water-Side Pressure with Pump(s) (psig)	150
COOLER WATER CONNECTIONS (in.)	
Inlet and Outlet, FPT	1 1/2
Drain (NPT)	1/2
CONDENSER FANS	
Standard Low-Sound AeroAcoustic™ Type	
Fan Speed (Rpm)	850
No. Blades...Diameter (in.)	9...30
No. Fans	1
Total Airflow (Cfm)	9400
Optional Value Sound Type	
Fan Speed (Rpm)	1140
No. Blades...Diameter (in.)	4...30
No. Fans	1
Total Airflow (Cfm)	12,600
CONDENSER COILS	
Quantity (Ckt A/Ckt B)	1/—
Total Face Area (sq ft)	17
Maximum Refrigerant Pressure (psig)	656
HYDRONIC MODULE (Optional)*	
Pump	
Expansion Tank Volume (gal)	
Total/Acceptance	
CHASSIS DIMENSIONS (ft - in.)	
Length	5-7
Width	3-5
Height	5-6

### LEGEND

EXV	—	Electronic Expansion Valve
MCHX	—	Microchannel Heat Exchanger

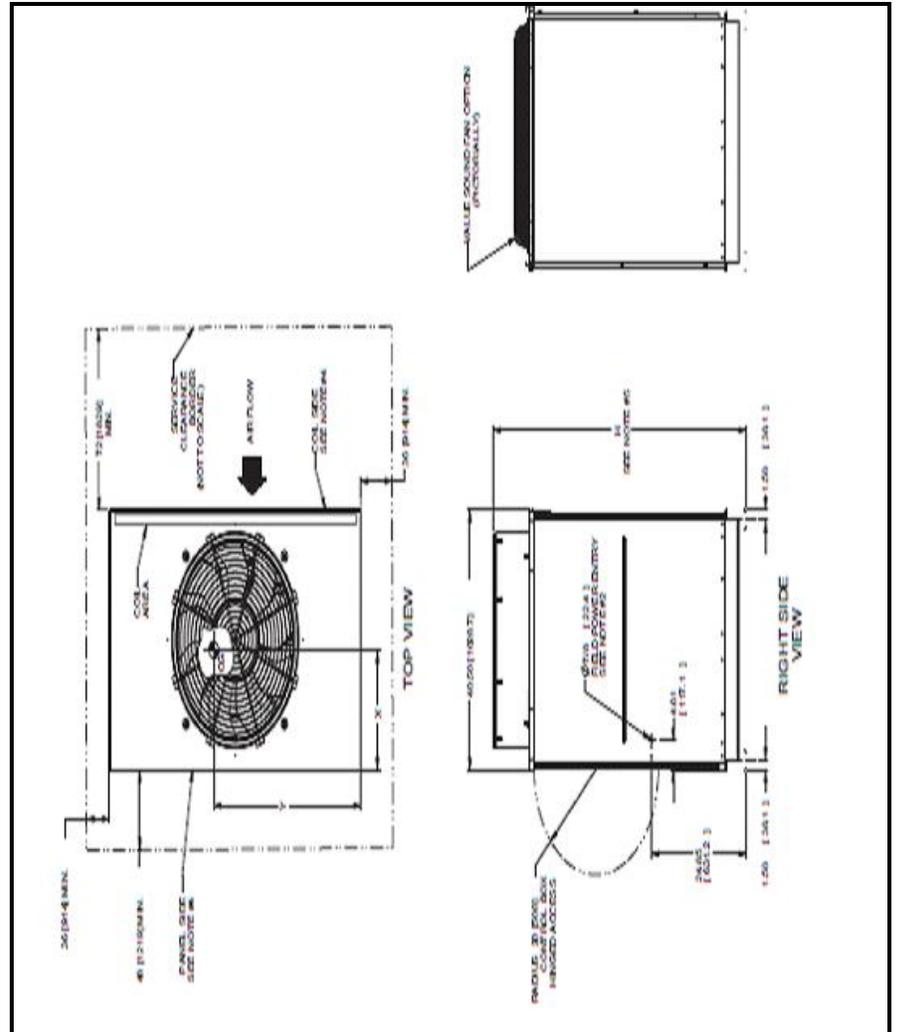


Figura 3.24 Datos Técnicos Unidad 30 RAP

Fuente: Carrier

## Unidad Calentadora de Agua

Este equipo será el encargado de suministrar el agua caliente a cada equipo del sistema, que en este caso será al serpentín de calentamiento de la Unidad Manejadora de Aire. La selección de este equipo dependerá del flujo a manejar en el serpentín y de la temperatura a la que se suministrará y retornará el agua. Tal y como se efectuó la selección de la unidad enfriadora de agua helada, la selección de la unidad calentadora de agua se basará en el uso de los BTU/hr totales requeridos por el serpentín de calentamiento. Por ejemplo, el serpentín de la Unidad Manejadora de Aire previamente seleccionada requiere de una capacidad total de 121,409BTU/hr, por lo que será necesario seleccionar el equipo que cumpla adecuadamente dicha capacidad.

**Cuadro 3.14 Ficha Técnica Unidad Generadora de Agua Caliente.**

Spectrum Series — Dimensions and Ratings															
Model	Input		Output		Net Rating		AFUE%	Dim. A		Vent Dim. V		Connections		Shipping Weight	
	MBH	kW	MBH	kW	MBH	kW		In.	mm	In.	mm	Gas In.	Water In.	lbs.	kgs.
SB/SW 100	100	29	82	24	73	21	82	16-1/8	410	5	127	1/2	1-1/2	193	88
SB/SW 150	150	44	123	36	109	32	82	19-1/2	495	6	152	1/2	1-1/2	200	91
SB/SW 200	199	58	163	49	144	42	82	22-7/8	581	7	178	1/2	1-1/2	235	107
SB/SW 250	250	73	205	60	182	53	82	26-1/4	667	8	203	3/4	1-1/2	250	113
SB/SW 300	301	88	247	72	214	63	82	29-5/8	752	8	203	3/4	1-1/2	265	120
SB/SW 350	350	103	286	84	248	73	82	33	838	9	229	3/4	1-1/2	285	129
SB/SW 400	399	117	324	95	282	83	81	35-3/8	899	10	254	3/4	1-1/2	300	136

Fuente: RBI

En el anterior cuadro corresponde a calderetas marca RBI, serie spectrum, y en la cual se pueden observar los rangos de operación de sus diversos modelos. Recordando los BTU/hr requeridos, el modelo que cumpliría con los requerimientos del proyecto sería el SW200. Si bien el modelo SW150 podría ser una buena opción, su rango de operación es demasiado justo para los requerimientos del sistema y podría llegar a presentar problemas de operación cuando se tenga una variación en el flujo de agua o en las temperaturas de salida y entrada.

## Selección de Tubería

Para proceder con el diseño del sistema hidráulico, se deben conocer los tipos de sistemas hidráulicos: los de solo un paso y los de recirculación. El sistema de solo un paso consiste en que el flujo de agua atravesará a los equipos involucrados en el sistema e inmediatamente será descargado. En el caso del sistema de recirculación el agua fluirá en un ciclo repetitivo, atravesando del equipo encargado de la refrigeración o calefacción (Chiller o caldereta) al intercambiador de calor (Serpentín) y de regreso, una y otra vez.

A su vez los sistemas de recirculación son clasificados como sistemas abiertos o cerrados. Como su nombre lo indica, los sistemas abiertos fluirán a través de un depósito abierto a la atmósfera, mientras que un sistema cerrado es aquel en el que el flujo de agua no está expuesto en ningún punto a la atmósfera.

Conociendo estas características, se puede deducir que los sistemas que se emplearán serán de retorno cerrado, los cuales trabajarán de la siguiente manera:

- Debido a que la Unidad Manejadora de Aire y el Chiller son relativamente pequeños, la opción ideal para este proyecto es el seleccionar la unidad enfriadora de agua con bombas integradas. Para el caso del sistema de agua caliente, la caldereta no tiene la opción de llevar integradas las bombas, por lo que el sistema estará compuesto por dos bombas, las cuales alternarán el trabajo, (mientras una trabaja, la otra estaría de reserva y recibirá el mantenimiento correspondiente) y las bombas contarán con un cabezal de descarga y un cabezal de succión.
- En el sistema de agua helada, el flujo de agua al ser descargado por las bombas se dirigirá a la unidad enfriadora de agua helada. En el caso del agua caliente la caldereta necesita manejar un flujo constante para operar correctamente por lo que se tendrá un flujo entre la caldereta y un tanque de almacenamiento y otro flujo que será manejado por las bombas.

- Ya que el agua ha sido enfriada por el chiller, el flujo de agua entrará al serpentín de enfriamiento de la unidad manejadora de aire, donde se realizará la respectiva transferencia de calor del aire al agua helada. El agua caliente al salir del cabezal de descarga de las bombas se dirigirá al serpentín de agua caliente de la unidad manejadora de aire para disminuir la humedad relativa del aire.
- Finalmente a la salida de los serpentines, el flujo de agua retornará a la succión de las dos bombas. Y de esta manera repetir el ciclo una y otra vez.

Con la trayectoria de los sistemas planteada y conociendo los flujos manejados, ahora es posible realizar la selección de la tubería de cada sistema. Para empezar dicha selección se debe saber que para los sistemas de agua helada y agua caliente se recomienda el uso de acero al carbón y de cobre respectivamente. El acero al carbón se recomienda para el agua helada debido a su bajo costo, alta resistencia mecánica, su facilidad de mantenimiento y remplazo. El cobre es ideal por su alta resistencia a la corrosión, su alta conductividad térmica, su vida útil prolongada, resistente a las altas presiones a pesar de tener paredes delgadas, su facilidad de instalación y mantenimiento.

Para realizar la selección del diámetro de tubería, es de vital importancia el tener conocimiento de que el sistema es de recirculación, cerrado y el tipo de material que se utilizará, pero hay un factor que se debe tener muy presente para dicha selección, la velocidad del agua, la cual debe ser la indicada para evitar ruidos por movimiento del agua, erosión en la tubería, grandes tamaños de bombas por la alta caída de presión o altos costos por el sobredimensionamiento de la tubería. Para poder tener un balance entre cada uno de estos factores, en las aplicaciones de aire acondicionado se recomienda una velocidad máxima de 10 pies/s y una caída de presión por fricción máxima de 10 pies por cada 100 pies de distancia de tubería.

**Cuadro 3.15 Velocidad Máxima del Agua para Minimizar la Erosión.**

Operación Normal hr/año	Velocidad del Agua (pies/s)
1500	15
2000	14
3000	13
4000	12
6000	10
8000	8

Fuente: Carrier.

