

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE LA CABINA DE PINTURA
DE UN TALLER AUTOMOTRIZ
DE ENDEREZADO Y PINTURA”

Tesis presentada por:

ROBERTO ANTONIO GONZÁLEZ DÁVILA

Asesor de Tesis

Ing. Jorge Armando Porres Bolaños

Guatemala, julio de 2004

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE LA CABINA DE PINTURA
DE UN TALLER AUTOMOTRIZ
DE ENDEREZADO Y PINTURA”

T E S I S

Presentada al Consejo de la Facultad
de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar

Por:

ROBERTO ANTONIO GONZÁLEZ DÁVILA

Al conferírsele el título de:

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

En el grado académico de

LICENCIADO

Guatemala, julio de 2004

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

Rector	Lic. Gonzalo de Villa Vásquez, S. J.
Vicerrectora General	Licda. Julia Guillermina Herrera Piña
Vicerrector Administrativo	Arq. Carlos Haeussler
Vicerrector Académico	Dr. René Eduardo Poitevin Dardón
Secretario General	Lic. Luis Quan Mack
Director Financiero	Ing. José Carlos Ricardo Vela Schippers
Director Administrativo	Ing. Otto Vinicio Cruz Porras

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Decano	Ing. Edwin Felipe Escobar Hill
Vicedecano	Ing. Herbert Armando Smith Brolo
Secretaria	Ingra. Ruth Torres Contreras
Director del Departamento de Ingeniería Industrial	Ingra. Yara Argueta
Director del Departamento de Ingeniería Mecánica	Ing. Alejandro Basterrechea
Director del Departamento De Ingeniería Civil	Ing. José Carlos Gil Rodríguez
Director del Departamento de Ingeniería en Informática	Ing. Jorge Arturo Rivera Pérezgil
Director del Departamento de Ingeniería Química	Ing. Ramiro Muralles Araujo
Director de Maestría en Administración Industrial	Ing. Lionel Pineda López
Representante de Catedráticos	Ing. Julio Aguilar Schaeffer
Representante Estudiantil	Br. Julio Barrios

DEDICATORIA

- A Dios:** Por darme la oportunidad de vivir.
- A la Virgen María:** Por ser la guía divina en mi camino.
- A mis Padres:** *Roberto Antonio y Silvia Victoria*, por ser ese ejemplo a seguir, su gran experiencia y sabiduría y por su enorme sacrificio y amor.
- A mi Esposa:** *María Larisa (Mi Neja)*, por ser la mujer de mi vida y su enorme paciencia y apoyo.
- A mis Hijos:** *Larisa María y Roberto José*, por ser la razón de mi esfuerzo y mis dos preciados tesoros.
- A mis Hermanos:** *Luis Alberto, Raúl Armando y Silvia Eugenia*, por su eterno amor e incondicional apoyo.
- A mis Amigos:** por sus consejos y eterna amistad: *Marlon, Stefano, Luiggi, Javier, Herberth, Pedro, Pablo (pollo), Carlos (guari), Armando (marmando), Neri (shaka), Juan Pablo (pijachu), Jorge (Charqueator), Javier, Ximena, Pili, Rosa, Angel, Ramiro Alejandro* y a todos aquellos que no menciono, pero ustedes ya saben quienes son.
- A mis Familiares:** por su apoyo y ejemplo de trabajo, y muy especialmente a mis Abuelitos: *Roberto (†), Maty, Salvador (†) y Gela* por su gran sabiduría.
- A mi Suegra:** *Hilda Lucrecia (†)*, por su gran amor.

Y muy especialmente a Usted.

RESUMEN

El Proyecto de Tesis titulado **“Diseño de la Cabina de Pintura de un Taller Automotriz de Enderezado y Pintura”**, se desarrollo como un aporte a la Facultad de Ingeniería.

El trabajo consiste en el diseño de una instalación que proporcione un ambiente adecuado para la aplicación de pintura automotriz. Al mencionar adecuado implica varios factores como lo son, ambiente libre de partículas, ventilación, calefacción e iluminación adecuadas, ambiente óptimo para el operario de la misma y que cumpla con los requerimientos o parámetros establecidos por las casas matrices fabricantes de pintura automotriz.

Para el diseño de esta instalación, se determinó la aplicación específica de la Cabina, tomando en cuenta el tipo de automóvil a pintar. Seguidamente se analizaron los diferentes tipos de pintura existentes, y se estableció el tipo de pintura a utilizar. De acuerdo a estas dos variables, el tipo de automóvil y pintura a utilizar, se analizaron y seleccionaron factores como lo son, las dimensiones de la Cabina, material de construcción de la Cabina, materiales aislantes del calor, ventilación o velocidad del aire, iluminación y calefacción adecuados. Se compararon hojas técnicas de las especificaciones de la pintura a utilizar y de acuerdo a este tipo se determinó la correcta selección y balance de todos los componentes ya mencionados.

Conjuntamente con el análisis anterior, se realizó un estudio de aspectos teóricos que acompañan a la selección de los factores antes mencionados. Como paso final, se propuso un equipo a utilizar, mencionado el porqué de la elección y los factores específicos que ayudaron a seleccionar dicho equipo. Parte de la información complementaria se presentan una serie de Anexos que contienen información técnica de los cálculos realizados.

Como información complementaria, existe una sección de recomendaciones, las cuales se debe seguir, para la aplicación correcta de la pintura y proporcionar un acabado de primera calidad. Al mismo tiempo los tipos de pintura y la manera de aplicación pueden cambiar, por lo que se recomienda seguir paso a paso los nuevos tipos de pintura existen en el mercado.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 DEFINICIONES IMPORTANTES.....	3
1.4 MARCO TEÓRICO.....	5
El Mantenimiento.....	7
El presupuesto.....	8
Seleccionando el sistema de la cabina.....	8
1.4.1 REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN.....	9
1.4.2 MATERIAL A UTILIZAR.....	12
1.4.3 CALIDAD DEL ACABADO.....	12
1.4.4 EFICIENCIA DE LA CABINA.....	13
1.4.5 DIMENSIONES DE LA CABINA DE PINTURA... ..	15
La Anchura.....	15
La Altura.....	16
La Profundidad.....	16
1.4.6 EL FLUJO DE AIRE.....	17
Requerimientos de aire de la cabina	17
Métodos de diseño de ductos.....	18
Método de igual fricción.....	19
Método de recuperación estática.....	19
Creando la velocidad del aire.....	20
Tipos de ventiladores.....	21
Características de funcionamiento de los Ventiladores.....	23
1.4.7 SISTEMA DE FILTRACIÓN.....	24
Características de filtración.....	24
Pre y Post filtración.....	25
Filtros de succión.....	25
Filtros del cielo.....	25
Beneficios en la utilización de Filtros secos.....	27
Tipos de filtros para cabinas de pintura.....	28
Mantenimiento del sistema de filtros.....	29
1.4.8 CALEFACCIÓN.....	31
Calentadores de aire.....	32
Funcionamiento básico.....	33
Capacidad de los calentadores.....	34
Combustibles.....	34
1.4.9 ILUMINACIÓN.....	36
Intensidad.....	36
Dirección de la luz.....	36
Color de la luz.....	37
Fuente de luz.....	37
Características de la luz.....	38
Índice del color (CRI).....	41

Temperatura correlativa del color (CCT).....	42
Poder de candela.....	44
1.4.10 MANTENIMIENTO.....	45
Antes de pintar.....	45
Preparación.....	45
Pre-pintado.....	46
Pintado.....	46
Fase de secado.....	46
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	47
2.1 OBJETIVOS.....	48
2.1.1 GENERAL.....	48
2.1.2 ESPECIFICOS.....	48
2.2 HIPOTESIS.....	49
2.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	49
2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	50
2.5 APORTES.....	51
3. MÉTODO.....	52
3.1 UNIDADES DE ANALISIS.....	52
3.2 INSTRUMENTOS.....	52
3.3 PROCEDIMIENTO.....	52
4. RESULTADOS.....	53
4.1 FACTORES DEL DISEÑO.....	53
4.2 DIMENSIONES.....	53
4.3 SELECCIÓN DE LA PINTURA A UTILIZAR.....	55
4.4 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA CABINA.....	57
4.5 VENTILACIÓN.....	60
4.6 SISTEMA DE FILTRADO.....	68
4.7 CALEFACCIÓN.....	70
4.8 ILUMINACIÓN.....	74
4.9 PANEL DE CONTROL.....	79
5. CONCLUSIONES.....	80
6 RECOMENDACIONES.....	81
6.1 PINTURAS MODERNAS.....	81
6.2 EVOLUCION CONSTANTE.....	82
6.3 ESPECIFICACIONES DE LAS PINTURAS.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
ANEXOS.....	84
ANEXO 1. TIPOS DE ASPAS DE IMPULSOR PARA VENTILADORES CENTRIFUGOS.....	84
ANEXO 2. VENTILADORES DE FLUJO AXIAL, TUBOAXIAL Y DE ASPAS AXIALES.....	85
ANEXO 3. CARACTERISTICAS TIPICAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN VENTILADOR CENTRIFUGO CON ASPAS CURVAS HACIA ADELANTE	86
ANEXO 4. CARACTERISTICAS TIPICAS DE	

	FUNCIONAMIENTO DE UN VENTILADOR CENTRÍFUGO CON ASPAS CURVAS HACIA ATRÁS.....	87
ANEXO 5.	PARTES DE UN CALENTADOR DE AIRE.....	88
ANEXO 6.	DIMENSIONES PICK-UP.....	89
ANEXO 7.	RESISTENCIA TRMICA DE MATERIALES AISLANTES Y DE CONSTRUCCION.....	90
ANEXO 8.	CORTE DE PARED, DETALLE ENSAMBLE PARED LAMINA Y DETALLE DE PARED Y PISO.....	93
ANEXO 9.	DIAGRAMA DEL SISTEMA DE LA CABINA DE PINTURA.....	96
ANEXO 10.	PREDIDAS POR FRICCION PARA FLUJO DE AIRE EN DUCTOS DE LAMINA GALVANIZADA.....	97
ANEXO 11.	CURVAS DE FUNCIONAMIENTO PARA UN VENTILADOR CENTRIFUGO CON IMPULSOR DE 33 IN. CON ASPAS CURVAS HACIA ATRÁS TRABAJANDO A 1440 RPM.....	98
ANEXO 12.	CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN VENTILADOR CENTRIFUGO TIPICO CON ASPAS DE HOJA DE AIRE.....	99
ANEXO 13.	CAJA DE VENTILACION A TRANSMISION TIPO CVTT, CURVA CARACTERISTICA DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERISTICAS TECNICAS.....	101
ANEXO 14.	FILTROS.....	103

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Debido a la creciente modernización en la tecnología automovilística, es necesario aplicar a los mismos un tipo de mantenimiento preventivo o correctivo, específicamente en el área de la carrocería.

Tomando en cuenta los diferentes tipos de pintura existentes y los diferentes costos de aplicación que de estos implica, se ve la necesidad de crear un tipo de instalación adecuada para la aplicación correcta de la pintura, libre de impurezas, acabados de calidad y satisfaciendo las normas requeridas por los fabricantes de pintura. Al mismo tiempo, entran en estas necesidades, el continuo perfeccionamiento de los acabados, así como las exigencias de los propietarios de los automóviles para que el acabado final sea de excelente calidad y se anule el factor reclamo.

Para satisfacer estas necesidades, es necesario diseñar una Cabina de Pintura adecuada para esta aplicación específica, tomando en cuenta factores como las dimensiones de la misma, materiales de construcción, tipo de pintura a aplicar, aislamientos térmicos, ventilación, iluminación, calefacción, seguridad industrial, todo esto que exista en un balance adecuado y bajo un sistema unificado, para que cada uno de los componentes a analizar forme parte integral de todo el sistema y satisfaga las necesidades óptimas de operación.

El diseño correcto de la cabina, es una inversión que paga muchos dividendos, ofreciendo un ambiente limpio de pintura para una mejor calidad de acabado y un ambiente superior de trabajo para el operario de la misma.

1.2 ANTECEDENTES

Ya que el presente trabajo de tesis es muy específico, no se cuenta con algún tipo de estudio previo sobre este tema.

Cabe mencionar que existe numerosa información con temas relacionados a este proyecto de Tesis en Internet, pero son publicaciones de carácter informativo, no técnico, por lo que se hace esta aclaración.

La información encontrada en Internet, básicamente son páginas de las casas matrices de los componentes después mencionados, dando información como precios, características generales, características de instalación, ventajas y desventajas de los productos, etc., proporcionando únicamente información general.

En las referencias bibliográficas se hace mención a las páginas consultadas.

1.3 DEFINICIONES IMPORTANTES

- ☰ **Cabina de pintura:** local, cuarto, lugar cerrado en donde se aplica pintura a determinados objetos y para aplicaciones específicas. (www.automotive.dupont.com)

- ☰ **Catalizado:** componente catalizador, o sea, que posee aditivos o elementos adicionales a su composición que aceleran su operación. (www.automotive.dupont.com)

- ☰ **Conservación térmica:** dicese cuando en un recinto se mantiene o conserva la misma temperatura el cualquier punto del recinto. (Pita, 1999)

- ☰ **Efecto Venturi:** el efecto Venturi dice que la presión en un fluido (líquido o gas) en movimiento es menor en las zonas donde la velocidad del fluido es mayor. Una explicación simplificada es que al pasar a una zona donde la corriente lleva mayor velocidad, las moléculas del fluido han de usar parte de su energía total en acelerar (convirtiendo parte de esa energía total en energía cinética) y les queda menos energía disponible para ejercer presión. El efecto Venturi es consecuencia de un principio más general, la ley de Bernoulli, por lo que a veces es denominado *efecto Bernoulli*. (Obert,1998)

- ☰ **Nivel de flamabilidad (LFL):** nivel mínimo o temperatura mínima a la cual una substancia es inflamable. (Morrow, 1986)

- ☰ **Overspray:** partículas de pintura que salen de la pistola de pintura a alta presión, pero que no se adhieren a la superficie

a pintar, y flotan en el ambiente o son arrastradas por el extractor de aire en una cabina de pintura.

www.automotive.dupont.com

- ☰ **Resistencia térmica:** la resistencia térmica R de un material es su capacidad para resistir el flujo del calor que la atraviesa. (Pita, 1999)

1.4 MARCO TEÓRICO

Las necesidades de la aplicación - lo que será pintado en la cabina - determina todo sobre el sistema de la cabina.

Los objetos que se pintan en las cabinas de pintura, varían de tamaño. Las capas de pintura son igualmente aplicadas por los humanos y robots.

Sin tener en cuenta la aplicación, la selección cuidadosa del sistema y equipo juegan un papel importante en la actuación exitosa de los acabados ya que todo debe de estar bajo un equilibrio, no sólo para el proceso de preparado y pintado, sino también para un exitoso acabado final.

Para la selección de la cabina y clasificándola según el tamaño, hay que tomar en cuenta ciertos factores. El conocimiento de las instalaciones y el proceso de la producción es importante para escoger el equipo correcto. Es importante tomar el tiempo necesario para entender la aplicación, y cualquier plan a futuro puede influir en la selección de la cabina de pintura.

Los vehículos entran a la cabina de pintura listos para la aplicación de pintura, sin tapicería y accesorios adicionales, adecuados para el proceso de fabricación y reparación de la carrocería, y deben salir con los mejores acabados (Fig. A). Es por ello que una buena cabina de pintura para vehículos de turismo, comerciales o industriales deba reunir una serie de requisitos básicos, a saber:

- ✘ Desde el punto de vista constructivo, tiene gran importancia el espacio y el diseño, tanto del foso como la salida de gases al exterior, de forma que se asegure la ausencia de turbulencias y de

sobrepresiones. La construcción de la cabina debe ser modular, pero sólida.



Fig. A- Vehículo listo para pintar

- ✘ A la hora de fabricar la cabina de pintura es fundamental el empleo de buenos aislantes térmicos y acústicos, tanto en los paneles que conforman el perímetro del recinto de pintura, como en los paneles que conforman el grupo impulsor. Además, la cabina debe tener un acabado que garantice inalteradas las características de funcionamiento a lo largo de su vida (10/15 años) ó 15-20.000 horas de trabajo.

- ✘ El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 750 LUX a la altura del piso.

- ✘ La velocidad de aire en el interior de la cabina hay quien afirma que es la característica fundamental, y debe ser siempre superior a 30 m/s para asegurar una correcta evacuación de gases. Esta magnitud debe asegurar una renovación de aire alrededor de los 150-275 renovaciones/hora. O sea, la ventilación de la cabina debe garantizar una sobrepresión constante y uniforme en el interior del habitáculo, y además se tiene que ajustar al tipo de pintura que se use. Tampoco hay que olvidar que el caudal de aire debe estar de acuerdo al espacio.

- ✘ El techo filtrante de la cabina de pintura debe ser suficientemente amplio para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos, que terminarían afectando al acabado final.
- ✘ La cabina de pintura debe constar de un sistema de calefacción y de regulación que garantice una temperatura constante y uniforme en toda la superficie y a todas las alturas con una diferencia de $\pm 5^\circ \text{C}$.
- ✘ Un buen sistema de control del nivel de saturación de los filtros del techo también es clave en una cabina de pintura.
- ✘ La cabina de pintura tiene que contar con una adecuada superficie de filtros para pintura en expulsión, bien colocados en la zona de paso de aire, que garanticen una retención no inferior al 85-90% de las partículas de pintura 'overspray' que no se depositan.



Fig. B – Iluminación adecuada

Además otros factores como los que sigue:

El Mantenimiento

Todas las cabinas requieren el mantenimiento regular para la actuación óptima. Como un primer paso, evalúe la capacidad del

departamento de mantenimiento o contratista de mantenimiento. Esto influirá en el nivel de sofisticación del equipo requerido.

El Presupuesto

Equilibrando los requisitos de la aplicación y los fondos disponibles ayudarán a identificar la cámara de la descarga más eficaz, flujo aéreo, accesorios adicionales y opciones de la cabina para el trabajo.

Seleccionando el sistema de la Cabina

El primer paso para seleccionar un sistema de cabina apropiado para una aplicación empieza con una investigación de los requisitos de la producción lo cual ayuda a determinar la dirección de flujo aéreo a través de la cabina, así como el método de la filtración apropiado, filtro seco o lavado de agua.

La cabina de pintura es una inversión que paga muchos dividendos, manteniendo un ambiente para el pintor más limpio, un acabado de calidad bueno, medios de productividad creciente, y un ambiente activo superior para el acabador.



Fig. C – Cabina totalmente automatizada

1.4.1 REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

El tamaño y el estilo de vehículo, así como la relación existente entre la pistola de spray y la parte del vehículo a pintar, determinan básicamente la dirección del flujo de aire y al mismo tiempo la velocidad de este mismo a lo largo de toda la cabina de pintura.

Los distintos tipos de cabinas de pintura existentes en el mercado de automoción hoy en día se reducen a las dimensiones del recinto, el tipo de luces, así como la potencia y características del grupo impulsor, pero, en líneas generales, el escaparate es el siguiente:

1. En función del sentido de la corriente de aire en el interior, puede haber varios *tipos* de cabinas de pintura. Se suelen definir:
 - **'Flujo Vertical'** las cabinas cuya corriente de aire bajan desde el techo filtrante hacia el suelo en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de lugares dejados abiertos expresamente.
 - **'Flujo Semivertical'**, caracterizadas porque la corriente de aire baja desde un restringido techo filtrante, colocado en una extremidad en la instalación, y sale al exterior a través de adecuadas aberturas ubicadas estratégicamente en la zona inferior de la pared opuesta al techo filtrante.
 - **'Flujo Horizontal'**, que son aquellas cuya corriente aérea es horizontal al suelo, entrando el aire generalmente a través de marcos filtrantes, colocados en la estructura de las puertas, y saliendo a través de otros marcos también filtrantes ubicados estratégicamente en la pared opuesta. Para más señas, las cabinas de flujo semi-vertical y horizontal se suelen utilizar para

el pintado de vehículos, fabricados industriales o para zonas de preparación.

2. En función del *sistema* de impulsión y de extracción del aire, se encuentran las cabinas de pintura conocidas en el argot como:

Tipo 'Globo', es decir, con sólo un grupo de impulsión de aire (un motor y un ventilador),

Modelo 'Equilibrado', o sea, las que cuentan con un ventilador, grupo impulsor y grupo extractor (dos motores y dos ventiladores).

3. En función del *sistema utilizado para alcanzar la temperatura* deseada en la fase de secado, se pueden distinguir cabinas con renovación total del aire de reciclado, o con renovación parcial del aire interior de la cabina (hay que dejar bien claro que es precisa una renovación mínima del 20% del aire). Pero, prácticamente, todos los modelos de cabina existentes en la actualidad tienen un mismo sistema de trabajo, y todos los pasos de la fase de secado son automatizados, de manera que la única preocupación del operario es pulsar un botón.

En la actualidad, hay una tendencia encaminada al aumento de la productividad consistente en la utilización de arcos automáticos infrarrojos, con los que se logra una reducción de tiempos, sobre todo en el caso de piezas. Teniendo en cuenta que cerca del 80% del trabajo de un taller son golpes sobre piezas que no requieren pintar todo el vehículo, supone un aumento apreciable de la producción.

Respecto al sistema de filtrado, es prácticamente idéntico en todos los modelos, siendo lo más habitual el empleo de filtros secos. Es cierto que existe un sistema de filtrado por cortina de agua, pero está en

desuso.

Hoy en día, las exigencias legislativas medioambientales están extendiendo el empleo de grupos depuradores de carbón activo, gracias a los cuales se reduce drásticamente la expulsión de gases nocivos a la atmósfera exterior.

