ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño y Construcción de una Cabina de pintado - secado de vehículos"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Diego Paúl Ochoa Herrera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2006

A G R A D E C I M I E N T O

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

D E D I C A T O R I A

A TODOS MIS SERES QUERIDOS ESPECIALMENTE A MI MADRE QUE ESTA EN EL CIELO

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Diego Paúl Ochoa Herrera

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el mejor diseño de una cabina de pintado – secado de vehículos que es una herramienta fundamental en todo taller de acabado automotriz que requiere mejorar la calidad de su trabajo y brindar una mayor satisfacción a sus clientes.

Bajo estas consideraciones lo primero que se presenta es un conocimiento completo de características de la pintura, de los acabados automotrices y del ensamblaje automotriz, con esto se pretende dar una introducción detallada del servicio de acabado en todo taller de pintura antes de adentrarnos por completo en el estudio de las cabinas de pintado-secado de vehículos.

Adicional a este trabajo introductorio se indica consejos útiles para un mejor trabajo de acabado automotriz, los defectos mas comunes que se pueden presentar así como sus causas y soluciones.

A continuación se considera los tipos de cabinas de pintado-secado más comunes utilizadas por los grandes talleres, se explica sus sistemas de inyección y extracción de aire, los tipos de flujo que estas poseen, luego pasamos a dar unas normas prácticas para el pintado en cabina detallado en todas las fases del proceso que son:

- En la fase de preparación
- En la fase de pintado
- En la fase de secado, y

- En la fase de enfriamiento

Los siguientes dos capítulos se refieren exclusivamente a los parámetros a del diseño de la cabina tomando en consideración todos los detalles tales como: dimensiones, materiales, temperaturas en todas las fases, sistemas de ventilación, filtros, aislamiento térmico requerido e iluminación, para continuar luego con el diseño en sí de la cabina.

El capitulo 7 es completamente dedicado a la seguridad del personal antes, durante y después de la puesta en funcionamiento de la cabina, se toma en consideración el medio ambiente además de los niveles de explosividad que la pintura mezclada con el aire caliente pueda generar, no se ha descartado ningún detalle en este sentido pues se tiene la convicción que la seguridad en cualquier operación industrial que se realice debe ser considerada así como la protección al medio ambiente.

Terminamos el estudio con un análisis de los costos involucrados en el proyecto y el periodo de recuperación de la inversión. Finalmente se da conclusiones cualitativas y cuantitativas de todo el análisis para continuar con recomendaciones generales.

Se espera que el presente trabajo satisfaga las expectativas generadas y que no se haya dejado detalle alguno sin considerar.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....II

ÍNDICE GENERAL.....III

ABREVIATURAS.....IV

ÍNDICE DE TABLAS…….....V

ÍNDICE DE FIGURAS.....VI

ÍNDICE DE PLANOS.....VII

INTRODUCCIÓN.....1

CAPITULO 1

1. LA PINTURA.....4

1.1 Concepto..….....4

1.1.1 Funciones de la pintura.....4

1.1.2 Componentes de la pintura.....5

1.2 Acabados automotrices.....6

1.3 Funciones de los acabados automotrices….....7

1.4 Tipos de manos de fondo.....8

1.5 Selección de manos de fondo.....11

CAPITULO 2

2. REPINTADO AUTOMOTRIZ.....13

2.1 Tipos de trabajos de reacabado.....13

2.2 Preparación de la superficie.....15

2.2.1 Superficies pintadas.....16

2.2.2 Superficies no pintadas.....17

2.3 Productos de acabado.....18

2.4 Sistema de pintado.....20

2.4.1 Sistema monocapa.....20

2.4.2 Sistema bicapa.....21

2.4.3 Sistema tricapa.....21

2.5 Problemas de aplicación, causas y soluciones.....22

CAPITULO 3

3. ENSAMBLAJE AUTOMOTRIZ.....33

3.1 Productos.....33

3.2 Preparación de la superficie.....37

3.3 Sellado de juntas.....39

3.4 Fondeo de la carrocería.....40

3.5 Pintado de la carrocería.....40

3.6 Protección de la carrocería en zonas de alto riesgo.....40

CAPITULO 4

4. CABINAS DE PINTADO Y SECADO DE VEHÍCULOS.....41

4.1 Cabinas para pulverización de pintura.....42

4.2 El secado de la pintura.....44

4.3 Normas prácticas para el pintado en cabina.....44

4.3.1 En la fase de preparación.....45
4.3.2 En la fase de pintado.....47
4.3.3 En la fase de secado.....48
4.3.4 En la fase de enfriamiento.....49

CAPITULO 5

5. PARÁMETROS DE DISEÑO.....51

5.1 Dimensiones del cuarto de pintado y secado…….....51

5.2 Temperaturas de pintado y secado.....59

5.3 Sistema de ventilación.....59

5.3.1 Aire de inyección y filtros.....61
5.3.2 Aire de descarga y filtros.....64

5.4 Aislamiento térmico requerido.....68

5.5 Iluminación.....70

CAPITULO 6

6. SEGURIDAD.....72

6.1 Seguridad para el personal.....72

6.2 Seguridad para el medio ambiente.....79

6.3 Seguridad durante la operación contra explosiones.....83

CAPITULO 7

7. DISEÑO

7.1 Diseño del cuarto de pintado y secado.....87

7.2 Diseño del sistema de calefacción…….....103

7.3 Diseño del sistema de ventilación y filtrado…….....121

7.4 Diseño del sistema de iluminación.....132

CAPITULO 8

8. ANÁLISIS ECONÓMICO.....142

8.1 Detalle de gastos y costos del proyecto.....142

8.2 Período de recuperación del capital.....145

CAPITULO 9

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....151

9.1 Conclusiones.....151

9.2 Recomendaciones.....153

APENDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

cal	Calibre
º	Grados
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
h	Hora
kg	Kilogramo
kW	Kilovatio
lb	Libra
lb/pie^3	Libra por pie cúbico
m	Metro lineal
m/s	Metro por segundo
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mm	Milímetro
pie	Pie
pie^3	Pie cúbico
pulg	Pulgada
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundo
ton/h	Toneladas por hora
N	Newton

ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1 Ventajas y Desventajas de lacas……..……...35
Tabla 2 Tamaños de papel de lija……...39
Tabla 3 Espesores de planchas recomendados para ductos……..…57
Tabla 4 Velocidad máxima recomendada en ductos……...…67
Tabla 5 Factor de reflexión de luz……133

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 1.1 Componentes de la pintura……5
Figura 1.2 Esquema tradicional de pintado automotriz……...10
Figura 1.3 Esquema de repintado con capa de sellador……11
Figura 1.4 Aplicación de masillas……12
Figura 2.1 Limpieza del área a inspeccionar……16
Figura 2.2 Preparación de la superficie no pintada……17
Figura 2.3 Ampollamiento……23
Figura 2.4 Blanqueo……25
Figura 2.5 Chorreamiento……26
Figura 2.6 Agrietamiento……28
Figura 2.7 Puntos de alfiler……30
Figura 2.8 Ojos de pescado……31
Figura 2.9 Cáscara de naranja……32
Figura 4.1 Cabina de pintado y secado……42
Figura 4.2 Tipos de cabinas de pintado y secado……43
Figura 5.1 Disposición de planchas en la cubierta de la cabina……54
Figura 5.2 Perfil estructural canal “C”……56
Figura 5.3 Materiales en ductos……58
Figura 5.4 Relación de densidad del aire……61
Figura 5.5 Velocidades del aire en ductos……66
Figura 7.1.a Estructura simétrica en pórtico de soporte fijo……88
Figura 7.1.b Diagrama de cuerpo libre de pórtico……88
Figura 7.2 Pórtico de soporte fijo con carga concentrada……91
Figura 7.3 Momentos producidos por una carga concentrada en el centro……91
Figura 7.4 Pandeo de una columna delgada rectangular……97
Figura 7.5 Valores de k para longitud efectiva de columna para diferentes conexiones en los extremos……98
Figura 7.6 Flujo de calor en las paredes……106
Figura 7.7 Flujo de calor en las ventanas……110
Figura 7.8 Flujo de calor en ductos……112
Figura 7.9 Flujo de calor en el piso……114
Figura 7.10 Manómetro para medir presión estática del aire en pulgadas de columna de agua……122
Figura 7.11 Manómetro que mide la presión total del aire en pulgadas de columna de agua……123
Figura 7.12 Manómetro que mide la presión dinámica del aire en pulgadas de columna de agua……123
Figura 7.13 Vista expandida de un ventilador centrífugo……127
Figura 7.14 Sección transversal de un ventilador tipo axial

mostrando sus partes componentes……..……127
Figura 7.15 Ubicación de luminarias en la cabina……....135

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Sistema de ventilación (Descripción de partes)
Plano 2 Sistema de ventilación (Identificación de partes)
Plano 3 Sistema de ventilación (Identificación de partes)
Plano 4 Base de la cabina
Plano 5 Estructura de la cabina

INTRODUCCIÓN

Una cabina de pintado es una de las herramientas que se utilizan en la industria automotriz especialmente en los acabados exteriores de un automotor.

El objetivo fundamental de un taller de enderezado y pintura, es dar un servicio satisfactorio al cliente. Así, además de esa política de servicio, no sólo habrá ganado un cliente, sino también, y de cara al futuro, a los clientes potenciales de su círculo social. Por ello, los expertos coinciden en señalar que todo taller de enderezado y pintura debe tener su cabina por tres razones a saber:

- Garantizar un acabado perfecto en cada vehículo pintado

- Pintando en una cabina se respeta el medio ambiente, ya que la mayoría de las partículas de pintura, los humos y los gases se retienen por una serie de filtros

- Ajustándose a la ley y pensando en la prevención de riesgos laborales una instalación de pintura, junto a otros medios, permite al pintor y a

sus ayudantes trabajar en un ambiente exento de toxicidad y otros elementos contaminantes

- Hablando de dinero, pintando el vehículo en una instalación adecuada, el vehículo obtiene un acabado como recién salido de fábrica. Además, los tiempos de secado son más cortos y el profesional puede realizar el pintado de varios vehículos al día.

Actualmente el mercado automotriz exige altos niveles de calidad, en consecuencia una cabina de pintado-secado al horno es primordial para alcanzar un óptimo resultado en talleres de reparación de vehículos. Principalmente lo que se consigue es una alta calidad en la parte superficial de las carrocerías por su adecuada temperatura y ambiente no contaminado por impurezas, así mismo la durabilidad de la película de pintura que se aplica es mayor que en el pintado convencional.

El proyecto a realizarse está basado en la necesidad que el mercado tiene, ya que el valor de estas cabinas importadas es extremadamente elevado, por lo tanto, se trata de abaratar costos, el objetivo es que el costo no sobrepase el 70% de su valor si la cabina fuese importada.

Esto provocaría que estas cabinas sean de fácil acceso para personas que se dedican al pintado de vehículos al ambiente, además se mejora la calidad del pintado evitando que su trabajo sea rústico, cambiando a una técnica mejorada y de calidad. Tanto el ambiente dentro del recinto de pintado como la emisión de gases a la atmósfera están libres de contaminación, esto se logra con óptimos sistemas de filtración que se consideran en el análisis y desarrollo del presente trabajo.

El proyecto está diseñado para operar en cualquier parte del país, cuya eficiencia tanto en consumo, como en funcionamiento, dependerá de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc) que el lugar a ser construida posea. Se consideran además normas de seguridad industrial básicas que irán en beneficio directo de clientes y operarios de la cabina asì como de la protección al medio ambiente.

CAPÍTULO 1

1. LA PINTURA

1.1 Concepto

La pintura es un producto generalmente líquido que al aplicarse a un objeto se adhiere a el, se endurece, seca y forma una capa que cubre, protege y decora la superficie pintada. Aunque las pinturas tienen diferentes propiedades y usos, la mayoría de ellas está compuesta de ligante, pigmentos y Ajustadores.

Funciones de la Pintura

La pintura cumple con tres funciones principales que son:

Protección.- La pintura crea una barrera entre la superficie y el medio ambiente con la finalidad de alargar la vida útil de dicha superficie.

Decoración.- Con la pintura se consigue una amplia gama de colores y texturas que hacen de una superficie pintada un objeto agradable a la vista.

Codificación.- El mundo se guía con señales y códigos, esto ha permitido que la pintura contribuya con esta finalidad y permita la identificación de diversos objetos a simple vista.

Componentes de la Pintura

La pintura está compuesta de los siguientes componentes (ver figura 1.1) y estos son:

Figura 1.1 Componentes de la Pintura

Resinas.- Se les denomina también vehículo aglutinante o filmógeno, es aquella parte que al secarse queda ahí presente formando una película sólida y continua, otorgando la resistencia que tienen las pinturas, además de aglutinar los pigmentos y cargas. Estas pueden ser naturales o sintéticas.

Pigmentos.- Es aquella parte de la pintura normalmente en forma de polvo que le comunica principalmente el color, la opacidad o cubrimiento y el relleno.

Solventes.- Conocidos también como vehículo volátil, es el que se evapora al secar la pintura y que actúa principalmente como modificador de la viscosidad y posibilidad de aplicación de la pintura, ya sea a brocha, pistola, etc.

Aditivos.- Son elementos que en pequeñas dosis modifican o dan características a la pintura, como por ejemplo acelerar el secado, prevenir corrugamientos, impedir chorreaduras, etc.

1.2 Acabados Automotrices

El exterior de un automóvil se pinta con uno de los acabados básicos laca o esmalte, cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

Las lacas de retoque están hechas para secar el aire por la sola evaporación del solvente y que generalmente requieren la operación de pulido para lograr el brillo correcto. Los esmaltes se secan con más lentitud, dando lugar a la mayor adherencia de polvo, además los esmaltes secan con una textura llamada piel de naranja causando asperezas en el sustrato y menor brillo. Los acabados de esmalte secan con brillo inicial y no requieren pulirse o abrillantarse.

Los acabados vienen en colores sólidos y metálicos. Los colores sólidos generalmente lucen iguales no importa cómo y desde que ángulo se les mire. Los metálicos y perlas parecen cambiar el color según se los mire desde ángulos distintos. Los acabados metálicos contienen color y además escamas metálicas.

1.3 Funciones de los Acabados Automotrices

Un automóvil sin una capa de pintura en uno o dos días sería un gris acero monótono. Entonces a medida que la herrumbre lo invada se transforma en un pardo rojizo. Finalmente esta degradación continuaría hasta convertir la carrocería enteramente en la herrumbre sólida.

De manera que un acabado automotriz no solamente hace que un auto luzca uniforme y bello, sino que también lo protege contra la corrosión.

Generalmente el acabado automotriz consta de: Mano de fondo y Mano final o mano de color.

La Mano de fondo provee una base firme para la mano final y hace que se adhiera mejor. Si se aplican manos finales sobre superficies desnudas ellas pudieran desprenderse o lucir ásperas. Por eso es que la mano de fondo se intercala entre el sustrato y la mano final. La mano de fondo también protege contra la corrosión y puede rellenar rayados y otras imperfecciones en el metal o el plástico.

La mano final es el acabado que se ve sobre el auto desde el punto de vista del aspecto es uniforme y brilloso a la vista. Funcionalmente es duro y duradero.

1.4 Tipos de mano de fondo

Hay 4 tipos básicos de manos de fondo:

1) Premanos
2) Primarios Aparejos
3) Primarios Selladores
4) Selladores

1.4.1 Premanos

Las premanos son aplicadas generalmente sobre superficies metálicas debidamente preparadas. Ellas sirven para acondicionar el metal y actuar como un primario para la aplicación de la mano final. Si hubiera defectos de superficie se requeriría un primario aparejo sobre la premano.

Los Imprimantes son productos que se utilizan en las premanos y se caracterizan por tener una muy buena adherencia en sustratos ferrosos, rápido secado, y proveerle al sistema las propiedades anticorrosivas.

1.4.2 Primarios Aparejos

Un primario aparejo permite que la mano final se adhiera mejor. Además permite rellenar áreas y superficies ásperas, proveer una superficie lisa para las manos finales, por lo tanto debe poseer un buen poder de relleno, facilidad de lijado, fijación de la mano final y secamiento (ver figura 1.2).

Figura 1.2 Esquema tradicional de pintado automotriz

1.4.3 Primarios Selladores

Un primario sellador se usa para resistir el óxido y la corrosión y para proveer adhesión a la mano final. Además, los primarios selladores pueden ser usados para sellar superficies con pintura envejecida que haya sido lijada. En contraste a los primarios aparejos, los primarios selladores no rellenan y no tienen que ser lijados.

1.4.4 Selladores

Los selladores como su nombre lo indica están diseñados para sellar la superficie, es decir, actúan como una barrera al solvente para ayudar a prevenir la hinchazón o la migración de pigmentos sangrantes o cualquier defecto que se nos pueda presentar al repintar, además mejora la adhesión entre la pintura de origen y la nueva y provee un fondo uniforme de color (ver figura 1.3).

Figura 1.3 Esquema de repintado con capa de sellador

1.5 Selección de manos de fondo

La selección de uno o más manos de fondo se determinará por el tipo de trabajo.

1) El tipo de superficie-metal desnudo o previamente pintada

2) La condición de la superficie-área a repararse o acabado envejecido previamente lijado

3) Si la fijación y la visibilidad de las rayas del lijado son problemas.

Dependiendo de la situación se puede usar:

1) Una premano
2) Usar un primario aparejo
3) Usar un primario sellador
4) Usar un primario aparejo con un sellador
5) Usar un sellador sobre un acabado lijado
6) Donde los rayados son un poco profundos, se puede aplicar masilla sobre el primario aparejo. (ver figura 1.4).

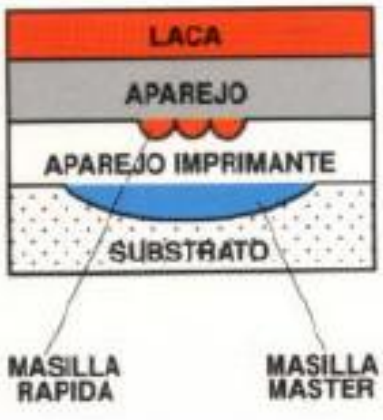


Figura 1.4 Aplicación de masillas

7) Cuando los rayados son muy severos para uso de la masilla se tendrá que usar el rellenador plástico sobre el metal y entonces imprimirlo.

CAPÍTULO 2

2. REPINTADO AUTOMOTRIZ

2.1 Tipos de trabajos de reacabado

En un taller de pintado de vehículos se realizan cualquiera de los siguientes tipos de trabajos:

-Reparación de retoque

-Reparación de panel

-Repintado completo

2.1.1 Reparación de retoque

La reparación es de un área generalmente pequeña bien sea una raspadura o una mella. Otras posibilidades pudieran ser rayados o también rotura causada por el óxido o la corrosión.