Si bien el sistema debe tener una velocidad de 10 pies/s, también es recomendable que la velocidad se acople al servicio para el que está destinada, como se indica en el cuadro:

**Cuadro 3.16 Velocidad del Agua para Diversos Servicios.**

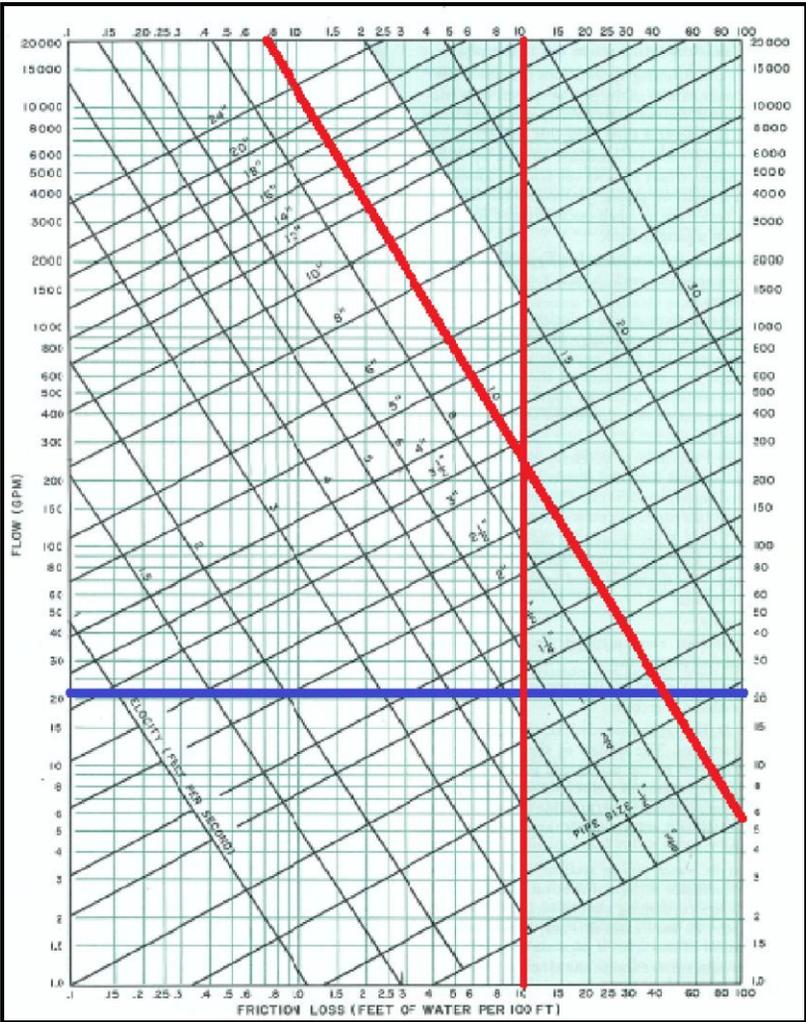
Servicios	Rango de Velocidad (pies/s)
Descarga de la bomba	8 a 12
Succión de la bomba	4 a 7
Línea de drenado	4 a 7
Servicio general	5 a 10

Fuente: Carrier.

En el cuadro la única velocidad que no está dentro de los 10 pies/s que se recomiendan es el cabezal de succión, el cual debe tener un diámetro mayor de tubería para ampliar el área y disminuir la velocidad de paso. Conociendo los requerimientos de velocidad, se puede deducir que el sistema para este proyecto es relativamente pequeño por lo que la caída de presión no será muy alta, y la

recomendación sería sobredimensionar un poco el diámetro de la tubería para tener un balance entre el costo que se podría tener para la instalación y el costo que se tendrá para la operación y el mantenimiento.

Para realizar la selección de la tubería se utilizará nuevamente el método de igual fricción (fricción constante) usando las gráficas de comportamiento para sistemas cerrados, en los que se ocupará acero al carbón cedula 40 y cobre. Para entrar a estos gráficos sólo se deben usar los galones por minuto a manejar y recordar que no se debe exceder la velocidad y la caída de presión máxima permitidas de acuerdo a la sección del sistema. Por ejemplo, recordando que el serpentín de enfriamiento requiere un flujo de agua de 22.2GPM el diámetro de tubería que va a requerir para su cuadro de válvulas sería el siguiente:



Fuente: Carrier.

**Figura 3.25 Gráfica de Pérdida de Fricción para Sistemas Cerrados (Tubería de Acero al Carbón Cédula 40).**

Como lo muestra el grafico, la tubería de 1 ¼" de diámetro sería la que cumpliría con los requerimientos, ya que puede manejar los 22.2 GPM, su velocidad es superior a 4 pies/s pero menor a los 10 pies/s y su pérdida de presión por fricción está por debajo de los 10 pies por cada 100 pies de longitud. Este mismo procedimiento tendrá que ser realizado para cada etapa y de esta forma dimensionar cada sección de los sistemas.

**Cuadro 3.7 Diámetros de Tubería del Sistema.**

Servicio	GPM	Diametro de tubería
Entrada al Chiller	25.1	1 1/4"
Descarga del Chiller	25.1	1 1/4"
By-pass	2.9	1/2"
Serpentin de Enfriamiento	22.2	1 1/4"

Fuente: Propia.

### **Tanque de Expansión**

El tanque de expansión como su nombre lo indica servirá para mantener la presión del sistema, permitiendo que el agua se expanda cuando sufra un cambio de temperatura. En el sistema de agua helada no se presentaran cambios drásticos de temperatura, pero por mínimos que sean estos cambios es necesaria la instalación de dicho tanque para contener la expansión del agua, además será un medio para suministrar agua y neutralizar las pérdidas del sistema, por lo tanto, su selección dependerá de los requerimientos del cliente o el seleccionar un tanque que tenga la capacidad del 10% del volumen del sistema (tener un equilibrio entre costo y capacidad). Para el caso del agua caliente el cálculo del tanque se va regir por el siguiente cuadro, en la cual se determina el volumen de incremento del sistema de acuerdo a la temperatura de operación.

**Cuadro 3.18 Volumen de Incremento del Agua.**

Temperatura (F)	Volumen Incrementado (%)	Temperatura (F)	Volumen Incrementado (%)
100	0.6	275	6.8
125	1.2	300	8.3
150	1.8	325	9.8
175	2.8	350	11.5
200	3.5	375	13
225	4.5	400	15
250	5.6		

Fuente: Carrier

Recordando que el serpentín de agua caliente tendrá suministro de agua a 140°F, se debe realizar una interpolación del cuadro 3.18 para determinar el porcentaje de incremento que tendrá el sistema. Para determinar la capacidad del tanque se hará uso de la ecuación para sistemas que operan por debajo de 160°F:

**Ecuación para determinar el volumen de un tanque de expansión**

$$V_t = (E \times V_s) / ((P_a/P_f) - (P_a/P_0))$$

Donde:

$V_t$ = Capacidad mínima del tanque.

$E$ = Porcentaje de incremento en el volumen en el agua del sistema.

$V_s$ = Volumen total de agua en el sistema.

$P_a$ = Presión atmosférica.

$P_0$ = Presión a la temperatura de operación más alta.

$P_f$ = Presión a la temperatura más baja (a la que se suministra el agua).

Para el sistema de agua caliente la temperatura más alta de operación será 140°F; la temperatura más baja será de 59°F (15°C temperatura de suministro de agua potable). El volumen total del sistema se obtendrá de la siguiente manera:

1. Cuantificar cada tramo de tubería que se tiene en el sistema de agua caliente.
2. Con apoyo de tablas de propiedades físicas de la tubería de cobre se obtendrá el peso de agua que puede contener cada tramo de tubería.
3. De la ficha técnica del serpentín se obtendrá el volumen de agua que puede almacenar.

**Cuadro 3.19 Cálculo del Volumen Total de Agua Caliente del Sistema.**

DIAMETRO DE LA TUBERIA	FACTOR DE PESO DE AGUA (lb/ft)	Longitud (m)	Longitud (Ft)	Masa (Lb)	Masa (Kg)	Volumen (Lt)
1 1/4	0,566	15	50,39	28,5	13	13
1	0,379	14	45,24	17,1	8	8
<b>Volumen Total de Agua [litros]</b>						<b>21</b>
<b>Volumen Total de Agua [gal]</b>						<b>5</b>
<b>Volumen de Agua en Galones en el Serpentin de Calentamiento</b>						<b>3,0</b>
<b>Volumen de Agua en Litros en el Serpentin de Calentamiento</b>						<b>11</b>
<b>Total de Agua en el Sistema en Galones</b>						<b>8</b>
<b>Total de Agua en el Sistema en Litros</b>						<b>32</b>
<b>CALCULO DEL TANQUE DE EXPANSION DE AGUA CALIENTE</b>						
PORCENTAJE DE INCREMENTO EN EL VOLUMEN EN EL AGUA DEL SISTEMA						1,56
PRESION ATMOSFERICA	Pa=	0,78	Bar			
PRESION A 140°F	P0=	0,98	Bar			
PRESION A 59°F	Pf=	0,80	Bar			
<b>CAPACIDAD DEL TANQUE DE EXPANSION</b>					<b>73</b>	<b>GAL</b>
					<b>275</b>	<b>Lt</b>

Fuente: Propia.

Como se puede observar al aplicar la fórmula para determinar el volumen total del tanque, este tendrá una capacidad de 73 galones, la cual es la adecuada para contener el volumen de agua cuando ésta sufra una expansión por los cambios de temperatura que se presenten en el sistema.

### Tanque de almacenamiento

Para el correcto funcionamiento de los compresores de la unidad enfriadora de agua, es necesario que el sistema contenga cierto volumen de agua en circulación, una parte de este volumen estará contenido en la tubería de todo el sistema, en el serpentín de enfriamiento de la manejadora de aire y en los elementos de la unidad enfriadora de agua, pero en ocasiones dicho volumen no se alcanza por lo que es necesario instalar un tanque de almacenamiento en el que se recolecte el volumen de agua requerido. El Catálogo de Carrier proporciona el siguiente cuadro para determinar el volumen de agua que necesitan sus unidades enfriadoras de agua para su correcto funcionamiento:

**Cuadro 3.20 Volumen Mínimo de Agua en Circulación para Unidades 30 RAP.**

UNIDAD 30RAP	APLICACIONES NORMALES DE AIRE ACONDICIONADO gal/ton (L por KW)		
	Unidad Std.	HGBP	Digital
010 A 015	12(13)	N/A	3(3.3)
018 A 030	6(6.5)	4(4.3)	3(3.3)
035 A 060	3(3.3)	3(3.3)	3(3.3)

Fuente: Carrier.

