

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
Ejecutor 1		
Nombre (s):	JUAN CARLOS	
Apellido (s):	SÁNCHEZ JIMÉNEZ	
Código:	20102275033	
E-mail:	jucasajim@hotmail.com	
Teléfono fijo:	2000338	
Celular:	314323061	
Ejecutor 2		
Nombre (s):	GLORIA MILENA	
Apellido (s):	LASSO AGUIRRE	
Código:	20102275012	
E-mail:	mknikmil@yahoo.es	
Teléfono fijo:	4806838	
Celular:	3142801420	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA CARROCERRIAS DE TRANSPORTE MASIVO	
Duración (estimada):	16 Semanas	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	MONOGRAFÍA	
Línea de Investigación de la Facultad*:	APOYO TECNOLÓGICO EMPRESARIAL	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Resistencia de Materiales, Termodinámica, Mecánica de fluidos, entre otras	
INFORMACIÓN PASANTÍA		
Nombre de la empresa:		
Dirección:		
Teléfonos:		
Correo electrónico:		
Página Web:		
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)		
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)		
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

INDICE

	Pág.
Resumen	3
0. Introducción	3
1. Planteamiento del Problema	4
1.1. Estado del Arte	4
1.2. Justificación	7
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo General.....	8
2.2. Objetivos Específicos.....	8
3. Marco Teórico.....	8
3.1. ¿Cómo se define la calidad del aire?	9
3.2. ¿Por qué es importante la calidad del aire?.....	9
3.3. Humedad.....	9
3.3.1. Humedad Relativa.....	9
3.3.2. Humedad Absoluta.....	10
3.3.3. Saturación.....	10
3.3.4. Temperatura del punto de rocío.....	10
3.4. Ventilación y Ductos	10
3.4.1. Ventilación artificial o forzada.....	11
3.4.2. Equipos de ventilación forzada	11
3.4.3. Redes de ductos	11
3.4.4. Conceptos básicos	12
3.4.5. Propiedades físicas del aire	12
3.4.6. Perdidas de carga	12
3.4.7. Perdidas en conducto.....	12
3.4.8. Métodos de diseño	13
3.4.8.1. Método de pérdida de carga constante	13
3.4.8.2. Método de recuperación estática.....	13
3.4.9. Selección del ventilador	13
3.4.9.1. Ventiladores	14
4. Metodología	15
4.1. Actividades que se realizaran.....	16
5. Cronograma.....	18
6. Presupuesto.....	19
7. Bibliografía.....	20
7.1. Bibliografía consultada	21

RESUMEN

Actualmente existen varias empresas que se encargan de diseñar, producir y comercializar equipos para transporte terrestre de pasajeros y de carga, dedicando recursos y competencias a obtener un producto de calidad internacional que satisfaga las expectativas y necesidades de nuestros clientes y usuarios finales, mantener niveles de solidez, rentabilidad y crecimiento que satisfagan y superen las expectativas de los accionistas.

En la presente propuesta se realizará el diseño de un sistema de ventilación aplicado a carrocerías de transporte masivo, ya que no existe en este tipo de industria un producto con eficiencia necesario y adecuada para implementar. Este documento se divide en varias etapas: el cual se inicia con el planteamiento de objetivos, siguiendo con conceptos básicos referentes a la calidad y condiciones del aire, la importancia que tiene en el entorno donde convivimos, posteriormente tratara temas relacionas con la características del aire, como lo es la humedad del aire, saturación temperatura del punto de rocío.

Se abordará temas más específicos los cuales incluyen tipos de ventilación, ductos propios para ventilación y aspectos a tener en cuenta, para la selección y cálculo de ductos, así como también el cálculo de ventiladores; también encontraremos un secuencia del proceso de diseño y evaluación de diseño.

0. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas tienen una gran exigencia, debido a la alta competitividad, por tal motivo se hace necesario guardar y mantener una línea de producción estable; es por esto que el sector industrial debe contar con equipos y productos que permitan desarrollar de manera más eficaz su labor y/o servicio.

La alta competitividad generada por las empresas es un agente que impulsa el crecimiento y una óptima productividad; mientras que la producción permite mantener e incrementar sus ganancias, es por este motivo que mejorar las líneas de fabricación y productos se hace primordial en una empresa que es altamente competitiva.

Es por esta razón, el presente trabajo tiene un fin, el cual es desarrollar un proyecto que satisfaga un requerimiento para una empresa que realiza procesos de fabricación de carrocerías para el transporte masivo. La empresa SUPERPOLO S.A. se ve en la necesidad de implementar un método de ventilación por ductos, en carrocerías de masivos, lo cual permitiría mejorar el confort de los pasajeros, manteniéndose como empresa líder en la industria carrocera, siendo la primera empresa de carrocerías en Colombia, en implementar un sistema de ventilación por ductos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria de carrocerías, el confort y seguridad de las personas juegan un papel muy importante a la hora de diseñar este tipo de producto; debido a que son los usuarios a quienes van dirigidos este tipo de diseño. En SUPERPOLO S.A., el sistema de ventilación que actualmente se instala sobre las principales carrocerías de masivos, presenta deficiencias; cuenta con ventiladores instalados en puntos específicos del techo del vehículo, siendo este medio de ventilación poco eficiente y muy ruidoso, lo cual genera que el confort de los pasajeros baje, lo hace que sea un aspecto fundamental a mejorar.