La reparación de retoque consiste generalmente:

1) Pequeña reparación de la carrocería
2) Acondicionamiento del metal
3) Aplicación de los componentes de las manos de fondo
4) Aplicación de la mano final y se unifica e iguala con el acabado viejo que rodea la reparación de retoque

2.1.2 Reparación de panel

Básicamente consiste en la misma técnica que la reparación de retoque excepto que el área cubre un panel entero o paneles del auto (puerta, capót, etc) y el igualado se hace en la unión de los paneles, de la misma forma que en la reparación de retoque, cualquier imperfección dentro del panel debe rebajarse y aplicar las manos de fondo antes de aplicar las manos finales.

2.1.3 Repintado completo

Estas son algunas de las razones por las que se pinta enteramente un vehículo:

1) Por daños causados por un accidente.
2) Un acabado opaco, agrietado o gastado.
3) Se desea cambiar el color

Aunque no existe un procedimiento para repintar un auto completamente, la mayoría de los pintores estarán de acuerdo que el diagrama adyacente puede aceptarse como el mejor patrón. Con una cabina convencional, comenzando por la parte de arriba del auto, y continuando hacia la tapa del baúl, lados, etc. El pintor puede mantener un “margen húmedo” mientras mantiene un mínimo de exceso de rociado sobre las superficies horizontales. Esto evita que el polvo de rociado se fije sobre las áreas que ya se han secado.

2.2 Preparación de la superficie

Un buen trabajo de pintura requiere de una buena preparación de la superficie, esta puede ser metálica, sobre pintura anterior, plástico, madera, etc.

A continuación describiremos los pasos a seguir cuando se tienen superficies metálicas pintadas y no pintadas.

2.2.1 Superficies pintadas

El primer trabajo que se debe hacer a cualquier vehículo que se va a repintar es evaluar el estado en que se encuentra. El procedimiento a seguir es el siguiente:

a) Se limpian las áreas que se van a inspeccionar. (ver figura 2.1)
b) Se revisa el estado de la pintura antigua para hallar agrietamiento, ampollas, oxidación y otras fallas.
c) Se observa como está el brillo: su pérdida puede ser el resultado de un agrietamiento superficial difícil de distinguir a simple vista.
d) Se determina cuáles partes golpeadas se deben enderezar, cambiar o soldar.

Figura 2.1 Limpieza del área a inspeccionar

2.2.2 Superficies no pintadas.

Si es acero o hierro, que es lo más común, deberá eliminarse todo óxido suelto con ayuda de escobillas de alambre o raspadores adecuados y lavar con agua y detergente o con solventes para eliminar grasa y/o aceites. (ver figura 2.2).

Figura 2.2 Preparación de superficie no pintada

Para eliminar óxidos utilice un acondicionador de metales, una vez seca la superficie aplique a la brevedad una mano de imprimante anticorrosivo.

Hay ocasiones en que la reparación afecta profundamente la base metálica y es necesario rellenar debido a deformaciones graves. Hay que aplicar la técnica del desabollado y posterior relleno, sea con estaño o con masillas convencionales

2.3 Productos de Acabado

Los productos de acabado son los que le dan la apariencia y color al vehículo pintado y son:

2.3.1 Laca de Nitrocelulosa

Introducido en el año 1924 este fue el primer acabado que pudo aplicarse con una pistola de rociar y que como resultado de su secado rápido acortó el tiempo de pintar un automóvil de semanas a horas.

2.3.2 Sintético Automotriz

Recubrimiento tipo esmalte utilizado en acabados automotrices para lograr mejor brillo sin pulir y mejor resistencia al cuarteo. Su composición químicamente incluye resinas alquídicas modificadas y pigmentos de alta calidad. Este tipo de pintura fue introducido en 1929.

2.3.3 Laca Acrílica

Introducida en el año de 1956. La laca acrílica reemplazó rápidamente la laca nitrocelulosa debido a que se secaba dejando un brillo mayor y retenía su aspecto por más tiempo.

Tuvo una aceptación inmediata como favorita para acabado original de fábrica y para reparaciones. Se usa para reparaciones de retoques y de paneles sobre acabados originales de laca y de esmalte y en repintados completos. Cuando se usa sobre esmalte se recomienda el uso de un sellador.

2.3.4 Esmaltes acrílicos

Desarrollados en la década de 1960, los esmaltes acrílicos son más duraderos y de secado más rápido que los esmaltes alquídicos y eliminan el paso del pulido el cual está estrechamente relacionado con la laca acrílica. En esmaltes acrílicos aparecieron los monocapas y bicapas.

2.3.5 Esmalte Poliuretano

Introducido en 1970, el esmalte poliuretano es uno de los acabados para vehículos mas avanzados disponible hoy en día. Provee un aspecto excelente, resistente a los agentes químicos y una duración hasta tres veces más que un esmalte convencional de secado de aire. Se usa principalmente en el repintado completo de camiones, autobuses, aviones y flotas marinas.

2.3.6 Mano de Base / Manos Transparentes

Introducidas en la década de 1980. Este sistema utiliza lo mismo, un transparente de laca acrílica o un transparente de esmalte poliuretano sobre la misma mano de base de color (apareciendo el sistema poliéster poliuretano).

Este sistema de aplicar transparente sobre una mano de base fue adaptado rápidamente para permitir la aplicación de una mano de base de esmalte acrílico con transparente de uretano acrílico (sistema acrílico poliuretano).

2.4 Sistema de Pintado

A continuación se presentan los sistemas de pintado de vehículos más usados en nuestro medio:

2.4.1 Sistema Monocapa

Un sistema monocapa consta de las siguientes etapas:

1) Acondicionador del metal
2) Una capa de fondo
3) Una capa de acabado

2.4.2 Sistema Bicapa

Un sistema bicapa consta de las siguientes etapas:

1) Acondicionador del metal
2) Una capa de fondo

3) Una capa de base color (sólido, metalizado o perlado)
4) Una capa transparente

2.4.3 Sistema tricapa

Se utiliza solamente para colores perlados consta de las siguientes etapas:

1) Acondicionador del metal
2) Una capa de fondo
3) Una capa de base de color sólido
4) Una capa de perlas mezclado con transparente
5) Una capa transparente

2.5 Problemas de aplicación, causas y soluciones

En esta parte se describen los defectos más comunes que se pueden presentar durante o inmediatamente después de aplicar los productos que se emplean para el repintado de vehículos. Se explican además las causas que los originan, la forma de prevenirlos y los procedimientos para corregirlos.

2.5.1 Ampollamiento

Son burbujas o granitos (ver figura 2.3) que aparecen en la película de la mano final (en ocasiones algunos meses después).

Causas: La superficie estaba sucia cuando se pintó. El espesor de capa de base o acabado fue muy delgado. Se utilizó un disolvente o Thinner inadecuado para diluir las pinturas. Se aplicó un sistema base-acabado inapropiado. Se expuso el repinte sin secar completamente a condiciones de alta humedad.

Prevención: Limpiar muy bien la superficie antes de pintarla. Aplicar los espesores de capa de pintura indicados en las etiquetas. Diluir siempre con el Ajustador o Thinner especificado para las pinturas. Aplicar los sistemas base-

acabado establecido por el fabricante de las pinturas. Permitir los tiempos de secamiento indicados, antes de exponer el repinte las condiciones de la intemperie.

Corrección: Eliminar el repinte con ampollamiento empleando Removedor y pintar nuevamente siguiendo las instrucciones del fabricante de las pinturas.

Figura 2.3 Ampollamiento

2.5.2 Blanqueo

Se conoce también como "mareo" (ver figura 2.4) porque la pintura recién aplicada adquiere superficialmente una apariencia lechosa que modifica el color y reduce el brillo.

Causas: El ambiente presenta excesiva humedad o baja temperatura. Dilución con Disolventes o "thinner" de mala calidad. Contaminación con agua. Deficiente ventilación en la zona de aplicación.

Prevención: Diluir la pintura con el Ajustador o el Thinner retardador recomendado en la etiqueta de la pintura, cuando la temperatura ambiental sea baja o la humedad en el taller sea alta. Utilizar el Ajustador o Thinner indicado en el envase del producto que se va a aplicar. Mantener una adecuada ventilación en el taller.

Corrección: Lo indicado es dejar secar bien el acabado. Lijarlo suavemente en húmedo con papel No. 400 para suprimir el blanqueo. Y volver a aplicar

Figura 2.4 Blanqueo

2.5.3 Chorreamiento

La pintura recién aplicada se escurre formando cortinas o goteras (ver figura 2.5).

Causas: Aplicación con la pistola muy cerca de la superficie. O se aplicó muy lentamente. O se utilizó una aguja de fluido y una boquilla de aire inadecuadas. O la presión del aire era baja. O la pintura estaba muy espesa o demasiado líquida. O el tiempo de secamiento entre manos fue insuficiente. O se diluyó con un Ajustador o Thinner o disolvente inadecuado. O el abanico de aplicación era angosto y la presión de aplicación alta. O el abanico de aplicación era defectuoso.

Prevención: Aplicar a una distancia de 20 a 25 centímetros de la superficie, a una velocidad moderada: ni muy lenta ni muy acelerada. Utilizar aguja de fluido y boquilla de aire que ajusten con exactitud. Regular convenientemente la presión del aire. Diluir la pintura hasta una viscosidad intermedia: ni muy alta ni muy baja. Permitir los secamientos especificados en las instrucciones de la etiqueta. Diluir con el Ajustador o Thinner recomendado. Calibrar bien el abanico de aplicación y la presión del aire y verificar que el abanico de aplicación sea el apropiado.

Corrección: Dejar secar la pintura defectuosa de un día para otro, lijarla en húmedo con papel No. 400 hasta suprimir los chorreos, secar, limpiar muy bien y repintar.

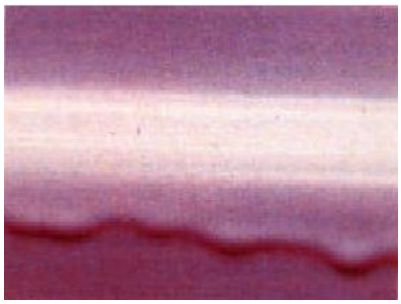


Figura 2.5 Chorreamiento

2.5.4 Agrietamiento o Cuarteo

El agrietamiento (ver figura 2.6) se presenta en dos formas: como grietas muy pequeñas y difíciles de apreciar a simple vista afectando solamente la pintura de acabado que pierde su brillo. Y también como grietas que se pueden ver sin esfuerzo y dañan el repinte desde la base, dejando al descubierto la superficie de aplicación.

Causas: Aplicación de base de una marca y acabado de otra. Excesivo espesor de capa. Repinte sobre pinturas agrietadas. Aplicación de acabados transparentes inadecuados como capa final. Aplicación de mezclas no recomendadas de pinturas coloreadas y transparentes. Uso de disolventes o Ajustadores o Thinner no recomendado.

Prevención: Aplicar siempre los sistemas recomendados por el fabricante de la pintura. Evitar la aplicación de capas gruesas. Eliminar completamente las pinturas antiguas deterioradas. Abstenerse de hacer y aplicar mezclas de productos no

recomendados. Emplear siempre el Ajustador o Thinner indicado en la etiqueta de la pintura.

Corrección: Pelar completamente la superficie con Removedor y repintar con uno de los sistemas recomendados.

Figura 2.6 Agrietamiento

2.5.5 Puntos de Alfiler

Este defecto se ve como si el acabado hubiera sido pinchado con un alfiler (ver figura 2.7).

Causas: Se aplicó el acabado sobre base o primeras manos con problema de fogueo. O se aplicó la pintura con alta viscosidad o con baja presión de aire. O en ambiente con alta temperatura o con ventilación excesiva. También puede ser que se aplicó la pintura de acabado sobre pinturas antiguas con

puntas de alfiler. O se aplicó mal la masilla o se aplicó el acabado sobre masilla sin base.

Prevención: Evitar el fogueo en las bases o primeras manos y corregirlo si se presenta. Diluir las pinturas según las indicaciones del rótulo y aplicarlas a la presión especificada. Lijar muy bien las pinturas antiguas que presentan puntas del alfiler, para eliminar dicho defecto antes de repintar. Aplicar las masillas en capas delgadas cada vez y con una inclinación de 60º. Entre el masillador y la superficie. Aplicar base antes y después de masillar.

Corrección: Si las puntas de alfiler son pequeñas se pueden eliminar lijando en húmedo la pintura defectuosa y repintando. Cuando las puntas de alfiler son muy grandes, es necesario eliminar la pintura con Removedor y volver a pintar .Si las puntas de alfiler son un problema frecuente en el taller, reduzca las condiciones que favorecen el secado muy rápido: como la rápida evaporación, alta temperatura y excesiva ventilación.

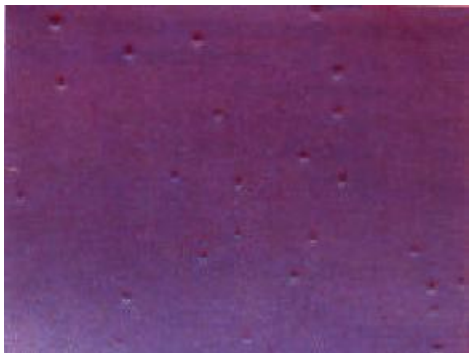


Figura 2.7 Puntos de alfiler

2.5.6 Ojos de Pescado

Este defecto (ver figura 2.8) se produce porque la pintura es rechazada por contaminantes depositados sobre ella, formando cráteres, ojos o depresiones de diferentes tamaños, profundidades y cantidades.

Causas: Contaminación de la superficie con ceras, siliconas, aceites o grasas. Residuos de detergentes o jabones usados en el lavado previo. Contaminantes atmosféricos depositados en la superficie de la pintura sin secar. Aire de aplicación contaminado con aceite del compresor.

Prevención: Comprobar que la superficie esté limpia y seca antes de pintarla. Aplicar las siliconas y ceras en zonas aisladas de las áreas donde se aplica la pintura. Conservar limpia, ventilada y protegida de contaminación la sección de

pintura. Revisar con frecuencia el compresor y los filtros del transformador de aire para evitar la contaminación del aire a presión.

Corrección: Si los cráteres comienzan desde la base, se suprime todo el repinte con Removedor y se vuelve a pintar. Si el problema sólo se presenta en el acabado, se lija suavemente en húmedo con papel No. 400 hasta eliminar los cráteres y se repinta.

Figura 2.8 Ojos de pescado

2.5.7 Cáscara de Naranja

La pintura aplicada presenta un acabado grumoso semejante al de la cáscara de una naranja (ver figura 2.9).

Causas: Aplicación muy cerca de la superficie. Se aplicaron capas de pintura muy gruesas. Se utilizó un Ajustador o Thinner de muy rápida evaporación en la dilución de la pintura. O se aplicó la pintura muy espesa. O la presión de aplicación era muy baja. O la superficie de aplicación estaba caliente.

Prevención: Aplicar la pintura con la pistola a unos 20 a 25 centímetros de la superficie. Aplicar siempre en capas delgadas cada pintura y en la proporción aproximada recomendada en la etiqueta. Ajustar la presión del aire de tal manera que haya una buena atomización con un mínimo desperdicio de producto. Evitar las aplicaciones sobre superficies calientes.

Corrección: Dejar secar de un día para otro la pintura defectuosa, lijarla suavemente con papel No. 400 hasta que el acabado quede bien parejo y repintar.

Figura 2.9 Cascara de naranja

CAPÍTULO 3

3. ENSAMBLAJE AUTOMOTRIZ

En este capítulo conoceremos los productos utilizados en ensamblaje automotriz, así como los procesos utilizados.

3.1 Productos

Entre los productos más usados en la pintura automotriz están:

- Imprimantes

Son productos que se caracterizan por tener una muy buena adherencia en sustratos ferrosos, rápido secado y proveerle al sistema las propiedades anticorrosivas.

- Aparejo Imprimante

Como su nombre lo dice este producto cumple con las propiedades de imprimante y aparejo, su trabajo es el de facilitar el trabajo del pintor.

- Masillas

Las masillas son productos diseñados para rellenar rayones e imperfecciones que no se logra rellenar con un aparejo. Son de característica pastosa y de mucho más cuerpo que un imprimante o aparejo. Una masilla de calidad debe tener buena adhesión, lijado fácil, secado rápido y fijación uniforme.

Los rayones profundos, imperfecciones y otros defectos deben ser trabajados en el mismo metal con masilla poliéster que es extremadamente durable y tienen muy buenas propiedades de lijado. Se usa para rellenar grandes imperfecciones antes de aplicar el imprimante o la masilla de terminación y usado generalmente en el área de desabolladura.

- Esmaltes

Los esmaltes son pinturas que, al secarse, tienen alto brillo sin necesidad de pulido.

El secado puede ser principalmente por oxidación, como los esmaltes alquídicos corrientes, por termo curado o por reacción como los esmaltes poliuretanos.

En la línea automotriz se usan los esmaltes poliuretanos (bacodur) o los esmaltes acrilo-uretano. En ambos casos la terminación es muy brillante con muy buena resistencia a la intemperie, buena retención del brillo, etc.

- Lacas

Las lacas son productos que secan por evaporación del solvente. Por su naturaleza química necesitan pulido para otorgarles un buen brillo final, en el mercado automotriz existen 2 tipos:

-Piroxilina (Nitrocelulosa)

-Acrílicos

Las ventajas y desventajas de cada una se explican en la tabla 1:

TABLA 1

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Piroxilina	Facilidad de aplicar Rapidez de secado Resistencia a Hidro-carburos Buena adherencia Buena dureza	Poca durabilidad Poca resistentencia a UV Bajo brillo, requiere pulido Baja retención de brillo Película quebradiza en el tiempo Bajo sólido
Acrílicos	Rápido secado Buena durabilidad Buena resistencia UV Excelente efectometálico Facilidad de aplicación Buena retención de brillo.	Bajo brillo requiere pulido Película quebradiza en el tiempo Bajo sólido

El barniz (clear), es un barniz tipo acrílico con protectores ultravioletas que permiten una alta resistencia a los rayos de sol, poseen alto brillo y alta durabilidad.

- Diluyentes

Existen tres clases de diluyentes (Thinneres):

-Diluyente desarrollado a base de mezcla de aromáticos y alcoholes para utilizar como diluyente de los adherentes de poliésteres horneables.

-Diluyente desarrollado a base de mezcla de aromáticos y ésteres de evaporación para utilizar como diluyente de las bases de poliéster.

-Diluyente desarrollado a base de aromáticos cetonas, alcoholes y alifáticos para utilizar como diluyente de limpieza en las ensambladoras.

3.2 Preparación de la Superficie

El primer trabajo que se debe hacer a cualquier vehículo que se va a repintar es evaluar el estado en que se encuentra. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1) Se limpian las áreas que se van a inspeccionar.
2) Se revisa el estado de la pintura antigua para hallar agrietamiento, ampollas, oxidación y otras fallas.
3) Se observa como está el brillo: su pérdida puede ser el resultado de un agrietamiento superficial difícil de distinguir a simple vista.
4) Se determina cuáles partes golpeadas se deben enderezar, cambiar o soldar.