No obstante, los expertos precisan que la utilización de una cabina de pintura es, indudablemente, uno de los factores que influyen en el acabado de un vehículo, siendo el principal objetivo de un buen profesional un acabado perfecto. Sin embargo, consideran que sería un grave error pensar que por el simple hecho de pintar en una buena cabina se pueden descuidar otros aspectos como la preparación de la lámina, un lijado perfecto, una limpieza tan cuidadosa como para garantizar que ninguna partícula de polvo haya quedado en la superficie a pintar. O sea, preparación y limpieza son dos ingredientes básicos para el acabado final.

El rango de producción, determina la cantidad de vehículos o partes de vehículos que se pueden trabajar en un marco determinado de tiempo, usualmente, por hora, por turno o por día. El rango de producción incluye todo el proceso de producción, incluyendo cualquier cantidad de tiempo usado para el sacado o acabado de la pieza a pintar.

La transferencia de eficiencia, es el porcentaje de material que se adhiere directamente a la pieza pintada, el remanente es lo que se le conoce como “overspray”. El tipo del equipo de aplicación, -- convencional, electrostático o HVLP (high volume, low pressure), -- determina como la pintura es eficientemente transferida de la pistola a la parte a pintar .

Los dos factores mencionados con anterioridad, determinan la selección del flujo de aire a utilizar, así como el tipo de cabina.

1.4.2 MATERIAL A UTILIZAR

El tipo de material que se rocía afecta la opción de filtración o método de la descarga para quitar el overspray de la cabina, y determina si es necesario o no la aplicación de calor para el curado y secado final.

Un filtro seco puede usarse donde el uso material no excede dos galones por hora con el overspray mínimo; esto representa a la mayoría de aplicaciones. Dependiendo del material que es aplicado, la eficiencia removedora varía entre un rango de 95% a 99%.

Si más de un tipo de material está rociándose, es importante asegurar la compatibilidad de los materiales. Las combinaciones de materiales incompatibles en el filtro seco pueden ser una causa de combustión espontánea.

Si el material de la capa exige a un período de calor o movimiento de aire, entonces los calentadores y otros mecanismos de curado también forman parte del sistema completo de la cabina de pintura.

1.4.3 CALIDAD DEL ACABADO

La calidad del acabado de la parte pintada o trabajada, se ha puesto más crítica como los niveles de la expectativa de clientes ha aumentado.

El diseño de la cabina de pintura es un elemento importante. La corriente de aire, dirección, filtración, calefacción, y el equilibrio entre estos factores son críticos para lograr los niveles de calidad deseados.

Pero es importante también comprender que la cabina de pintura es sólo una parte del proceso. Deben diseñarse muchos otros elementos del proceso y deben controlarse para lograr el nivel de calidad deseado. Estos elementos incluyen la preparación y limpieza de la ida del objeto en la cabina, el mantenimiento de la cabina y procesos circundantes, la calidad de aire comprimido a las herramientas (incluso el arma de rocío), la calidad de vestir y equipo que el pintor usa, y la calidad de la pintura o cubriendo las actividades de la preparación. La calidad del acabado sólo puede ser tan buena como el plan y mando del proceso.

1.4.4 LA EFICIENCIA DE LA CABINA

Una cabina de pintura colecciona los sólidos conocidos como las emisiones de partículas. La corriente de aire que mueve a través de la cabilla recoge los sólidos y los transporta al medio de filtración. La fuerza y dirección del aire, la eficacia de la filtración, y las características del equipo de la cabina, no sólo determinan la eficiencia global del funcionamiento de la cabina, sino también la calidad del acabado.

La eficiencia relativa de un sistema de la cabina puede ser alterada por consiguiente haciendo los cambios en:

- el equipo a utilizar (transfiera la eficacia);
- el material a utilizar para cubrir (el porcentaje de sólidos en la pintura), y/o
- el flujo de aire (cfm),

Un factor de eficiencia, la llamada "cuenta de grano ", se utiliza para medir la eficiencia entre la cabina de pintura y el sistema de filtración, el cual estará atrapando las emisiones de las partículas. La

siguiente fórmula es usada para determinar la eficiencia relativa entre este sistema en específico:

$$\text{Granos / pie}^3 = \frac{\text{Peso sólidos (lb)} \times \text{Ineficiencia transmitida} \times \text{Ineficiencia captada} \times (7000)}{60 \text{ minutos} \times \text{CFM}}$$

Fuente: www.automotriz.net

La cuenta de grano normalmente se expresa en granos/1000 pie³, por consiguiente:

$$\text{Conteo de granos} = \text{Granos/pie}^3 \times 1000$$

1.4.5 DIMENSIONES DE LA CABINA DE PINTURA

Determinar el tamaño de la cabina es un paso importante para desarrollar el diseño de sistema. Influirá en la situación de la cabina e influenciará en el tipo de funcionamiento (manual o automático). Revisando el diseño de la localidad y la situación de la cabina propuesta ayudará a determinar si el espacio repartido es adecuado para el tamaño y estilo de la cabina.

Una cabina correctamente dimensionada ayudará al funcionamiento apropiado del sistema y ayudará al operador y al equipo seleccionado a convivir en un ambiente correctamente balanceado. Adecuado significa bastante espacio para el operador de moverse alrededor, inclinarse hacia abajo, agacharse y permitir un movimiento del brazo igualmente fluido. Para una aplicación automatizada, la selección del tamaño correcto proporcionará suficiente espacio al equipo automático a operar eficazmente.

La anchura, altura y profundidad determinan las dimensiones de la cabina.

La anchura

Se debe medir la dimensión de anchura del artículo más grande, incluso con adorno, y se agrega dos pies en cada lado. En las cabinas del múltiple operador se permite un mínimo de 6 a 8 pies de cada parte lateral.

Este espacio permite voltear la parte a pintar si es necesario y permite al operador trabajar cómodamente.

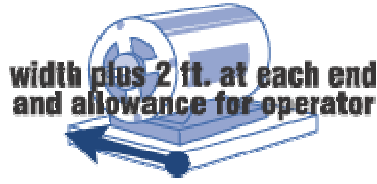


Fig. D - Anchura

La altura

La altura de la cabina es determinada por la altura global del artículo más grande, más la altura de su adorno de tenencia, más o menos de 2 a 3 pies extras.

Esta medida le da a la cabina suficiente espacio y al mismo tiempo al operador a cubrir la cima de la parte a pintar sin cubrir el techo de la cabina. La parte también debe ser bastante alta sobre el suelo para permitir al operador a rociar los bordes más bajos y la parte inferior más fácilmente.



Fig. E - Altura

La profundidad

Para determinar la profundidad adecuada se debe de agregar por lo menos 3 pies a cada extremo de la parte a pintar.

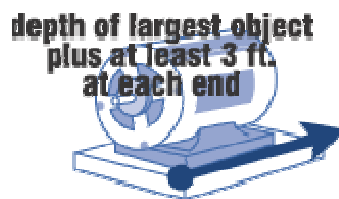


Fig. F – Profundidad

1.4.6 EL FLUJO DE AIRE

Manejar la corriente de aire probablemente es el elemento más importante de una cabina de pintura y su diseño. Se debe de crear un flujo laminar sobre el área de rocío para que el diseño satisfaga las necesidades de producción y al mismo tiempo un acabado de calidad.

Este manejo de la corriente de aire le permite a un pintor conseguir la eficiencia máxima de la pintura rociada. La velocidad debe mantenerse uniformemente y equilibrada.

Requerimientos de aire de la cabina

Un paso crítico en la selección del diseño de la cabina, es establecer la velocidad aérea mínima y los requisitos de volumen. La cabina de pintura debe localizarse de tal manera que permita la entrada apropiada de aire y al mismo tiempo permitir el flujo a través de la cabina.

Una cabina de pintura requiere un diseño de aire mínimo o velocidad, medida en pies lineales por minuto (fpm), y llevar el “overspray” a través de la cabina, más allá del operador o el equipo automático, y lo deposita en el filtro. La velocidad siempre debe ser suficiente para llevar el “overspray” fuera del operador y a la cámara de descarga.

La velocidad posible en una cabina depende del tamaño del ventilador. La mayoría de las cabinas en el mercado, vienen provistas de paquetes de motor y ventilador integrados, diseñados para satisfacer las necesidades de aire de una cabina específica, tomando en cuenta el tamaño y diseño del sistema. Los diseños de aire de las cabinas de

pintura, toman en cuenta presiones estáticas, o sea, la resistencia del aire en las entradas de aire, filtros y todo el sistema de tubería.

La presión estática es la cantidad de resistencia aire que se debe de superar, para que el aire se mueva de un punto A a un punto B. La presión estática en una cabina de pintura se encuentra en dos áreas:

- la succión y filtros de la descarga, y
- la succión y sistema de tubería de la descarga.

La presión estática de cualquier filtro es determinada por cuánto aire atravesará ese filtro. Los filtros de succión de aire para el flujo horizontal son más densos y dejan pasar menos aire que los filtros de la succión para el flujo horizontal o semi-vertical. Por consiguiente, los filtros de succión de aire para el flujo vertical de una cabina, tienen una presión estática mas elevada que los filtros de succión de otro tipo de sistema de aire de cabina de pintura.

Cuando los filtros de succión o descarga de aire se ensucian o se llenan de polvo o partículas no deseadas, la cantidad de aire que atraviesa al filtro disminuye, esto hace que la presión estática aumente. El volumen y velocidad de aire disminuyen, cuando codos, reductores, coplas, etc., se agregan al sistema de tubería. El diseño ideal de un sistema es mantener el sistema de ductos a un nivel mínimo.

Métodos de diseño de Ductos

El primer paso para selección el sistema de ductos, es determinar el tamaño del mismo. Para realizar el diseño requerido, existen dos métodos de diseño de sistemas de ductos, que son el método de igual fricción y el método de recuperación estática.

Método de igual fricción

La base de este método de dimensionamiento de ductos es que se selecciona un valor para la pérdida de presión por fricción, por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa en general en la velocidad máxima permisible en el ducto principal que sale del ventilador, para así evitar demasiado ruido.

Cuando se usa un equipo embalado puede ser que el ventilador tenga una capacidad de presión reducida. En este caso, en lugar de comenzar con una velocidad seleccionada, será necesario calcular la longitud equivalente total del sistema, y a continuación dividir la presión del ventilador entre dicha longitud para encontrar la máxima pérdida por fricción de diseño.

Este método de igual fricción, para diseñar ductos es bastante fácil, y probablemente sea el más usado. Para sistemas que no tienen grandes distancias entre la entrada y primera salida funcionan bastante bien. Sin embargo, si hay distancias grandes entre las salidas al principio y el final del sistema, las que quedan cerca del ventilador tendrán mayor presión. El resultado puede ocasionar dificultades para balancear los flujos y posiblemente también origine ruido excesivo.

Método de recuperación estática

Este método se usa para diseñar sistemas de alta velocidad, con más de 2,500 a 3,000 ft/min. La base de este método para determinar los tamaños de los ductos, es reducir velocidades en cada sección del ducto de modo que el aumento resultante de presión estática sea el suficiente para compensar las pérdidas por fricción en la siguiente fricción. Por lo tanto, la presión estática es la misma en cada unión del cabezal principal.

Una desventaja de este método para el diseño de ductos es que en general da como resultado un sistema con algunas de las secciones de ducto mayores que las que se determinan mediante el método de igual fricción. Sin embargo, para sistemas con grandes velocidades se recomienda este método. Para sistemas de ductos de retorno de aire se usa en general el método de dimensionar por igual fricción.

Creando la velocidad del aire

Para lograr el equilibrio de todo el diseño, un plan debe tener medios de crear la velocidad deseada. Esto es normalmente cumplido con un ventilador en la descarga y suministro de aire.

La velocidad del aire, deben ser suficientes para asegurar que las partículas sólidas y los vapores inflamables se confinan dentro de la cabina de rocío. La configuración del objeto a pintar juega un papel de suma importancia para establecer los requisitos de velocidad del flujo de aire.

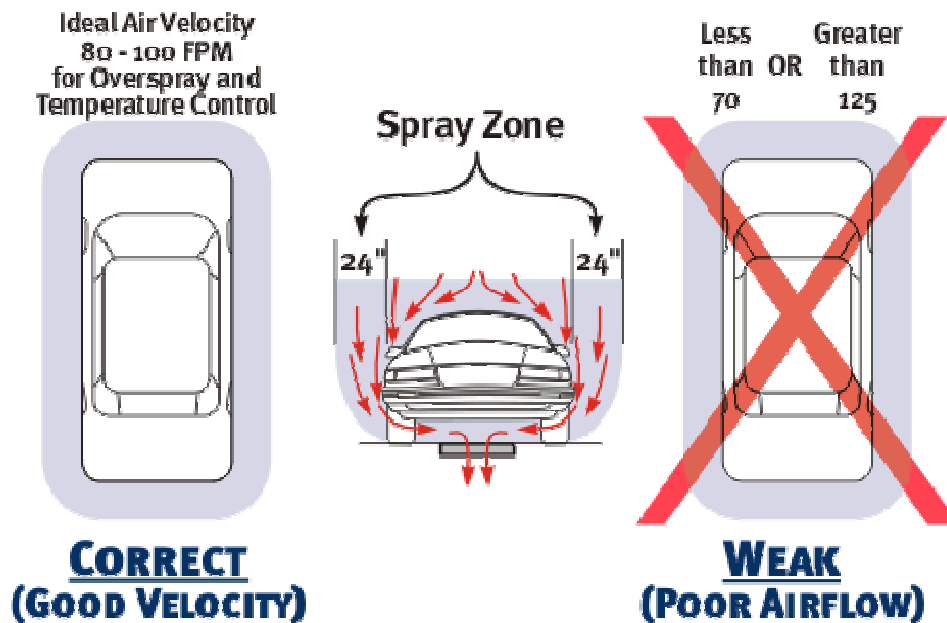


Fig. G – Velocidad correcta

Según especificaciones, una cabina necesita "proporcionar" la ventilación adecuada para mantener la concentración de vapores inflamables o vapores de combustible o lloviznas en la corriente de descarga debajo de 25% del más bajo límite inflamable (LFL) de la pintura.

El volumen de aire que se necesita mover a través de la cabina y en la cámara de la descarga es medido en pies cúbicos por minuto (CFM). La velocidad del aire mínima recomendada para campanas y cabinas de pintura es de 0.75 m/s. (www.automotive.dupont.com)

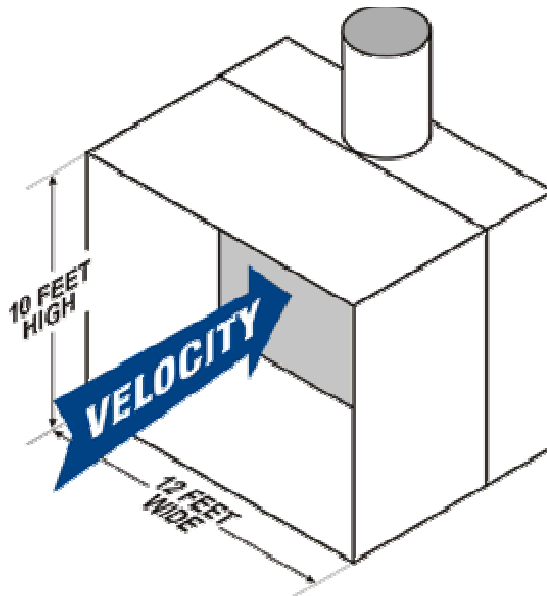


Fig. H – Velocidad del aire

Tipos de ventiladores

Los ventiladores se pueden clasificar en dos grandes grupos: *los ventiladores centrífugos*:

Estos ventiladores puede subclasificarse en:

- curvados hacia adelante
- curvados hacia atrás
- inclinados hacia atrás

dependiendo de la forma de las aspas de su impulsor. Además las aspas curvadas hacia atrás con doble espesor se llaman hoja de aire (airfoil). (Ver ANEXO 1)

Y los ventiladores de flujo axial:

Estos ventiladores se pueden subclasificar en:

- de hélice
- tubo axial
- aspas axiales

La diferencia entre los ventiladores centrífugos y los de flujo axial es la dirección del flujo de aire que pasa por ellos.

En un ventilador centrífugo, se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y a continuación es desviado rápidamente en forma radial de dicho eje. El aire se reúne en una carcasa o caracol, y se concentra en una dirección. En un ventilador de flujo axial, se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y después sale en la misma dirección.

El ventilador de hélice es como un ventilador de ventana, que consiste en un impulsor de tipo hélice montado en un anillo o una placa. El ventilador tubo axial, tiene una rueda con aspas montada dentro de un cilindro. El de aspas axiales, es semejante al tipo tubo axial, pero también tiene álabes de guía detrás de las hojas del ventilador, que mejoran la dirección del flujo de aire a través del ventilador. (Ver ANEXO 2)

Características del funcionamiento de los ventiladores

Existe una resistencia originada por la fricción al flujo de aire que pasa por los ductos. Para vencer esta resistencia, se debe suministrar energía al aire, en forma de presión. Esto se logra mediante un impulsor rotatorio del ventilador, que ejerce fuerza sobre el aire y origina tanto flujo del aire como aumento de su presión.

Al flujo volumétrico del aire que sale, y a la presión que crea el ventilador se les llama características de funcionamiento. Otras características de funcionamiento importantes son la eficiencia y la potencia al freno (BHP, brake horsepower, caballos de potencia al freno).

Es útil conocer el funcionamiento del ventilador para su selección correcta y procedimientos adecuados de localización de fallas. El funcionamiento de los ventiladores se comprende mejor cuando se presentan en forma de gráficas. Las figuras siguientes son curvas típicas de ventiladores centrífugos con álabes curvados hacia delante y hacia atrás. (Ver ANEXO 3 y ANEXO 4)

Algunas características que se pueden observar, están:

1. La Presión desarrollada, tanto por los ventiladores de álabes curvos hacia delante como los curvos hacia atrás, presenta un ligero pico máximo a la mitad del rango de flujos, y a continuación la presión baja cuando aumenta el flujo.
2. La potencia al freno (BHP) necesaria en los ventiladores de álabes curvos hacia delante aumenta bruscamente con el flujo, pero en los de álabes curvos hacia atrás aumenta sólo en forma gradual, llega a un máximo, y después disminuye.
3. Con frecuencia se puede lograr una mayor eficiencia con el ventilador de aspas curvas hacia atrás.

1.4.7 SISTEMA DE FILTRACIÓN

Características de Filtración

Seleccionar el filtro incorrecto para el sistema, o seleccionarlo simplemente por el precio, son factores que pueden producir una reacción en cadena abusiva. Las partículas del overspray que se escapan de ser capturadas, pasan a la próxima fase. En una unidad de pintura de flujo vertical, produce una carga prematura de la recirculación de los filtros, que luego después afecta en la etapa de curado.

El sistema del filtro debe capturar ambas, partículas mojadas y secas, porque un alto porcentaje del overspray, sobre todo en las cabinas de flujo vertical, las partículas están secas hasta alcanzar el sistema de filtración.

La filtración, sobre todo la filtración de la descarga, es crítica a la actuación de un sistema. Todos los filtros están clasificados bajo numerosos criterios incluyendo estas tres características principales:

- *Eficiencia*: la habilidad de un filtro de remover las partículas y el overspray.
- *Capacidad de sostenimiento*: La cantidad de partículas que el filtro puede sostener antes de ser reemplazado.
- *Resistencia estática al flujo de aire*: La cantidad de aire que entra al sistema para su operación.

Pre y Post Filtración

La pre-filtración incluye ambos:

- la succión y filtros del cielo y
- los filtros de la recirculación.

Su propósito es limpiar el aire antes de que pase en la propia cabina.

Filtros de succión

Los filtros de succión se colocan inmediatamente antes de la instalación del soplador, y son a menudo "bolsas" apoyadas por los marcos de metal rígidos.

Los filtros de succión son básicamente contruidos con un material acrílico retardante del fuego, material acrílico que resistirá las temperaturas muy altas, tan alto como 120° C. A menudo son reforzadas con fibra de vidrio. Los filtros tienen una capacidad promedio de filtración y mantienen su efectividad tanto tiempo como el diferencial de presión alcanza los 10 a 12 mm de H₂O. Cuando este valor es excedido el filtro debe considerarse tapado o sobrecargado y debe reemplazarse inmediatamente

Filtros del cielo

Los filtros del techo son típicamente un ensamblaje, que consiste típicamente de una serie de filtros planos localizados en la parte superior de la cabina. Estos filtros están acrílicamente impregnados con un adhesivo que capture las partículas más finas de aire antes de que el aire entre finalmente al ambiente de acabado. Como filtros de succión,

están contruidos para poder resistir una temperatura de 120° C y son retardantes al fuego.

La eficiencia de estos filtros es como de 97 % y una tremenda capacidad garantizada que el aire que sale, sale completamente libre de impurezas.

A la hora de reemplazar el filtro es importante que:

- El montaje del filtro nuevo proporcione un sello perfecto a lo largo de todo el perímetro del filtro y la cabina. Manchas negras que aparecen en un área en particular, indican que el montaje es incorrecto o que la alineación del marco del filtro es la incorrecta.
- Los bordes cortados del material del filtro deben de estar asegurados en el marco del filtro, para prevenir que fragmentos de fibras se desprendan de la parte cortada.

La post-filtración incluye el sistema de filtro de descarga. Su propósito es limpiar el aire antes de que pase de regreso en el quemador, en una unidad de recirculación, o fuera a la atmósfera.