En la actualidad no se cuenta con un sistema de ventilación que permita establecer un flujo de aire adecuado a los usuarios de carrocerías, donde se involucre gran volumen de personas; comercialmente, el principal sistema de ventilación que se instala en gran porcentaje de las carrocerías de transporte masivo en el país, sin importar la empresa carrocera, consiste en la instalación de ventiladores en puntos establecidos del techo de la carrocería, otro sistema es el utilizado en vehículos con aire acondicionado, también llamado portapaquetes, pero este último tiene como deficiencia el gran volumen que ocupa y el alto costo, debido a esto, se plantea una solución eficiente, a los problemas presentados con otros tipos de ventilación.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Se han realizado diferentes tipos de investigación referentes a aires acondicionados y sistemas de ventilación de diferentes tipos, implicando la importancia para la salud en relación con la eficiencia y calidad del aire. Los sistemas de aires acondicionados y de ventilación se usan en gran parte del mundo con el propósito de proporcionar comodidad y calidad de aire interior, a los ocupantes de cierto lugar, al incrementar el nivel de vida cada individuo requiere de mayores beneficios y comodidades.

En un ambiente interior confortable y saludable es primordial la calidad del aire que sea favorable para los ocupantes. En los últimos años, la comodidad se ha mejorado en gran medida debido al desarrollo de los sistemas de aire acondicionado. Sin embargo, los problemas de salud relacionada a la mala calidad del aire interior aparecen con mayor frecuencia, y en ellos contaminantes de interiores y poca ventilación que conducen a la mala calidad del aire interior. Muchos investigadores han investigado ampliamente la composición de los contaminantes de interiores, las fuentes, las características físicas y químicas, y efectos sobre la salud humana¹.

¹ Ran Gao, Angui Li, Dust deposition in ventilation and air-conditioning duct bend flows, Energy Conversion and Management, Volume 55, March 2012, Pages 49-59, ISSN 0196-8904.

Un sistema de ventilación por lo general se ejecuta en las condiciones de contorno, tales como las concentraciones de partículas dependientes del tiempo al aire libre y fuentes interiores de partículas generadoras, variar dinámicamente. Ventilados están conectados a los conductos de ventilación y los filtros, y la concentración de partículas en interiores y deposición de partículas en las superficies del conducto son interdependientes. Por lo tanto, es importante para estudiar el transporte de partículas en el sistema de ventilación entero y tomar las características dinámicas en cuenta para evaluar la contaminación de partículas en todo el sistema con mayor precisión. Un modelo generalizado que se propone en este estudio para estimar la concentración de partículas a través de un sistema de ventilación, así como la carga de la masa de las partículas de los componentes de ventilación.

Un aspecto de gran importancia en todo sistema calefacción, ventilación y sistemas de aire acondicionado, es la transmisión de ruido a través de los ductos, por el cual circula el fluido, siendo la fuente de este por lo general un ventilador. Un espectro de sonido del ventilador típico consiste en un ruido de banda ancha, que se superpone con tonos puros. Existen diferentes métodos para reducir la transmisión del ruido como del ventilador en el medio ambiente. En este artículo se demuestra cómo un sistema activo de control feedforward ruido puede ser aplicado junto con una rama lateral del resonador. Eficacia de la alimentación en avance sistema activo de control de ruido depende de la calidad de una señal de referencia, que debe estar en una correlación perfecta con el ruido primario².

Sin embargo, también se han realizado investigaciones relacionados con la reducción de ruido en ductos, el cual es un factor muy importante en el diseño de ductos para carrocerías, en estas investigaciones el autor plantea que al diseñar un silenciador conducto para reducir el ruido procedente de un conducto de descarga vertical grande, es útil tener en cuenta que la primera 5 a 10 dBA de reducción de ruido puede resultar de pérdidas de dirección en 90 grados y se puede predecir con exactitud. En 1971, el primer autor realizó pruebas de sonido de trayectoria con 300 y 600 mm conductos de diámetro y los resultados se hizo en un gráfico aproximado de las pérdidas de orientación en conductos que finalmente encontró su camino en el NSW EPA Environmental Noise Control Manual (5 de junio de 1985, la página 207.1). Es erróneo e inexacto, en principio, más bien, pero algunos usuarios no son conscientes de sus defectos.

En los últimos 13 años las pruebas del conducto se ha realizado y elaborado un nuevo plan de dirección del ducto. Se basa en las pruebas de direccionalidad del sonido de los conductos de 305, 400, 610, 915 y 1220 mm de diámetro. Estos datos se ha relacionado con el nivel de potencia acústica de ruido emitido por el conducto y la dispersión esférica de la energía del sonido. El nuevo conducto permite la ganancia o pérdida de directividad para ser obtenida para cualquier diámetro de 100

2 Prezelj, J., & Čudina, M. (2011). A Secondary Source Configuration for Control of a Ventilation Fan Noise in Ducts. *Strojniski Vestnik / Journal Of Mechanical Engineering*, 57(6), 468-476. doi:10.5545/sv-jme.2009.026

mm a 10 metros, en ángulos de cero a 135 grados sin la necesidad de cálculos complejos³.