El cálculo del volumen total del tanque de almacenamiento de agua helada será realizado de la siguiente manera:

1. Identificar cada diámetro de tubería existente en el sistema.
2. Cuantificar cada tramo de tubería.
3. Con el apoyo de tablas de propiedades físicas de la tubería de acero al carbón se determinará el volumen de agua que puede contener cada tramo de tubería.
4. Determinar el volumen de agua que contiene el serpentín de enfriamiento y la unidad enfriadora de agua (Información localizada en Fichas técnicas de los equipos).
5. Determinar el volumen de agua requerido por la unidad enfriadora de agua con ayuda del cuadro 3.20, donde se requiere multiplicar el factor (gal/ton) por las toneladas de refrigeración del equipo.
6. Al volumen total requerido por el equipo, se le restará el volumen de agua que se encuentra en la tubería, en el serpentín de enfriamiento y en la misma unidad enfriadora de agua, para determinar el volumen de agua faltante en el sistema (volumen del tanque de almacenamiento).

**Cuadro 3.21 Cálculo de Tanque de Almacenamiento para Agua Helada.**

CALCULO DE LOOP HIDRAULICO AGUA HELADA						
DIAMETRO DE LA TUBERIA	FACTOR DE PESO DE AGUA (lb/ft)	Longitud (m)	Longitud (Ft)	Masa (Lb)	Masa (Kg)	Volumen (Lt)
1 1/4	0.6471	21	67.68	43.8	20	20
<b>Volumen Total de Agua [litros]</b>						<b>20</b>
<b>Volumen Total de Agua [gal]</b>						<b>5</b>
<b>Volumen de Agua en Galones en el CHILLER</b>						<b>4.9</b>
<b>Volumen de Agua en Litros en el CHILLER</b>						<b>19</b>
<b>Volumen de Agua en Galones en el Serpentin de Enfriamiento</b>						<b>11.0</b>
<b>Volumen de Agua en Litros en el Serpentin de Enfriamiento</b>						<b>42</b>
<b>Total de Agua en el Sistema en Galones</b>						<b>21</b>
<b>Total de Agua en el Sistema en Litros</b>						<b>80</b>
CALCULO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO AH						
CAPACIDAD NOMINAL					10	TR
PARA APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO:					12	GAL/TR
CAPACIDAD DEL TANQUE SIN CONSIDERAR EL TOTAL DE AGUA EN EL SISTEMA					120	GAL
Total de Agua en el Sistema en Galones					21	
RESTA DE LOS GALONES QUE NECESITA EL CHILLER CONTRA LOS GALONES EN EL SISTEMA					99	GAL
<b>CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>					<b>99</b>	<b>GAL</b>
					<b>374</b>	<b>Lt</b>

Fuente: Propia

### Selección de Bombas

Las bombas serán las encargadas de impulsar el flujo de agua a través de las tuberías del sistema. Las bombas tienen que garantizar que el agua llegará hasta el punto en que se requiere y con las características deseadas. A lo largo de la trayectoria del sistema, el agua presentará una caída de presión, la cual será ocasionada por los siguientes factores:

1. Caída de presión ocasionada por fricción entre el agua y las paredes internas de la tubería (acero al carbón o cobre)

2. Caída de presión ocasionada por conexiones y accesorios de la tubería como codos, té, válvulas, entre otros.
3. Caída de presión generada por la altura máxima a la que hay que elevar el agua.
4. La caída de presión causada por los equipos del sistema (serpentín de enfriamiento y calentamiento de la Unidad Manejadora de Aire, unidad enfriadora de agua y unidad calentadora de agua).

Al conocer la caída de presión total causada por la suma de cada uno de los factores anteriores, se puede hacer uso de la fórmula siguiente para calcular la potencia hidráulica de la bomba y conociendo la eficiencia de dicha bomba, obtener la potencia del motor de la bomba.

Donde:

Q= Gasto Volumétrico ( $m^3/s$ )

**Potencia Hidráulica**

$\rho$ =Densidad ( $kg/m^3$ )

$$P = Q\rho gH_b$$

g=Gravedad ( $m/s^2$ )

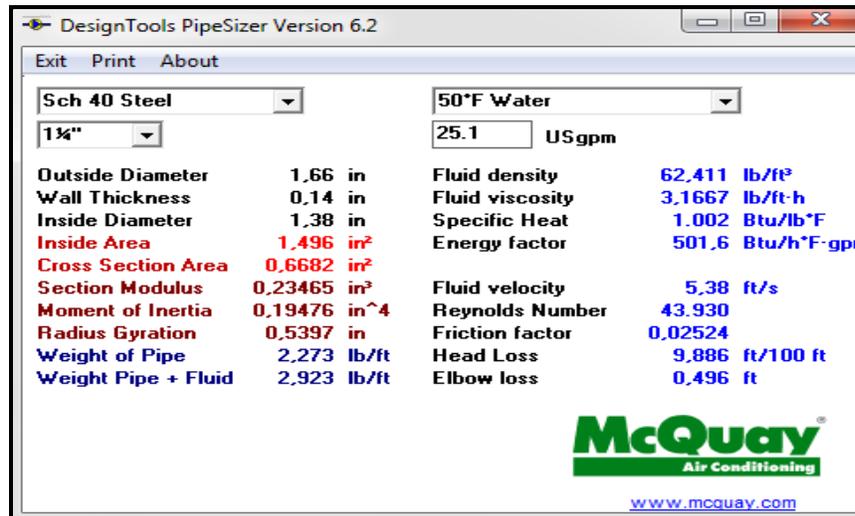
$H_b$ =Caída de presión total del sistema

P= Potencia de la bomba (W)

1. El primer factor mencionado fue la caída de presión ocasionada por la fricción entre el agua y las paredes de la tubería, dicho factor se puede calcular fácilmente programa comercial o bien con las gráficas de selección el diámetro de tubería (la desventaja de las gráficas es el no poder definir con exactitud el valor de la caída de presión por fricción).

Al ingresar el diámetro de tubería y el flujo de agua a manejar en cada una de las secciones del sistema en el programa, se podrán conseguir datos como la pérdida de

presión por fricción y la velocidad de paso en esa sección de tubería (dato útil para verificar que la selección del diámetro de tubería fue la correcta).



**Figura 3.26 Cálculo de Pérdida por Fricción.** Fuente: Propia.

Como se puede observar en la figura 3.26 la caída de presión por fricción es de 9.88 pies por cada 100 pies de longitud, lo que indica que al tomar la trayectoria total de tubería en la que se manejen los 25.1 GPM y el diámetro de 1 ¼", y multiplicar dicha longitud por el valor de pérdida de presión, se obtendrá la caída de presión generada por el contacto entre el agua y las paredes de la tubería.

2. El cálculo de la caída de presión ocasionada por las conexiones y accesorios de la tubería, se basará en el mismo concepto ocupado para el cálculo de caída de presión ocasionada por los codos en la ductería, en el que era necesario conocer la longitud equivalente de dicho codo. Para el caso de las conexiones y accesorios las longitudes equivalentes se pueden conseguir de tres cuadros:

a. Codos y tés. Para la longitud equivalente de estas conexiones se entrará al cuadro # 3 Distancias Equivalentes para Codos y Tés (Ver Anexo) del Catálogo de Carrier, en el que se observan las longitudes equivalentes para diversos diámetros de codos y tés. La longitud equivalente del accesorio seleccionado se multiplicará por el número de elementos semejantes en el sistema y por el valor de pérdida de presión por

fricción obtenido del programa y de esta forma obtener la caída de presión ocasionada por estos elementos.

b. Válvulas. El cuadro # 4 Distancias Equivalentes en Válvulas (Ver Anexo) proporcionará la longitud equivalente de estos accesorios, la cual va a variar dependiendo el tipo de válvula y el tamaño de las mismas. De igual manera que para los codos y té, el valor de longitud equivalente se multiplicará por el valor de pérdida de presión por fricción y por la cantidad de piezas que se tengan.

c. Reducciones y Ampliaciones. La longitud equivalente de estos elementos se ubicará en el cuadro # 5 Distancias Equivalentes para Reducciones y Ampliaciones (Ver Anexo). Para el uso de este cuadro es necesario conocer el sentido de flujo del agua para reconocer si la conexión es una ampliación o una reducción. En seguida se entrará con el diámetro más pequeño de la conexión y se realizará la relación entre los dos diámetros de la conexión para conseguir la correcta longitud equivalente. Finalmente se volverá a realizar la misma multiplicación de los otros elementos, es decir, multiplicar la longitud equivalente por el valor de pérdida de presión por fricción y por el número de piezas que se tengan.

3. Para el tercer elemento que es la caída de presión ocasionada por la altura a la que hay que elevar el agua, se considerará la diferencia de altura más significativa.

4. Finalmente la caída de presión generada por los equipos del sistema se ubicará en la ficha técnica de selección de los mismos. Retomando el caso del sistema de agua helada y revisando la ficha técnica del serpentín de agua helada de la Unidad Manejadora de Aire, se puede observar que el agua presentará una caída de presión de 3.1 pies y para el caso de la Unidad Enfriadora de Agua se presentará una caída de presión de 12.9 pies.

Para realizar un correcto cálculo, se generará un cuadro en el que se registrarán los diámetros de tubería, los gastos volumétricos, las distancias de tubería, las distancias equivalentes de las válvulas y conexiones, los factores de pérdidas de presión por fricción y su correspondiente pérdida de presión. Finalmente con la suma

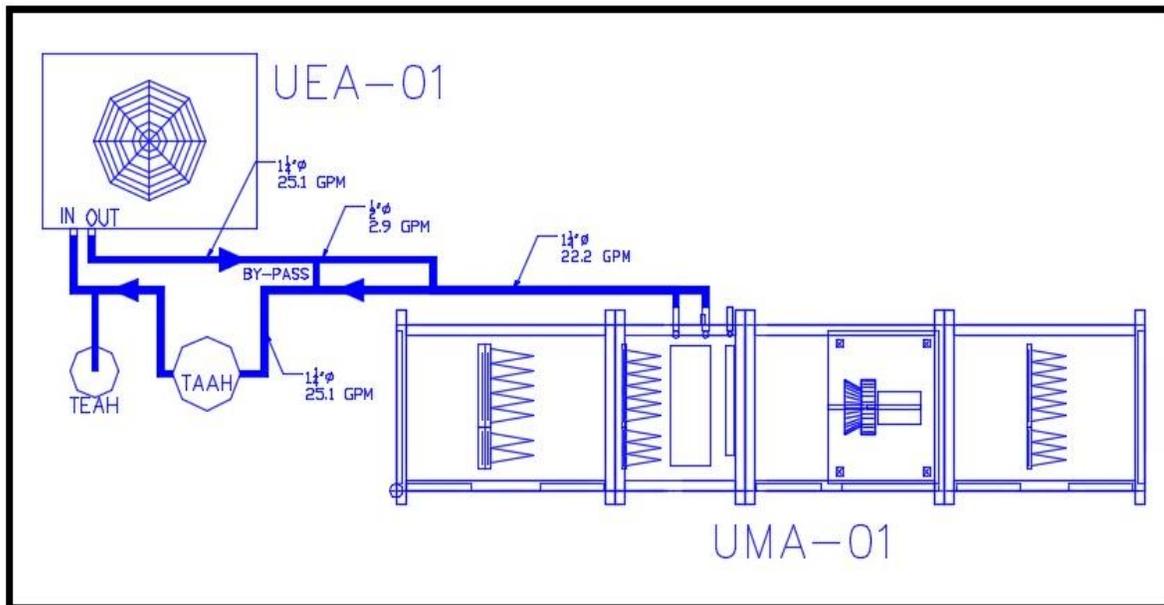
de cada pérdida de presión se obtendrá la caída de presión total del sistema y con la cual entrando al catálogo de selección de bombas y conforme al gasto volumétrico requerido, se puede seleccionar la bomba que cumpla con los requerimientos del sistema.