Los filtros de la descarga tienen una eficiencia que alcanza el 99.8 %, y una capacidad de retención increíble de hasta 6 lb/ft².

El viejo estilo de los filtros de descarga de fibra de vidrio son impregnados con un material acrílico para atrapar residuos de pintura seca, con una eficiencia del 85 – 90 %, pero una acumulación máxima de sólo 0.88 lb/ft². Su temperatura de funcionamiento máxima es de 100 °C, y son clasificados en no inflamables. La velocidad máxima de aire recomendada de estos filtros es de 10 pie/s. Los filtros de fibra de vidrio tienen una capacidad de la filtración excelente por atrapar residuos de pintura seca y retienen su efectividad con tal de que el diferencial de presión llegue a (5 mm._H₂O). Cuando este valor es

excedido el filtro debe considerarse tapado o sobrecargado y debe reemplazarse inmediatamente.

Los filtros no son reusables. Algunas señales que los filtros están acercándose al fin de su vida de servicio son:

- La presión es negativa en la cabina.
- El aumento de suciedad en los filtros.
- La inspección visual de los filtros:
 - los filtros se descoloran
 - los filtros empezarán a formar una bolsa de restricción de aire
 - los filtros empiezan a deformarse debido a la gran acumulación de suciedad y al mismo tiempo el sello entre el marco del filtro y la cabina se romperá.

Las razones por la que la vida de los filtros es más corta son:

- La instalación se localiza cerca de un ambiente sucio.
- Proceso de introducción de aire genera contaminación en la cabina.
- Agujero en la tubería de retorno de aire, se encuentra sucia.

2.9.2.3 Beneficios en la utilización de Filtros Secos

- Alta eficiencia en la retención y captura de partículas de pintura
- Baja resistencia al flujo de aire
- Menor acumulación de pintura en el sistema de extracción
- Menor tiempo de parada para mantenimientos
- Pueden ser desechados con los restos de pintura
- Rápido reemplazo
- Bajo costo de reposición
- Bajo costo operativo

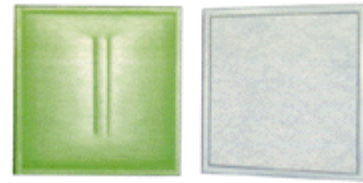
Tipos de filtros para cabinas de pintura

En el mercado automotriz, existen diversas marcas de filtros para cabinas de pintura, pero los tipos más comunes son los siguientes:

Según el fabricante **Technisis**:

FILTROS de ENTRADA de AIRE para PANEL

- Autoadhesivo, ningún cierres requeridos
- Marco soporte interno de alambre
- Medio adhesivo para alta retención de partículas
- Construcción doble capa
- También utilizado como panel difusor de techo en algunas cabinas



MEDIO FILTRANTE DIFUSOR PARA TECHO

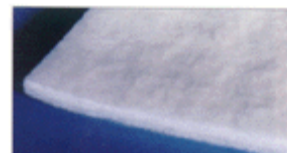
Fmm-600

- Medio difusor principal de la línea de máxima eficiencia con partículas
- Medio denso de poliéster
- Malla de respaldo para prevenir la migración de partículas o de fibras
- Medio adhesivo para retención máxima de partícula



Fmm-300

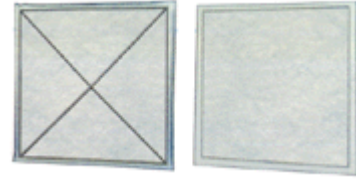
- Medio denso de poliéster
- Malla de respaldo para prevenir la migración de partículas o de fibras
- Medio adhesivo para retención máxima de partículas



PANELES DIFUSORES DE TECHO

Fmm-600

- Marco soporte de alambre del lado del aire saliente

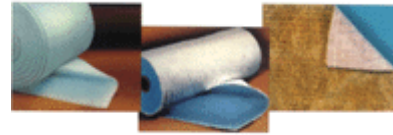


Fmm-300

- Construcción doble capa
- Marco soporte interno de alambre

MEDIOS de RETENCION de PINTURA

Selección entre una variedad amplia de medios para pulverizado de la pintura



- Fibra de vidrio
- Fibra de vidrio sellada con poliéster
- Poliéster AG/PS
- Papel extendido
- Papel extendido revestido con poliéster

Mantenimiento del Sistema de Filtros

El mantenimiento apropiado de filtros proporciona la distribución de aire uniforme adentro de la cabina de pintura, y ayuda a mantener la presión positiva ideal en la cabina de pintura.

La única manera de asegurar la corriente de aire apropiada y un ambiente libre de partículas, es mantener todas las partes del sistema de la filtración en las especificaciones determinadas por el fabricante.

El uso de la cabina, requiere un calendario regular de reemplazo de los filtros. Las especificaciones requieren que el sistema de filtros se inspeccione después de que cada período de uso y los filtros que estén sobrecargados de suciedad, se cambien inmediatamente.

El sistema de filtración debe mantenerse para asegurar su integridad. Siempre deben cambiarse los filtros y los reemplazos deben ser del mismo tipo de medidas y especificaciones. Estos filtros han sido seleccionados como un sistema, y debe mantenerse como tal. Este es un factor abusado mayormente por los usuarios. El sistema se diseñó tomando en cuenta la dirección de la corriente de aire, la presión estática y los parámetros establecidos por los códigos OSHA (Occupational Safety and Health Administration) y EPA (Environmental Protection Agency). Los cambios al sistema afectarán a este en la actuación de todo el sistema de la cabina. Estableciendo un horario para los cambios del filtro es un paso importante hacia asegurar la calidad de terminado.

1.4.8 CALEFACCIÓN

El fin primordial de la cabina de pintura, es satisfacer una atmósfera libre de impurezas y partículas en el aire, y además, proveer una temperatura apropiada para la aplicación de los diferentes tipos de pintura que existen. Para lograr la temperatura, se utilizan calentadores de aire.

La disminución de la temperatura se debe a dos motivos: la transferencia de calor desde el aire caliente del interior hasta el aire frío del exterior a través de paredes, ventanas y demás partes de la construcción, y las fugas de aire frío a través de las aberturas del edificio, es decir, la infiltración.

Para contrarrestar estas pérdidas de calor, se debe agregar continuamente energía al interior de la construcción para mantener la temperatura deseada en el aire. La energía agregada al aire del recinto, es el calor suministrado por el sistema de calefacción. El calor que sale es la pérdida de calor.

Hay tres modos distintos por los cuales puede efectuarse la transferencia de calor:

- *Conducción*, es la forma de transferencia de calor a través de un cuerpo que se presenta sin movimiento alguno del mismo; es el resultado de acciones moleculares o electrónicas.
- *Convección*, es la forma de transferencia de calor que resulta del movimiento global de líquidos o gases.
- *Radiación térmica*, es la forma de transferencia de calor que se presenta entre dos cuerpos separados como resultado de la llamada radiación electromagnética, a la que también a veces se le conoce como movimiento ondulatorio.

La velocidad a la que se transmite el calor a través de una pared, techo, ventana, etc., depende de tres factores:

- La diferencia de temperatura a través de la cual fluye el calor.
- El área de la superficie a través de la cual fluye el calor.
- La resistencia térmica (R) del material a la transferencia de calor.

La transferencia de calor a través de las paredes, techo, piso y demás elementos de una construcción es a través de la capa de aire de un lado de los materiales sólidos y después a través de la capa de aire del otro lado. Además, el elemento constructivo está construido frecuentemente de capas de diferentes materiales. La resistencia térmica global de la combinación se puede calcular muy fácilmente sumando las resistencias térmicas individuales como sigue:

$$(1) \quad R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + R_{\#} \quad (Pita, 1999)$$

donde,

R_0 = resistencia térmica general

$R_1, R_2, R_{\#}$ = resistencia térmica individual de cada componente

Calentadores de aire

Un calentador de aire cumple su función suministrando aire caliente a los recintos de una construcción. Los calentadores se usan mucho en residencias privadas y en reducidas instalaciones comerciales.

Las partes principales de un calentador de aire son:

- El cambiador de calor
- El quemador de combustible

- El soplador
- El aislamiento del sistema

(Ver ANEXO 5)

En algunas ocasiones el calentador de aire puede constar también de un humidificador y un filtro de aire. Los calentadores pueden emplear quemadores de carbón, petróleo gas madera o electricidad como fuentes de calor. La construcción de los calentadores para uso residencial o comercial es semejante, con excepción de los calentadores comerciales que tienen capacidades mayores, son estructuralmente más resistentes, y pueden tener controles más complejos que las unidades residenciales.

Funcionamiento básico

El aire circundante entra al calentador a través de la admisión de aire de retorno. Impulsado por un ventilador, el aire pasa sobre la parte exterior del cambiador de calor, que se ha calentado internamente por los gases calientes de combustión que pasan a través de él. El aire calentado pasa a la salida y por los ductos hacia los recintos de la construcción.

Los gases calientes de combustión, también llamados gases de escape, de chimenea o simplemente gases, que pasan por dentro del cambiador de calor se producen por quemado del combustible. Después que su calor se ha transmitido al aire circulante, los gases escapan a través de un venteo, escape o chimenea hacia el exterior. El venteo puede ser un tubo, una chimenea de lámina metálica, o una chimenea de mampostería. Las unidades de calefacción en las que los gases de combustión se descargan al exterior se llaman equipos

ventilados. Algunas unidades calefactoras, llamadas equipos sin ventilación, descargan los gases de combustión directamente al recinto donde se ubica el calentador.

Capacidad de los calentadores

Los fabricantes especifican la capacidad de calefacción en BTU/h en la salida del calentador. Los calentadores de tipo residencial se consiguen con capacidades desde 35,000 hasta 175,000 BTU/h. Los calentadores comerciales pueden tener capacidades de hasta 1 millón de BTU/h.

Un diseñador del sistema debe conocer el calor neto disponible para calentar un recinto o la construcción, y no la salida bruta del calentador. Se deben tener reservar para cualquier tipo de pérdidas en ductos o por recuperaciones.

Además de la capacidad de calentamiento, se deben determinar los CFM de aire por circular y las pérdidas de presión estática en el sistema de ductos. En general las unidades de calefacción y enfriamiento tienen ventiladores para poder proporcionar el flujo mayor de aire en el verano.

Combustibles

Los tres combustibles fósiles principales que se usan en los calentadores son: gas, petróleo y carbón. El gas y petróleo han desplazado al carbón como combustibles de calefacción, debido a su mayor facilidad de manejo, limpieza y menor producción de contaminantes. El carbón se sigue usando en grandes plantas eléctricas debido a su menor costo.

El diseñador del sistema debe tener en cuenta la disponibilidad, costo, comodidad y efectos contaminantes con los diversos combustibles. Los quemadores con carbón pueden volver a usarse con el objeto de conservar el petróleo y gas, cada vez más escasos. El uso de las unidades a base de leña, aumenta en especial donde la madera es abundante.

Existen dos tipos de calentadores para la aplicación de la cabina de pintura:

- el de fuego indirecto y
- el de fuego directo

El "*calentador de fuego indirecto*", es cualquier calentador en que los gases de la combustión no se mezclan con, o es expulsado a la atmósfera a través de la misma tubería, con ninguna emanación de gases del proceso o material que se está utilizando.

El "*calentador de fuego directo*", es cualquier calentador en que los gases de combustión se mezclan con, y son expulsados a la atmósfera a través de la misma tubería, con gases originados del proceso o material que se está utilizando.

1.4.9 ILUMINACIÓN

Cada fuente de luz puede ser descompuesta en 4 componentes distintos para ser analizada:

- Intensidad
- Dirección
- Color
- Tamaño

Intensidad

La intensidad de la luz puede ser definida simplemente como la cantidad de luz emitida desde una fuente. A medida que se incrementa la intensidad de una luz, desde cero hasta valores muy elevados, comienzan a suceder cosas interesantes a los objetos iluminados por dicha luz.

Dirección de la luz

Imaginar una escena donde existe luz de intensidad y color equivalente, incidiendo sobre un rostro humano en todas direcciones por igual y sobre un fondo negro. ¿Qué se vería? Solamente una silueta bidimensional del rostro recortada sobre el fondo. ¿Por qué? Porque los rayos de igual color e intensidad 'pintarán' todos los lados del rostro con el mismo color y la misma intensidad. Si una sombra tendiera a formarse, sería instantáneamente borrada por los rayos que inciden sobre esa región.

La dirección de la luz proveniente de una fuente puede mejorar la forma del sujeto.

Color de la luz

El color de una luz directa depende de su fuente de irradiación. La luz blanca está compuesta por todos los posibles colores existentes. Un rayo de luz blanca cambiará de color si encuentra un obstáculo que no sea ni blanco ni negro. Si impacta a un objeto blanco, el mismo rayo es reflejado. Si el objeto es de color negro, el objeto absorbe toda la luz, sin importar de qué color era originalmente y nada es reflejado. De manera que básicamente al observar un objeto totalmente negro, se ve de ese color porque no hay luz que ingrese al ojo proveniente de esa dirección.

Fuente de luz

El tamaño de la fuente tiene un efecto preponderante en la sensibilidad general.

Hay dos consideraciones principales al evaluar la iluminación de una cabina de pintura:

- qué características son importantes evaluando la luz, y
- cómo nosotros proporcionamos los varios tipos de luz disponibles

Muy a menudo, cuando se trata de actualizar o renovar el sistema de iluminación de la cabina de pintura, no se le da la consideración apropiada a la misma, y cómo afecta a los resultados del acabado final que el cliente espera, o de ofrecer las características mínimas de los talleres de la competencia. El resultado es una batalla constante con el operario profesional de la aplicación, quien es pedido de por lo menos llegar a los niveles estándares de acabado en un ambiente que satisface pobremente las especificaciones mínimas. La selección del tipo correcto de iluminación puede ser desafiante con la información que se debe saber para cada tipo de aplicación.

Características de la Luz

En 1676, el señor Isaac Newton descubrió que el color es un componente de luz, no del ser del objeto visto. Pasando la luz del sol a través de un prisma, él descubrió el espectro completo del color e identificó siete colores distintos: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo, y violeta. Los colores que nosotros vemos simplemente son una reflexión de una porción particular de la luz que golpea un objeto. La porción de luz que no se ve está absorbida hacia el objeto y se convierte en calor. Sin la luz, el color no existe. Una fuente de iluminación de espectro completo es necesaria para cualquier tipo de análisis del color.

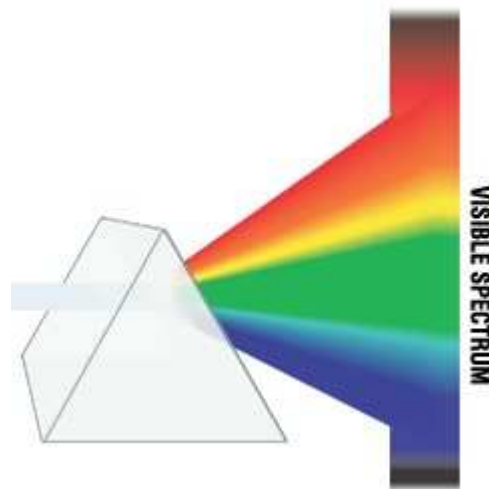


Fig. 1 – Espectro visible

La luz es una forma de energía radiante que pertenece al espectro electromagnético. El sol, tierra, y otros cuerpos celestes radian la energía electromagnética. El espectro electromagnético es una continuación de todas las energías electromagnéticas agrupadas de acuerdo a su frecuencia y longitud de onda. La frecuencia de una onda es el número de ciclos completos que hace en un solo segundo y es medido en Hertz (Hz). La longitud de onda es la distancia de pico a pico de la onda, y es medido en los metros. Los Rayos X, microondas,

televisión y ondas radiofónicas son todas porciones del espectro electromagnético.

Mientras más alta la frecuencia de la onda mayor es el nivel de energía. La longitud específica de la onda también determina su color. Por consiguiente, las ondas de color diferente tienen niveles diferentes de energía. Las longitudes de onda encontradas en la luz visible corresponden a lo siguiente colores:






Menos de 480 nm	-	azules	
480 a 560 nm	-	verde	
560 a 590 nm	-	amarillo	
590 a 630 nm	-	naranja	
630 a 700 nm	-	rojo	

Fig. J – Colores por frecuencia de onda

Algunos colores no son vistos en el espectro completo. Por ejemplo, mezclando el rojo y el azul que están en las esquinas opuestas del espectro visible, produce púrpura y magenta.



Fig. K – Mezcla de rojo y azul

La luz blanca se logra a través de una combinación equilibrada de ondas ligeras que difieren en el color. Mezclando rojo, verde, y azul se creará la luz blanca; estos tres colores son considerados los colores primarios de luz.

Cuando dos colores primarios se combinan un color secundario se produce. La luz amarilla puede producirse a través de la combinación de rojo y verde. El verde combinando con la luz azul produce el azul verdoso. La luz blanca se producirá cuando se sobreponen los colores secundarios.

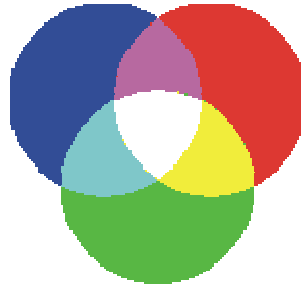


Fig. L – Luz blanca

Por el contraste, la mezcla de pigmentos coloridos es un ejemplo del principio substractivo. Aquí los primarios amarillos, el azul verdoso, y magenta. Cuando se combinó, estos tres pigmentos producen negro.

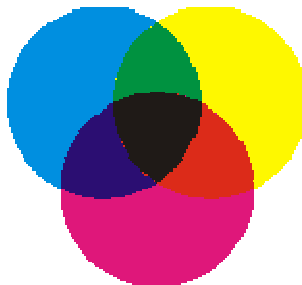


Fig. M – Color negro

Substrayendo del negro se producen nuevos colores. El blanco representa una ausencia de color. Un cuerpo negro absorberá cualquier

color de luz; semejantemente, los objetos blancos reflejan toda la luz. Los objetos coloreados absorben luz de color diferente y reflejan luz de su mismo color. Así, para que un objeto aparezca en un color particular, ese color debe estar contenido en ambos el objeto y la luz en que se ve. Esto es importante ya que las ondas de luz no son visibles, pero su reflexión o emisiones de las superficies son.

La luz del día natural es una verdadera "luz blanca". Su energía es equilibrada a lo largo del rango entero del espectro visible. El valor de una fuente de iluminación es determinado por qué bien él da todo los colores del espectro visible. Artistas prefieren la luz de un cielo norte ligeramente nublado natural. El espectro completo es la reproducción más exacta de luz del sol natural y al mismo tiempo es la que provee el color exacto.

Varios métodos de cuantificar el volumen colorido de una fuente de iluminación particular existen para ayudar a predecir este efecto:

- Índice del color (Color Rendering Index – CRI)
- Temperatura correlativa del color (Correlated Color Temperature – CCT)
- La distribución del poder del espectro

Índice del Color (CRI)

La tasa del Índice del Color da la habilidad de la luz de reproducir el espectro visible entero. Por ejemplo, el sol tiene un CRI de 100. Algo encima de 90 CRI es considerado la iluminación de espectro completo.

El CRI de una lámpara es determinado comparando el cambio en el color con una lámpara de referencia. Se usan ocho muestras normales para la comparación. La lámpara de la referencia y fuente a

comparar, deben tener la misma temperatura correlativa del color. Un CRI de 100 indica la correlación calorífica perfecta.

El CRI es una medida de la calidad de iluminación. El valor es medido entre 0-100, con la luz del día natural y la iluminación incandescente igualadas a 100. Las lámparas que poseen un alto CRI da a los objetos la apariencia de ser más vivos. Generalmente, mientras más alto sea el valor del CRI de una lámpara, menor será la eficiencia de la lámpara.

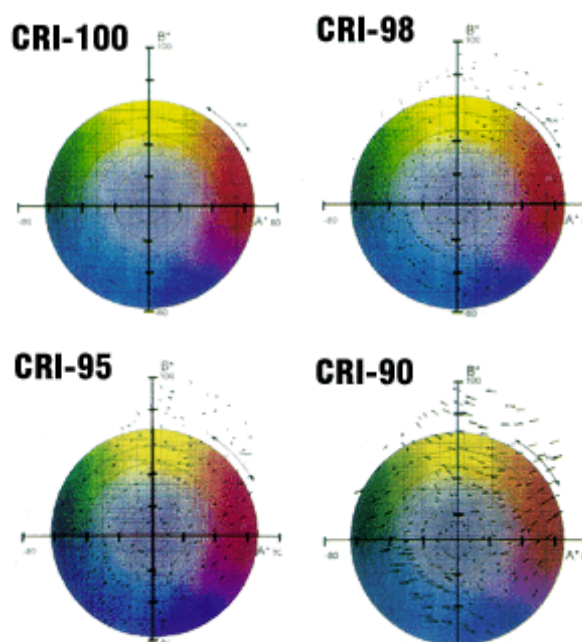


Fig. N – Índice del Color CRI

Temperatura Correlativa del Color (CCT)

La Temperatura correlativa del color mide la temperatura a la que una lámpara quema.

La temperatura correlativa del color es un método de cuantificar el color de una fuente de iluminación. Este método de comparación de color asigna una temperatura en grados Kelvin a un rango de colores

para un radiador de cuerpo negro a la misma temperatura. El radiador del cuerpo negro es un objeto teórico capaz de absorber toda clase de energía que lo pegó y luego re-radiar perfectamente esta energía. A la temperatura de un cuarto el cuerpo negro parece negro, a 800° K parece rojo intenso, a los $3,000^{\circ}$ K parece amarillo, blanco a $5,000^{\circ}$ K, azul pálido a los $8,000^{\circ}$ K, y azul intenso a los $50,000^{\circ}$ K.