La reparación de superficie sobre pinturas antiguas en condiciones aceptables se realiza en dos etapas:

a. Limpieza de la superficie

El área que se va a repintar y las zonas adyacentes se deben lavar con agua para suprimir el polvo y la mugre, luego con un ajustador o Thinner que no ataque la pintura antigua ni deje residuos al evaporarse, se eliminan las ceras, grasa, siliconas, aceites y asfaltos.

b. Lijado

Tiene dos objetivos importantes: primero facilitar la adherencia del repinte para que sea durable y segundo, conseguir un acabado final atractivo. Existen tres formas para hacerlo: manualmente para superficies curvas o con perfiles, colocando directamente la mano sobre el papel de lija, apuntando siempre en la dirección que se va a lijar para evitar rayas profundas. Este trabajo debe hacerse suavemente, en trayectos cortos y siguiendo las curvas o perfiles de la superficie. Demasiada presión embota el papel de lija y ocasiona rayas y arrugas.

El lijado también se puede hacer con la ayuda de una tabla o taco de lijado plana del tamaño de un cuarto de hoja de papel de lija. Este método es ideal para superficies planas y tiene la ventaja de eliminar la tendencia a seguir las curvas que presentan defectos pequeños de las pinturas antiguas.

Por último el lijado se puede hacer en seco con máquina neumática recomendada para partes planas o ligeramente curvadas. Aunque estas máquinas no eliminan el procedimiento manual, economizan tiempo y esfuerzo.

El lijado se hace suavemente, en húmedo con papel de lija No. 360 o 400 hasta suprimir el brillo de la pintura. Los residuos de este trabajo se lavan con abundante agua corriente y luego se seca bien la superficie con un trapo limpio y aire a presión.

En la Tabla 2 se puede escoger el número de papel de lija:

TABLA 2

USOS	**REFERENCIAS No.**
Para lijar lámina:	150 o 180
Para lijar pinturas antiguas deterioradas:	120
Para lijar pinturas antiguas en buen estado:	240 o 320 o 360
Para lijar masillas:	120 o 180 o 220
Para lijar bases:	320 o 360 o 400

Limpieza final

Una vez realizado los dos procesos anteriores, se debe limpiar muy bien la superficie, para eliminar todo tipo de contaminantes, se usa un Thinner Limpiador.

3.3 Sellado de Juntas

Se utiliza sellantes termocurables a base de PVC para cubrir o sellar las juntas que podrían permitir el paso de humedad o polvo al interior de la cabina.

3.4 Fondeo de la Carrocería

Aplicar fondo sobre la carrocería con la finalidad de obtener una mejor nivelación de la superficie a pintarse

3.5 Pintado de la Carrocería

El pintado de la carrocería puede hacerse para sistemas monocapa o sistemas bicapa, dependiendo del tipo de pintura.

Además el pintado puede hacerse con pinturas para acabados sólidos, acabados metálicos o acabados perlados.

3.6 Protección anticorrosiva en zonas de alto riesgo

Con la finalidad de proteger la parte inferior del vehículo para prevenir la oxidación al ser sometido a lodos, salpicaduras de piedras, es necesario en esta parte aplicar una capa de un producto a base de asfalto o brea.

CAPÍTULO 4

4. CABINAS DE PINTADO Y SECADO DE VEHÍCULOS

Hoy en día han aumentado las exigencias de calidad para los recubrimientos, para esto, se han incorporado nuevos productos como Incoloro Acrílico Uretano, Aparejos de dos componentes, etc., que dan una terminación similar a la pintura de origen.

Los talleres que utilizan estos productos han tenido que incorporar como uno de los equipos importantes la "Cabina de Pintado - Secado". Además las compañías aseguradoras de vehículos califican a estos talleres para realizar trabajos de repintado de sus clientes.

La utilización de estas cabinas se hace cada vez más necesaria especialmente en los talleres que utilizan estos productos, ya que por lo general son productos de dos componentes que tienen un tiempo de secado al tacto más largo (30-40 minutos), siendo necesario para su aplicación un lugar limpio y libre de polvo.

4.1 Cabinas para pulverización de pintura

Figura 4.1 Cabina de pintado y secado

Las cabinas de pintura que se utilizan en la actualidad (ver figura 4.1) cumplen dos funciones: Cámara de Pintado y Cámara de Secado (horno), elevando la temperatura a un máximo de 80ºC, para no dañar partes y piezas del vehículo.

Existen muchos tipos de cabinas de pintura cada vez más sofisticadas. Con el fin de obtener los mejores resultados se presenta a continuación una leve descripción de algunos tipos de cabinas, para esto las hemos dividido en dos grupos:

(a) Cabinas no presurizadas

Esto significa que el aire extraído por los equipos de ventilación para purificar la cabina es reemplazado por aire fresco que entra a través de filtros colocados normalmente en la puerta (ver figura 4.2a).

(b) Cabinas presurizadas

Los mejores resultados se han obtenido con este tipo de cabinas, ya que utilizan un sistema de sobre presión, esto significa que se “inyecta” más aire filtrado de el que se extrae, impidiendo con esto, que se introduzcan dentro de la cabina partículas contaminantes que se encuentran en el exterior(ver figura 4.2b).

Una de las cabinas más utilizadas en estos sistemas es la de circulación de aire horizontal, inyecta aire en uno de los extremos de cabina y extrae con el otro, en el último tiempo se ha hecho más popular la utilización de cabinas de circulación de aire descendente ya que tiene algunas ventajas sobre las cabinas con circulación de aire horizontal como es el flujo de aire directo sobre el vehículo y la disminución de la pintura en suspensión en el resto de la cabina.

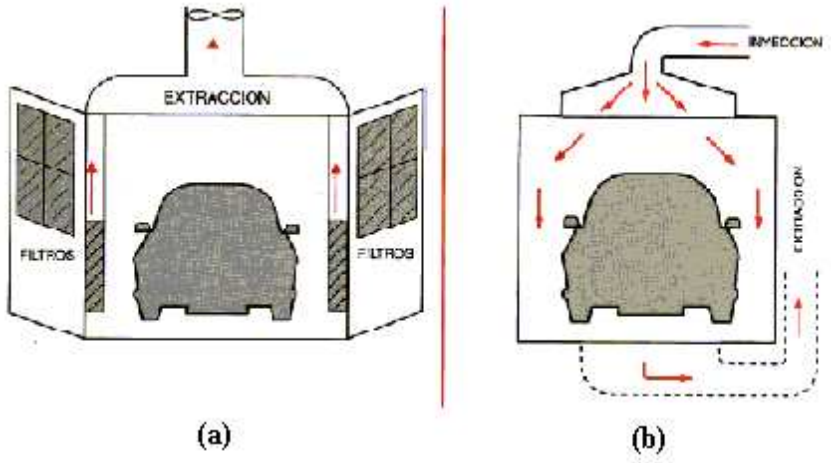


Figura 4.2 Tipos de cabinas de pintado-secado:

a) **No presurizada**

4.2 El secado de la Pintura

El secado es la eliminación de líquido contenido en un sólido. En la cabina de pintado existe una corriente de aire calentado que envuelve al material a secarse. La diferencia de temperatura entre el aire y el objeto mantiene un flujo de calor hacia el material por lo que el vapor de agua y el diluyente emigra desde el interior del material hasta su superficie.

4.3 Normas prácticas para el pintado en cabina.

El tema de limpieza es sumamente importante en pintura. Muchos de estos defectos pueden derivarse de la adherencia de corpúsculos sólidos muy pequeños sobre la superficie todavía tierna.

La cabina de pintado tiene por misión hacer muy difícil que esta situación se produzca en ella, sin embargo se requiere una serie de cuidados y que cumpla una serie de normas que vamos a resumir a continuación. Los consejos fundamentales que hay que dar a un operario que pase por primera vez en una cabina son:

4.3.1 En la fase de preparación

1. Limpiar siempre cuidadosamente las pistolas y los otros aparatos que se utilizan para pintar.

2. No lavar, ni mucho menos lijar planchas de la carrocería dentro de la cabina.

3. La entrada en el interior de la instalación solamente debe ser permitida a los encargados del trabajo.

4. Debe instalarse un grupo regulador de presión, manómetro, separador de la condensación y un filtro para el aire comprimido.

5. Si se necesita introducir un vehículo con baja suspensión (tipo carreras) en una cabina sobrealzada, hay que entrar el coche lentamente para evitar que el cárter de aceite o la caja del diferencial puedan golpear contra el umbral de la puerta. Eventualmente poner unos espesores debajo de la parte inferior de las rampas de acceso.

6. Quitar todos los accesorios (espejo, retrovisores, molduras particulares en plástico, etc.) que no sean originales del coche para evitar su deformación por efecto del calor que se producirá durante el secado.

7. Vaciar el tanque de gasolina y los circuitos de alimentación. Acto seguido desmontar el tanque de gasolina del vehículo y no entrarlo en la cabina.

8. Si se pinta un vehículo que haya tenido anteriores reparaciones y pintadas, hay que recalentarlo previamente durante 10 a 15 minutos. De esta forma posibles estufados efectuados anteriormente con productos no resistentes al horno podrían aflorar y ser vistos y quitados antes de proceder a la realización del pintado definitivo.

9. Es indispensable que los neumáticos del automóvil sean rebajados en su presión de inflado para evitar deformaciones en ellos durante la cocción.

10. Verificar que tanto el cristal de parabrisas como la luna trasera no estén rajados o arañados para evitar que la fase de secado se formen burbujas en el extracto del plástico interpuesto entre los dos cristales laminados. Una buena regla consiste en colocarles una protección con material de fibra de amianto.

4.3.2 En la fase de pintado

1. No olvidar en ningún momento poner el cierre de la cabina en la posición “pintado” para evitar la irrupción de otra persona en la cabina durante el pulverizado.

2. Poner en marcha el ventilador y esperar algunos minutos para que se eliminen posibles residuos de trabajos anteriores.

3. Asegurarse bien que el vehículo que se va a pintar haya sido limpiado en todas sus partes y que todas las zonas que no se han de pintar hayan sido debidamente protegidas con papeles. A continuación introducir el vehículo en la cabina.

4. Controlar que el índice del teletermómetro esté en la temperatura deseada para proceder al pintado a 20°C y por lo tanto el conmutador del quemador en posición de pintado.

5. En estas condiciones ya puede comenzarse la operación de pulverizar el esmalte sobre la plancha hasta conseguir el pintado total de las superficies que se han previsto, luego se pasará al proceso de secado.

4.3.3 En la fase de secado

1. Colocar el cierre en la posición “secado”

2. Controlar que el índice del teletermómetro se encuentre en la temperatura deseada para la cocción de la pintura según la naturaleza de ésta y los consejos dados al respecto por su fabricante.

3. Alcanzada la temperatura disponer el medidor de tiempo colocando, por medio de su conmutador, el valor de minutos necesarios en que ha de mantener la determinada temperatura.

4. Cuando el tiempo de cocción termina, un avisador acústico señala esta circunstancia. Apagar el conmutador llevando el conmutador a la posición cero..

4.3.4 En la fase de enfriamiento

Las cabinas disponen también de una fase de enfriamiento para mejorar los resultados del pintado. Durante este tiempo hay que tener en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Colocar el cierre en la posición “pintado”.

2. Controlar que el conmutador del intercambiador de calor se encuentre en la posición cero.

3. Esperar aproximadamente 15 minutos para que la temperatura baje al nivel de 20 ºC, esta operación permite eliminar la posible humedad y evitar nocivas formaciones de condensación en las partes metálicas de la instalación.

4. Es muy importante tener en cuenta de no apagar el intercambiador de calor y el ventilador al mismo tiempo pues si

se hace así se concentra una gran cantidad de calor residual y la cabina puede padecer un sobrecalentamiento pernicioso.

5. Resulta necesario apagar primero el intercambiador de calor y dejar en marcha el ventilador durante 15 minutos para que el aire vaya evacuando lentamente el calor residual que queda repartido por la instalación.

CAPÍTULO 5

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

En el presente capítulo se van a definir los parámetros a considerar para un eficiente funcionamiento de la cabina de pintado y secado tipo presurizada, se tomarán en cuenta factibilidades de diseño, operación, seguridad y costos, además se considerarán parámetros recomendados por fabricantes y propietarios de talleres de repintado automotriz.

5.1 Dimensiones del cuarto de pintado y secado

Las medidas interiores promedio que usan fabricantes de cabinas de pintura americanos y europeos para vehículos medianos son:

Longitud: 7.2 m

Ancho: 4.0 m

Altura: 2.85 m

En estas medidas coincide el fabricante de pinturas automotrices Sherwin-Williams, por ser las más comunes y por permitir el ingreso de vehículos medianos.

- Materiales

Materiales de las Paredes y Techo

La cabina se puede construir de cualquiera de los siguientes materiales:

1) Láminas o planchas de acero, unidas con pernos a un marco o estructura apropiado.

2) Bandejas de lámina de acero galvanizado de calibre grueso, formadas y ensambladas con pernos.

3) Láminas de asbesto-cemento pintadas, para evitar desprendimiento de las fibras.

4) Mampostería, por ejemplo ladrillos o bloques, que se deben apilar y pintar para que la superficie sea lisa y no atrape polvo.

Especial atención se debe poner en la elección del sitio donde se va a instalar la cabina para que se reduzca cualquier riesgo de fuego y se facilite el acceso y desalojo de materiales.

La cabina estará formada por una estructura metálica, y cubierta por planchas tanto interior como exteriormente las mismas que estarán unidas por remaches a la estructura, de tal manera que entre estas dos superficies quede una cavidad o espaciamiento en el que se alojará el material aislante térmico.

Los materiales que utilizaremos para las cubiertas serán planchas de acero de las siguientes características:

Planchas interiores: (240 cm x 120 cm x 0.7 mm de 5.0 kg / m^2) por lo que el peso total de las planchas interiores en el techo (W1) es la superficie del techo (7.2 x 3.9 = 28.1 m^2) por el peso de la plancha de cada m^2 esto es:

W1 = peso interior = 28.1 x 5.0 = 140.4 kg

Planchas exteriores: (240 cm x 120 cm x 1 mm de 7.5 Kg / m^2) el peso total de las planchas exteriores en el techo (W2) es:

W2 = peso exterior = 28.8 x 7.5 = 216 kg

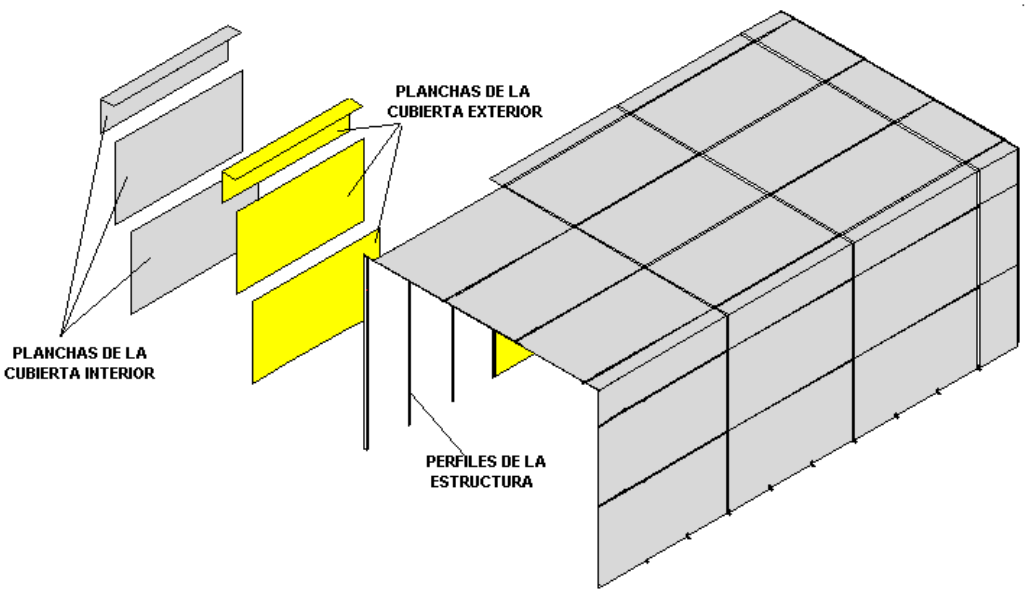


Figura 5.1 Disposición de planchas en la cubierta de la cabina

Materiales de la Estructura (Perfiles)

Para la estructura que servirá de esqueleto a la cabina, el perfil más utilizado en este tipo de proyectos es el de acero ASTM A36 de 50mm x 25mm x 3 mm (ver anexo A) con una dimensión longitudinal total de 117.6 m (longitud de todo la periferia utilizada en la estructura) cuyas especificaciones son:

E = Módulo de elasticidad del acero. E = 2100000 Kg/cm²

Sy = Resistencia a la fluencia. Sy = 4489.8 Kg/cm²

A = Área transversal = 2.70 cm²

Peso aproximado = 2.12 kg/m

Propiedades del eje “X”:

I = Inercia 9.7 cm

Z = Módulo de sección X = 3.88 cm3

Rx = Radio de giro en el eje X = 1.89 cm

Propiedades del eje “Y”:

I = Inercia de Y = 1.57 cm

Zy = Módulo de sección y = 0.91 cm

Ry = Radio de giro en y = 0.76 cm

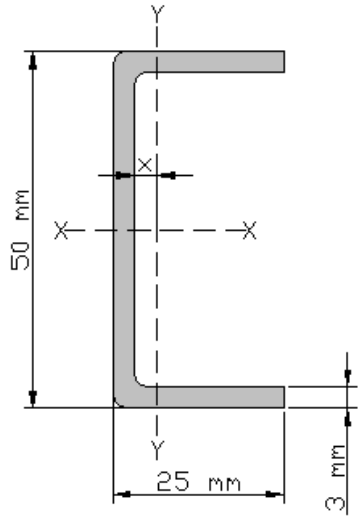


Figura 5.2 Perfil estructural Canal "C"

W3 = Peso total del perfil es de 117.6 x 2.12 kg / m = 249.3 kg

W4 = Peso del aislamiento térmico = 20 kg

W5 = Peso de Ductos y rejillas: 50 kg (es el resultado del peso total de los ductos, filtros y rejillas apoyados en el techo)

W6 = Peso de 1 persona: 70 kg (para posible mantenimiento o inspección)

La estructura tiene 12 pórticos (ver anexo B), por lo que el peso total del techo es:

W1' = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6

W1' = (140.4 +216 +249.3 + 50 + 20 +70) = 745.71 kg = 7307.98 N

El peso concentrado P en cada pórtico es:

P = W1' / 12

P = 7307.98 / 12 = 609 N

Este peso concentrado soportará cada pórtico.