**Cuadro 3.22 Cálculo de Caída de Presión para el sistema de Agua Helada**

AGUA HELADA	VOLUMETRICO gpm	Ø [in]	[m]	PIEZAS	VALVULAS EN PIES EQUIVALENTES	DE AGUA POR CADA 100 PIES DE DISTANCIA	EN PIES COLUMNAS DE AGUA
<b>Cuadro de Valvulas del Serpentin</b>							
Caída de presión Serpentin	22.20	1 1/4 Ø					3.10
Válvula de Esfera	22.20	1 1/4 Ø		2	1.50	7.86	0.24
Filtro "Y"	22.20	1 1/4 Ø		1	9.00	7.86	0.71
Válvula de 3 vias	22.20	1 1/4 Ø		1		7.86	9.19
Válvula de Cuadro	22.20	1 1/4 Ø		1	1.50	7.86	0.12
<b>Cuadro de Valvulas entrada al Chiller (Con bombas)</b>							
Válvula de Esfera	25.10	1 1/4 Ø		1	1.50	9.89	0.15
Filtro "Y"	25.10	1 1/4 Ø		1	9.00	9.89	0.89
Ampliacion de 1 1/4"x1 1/2"	25.10			1	1.00	9.89	0.10
Caída de presión del Chiller	25.10	1 1/4 Ø					12.90
<b>Cuadro de Valvulas salida del Chiller (con bombas)</b>							
Válvula de Esfera	25.10	1 1/4 Ø		1	1.50	9.89	0.15
Válvula de Cuadro	25.10	1 1/4 Ø		1	1.50	9.89	0.15
Válvula Check	25.10	1 1/4 Ø		1	14.00	9.89	1.38
Reduccion de 1 1/2"x1 1/4"	25.10			1	1.00	9.89	0.10
<b>Diferencia de Alturas Total.</b>			2.5				8.20
<b>Loop de tuberia</b>							
<b>Salida del Chiller a la UMA</b>							
Distancia	25.10	1 1/4 Ø	4.45			9.89	1.44
Codos	25.10	1 1/4 Ø		2	3.30	9.89	0.65
Tee	25.10	1 1/4 Ø		1	7.00	9.89	0.69
Distancia	22.20	1 1/4 Ø	5.92			7.86	1.53
Codos	22.20	1 1/4 Ø		4	3.30	7.86	1.04
Tee	22.20	1 1/4 Ø		1	7.00	7.86	0.55
Reduccion de 1 1/2" a 1 1/4"				1	1.00	7.86	0.08
<b>Salida de la UMA a la entrada del Chiller.</b>							
Distancia	22.20	1 1/4 Ø	5.46			7.86	1.41
Codos	22.20	1 1/4 Ø		3	3.30	7.86	0.78
Ampliacion de 1 1/4" a 1 1/2"				1	1.00	7.86	0.08
Distancia	25.10	1 1/4 Ø	6.06			9.89	1.97
Codos	25.10	1 1/4 Ø		7	3.30	9.89	2.28
Tee	25.10	1 1/4 Ø		1	7.00	9.89	0.69
						<b>Caída de Presion</b>	<b>15.41</b>
						<b>Factor de Seguridad</b>	<b>5%</b>
						<b>Caída de Presión Tot</b>	<b>16</b>
							<b>53</b>

Fuente: Propia.

Finalmente con la caída de presión del sistema, se puede calcular el caballaje de la bomba, para dicho cálculo se requiere del flujo de agua a manejar el cual es de 25.1 GPM (0.001583m<sup>3</sup>/s), la densidad del agua de 1000 kg/m<sup>3</sup>, la gravedad de 9.78 m/s<sup>2</sup> y la caída de presión total de 16 m, lo cual da como resultado un caballaje de 0.33 HP, al ser dividido entre una eficiencia de bomba de 65% da un motor de 0.5HP.



**Figura 3.27 Sistema Hidráulico de Agua Helada.**

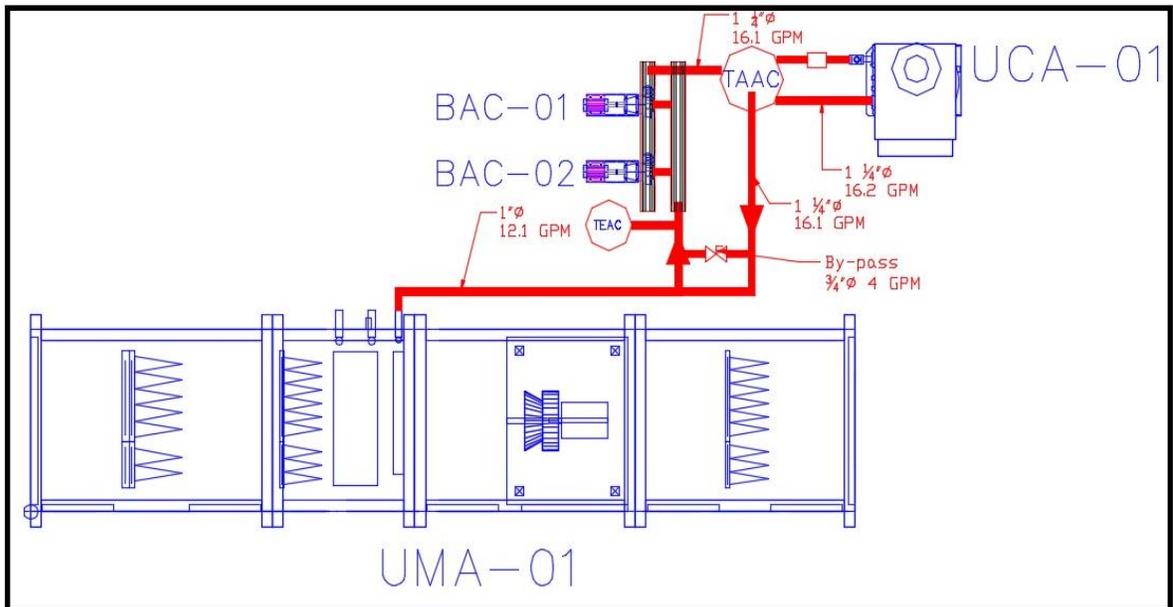
Fuente: Propia.

La selección de las bombas del sistema de agua caliente será realizada de la misma manera, es decir, se considerarán los factores de caída de presión ocasionado por la fricción con la tubería (cobre), por conexiones y accesorios, por la altura a la que hay que elevar el flujo de agua y por la ocasionada por los equipos del sistema. Un factor muy importante es el recordar que en este sistema se tendrán dos flujos de agua con diferentes trayectorias:

1. Se tendrá un flujo de agua constante entre la caldereta y su termo-tanque de almacenamiento, el cual va a estar en operación gracias a un recirculador (seleccionado por el proveedor) para el correcto funcionamiento de la caldereta.

2. El segundo flujo de agua será el que circulará entre las bombas, los cabezales de descarga y succión, el serpentín de calentamiento y el termo-tanque de almacenamiento. Dicha trayectoria será en la que realizará el cálculo de caída de presión para la selección de las bombas.

Debido a que el flujo que se manejará en el sistema es muy bajo, se agregará un by-pass, el cual causará un aumento en la eficiencia y en el flujo de agua manejado por la bomba. Aunque dicho aumento es una buena opción, se debe tener cuidado ya que se debe verificar que el aumento en el flujo de agua no sobrepase el flujo manejado por la caldereta.



**Figura 3.28 Sistema Hidráulico de Agua Caliente.**

Fuente: Propia.

**Cuadro 3.23 Cálculo de Caída de Presión para el sistema de Agua Caliente**

AGUA HELADA	Gasto Volumétrico gpm	Diámetro Ø [in]	Distancia [m]	Piezas	Presión [kPa]	Perdida de accesorios y valvulas en pies equivalentes	Caída de Presión en pies columna de agua por cada 100 pies de distancia	Caída de Presión en pies columna de agua
<b>Cuadro de Valvulas del Serpentin</b>								
Caída de presión Serpentin	12.10	1 Ø						1.40
Válvula de Esfera	12.10	1 Ø		2		1.00	9.98	0.20
Filtro "Y"	12.10	1 Ø		1		5.00	9.98	0.50
Válvula de 3 vías	12.10	1 Ø		1			9.98	9.19
Válvula de Cuadro	12.10	1 Ø		1		1.00	9.98	0.10
<b>Cuadro de Valvulas entrada a las bombas</b>								
Válvula de Esfera	16.10	1 1/4 Ø		1	8.97	1.50	4.34	0.07
Filtro "Y"	16.10	1 1/4 Ø		1	8.97	9.00	4.34	0.39
Ampliacion de 1 1/4"x1 1/2"	16.10			1	8.97	1.00	4.34	0.04
Caída de presión de la caldereta	16.10	1 1/4 Ø						0.07
Codos	16.10	1 1/4 Ø		1		3.30	4.34	0.14
<b>Cuadro de Valvulas salida de las bombas</b>								
Válvula de Esfera	16.10	1 1/4 Ø		1		1.50	4.34	0.07
Válvula de Cuadro	16.10	1 1/4 Ø		1		1.50	4.34	0.07
Válvula Check	16.10	1 1/4 Ø		1		14.00	4.34	0.61
Reduccion de 1 1/2"x1 1/4"	16.10			1	8.97	1.00	4.34	0.04
<b>Diferencia de Alturas Total.</b>								
			2.5					8.20
<b>Loop de tubería</b>								
<b>Salida del tanque a la UMA</b>								
Distancia	16.10	1 1/4 Ø	1.39				4.34	0.20
Codos	16.10	1 1/4 Ø		1		3.30	4.34	0.14
Tee	16.10	1 1/4 Ø		1		7.00	4.34	0.30
Distancia	12.10	1 Ø	5.4				9.98	1.77
Codos	12.10	1 Ø		3		3.30	9.98	0.99
Reduccion de 1 1/4" a 1"				1		0.70	9.98	0.07
ampliacion de 1 1/2" a 1"				1		0.70	9.98	0.07
<b>Salida de la UMA a la entrada dal tanque.</b>								
Distancia	12.10	1 Ø	5.48				9.98	1.79
Codos	12.10	1 Ø		3		3.30	9.98	0.99
Tee	12.10	1 Ø		1		5.00	9.98	0.50
Rediccion de 1 1/2" a 1"				1		0.70	9.98	0.07
Ampliacion de 1" a 1 1/4"				1		0.70	9.98	0.07
Distancia	16.10	1 1/4 Ø	3.66				4.34	0.52
Codos	16.10	1 1/4 Ø		4		3.30	4.34	0.57
Tee	16.10	1 1/4 Ø		2		7.00	4.34	0.61
							<b>Caída de Presion</b>	<b>9.05</b>
							<b>Factor de Seguridad</b>	<b>5%</b>
							<b>Caída de Presión Total</b>	<b>10</b>
								<b>33</b>

Fuente: Propia.