Un ejemplo de esto sería un lingote de hierro puesto en un horno. Inicialmente la barra es de color gris oscuro. Como empieza a calentarlo aparece el rojo oscuro. A medida que el calor aumenta la barra brilla a rojo intenso. Gradualmente, con el calor aumentado, la apariencia de la barra cambiará a naranja, pasa a amarillo, y finalmente un color blanco azulado. Este tipo de correlación colorida es la medida exacta del color de un objeto. Técnicamente, este método sólo es aplicable para las fuentes incandescentes. Cuando es aplicado a adornos fluorescentes o luces de descarga de alta intensidad, los términos “temperatura del color aparente” o “temperatura correlativa del color” son aplicados.

La temperatura correlativa del color es una medida de la apariencia colorida de luz, no la temperatura real. Fuentes de iluminación que parecen blanco incandescente a azul-blanco, tienen una temperatura correlativa del color alto (3600° K y mayor) y se describen como "frescas". Fuentes que parecen amarillo-blanco a rojo-blanco tienen una temperatura correlativa del color baja (3400° K y menor) y se describen como "tibio". Se considera que la luz del día está alrededor de 5500° K y las plantas que han crecido bajo esta luz les cae bastante bien. El costo de la lámpara aumenta como la temperatura correlativa del color sube, debido a los materiales de fabricación para las lámparas. Una temperatura correlativa del color de $5,000$ a $6,500^{\circ}$ Kelvin, es considerada de espectro completo.

Poder de Candela

El próximo enfoque por cuantificar un plan de la iluminación está en el nivel apropiado de iluminación. La Candela (o Vela) es la unidad básica de medida ligera. La Vela se describe como la intensidad luminosa de fuente, o la intensidad de luz en una dirección dada. Una vela de cera ordinaria tiene una intensidad luminosa de un Candela en una dirección horizontal.

El flujo proporcional al tiempo de luz se describe como el flujo luminoso. La unidad estándar de flujo luminoso es el Lumen (L). El L difiere de la Vela en eso que es una medida de flujo ligero. Un L es el flujo ligero transmitido en un área de 1 pie² donde cada punto en el área es un pie fuera de una fuente de Candela.

La iluminación es la densidad de flujo luminoso en una superficie. La iluminación es medida en las unidades de footcandle (FC). Un FC es la iluminación en un punto en una superficie que es un pie del perpendicular a una fuente del punto uniforme de una vela.

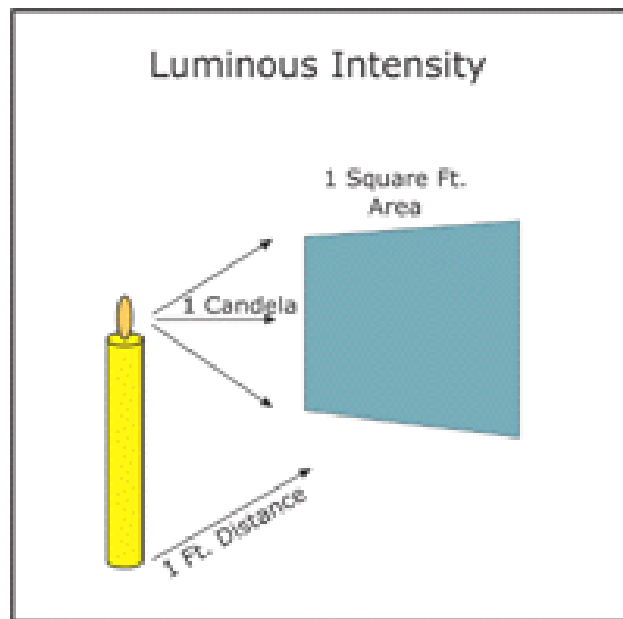


Fig. O – Poder de Candela

1.4.10 MANTENIMIENTO

- Mantener limpias las paredes y las rejillas del suelo para evitar la disminución de luz y la posibilidad de desprendimiento de polvo.
- Asegurarse de que en la cabina haya la adecuada sobrepresión, sustituyendo los filtros secos cuando estén sucios.
- Realizar el programa de mantenimiento seleccionado para el extractor y los diferentes tipos de lámparas que se están utilizando, para garantizar un funcionamiento adecuado de la cabina de pintura.

Antes de pintar

1. Lavar el automóvil anteriormente preparado e introducirlo en la cabina. Encender las luces y poner en funcionamiento el ventilador de impulsión.
- 2.- Cubrir con papel protector y cinta adhesiva las partes que no se vayan a pintar. Recomendamos no usar periódicos, revistas u otros artículos similares.
- 3.- Proteger las ruedas; eliminación del barro, polvo...
- 4.- Desconectar la conducción de los rociadores limpiaparabrisas, pues en caso de cocción a 80° C el vapor expulsado podría dañar el acabado.
- 5.- Repasar el automóvil con paños antipolvo y la zona a pintar con paños antisilicona.
- 6.- Vestir prendas de nylon para evitar la introducción de polvo, usando asimismo gorro para preservar la caída de cabello.

Preparación

- 1.- Seleccionar la pintura.
- 2.- Filtrar el esmalte o pintura.
- 3.- Controlar la viscosidad según las recomendaciones de los fabricantes.

Pre-pintado

- 1.- Utilizar una pistola con boquilla de 1, 2 y a presión no superior a 4 kg/cm²
- 2.- Encender el quemador y regular el índice del termostato a 20° si la temperatura ambiente fuese inferior.
- 3.- Mojar abundantemente el suelo de la cabina si es de obra.

Pintado

- 1.- Dar la primera mano de pintura con 1 ó 2 segundos de viscosidad superior.
- 2.- Diluir la pintura para la segunda y tercera mano.
- 3.- Esperar el tiempo necesario entre manos para evitar el corrugamiento.
- 4.- Con la cabina en marcha, conectar el generador, que se pondrá en funcionamiento, o no, dependiendo de la temperatura seleccionada en el termostato digital de control.
- 5.- Conectar la iluminación. La máquina está lista para trabajar en la fase de Pintado. Al terminar de pintar, desconectar todos los elementos, incluida la iluminación.

Fase de Secado

1. Colocar el selector de trabajo en la posición de secado. Esto hace que module la compuerta de aire para reducir el caudal y aumentar la temperatura.
2. Transcurrido el tiempo seleccionado, el generador y el ventilador se paran automáticamente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el transcurso de los años, la tecnología automotriz ha ido creciendo de manera vertiginosa, no solo en lo que se refiere a partes del motor y tecnología electrónica, sino que las diferentes texturas y acabados de pintura y color, se han ido desarrollando de la mano y satisfaciendo cada vez más los gustos exigentes de los propietarios de los vehículos.

En la actualidad existen diferentes tipos de pintura automotriz, cada una de ellas con sus características y especificaciones, las cuales satisfacen las necesidades de los propietarios de los vehículos y de los operarios de las cabinas de pintura.

Ya que las exigencias del acabado final de calidad son continuamente mayores, y los diferentes tipos de pintura deben de cumplir con ciertos requerimientos mínimos para su aplicación, se plantea la siguiente interrogante: **¿Es requerido diseñar una instalación o Cabina de Pintura para la aplicación de los diferentes tipos de pintura automotriz, satisfaciendo los requerimientos mínimos de los fabricantes y que sea capaz de proporcionar un ambiente libre de partículas, ambiente adecuado para el acabado final y al mismo tiempo condiciones óptimas para el operario de la misma?**

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 GENERAL

- Diseñar una Cabina de Pintura para un Taller Automotriz de Enderezado y Pintura que cumpla con las especificaciones del tipo de pintura seleccionado y proporcione un ambiente libre de impurezas y adecuado para un acabado de calidad.

2.1.2 ESPECÍFICOS

- Seleccionar los diferentes componentes de una Cabina de Pintura Automotriz, tomando en cuenta todos los factores que influyen directamente en su selección.
- Determinar porqué es importante la utilización de una Cabina de Pintura Automotriz, sus consecuencias a no seguir los parámetros establecidos por las casas matrices y si hay razones suficientes para el requerimiento de el diseño de la Cabina de Pintura.
- Establecer por qué es importante el correcto balance de todos los componentes de la Cabina de Pintura.

2.2 HIPOTESIS

Dadas las características descriptivas del proyecto, no es necesario plantear una hipótesis. Según Achaerandio (1995).

2.3 DEFINICION DE VARIABLES

DIMENSIO DE LA CABINA DE PINTURA

Conceptual

Medidas del recinto en donde se aplicará la pintura automotriz. Determinan el volumen de la Cabina de Pintura. (www.automotriz.net)

Operacional

De acuerdo al tipo de vehículo para la aplicación de pintura, se selecciona las dimensiones correctas, longitud, ancho y altura; las cuales varían de acuerdo al tamaño del vehículo modelo.

TIPO DE PINTURA A UTILIZAR

Conceptual

Conjunto de pinturas a utilizar en una cabina de pintura automotriz, las cuales de acuerdo a su composición, poseen diferentes características y parámetros o especificaciones a seguir. (www.automotive.dupont.com)

Operacional

Se manejan varios tipos de pintura, las cuales pueden ser: base sintética, base acrílica o poliuretano. De acuerdo al tipo de pintura a utilizar, se seleccionan los componentes de la Cabina de Pintura.

2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente proyecto de Tesis constituye una propuesta de diseño de una Cabina de Pintura Automotriz, tomando en cuenta factores como dimensión de la cabina, pintura a utilizar, materiales de construcción, ventilación, filtración, calefacción e iluminación, los cuales ayudan a determinar el buen desempeño que esta juega en el proceso de pintura de un automóvil.

Al mismo tiempo pone en práctica numerosos conceptos que se han aprendido a lo largo de los estudios universitarios. No sólo se refiere a conceptos teóricos, sino que al mismo tiempo, en la toma de decisiones, a nivel de ingeniería que esta implica. Hoy en día el estudiante se encuentra con una variedad de elecciones, debiendo escoger la que mejor satisfaga las necesidades requeridas y que también cumpla con los objetivos económicos, técnicos y principalmente, las necesidades básicas o el fin primordial de determinado proyecto.

Dada la magnitud de los diferentes accesorios adicionales que una cabina de pintura implica, este proyecto se limitó a estudiar, analizar y seleccionar los factores antes mencionados que una cabina de pintura debe poseer como mínimo para su funcionamiento correcto y la adecuada aplicación de pintura.

Cabe mencionar que para un posterior estudio de factibilidad del proyecto se debe analizar los siguientes aspectos: análisis de Inversión y Costeo, análisis del Retorno de la Inversión y estudio de Rentabilidad y Productividad. Así mismo se debe realizar un estudio de Impacto Ambiental, Seguridad Industrial y Sistema eléctrico.

2.5 APORTES

El presente proyecto de Tesis es una guía de los factores a tomar en cuenta para el diseño de una Cabina de Pintura Automotriz, y el correcto balance para un acabado de calidad.

Al mismo tiempo, permite a los usuarios tomar en cuenta varias opciones de diseño, no sólo bajo el punto de vista técnico, sino que dependiendo de la aplicación específica se puede seleccionar ciertos accesorios o componentes que hacen a la cabina de pintura, trabajar de una manera más eficiente.

Para los estudiantes de ingeniería, que durante el desarrollo de este diseño, ponen en práctica conocimientos adquiridos en los salones de clase, y es sólo cuando se ponen en práctica estos conocimientos teóricos que el estudiante llega a comprender los fundamentos teóricos de los estudios realizados.

3. MÉTODO

3.1 UNIDADES DE ANÁLISIS

La Unidad de Análisis es un medio de transporte terrestre, de combustión interna, tipo automóvil, sus materiales de construcción, y tipos de pintura automotriz.

3.2 INSTRUMENTOS

- Medidas de Cabinas de Pintura, basados en manuales de especificaciones de dimensiones de automóviles.
- Comparación de tipos de pintura automotriz a utilizar y tablas de colores en base a catálogos proporcionados por fabricantes de pinturas.
- Consultas a empresas fabricantes de Cabinas de Pintura para poder analizar cada una de sus características.
- Programa del Curso de Refrigeración y Aire Acondicionado.

3.3 PROCEDIMIENTO

- i. Se definió el vehículo modelo a utilizar, tomando en cuenta las dimensiones máximas a utilizar.
- ii. Se determinaron las dimensiones físicas de la Cabina de Pintura.
- iii. Se determinó la clase de pintura a utilizar.
- iv. Se seleccionó el material de construcción de la Cabina.
- v. Con los requerimientos o parámetros técnicos de la pintura a utilizar, se seleccionaron los diferentes componentes de la Cabina de Pintura.
- vi. Comparación de las diferentes opciones en cada componente de la Cabina de Pintura.
- vii. Se verificó el correcto balance entre todos los componentes de la Cabina de Pintura.

4. RESULTADOS

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 FACTORES DEL DISEÑO

Para el diseño de la cabina de pintura, se realizó el siguiente análisis tomando en cuenta los siguientes factores:

- Dimensiones
- Pintura a utilizar
- Material de construcción de la cabina
- Ventilación
- Filtración
- Calefacción
- Iluminación

4.2 DIMENSIONES

Para seleccionar una cabina de pintura (para automóviles, camionetas, pick-ups, camiones o motos), las variables que tiene en cuenta el taller son el volumen (longitud, ancho y altura), y el tipo de vehículo.

De acuerdo con el tipo del vehículo, se determinan los valores máximos a utilizar, agregando 1.5 metros a cada dimensión, para que el operario tenga el suficiente espacio de trabajo, y al mismo tiempo de poder movilizar determinados equipos de trabajo para poder finalizar el acabado. Para automóviles, una de las aplicaciones más prácticas es tomar como modelo un automóvil tipo Pick-up de trabajo pesado, doble cabina y palangana larga.

De acuerdo con el ejemplo anterior, la cabina requerida por un Taller de Enderezado y Pintura consta de dimensiones que oscilan entre 6 a 8.5 m. de longitud, 4 a 6.20 m. de anchura, y 2.80 a 3.20 m. de altura.

Para efectos de análisis, como vehículo modelo la selección es la siguiente:

- **Tipo de Automóvil:** **Pick-up**
- **Fabricante:** **Chevrolet**
- **Línea o estilo:** **Silverado 3500**
- **Modelo:** **2000 a 2004**
- **Características:** **Doble cabina y palangana larga**

(Ver ANEXO 6)

De acuerdo con el vehículo anterior y los factores mencionados anteriormente, se selecciona una cabina del siguiente tipo y dimensiones:

- **Tipo de Cabina:** **Flujo vertical (presurizada)**
- **Longitud:** **8 metros**
- **Ancho:** **5 metros**
- **Alto:** **3 metros**

4.3 SELECCIÓN DE CLASE DE PINTURA A UTILIZAR

Actualmente, dentro del área automotriz, existen tres tipos básicos de pintura a utilizar, estos son:

- Base Sintética
- Base Acrílica
- Pintura poliuretana

Dentro del área automotriz, conforme el modelo del automóvil sea de años más recientes, los tipos y tonos de colores se complican cada vez más, y esto es por los tintes y perlas que el color contiene, además de componentes más finos y detalles bien definidos que componen a la textura del color. Es por esta razón que el tipo de pintura más utilizada en la actualidad es la Pintura de base Poliuretano.

En base a lo anterior, se seleccionó el tipo de pintura siguiente:

- ***Base de color DuPont™ ChromaBase®***

De acuerdo con el sitio en Internet www.automotive.dupont.com las características de esta pintura son las siguientes:

Descripción General

ChromaBase® es una base color fácil de usar de secado rápido, con un buen relleno. Proporciona una alta calidad. Está disponible en paquetes para mezcla y en colores preparados de fábrica, para reparaciones de pequeñas imperfecciones, paneles y en repintados en general.

Existe una amplia gama de colores sólidos, metálicos y perlados y de colores de efectos especiales.

Especificaciones (temperatura ambiente 15-20 °C)

Tiempos de secado y oreo

- **Secado al aire**
- **Oreo entre manos: 5 - 10 minutos**
- **Oreo antes de la transparente: 15 - 30 minutos**
- **Oreo antes del franjeo: 30 minutos**
- **Oreo antes de dos tonos: 30 minutos**

Tiempo máximo permisible de secado

- **Antes de aplicar el transparente: 24 horas**
- **Secado forzado: no se recomienda**

Tiempo de vida útil

- **Indefinido (no catalizado).**
- **8 horas (catalizado).**

Aditivos

- **Acelerador: No se recomienda.**
- **Eliminador de ojo de pescado: No se recomienda.**
- **Aditivo flexibilizante: No se requiere.**
- **Retardador: No se recomienda.**

4.4 SELECCIÓN DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA

Originalmente, se creía que el diseño de las cabinas de pintura, constaba de sólo construir una armazón en forma de caja, pero el correcto diseño y construcción de estas cabinas es determinado por los requerimientos de producción, y se logra a través de esto alcanzar los acabados deseados o por consiguiente los problemas que el mal diseño implica.

El fin primordial de una cabina de pintura, es mantener el ambiente a pintar libre de impurezas y de partículas suspendidas en el aire, que ocasionen una contaminación al acabado final. Al mismo tiempo que proporcione un nivel de calefacción necesario para la aplicación correcta de la pintura, o dicho en otras palabras que la cabina posea lo que se denomina “conservación térmica”.

El diseño de las paredes, techo y piso de la cabina de pintura influye de manera directa en la conservación térmica. La diferencia se basa concretamente en la pérdida de energía térmica a través de las paredes, piso y techo de la cabina. Esto significa una pérdida de calor en el interior de la cabina, necesitando un sistema de calefacción más eficiente, y que logre mantener los niveles de calor necesarios para la aplicación.

Para lograr el nivel de calor requerido, básicamente consiste en seleccionar los materiales correctos para aislar térmicamente las paredes de la cabina, y así poder conservar el calor necesario adentro de la cabina de pintura.

Para poder determinar los materiales aislantes que se utilizaran en la construcción de la cabina, es necesario definir el concepto de

Resistencia Térmica “R”, la cual nos dice la capacidad de un material para resistir el flujo de calor que lo atraviesa. La siguiente ecuación permite comprender cómo afecta la resistencia térmica a las pérdidas o ganancias de calor de la construcción,

$$(F-1) \quad Q = 1/R \times A \times DT \quad (Pita, 1999)$$

Donde,

Q = velocidad de la transferencia de calor, BTU/h

R = resistencia térmica del material, h-ft² - °F / BTU

A = área de la superficie a través de la cual fluye el calor, ft²

DT = t_c - t_t = diferencia de temperatura por la que fluye calor, desde la temperatura más alta, t_c, hasta la temperatura más baja t_t, ambas en °F.

Como R está en el denominador, los valores altos de R significan baja transferencia de calor (Q), y los valores bajos de R significan transferencia alta de calor. Los materiales cuyo valor de R sean altos, transmitirán el calor a baja velocidad: esto es, son buenos aisladores térmicos. Por lo tanto, para la aplicación de la cabina de pintura, se necesita materiales que sean aisladores térmicos porque reducen las pérdidas de calor, o sea, que posean un valor de R alto.

En la tabla del ANEXO 7, se muestra una lista de las resistencias térmicas de diversos materiales de construcción.

La estructura de la cabina de pintura se fabricará con acero galvanizado, tubos de 1 X 1 plg, y planchas de lámina de 4 x 8 pies calibre 0.60 para las paredes laterales y la parte del techo. Tendrá una estructura de soportación en toda la cabina para poderle dar la consistencia estructural al sistema. **El montaje de las paredes con la estructura se realizará con remaches tipo POP 5/32 plg. Las**

paredes serán construidas tipo sándwich, o sea lámina, material aislante, lámina. El anclaje de las paredes con el piso será fundido. El piso será elaborado con una losa de concreto de 5 cm de espesor.
(Ver ANEXO 8)

El material que se utilizará para aislar térmicamente las paredes de la cabina de pintura es:

- ***Fibra mineral, el cual de acuerdo al espesor utilizado posee una resistencia térmica (R) elevada. Se muestran a continuación algunos valores de R, de acuerdo a su espesor:***

Ancho	Valor de R
<i>2 a 2.75 plg.</i>	<i>7</i>
<i>3 a 3.5 plg.</i>	<i>11</i>
<i>3.5 a 6.5 plg.</i>	<i>19</i>
<i>6.5 a 7 plg.</i>	<i>22</i>
<i>8.5 plg</i>	<i>30</i>

Tabla 4.1 – Valores de R

Fuente: Pita, 1999

4.5 VENTILACIÓN

De acuerdo con el tipo de cabina seleccionado, en este tipo (flujo vertical), existe una entrada de aire limpio por sobrepresión a través de unos filtros en el techo de la cabina, para tratar de evitar, en la medida de lo posible, que los operarios que trabajen en el interior, respiren los componentes de la pintura. (Ver ANEXO 9).

En el suelo se colocará un colector de rejillas de filtrado para evacuar el aire, conectado a un conducto de salida al exterior de unos 11 metros de longitud y 1.2 metros de diámetro.

La extracción del aire nuevamente filtrado, se realiza por el colector antes mencionado, de dimensiones a determinar, sobre el cual debe situarse el vehículo a pintar, para producir corrientes verticales y un movimiento envolvente del aire y así evitar que se disipe la pintura por el resto de la cabina.