Material y uniones en ductos.

Los ductos se construirán de manera que proporcionen resistencia estructural y estabilidad equivalente en lo mínimo a metal de lamina de no menos de los espesores de la tabla 3.

TABLA 3

Diámetro equivalente de ductos	No. De calibre Americano (U.S.)
Hasta de 8" (20 cm) inclusive	24
De 8" hasta 18" (20 a 46 cm) inclusive	22
De 18" hasta 30" (46 a 76 cm) inclusive	20
Mas de 80" (203 cm)	18

Estos ductos se unen mediante el uso de cinchos o ganchos en "S", según se puede observar en la figura 5.3. Es de extrema importancia que se mantenga el mínimo de fuga de aire en conductos. Con este fin se pueden sellar uniones utilizando cinta o silicón liquido.

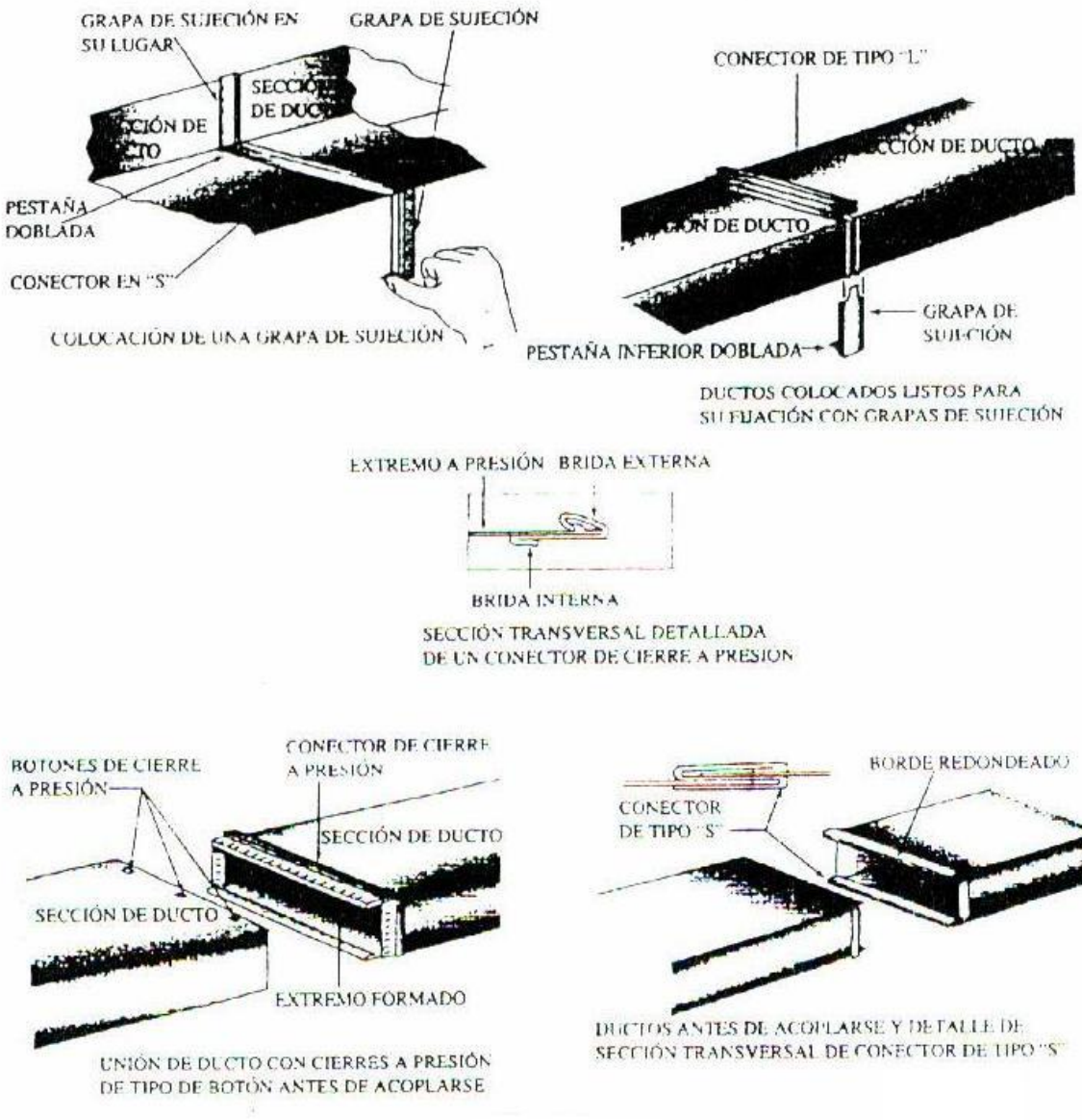


Figura 5.3 Materiales en ductos

5.2 Temperaturas de pintado y secado

La cabina será diseñada para instalarse en la ciudad de Quito, esta cabina de pintura debe constar de un sistema de calefacción y de regulación de temperatura que garantice una temperatura constante y uniforme en el interior de la cabina con una diferencia máxima inferior a 5 ºC.

Considerando la temperatura ambiente promedio de la ciudad de Quito de 10 ºC, en la fase de pintado se recomienda una temperatura promedio de 20 ºC (esto es: $\Delta Ts = 20 - 10 = 10$ °C) y en la fase de secado la temperatura promedio debe alcanzar los 50 ºC (esto es: $\Delta Ts = 50 - 10 = 40$ °C) en aproximadamente 20 minutos.

5.3 Sistema de ventilación

El sistema de ventilación del aire utilizado, debe proporcionar los caudales y temperaturas adecuados para cada proceso. En dicho sistema se usará todo dispositivo necesario para economizar el diseño. Estos dispositivos son:

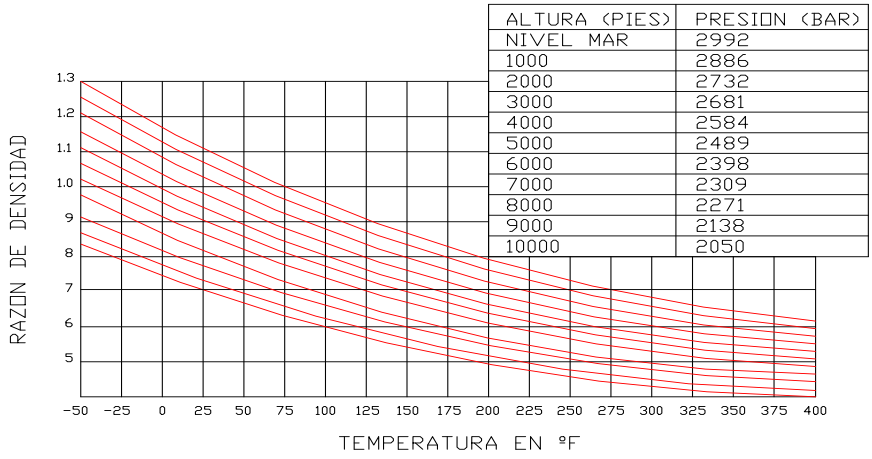
Ventiladores

La cabina contará con 2 ventiladores uno de inyección del aire precalentado en el intercambiador de calor (unidad acondicionadora de aire) y el otro de descarga del aire saturado con pintura y vapores al exterior en la fase de pintado.

Cada ventilador se escogerá dependiendo de los siguientes factores:

1) Cantidad de aire necesario
2) La presión estática
3) La densidad del aire en Quito
4) El espacio disponible

La relación de densidad se encuentra en la figura 5.4 donde con la altura de la ciudad de Quito a 2800 m sobre el nivel del mar y la temperatura promedio de 50º F (10º C) se obtiene una relación de densidad de 0.7 la misma que sirve para obtener la presión estática bajo estas condiciones y saber la cantidad de aire que entregara cada ventilador.



$$\text{RAZON DE DENSIDAD} = \frac{\text{DENSIDAD DE NUEVA CONDICION}}{\text{DENSIDAD DE AIRE ESTANDAR}}$$

Figura 5.4 Relación de densidad del aire

5.3.1 Aire de inyección y filtros

Se debe disponer de un ventilador de inyección que envíe aire previamente acondicionado a las temperaturas mencionadas anteriormente.

En cuanto a la velocidad del aire en el interior de la cabina hay quienes afirman que es la característica fundamental, y debe de estar 300 y 500 fpm para asegurar una correcta evacuación de gases. Esta magnitud debe asegurar una renovación de aire de alrededor de las 120-240 renovaciones por hora. O sea, la ventilación de la cabina debe garantizar una sobre-presión

constante y uniforme en el interior del recinto, y además se tiene que ajustar al tipo de pintura que se utilice. Tampoco hay que olvidar que el caudal de aire debe estar relacionado con el espacio de la cámara (volumen interior de la cabina).

Para calcular el caudal de inyección utilizamos la siguiente expresión:

$$Ci = V \times \#r \qquad (5.1)$$

En donde:

Ci = Caudal aire de inyección

V = Volumen interior de la cámara

r = Número de renovaciones por hora de aire

Reemplazando:

$V = 7.2 \times 2.85 \times 4 = 82.08\ m^3 = 2898.6\ ft^3$

 # r = 120 renovaciones por hora de aire.

Reemplazando en la ec. 5.1:

$$C1 = 2898.6 \times 120 / 60 = 5797 \text{ cfm} \approx 6000 \text{ cfm}$$

Respecto al sistema de filtrado, es prácticamente idéntico en todos los modelos, siendo lo más habitual el empleo de "filtros secos". En este caso vamos a utilizar una rejilla filtrante en el ducto de toma de aire a la entrada del circuito de inyección de aire para la cabina, con el fin de prefiltrar el aire de impurezas, polvos o cualquier otro agente indeseable dentro de la cabina.

El aire entrará por el techo de la cabina de pintura previamente filtrado, a través de ductos y rejillas lineales difusoras. El área de suministro del aire en el interior de la cabina debe ser suficientemente amplia para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos, que terminarían afectando al acabado final de los vehículos.

Un buen sistema de control del nivel de saturación de los filtros también es clave en una cabina de pintura.

5.3.2 Aire de descarga y filtros

La cantidad de aire de descarga necesario es 10% menos el caudal de aire de inyección, es decir:

$$Cd = 0.9\ Ci \qquad (5.2)$$

En donde:

Cd = Caudal aire de descarga

Ci = Caudal aire de inyección

Reemplazando en ec. 5.2:

$C2 = 0.9\ (\ 6000\ ) = 5400$ cfm

La cabina de pintura contará con una adecuada superficie de filtros para pintura y vapores en suspensión, colocados en la zona de paso de aire, que garanticen una retención no inferior al 85 o 90% de las partículas de pintura "over spray" que no se depositan.

Estos filtros estarán ubicados en el piso, en 2 bancos alineados a cada costado del vehículo (doble Pits), y filtrarán el aire viciado con pintura y vapores, tanto en la fase de pintado como en la de secado, garantizando asi aire limpio para recirculación en la cabina o para expulsarlo a la atmósfera.

Velocidad del aire en ductos.

Los ductos tienen una velocidad máxima recomendable con el objetivo de mantener un factor de ruido controlado, tanto en los ductos principales como en ramales de entrada y de retorno como se muestra en la tabla 4, se deben escoger las máximas velocidades para aplicaciones industriales.

Pero en este caso se han tomado velocidades menores a las máximas para obtener de esta manera un factor de ruido bajo, y una caída de presión estática baja con el objeto de que los ventiladores entreguen el caudal de aire necesario sin mayor esfuerzo.

De esta manera las velocidades en las secciones de los ductos son:

Suministro :

Ramal principal de suministro: 1500 fpm

Retorno :

Ramal principal de retorno : 1350 fpm

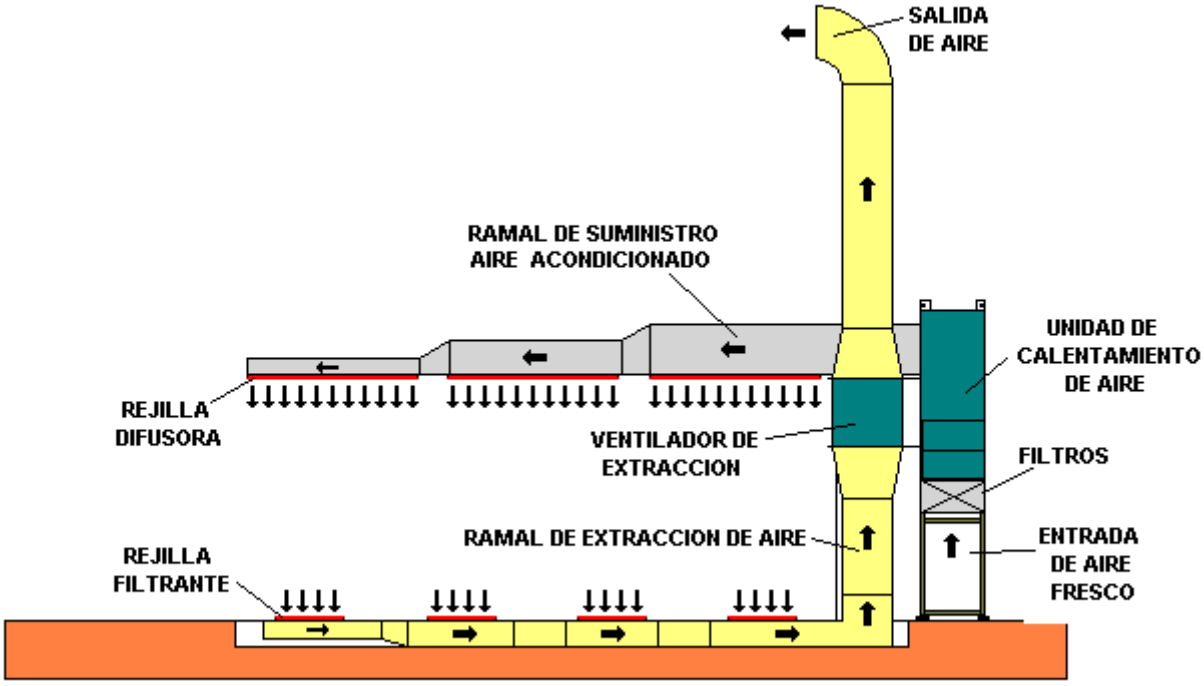


Figura 5.6 Velocidades del aire en ductos

TABLA 4

VELOCIDAD MÁXIMA RECOMENDADA EN DUCTOS DE SISTEMAS DE BAJA VELOCIDAD (fpm).					
APLICACION	**FACTOR DE RUIDO DUCTO PRINCIPAL**	**FACTOR DE FRICCION EN DUCTOS**			
		DUCTO PRINCIPAL		**RAMALES**	
		SUMINISTRO	**RETORNO**	**SUMINISTRO**	**RETORNO**
RESIDENCIAS	600	1000	800	600	600
APARTAMENTOS CUARTOS DE HOTEL CUARTOS DE HOSPITAL	1000	1500	1300	1200	1000
OFICINAS PRIVADAS CUARTOS DIRECTIVOS LIBRERIAS	1200	2000	1500	1600	1200
TEATROS AUDITORIOS	800	1300	1100	1000	800
OFICINAS EN GENERAL RESTAURANTE CLASE ALTA TIENDA DE CLASE ALTA BANCOS	1500	2000	1500	1600	1200
TIENDAS DE CLASE MEDIA CAFETERIA	1800	2000	1500	1600	1200
INDUSTRIA	2500	3000	1800	2200	1500

5.4 Aislamiento Térmico Requerido

A la hora de fabricar la cabina de pintura es fundamental el empleo de buenos aislantes térmicos y acústicos, tanto en las paredes que conforman el perímetro del recinto de pintura (cabina), como en las partes que conforman el grupo impulsor (ductos de aire). Además, la cabina debe tener un acabado que garantice inalteradas las características de funcionamiento a lo largo de su vida (de 10 a 15 años ó de 15.0000 a 20.000 horas de trabajo).

Para el aislamiento en paredes, techos y puertas los materiales que pueden usarse son: lana de vidrio, poliestireno expandido o aislaflex que poseen un coeficiente de conductividad bajo.

Los espesores serán determinados dependiendo del análisis energético que se realice luego.

Las mismas consideraciones se deben tomar en cuenta para el aislamiento en conductos de transporte de aire.

Los aislamientos térmicos irán entre las planchas interiores y exteriores de las paredes y techo de la cabina y en el exterior de los

conductos con el fin de evitar una perdida excesiva de calor que se traduce en ahorro de energía especialmente en la Fase de secado, donde la demanda de calor es mayor.

Aislamiento en paredes

Para el aislamiento en paredes, techo y puertas se ha utilizado como material aislante aislaflex cuyas características se encuentran en el anexo C, estas son:

Coeficiente de conductividad térmica de aislaflex:

$k1 = 0.0382 \quad W / \ m.°C$

Espesor del material aislante:

$e1 = 5 \ cm$

Aislamiento de ductos para aire

Para el aislamiento en los conductos de entrada y retorno del aire se ha utilizado poliestireno expandido cuyas propiedades se encuentran en el anexo C, estas son:

Coeficiente de conductividad térmica del material aislaflex:

K2 = 0.033 W / m.°C

Espesor del material aislante que cubre los ductos:

E2 = 2.54 cm

5.5 Iluminación

El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 700 lux a la altura del piso.

El nivel de iluminación necesario para conseguir una visión eficaz para cabinas de pulverización se encuentra en el anexo D cuyos valores son:

E = nivel de iluminación

E mínima = 700 lux

E recomendado = 1000 lux

Se escogerá un nivel de iluminación mínimo para obtener un ahorro en luminarias. Las lámparas fluorescentes a utilizarse deben cumplir con características y necesidades de las cabinas de pintado entre las principales tenemos:

1. Económicas
2. Aprovechamiento de la luz de 30 a 94 m / W
3. 7500 horas de vida útil
4. Reproducción del CRI: 1 a 3
5. Se utilice en la industria

CAPÍTULO 6

6 SEGURIDAD

En este capitulo vamos a tratar los problemas de higiene y seguridad en el taller de pintado y secado automotriz, así como la protección del medio ambiente.

Cuando se trabaja con pinturas y recubrimientos inflamables deben considerarse tres factores de seguridad:

1) Daños para la salud
2) Impacto ambiental
3) Peligro de explosión e incendio

6.1 Seguridad para el personal.

En el proceso de pintado y secado se manipulan sustancias químicas que junto con la pintura pueden causar potenciales daños a la salud del pintor si no se toman las debidas precauciones. Siendo el solvente, diluyente o thiner la de mayor incidencia.

Solventes

El propósito de los solventes es transformar una sustancia a una forma adecuada para un uso determinado. La importancia del papel que juegan los solventes está demostrada claramente por el hecho de que muchas sustancias resultan de mayor utilidad cuando están en solución.