La caída de presión total para la cual deben de ser seleccionadas las bombas es de 10m, lo cual da como resultado una potencia hidráulica de 0.13 HP y que puede ser fácilmente cumplida con un motor de 0.25 HP.

### **3.1.8 Catálogo de Conceptos.**

Con el diseño del sistema de inyección y extracción de aire, el diseño del sistema hidráulico (agua helada y agua caliente) y la selección de equipos concluida, se puede continuar con la elaboración del catálogo de conceptos, el cual consiste en enlistar y cuantificar cada uno de los materiales que serán necesarios para realizar la correcta instalación del sistema. Dicho catálogo de conceptos será cotizado por el departamento de compras para finalmente poder presentar la propuesta económica al cliente.

Para armar dicho catálogo de conceptos se debe considerar todo tipo de materiales por mínimos que sean, por ejemplo, para el sistema de ductos se deben considerar los materiales necesarios para su fabricación y los materiales necesarios para su instalación, ya que cada uno generará un costo y de no ser considerados presentará un problema tanto para su instalación como para las ganancias de la empresa. Por lo que se proseguirá con una breve descripción de los materiales que conformarán dicho catálogo de conceptos:

#### **Materiales para Sistema de Ductos**

Para la fabricación de los ductos el material más ocupado es la lámina de acero galvanizada debido a su maleabilidad, por su alta resistencia a la corrosión, durabilidad y bajo costo. Dicho material es suministrado en láminas de 8 pies de largo por 3 pies de ancho y diversos calibres (calibre 26, 24 y 22 los más comunes), los cuales serán solicitados dependiendo de las características del ducto a fabricar como a continuación se indica:

1. La lámina Calibre 26 es de las más caras debido a los procesos de manufactura que requiere para lograr su grosor. Debido a esta cualidad esta lámina puede ser fácilmente deformada por lo que su uso se limita a ser

utilizada como sobreducto para proteger al sistema de ductos que se encuentra al exterior.

2. La lamina calibre 24 es la más ocupada por su resistencia, la facilidad con que puede ser manipulada al momento de realizar dobleces y cortes, además de soportar las presiones de aire que se manejarán para el suministro y extracción de aire. Su uso se recomienda para ductos con huella entre 4" y 30".
3. La lámina de calibre 22 es de las más gruesas, los dobleces y cortes se realizan con mayor dificultad por lo que es difícil manipularla, debido a ésta cualidad es recomendable usarla en ductos con una huella entre 31" y 54", a la salida o entrada de los equipos de inyección y extracción de aire o en sus respectivos cabezales.

La fabricación de los ductos dependerá de los requerimientos y presupuesto del cliente, ya que el costo de fabricación e instalación de los ductos puede variar considerablemente dependiendo del sistema a ocupar, como puede ser con grapa y zeta, uniones de cuña, con TDC, etc. Independientemente del sistema elegido, se debe lograr que la ductería sea fabricada e instalada para formar una construcción rígida, libre de desniveles o distorsiones en la trayectoria.

## **Soportes**

La soportería será la encargada de sujetar los equipos, la ductería, la tubería de agua helada y agua caliente y todo tipo de elementos que conformarán el sistema, logrando mantenerlos en su lugar a lo largo de toda su vida útil, evitando movimientos estructurales, movimientos sísmicos, vibraciones, etc.

La soportería se verá conformada por diversos materiales como son: PTR, ángulo de fierro, unicanal, varilla roscada, abrazaderas, peras, tuercas, roldanas, etc. Dichos materiales serán seleccionados dependiendo de los elementos a sujetar y de las necesidades del sistema. Por ejemplo en el caso de la ductería rectangular deberá ser sujeta con unicanal o ángulo en la huella del ducto, con soportes de varilla roscada

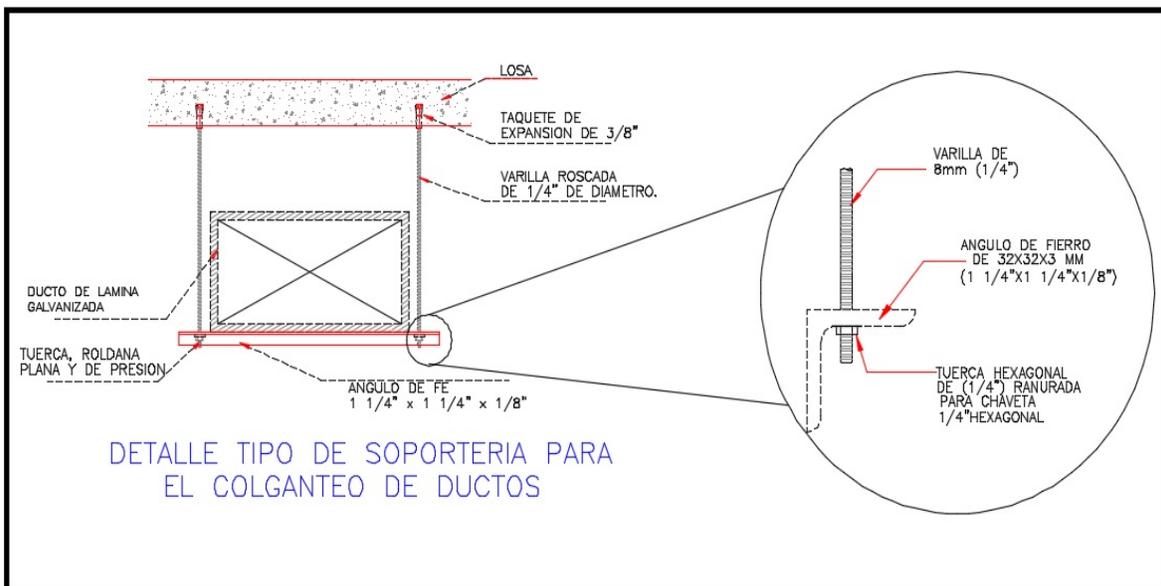
de acero de 1/4" y anclada a la estructura con ayuda de mordazas o taquetes de expansión.

Para que los soportes cumplan adecuadamente su finalidad tendrán que ser colocados cada cierta distancia, en el caso de la ductería deberá ser como sigue:

**Cuadro 3.24 Distancia entre Soportes para el Sistema de Ductos**

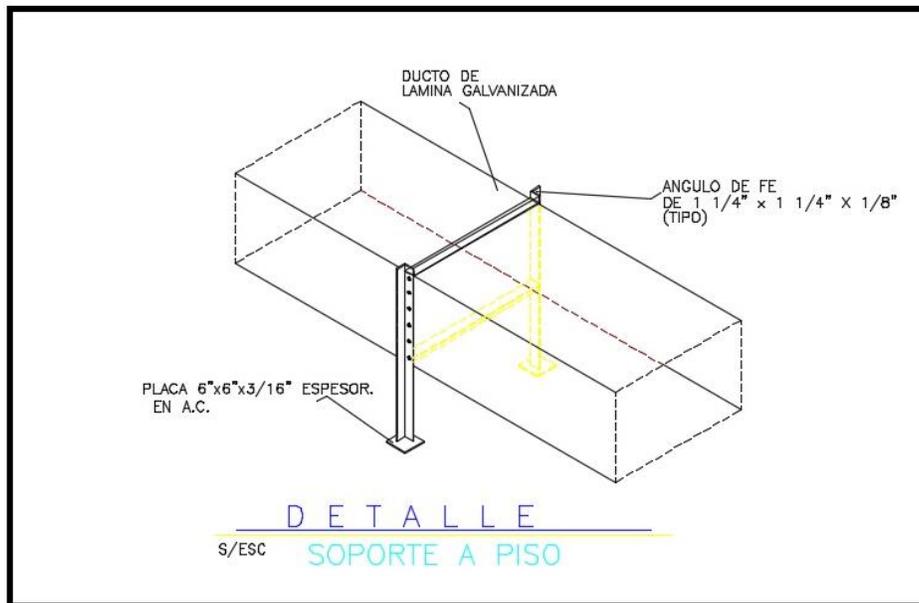
Dimensiones del Ducto (Máxima dimensión)	Distancia entre soportes (pies)
Hasta 26"	8
27" a 48"	8
49" a 59"	8
Mayor de 60"	5

Fuente: Propia.



**Figura 3.29 Detalle de Soportería para el sistema de Ductos a Nivel de Losa.**

Fuente: Propia.



Fuente: Propia.

**Figura 3.30 Detalle de Soportería para el Sistema de Ductos a Nivel de Piso.**

En el caso de los sistemas hidráulicos, la soportería tendrá que ser capaz de mantener alineada la tubería, evitar la deflexión ocasionada por el peso de la misma tubería, del fluido y de los accesorios. Además de estar adaptada para soportar los efectos de expansión y compresión que sufrirá la tubería con los cambios de temperatura. La soportería tendrá que ser espaciada adecuadamente para su correcto funcionamiento y evitar grandes costos:

**Cuadro 3.25 Distancia entre Soportes para Tubería de Acero al Carbón**

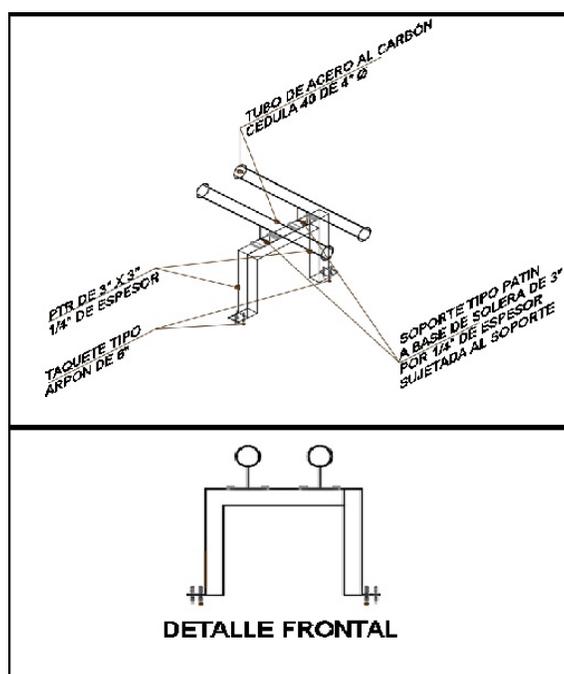
Tamaño nominal Tubería (in)	Distancia entre soportes (ft)
3/4"- 1 1/4"	8
1 1/2"- 2 1/2"	10
3"- 3 1/2"	12
4"- 6"	14
8"-12"	16
14"- 24"	2

Fuente: Carrier.