En uso casos se plantea la fibra de vidrio como revestimiento de ducto, el cual tiene sus usos legítimos como cualquier producto aislante (temperatura, sonido). Al igual que con una manta externa envoltura de conducto o tablero de aislamiento, revestimiento del conducto reducirá la ganancia y pérdida de calor a través de la pared de los conductos de chapa metálica. En un interesante corolario de esto, revestimiento del conducto puede incluso reducir o prevenir la condensación del vapor de agua en las superficies de los conductos, tanto externos como internos. De hecho, el uso de revestimiento del conducto interno está especialmente indicada en las salas de máquinas y otras áreas donde el daño físico a las superficies externas del conducto es probable. Cuando los conductos externos envolturas están dañados, el rendimiento térmico del aislamiento se reduce considerablemente. Sin embargo, el uso más común para revestimiento del conducto es como un sonido atenuador. Se ha documentado en la.⁴

Durante las últimas décadas, varios estudios han llevado a cabo para investigar la deposición de partículas. Se investigó la deposición eficiencia de partículas líquidas en 5.03-8.51 mm de diámetro tubos de sección transversal circular, tanto en flujo laminar y turbulento. Este experimento se llevó a cabo a un flujo constante de Reynolds número (100, 1000, 6000, y 10.000). McFarland, ha llevado a cabo experimentos similares. Realizaron experimentos físicos y simulaciones para investigar la penetración de partículas a través de 45-180 Relación de curvas con curvatura de 2-10 en 16 mm tubos de diámetro. El método utilizado simulaciones por McFarland et al.es simulaciones de La grange.

Con la ayuda de simulaciones de La grange, la penetración de partículas a través de curvas estaba previsto, y se encontró que existe una buena concordancia entre numérica y experimentos físicos. Por desgracia, tanto de los estudios sólo se centró en las curvas de conductos hidráulicos con diámetros mucho más pequeño y el aire velocidad mucho mayor que las de los conductos típicos en HVAC. Además, las secciones transversales de las curvas en estos estudios son redondo en lugar de cuadrado⁵.

La purificación del aire interior es un importante método de eliminación de los contaminantes de interiores y mejorar la calidad del aire interior en las circunstancias que la ventilación y el control de las fuentes de contaminación son imposible. Los

³ Day, A., Hansen, C., & Bennett, B. (2009). DUCT DIRECTIVITY INDEX APPLICATIONS. *Acoustics Australia*, 37(3), 93-97.

⁴ Tinsley, R. W. (1998). Duct liner: problem or solution?. *Heating/Piping/Air Conditioning*, 70(5), 65-70.

⁵ Di Liu, Fu-Yun Zhao, Han-Qing Wang, Ernst Rank, Turbulent transport of airborne pollutants in a residential room with a novel air conditioning unit, *International Journal of Refrigeration*, Available online 23 April 2012, ISSN 0140-7007,

métodos de purificación del aire interior, principalmente incluyen la filtración, adsorción.

Una serie de problemas asociados con la salud humana son causados por la deposición de partículas en el conducto de ventilación y aire acondicionado. Las partículas recirculan y vuelve a suspender a partir de las superficies de los ductos. Las partículas depositadas sobre curvas de conductos, codos de diámetro del conducto en especial las pequeñas, pueden reducir el flujo de aire y la tasa de degradar el rendimiento de la ventilación y la sistema de aire acondicionado. El conocimiento de la predicción de la partícula de posición dentro de los conductos de ventilación será útil para mejorarla calidad del aire interior y la eficiencia de los sistema de aire.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente dentro del ámbito industrial, las empresas se preocupan por mantener un desempeño constante en sus diferentes procesos de producción, un buen control de calidad y desarrollo rápido de sus productos, con gran impacto en el mercado, a través de la satisfacción del cliente o usuario, lo cual lleva a plantear nuevos y constantes mecanismos de innovación que permitan, mejorar el servicio que presta cada producto generado así un incremento, finalmente en los pedidos que es lo que representa la popularidad y calidad de los productos.

La empresa SUPERPOLO S.A. entre su proyecto de mejora continua, y al mantenerse como empresa líder en la industria carrocería Colombiana, requiere el diseño de un sistema de ventilación por ductos en carrocerías de masivos, más específicamente para carrocerías LOW ENTRY.

Debido a las ineficiencias, que actualmente presenta el sistema de ventilación que se instala en este tipo de carrocerías, el elevado ruido y su ineficiencia en el proceso de ventilación, la empresa se ha visto en la necesidad de buscar maneras de incrementar el rendimiento del sistema de ventilación, principalmente en las carrocerías que maneja gran cantidad de usuarios (personas). Es así que se pretende superar una de sus debilidades funcionales de confort en su producto final.