Debido al número casi ilimitado de combinaciones posibles para el número de variables involucradas, cientos de solventes diferentes, sus grados de concentración, la duración de la exposición, efectos combinados con otros solventes y el estado de salud y edad del individuo expuesto, es difícil establecer reglas generales respecto a los efectos de los solventes sobre un individuo. El problema no reside tanto en el efecto mismo, sino mas bien en determinar que efectos son nocivos y a que nivel de concentración puede esperarse que ocurran estos efectos nocivos.

Cuando una exposición excede ciertos umbrales límites, muchos de estos efectos son nocivos y puede deteriorarse la salud del individuo y su capacidad de funcionar en forma eficiente. En algunos casos los efectos son irreversibles y el daño puede ser permanente.

Como sucede con muchas medidas de seguridad, la gente no emplea los controles necesarios. Con demasiada frecuencia se produce un contacto mayor entre el solvente y la piel que la persona expuesta tiene conciencia; en algunas ocasiones no es adecuada una ventilación local en la zona de respiración.

Como testimonio de una ventilación inadecuada está la triste evidencia de incendios y explosiones que se producen con demasiada frecuencia. Las concentraciones que pueden provocar incendio y explosión están muy por encima de los niveles que tienen efectos tóxicos.

Como regla general, aún con una buena ventilación general, los solventes limpiadores comunes tienen presiones de vapor que producen concentraciones en el orden de 100 a 1000 ppm en la zona de respiración del usuario. Los solventes muy tóxicos como CCl4, y otros que tienen un Valor Umbral Limite (TLV) muy bajo, deben ser

usados únicamente dentro de una campana con extracción local de aire.

El TLV es la concentración por volumen de aire por debajo de la cual se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos en forma repetida diariamente, sin sufrir efectos adversos.

Efectos

Los efectos fisiológicos de los distintos solventes son demasiado complejos y variables como para ser discutibles en detalle; sin embargo, pueden hacerse algunas generalizaciones.

Sistemas acuosos: Son conocidos por sus efectos irritantes luego de una exposición prolongada. Es bastante común la dermatitis de contacto producida por soluciones acuosas, por ejemplo la ubicua "manos de lavandera".

Una concentración excesiva de niebla en el aire (producida por el calentamiento, agitación y pulverización de líquidos) puede causar irritación de garganta y bronquitis. Si se produce reacciones entre los productos químicos involucrados y el recipiente, pueden presentarse numerosos efectos y peligros adicionales. Como regla, los sistemas

acuosos, debido a su baja presión de vapor y facilidad de control, no constituyen un problema, pero deben ser considerados como de peligro potencial.

Solventes orgánicos: Presentan un tipo de problemas diferentes. Las presiones de vapor son generalmente mayores y la posibilidad de inhalar cantidades tóxicas es superior.

Todos los solventes orgánicos afectan de alguna medida el sistema nervioso central porque actúan como depresores y anestésicos y producen además otros efectos. Dependiendo del grado de exposición y del solvente involucrado, estos efectos pueden variar desde una narcosis suave a la muerte por paro respiratorio.

Todos los solventes que tocan y mojan la piel producirán dermatitis o inflamación de la piel, que puede variar desde una simple irritación a un daño sistemático de la misma.

Los solventes disuelven la barrera protectora natural de las grasas y aceites y dejan a la piel susceptible a mayor irritación y daño.

Nota: Las afirmaciones anteriores solo señalan los efectos tóxicos generales con el objeto de ayudar a la determinación del peligro potencial y para establecer un marco de referencia. Los efectos reales producidos por un solvente especifico o por una mezcla de solventes puede variar en forma considerable. Dentro de cada clase parecen existir uno o mas solventes específicos que son, sin ninguna duda, mas peligrosos que sus homólogos.

En la mayoría de los países existen regulaciones referentes a la higiene y seguridad de las personas en el trabajo para su protección individual.

Los solventes orgánicos comunes pueden ser clasificados como hidrocarburos alifáticos, cíclicos, aromáticos y halogenados, cetonas, esteres, alcoholes y éteres. Cada clase tiene una estructura molecular característica.

Un buen conocimiento de la nomenclatura, las características de la estructura molecular y las diferentes toxicidades, será de gran ayuda para hacer una evaluación adecuado de un problema ocasionado por un solvente.

La nomenclatura puede, con frecuencia, ser causa de un error para el profesional de prevención de accidentes. Por ejemplo bencina y benceno son dos solventes diferentes que con frecuencia se confunden y que tienen efectos tóxicos muy distintos. Algunas clases de bencina comercial contienen benceno como un contaminante, el que debe ser tenido en cuenta.

Aun el usuario científicamente entrenado tiene con frecuencia un conocimiento vago y a veces completamente equivocado de la composición del solvente que puede estar usando. Una buena política es verificar con la evidencia directa obtenida del rotulo, del fabricante o del laboratorio, el nombre especifico y composición de los solventes involucrados. Únicamente después de verificar el nombre y la composición se debe intentar evaluar el efecto potencial o el peligro de un solvente.

Los fabricantes generalmente proporcionaran la información sobre la composición de materiales con nombres registrados si la solicitud se hace en forma confidencial. Generalmente la retención de esta información tiene poco valor. Un químico competente en un laboratorio adecuadamente equipado, puede establecer si la información sobre la composición es correcta. Mas aún, un fabricante o distribuidor puede

proporcionar un solvente preparado para cumplir la necesidad del usuario en forma mucho más económica que este mismo.

Debido a que las reglamentaciones oficiales obligan a los empleadores a mantener información sobre los peligros de los materiales en uso muchos proveedores están imprimiendo cartillas de datos estandarizados. En el rótulo puede incorporarse composición e información suplementaria.

En nuestra cabina se obligará al operario a utilizar buzo, mascarillas, guantes y botas durante el ingreso a la cabina, que constituyen el equipo de seguridad básico en los procesos de pintado industrial.

6.2 Seguridad para el medio ambiente.

Actualmente se requiere una reducción sobre el contenido orgánico volátil (COV) producido por los disolventes presentes en las pinturas y revestimientos. Los hidrocarburos presentes en los citados disolventes, contribuyen a través de una reacción en cadena, al aumento de la polución (ozono fotoquímico). El agujero en la capa de ozono de la estratosfera está relacionado con la utilización de los cloroflurocarbonos (CFC), y es un asunto diferente.

Los fabricantes de pinturas también se encuentran con el problema de la eliminación de plomo, cromo y cadmio, que son contaminantes que aparecen en los residuos de las pinturas.

Las pinturas deben cumplir con los requisitos legales impuestos como un bajo COV, o incluso requisitos mas estrictos impuestos por los propios fabricantes. Estas pinturas superlegales incluyen las pinturas en polvo, las pinturas o acabados de curado por radiación y de poliéster insaturado, y las emulsiones acuosas, que contienen muy poco disolvente o nada en absoluto. Además las pinturas o revestimientos acrílicas, de poliéster y alquidicas, se pueden hacer

con alto contenido en sólidos pero con menos disolventes, o en soluciones acuosas o emulsionadas en aguas.

Mientras las regulaciones legales sobre COV definen niveles máximos de disolventes, los planes voluntarios de etiquetado ecológico, se hacen para conseguir pinturas mas respetuosas con el medio ambiente.

El análisis del ciclo de vida (ACV) es una frase que describe la evaluación del impacto medioambiental de un producto desde su nacimiento hasta su muerte. Se tienen en cuenta las materias primas, el proceso de producción, la utilización y la eliminación de la pintura (y del producto pintado). Los resultados de este tipo de evaluación ayudan al desarrollo de productos y procesos, mejora el cumplimiento de las normas, reduce los costes asociados con la eliminación de residuos, suministra información a los responsables del etiquetado ecológico. El SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL, también conocido como ISO14000, es un plan en desarrollo que permite la medida, control y la evaluación de la actuación ambiental. El ACV es una parte de este plan.

Cuando los solventes se eliminan al exterior pueden volverse peligrosos para el público como contaminantes ambientales. Los hidrocarburos solventes son sustancias importantes en la composición del smog fotoquímico. Reaccionan, en presencia de la luz solar, con el oxígeno atómico y el ozono para producir aldehídos, ácidos, nitratos, y toda una serie de compuestos irritantes y nocivos.

La mayor parte de los hidrocarburos que contribuyen a la contaminación ambiental proviene de los automóviles, pero una cantidad significativa proviene también de las toneladas de solventes que se desechan diariamente de la limpieza industrial y de los procesos de revestimientos de superficie.

Algunos solventes son mas reactivos a la luz solar y contribuyen en gran medida al problema del smog. En áreas cada vez mayores, especialmente en las grandes ciudades, se esta limitando el uso de los mismos. Otros solventes que son menos reactivos están exceptuados del control limitativo. Como guía se da una lista de reactividad fotoquímica en orden decreciente:

*Olefinas (hidrocarburos no saturados de cadena abierta que contiene una o mas uniones dobles) son mas reactivas.

*Aromáticos (excepto el benceno)

*Cetonas ramificadas, incluyendo metil isobutil cetona

*Etilenos clorados, incluyendo tricloroetileno (excepto tricloroetileno)

*Cetonas normales (por ejemplo, metiletilcetona)

*Alcoholes y aldehídos

*Parafinas ramificadas

*Parafinas cíclicas

*Parafinas normales, y

*Benceno, acetona, percloro etileno y los hidrocarburos halogenados saturados.

Existen opiniones diferentes respecto del orden exacto de reactividad y muchos solventes todavía tienen que ser probados. La tendencia está dirigida hacia el desarrollo y empleo de mezclas de solventes no reactivos.

Para eliminar este problema usaremos filtros con carbón activado, para atrapar estos vapores tóxicos.

6.3 Seguridad durante la operación contra explosiones.

Por si sólos los efectos tóxicos no son suficientes para establecer el peligro potencial de un solvente. La presión de vapor, ventilación y forma de empleo determinan la concentración del aire.

Además deben considerarse la temperatura de ignición, el punto de inflamación y otros factores que determinan el potencial para provocar fuego y explosión. Aunque las concentraciones seguras desde el punto de vista toxicológico son mucho menores que los limites inferiores de inflamabilidad de los solventes inflamables, las concentraciones en los puntos de ignición potenciales pueden ser

mucho mayores que las concentraciones en el área de respiración del usuario.

El potencial para incendio y explosión puede ser minimizado al usar solventes no inflamables, con puntos de inflamación mayores de 60°C. Sin embargo los hidrocarburos halogenados no inflamables se descomponen cuando son sometidos a temperaturas altas y despiden productos de descomposición tóxicos y corrosivos (como fosgeno, ácido clorhídrico y ácidos fluorhídricos), por lo tanto, no pueden usarse libremente en presencias de llamas, equipo eléctrico con arcos al descubierto u otras fuentes generadoras de altas temperaturas.

Si se deben emplear solventes inflamables por debajo de los 60°C, deben tomarse las precauciones adecuadas. Deben eliminarse las fuentes de ignición como llamas, chispas, temperaturas elevadas y fumar. El equipo para el manejo de los solventes inflamables debe asegurarse y ubicarse en forma adecuada e instalarse de acuerdo con los resguardos eléctricos nacionales y estatales. Los trabajadores deberán ser entrenados adecuadamente en las medidas protectoras contra incendios.

El termino “concentración explosiva mínima” (LEL), indica el volumen mínimo de vapor de disolvente en el aire, capaz de producir una explosión si la mezcla se inflama mediante una llama o una chispa. Si

Debido a que en nuestro medio se utilizan diversos tipos de solventes y pinturas con diferentes valores de TLV y LEL, esto dificulta el cálculo del caudal de aire en nuestro sistema de ventilación. Por esto los fabricantes de estas cabinas de pintado y secado de vehículos, recomiendan sobredimensionar el caudal de aire en la cabina, asumiendo basados en la experiencia que el número de cambios o renovaciones seguro contra concentraciones explosivas y tóxicas en una cabina de pintado automotriz este entre 120 a 240, y en base a esto calcular el caudal de aire requerido.

Estos términos son suficientemente prácticos y no hay razón alguna para hacer distinciones entre los tipos individuales de disolventes y pinturas que se encuentran presentes en cada caso.

CAPÍTULO 7

7. DISEÑO

En este capítulo se va a proceder con los cálculos necesarios para el completo diseño de la cabina de pintado y secado de vehículos, utilizando la información obtenida en el capitulo 5.

7.1 Diseño del cuarto de pintado y secado.

Utilizaremos un diagrama de cuerpo libre con el objetivo de obtener una mejor apreciación (Ver fig. 7.1). Es una estructura simétrica de un pórtico de soporte fijo. Las notaciones, coordenadas y constantes de la estructura se encuentran en el diagrama de cuerpo libre.

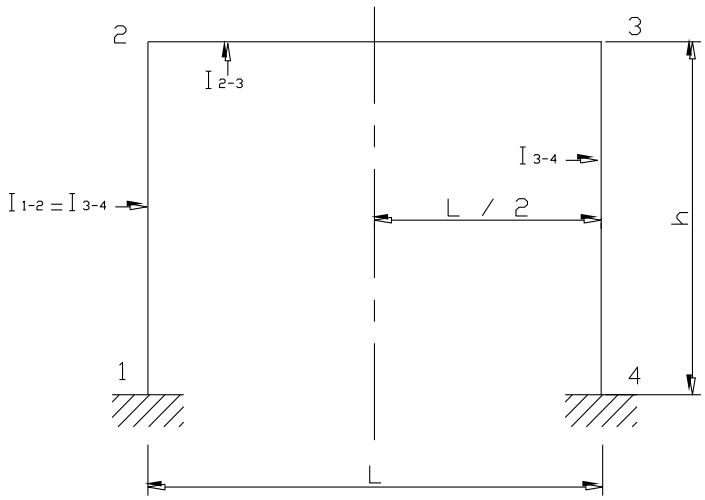


Fig. 7.1.a Estructura simétrica en pórtico de soporte fijo

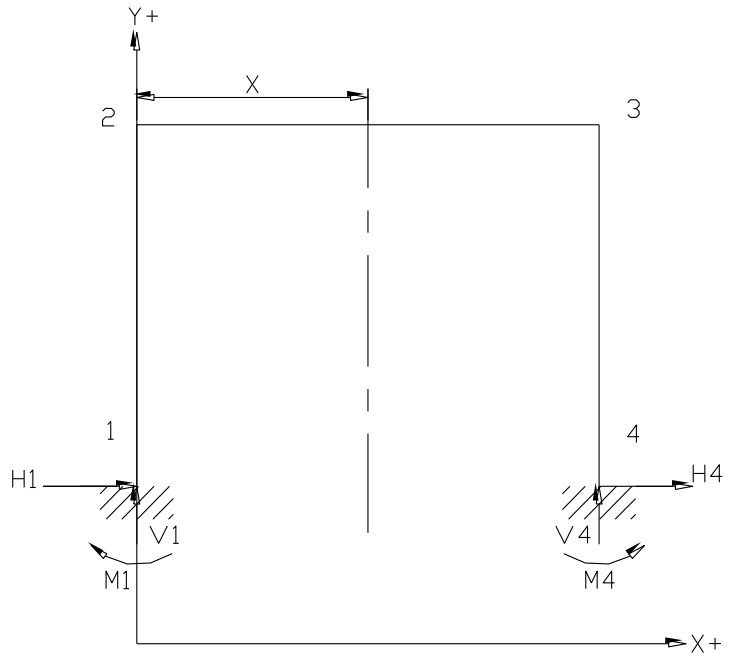


Fig. 7.1.b Diagrama de cuerpo libre del pórtico

Donde:

P = Carga concentrada

In = El momento de inercia de la sección transversal del miembro n [cm4]

L = Claro de luz de una estructura o arco entre las líneas centrales de los apoyos [cm]

h = Dimensiones del eje vertical [m]

F y Ø = Constantes que tienen valores adimensionales que dependen de las propiedades geométricas y físicas de las estructuras

Mn = Momento de Flexión en la sección definida por el índice [N.m]

Hn = Componente horizontal de la reacción de la estructura o arco en la sección definida por el índice [N]

Vn = Componente vertical de las reacciones de la estructura o arco en la sección definida por el índice [N]

X = Distancia al centro de la viga horizontal [m]

σ = Esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal [N/m^2]

S = Z = Modulo de sección del eje X [cm^3]

Mx = Momento de diseño [N.m]

Sy = Resistencia a la fluencia del acero [Kg/cm^2]

N = Factor de seguridad

Ry = Valor mínimo del radio de giro de la sección transversal en Y [cm]

Le = Longitud efectiva [m]

K = Constante practica de fijación de los extremos

L = Longitud real entre los soportes [m]

Cc = Razón de transición de delgadez

Pcr = Carga critica a la cual la columna empezara a pandearse [N]

Pa = Carga admisible o tolerante [N]

Pc = Carga real en cada columna [N]

N = Factor de diseño en columnas

El diseño de la estructura se encuentra en el Apéndice A. Las constantes de la estructura se obtienen de las siguientes formulas:

$$Ø = I_{1-2} * L / I_{1-3} * h \qquad \text{(ec. 7.1)}$$

$$F = 6 [2 + (1 / Ø)] \qquad \text{(ec. 7.2)}$$

Donde:

$I_{1-2} = I_{1-3} = 1.57$ cm4

L = 4.00 m

h = 2.85 m

Reemplazando en la ec. 7.1 y 7.2

$Ø = 4.00 / 2.85 = 1.40$

$F = 6 [2 + (1 / 1.40)] = 16.28$

Cálculo de momentos (Ver fig. 7.2 y 7.3)

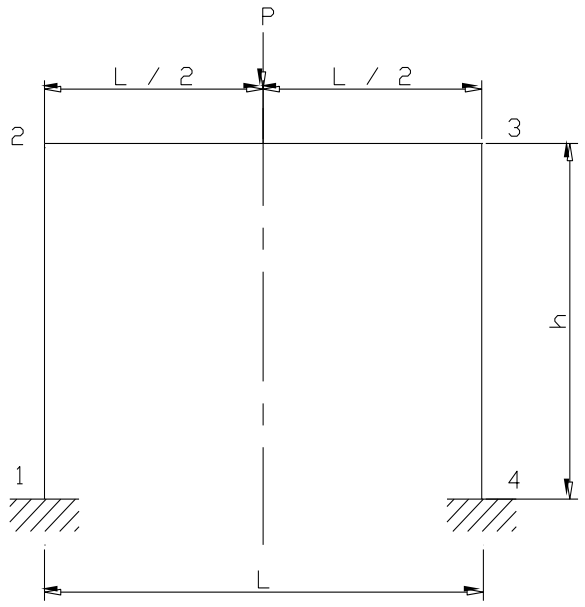


Fig. 7.2 Pórtico de soporte fijo con carga concentrada

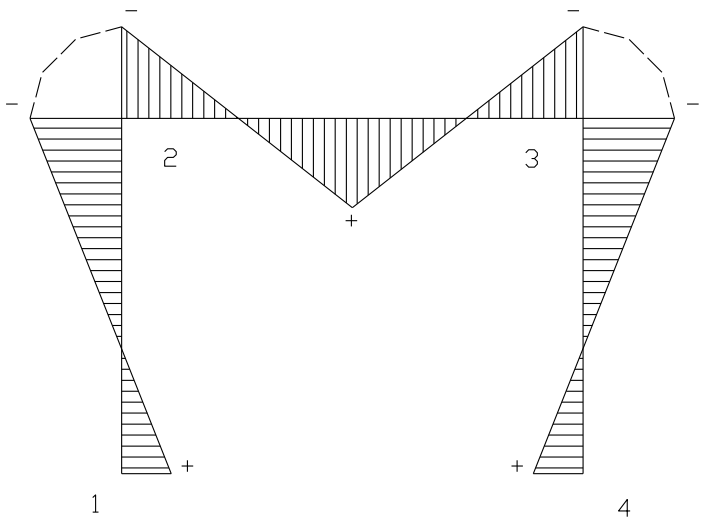


Fig. 7.3 Momentos producidos por una carga concentrada en el centro

Por simetría, los momentos de la mitad derecha de la estructura son iguales a los de la mitad izquierda. El Cálculo de los momentos en los puntos 1 y 4 se resuelve con la ec. 7.3a y en los puntos 2 y 3 se resuelve con la ec. 7.3b.