**Cuadro 3.26 Espacio Recomendado en Soportería para Tubería de Cobre**

Tamaño nominal Tubería (in)	Distancia entre soportes (ft)
5/8"	6
7/8" - 1 1/8"	8
1 3/8" - 2 1/8"	10
2 5/8" - 5 1/8"	12
6 1/8" - 8 1/8"	14

Fuente: Carrier



**Figura 3.31 Detalle de Soportería tipo patín Para Tubería**

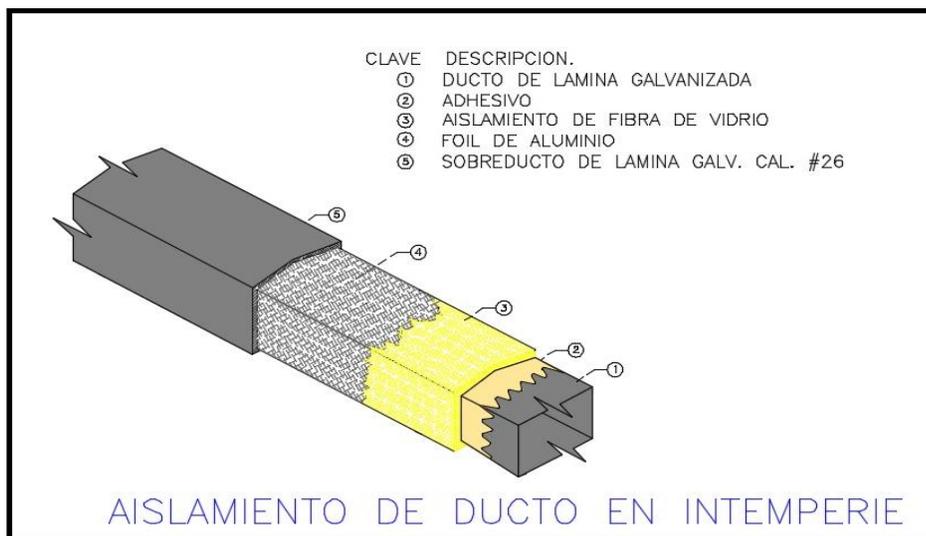
Fuente: Propia.

### Aislamiento

La finalidad del aislamiento será la de evitar la transferencia de calor entre el medio ambiente y el aire que circula en el interior del ducto o la transferencia de calor entre el medio ambiente y el flujo de agua en el caso del sistema hidráulico. Además de controlar la condensación del vapor de agua contenido en el aire, la cual se presentará cuando la temperatura del agua o del aire (dentro de la tubería o dentro de los ductos) sea inferior a la temperatura ambiente.

El aislamiento en el caso de los ductos estará conformado por colchoneta de fibra de vidrio comúnmente con 1" de espesor y con una cubierta de foil de aluminio. Para poder aplicar correctamente el aislamiento sobre la superficie del ducto, se usará un adhesivo de contacto general, además de hacer uso de cinta de aluminio, la cual servirá para cerrar adecuadamente las uniones de la cubierta de aluminio; ya que en el caso de presentarse una perforación o daño, se propagará la condensación de la humedad relativa del aire sobre el ducto provocando la corrosión de la lámina y a largo plazo fugas de aire.

En la mayoría de los casos el cliente solo solicita el aislamiento de los ductos del sistema de inyección o de retorno, ya que estos ductos son los encargados de transportar el aire que se suministrará a las áreas. En el caso de los ductos de extracción su aislamiento es menos común debido a que el aire que transportan no será retornado al sistema, debido a que contiene partículas de polvo o materiales que impiden su reutilización.



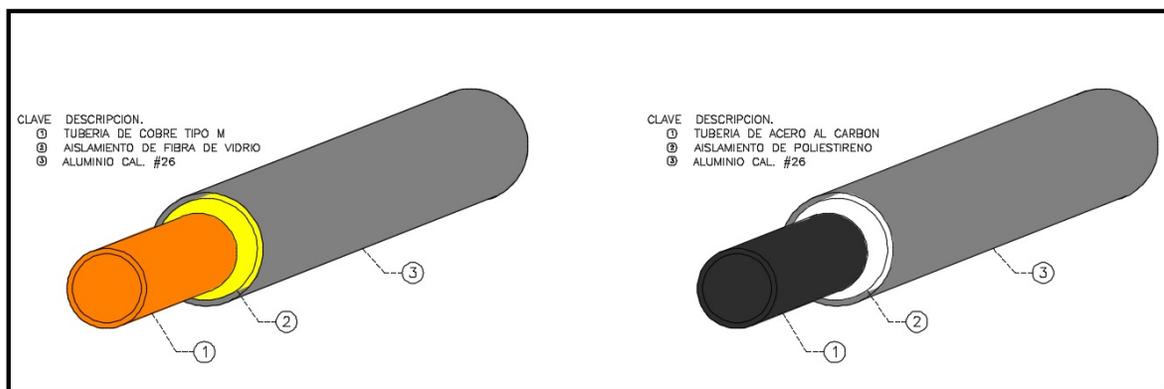
**Figura 3.32 Detalle de Instalación de Aislamiento en Ductos**

Fuente: Propia.

En el sistema hidráulico el aislamiento será utilizado en cada sección de tubería, válvulas, conexiones y accesorios para evitar la transferencia de calor anteriormente mencionada entre el fluido transportado y el medio ambiente. Para el caso del sistema

de agua helada, el material encargado de mantener aislada la tubería, serán medias cañas de poliestireno de alta densidad de 1” de grosor, las cuales además de impedir la transferencia de calor del medio ambiente al agua helada, evitara la condensación del vapor de agua contenido en el aire. El sistema hidráulico de agua caliente ocupará como aislamiento medias cañas de fibra de vidrio de 1” de grosor, las cuales tienen por objetivo principal el evitar la transferencia de calor de agua caliente al medio ambiente (enfriamiento del agua).

Enseguida las medias cañas de aislamiento serán forradas con lámina de aluminio calibre 26, lo que evitará el daño del aislamiento por factores como el cambio climático (radiación solar, lluvia, viento, etc.), desgaste por el paso del tiempo, por flujo de personal, etc. Lo que alargara la vida útil del aislamiento y del sistema.



**Figura 3.33 Detalle de Aislamiento en Tuberías de Acero al Carbón y Cobre.**

Fuente: Propia.

### **Conexiones y Accesorios del Sistema Hidráulico.**

Cada elemento que conformará el sistema hidráulico tendrá que ser cuantificado, ya que aunque por mínimo que sea un material, tiene una finalidad y sin su instalación se puede afectar el funcionamiento de otros elementos, accesorios, equipos y/o del sistema en general. A lo largo de todo el sistema se podrán encontrar válvulas, filtros, manómetros, termómetros, etc. Los cuales trabando en conjunto lograrán que el flujo de agua se suministre y retorne a cada equipo de acuerdo a lo calculado, con el flujo y presión adecuados.

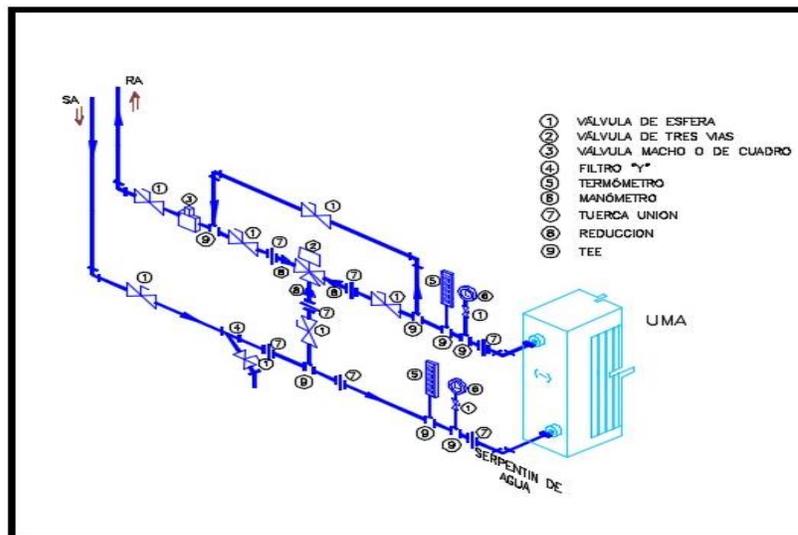
## **Cuadro de Válvulas en Unidad Manejadora de Aire.**

Como se puede recordar los serpentines de la Unidad Manejadora de Aire son de suma importancia, ya que serán los encargados de la transferencia de calor entre el aire y el flujo de agua. Para lograr que dicha transferencia de calor se efectúe de forma correcta, el flujo de agua tiene que ser el adecuado, es decir, no debe ser mayor ni menor a lo calculado, por lo que para regular el flujo de agua que se suministrará y retornará a los serpentines se hará uso de un cuadro de válvulas, conformado por los siguientes elementos:

1. Válvulas de esfera. Encargadas de la apertura y cierre del flujo de agua que circulara por el serpentín.
2. Filtro Yee. Encargado de retener las impurezas como la tierra, residuos y de más elementos solidos que puedan dañar los serpentines.
3. Válvula de tres Vías. Válvula encargada de regular el flujo de agua que será suministrado y retornado al serpentín. La apertura y cierre de dicha válvula será controlada electrónicamente dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad que se requieran en el área.
4. Válvula de Cuadro. Elemento instalado con la finalidad de regular manualmente el flujo de agua que circulara a través de los serpentines.
5. Manómetros. Instrumentos que medirán la presión a la entrada y salida de los serpentines. Dichos datos servirán para detectar si el flujo de agua esta llegado adecuadamente al serpentín, si el serpentín no presenta fugas o el sistema no está trabajando adecuadamente.
6. Termómetros. Instrumentos localizados a la entrada y salida de los serpentines, los cuales servirán para detectar la temperatura a la que se está suministrado (45°F para agua helada y 140°F para agua caliente) y verificar que la trasferencia de calor entre el aire y el flujo de agua no presenta problemas.

7. Tés, reducciones y tuercas unión. Estas conexiones a pesar de ser menos complejas, su función es de vital importancia, ya que se encargarán de acoplar a cada uno de los elementos que conformarán al cuadro de válvulas.