Es de apreciar que con el desarrollo de este proyecto la empresa superará una de sus debilidades más fuertes que actualmente presentan las carrocerías de masivos, con la implementación del sistema de ventilación por ductos mejoraría el confort de los usuarios, siendo estos los más beneficiados con este tipo de mejoras y es precisamente lo que impulsa propósitos para este diseño; además académicamente permitiría aplicar conceptos y criterios aprendidos y desarrollados en las diferentes asignaturas cursadas durante la carrera de Ingeniería Mecánica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- ✓ Diseñar un sistema de Ventilación, para carrocerías de transporte masivo.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar sistema de ventilación a través de ductos
- ✓ Realizar un estudio de mecánica de fluidos en el sistema de ventilación
- ✓ Diseñar ductos de ventilación
- ✓ Diseñar dispositivos que permita ventilación a través de ductos
- ✓ Elaborar manual de especificaciones de diseño, montaje mantenimiento

3. MARCO TEÓRICO

“La calidad del aire que respiramos es de vital importancia para nuestra salud y bienestar, ya que la mayor parte de nuestro tiempo transcurre en ambientes cerrados. Con mucha frecuencia se encuentran problemas tales como contaminación del aire interior, inadecuada distribución de temperaturas y ruido excesivo que nos afectan en nuestro trabajo y salud”.

El objetivo del diseño del sistema de ventilación por ductos aplicado en carrocerías, es proporcionar un ambiente confortable. Esto se consigue mediante el control simultáneo de la humedad, limpieza y distribución del aire en el entorno, incluyendo otros componentes como el nivel de ruido, manteniendo este tipo de características dentro de los límites que se prescriban en vehículos de transporte masivo de personas.

3.1. ¿Cómo se define la calidad del aire?

La calidad del aire es una forma de medir las condiciones del aire en espacios interiores. El dióxido de carbono es una magnitud objetiva para determinar la calidad del aire. El ser humano respira este gas incoloro e inodoro que se muestra más activo en proporción directa con la edad y la corpulencia. La concentración de dióxido de carbono al aire libre oscila entre 360 ppm (partes por millón) en áreas de aire limpio y 700 ppm en las ciudades. El valor máximo recomendado para los interiores es de 1.000 ppm y el valor límite para oficinas es de 1.500 ppm. Hay que tener mucha precaución ya que este valor límite se alcanza con cierta facilidad. Por ejemplo, en una oficina de 25 metros cuadrados en la que trabajan cuatro adultos y

que ha sido recién ventilada, la concentración de dióxido de carbono asciende a 2.000 ppm una hora después de haber cerrado las ventanas aislantes⁶.

3.2. ¿Por qué es tan importante la calidad del aire?

La calidad del aire repercute en el bienestar de los trabajadores de una oficina. El dióxido de carbono sólo es perjudicial a partir de una concentración de un 5 % del volumen (que son 50.000 ppm), no obstante a partir de concentraciones mucho menores (a partir de valores entre 800 y 2.000 ppm) se pueden producir molestias diversas, como dolor de cabeza, cansancio, pérdidas de concentración y bajo rendimiento. El trabajador se siente sobrecargado no sólo por el propio trabajo, sino también por una mala calidad del aire de la oficina. De forma paralela al contenido de dióxido de carbono aumenta también la concentración de un amplio número de sustancias, por un lado son sustancias originadas por el ser humano como los olores, pero por otro lado pueden venir de las emisiones de la sala y del mobiliario, como los formaldehídos, el bifenol policlorado, los productos de limpieza y los disolventes. Estas sustancias pueden ser perjudiciales para la salud (síndrome o enfermedad de los edificios "sick building"), pero es más difícil determinar su concentración si comparamos con la de CO₂⁷.

Esta forma de ventilación está diseñada para proporcionar un mayor bienestar a los usuarios de carros con ductos, propiciando una calidad de aire aceptable, adecuando un porcentaje de humedad relativa que oscila entre el 45% y el 55% óptimo para el confort y salud, el excesos de humedad puede generar incomodidades y problemas de salud.

3.3. HUMEDAD

3.3.1. Humedad Relativa

El vapor de agua se forma a causa de la evaporación del agua presente en la naturaleza: por ejemplo en las viviendas, elevadas cantidades de vapor son producidas por las plantas, las actividades de la cocina, el lavado y por los mismos habitantes, a través de la respiración y la transpiración.

Es la humedad presente relativa (con respecto) a la máxima humedad posible a la misma temperatura ambiente (bulbo seco). Se define como la razón de: la presión de vapor de agua, presente en ese momento con respecto a la presión de vapor en saturación (de agua) a la misma temperatura. Se expresa como porcentaje⁸.

Humedad relativa (UR): relación entre la humedad absoluta y la cantidad de saturación. Normalmente se expresa en %. $UR = UA/\text{cantidad de saturación}$

⁶ PCE Iberia, "Definición de la calidad del aire y el CO₂"

⁷ Ibid, Importancia de la calidad del aire

⁸ Medrano Silvia, Septiembre 2003, 2da Edición Pag. 1

3.3.2. Humedad absoluta (UA): cantidad de vapor de agua contenida en un m³ de aire. Puede expresarse en g/m³.

3.3.3. Saturación: a una masa de aire con una cierta temperatura se le dice saturada cuando contiene la máxima cantidad de vapor de agua que puede estar presente con una cierta temperatura y una cierta presión. Si se aumenta la cantidad de vapor de agua (por ejemplo cocinando) o se baja la temperatura del aire, el vapor condensa y vuelve al estado líquido.