$M1 = M4 = 3PL / 4F$ (ec. 7.3a)

$M2 = M3 = -3PL / 2F$ (ec. 7.3b)

Donde:

$P = 609\ N$

$L = 4.0\ m$

$F = 16.28$

Reemplazando en ec. 7.3a, tenemos:

$M1 = M4 = (3 \times 609 \times 4.0) / (4 \times 16.28) = 112.26\ N.m$

Y Reemplazando en ec. 7.3b, tenemos:

$M2 = M3 = (-3 \times 609 \times 4.0) / (2 \times 16.28) = -224.52\ N.m$

El momento de diseño se obtendrá con la carga concentrada en el punto medio de la viga horizontal y utilizando la siguiente formula:

$Mx = (P. x / 2) + M2$ (ec. 7.4)

Donde:

$P = 609\ N$

$x = 2.0\ m$

$M2 = 224.52\ N.m$

Reemplazando en la ec. 7.4 :

$Mx = (609 \times 2.0 / 2) + 224.52 = 833.51\ N.m$

Cálculo de Reacciones (Ver fig. 7.2 y 7.3)

Las reacciones horizontales en los puntos 1 y 4 son las mismas por lo que utilizaremos la formula 7.5.

$H1 = H4 = 3\ M1 / h$ (ec. 7.5)

Donde:

$h = 2.85\ m$

$M1 = 112.26\ N.m$

Reemplazando en ec. 7.5:

$H1 = H4 = (3 \times 112.26) / 2.85 = 118.17 \ N$

Las reacciones verticales en los puntos 1 y 4 son las mismas por lo que utilizaremos la formula 7.6.

$V1 = V4 = P / 2$ (ec. 7.6)

Donde:

$P = 609 \ N$

Reemplazando en ec. 7.6:

$V1 = V4 = 609 / 2 = 304.5 \ N$

Cálculo del Esfuerzo máximo

El esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal se calcula con la siguiente fórmula:

$\sigma = Mx / Z$ (ec. 7.7)

Donde:

Mx = 833.51 N.m

Z = 3.88 cm^3

Reemplazando en la ecuación 7.7, tenemos:

$\sigma = 833.51 / (3.88 \times 10\text{-}6) = 214823086.13\ N/m^2$

Cálculo del Factor de Seguridad

El factor de seguridad es el resultado de dividir la resistencia a la fluencia del material para el esfuerzo máximo como lo indica la ec. 7.8.

$n = Sy / \sigma$ (ec. 7.8)

Donde:

Sy = 4489.8 $Kg.m^2$ = 440 MPa

σ = 214823086.13 N/m^2 = 214.82 MPa

Reemplazando en la ecuación 7.8, tenemos:

$n = 440 / 214.82 = 2.05$

Análisis de la Columna recta

Propiedades de la sección Transversal de la columna.

La tendencia de una columna a pandearse depende de la forma y las dimensiones de sección transversal junto con su longitud.

La columna de cualquier estructura que soporta una carga axial tiende a pandearse por el resultado de una inestabilidad elástica donde la columna no es lo suficientemente rígida para mantenerse recta bajo la acción de una carga.

Las propiedades se encuentran en los parámetros de la estructura en el capitulo anterior.

Una columna tiende a pandearse alrededor del eje para la cual el radio de giro al igual que el momento de inercia son mínimos. En este caso estos valores mínimos se encuentran con respecto al eje Y (Ver fig. 7.4).

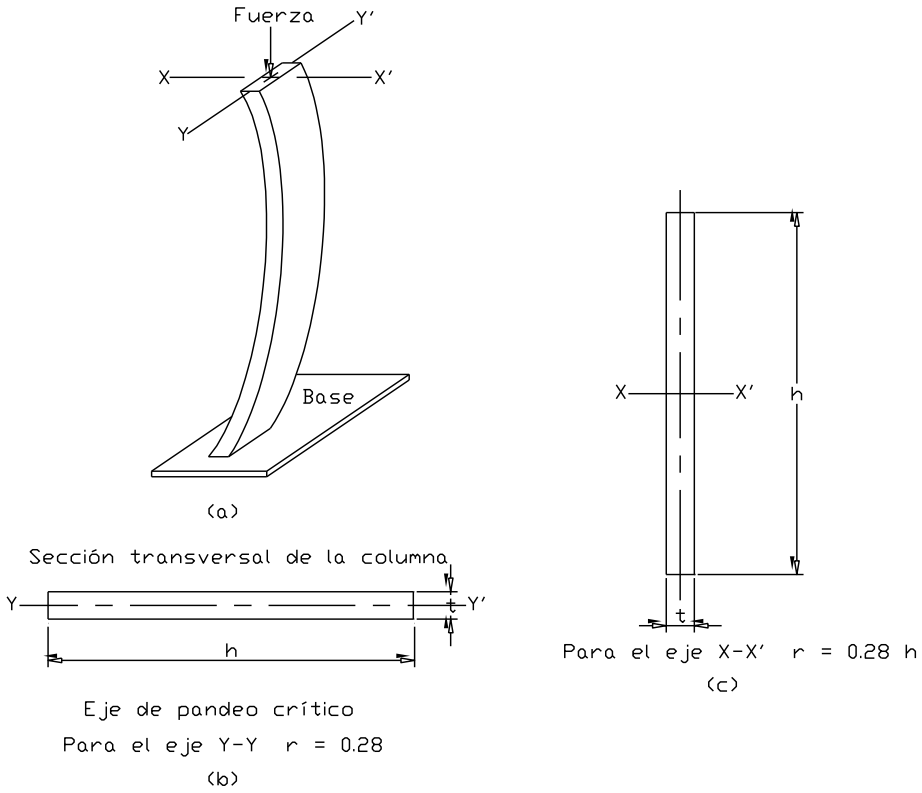
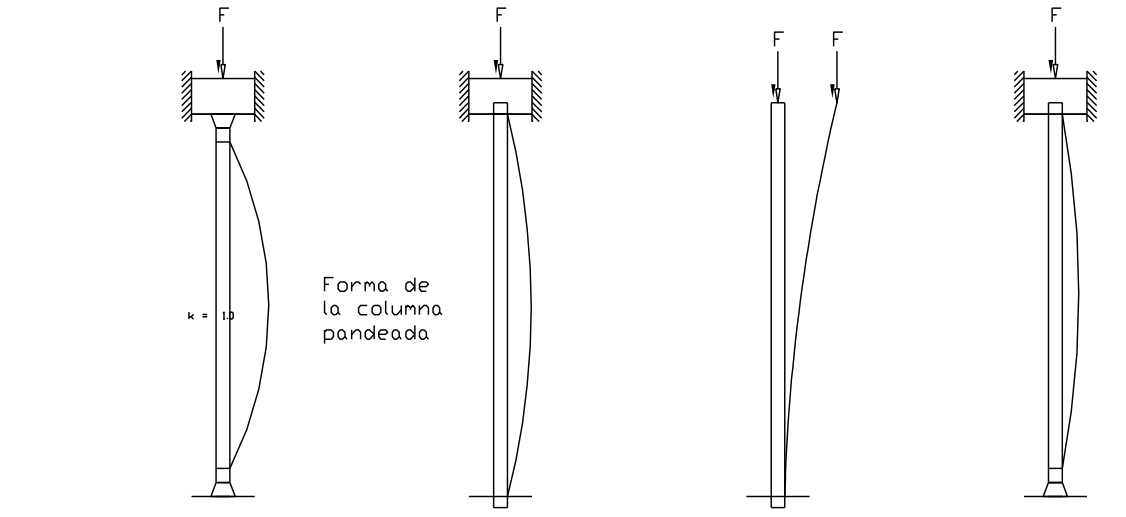


Fig. 7.4 Pandeo de una columna delgada rectangular:
(a) Aspecto general de la columna pandeada
(b) Radio de giro para el eje Y-Y'
(c) Radio de giro para el eje X-X'

Fijación de la Columna.

El tipo de fijación de la columna indica la manera en que se apoyan los extremos de la misma. La variable más importante es la cantidad de sujeción o fijación que se presenta en los extremos de la columna en contra de la tendencia a girar. Las formas de sujeción son atornillada, fija y libre.

Nuestra sujeción es de extremo fijo, que se afianza en su extremo para que no gire. Un ejemplo lo representa una columna cilíndrica que se inserta a una camisa; el extremo de la columna está soldada de manera segura a una placa que forma una base rígida en una aproximación a una columna de extremo fijo.



	Atornillados	Fijo Empotrado	Empotrado Libre	Empotrado Atornillado
Valores teóricos	k = 1.0	k = 0.5	k = 2.2	k = 0.7
Valores prácticos	k = 1.0	k = 0.65	k = 2.1	k = 0.8

Fig. 7.5 Valores de k para longitud efectiva de columna para diferentes conexiones en los extremos

La manera en que se apoyan o se sustentan ambos extremos de la columna afecta la longitud efectiva de la columna que se define en la ec. 7.9.

$$Le = K.L \qquad (7.9)$$

Donde:

K = 0.65

L = 290 cm

Reemplazando en la ec. 7.9

Le = 0.65 x 290 = 188.5 cm

Razón de delgadez

La razón de delgadez es la relación de la longitud efectiva de la columna con su radio de giro mínimo, esto se indica en la ec. 7.10.

$$\text{Razón de delgadez} = Le / rmin = Le / ry \qquad (7.10)$$

Reemplazando en la ec. 7.10, tenemos:

188.5 / 0.76 = 248.0

Razón de Transición de Delgadez.

Se utiliza para determinar de que tipo de columna se trata. Para columnas largas se utilizara la formula de Euler y para las columnas cortas la formula de J. B. Jhonson.

La decisión de cuál método utilizar depende del valor de la razón real de delgadez para la columna objeto de análisis en relación con la razón de transición de delgadez o constante de columna Cc que se define como en la ec. 7.11.

$$Cc = [(2 \times \pi^2 \times E) / Sy]^{1/2} \qquad (7.11)$$

Donde:

E = 2.1 x 10 6 Kg/cm²

Sy = 4489.8 Kg/cm²

Reemplazando en la ec. 7.11 tenemos:

$Cc = [(2 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10\ 6) / 4489.8]^{1/2}$

$Cc = 96.08$

Debido a que la razón de delgadez es mayor que la razón de transición de delgadez se trata de una columna larga por lo que se utilizará la formula de cargas permisibles en columnas largas de Euler.

Análisis de Columna Larga

En el análisis de columnas largas se emplea la formula de Euler como se indica en la ec. 7.12 para obtener la carga en la cual la columna empezara a pandearse.

$$Pcr = (\pi^2 \times E \times I) / (K \times L)^2 \qquad (7.12)$$

Donde:

$E = 2.1 \times 10\ 6\ Kg/cm^2$

$I = 1.57\ cm^2$

$K = 0.65$

$L = 290\ cm$

Reemplazando en la ec. 7.12:

$$Pcr = (\pi^2 \times 2.1 \times 10\,6 \times 1.57) / (0.65 \times 290)^2$$

$$Pcr = 948.16\ Kg = 96.75\ N$$

La columna que genera pandeo depende de la geometría (longitud y sección transversal) de la columna y la rigidez del material representado por el coeficiente de elasticidad. La resistencia del material no interviene en absoluto. Por estos motivos resulta beneficioso emplear un material de alta resistencia en una columna larga. Un material cuya resistencia es menor y tiene la misma rigidez E, ofrecerá el mismo rendimiento.

Como se proyectó que la falla se presentará a una carga límite, el concepto de un factor de diseño (N) se aplica a la carga critica (Pcr) y no a la resistencia máxima del material (Sy). Para columnas fijas en los extremos con cargas conocidas puede utilizarse el factor mas bajo de 2, ver la ec. 7.13.

$$Pa = Pcr / N \qquad (7.13)$$

De donde:

Pcr = 96.75 N

N = 2

Reemplazando en la ec. 7.13:

Pa = 96.75 / 2 = 48.38 N

La carga real en cada columna es igual a las reacciones verticales V1 = 3.17 N por lo que el valor de N real será:

Nreal = 96.75 / 3.17 = 30.5

Este valor es aparentemente alto, pero para columnas muy largas y para cuando existe la incertidumbre de altas cargas o como la existencia de otro tipo de fijación se sugiere factores de diseño altos.

7.2 Diseño del sistema de calefacción

Balance Térmico.

Para determinar la cantidad de calor necesario que debe entregar el intercambiador de calor para llegar a las distintas temperaturas dentro de la

cabina tenemos que considerar las pérdidas de calor en las paredes y ductos en las distintas fases del proceso, lo dicho se justifica en la ec. 7.14.

$$Q = Qa + Qp + Qc \qquad (7.14)$$

Q = Calor necesario que deben generar el calentador de aire

Qa = Calor necesario para calentar una cierta cantidad de masa de aire

Qp = Calor perdido por paredes, techos y puertas

Qc = Calor perdido por los ductos

Transferencia de Calor

La ecuación fundamental de transferencia de calor se indica:

$$Q = \Delta T / \Sigma R \qquad (7.15)$$

En donde:

ΔT = Diferencia de temperatura sobre el total [˚C]

ΣR = Sumatoria de resistencias térmicas individuales [˚C / W]

La transferencia de calor en una pared plana se obtiene de la ec. 7.16, en donde:

$$Q = k.A.(Ti - Te) / e \qquad (7.16)$$

En donde:

Ti = Temperatura de la superficie interior de la pared [˚C]

Te = Temperatura de la superficie exterior de la pared [˚C]

K = Coeficiente de expansión térmica del material de la pared [W / m ˚C]

(Ver apéndice C).

A = Área de la pared normal al flujo de calor [m^2]

e = Espesor de las paredes [m]

La resistencia térmica por conducción se tiene por la ec. 7.17

$$Rc = e / k.A \qquad (7.17)$$

En donde:

Rc = Resistencia térmica por conducción [W / m ˚C]

La transferencia de calor por convección se obtiene por la ec. 7.18

$$Q = h.A [Ts - T\alpha] \qquad (7.18)$$

En donde:

H = Coeficiente convectivo de transferencia de calor indicado en el apéndice J K [W / m ˚C]

A = Área de superficie [m²]

Ts = Temperatura de la superficie [˚C]

Tα = Temperatura del fluido circulante [˚C]

La resistencia térmica por colección se obtiene por la ec. 7.19

$$Rh = 1 / h.A \qquad (7.19)$$

En donde Rh = resistencia térmica por convección [˚C / W]

Pérdidas de Calor en paredes

Las paredes se encuentran conformadas como se indica en el gráfico 7.6

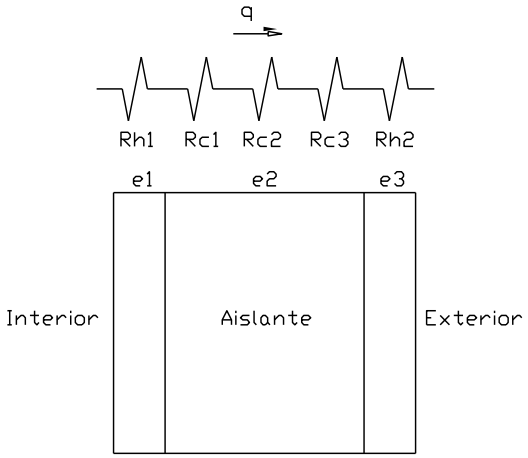


Fig. 7.6 Flujo de calor en las paredes

Para la resistencia térmica por m² por conducción utilizamos la ec. 7.17.:

1) Para la pared interna tenemos:

e1 = 0.0007 m

k1 = 36 W / m ˚C

Reemplazando tenemos:

Rc1 = 0.0007 / 36

Rc1 = 0.00002 m² .˚C / W

Para el material aislante aislaflex tenemos:

e2 = 0.05 m

k2 = 0.0382 W / m ˚C

Reemplazando tenemos:

Rc2 = 0.05 / 0.0382

Rc2 = 1.3089 m² ˚C / W

Para la pared exterior tenemos:

e3 = 0.001 m

k3 = 36 W / m ˚C

Reemplazando tenemos:

Rc1 = 0.001 / 36

Rc1 = 0.00003 m² ˚C / W

La resistencia térmica por convección utilizamos la ec. 7.19

Para el fluido por convección forzada y por convección libre será el mismo valor, ya que debido a que h se a considerado el valor de 15 W / m ˚C. El valor por cada m² es:

Rh1 = Rh2 = 1 / 15 = 0.0667 m² ˚C / W

Para la sumatoria de resistencias térmicas por unidad de área tenemos:

R = 2 (0.0667) + 0.00002 + 1.3089 + 0.00003

R = 1.44228 m² ˚C / W

Los parámetros que rigen el área para esta sumatoria son:

Techo: 4 x 7.2 = 28.8 m²

Laterales: 2 x (7.2 x 2.85) = 41.04 m²

Posterior: 4 x 2.85 = 11.4 m²

Anterior: 11.4 - 2 x 0.4 = 10.6 m² (ventanas)

Área total = 91.84 m²

La resistencia térmica total en todas las paredes es:

Rcp = 1.44228 / 91.84 = 0.01571 ˚C / W

Para calcular la pérdida de calor en las paredes en la fase de secado utilizamos la ec. 7.15.