Por ejemplo, sin la instalación de tés no se podría derivar o unir el flujo de agua para el by-pass del cuadro o el lograr interconectar los manómetros y termómetros al cuadro de válvulas. En el caso de las reducciones, se logra el interconectar conexiones y elementos a una tubería que presenta un diámetro mayor o menor al que manejan dichas conexiones (comúnmente ocupadas en las válvulas de tres vías y a la entrada y salida de un equipo). Finalmente las tuercas unión aportan la opción de la conexión y desconexión de uno o varios elementos para su remplazo o mantenimiento, sin la necesidad de deshabilitar todo el cuadro lo cual se reflejaría en tiempos excesivos de mantenimiento y daños al cuadro.



**Figura 3.34 Cuadro de Válvulas para Unidad  
Manejadora de Aire.**

Fuente: Propia.

## Cuadro de Válvulas en Bombas.

Las bombas para lograr suministrar y retornar el agua hasta los puntos más alejados del sistema deben de contar con un cuadro de válvulas que regularán el flujo de agua a la succión y descarga de las bombas. Al igual que en la Unidad Manejadora de Aire, el cuadro de válvulas de las bombas contará con elementos como las válvulas de Esfera, el Filtro Yee, manómetros y válvula de cuadro, pero también contendrá elementos como las Juntas de expansión flexibles y la válvula Check. La junta de expansión flexible tendrá la finalidad de amortiguar las vibraciones causadas por el motor de la bomba, además de absorber los movimientos que presentará la tubería debido a la dilatación térmica. La instalación de la válvula check es igual de importante, debido a que es la válvula encargada de evitar un contraflujo en la línea de descarga, es decir dejará que el flujo de agua circule en un sentido pero se cerrará por completo en el sentido contrario, lo cual también tiene la finalidad del evitar el problema del golpe de ariete en la vertical a la salida de la bomba.

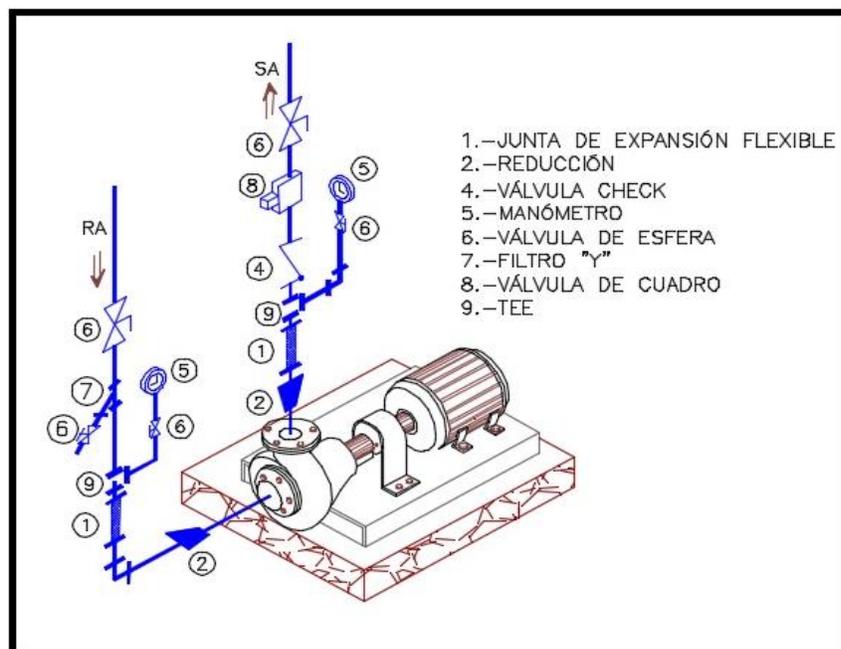
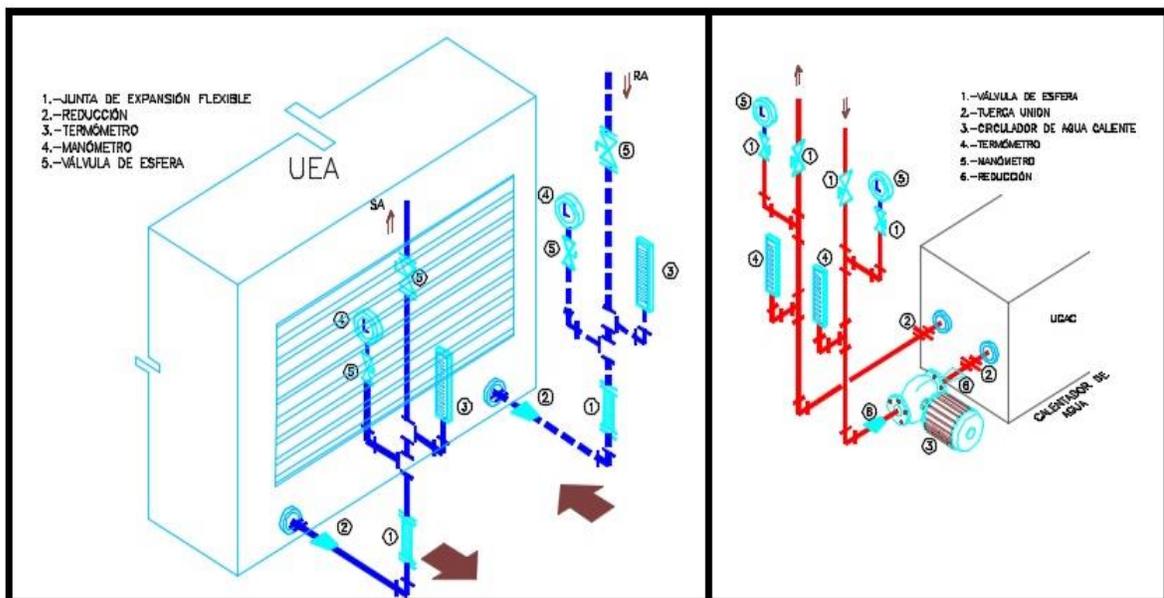


Figura 3.35 Cuadro de Válvulas para Bomba

Fuente: Propia.

## Cuadros de Válvulas Unidad Enfriadora de Agua y Unidad Calentadora de Agua

Los cuadros de válvulas de estos equipos estarán conformados por válvulas de esfera, manómetros, termómetros, reducciones, juntas de expansión flexibles y tés. Dichos elementos a pesar de conformar un cuadro de válvulas muy sencillo, hacen de su instalación algo indispensable y de vital importancia, desde la instalación de las válvulas de esfera para la apertura y cierre del flujo de agua, hasta los termómetros para conocer la diferencial de temperatura que presentará el flujo de agua tanto en la unidad enfriadora de agua como en la unidad calentadora de agua.



**Figura 3.36 Cuadro de Válvulas para Unidad Enfriadora de Agua y Unidad Calentadora de Agua.**

Fuente: Propia.

Por último además de considerar cada uno de los elementos y conexiones presentes en los cuadros de válvulas, también se deberán cuantificar los tramos de tubería, codos, tés, reducciones y eliminadoras de aire (encargadas de eliminar el aire atrapado en el sistema) necesarios para conformar la trayectoria de todo el sistema hidráulico.

Finalmente cada material será enlistado con su respectiva cuantificación desde la lámina galvanizada, aislamiento, difusores, rejillas, tubería, etc. para ser proporcionado al departamento de compras, donde será cotizado y preparado para ser presentado ante el cliente.

**Cuadro 3.27 Catálogo de Conceptos.**

<b>1.- LAMINA PARA DUCTOS</b>			
1.01 <b>Lamina de Acero Galvanizado</b> , nueva de primera calidad, para la construcción de la red de ductos, grapas y zetas. En los siguientes calibres:			
Calibre No. 26	1,250	kg	
Calibre No. 24	2,560	kg	
Calibre No. 22	835	kg	
<b>SUBTOTAL 1</b>			
<b>2.- AISLAMIENTO TERMICO Y SOPORTERIA PARA DUCTOS</b>			
2.01 <b>Aislamiento Térmico</b> para la red de ductos interiores, a base de fibra de vidrio de 1" de espesor. Incluye foil de aluminio, pegamento Resikon y sellador Vaportite en los traslapes.			
	1,584	m2	
2.02 <b>Sellador Para Juntas</b> en ductos a base de poliuretano, de primera calidad, en presentación de cartucho de 300 ml.			
	1	Lote	
<b>SUBTOTAL 2</b>			
<b>3.- DIFUSORES Y REJILLAS</b>			
3.01 <b>Difusor de inyección de aire, tipo diamante</b> , marco plano, con control de volumen, construido con perfiles de aluminio y acabado con esmalte color Blanco Dover. De las siguientes dimensiones y vías:			
3V-12"x9"	3	pza.	
3V-12"x6"	2	pza.	
3V-9"x6"	3	pza.	
4V-12"x12"	2	pza.	
4V-9"x9"	1	pza.	
3.02 <b>Rejilla de extracción y/o retorno</b> , aletas deflectoras a 45° y en posición horizontal, con control de volumen, construida de aluminio extruido y acabado con esmalte color Blanco Dover. De las siguientes dimensiones:			
18"x12"	2	pza.	
18"x8"	4	pza.	
14"x8"	3	pza.	
14"x6"	5	pza.	
8"x6"	2	pza.	
8"x4"	1	pza.	
3.03 <b>Compuerta de balance de hojas paralelas</b> , para montaje en ducto de sección rectangular, marco y hojas fabricadas en lamina galvanizada calibre No.16, bujes de bronce y cuadrante manual con indicador de apertura y cierre. De las siguientes dimensiones:			
14"x10"	1	pza.	
14"x8"	2	pza.	
14"x7"	4	pza.	
12"x8"	1	pza.	
12"x7"	4	pza.	
12"x6"	1	pza.	
12"x5"	1	pza.	
12"x4"	1	pza.	
10"x4"	1	pza.	
<b>SUBTOTAL 3</b>			
<b>RESUMEN</b>			
1.- <b>LAMINA PARA DUCTOS</b>			
2.- <b>AISLAMIENTO TERMICO Y SOPORTERIA PARA DUCTOS</b>			
3.- <b>DIFUSORES Y REJILLAS</b>			
<b>IMPORTE TOTAL</b>			

Fuente: Propia.

En caso de que el presupuesto sea aceptado por parte del cliente, se proseguirán con los trabajos presupuestados, por lo que cada una de las etapas del proyecto serán las bases que seguirán los residentes de obra y los supervisores para la correcta instalación del sistema. Desde apoyarse en las memorias de cálculo y los sentidos de flujos para entender el diseño del sistema; el conocer el sistema de ductos de inyección y extracción para la correcta distribución del aire y el estar preparados en caso de presentarse cambios en el diseño de las áreas; hasta el tener bien definidos los materiales que tendrán disponibles lo cual evitará problemas en la instalación, el comprar materiales faltantes y futuras fallas del sistema.