3.3.4. Temperatura del punto del rocío: es la temperatura de saturación, es decir la temperatura máxima por debajo de la cual el aire húmedo, enfriándose, forma la condensación⁹.

3.4. Ventilación y Ductos

Cuando un fluido circula por un tubo o ducto se tiene siempre una película delgada del fluido adherida a un lado del tubo y no se mueve apreciablemente. El flujo viscoso o flujo laminar cada partícula del fluido se mueve paralelamente al movimiento de las otras partículas. No se tienen corrientes cruzadas y la velocidad de las partículas del fluido se aumenta al crecer sus distancias a las paredes del conducto. La velocidad máxima ocurre en el centro del conducto y la velocidad promedio sobre la sección completa es igual a la mitad de la velocidad máxima. En este fluido viscoso la caída de presión después de que se ha logrado equilibrio en el flujo es empleada para equilibrio de las fuerzas de corte o deslizamiento que se tienen entre una capa y la siguiente¹⁰.

En cualquier sistema de calefacción, enfriamiento o ventilación con circulación mecánica, el ventilador o los ventiladores deben tener la capacidad adecuada en cuanto a cantidad adecuada de aire y una presión estática igual o ligeramente mayor que la resistencia total que se tiene en el sistema de ductos. El tamaño de los ductos se escoge para las velocidades máximas de aire que puede utilizarse sin causar ruidos molestos y sin causar pérdidas excesivas de presión. Los ductos grandes reducen las pérdidas de fricción, pero la inversión y el mayor espacio deben compensar el ahorro de potencia del ventilador. Tiene que hacerse un balance económico al hacer el diseño de las instalaciones.

Entre los tipos de ventilación tenemos la Ventilación Natural, la cual consiste en una abertura para la transición de aire entre las atmósferas interiores y exteriores. La Ventilación Hidráulica: Usando la aplicación de agua en forma de neblina y la expansión del agua cuando se convierte en vapor para desplazar las atmósferas

⁹ J. Perez de Lam, 2008/2009, Carta Psicometrica, definición de parámetros. pag 2

¹⁰ Figueroa Isaac, "Diseño de Ductos"

contaminadas. Y la que a continuación se estudiara la Ventilación forzada que consiste en inyectar o extraer aire por medios mecánicos.

3.4.1. Ventilación Artificial o Forzada

Es un sistema que permite el intercambio de aire con el exterior de manera mecánica. Se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobre presiones en conductos de distribución de aire o áreas del edificio. Éstas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades de tratamiento de aire y otros elementos accionados mecánicamente¹¹.

3.4.2. Equipos De Ventilación Forzada

- *Eyectores de Humo*: Son extractores que ventilan espacios confinados, ya sea a través de un ducto o bien instalados en los accesos, provocando una corriente hacia el exterior.
- *Ventiladores*: Pueden o no usar ducto. Introducen aire desde el exterior hacia ambientes cerrados. Los hay eléctricos, hidráulicos y a motor a combustión.

Para ventilar un espacio, un recinto, ya sea impulsando aire o bien extrayéndole, es muy corriente tener que conectar el ventilador/extractor por medio de un conducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma o sección.

El fluir del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo impulsa/extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso. La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida.

3.4.3. Redes de ductos. Elementos.

La misión de un sistema de ductos es transportar el aire desde la unidad de tratamiento de aire (UTA) hasta el recinto a climatizar o ventilar. Dentro de los elementos que constituyen el sistema podemos distinguir los ductos y los elementos terminales.

Estos sistemas se clasifican en función de la velocidad y de la presión en los ductos. En función de la velocidad del aire tenemos:

- ductos de baja velocidad (12 m/s)

En función de la presión del aire en el conducto, se clasifican en baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores¹²:

¹¹ Castro Laura, Ventilación "Artificial o Forzada" [En Línea], Mayo de 2009

¹² Grim Nils R. "Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado",

- Baja presión (clase I): Hasta 90 mm.c.a.
- Media presión (clase II): Entre 90 y 180 mm.c.a.
- Alta presión (clase III): Entre 180 y 300 mm.c.a.

3.4.4. Conceptos básicos

La red de ductos se diseña para conseguir llevar un determinado caudal de aire a los puntos de impulsión deseados. Antes de entrar en el diseño de la red de ductos se debe introducir las propiedades físicas del aire, el concepto de diámetro equivalente y el cálculo de pérdidas de carga.

3.4.5. Propiedades físicas del aire

Obviamente las propiedades físicas del aire van a depender de la temperatura y de la presión. Aunque, puede tomarse como aproximación una densidad del aire constante de $1,2 \text{ kg/m}^3$.

En cuanto a la viscosidad del aire, se puede obtener mediante la expresión:

Con μ ($N \cdot s/m^2$) y T (K).