De acuerdo con los fabricantes de pintura (www.automotive.dupont.com), se determina la necesidad de una renovación del aire de la cabina de 180 renovaciones/hora del volumen total de la cabina:

$$(F-2) \text{ Caudal } (Q) = \text{Largo} \times \text{ancho} \times \text{alto} \times \text{No. Renov-aire } (m^3/h)$$

(Pita, 1999)

$$Q = 8 \times 5 \times 3 \times 180 = 21,600 \text{ m}^3/h$$

Para determinar la sección de los filtros de entrada de aire, y tomando en cuenta datos técnicos de fabricantes de filtros secos, se efectuaron los cálculos sobre la base de una necesidad de velocidad de 0.5 m/s, lo que lleva a una sección de paso en el techo de:

(Ver ANEXO13)

$$(F-3) \quad \text{Sección (Se)} = \text{Caudal (Q)} / (\text{Velocidad m/s} \times 3600) \quad m^2$$

(Pita, 1999)

$$Se = 21,600 / (0.5 \text{ m/s} \times 3600) = 12 \text{ m}^2$$

Para determinar la sección del colector inferior para la evacuación del aire, se realizó el cálculo sobre la base de una velocidad del aire en el colector de 8 m/s: (según datos técnicos de fabricantes de filtros)

$$Ss = 21,600 / (8 \text{ m/s} \times 3600) = 0.8 \text{ m}^2$$

El conducto de evacuación del aire al exterior debe ser de 1.2 m de diámetro y sale por el tejado a través de una chimenea, protegida por un sombrete.

La pérdida de carga calculada para el sistema se calcula por medio de tablas, en donde se grafica el diámetro del ducto, los CFM, velocidad del aire, y las pérdidas por fricción. (Ver ANEXO 10).

La pérdida de carga en el sistema de filtrado es de 32 mm c.d.a. La pérdida de carga originada por la longitud del conducto es de 1.88 mm c.d.a. La pérdida de carga a causa del codo de 90° es de 2.25 mm c.d.a. y a causa del sombrete final es de 7.51 mm c.d.a. La pérdida de carga total del sistema se calcula en 43.64 mm c.d.a.

Creando la Velocidad de Flujo

Para lograr el equilibrio de todo el diseño, un plan debe tener medios de crear la velocidad deseada. Esto es normalmente cumplido con un ventilador en la descarga y suministro de aire.

La velocidad del aire, deben ser suficientes para asegurar que las partículas sólidas y los vapores inflamables se confinan dentro de la cabina de rocío. La configuración del objeto a pintar juega un papel de suma importancia para establecer los requisitos de velocidad del flujo de aire.

Según especificaciones, una cabina necesita "proporcionar" la ventilación adecuada para mantener la concentración de vapores inflamables o vapores de combustible o lloviznas en la corriente de descarga debajo de 25% del más bajo límite inflamable (LFL) de la pintura. (www.automotive.dupont.com)

El volumen de aire que se necesita mover a través de la cabina y en la cámara de la descarga es medido en pies cúbicos por minuto (CFM).

La fórmula para determinar el volumen de aire en la descarga es:

$$(F-4) \text{ CFM (pies cúbicos por minuto de aire) = Area } \times \text{ Velocidad}$$

(Pita, 1999)

donde, el área es el área de la sección transversal en pies cuadrados de todas las aberturas de la cabina de pintura.

La velocidad de movimiento del aire es medida en pies por minuto (FPM). Los pies Cúbicos por minuto (CFM) es el volumen de aire que mueve a través de la cabina.

Para calcular los requisitos para la cabina en pies cúbicos por minuto, se multiplica el área transversal de la cabina en pies cuadrados por la velocidad del aire a través de la cabina en pies por minuto:

$$(F-5) \text{ CFM = Area (ft}^2\text{) } \times \text{ FPM}$$

(Pita, 1999)

La Corriente de aire de la descarga

El sistema de descarga debe promover la corriente de aire completamente equilibrada alrededor del objeto, incluso el frente, parte de atrás y a los lados. Irregularmente la corriente de aire equilibrada crea condiciones que animan la migración del overspray desenfrenada hacia el acabado de la pintura.

En cada parte del sistema, deben mantenerse todas las partes del sistema de la filtración bajo las especificaciones requeridas. Ésta es la única manera de asegurar la corriente de aire apropiada y un ambiente partícula-libre.

En las cabinas de tipo “Flujo vertical”, la configuración preferida es un agujero de longitud continua, para minimizar las zonas muertas de rocío del vehículo.

Como se dijo anteriormente, para lograr el flujo de aire, se realiza mediante un ventilador.

Las características de cada uno de los tipos de ventiladores se describieron con anterioridad en el marco conceptual.

Selección del tipo de ventilador

La selección del tipo de ventilador para determinada aplicación depende de las características y de otras particularidades, que se describen a continuación:

- Los ventiladores de hélice no pueden crear altas presiones, y por lo mismo se usan cuando hay poco o nada de ductería. Su costo es bajo, y sus aplicaciones típicas son como ventiladores de

escape de pared o de ventana. Los ventiladores centrífugos son los que se usan con más frecuencia en los sistemas de acondicionamiento de aire con ductería.

- Los ventiladores con aspas curvas hacia delante tienen en general menor costo inicial, que los de tipo curvo hacia atrás, para las mismas características de funcionamiento. Sin embargo, con frecuencia es mayor el costo de operación debido a su menor eficiencia. Estos ventiladores se usan con frecuencia en unidades embaladas de acondicionamiento de aire debido a su bajo costo.
- Los ventiladores centrífugos con álabes curvadas o inclinadas hacia atrás en general son más costosos que los curvados hacia delante, pero normalmente tienen menores costos de operación debido a su mayor eficiencia. Los ventiladores de hoja de aire son los más eficientes de todos los tipos.
- Los ventiladores tubo axiales y de aspas axiales se pueden usar en los sistemas con ductos. La distribución del aire en los primeros es dispareja, por lo que no son adecuados para los sistemas de acondicionamiento de aire. Los ventiladores de aspas axiales sí son adecuados. En general producen un mayor nivel de ruido que los ventiladores centrífugos, por lo cual podrían necesitar de mayores medidas para reducirlo. Su construcción física compacta es útil cuando se tienen limitaciones de espacio.

Capacidad del ventilador

Una vez seleccionado el tipo de ventilador, el siguiente paso es seleccionar al tamaño adecuado del mismo para determinada aplicación.

El fabricante presenta la capacidad del ventilador, como curvas de funcionamiento para cada tamaño. Las curvas de funcionamiento permiten que el ingeniero visualice fácilmente los cambios en la presión estática, potencia y eficiencia. Cada curva del ventilador representa el

funcionamiento a una velocidad específica del ventilador y determina la densidad del aire. La capacidad de los ventiladores se da en general para aire en condiciones normales: densidad de 0.075 lb/pe³ a 70 °F y 29.92 plg. de Hg. (Ver ANEXO 11)

Las tablas enlistan el funcionamiento del ventilador a diferentes velocidades, y por lo tanto sustituyen un gran número de curvas. Por esta razón para la selección de ventiladores las tablas se usan con más frecuencia que las curvas. (Ver ANEXO 12)

Para seleccionar un ventilador, se calcula primero la resistencia del sistema de ductos, en forma de presión estática. A continuación se usan los datos del fabricante para seleccionar la unidad que produzca el flujo (CFM) necesario contra la resistencia de la presión estática del sistema. En efecto, el ventilador debe desarrollar una presión estática (o presión estática externa) y un flujo igual a las necesidades del sistema. Se puede seleccionar también el ventilador sobre la base de la presión total, en lugar de sobre la presión estática. Cualquiera de ellas es satisfactoria, para los sistemas de baja velocidad. Para los sistemas de alta velocidad, es más exacto usar la presión total.

Dado el gran volumen de aire a entregar y para que el nivel de ruido no fuera excesivo, se optó por dividir el caudal entre dos cajas de ventilación a transmisión del tipo CVTT a pocas revoluciones.

Determinamos instalar dos cajas en paralelo en una de las paredes de 5 m., impulsando aire en el techo.

Tomando en cuenta estas características, se selecciona el equipo siguiente:

Motor con ventilador centrífugo a transmisión. Potencia de motor 3 Hp.

Cubre un margen de caudal desde 4000 hasta 32.000 m³/h. Cubre un margen de presión estática hasta 60 mm c.a. Se puede suministrar la caja de ventilación con el ventilador en posición de descarga horizontal o vertical para adaptarse a todo tipo de aplicaciones. Existe la opción de suministrar la entrada con brida circular.

Aplicaciones

Ventilación general de locales como:

- **Comercios**
- **Despachos**
- **Restaurantes**
- **Cocinas industriales**

Construcción

Caja

- **Envoltente de chapa de acero galvanizada**
- **Aislamiento termoacústico de gran calidad a base de melamina.**
- **Puerta de registro con cierres de presión.**
- **Se suministra con la transmisión y eje motor a la derecha visto desde la boca de impulsión. Bajo demanda se puede suministrar el montaje por el lado izquierdo.**

Ventilador

- **Ventilador centrífugo de baja presión, con turbina de alabes hacia delante.**

- **Ventilador montado sobre soportes antivibratorios y junta flexible a la descarga.**

Motor / Transmisión

- **Motor trifásico 60 Hz – de 3 Hp en 230/400 V.**
- **Transmisión por poleas y correas trapezoidales.**
- **Opción de motor monofásico de motores monofásicos 230 V hasta 2 hp.**

(Ver ANEXO 13)

4.6 SISTEMA DE FILTRADO

La mala selección del filtro, así como el factor económico en la selección del tipo de filtro, es una causa de suma importancia para todo el sistema de la cabina de pintura.

La función primordial del filtro es capturar las partículas mojadas y secas que flotan en el ambiente, ya que en una cabina que posee una sobrepresión del aire, o aire entrando a un caudal específico, las partículas que llegan al sistema del filtrado están ya secas, pero al inicio estas partículas están húmedas.

El factor más importante en el sistema de filtración es en la etapa del escape, ya que en algunas oportunidades se recircula el aire, y si este ya está contaminado, todo el sistema estaría contaminado.

Para la selección del filtro se siguen básicamente tres factores:

- *Eficiencia*
- *Capacidad de sostenimiento*
- *Resistencia estática al flujo de aire*

Los factores antes mencionados se describen con detalle en el marco conceptual.

Tomando en cuenta estos factores, se selecciona el tipo de filtro siguiente:

Tipo de filtro: SECO

Fabricante: Technisis

Características

- **Cartón plegado**
- **Dimensiones que el instalador requiera**
- **Mínima resistencia al aire**
- **Velocidad frontal homogénea de 0.5 m/s a 8 m/s**
- **Duración de 6 a veces más que los filtros secos alternativos**
- **Capacidad de retención de hasta 15 Kg/m²**
- **El Efecto Venturi que se crea en su interior debido a su exclusivo diseño de pliegues, permite obtener hasta un 98% del material pulverizado.**

(Ver ANEXO 14)

4.7 CALEFACCIÓN

La OSHA (Occupational Safety and Health Administration) requiere que el compartimiento de trabajo de la cabina de pintura se mantenga un nivel mínimo de temperatura de 65 °F (18.33 °C). De acuerdo a datos proporcionados por los fabricantes de pintura, (www.sherwin-automotive.com), sólo es necesario una temperatura mínima en el ambiente, ya que con los aditivos incluidos en la pintura y el efecto de catalizado, el nivel de humedad no tiene importancia en el ambiente. Para satisfacer esta regulación, es obligatorio que el tipo de calefacción seleccionado se use durante los meses invernales en la mayoría de las áreas.

Además, muchas capas o tipos de pintura requieren el período de secamiento, aún después de la aplicación, para alcanzar su estado de acabado final.

Los tipos de calentadores se describen en el marco conceptual. Para la selección correcta del tipo de calentador se tomó en cuenta el siguiente cuadro de comparación:

Tipos de Calentadores comúnmente disponibles			
Tipo	El calor a través de	Proceso	Notas
Fuego directo (transferencia directa de calor)	Gas natural o propano	El aire gana calor con el contacto directo con la llama	Opción más económica
Fuego indirecto (transferencia indirecta de calor)	El gas natural, propano, aceite y otros combustibles con valor calórico	El aire gana calor pasando alrededor de los tubos de aire caliente directos con una cámara cerrada con la llama	Uselo cuando hay restricciones en cuando al fuego directo, cuando la elección de combustible es limitada o cuando en proceso de calentamiento de aire debe permanecer 100% puro

	Vapor o agua caliente	El aire gana calor pasando a través y alrededor de las tuberías llenas de calor o agua caliente	Alta eficiencia para aplicaciones de baja temperatura cuando existe un quemador con la capacidad del calentador de aire
	Electricidad	El aire gana calor pasando a través y alrededor de un elemento eléctrico de calor	Usese solamente cuando los combustibles alternativos tienen un costo elevado

Tabla 4.2 – Comparación de calentadores

Para determinar la carga de calefacción de la cabina de pintura se realizaron los siguientes cálculos:

Condiciones de diseño

- Temperatura interior de la cabina: 65 °F (18.33 °C)
- Temperatura exterior de la cabina: 59 °F (15.00 °C)
- Temperatura de piso: 50 °F (10.00 °C)
- Construcción de las paredes: Lámina de acero
- Construcción de piso: Losa de concreto
- Detalle de las paredes: Tipo sándwich
- Material aislante: Fibra mineral
- Valores de R ANEXO 7

Paredes

Area = 8 x 3 = 24m² = 258.33 ft²

Diferencia de temperaturas = 6 °F

Componentes de la pared: R

- Película interior del aire 0.68
- Aislamiento (fibra mineral) 7
- Película exterior del aire 0.17
- Lamina 2 x 2.96
13.77

Según fórmula F-1

$$Q_1 = (1/13.77) \times 258.33 \times 6$$

$$Q_1 = 112.56 \text{ BTU/h}$$

Son dos paredes

$$Q_1 = 112.56 \times 2 = \mathbf{225.12 \text{ BTU/h}}$$

Puerta frontal y pared posterior

$$\text{Area} = 5 \times 3 = 15\text{m}^2 = 161.46\text{ft}^2$$

Diferencia de temperaturas 6 °F

Componentes de la puerta y pared:

	<u>R</u>
• Película interior de aire	0.68
• Aislamiento (fibra mineral)	7
• Película exterior del aire	0.17
• Lámina	<u>2 x 2.96</u>
	13.77

Según formula F-1

$$Q_2 = (1/13.77) \times 161.46 \times 6$$

$$Q_2 = 70.35 \text{ BTU/h}$$

Son pared y puerta

$$Q_2 = 70.35 \times 2 = \mathbf{140.70 \text{ BTU/h}}$$

Techo

$$\text{Area} = 8 \times 5 = 40\text{m}^2 = 430.56 \text{ ft}^2$$

Diferencia de temperaturas = 6 °F

Componentes del techo:

	<u>R</u>
• Película interior de aire	0.68
• Lámina	2.96
• Película exterior de aire	<u>0.17</u>
	3.81

Según formula F-1

$$Q_3 = (1/3.81) \times 430.56 \times 6$$

$$Q_3 = \mathbf{678.05 \text{ BTU/h}}$$

Piso

$$\text{Area} = 8 \times 5 = 40\text{m}^2 = 430.56 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diferencia de temperaturas} = 65 - 50 = 15 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Se supone temperatura del suelo} = 50 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Coeficiente global de transferencia de calor para pisos} = 0.10$$

(Pita, 1999)

Según fórmula F-1

$$Q_4 = 0.10 \times 430.56 \times 15$$

$$Q_4 = \mathbf{645.84 \text{ BTU/h}}$$

Para calcular la transferencia total de calor, se suman todas las cargas de calefacción parciales:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_T = 225.12 + 140.71 + 678.05 + 645.84$$

$$Q_T = \mathbf{1689.72 \text{ BTU/h}}$$

De acuerdo con los cálculos realizados, se selecciona un calentador del tipo siguiente:

- **Calentador de tipo Fuego Indirecto (transferencia indirecta de calor).**
- **Capacidad para suministrar 1689.72 BTH/h para poder mantener las condiciones de diseño antes mencionadas.**
- **Se selecciona este tipo de calentador ya que el combustible puede ser gas natural o propano, y necesitamos una pureza del aire del 100%.**

4.8 ILUMINACIÓN

Al seleccionar una lámpara para una aplicación particular, es importante poder predecir su efecto visual. El tipo y cantidad de luz emitidas de una fuente afectan la percepción de colores dada en él.

Varios métodos de cuantificar el volumen colorido de una fuente de iluminación particular existen para ayudar a predecir este efecto:

- *Indice del color (Color Rendering Index – CRI)*
- *Temperatura correlativa del color (Correlated Color Temperature – CCT)*
- *La distribución del poder del espectro*

Cada método anterior es descrito en el Marco Conceptual.

En la escogencia del tipo de iluminación a seleccionar y para el análisis del color exacto, los dos primeros factores son los que se consideran los más importantes.

Usando estos parámetros de evaluación, una fuente de iluminación del espectro completo es una bombilla que tiene un CRI de 90 o mayor, con una temperatura correlativa del color entre 5,000 y 7,500° K.

Tipos de Lámparas

Hay miles de tipos diferentes de lámparas literalmente disponibles, cada una con las muy únicas características y propósitos. La tabla siguiente muestra los tipos de bombillas que generalmente se

utilizan en la industria. Cada grupo tiene diferente eficiencia, rangos de operación y tiempos de vida.

La eficiencia de la lámpara (el brillo y economía) se expresa como una proporción de flujo luminoso total (la cantidad de luz), que se genera de la fuente de la luz, a la potencia en vatios que la lámpara consumió para generarla.

$$(F-6) \quad \frac{\text{Eficiencia de la lámpara}}{\text{Unidad}} = \frac{\text{lm}}{\text{W}} \quad (\text{lumen vatio})$$

(Morrow, 1986)

Por ejemplo, la eficiencia de una lámpara de 40W fluorescente con un flujo luminoso total de 3,100 lm es según F-6:

$$3,100 / 40 = 77.5 \text{ (lm / W).}$$

Las categorías de lámparas y sus atributos				
Lámpara	Vida útil	Temperatura de funcionamiento	Poder del espectro	General
<u>Incandescente</u>	750 a 2,500 horas	Opera bien a cualquier temperatura	Fuerte en las emisiones rojas. Más débil en las emisiones azules.	3 a 10,000 Vatios disponible
<u>Fluorescente</u>	Las encendidas y apagadas frecuentes reducen la duración de la vida. La vida del balasto 15 a 20 años.	Lámparas diseñadas para rangos de operación específicos. Generalmente tienen problemas con el funcionamiento a baja temperatura.	Disponible en cualquiera dado el rango espectral. CRI tan alto como 98.	Disponible en 115 a 16,500 lúmenes (LUX). Hasta 40 diferentes wateajes disponibles en los tamaños standard.

<u>Descarga de alta intensidad (HID)</u>	5,000 a 20,000 horas. Reducido por frecuentes encendidas y apagadas (Hasta 24,000 horas para el sodio de alta presión.)	Cualquier campo de temperatura	Fuerte en azul y la emisión verde. Generalmente emiten luz pálida. (Luz amarilla y blanca con CRI alto para el sodio de alta presión.)	Físicamente pequeño comparó a otros tipos. Potencia en vatios baja y la eficiencia baja. Se apaga con las interrupciones de corriente y no se enciende hasta suficientemente hasta fría.
---	--	--------------------------------	---	--

Tabla 4.3 – Comparación de tipos de lámparas

Niveles de iluminación

Los niveles mínimos de iluminación que deben presentarse en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla siguiente:

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50

Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

Tabla 4.4 – Niveles de iluminación

Fuente: Morrow, 1986

Analizando los cuadros comparativos anteriores, se llegó a la selección siguiente:

- **Tipo de lámparas:** **Fluorescentes**
- **Requerimientos mínimos:** **750 LUX (tabla anterior)**
- **Número de luminarias:** **2 luminarias de 4 lámparas**

La razón de la selección se debe a varios factores, entre los que destacan:

- **Luz considerablemente blanca.**
- **Largo tiempo de vida.**
- **Disponibilidad considerable de wataje y niveles de LUX.**
- **Bajo costo de operación.**
- **Alta eficiencia.**
- **Bajo costo.**
- **Fácil instalación.**

4.9 PANEL DE CONTROL

Las especificaciones del panel de control se analizan y se diseñan en el Sistema Eléctrico, pero básicamente consta de las siguientes características:

- 1 Flipón general para todo el sistema de cabina.
 - 2 Flipones secundarios, 1 trifásico para el sistema de ventilación, y
1 monofásico para la iluminación.
 - 1 interruptor para cada luminaria.
- El sistema de control de la calefacción depende del fabricante del calentador indirecto a utilizar.

5. CONCLUSIONES

- ✓ La correcta selección de los componentes de una Cabina de Pintura juegan un papel importante en la eficiencia de la misma, ya que dependiendo su aplicación, los componentes a escoger son distintos.
- ✓ El tipo de ventilador y por consiguiente la correcta velocidad del aire determinan la adecuada aplicación de la pintura, y esto se relaciona directamente con el nivel de “overspray” que se generará.
- ✓ El adecuado nivel de temperatura garantiza una aplicación de alta calidad, y de acuerdo al tipo de pintura, varía el tiempo de secado de la pintura después de su aplicación.
- ✓ El tipo de lámpara a utilizar debe ser fluorescente, la cual nos proporciona una luz blanca, ya que al momento de estar aplicando la pintura, se necesitan examinar los colores y esta nos proporciona los colores y las intensidades exactas.
- ✓ Los filtros de la descarga son los más críticos, porque si se recircula algún tipo de partícula o polvo, contamina el resto de la cabina, y esto nos provoca un ambiente no adecuado.
- ✓ Los conocimientos adquiridos en clase son de vital importancia para la elaboración de este proyecto y juegan un papel importante en la selecciones de los componentes de la Cabina de Pintura.