En donde:

ΔTs = (50 -10) = 40˚C

Rcp = 0.01571 ˚C / W

Reemplazando tenemos:

Qps = 40 / 0.01571 = 2546.77 W

La pérdida de calor en paredes en la fase de pintado tenemos:

$\Delta Tp = (20 - 10) = 10^{\circ}C$

$Rcp = 0.01571\ ^{\circ}C / W$

Reemplazando en 7.19 tenemos:

$Qpp = 10 / 0.01571 = 636.69\ W$

Pérdida de Calor en Ventanas

La gráfica 7.7 indica el flujo de calor en los vidrios.

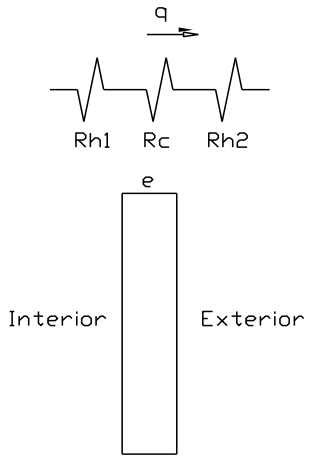


Fig. 7.7 Flujo de calor en las ventanas

Para la resistencia térmica por unidad de área tenemos la ec. 7.17.

En donde:

$e = 0.006\ m$

$k = 0.78\ W / m.^{\circ}C$

$A = 0.8\ m^2$ (2 ventanas de 0.4 m^2)

Reemplazando tenemos:

$0.006 / 0.78 = 0.00769\ m^2.\ ^{\circ}C / W$

El valor de las resistencias por convección tenemos:

$Rh1 = Rh2 = 0.0667\ ^{\circ}C / W$

La resistencia térmica total por unidad de área en vidrios es:

$Rc = 0.00769 + 2\ (0.0667) = 0.141\ m^2\ ^{\circ}C / W$

La resistencia térmica por toda el área de vidrios es:

$Rv = 0.141 / 0.8 = 0.17628\ ^{\circ}C / W$

Las pérdidas de calor en vidrios en la fase de secado en la ec. 7.15 tenemos:

Qvs = 40 / 0.17628 = 226.91 W

La pérdida de calor en vidrios en la fase de pintado en la ec. 7.15 tenemos:

Qvp = 10 / 0.17628 = 56.73 W

Pérdida de Calor en Ductos

Los ductos son de acero al Cr-Ni cubierto por poliestireno expandido como se muestran en la figura 7.8. Para la resistencia térmica tenemos:

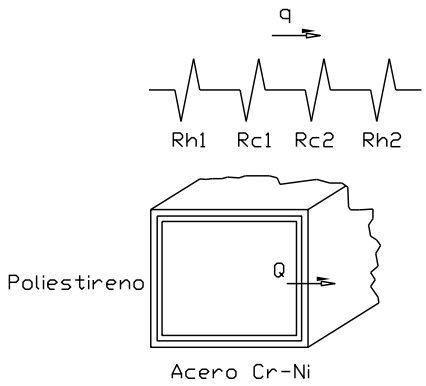


Fig. 7.8 Flujo de calor en ductos

Para la resistencia térmica por cada m² de ducto tenemos la ec. 7.15.

1) Para el material Cr - Ni

$Rc1 = 0.005 / 12.8 = 0.0004 \ m^2 \ ^\circ C / W$

2) Para el material aislante (poliestireno expandible)

$Rc2 = 0.0254 / 0.033 = 0.76969 \ m^2 \ ^\circ C / W$

Para la resistencia térmica total en los ductos para los fluidos tenemos:

$Rh1 = Rh2 = 0.0667 \ m^2 \ ^\circ C / W$

La sumatoria de resistencias en los ductos para un área total de 14 m^2 tenemos:

$Rd = [(0.0004 + 0.76969 + 2 (0.06679)] / 14 = 0.90349 \ ^\circ C / W$

El calor perdido en el área de secado tenemos:

$Qcs = 40 / 0.90349 = 44.3 \ W$

El calor perdido en el área de pintado tenemos:

Qcp = 10 / 0.90349 = 11.1 W

Pérdida de Calor en el piso.

El piso de la cabina tiene un sobre nivel de 30 cm y en el interior de este sobrenivel existe aire (cavidad). La profundidad del piso se considera 0.7 m a una temperatura de 10 ˚C, se asumen estos valores ya que a profundidades mayores ya no influye la temperatura del subsuelo. La figura. 7.9 indica lo dicho anteriormente.

Fig. 7.9 Flujo de calor en el piso

La resistencia térmica por unidad de área se utiliza la ec. 7.17:

1) Para el latón negro:

Rc1 = 0.002 / 36 = 0.00006 m² ˚C / W

2) Para la tierra:

$$Rc2 = 0.7 / 0.89 = 0.78651 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C / W}$$

La resistencia térmica por unidad de área de los fluidos es:

$$Rh1 = Rh2 = 0.0667 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C / W}$$

La sumatoria de resistencias para los 28.8 m^2 del piso tenemos:

$$R' = [2 (0.0667) + 0.00006 + 0.78651] / 28.8 = 0.03194 \text{ }^\circ\text{C / W}$$

Para obtener el calor perdido en el secado utilizamos la ec. 7.15

Reemplazando tenemos:

$$Q's = 40 / 0.03194 = 1253.3 \text{ W}$$

El calor perdido en el piso en la fase de pintado con la ec. 7.15, reemplazando tenemos:

$$Q'p = 10 / 0.03194 = 313.08 \text{ W}$$

Pérdida de calor en la fase de pintado.

Aplicando la ec. 7.14 con los valores de perdidas de calor en la fase de pintado tenemos:

Paredes	636.69
Ductos	11.10
Ventanas	56.73
Piso	313.08
Total	1017.60 W

Pérdida de calor en la fase de secado.

Paredes	2546.77
Ductos	44.30
Ventanas	226.91
Piso	1253.30
Total	4071.28 W

Calor necesario para el aire de secado

Para calentar el aire utilizamos la ec. 7.20

$$Qa = m \times Cp \times \Delta T \qquad (7.20)$$

Donde:

Qa = Potencia necesaria de calentamiento [kW]

m = Masa de aire a calentar [kg / h]

Cp = Calor especifico del aire a una cierta temperatura como se indica en el apéndice K [Kcal / kg. ˚C]

ΔT = Diferencia de temperaturas del interior y el ambiente [˚C]

Para obtener la masa de aire a calentar obtenemos con la formula 7.21

$$m = V \times \rho \qquad (7.21)$$

V = Volumen del aire inyectado [m3/h]

ρ = Densidad del aire a una cierta temperatura como se indica en el apéndice K [Kg/h]

Con los valores de:

V = 6000 cfm =10194 m3/h (caudal del aire inyectado en la cabina)

Cp = 1.0055 KJ / Kg ˚C = 0.2401 Kcal / Kg. ˚K

ρ = 1.177 Kg /m3 a 30˚C

ΔTs = 40

La masa de aire en el secado utilizando la ec. 7.21, tenemos:

m = 10194 x 1.177 = 11998.41 Kg / h

Reemplazando en la ec. 7.20, tenemos:

Qas = 11998.41 x 0.2402 x 40

Qas = 115280.7 (Kcal / h)x(Kw.h / 860 kcal) = 134.05 Kw

Calor necesario para el aire de pintado

Las características del aire a la temperatura media de 15 ˚C son:

Cp = 1.0055 KJ / Kg ˚C = 0.2401 Kcal / Kg. ˚K

ρ = 1.22 Kg /m3

La masa de aire en pintado utilizando la ec. 7.21, tenemos:

m = 10194 x 1.22 = 12436.76 Kg / h

Con los valores de:

$\Delta Tp = 10^{\circ}C$

Reemplazando en la ec. 7.20

Qap = 12436.76 x 0.2401 x 10

Qap = 29860.66 (Kcal/h) x (Kw.h / 860 kcal) = 34.72 Kw

Potencia total necesaria que debe generar la fase de secado

Es el resultado de sumar las pérdidas en la fase de secado y el calor necesario en la misma fase, esto es:

4.07 + 134.05 = 138.1 Kw.

Potencia total necesaria que debe generar la fase de pintado

Es el resultado de sumar las pérdidas en la fase de pintado y el calor necesario en la misma fase, esto es:

1.02 + 34.72 = 35.74 Kw.

Selección del calentador de aire.

El dispositivo calentador de aire deberá cumplir con los siguientes requisitos:

-Ser de fácil instalación y de poco peso.

-Se acoplara al sistema de ductos y será controlado desde un tablero de control en un sitio remoto fuera de la cabina.

-No debe ocupar mucho espacio.

-La transmisión de calor será por flujo cruzado (convección forzada).

-deberá ser de fácil mantenimiento y tener un mínimo de piezas de reemplazo. Las mismas que deben conseguirse fácilmente en el mercado local.

-No debe causar problemas de contaminación ambiental, especialmente humo y ruidos perjudiciales a la salud humana y naturaleza.

-Su operación no debe estar sujeta a riesgos de incendios o explosiones.

-Debe de ser de fácil control.

-Debe de ser muy eficiente.

Por estos motivos, se eligió usar un calentador de aire de combustión a diesel con ventilador incorporado, apéndice L, con el requerimiento de 138 Kw (118680 Kcal/h). El equipo seleccionado es un TERMOBLOCK modelo 125.

7.3 Diseño del sistema de ventilación y filtrado

Ductos

Los ductos de suministro y retorno de aire se diseñan en base a la cantidad de aire que se va a manejar y dentro de las limitaciones de las perdidas de fricción permisibles en ductos y accesorios empleados.

Dimensionamiento de Ductos.

Para el dimensionamiento de ductos se sugieren los siguientes pasos con el ejemplo para el ducto de suministro principal:

1) Con la cantidad de suministro de aire de 6000 cfm y la velocidad escogida de 1500 fpm se ubican estos valores en la gráfica del apéndice E y obtenemos el diámetro equivalente de 26.24 in y la perdida de presión de 0.1 por cada 100 ft de longitud.

2) Con el diámetro equivalente de 26.24 in, se ubica en la tabla de dimensión de ductos del apéndice F y obtengo los siguientes valores:

- Dimensionamiento rectangular: 24 in x 24 in

-Área equivalente 4.0 ft^2

Pérdidas de Presión.

Al ocuparse de la distribución del aire en los sistemas de ductos hay 3 tipos de lecturas de presión: Estática, total y dinámica. La presión estática es la fuerza del aire contra los costados de un recipiente o un ducto según se muestra en la figura 7.10.

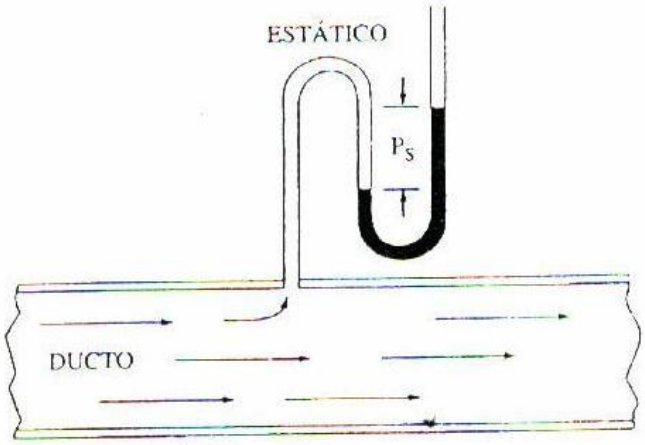


Fig. 7.10 Manómetro para medir presión estática, en .
..pulgadas de columna de agua

La presión total se lee colocando el manómetro según figura 7.11.

La presión dinámica es la diferencia entre la presión total y la estática y se puede leer como se muestra en la figura 7.12. La presión dinámica es útil para medir la velocidad del aire por ductos.

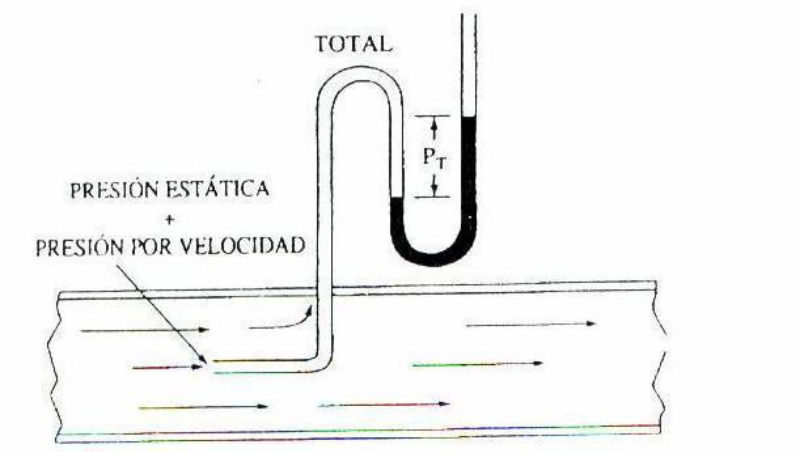


Fig. 7.11 Manómetro que mide la presión total del aire, en pulgadas de columna de agua

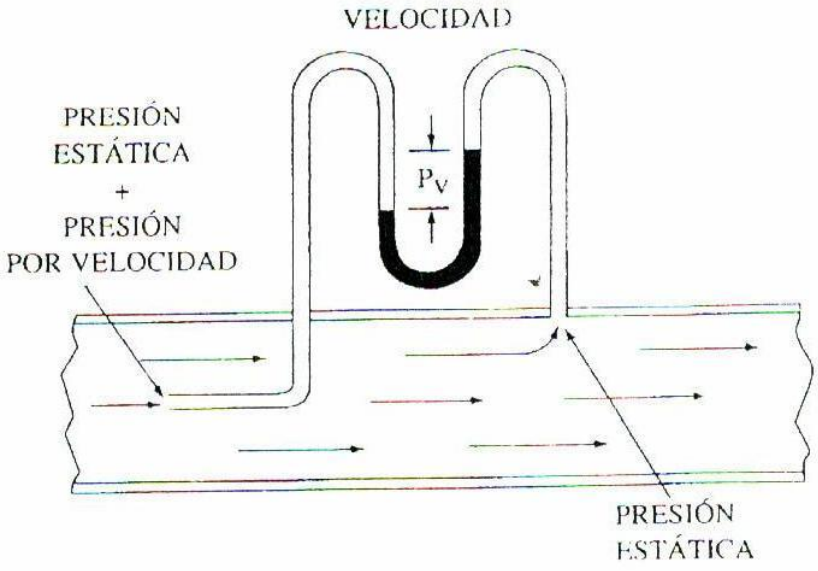


Fig. 7.12 Manómetro que mide la presión por dinámica, en pulgadas de columna de agua

Con la perdida de presión obtenida en el paso anterior de 0.1 por cada 100 pies de longitud, se obtiene la caída únicamente para 1 pie de longitud del ducto principal, con una regla de tres, esto es:

0.1 in. H2O x 1 ft / 100 ft = 0.001 in. H2O

Para obtener la caída de presión en accesorios primeramente hay que obtener el valor del coeficiente de interferencia para cada uno de los accesorios determinados en el apéndice G.

El coeficiente Co obtenido se multiplicará por la presión dinámica ya que este valor depende de la velocidad con la que el aire pasa por cada accesorio, como se indica en el apéndice H. Para obtener la caída de presión en accesorios se obtiene con la formula 7.22.

$$Ps = Pd \times Co \qquad (7.22)$$

En donde:

Ps = Perdida de presión en el accesorio (in. H2O)

Pd = Presión dinámica (in. H2O)

Co = Coeficiente

Todos los valores del dimensionamiento de ductos se encuentran en las Tablas 5 y 6 además las pérdidas en presión en ductos, accesorios, velocidad, etc.

Ventiladores

Hay 2 tipos de ventiladores: Centrífugos y axiales según la dirección del flujo de aire a través impulsor.

La figura 7.13 muestra una vista explotada de un ventilador centrifugo. Son de aspas inclinadas hacia delante que es el más común y de aspas curvas hacia atrás. La ventaja del de aspas curvas hacia atrás es que no crea sobrecarga de presión. Su desventaja es que es más ruidoso.

La figura 7.14 muestra una vista explotada de un ventilador axial. Hay 2 tipos de ventiladores axiales: el de aletas y el de propulsor. Los ventiladores de aspas son muy eficientes, pero son ruidosos.

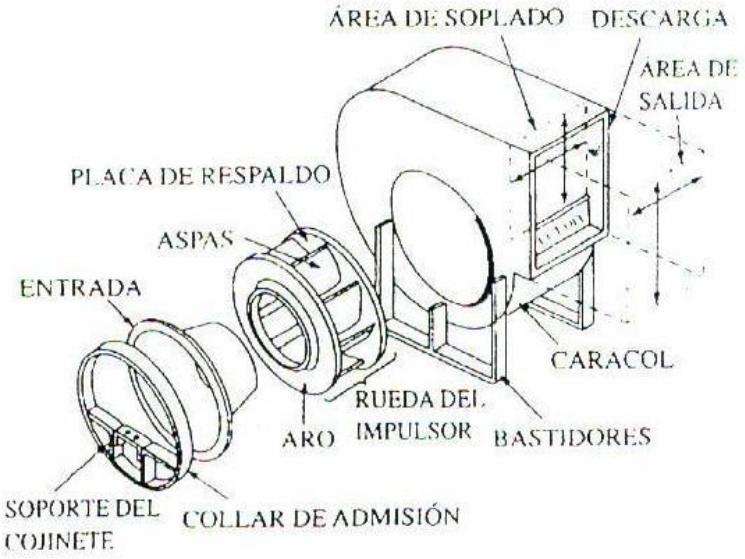


Fig. 7.13 Vista expandida de un ventilador centrífugo

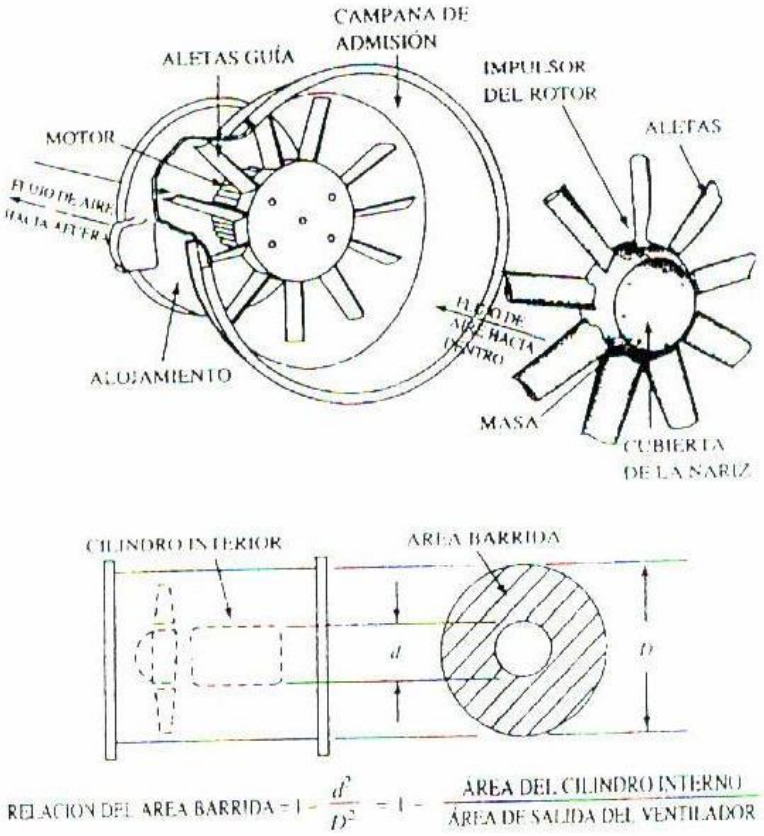


Fig. 7.14 Sección transversal de un ventilador tipo axial mostrando sus partes componentes

Selección del Ventilador Inyector.