3.4.6. Pérdidas de carga

Dentro del conducto el fluido experimenta una pérdida de presión por rozamiento, denominándose ésta pérdida de carga. Estas pérdidas de carga se dividen en pérdidas en el conducto y pérdidas en singularidades.

3.4.7. Pérdidas en conducto

Se produce una pérdida de carga por el paso del aire en el conducto, la cual suele expresarse por metro de longitud.

3.4.8. Métodos de diseño

Existen varios métodos que nos permiten diseñar las redes de ductos de aire. entre ellos, se encuentran:

- Método de reducción de velocidad
- Método de pérdida de carga constante
- Método de recuperación estática
- Método T

Los más empleados suelen ser el método de pérdida de carga constante (para ductos de impulsión baja velocidad, retorno y ventilación) y el método de recuperación estática (principalmente en ductos de impulsión de baja y alta velocidad). El método de reducción de velocidad no se suele utilizar porque para resolver el problema con una precisión razonable se necesita mucha experiencia y conocer perfectamente el cálculo de ductos. El método T permite una optimización

del diseño que no permiten los otros métodos. Sin embargo, no es tan común como los anteriores.

3.4.8.1. Método de pérdida de carga constante

Este método se utiliza en ductos de impulsión, retorno y extracción de aire. Consiste en calcular los ductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema.

3.4.8.2. Método de recuperación estática

Este método consiste en dimensionar el conducto de forma que el aumento de presión estática en cada rama o boca de impulsión compense las pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del conducto. De esta forma, la presión estática en cada boca y al comienzo de cada rama será la misma.

3.4.9. Selección del ventilador

Para que el aire pueda circular por el interior de un conducto es preciso que en la instalación haya un ventilador instalado. Éste debe ser capaz de proporcionar el caudal necesario y vencer las pérdidas de presión asociadas. Para la determinación de los requerimientos del ventilador es necesario conocer con exactitud los caudales y las pérdidas de carga en la instalación. Así, se toma la mayor pérdida de carga desde la salida hasta el punto de impulsión crítico, siendo este valor el incremento de presión que debe proporcionar el ventilador. Además, deberá ser capaz de trasegar el caudal total de diseño¹³.

3.4.9.1. Ventiladores

Los ventiladores empleados en el campo del aire acondicionado son: radiales (o centrífugos), los axiales y en algunos casos los diametrales. En los ventiladores radiales o centrífugos el movimiento del aire se realiza radialmente con respecto al eje de rotación, mientras que en los ventiladores axiales (o helicoidales) el movimiento se realiza paralelamente al eje del rodete. Estos últimos son aplicados especialmente en los casos en los que necesitamos caudales de aire elevados con pequeñas presiones.

Donde el rendimiento total del ventilador oscila entre 0.3 y 0.5 en ventiladores centrífugos pequeños, 0.5 y 0.7 en los de tamaño medio y entre 0.7 y 0.9 en los de grandes dimensiones¹⁴.

Definiciones

¹³ Rosado Zaidel "Sistema de Distribución del Aire", 2009

¹⁴ Ibid, Pag. 12

- Carrocería: Parte de un vehículo asentada sobre el bastidor que recubre el motor y otros elementos y en cuyo interior se instalan los pasajeros y la carga (hace parte de la estructura del vehículo).
- Ventilación: Se entiende por ventilación la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable, por otra que aporta una mejora en pureza, temperatura, humedad, etc.
- Ductos: Tubería para el transporte de un tipo de fluido entre dos puntos.
- Simulación: Representación visual del funcionamiento del diseño de un dispositivo a construir mediante la ayuda de software.

4. METODOLOGÍA

El siguiente diagrama muestra el proceso que se empleará para la realización del presente proyecto.