6. RECOMENDACIONES

Las crecientes exigencias gubernativas en materia de protección medioambiental están condicionando la concepción, producción y utilización de gran cantidad de productos industriales de uso cotidiano.

En este cambiante contexto tal vez uno de los sectores más afectados sea el relacionado con la especialidad de pintado de automóviles. Las medidas proteccionistas aludidas, cada vez más necesarias para garantizar la vida sobre la corteza terrestre, afectan a todos y cada uno de los actores que intervienen en el proceso de pintado de los vehículos. Se ha preguntado cuál es el papel que juegan las cabinas de pintura como garantes del cumplimiento de las normativas. En qué medida su especialidad resulta fundamental en la protección del medio, y cómo asumen los profesionales de la reparación la tarea que les corresponde desarrollar en este sentido.

Se recomienda el correcto y mantenimiento programado de los filtros, ya que estos garantizan al mismo tiempo el interior de la Cabina y protege de partículas dañinas al medio ambiente.

6.1 Pinturas modernas

E ha mencionado la importancia de los sistemas de filtración en las cabinas de pintura. No obstante, se quiere saber qué ha supuesto para estos recintos de trabajo la incorporación de nuevas bases y componentes en las resinas de las pinturas de última generación (Base Agua, HS, UHS, etc.). La mayoría de los encuestados coincide en señalar que la llegada de estos nuevos productos ha supuesto, sobre todo, un aumento de la calidad de vida de los profesionales que desempeñan su actividad en el interior de las cabinas de pintura.

El adecuado acompañamiento de un sistema de Seguridad Industrial garantiza el correcto funcionamiento de la Cabina, pero principalmente, nos garantiza la preservación de la salud del operario ya que utilizará la vestimenta y equipos de protección necesarios para trabajar con las mejores comodidades.

6.2 Evolución constante

Las cabinas de pintura no son -a pesar del mantenimiento prácticamente invariable de su aspecto exterior- unos equipos inmutables en su configuración técnica. A lo largo de los últimos años, estos recintos de trabajo han tenido que adaptarse a las nuevas exigencias en lo que respecta a las condiciones de trabajo y materiales empleados.

Es necesario mantenerse en contacto con nuevos productos y tecnología que ayudan el mejor desempeño del operario y de la misma Cabina de Pintura.

6.3 Especificaciones de la Clase de Pintura

Es necesario seguir al pie de la letra las especificaciones de los fabricantes de pintura, ya que de acuerdo a su evolución constante estas especificaciones varían y por lo mismo los parámetros a seguir continuamente varían.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 📖 Achaerandio Suazo, Luis (1992). **Iniciación a la Práctica de la Investigación.** (5ta. edición). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

- 📖 Morrow, L. (1986) **Manual de Mantenimiento Industrial** Tomo II. Editorial Continental.

- 📖 Obert, Edward (1998). **Motores de Comcusión Interna. Análisis y Aplicaciones.** (24a. edición). México. Compañía Editorial Continental.

- 📖 Pita, Edgard G (1999). **Acondicionamiento de aire. Principios y Sistemas.** (1era. Edición). México. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V.

Información consultada en Internet sobre el tema:

www.automotive.dupont.com

www.automotriz.net

www.sherwin-automotive.com

=====

Otra información existente sobre el tema:

www.filtrosolucion.com

www.innovativelabs.com

ANEXOS

ANEXO 1

Tipos de aspas de impulsor para ventiladores centrífugos.



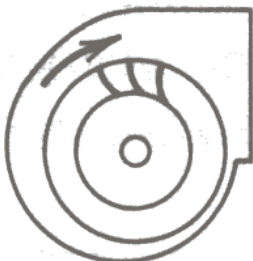
Aspas radiales



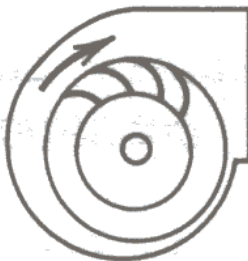
Inclinadas hacia atrás



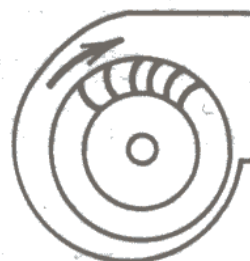
De hoja (o ala) de aire



De punta radial



Curvadas hacia atrás

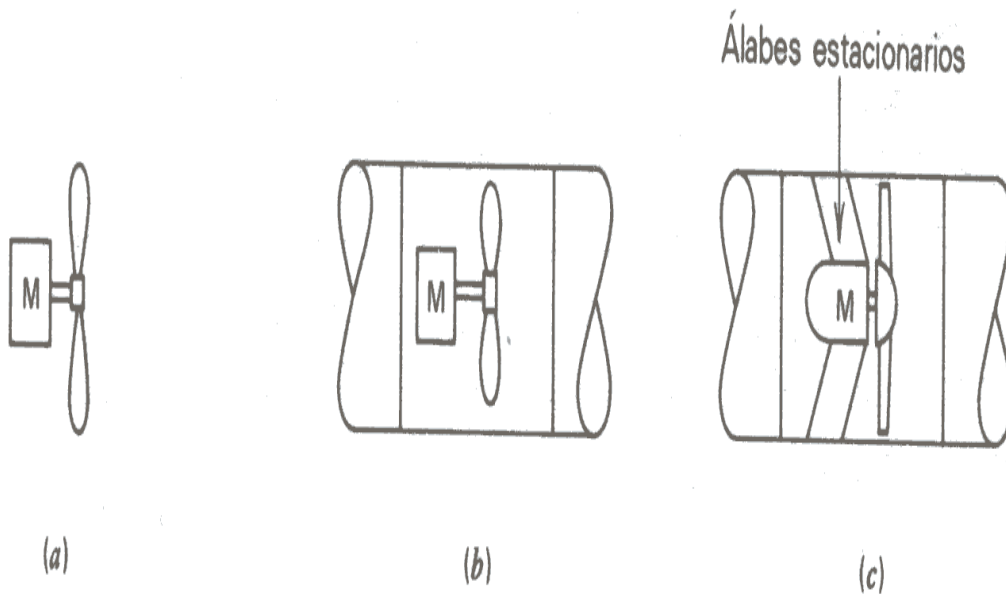


Curvadas hacia adelante

Fuente: Pita, 1999

ANEXO 2

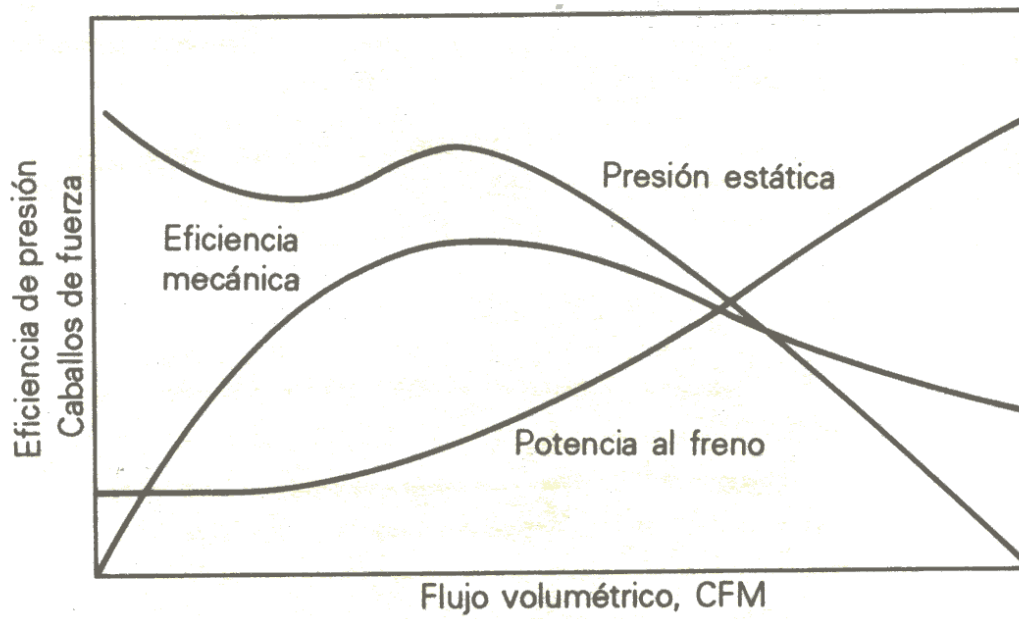
Ventiladores de flujo axial, tuboaxial y de aspas axiales



Fuente: Pita, 1999

ANEXO 3

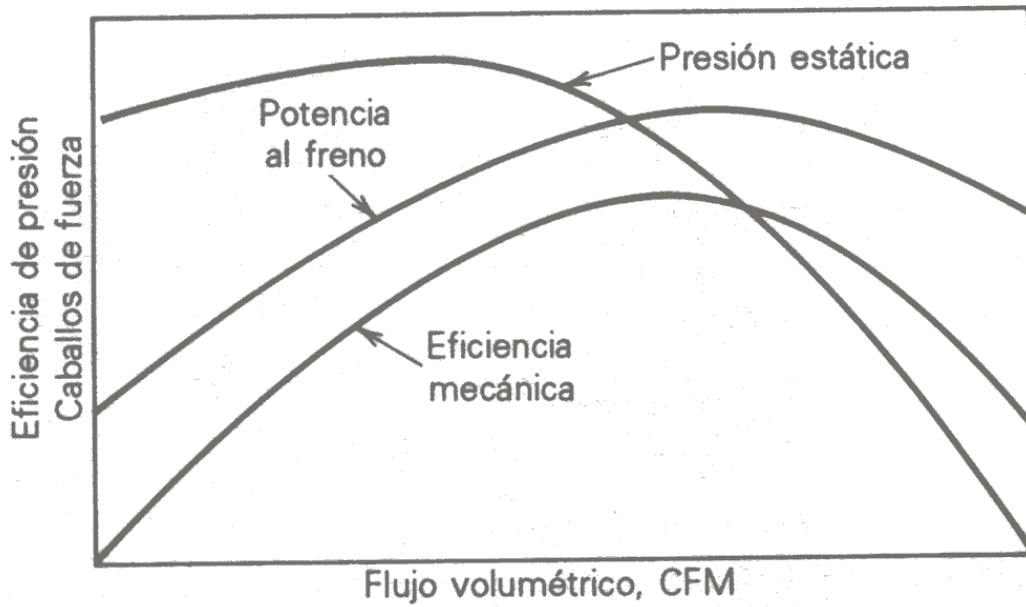
Características típicas de funcionamiento de un ventilador centrífugo con aspas curvas hacia adelante



Fuente: Pita, 1999

ANEXO 4

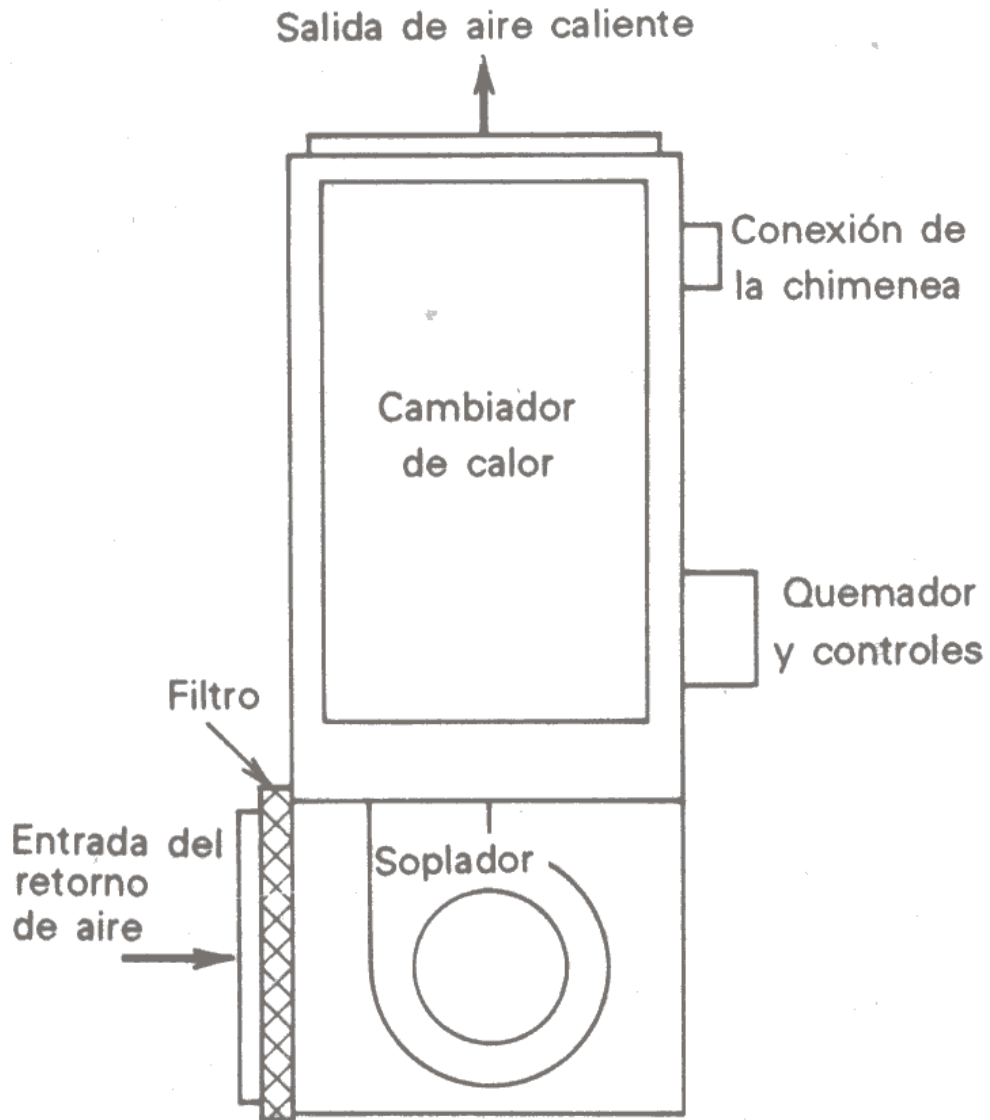
Características típicas de funcionamiento de un ventilador centrífugo con aspas curvas hacia atrás



Fuente: Pita, 1999

ANEXO 5

Partes de un calentador de aire



Fuente: Pita, 1999

ANEXO 6 - Dimensiones Pick-up



119.0" Cabina regular, caja corta
133.0" Cabina regular, caja larga
205.3" Cabina regular, caja corta
224.2" Cabina regular, caja larga



143.5" Cabina extendida, caja corta
157.5" Cabina extendida, caja larga
229.8" Cabina extendida, caja corta
248.7" Cabina extendida, caja larga



153.0" Crew Cab, caja corta
167.0" Crew Cab, caja larga
239.3" Crew Cab, caja corta
258.2" Crew Cab, caja larga



64.8"

De 70.8" a 76.2"
dependiendo de
la serie, el modelo
y el tamaño de la
llanta que se
selecciona



ANEXO 7 Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
TABLEROS			
Tableros, paneles, contrapisos, recubrimientos			
Productos de tabla de madera			
Tablero de asbesto cemento	120	0.25	--
Tablero de asbesto cemento 0.125 in	120	--	0.03
Tablero de asbesto cemento 0.25 in	120	--	0.06
Tablero de yeso 0.375 in	50	--	0.32
Tablero de yeso 0.5 in	50	--	0.45
Tablero de yeso 0.625 in	50	--	0.56
Triplay	34	1.25	--
Triplay 0.25 in	34	--	0.31
Triplay 0.375 in	34	--	0.47
Triplay 0.5 in	34	--	0.62
Triplay 0.625 in	34	--	0.77
Triplay o tableros de madera 0.75 in	34	--	0.93
Tablero de fibra vegetal			
Recubrimiento, densidad regular 0.5 in	18	--	1.32
..... 0.78125 in	18	--	2.06
Recubrimiento, densidad intermedia 0.5 in	22	--	1.22
Recubrimiento para clavar 0.5 in	25	--	1.14
Respaldo de tejamanil 0.375 in	18	--	0.94
Respaldo de tejamanil 0.3125 in	18	--	0.78
Tablero antiruido 0.5 in	15	--	1.35
Tableros de cerámica, simples o acústicos			
..... 0.5 in	18	2.50	--
..... 0.75 in	18	--	1.25
..... 0.75 in	18	--	1.89
Laminados de papel			
Cartón homogéneo de papel reciclado	30	2.00	--
Tablero Duro			
Densidad media	30	2.00	--
Alta densidad, servicio de temperatura, servicio sobrepuesto	50	1.37	--
..... 63	63	1.00	--
Alta densidad, templado normal	55	1.22	--
..... 63	63	1.00	--
Aglomerados			
Baja densidad	37	1.85	--
Densidad media	50	1.06	--
Alta densidad	62.5	0.85	--
Base 0.625 in	40	--	0.82
Contrapiso de madera 0.75 in		--	0.94
MEMBRANAS DE CONSTRUCCIÓN			
Filtro permeable al vapor	--	--	0.06
Sello de vapor, 2 capas de fieltro 15 lb	--	--	0.12
Sello de vapor, membrana plástica	--	--	Negl.
MATERIALES DE TERMINADO DE PISO			
Carpeta y capa fibrosa	--	--	2.08
Carpeta y capa de hule	--	--	1.23
Losetas de corcho 0.125 in	--	--	0.28
Terrazzo 1 in	--	--	0.08
Losetas de asfalto, linóleo, vinilo, hule, asbesto vinílico	--	--	0.05
cerámica			
Madera, acabado de madera dura 0.75 in			0.68
MATERIALES AISLANTES			
Colchoneta y tabla			
Fibra mineral, lana de roca, escoria o vidrio			
aprox. 2 a 2.75 in	0.3 - 2.0	--	7
aprox. 3 a 3.5 in	0.3 - 2.0	--	11
aprox. 3.50 a 6.5 in	0.3 - 2.0	--	19
aprox. 6 a 7 in	0.3 - 2.0	--	22
aprox. 8.5 in	0.3 - 2.0	--	30

Fuente: Pita, 1999

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
Tabla y losas			
Vidrio celular.....	8.5	2.63	--
Fibra de vidrio aglomerada con sustancias orgánicas	4.9	4.00	--
Hule expandido, rígido	4.5	4.55	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie célula	1.8	4.00	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie lisa de piel.....	2.2	5.00	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie lisa de piel.....	3.5	5.26	--
Poliestireno expandido, perlas moldeadas	1.0	3.57	--
Poliuretano expandido (R-11 exp.)	1.5	6.25	--
(espesores de 1 in. o mayores)	2.5		
Fibra mineral con aglomerado de resina	15	3.45	--
Tablero de fibra mineral, fieltro húmedo			
Aislamiento de núcleo o de techo	16-17	2.94	--
Loseta acústica	18	2.86	--
Loseta acústica	21	2.70	--
Tablero de fibra mineral, moldeado húmedo			
Loseta acústica	23	2.38	--
Tablero de fibra de madera o bagazo			
Loseta acústica	0.5 in	--	1.25
Loseta acústica	0.75 in	--	1.89
Acabado interior (tablón, loseta)	15	2.86	--
Madera astillada (cementada en losas preformada)	22	1.67	--
RELLENO SUELTO			
Aislamiento celulósico (papel o pulpa de madera sueltos)			
	2.3 - 3.2	3.13-3.70	--
A serrín o cepilladuras de madera	8.0 - 15.0	2.22	--
Fibra de maderas suaves	2.0 - 3.5	3.33	--
Perlita, expandida	5.0 - 8.0	2.70	--
Fibra mineral (roca, escoria o vidrio)			
aprox. 3.75 a 5 in	0.6 - 2.0		11
aprox. 6.5 a 8.75 in	0.6 - 2.0		19
aprox. 7.5 a 10 in	0.6 - 2.0		22
aprox. 10.25 a 13.75 in	0.6 - 2.0		30
Vermiculita exfoliada	7.0 - 8.2	2.13	--
.....	4.0 - 6.0	2.27	--
Aislamiento de techo			
Preformado, para uso sobre cubierta			
Se consiguen diferentes aislamientos de techo en diferentes espesores para llegar a los valores C que se mencionan. Consultar con los fabricantes para conocer el espesor real de su material			1.39 a 8.33
MATERIALES DE MAMPOSTERÍA			
Concretos			
Mortero de cemento	116	0.20	--
Concreto con yeso y fibra: 87.5% de yeso y 12.5% de astilla de madera	51	0.60	--
Agregados de peso ligero, incluyendo pizarra expandida, arcilla o pizarra normal; escorias expandidas; cenizas; piedra pómez; vermiculita; también los concretos celulares	120	0.19	--
	100	0.28	--
	80	0.40	--
	60	0.59	--
	40	0.86	--
	30	1.11	--
	20	1.43	--
perlita, expandida	40	1.08	--
	30	1.41	--
	20	2.00	--
De arena y grava o agregado de piedra (secado al horno)	140	0.11	--
De arena y grava o agregado de piedra (no secado).....	140	0.08	--
Estuco	116	0.20	--