## **CONCLUSIONES:**

1. El desarrollo de este trabajo ha servido para demostrar de forma general algunas de las actividades que tiene a su cargo un proyectista de aire acondicionado, desde la selección de un ventilador, hasta el diseño completo de un sistema de aire acondicionado, pero en cada uno aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y en el ámbito profesional.
2. Aunque en el presente trabajo se siguió una cierta secuencia para el diseño de sistemas de aire acondicionado, estos sistemas no tienen un solo camino, ni mucho menos una sola forma de diseño, por lo que todo dependerá del problema a solucionar, siempre optando por la opción más viable y sencilla, tanto para la empresa como para el cliente.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- ASHRAE, HANDBOOK COMMITTEE. Fundamentals Volume Subcommittee 2009. 2009. Atlanta GA. Chapter 16.
- CARRIER, Air Conditioning Company. "Load Estimating" Part 1. System Design Manual. 1972. New York. Syracuse. pp 160.
- CARRIER, Air Conditioning Company. "Air Distribution" Part 2. System Design Manual. 1972. New York. Syracuse. pp 89.
- CARRIER, Air Conditioning Company. "Piping Desing" Part 3. System Design Manual. 1972. New York. Syracuse. pp 109.
- CHICAGO, Blower Corporation. "Ventiladores Centrifugos de Alabes Inclínados Hacia Atras- Aerodinámicos" Diseño 10 Clases. Mexico. pp 62.
- NORMA, Oficial Mexicana. NOM-059 SSA1-2013. Buena prácticas de fabricación para establecimientos de la industria químico farmacéutica dedicados a la fabricación de medicamentos. pp 75.

## **WEB:**

- ASHRAE, ADDENDA. 2008. Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size. En [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NikJJIIKNEJ:https://www.ashrae.org/file%2520library/doclib/public/20081029\\_52\\_2\\_supplement\\_final.pdf+%amp;cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NikJJIIKNEJ:https://www.ashrae.org/file%2520library/doclib/public/20081029_52_2_supplement_final.pdf+%amp;cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx). (13/04/2014)
- CARRIER. 2011. "AquaSnap® 30RAP010-150. Air-Cooled Chillers with Puron® Refrigerant (R410A)". En <http://dms.hvacpartners.com/docs/1005/public/03/30rap-13pd.pdf> (Consultado 13/04/2014).
- NAMM INDUSTRIAL. 2013. Difusores Direccionales Tipo Diamante, Cuadrados y Rectangulares. En <http://www.namm.com.mx/PDF/DIFUSORES/cuadrados/DCV-DCP.pdf> (Consultado 13/04/2014).
- ODRIOZOLA, Moisés. 2008. Cálculo y medida de infiltraciones de aire en edificios. En [http://www.ehu.es/enedi/uploads/tinyMCE/filemanager/enediAir/Calculo\\_y\\_medida\\_de\\_infiltraciones\\_de\\_aire.pdf](http://www.ehu.es/enedi/uploads/tinyMCE/filemanager/enediAir/Calculo_y_medida_de_infiltraciones_de_aire.pdf) (Consultado 26/03/2014).

SPECTRUM, Series. 2014 .Domestic Hot Water Heaters and Boilers. En <http://mesteksa.com/fileuploads/Literature/RBI%20Water%20Heaters/Spectrum/Spectrum%20Catalog%20%28STC-8%29.pdf> (Consultado 28/04/2014).

**PROGRAMAS:**

Daikin. 2011. Design Tools DuctSizer. Versión 6.4. Minneapolis, Daikin.

Daikin. 2014. Daikin Tools. Versión 10.11. Minneapolis. Daikin.

Comefri. 2009. Aeolus Plus. Versión 1.0.8. Kentucky. Comefri.

Daikin. 2011. Design Tools PipeSizer. Versión 6.2. Minneapolis. Daikin.



**Cuadro 2. Balanceo de Áreas y Volúmenes.**

NOMBRE DEL AREA	DIMENSIONES [m]			AREA		VOLUMEN		INYECCION [PCM]		INYECCION [PCM]		Extracción y/o retorno [PCM]					
	Eje X	Eje Y	Alto	[m2]	[pie2]	[m3]	[pie3]	Por c/hr	Corregida	Por puerta (+)	total	Extracción	Retorno	Por puerta (-)	coleccion puros	total	
<b>UMA-01</b>																	
Pasillo	13.82	4.28	4.0	59.15	637	237	8355	10	1393	1395	0	1395	620	0	775	0	1395
Lavado	3.00	4.80	4.0	14.40	155	58	2034	10	339	340	165	505	505	0	0	0	505
Recepcion y Muestreo de Producto	3.12	4.80	4.0	14.98	161	60	2115	10	353	355	130	485	265	0	220	0	485
Esclusa Personal	1.89	2.15	4.0	4.06	44	16	574	10	96	100	200	300	300	0	0	0	300
Esclusa Material	1.89	2.53	4.0	4.78	51	19	675	10	113	115	240	355	355	0	0	0	355
Surtido de Producto a Granel	2.47	4.80	4.0	11.86	128	47	1675	14	391	395	0	395	0	0	395	0	395
Producto Semi Terminado Granel	2.95	4.80	4.0	14.16	152	57	2000	10	333	335	390	725	725	0	0	0	725
<b>TOTAL</b>					1328				3035	3035	4160	2770	0	0	0	0	4160

Cuadro 3. Distancias Equivalentes para Codos y Tés

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (in.)	SMOOTH BEND ELBOWS					SMOOTH BEND TEES				
	90° Std°	90° Long Rad.†	90° Street*	45° Std*	45° Street*	180° Std*	Flow-Thru Branch	No Reduction	Reduced ¼	Reduced ½
¼	1.4	0.9	2.3	0.7	1.1	2.3	2.7	0.9	1.2	1.4
½	1.6	1.0	2.5	0.8	1.3	2.5	3.0	1.0	1.4	1.6
¾	2.0	1.4	3.2	0.9	1.6	3.2	4.0	1.4	1.9	2.0
1	2.6	1.7	4.1	1.3	2.1	4.1	5.0	1.7	2.3	2.6
1¼	3.3	2.3	5.6	1.7	3.0	5.6	7.0	2.3	3.1	3.3
1½	4.0	2.6	6.3	2.1	3.4	6.3	8.0	2.6	3.7	4.0
2	5.0	3.3	8.2	2.6	4.5	8.2	10	3.3	4.7	5.0
2½	6.0	4.1	10	3.2	5.2	10	12	4.1	5.6	6.0
3	7.5	5.0	12	4.0	6.4	12	15	5.0	7.0	7.5
3½	9.0	5.9	15	4.7	7.3	15	18	5.9	8.0	9.0
4	10	6.7	17	5.3	8.5	17	21	6.7	9.0	10
5	13	8.2	21	6.5	11	21	25	8.2	12	13
6	16	10	25	7.9	13	25	30	10	14	16
8	20	13	—	10	—	33	40	13	18	20
10	25	16	—	13	—	42	50	16	23	25
12	30	19	—	16	—	50	60	19	26	30
14	34	23	—	18	—	55	68	23	30	34
16	38	26	—	20	—	62	78	26	35	38
18	42	29	—	23	—	70	85	29	40	42
20	50	33	—	26	—	81	100	33	46	50
24	60	40	—	30	—	94	115	40	50	60

Activar Windows  
 Para confirmar el producto

Cuadro 4. Distancias Equivalentes para Válvulas.

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (in.)	GLOBE†	45°-Y		ANGLE†	GATE††	SWING CHECK†	Y-TYPE STRAINER‡‡		LIFT CHECK
		60°-Y	45°-Y				Flanged End	Screwed End	
3/4	17	8	6	6	0.6	5	—	—	Globe & Vertical Lift Same as Globe Valve**
3/4	18	9	7	7	0.7	6	—	3	
3/4	22	11	9	9	0.9	8	—	4	
1	29	15	12	12	1.0	10	—	5	
1 1/4	38	20	15	15	1.5	14	—	9	Angle Lift Same as Angle Valve
1 1/4	43	24	18	18	1.8	16	—	10	
2	55	30	24	24	2.3	20	27	14	
2 1/2	69	35	29	29	2.8	25	28	20	
3	84	43	35	35	3.2	30	42	30	Activair Win
3 1/2	100	50	41	41	4.0	35	48	40	
4	120	58	47	47	4.5	40	60	48	
5	140	71	58	58	6	50	80	60	
6	170	88	70	70	7	60	110	70	Angle Lift Same as Angle Valve
8	220	115	85	85	9	80	150	90	
10	280	145	105	105	12	100	190	120	
12	320	165	130	130	13	120	250	135	
14	360	185	155	155	15	135	—	—	Activair Win
16	410	210	180	180	17	150	—	—	
18	460	240	200	200	19	165	—	—	
20	520	275	235	235	22	200	—	—	
24	610	320	265	265	25	240	—	—	

Cuadro 5. Distancias Equivalentes para Reducciones y Ampliaciones.

NOM. PIPE OR TUBE SIZE (In.)	SUDDEN ENLARGEMENT* d/D			SUDDEN CONTRACTION* d/D			SHARP EDGE*		PIPE PROJECTION*	
	¼	½	¾	¼	½	¾	Entrance	Exit	Entrance	Exit
¾	1.4	0.8	0.3	0.7	0.5	0.3	1.5	.8	1.5	1.1
½	1.8	1.1	0.4	0.9	0.7	0.4	1.8	1.0	1.8	1.5
¾	2.5	1.5	0.5	1.2	1.0	0.5	2.8	1.4	2.8	2.2
1	3.2	2.0	0.7	1.6	1.2	0.7	3.7	1.8	3.7	2.7
1¼	4.7	3.0	1.0	2.3	1.8	1.0	5.3	2.6	5.3	4.2
1½	5.8	3.6	1.2	2.9	2.2	1.2	6.6	3.3	6.6	5.0
2	8.0	4.8	1.6	4.0	3.0	1.6	9.0	4.4	9.0	6.8
2½	10	6.1	2.0	5.0	3.8	2.0	12	5.6	12	8.7
3	13	8.0	2.6	6.5	4.9	2.6	16	7.2	16	11
3½	15	9.2	3.0	7.7	6.0	3.0	17	8.5	17	13
4	17	11	3.8	9.0	6.8	3.8	20	10	20	16
5	24	15	5.0	12	9.0	5.0	27	14	27	20
6	29	22	6.0	15	11	6.0	33	19	33	25
8	—	25	8.5	—	15	8.5	47	24	47	35
10	—	32	11	—	20	11	60	29	60	46
12	—	41	13	—	25	13	73	37	73	57
14	—	—	16	—	—	16	86	45	86	66
16	—	—	18	—	—	18	96	50	96	77
18	—	—	20	—	—	20	115	58	115	90
20	—	—	—	—	—	—	142	70	142	108
24	—	—	—	—	—	—	163	83	163	130