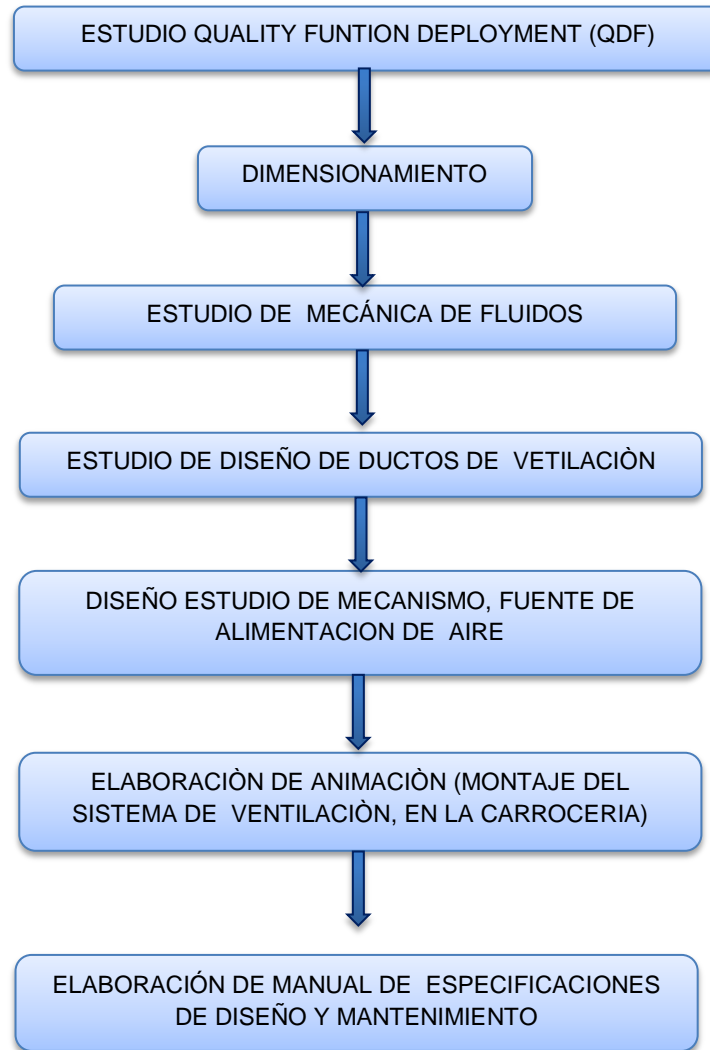


DIAGRAMA 1: Fuente Los Autores

El estudio Quality Function Deployment (QFD), es fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que con este método se permite restringir el diseño, es decir, limitar variables, consiguiendo así el mejor diseño conceptual del dispositivo, terminando este estudio, se proseguirá con el dimensionamiento, estableciendo los límites dimensionales y disposición que debe guardar los ductos de ventilación.

Posteriormente, se realizará el estudio de mecánica de fluidos, para obtener una buena selección de materiales, tomando en cuenta estudios de pérdidas de energía y disposición espacial, que permitan el funcionamiento del sistema de ventilación, teniendo en cuenta variables de diseño, ambientales y económicas.

Para la debida comprensión del funcionamiento e instalación del sistema de ventilación, se elaborará la simulación de ésta y como última instancia se realizará un manual de especificaciones donde se recopile la información más relevante para un correcto funcionamiento, ensamble y mantenimiento.

4.1. Actividades que se realizarán

1. Estudio Quality Function Deployment (QFD): Esta tarea consistirá en el análisis de la necesidad, con el fin de dar parámetros que establezcan pautas para un óptimo diseño.
2. Dimensionamiento: Esta tarea establecerá los límites dimensionales que debe guardar la máquina dosificadora.
3. Estudio de Mecánica de Fluidos: Consistirá en la selección de ductos de ventilación, estudio de pérdidas de energía y disposición espacial.
4. Estudio diseño de ductos de ventilación: se establecerán las dimensiones finales y posición con respecto a la carrocería.
5. Estudio de materiales: En esta tarea se estudiarán los diferentes materiales que convendrían en todo el dispositivo, teniendo en cuenta variables de diseño, ambientales y económicas.
6. Estudio diseño mecánico del dispositivo: Se diseñará el sistema de ventilación en detalle.
7. Elaboración de un manual de especificaciones de diseño y mantenimiento: como última tarea, se desarrollará un manual en donde se recopile la información más relevante para un correcto funcionamiento y mantenimiento.

5. CRONOGRAMA

Actividad	Número de Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Estudio Quality Function Deployment (QFD):	■	■	■													
Dimensionamiento del sistema de ventilación			■	■	■											
Estudio de Sistema de Ventilación por Ductos			■	■	■											
Estudio de Mecánica de Fluidos					■	■	■									
Estudio de Termodinámica								■	■	■						
Estudio de humedad de aire								■	■	■						
Estudio diseño de ductos de ventilación										■	■	■	■	■		
Estudio de materiales para ductos										■	■	■	■	■		
Estudio de ductos aplicados a carrocerías										■	■	■	■	■		
Estudio diseño mecánico del dispositivo											■	■	■	■	■	■
Elaboración de simulación												■	■	■	■	■
Estudio de comportamiento en ducto en carrocería													■	■	■	■
Elaboración de un manual de especificaciones de diseño y mantenimiento															■	■

6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

La siguiente tabla muestra un costo aproximado del proyecto que desarrollarán los proponentes.

RAZÓN	UNIDAD	VALOR UNIDAD (\$)	TOTAL UNIDAD (\$)	ASUMIDOS POR:
Internet	60 horas	1.000	60.000	Proponentes
Plotter	30 planos	3.000	90.000	Proponentes
Impresiones	250 impresiones	200	50.000	Proponentes
Fotocopias	300 copias	50	15.000	Proponentes
Escáner	30 copias	500	15.000	Proponentes
Animación	70 horas	7000	490.000	Proponentes
Obra de mano (diseño)	500 horas	10000	5'000.000	Proponentes
TOTAL			5'610.000	Proponentes

Tabla 2.