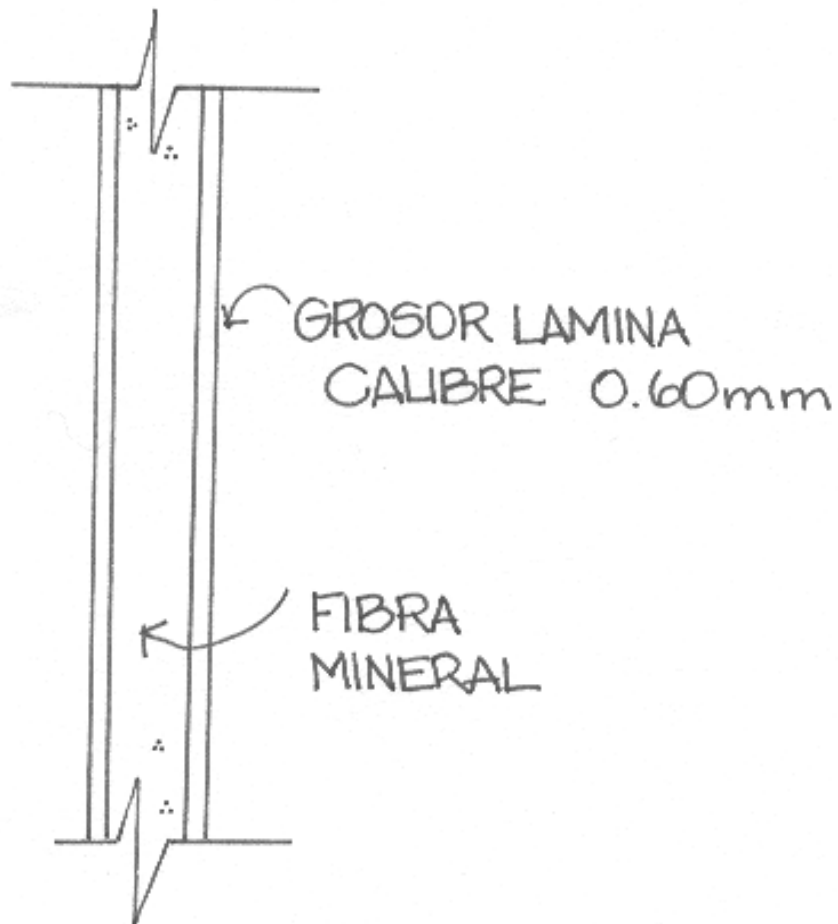
Fuente: Pita, 1999

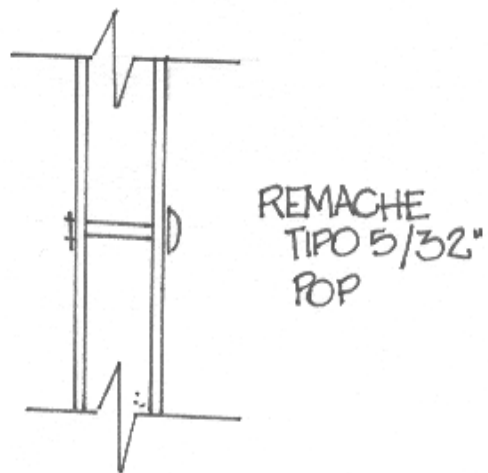
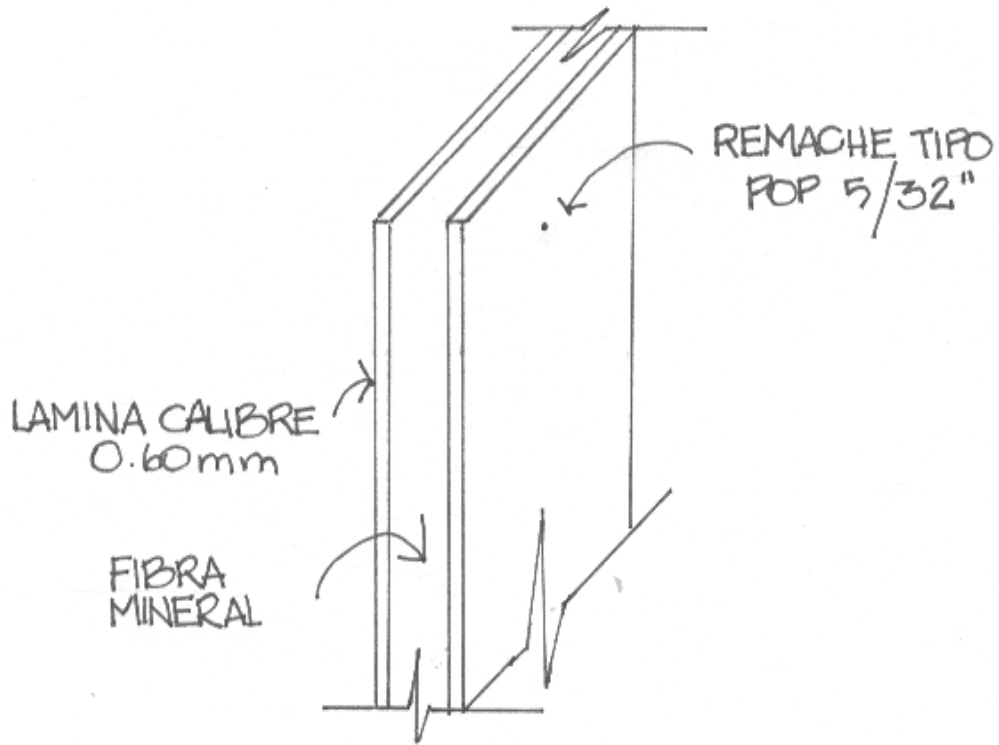
Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
UNIDADES DE MAMPOSTERÍA			
Ladrillo común	120	0.20	--
Ladrillo de vista	130	0.11	--
Loseta cerámica, hueca:			
1 celda de fondo 3 in	--	--	0.80
1 celda de fondo 4 in	--	--	1.11
2 celdas de fondo 6 in	--	--	1.52
2 celdas de fondo 8 in	--	--	1.85
2 celdas de fondo 10 in	--	--	2.22
3 celdas de fondo 12 in	--	--	2.50
Blocks de concreto, tres huecos ovalados:			
Agregado de arena y grava 4 in	--	--	0.71
..... 8 in	--	--	1.11
..... 12 in	--	--	1.28
Agregado de cenizas 3 in	--	--	0.86
..... 4 in	--	--	1.11
..... 8 in	--	--	1.72
..... 12 in	--	--	1.89
Agregado ligero 3 in	--	--	1.27
(pizarra expandida o normal, arcilla o 4 in	--	--	1.50
escoria; piedra pómez) 8 in	--	--	2.00
..... 12 in	--	--	2.27
Blocks de concreto, núcleo rectangular,			
Agregado de arena y grava			
2 huecos, 8 in, 36 lb.	--	--	1.04
El mismo con los huecos rellenos	--	--	1.93
Agregado ligero (pizarra expandida, arcilla, pizarra normal o cenizas, piedra pómez):			
3 huecos, 6 in 19 lb.	--	--	1.65
El mismo con huecos rellenos	--	--	2.99
2 huecos, 8 in, 24 lb	--	--	2.18
El mismo con huecos rellenos	--	--	5.03
3 huecos, 12 in, 38 lb.	--	--	2.48
El mismo con huecos rellenos	--	--	5.82
Piedra, caliza o arena	--	0.08	--
Loseta de partición con yeso:			
3 x 12 x 30 in, maciza	--	--	1.26
3 x 12 x 30 in, 4 células	--	--	1.35
4 x 12 x 30 in 3 células	--	--	1.67
MATERIALES DE ENYESADO			
Cemento blanco con agregado de arena	116	0.20	--
Agregado de arena 0.375 in	--	--	0.80
Agregado de arena 0.75 in	--	--	0.15
Yeso:			
Agregado ligero 0.5 in	45	--	0.32
Agregado ligero 0.625 in	45	--	0.39
Agregado ligero sobre listón metálico 0.75 in	--	--	0.47
Agregado de perlita	45	0.67	--
Agregado de arena	105	0.18	--
Agregado de arena 0.5 in	105	--	0.09
Agregado de arena 0.625 in	105	--	0.11
Agregado de arena sobre listón metálico 0.75 in	--	--	0.13
Agregado de vermiculita	45	0.59	--
TECHO			
Tejas de asbesto cemento	120	--	0.21
Techado de asfalto	70	--	0.15
Tejas asfálticas	70	--	0.44
Techo armado 0.375 in.	70	--	0.33
Pizarra, arcilla 0.5 in.	--	--	0.05
Tejas de madera, simples y con acabado de película de plástico	--	--	0.94

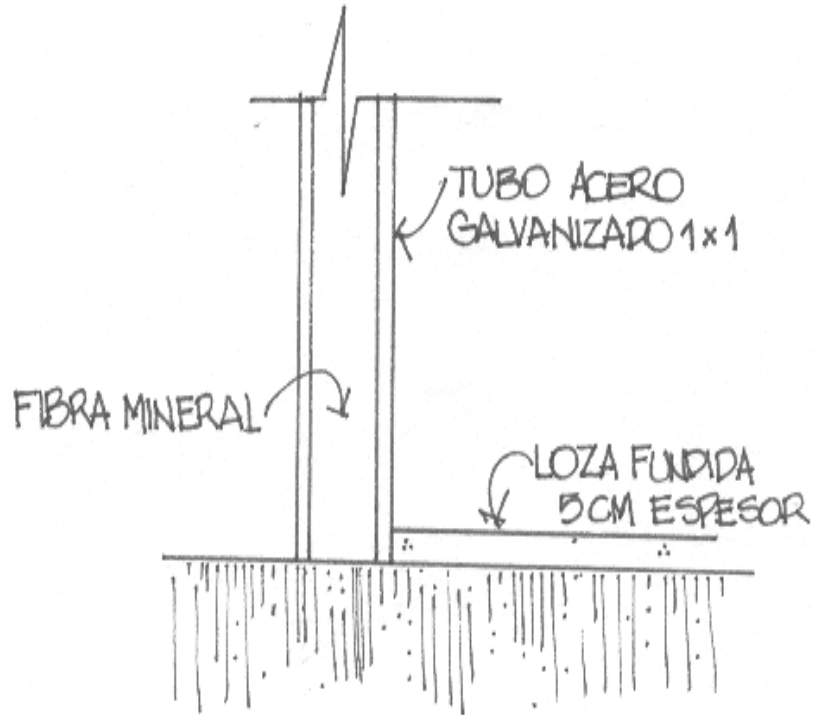
Fuente: Pita, 1999

ANEXO 8

Corte de pared, detalle ensamble pared y lámina y detalle pared piso

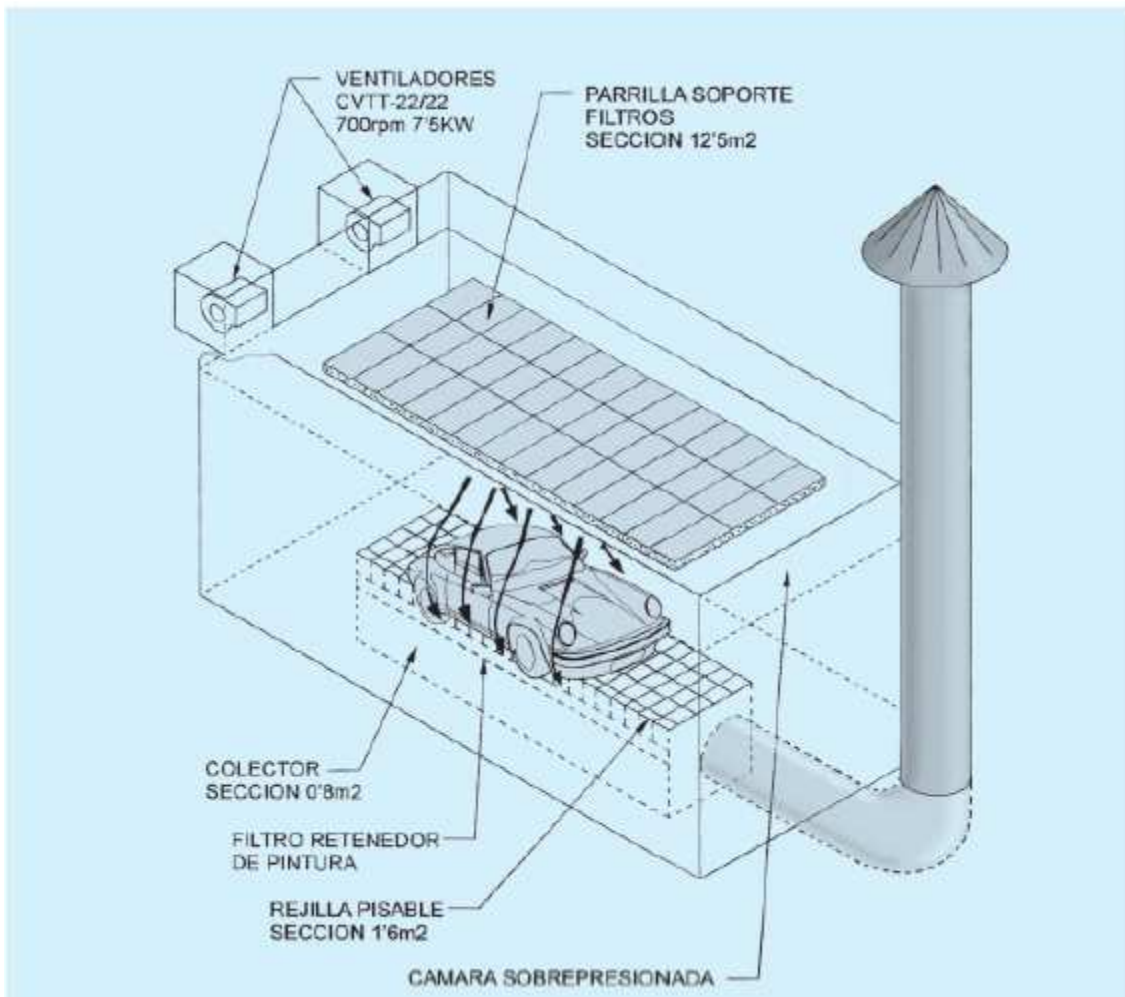




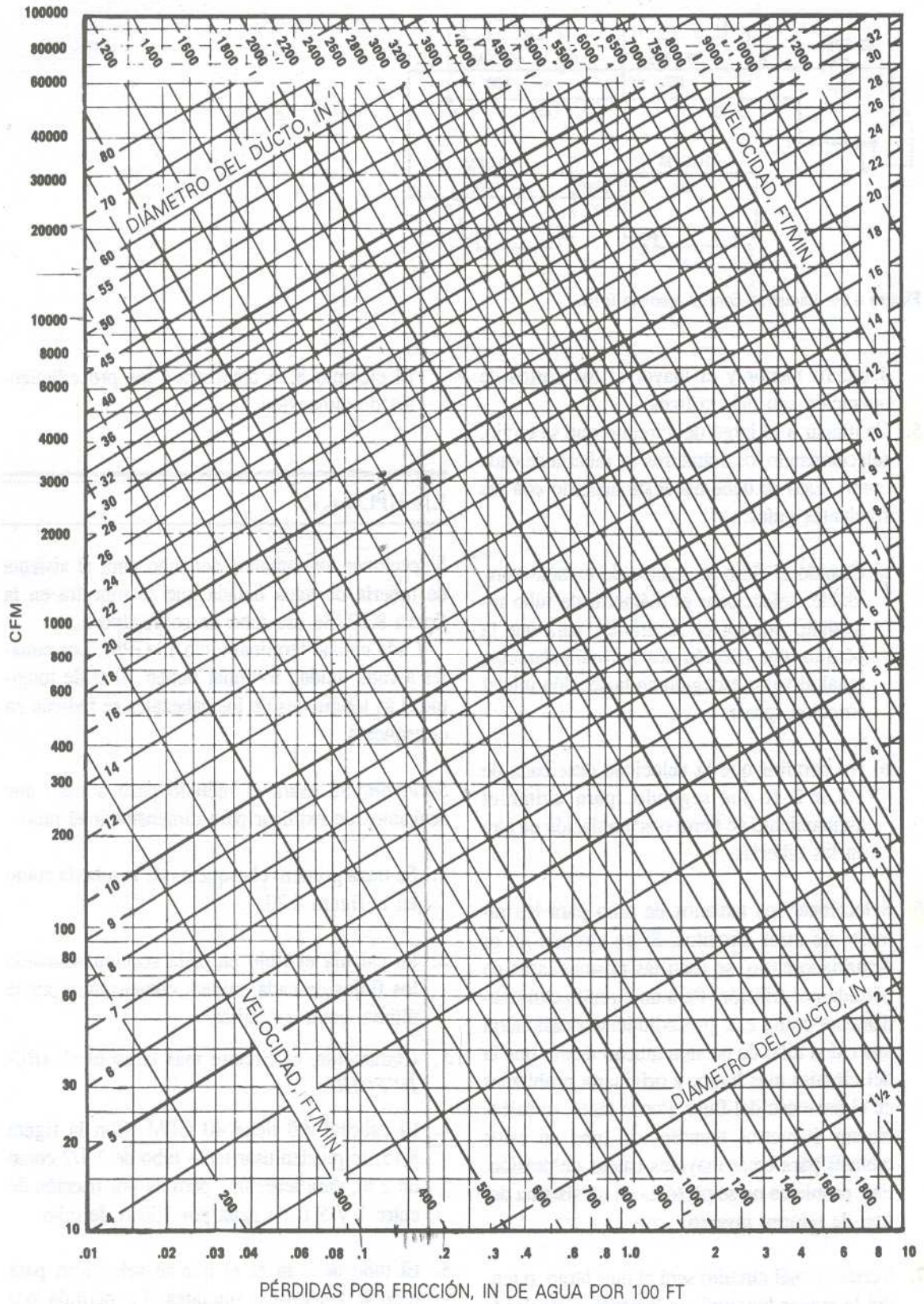


ANEXO 9

Diagrama del sistema de la cabina de pintura



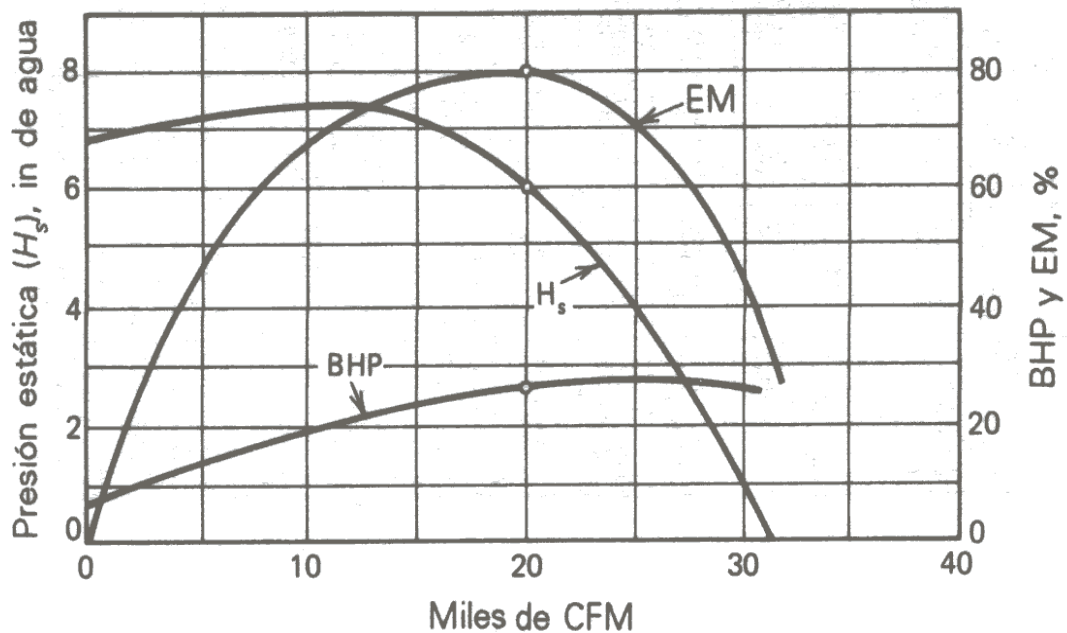
ANEXO 10 Pérdidas por fricción para flujo de aire en ductos de lámina galvanizada



Fuente: Pita, 1999

ANEXO 11

Curvas de funcionamiento para un ventilador centrífugo con impulsor de 33 in, con aspas curvadas hacia atrás, trabajando a 1440 RPM.



Fuente: Pita, 1999

ANEXO 12 Características de funcionamiento de un ventilador centrífugo típico con aspas de hoja de aire.