Notas:

- Este presupuesto se realizó tomando en cuenta la primera etapa del proyecto, es decir, la etapa de diseño.
- Este presupuesto está sujeto a modificaciones por razones de variabilidad de costos y cotizaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ran Gao, Angui Li, Dust deposition in ventilation and air-conditioning duct bend flows, Energy Conversion and Management, Volume 55, March 2012, Pages 49-59, ISSN 0196-8904,

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890411002986>)

Prezelj, J., & Čudina, M. (2011). A Secondary Source Configuration for Control of a Ventilation Fan Noise in Ducts. *Strojniski Vestnik / Journal Of Mechanical Engineering*, 57(6), 468-476. doi:10.5545/sv-jme.2009.026

(<http://www.sinab.unal.edu.co:2108/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f4059e67-435d-4960-b3a4-4599f86e68c0%40sessionmgr110&vid=2&hid=107>)

Day, A., Hansen, C., & Bennett, B. (2009). DUCT DIRECTIVITY INDEX APPLICATIONS. *Acoustics Australia*, 37(3), 93-97.

(<http://www.sinab.unal.edu.co:2108/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=13b2c42e-d29e-4f4a-8165-da8a9ed2f067%40sessionmgr114&vid=2&hid=107>)

Tinsley, R. W. (1998). Duct liner: problem or solution?. *Heating/Piping/Air Conditioning*, 70(5), 65-70.

(<http://www.sinab.unal.edu.co:2108/ehost/detail?sid=5c3ced2f-d862-4609-8ff0-3e899141ffe5%40sessionmgr110&vid=1&hid=107&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=ofm&AN=500369044>)

Di Liu, Fu-Yun Zhao, Han-Qing Wang, Ernst Rank, Turbulent transport of airborne pollutants in a residential room with a novel air conditioning unit, *International Journal of Refrigeration*, Available online 23 April 2012, ISSN 0140-7007,

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700712000928>)

PCE Iberia, “Definición de la calidad del aire y el CO₂” [En Línea]

Disponible en la web: (<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/definicion-calidad-aire-y-co2.htm>)

Reitec, “Humedad Relativa” [En Línea]

Disponible en la web: (<http://www.reitec.es/V2/Pdf/agua02.pdf>) Pag. 1

Aire Acondicionado y Refrigeración “Diseño de Ductos” [En Línea]

Disponible en la web: (<http://html.rincondelvago.com/aire-acondicionado-y-refrigeracion.html>) Pag. 1

Castro Laura, Ventilación “Artificial o Forzada” [En Línea], Mayo de 2009

Disponible en la Web: (<http://es.scribd.com/doc/14976716/ventilacion-artificial-o-forzada4>) Pag. 3 – 4

“Flujo de Aire y Diseño de Ductos”, [En Línea]

Disponible en la Web: (<http://www.buenastareas.com/ensayos/Flujo-De-Aire-y-Dise%C3%B1o-De/2195384.html>) Pag. 2 – 5

“Sistema de Distribución del Aire”, [En Línea]

Disponible en la

Web: (<http://www.emc.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=9&codigo=29&fichero=1082540441929>)

Pag. 2 – 4

7.1. Bibliografía Consultada

OMS, “Calidad de Aire Salud”, Nota descriptiva No. 313, [En Línea]

Septiembre de 2011, Disponible en la

Web: (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>)

SODECA, “Ventiladores Centrifugos y Extractores” [En Línea]

Disponible en la web:

(http://www.sodeca.com/downloads/novedades/Centrifugos_2011.pdf)

SALVADOR ESCODA, “Manual Práctico de Ventilación” Catálogo técnico [En Línea]

Disponible en la web: (<http://www.salvadorescoda.com/tecnico/ve/Manual-Ventilacion.pdf>)

“Diseño, Instalaciones y Elementos de Seguridad” [En Línea]

Disponible en la web: (<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6296/6/05.pdf>)

“Ventilación Mecánica”, [En Línea]

Disponible en la web: (<http://micigc.uniandes.edu.co/Construccion/hidsave/ventila.htm>)

“Sistemas de Seguridad y Confortabilidad” [En Línea]

Disponible en la web

(http://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/cesvimap/ficheros/CFSistemas_seguridadExtracto.pdf)

Asociación Colombiana del Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración, “Revista acaire” No. 56 Marzo – Abril 2009 [En Línea]

Disponible en la web: (<http://www.acaire.org/revistaacaire56/pdf/RevistaAcaire56.pdf>)

Jinping Zhang, Angui Li, CFD simulation of particle deposition in a horizontal turbulent duct flow, Chemical Engineering Research and Design, Volume 86, Issue 1, January 2008, Pages 95-106, ISSN 0263-8762,

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876207000032>)

Jae Hong Park, Ki Young Yoon, Kwang Chul Noh, Jeong Hoon Byeon, Jungho Hwang, Removal of PM2.5 entering through the ventilation duct in an automobile using a carbon fiber ionizer-assisted cabin air filter, Journal of Aerosol Science, Volume 41, Issue 10, October 2010, Pages 935-943, ISSN 0021-8502,

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850210001655>)

Haukur Ingason, Ying Zhen Li, Model scale tunnel fire tests with longitudinal ventilation, Fire Safety Journal, Volume 45, Issues 6–8, November–December 2010, Pages 371-384, ISSN 0379-7112,

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711210000664>)

Keywords: Model scale; Tunnel fire; Longitudinal ventilation; Heat release rate