CFM	Veloc. salida, ft/min	1/4" P.E.		3/8" P.E.		1/2" P.E.		5/8" P.E.		3/4" P.E.		1" P.E.		1 1/4" P.E.		1 1/2" P.E.		1 3/4" P.E.		2" P.E.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
2085	500	325	.10	376	.15	438	.24	481	.30	532	.42	613	.63	686	.89	744	1.09	805	1.40	863	1.74
2502	600	351	.13	395	.18	458	.28	495	.35	548	.48	629	.70	686	.89	744	1.09	805	1.40	863	1.74
2919	700	382	.16	421	.22	484	.33	516	.40	572	.54	653	.83	711	1.11	775	1.33	842	1.71	880	2.03
3336	800	414	.19	450	.26	513	.38	542	.46	600	.60	681	.84	744	1.09	805	1.40	863	1.74	917	2.21
3753	900	447	.23	481	.31	543	.45	571	.53	627	.70	702	.98	753	1.18	816	1.51	876	2.18	928	2.60
4170	1000	482	.28	514	.36	575	.52	602	.61	658	.83	733	1.11	775	1.33	842	1.71	880	2.03	932	2.81
4587	1100	518	.34	547	.42	609	.59	634	.69	689	.92	771	1.26	816	1.51	876	2.18	928	2.60	980	3.12
5004	1200	555	.40	582	.50	642	.68	667	.79	722	1.00	804	1.47	842	1.71	895	2.73	955	3.05	1007	3.53
5421	1300	592	.47	618	.57	677	.78	700	.89	755	1.12	837	1.62	870	1.88	930	2.64	995	3.05	1049	3.92
5838	1400	629	.56	654	.66	714	.88	734	1.00	789	1.25	871	1.91	906	2.05	967	3.05	1035	3.32	1100	4.21
6255	1500	668	.65	691	.76	749	1.00	770	1.13	824	1.40	906	1.91	930	2.05	995	3.05	1067	3.53	1127	4.52
6672	1600	707	.76	728	.87	786	1.13	806	1.26	850	1.57	933	2.11	967	2.77	1035	3.32	1100	4.21	1154	5.04
7089	1700	745	.87	765	1.00	823	1.27	842	1.41	886	1.84	960	2.34	995	3.05	1067	3.53	1138	4.71	1184	5.44
7506	1800	785	.99	804	1.14	862	1.43	878	1.57	922	2.02	997	2.55	1035	3.32	1100	4.21	1154	5.04	1200	6.16
7923	1900	823	1.13	842	1.29	898	1.61	915	1.75	959	2.31	1035	3.32	1067	3.53	1138	4.71	1184	5.44	1236	6.59
8340	2000	863	1.28	881	1.45	936	1.80	952	1.94	996	2.66	1066	3.01	1095	3.37	1123	3.72	1151	4.08	1217	6.91
8757	2100	903	1.45	920	1.62	975	2.00	990	2.16	1034	2.91	1102	3.28	1130	3.93	1191	4.32	1217	6.91	1255	7.46
9174	2200	942	1.65	960	1.81	995	2.21	1028	2.40	1072	3.17	1137	3.54	1165	4.25	1226	4.63	1251	5.05	1299	8.06
9591	2300	982	1.86	998	2.01	1014	2.43	1068	2.64	1111	3.45	1173	3.84	1200	4.16	1235	4.56	1261	4.98	1300	8.54
10008	2400	1023	2.09	1037	2.23	1053	2.43	1068	2.64	1110	3.17	1137	3.54	1165	4.25	1226	4.63	1251	5.05	1320	9.08
10425	2500	1062	2.33	1077	2.47	1092	2.68	1106	2.89	1119	3.09	1147	3.45	1173	3.84	1200	4.16	1235	4.56	1261	4.98
10842	2600	1102	2.59	1117	2.74	1131	2.94	1145	3.16	1158	3.38	1184	3.74	1210	4.16	1235	4.56	1261	4.98	1285	5.40
11259	2700	1142	2.85	1156	3.04	1170	3.22	1184	3.45	1196	3.68	1222	4.07	1247	4.49	1271	4.90	1296	5.35	1320	5.76
11676	2800	1183	3.13	1196	3.36	1209	3.51	1223	3.76	1236	4.00	1259	4.40	1284	4.83	1308	5.28	1331	5.72	1355	6.16
12093	2900	1223	3.44	1237	3.69	1249	3.84	1262	4.09	1274	4.33	1297	4.75	1321	5.20	1344	5.67	1367	6.11	1390	6.59
12510	3000	1264	3.78	1277	4.04	1289	4.21	1301	4.43	1313	4.69	1335	5.14	1359	5.60	1381	6.07	1403	6.54	1425	7.01
12927	3100	1304	4.14	1316	4.42	1328	4.60	1340	4.79	1353	5.07	1373	5.55	1397	6.02	1419	6.49	1440	6.99	1461	7.46
13344	3200	1345	4.52	1356	4.81	1368	5.02	1379	5.19	1392	5.47	1412	5.98	1434	6.44	1456	6.95	1477	7.45	1498	7.95
13761	3300	1385	4.92	1396	5.21	1408	5.46	1419	5.63	1430	5.88	1450	6.45	1472	6.92	1494	7.43	1514	7.94	1535	8.47
14178	3400	1426	5.35	1437	5.62	1449	5.92	1459	6.10	1469	6.32	1490	6.91	1510	7.41	1531	7.94	1552	8.45	1571	8.99
14595	3500	1466	5.80	1477	6.07	1489	6.40	1499	6.61	1509	6.79	1529	7.40	1549	7.94	1569	8.44	1590	8.99	1608	9.54

CFM	Veloc. salida, ft/min	1/4" P.E.		3/8" P.E.		1/2" P.E.		5/8" P.E.		3/4" P.E.		1" P.E.		1 1/4" P.E.		1 1/2" P.E.		1 3/4" P.E.		2" P.E.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
2575	500	292	.13	339	.19	394	.29	433	.37	478	.51	551	.78	617	1.09	669	1.35	725	1.73	777	2.15
3090	600	316	.16	356	.22	394	.29	433	.37	478	.51	551	.78	617	1.09	669	1.35	725	1.73	777	2.15
3605	700	344	.19	379	.27	412	.34	445	.43	478	.51	551	.78	617	1.09	669	1.35	725	1.73	777	2.15
4120	800	373	.24	405	.32	435	.41	465	.49	494	.58	551	.78	617	1.09	669	1.35	725	1.73	777	2.15
4635	900	403	.29	433	.38	461	.47	488	.57	514	.67	566	.87	617	1.09	669	1.35	725	1.73	777	2.15
5150	1000	434	.35	463	.45	489	.55	514	.66	538	.76	585	.98	631	1.20	678	1.45	725	1.73	777	2.15
5665	1100	466	.42	492	.52	518	.64	542	.75	565	.86	608	1.10	651	1.34	693	1.59	735	1.86	777	2.15
6180	1200	499	.49	524	.61	548	.73	570	.85	592	.97	633	1.23	673	1.49	712	1.75	750	2.02	789	2.31
6695	1300	533	.58	556	.71	578	.84	600	.97	620	1.10	660	1.37	697	1.64	734	1.92	770	2.21	805	2.51
7210	1400	566	.69	589	.82	609	.96	630	1.09	650	1.24	688	1.52	723	1.82	758	2.11	792	2.42	825	2.72
7725	1500	601	.81	622	.94	642	1.09	661	1.23	680	1.39	716	1.69	751	2.00	783	2.32	815	2.63	847	2.96
8240	1600	636	.93	655	1.08	674	1.23	693	1.39	710	1.54	745	1.87	779	2.20	810	2.53	841	2.87	871	3.21
8755	1700	671	1.07	689	1.24	707	1.39	725	1.56	742	1.73	775	2.07	807	2.40	839	2.76	868	3.12	896	3.47
9270	1800	707	1.23	723	1.41	741	1.56	758	1.74	774	1.92	806	2.28	837	2.63	867	3.00	895	3.37	923	3.76
9785	1900	741	1.39	758	1.59	774	1.76	791	1.94	807	2.13	837	2.50	867	2.88	896	3.26	924	3.65	951	4.05
10300	2000	777	1.58	793	1.79	808	1.99	824	2.16	839	2.36	869	2.75	897	3.15	925	3.54	952	3.94	979	4.36
10815	2100	812	1.79	828	2.00	843	2.22	857	2.40	872	2.60	900	3.01	928	3.42	955	3.85	981	4.26	1007	4.69
11330	2200	848	2.03	864	2.24	878	2.47	891	2.67	906	2.86	933	3.29	960	3.72	986	4.16	1011	4.60	1036	5.04
11845	2300	884	2.30	899	2.48	913	2.73	926	2.96	939	3.15	966	3.59	992	4.05	1017	4.49	1041	4.96	1065	5.41
12360	2400	921	2.58	934	2.75	948	3.01	961	3.26	973	3.48	999	3.92	1023	4.38	1049	4.85	1072	5.33	1095	5.82
12875	2500	956	2.88	969	3.05	983	3.31	996	3.57	1007	3.82	1032	4.26	1056	4.74	1080	5.23	1103	5.72	1126	6.24
13390	2600	992	3.20	1005	3.38	1018	3.64	1030	3.91	1043	4.18	1066	4.62	1089	5.14	1112	5.64	1135	6.15		

CFM	Veloc. salida, ft/min	¼" P.E.		⅜" P.E.		½" P.E.		⅝" P.E.		¾" P.E.		1" P.E.		1¼" P.E.		1½" P.E.		1¾" P.E.		2" P.E.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
3130	500	261	.15	302	.22																
3756	600	282	.19	317	.26	351	.35	385	.44												
4382	700	306	.23	337	.32	367	.41	397	.50	426	.61										
5008	800	332	.28	360	.38	388	.48	414	.58	440	.69	491	.93								
5634	900	359	.35	386	.48	410	.56	435	.68	458	.80	504	1.03	550	1.30	595	1.60				
6260	1000	388	.42	412	.54	436	.65	457	.77	479	.90	521	1.16	563	1.43	604	1.73	645	2.06		
6886	1100	416	.50	440	.63	461	.76	482	.89	502	1.02	541	1.30	580	1.59	617	1.89	655	2.21	692	2.57
7512	1200	446	.59	468	.74	488	.87	508	1.02	527	1.16	564	1.46	599	1.76	634	2.08	669	2.40	703	2.75
8138	1300	476	.70	496	.86	516	1.01	535	1.16	553	1.31	587	1.62	621	1.95	653	2.28	686	2.63	718	2.98
8764	1400	506	.82	526	.99	544	1.15	562	1.31	579	1.48	612	1.81	644	2.15	675	2.51	705	2.87	735	3.23
9390	1500	536	.95	555	1.13	573	1.32	590	1.49	607	1.66	638	2.01	668	2.37	698	2.74	726	3.13	754	3.51
10016	1600	567	1.10	585	1.30	602	1.49	618	1.68	634	1.86	665	2.24	693	2.61	721	2.99	749	3.40	776	3.81
10642	1700	598	1.27	615	1.47	631	1.68	647	1.89	663	2.08	692	2.48	720	2.87	746	3.28	772	3.68	798	4.12
11268	1800	630	1.45	645	1.67	661	1.89	676	2.11	691	2.32	719	2.73	746	3.16	772	3.57	797	4.00	822	4.44
11894	1900	661	1.66	676	1.88	691	2.11	706	2.34	720	2.58	747	3.01	773	3.46	799	3.90	822	4.35	846	4.80
12520	2000	693	1.90	707	2.12	721	2.36	735	2.61	749	2.84	776	3.33	801	3.76	825	4.25	849	4.71	871	5.19
13146	2100	724	2.13	738	2.38	752	2.63	766	2.88	779	3.13	804	3.65	829	4.12	852	4.60	875	5.11	897	5.59
13772	2200	756	2.39	770	2.64	783	2.91	796	3.17	808	3.46	833	3.99	857	4.50	880	4.98	902	5.52	924	6.04
14398	2300	787	2.69	801	2.95	814	3.23	826	3.51	838	3.79	862	4.34	886	4.90	908	5.41	929	5.93	950	6.50
15024	2400	819	3.02	833	3.30	845	3.58	857	3.85	868	4.13	892	4.73	914	5.32	936	5.87	957	6.40	977	6.97
15650	2500	851	3.36	864	3.66	876	3.92	888	4.21	899	4.53	922	5.15	943	5.74	965	6.35	985	6.90	1005	7.45
16276	2600	884	3.73	896	4.01	908	4.29	919	4.64	930	4.94	951	5.59	973	6.20	993	6.85	1013	7.44	1033	8.01
16902	2700	917	4.13	928	4.40	939	4.74	950	5.07	960	5.36	980	6.01	1002	6.69	1022	7.35	1042	8.00	1061	8.60
17528	2800	950	4.57	959	4.85	971	5.22	981	5.50	992	5.84	1012	6.51	1032	7.22	1051	7.88	1071	8.58	1089	9.22
18154	2900	981	5.03	991	5.34	1002	5.69	1013	5.97	1023	6.37	1044	7.04	1061	7.77	1081	8.45	1099	9.16	1118	9.86
18780	3000	1013	5.51	1023	5.86	1034	6.16	1044	6.51	1054	6.89	1074	7.58	1090	8.30	1111	9.05	1129	9.77	1146	10.52
19406	3100	1046	6.02	1055	6.37	1066	6.68	1076	7.10	1085	7.40	1104	8.14	1122	8.89	1141	9.72	1158	10.43	1175	11.19
20032	3200	1078	6.55	1088	6.95	1097	7.26	1107	7.70	1117	7.98	1136	8.78	1154	9.55	1169	10.36	1188	11.11	1204	11.89
20658	3300	1111	7.13	1122	7.54	1129	7.89	1139	8.28	1148	8.65	1169	9.50	1184	10.23	1198	11.00	1217	11.86	1234	12.63
21284	3400	1144	7.74	1154	8.19	1161	8.57	1171	8.89	1180	9.37	1201	10.24	1214	10.90	1230	11.72	1247	12.64	1263	13.40
21910	3500	1177	8.42	1186	8.87	1193	9.27	1203	9.57	1211	10.08	1231	10.97	1245	11.63	1262	12.51	1275	13.37	1293	14.23

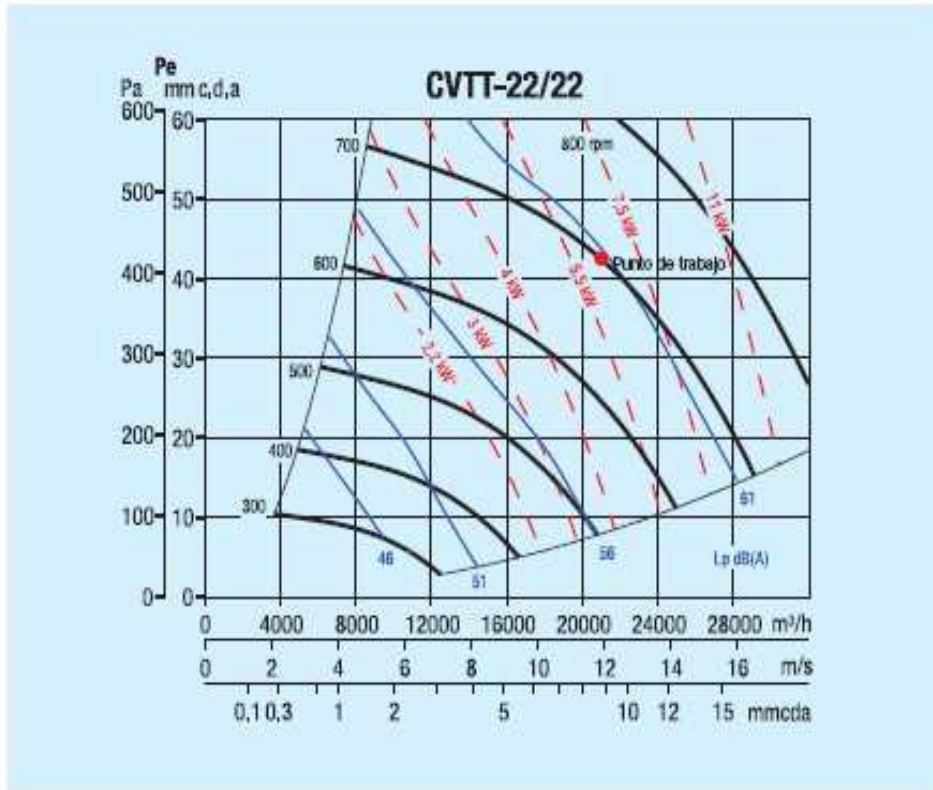
CFM	Veloc. salida, ft/min	¼" P.E.		⅜" P.E.		½" P.E.		⅝" P.E.		¾" P.E.		1" P.E.		1¼" P.E.		1½" P.E.		1¾" P.E.		2" P.E.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
3830	500	235	.18	273	.27																
4596	600	255	.23	287	.32	317	.43	348	.54												
5362	700	277	.28	305	.39	332	.50	359	.62	385	.75										
6128	800	300	.35	326	.46	350	.59	374	.71	398	.84	444	1.13								
6894	900	325	.42	349	.55	371	.68	393	.83	414	.96	456	1.26	497	1.59	538	1.96				
7660	1000	350	.51	373	.65	394	.80	414	.94	433	1.10	471	1.42	509	1.75	546	2.12	583	2.52		
8426	1100	377	.61	397	.77	417	.93	436	1.09	454	1.25	489	1.59	524	1.94	558	2.31	592	2.71	625	3.14
9192	1200	403	.73	423	.90	442	1.07	460	1.24	477	1.42	510	1.78	541	2.16	573	2.54	605	2.94	636	3.37
9958	1300	430	.86	449	1.05	467	1.23	484	1.42	500	1.60	531	1.98	562	2.39	590	2.79	620	3.21	649	3.64
10724	1400	457	1.00	475	1.21	492	1.41	508	1.60	524	1.81	553	2.21	582	2.63	610	3.07	637	3.51	665	3.96
11490	1500	485	1.17	502	1.39	518	1.61	534	1.82	548	2.03	577	2.46	604	2.90	631	3.36	657	3.82	682	4.30
12256	1600	513	1.34	529	1.59	544	1.82	559	2.05	574	2.25	601	2.74	627	3.19	652	3.66	677	4.16	701	4.66
13022	1700	541	1.56	556	1.80	571	2.05	585	2.31	599	2.55	625	3.03	651	3.51	674	4.01	698	4.51	722	5.04
13788	1800	569	1.77	584	2.04	598	2.31	612	2.58	625	2.84	651	3.33	675	3.87	698	4.37	720	4.90	743	5.43
14554	1900	598	2.03	611	2.30	625	2.59	638	2.87	651	3.16	676	3.69	699	4.23	722	4.78	743	5.32	765	5.87
15320	2000	626	2.32	640	2.59	652	2.88	665	3.19	678	3.48	701	4.07	724	4.61	746	5.21	767	5.76	787	6.34
16086	2100	655	2.61	668	2.92	680	3.22	692	3.53	704	3.83	727	4.47	749	5.04	771	5.63	791	6.26	811	6.84
16852	2200	684	2.92	696	3.23	708	3.56	719	3.88	731	4.23	753	4.88	775	5.51	796	6.10	815	6.76	835	7.39
17618	2300	712	3.29	725	3.61	736	3.95	747	4.29	758	4.64	780	5.31	801	6.00	821	6.62	840	7.25	859	7.96
18384	2400	741	3.69	753	4.04	764	4.38	775	4.71	785	5.06	807	5.78	827	6.51	846	7.18	865	7.83	884	8.53
19150	2500	770	4.12	782	4.47	792	4.80	803	5.15	813	5.55	834	6.30	853	7.03	872	7.77	890	8.44	909	9.11
19916	2600	799	4.57	810	4.91	821	5.26	831	5.67	841	6.05	860	6.84	880	7.59	898	8.38	916	9.10	934	9.80
20682	2700	830	5.06	839	5.39	849	5.80	859	6.21	868	6.56	886	7.36	906	8.18	924	8.99	942	9.79	959	10.52
21448	2800	859	5.59	867	5.94	878	6.38	887	6.73	897	7.15	915	7.96	933	8.84	951	9.64	968	10.50	985	11.28
22214	2900	887	6.16	896	6.53	906	6.96	916	7.30	925	7.79	944	8.62	959	9.51	977	10.34	994	11.21	1011	12.07
22980	3000	916	6.75	925	7.17	935	7.54	944	7.97	953	8.43	971	9.28	986	10.15	1004	11.07	1020	11.96	1037	12.88
23746	3100	946	7.37	954	7.80	964	8.17	973	8.69	981	9.06	998	9.96	1014	10.89	1031	11.89	1047	12.76	1063	13.70
24512	3200	975	8.02	984	8.50	992	8.89	1001	9.42	1010	9.77	1027	10.74	1043	11.69	1057	12.68	1074	13.60	1089	14.55
25278	3300	1005	8.73	1014	9.23	1021	9.66	1030	10.14	1038	10.59	1057	11.63	1071	12.52	1084	13.46	1101	14.51	1116	15.46
26044	3400	1034	9.48	1043	10.02	1050	10.49	1059	10.88	1067	11.46	1086	12.53	1098	13.35	1112	14.35	1127	15.47	1142	16.40
26810	3500	1064	10.30	1072	10.86	1078	11.34	1087	11.72	1095	12.34										

ANEXO 13

Motor para ventilación a transmisión Tipo CVTT, curvas características de funcionamiento y características técnicas



**CAJAS DE VENTILACIÓN
A TRANSMISIÓN
Serie CVTT**



- Q = Caudal en m³/h y m³/s.
- Pe = Presión estática en mm.c.d.a y Pa.
- Aire seco normal a 20 °C y 760 mm c.d. Hg.
- Ensayos realizados de acuerdo a Normas UNE 100-212-89 BS 848, Part 1; AMCA 210-85 y ASHRAE 51-1985.

Nivel de presión sonora (Lp dB(A)) medido a la aspiración a 1,5 m de distancia.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tipo	Potencia motor		Revoluciones ventilador		Caudales a revolución		Peso con motor mayor (kg)
	Minima (kW)	Máxima (kW)	Mínima (r.p.m.)	Máxima (r.p.m.)	Minima (m³/h)	Máxima (m³/h)	
CVTT-7/7	0,18	0,75	800	1800	400	2800	43
CVTT-9/9	0,18	1,1	800	1500	1100	4250	52
CVTT-10/10	0,37	1,5	600	1300	1500	6200	66
CVTT-12/12	0,37	2,2	500	1300	1000	9800	88
CVTT-15/15	0,55	4,0	300	1000	2000	12800	108
CVTT-18/18	1,1	5,5	400	900	3000	21000	147
CVTT-20/20	1,5	7,5	300	800	4000	23800	270
CVTT-22/22	2,2	11,0	300	800	4000	32000	309
CVTT-25/25	2,2	11,0	250	650	5000	39800	350
CVTT-30/28	2,2	15,0	200	550	6000	55000	472

ANEXO 14

Filtros