Para obtener la caída de presión real (Pest) debemos acudir a la ec. 7.23.

$$Pst = \Sigma Ps - Pv \qquad (7.23)$$

Donde:

Pst = Caída de presión estática al nivel del mar

ΣPs = Sumatoria de caídas de presión en accesorios y ductos

Pv = Recuperación estática a la reducción de velocidad equilibra la perdida de fricción en la sección precedente, para aplicaciones practicas se considera que el 50% de la presión de velocidad disponible se convertirá en presión estática, como se indica en la ec. 7.24.

Este ventilador trabajará inyectando en todo momento aire fresco y preacondicionado a la cabina. Para este caso ΣPs = 0.135 in H2O en el circuito de inyección.

Por otro lado se tiene:

$$Pv = 0.5 \left(V1 / 4005 \right)^2 - \left(V2 / 4005 \right)^2 \qquad (7.24)$$

Donde:

V1 = Velocidad de salida del ventilador = 1500 fpm

V2 = Velocidad de entrada del ventilador = 1500 fpm

Reemplazando tenemos:

$Pv = 0.5 \ (1500 \ / \ 4005)^2 \ - \ (1500 \ / \ 4005)^2$

$Pv = 0.07 \ in.H_2O$

Para la presión estática al nivel del mar tenemos:

$Pst = 0.135 \ - \ 0.07 \ = \ 0.065 \ in.H_2O$

La presión estática a 2800 m es:

Pes = Pst / relación de densidad del aire (7.25)

Reemplazando tenemos:

$Pes = 0.065 / 0.7 = 0.09 \ in.H_2O$

Con este valor vamos al apéndice H para obtener el ventilador centrífugo de las siguientes características:

SP = 0.125”

Diámetro del volante = 20"

6110 cfm a 1575 rpm del ventilador

Motor de accionamiento de 3 HP a 1725 rpm

Selección del Ventilador de descarga.

Para el factor de recuperación utilizamos la ec. 7.24 donde:

V1 = 1350 fpm

V2 = 1350 fpm

Reemplazando tenemos:

$Pv = 0.5 (1350 / 4005)^2 - (1350 / 4005)^2$

$Pv = 0.07$

La presión estática al nivel del mar utilizando la ec. 7.23 donde:

$\Sigma Ps = 0.8$ in. $H2O$

$Pv = 0.07$

Reemplazando tenemos:

$Pst = 0.8 - 0.07$

$Pst = 0.73$ in.H_2O

La presión estática a 2800 m es:

Pes = 0.73 / 0.7 = 1.04 in.H_2O

Con esta caída acudimos al apéndice I y obtenemos:

SP = 1.0"

Diámetro del volante = 24.5"

5540 cfm a 1055 rpm del ventilador

Motor de accionamiento de 3 HP a 1725 rpm

Este ventilador extraerá en todo momento el aire saturado de pintura (overspray) del interior de la cabina hasta el exterior del taller a través de ductos, evitando así la acumulación peligrosa de la neblina de pintura y solvente, que pudiera ocasionar una explosión.

Sistema de filtros

-El sistema de filtrado en la entrada de aire fresco al circuito, estará compuesto de 1 filtro seco a manera de rejilla de 24” x 24“ y de 1” de profundidad, del fabricante Airhandler, apéndice I.

-El sistema de filtrado en el circuito de retorno del aire, estará compuesto de 8 bancos de 2 filtros secos cada uno, similares al caso anterior pero de 8” x 16“ y de 1” de profundidad. Dispuestos a los lados del vehículo a pintar, de

manera que quedarán distribuidos 4 de cada lado para garantizar una captura uniforme del aire que fluye por la superficie del vehículo.

Estas hileras de filtros estarán acopladas a los ramales del aire de retorno o descarga que se encuentra debajo del piso falso de plancha metálica expandida (a manera de reja). De esta manera se formará un plenum de captación del aire viciado bajo el nivel donde se asienta el vehículo. Permitiendo al operador transitar sin pisar los filtros.

7.4 Diseño del sistema de iluminación

El fluorescente escogido es de 40 W de tubo recto, cuyo flujo nominal es de 3000 lúmen como se indica en el apéndice M y apéndice N.

El flujo luminoso de estas lámparas fluorescentes a la temperatura de 250 ºC es del 100%.

El grado de color de la luz del fluorescente escogido es el de la luz del día de numero 19 de buenas características de reproducción de colores, como se indica en el apéndice P.

Se deben considerar factores de reflexión de luz en el techo y las paredes, a continuación se enuncian valores de reflexión en la tabla 7.

En esta tabla se expresan:

Pt = Factor de reflexión del techo

Pp = Factor de reflexión de las paredes

TABLA 7

REFLEXION EN:	**FACTOR**
Techo de color blanco	0.7
Techo de color muy claro	0.7
Techo de color claro	0.5
Techo de color medio	0.3
Paredes de color claro	0.5
Paredes de color medio	0.3
Paredes de color oscuro	0.1

Nuestras paredes y techo son de color claro, por lo que los valores son:

Pp = 0.5

Pt = 0.5

El alumbrado general es un método de distribución uniforme de luz que se produce en todos los lugares del interior de la cabina.

La iluminación será semidirecta, en la que la mayor parte del flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que se trata de iluminar y solo una pequeña parte se hace llegar a dicha superficie previa reflexión en el techo y

las paredes. En este tipo de iluminación las sombras no son tan intensas como en el caso de iluminación directa y además se reduce el riesgo de deslumbramiento del operador.

La altura de suspensión de los aparatos de alumbrado se tomará en cuenta en la ec. 7.26.

$$H = h + dput \qquad (7.26)$$

h = Altura desde el techo al plano útil de trabajo donde se asienta el vehiculo (m)

H = Altura del local (m)

dput = Altura del plenum bajo el plano útil de trabajo (m)

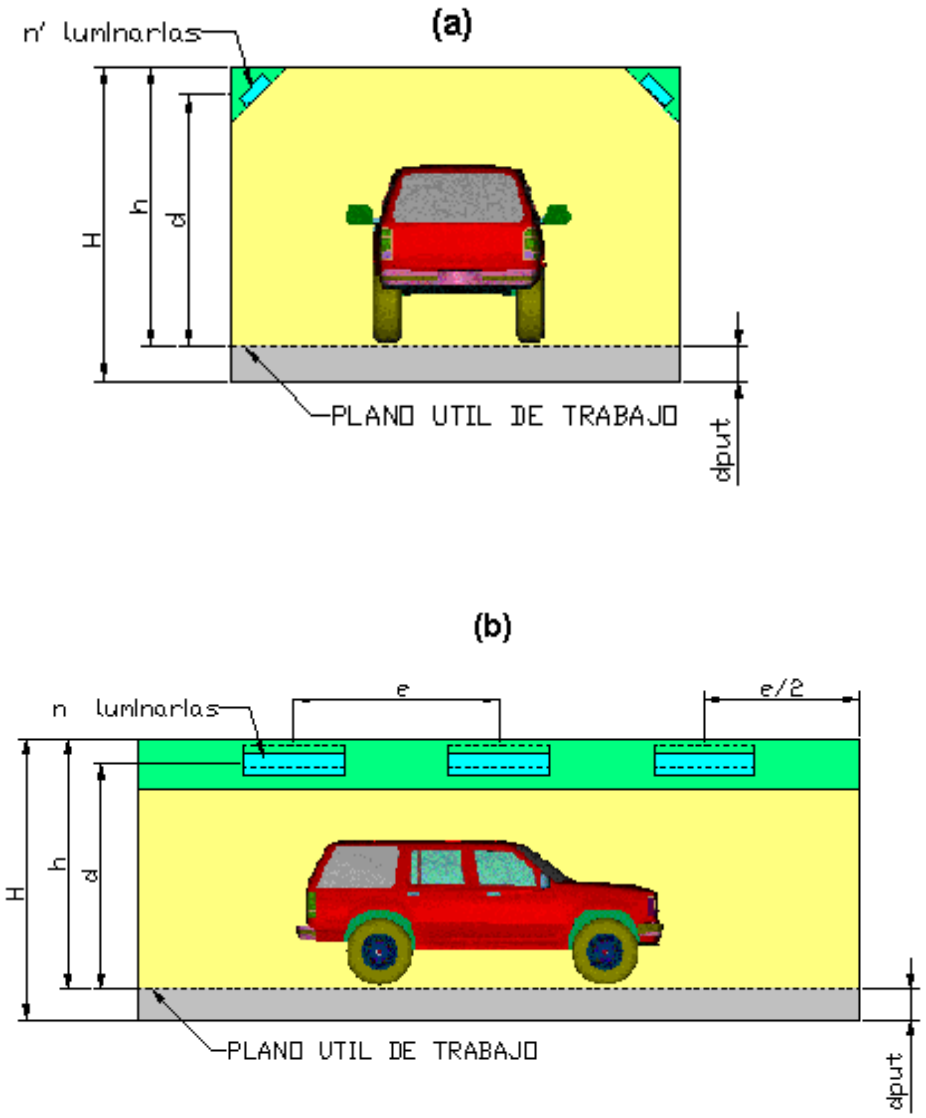


Fig. 7.15 Ubicación de luminarias en la cabina:

(a) Transversalmente
(b) Longitudinalmente

Donde:

dput = 0 m

H = h = 2.85 m

Para la iluminación semidirecta, la distancia d en metros de los aparatos al plano de trabajo se obtiene con la ec. 7.27:

$$d = (4 / 5)\ h \qquad (7.27)$$

Reemplazando se obtiene:

$$d = (4 / 5)\ (2.85) = 2.28 \text{ m}$$

La distribución para los aparatos de iluminación semidirecta se adaptará siempre a la relación $e / d \leq 1.5$, donde:

e = distancia longitudinal entre aparatos es:

Despejando:

$e \leq 1.5 \times d$

Reemplazando:

$e \leq 1.5 \ (2.28) \leq 3.42 \text{ m}$

Para el número mínimo de aparatos de iluminación necesarios en fila (n) se cuenta con la ec. 7.28:

$$n = (L + e - (e / 2)^2) / e \qquad (7.28)$$

Siendo:

L = Profundidad del local

Reemplazando:

$$n = (7.2 + 3.42 - (3.42 / 2)^2) / 3.42 = 2.25 \approx 3$$

El número de aparatos en columna se obtiene de la siguiente ecuación:

$$n' = A / 1.5\ d \qquad (7.29)$$

A = ancho del local

Reemplazando tenemos:

$$n' = 4.0 / (1.5 \times 2.28) = 1.17 \approx 2$$

Para obtener el número mínimo de luminarias se usa la ec. 7.30

$$N_{min} = n \times n' \qquad (7.30)$$

Reemplazando se obtiene:

$$N_{min} = 2.25 \times 1.17 = 2.63$$

En este caso se han colocado 6 luminarias para distribuir simétricamente la iluminación (3 a cada lado y espaciadas a e = 2.4 m).

Cálculo de flujo luminoso total

Utilizaremos la siguiente formula para el índice del local:

$$K = (2L + 8A) / 10H \qquad (7.31)$$

En donde:

K = índice del local

A = Ancho del local (m)

L = Profundidad del local (m)

H = Altura del local (m)

Los valores de:

A = 4 m

L = 7.2 m

H = 2.85 m

Reemplazamos en la ec. 7.31:

K = [(2 x 7.2) + (8 x 4)] / (10 x 2.85) = 1.63

Con los factores de:

K = 2.5

Pp = 0.5

Pt = 0.5

En el apéndice Q, encontraremos el factor de utilización de $\mu = 0.5$

El factor de depreciación δ se refiere al ensuciamiento y a la limpieza que se da en el apéndice R para un ensuciamiento normal bajo cuya limpieza se hace cada 2 años.

δ = 1.7

El flujo teórico necesario ØO

$$ØO = E \times S \times \delta / \mu \qquad (7.32)$$

En donde:

E = Nivel mínimo de iluminación

S = Superficie de piso

Con los valores de:

E = 700 lux

S = 28.8 m^2

δ = 1.7

μ = 0.5

Reemplazando en la ec. 7.32, tenemos:

ØO = (700 x 28.8 x 1.7) / 0.5 = 68544 lúmen

El flujo luminoso por aparato:

ØA / Nmin = 68544 / 6 = 11424 lúmen por aparato

La lámpara fluorescente seleccionada es de 40 W y entrega cada una 3000 lúmenes.

El número mínimo de lámparas que necesitamos es de :

ØO / lúmen de cada lámpara

68544 / 3000 = 22.8 ≈ 24 lámparas

El flujo luminoso es entonces:

24 x 3000 = 72000 lúmenes

Potencia de iluminación

La potencia consumida por iluminación es el número de lámparas instaladas por la potencia que consume cada lámpara como se indica en la formula 7.33.

Potencia de ilum = # lámparas x potencia de cada una (7.33)

Reemplazando tenemos:

Potencia de iluminación = 24 x 40 = 960 W

CAPÍTULO 8

8. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1 Detalle de gastos y costos del proyecto.

Para la construcción de la cabina se necesitará realizar la siguiente inversión:

RUBROS	VALOR USD
Adecuación del edificio	3000.00
Equipos y herramientas	2620.00
Construcción de la cabina	12798.00
Capacitación	200.00
Muebles de oficina	500.00
Total (Io)	19118.00

Para sacar los costos de producción en el servicio de repintado de vehículos, tenemos:

- Costo las materias primas y materiales usados en el repintado de cada vehículo. Este es un promedio ya que estos valores varían dependiendo del requerimiento del cliente. Así tenemos:

MATERIAL	VALOR USD
Pintura	80.00
Thinner	10.00
Fondos	20.00
Removedor	10.00
Masilla	5.00
Desoxidante	5.00
Total	150.00

- Costo de la mano de obra directa. Comprenderá la remuneración del personal de planta:

PERSONAL		SUELDO ANUAL (USD)
1 Ingeniero	(500 USD / mes)	6000.00
2 Pintores	(200 USD / mes)	4800.00
2 Enderezadores	(200 USD / mes)	4800.00
2 Ayudantes	(150 USD / mes)	3600.00
Total		19200.00

- Costo de la mano de obra indirecta. Comprenderá la remuneración del personal administrativo:

PERSONAL		SUELDO ANUAL (USD)
1 Secretaria	(160 USD / mes)	1920.00

- Gastos indirectos:

RUBRO	VALOR ANUAL (USD)
Energía eléctrica	216.00
Diesel	3840.00
Teléfono	180.00
Agua	180.00
Mantenimiento	200.00
Aporte IESS 0.95%	2400.00
Total	6611.00

8.2 Periodo de recuperación del capital

Para poder determinar el tiempo en el que vamos a recuperar el capital invertido, hacemos las siguientes consideraciones:

- Al hacer el análisis de mercado en la ciudad de Quito, encontramos que existen otros 10 talleres que cuentan con equipos similares, y que el promedio de cada trabajo de repintado es de 350 USD, y este es el valor que tomaremos en cuenta en los cálculos financieros del proyecto.

- La cabina tiene una capacidad de hasta 14 vehículos mensuales, pero se ha considerado que tendrá una acogida de sólo el 50%, durante los 3 primeros años de operación, hasta tener una acogida mayor por parte del mercado.

- Los egresos aumentarán en un 5% cada año.

- La tasa de inflación será del 6%

Procedemos a calcular el flujo de caja con la ec. (8.1):

$$FNCk = Unk + Ak \qquad (8.1)$$

Donde:

FNCk = Flujo neto de caja en el año k

Unk = Utilidad neta del año k

Ak = Depreciación constante del año k

El flujo neto para el último año se calculará con la ec. (8.2):

$$FNC8 = Un8 + (1 - t') (Vr) \qquad (8.2)$$

Donde:

t' = Tasa de impuesto a los trabajadores por utilidades

Vr = Valor residual del proyecto

$$Ak = A'k / (1+ d) ^ k \qquad (8.3)$$

Donde:

A'k = Depreciación corriente del año k

d = Tasa de inflación

$$Unk = (Rk – Ck – Ak) (1 – t) \quad (8.4)$$

Donde:

Rk = Ingresos o ahorros del proyecto correspondientes al año k

Ck = Costos totales o egresos del año k

t = Tasa de impuesto al fisco de las utilidades

$$A'k = Io / n' \quad (8.5)$$

Donde:

Io = Inversión inicial

n' = Años de vida fiscal

n = Años de vida útil del proyecto

Reemplazando los siguientes datos en las formulas:

d = 6%

t = 20%

t' = 15%

n = 8 años

n’ = 5 años

En resumen el flujo de caja se encuentra en la tabla 8.

TABLA 8

AÑO	Rk	Ck	Ak'	Ak	UNk.	FNCk
0						-19118,00
1	31920,00	19211,00	3823,60	3607,17	7281,46	10888,63
2	29400,00	20171,55	3440,00	3061,59	4933,49	7995,08
3	58800,00	42360,26	3440,00	2888,29	10841,16	13729,45
4	58800,00	44478,27	3440,00	2724,80	9277,54	12002,35
5	58800,00	46702,18	3440,00	2570,57	7621,80	10192,37
6	58800,00	49037,29		0,00	7810,17	7810,17
7	58800,00	51489,15		0,00	5848,68	5848,68
8	58800,00	54063,61		0,00	3789,11	7189,11

Para calcular el valor actual neto (VAN) usamos la ec. (8.6):

VAN = (FNCk / (1 + r) ^ k) (8.6)

r = Tasa de actualización

En resumen del cálculo del VAN se encuentra en la tabla 9.

para r = 30% el resultado del VAN = 10616.798 positivo indica que el proyecto es viable y se acepta.

TABLA 9

AÑO	FNCk	VAN30%	VAN55%
0	-19118,00	-19118,00	-19118,00
1	10888,63	8375,87	7024,93
2	7995,08	4730,82	3327,82
3	13729,45	6249,18	3686,87
4	12002,35	4202,36	2079,41
5	10192,37	2745,10	1139,24
6	7810,17	1618,08	563,21
7	5848,68	932,08	272,10
8	7189,11	881,31	215,79
		10616,7984	-808,63665

La TIR (Tasa de retorno de la inversión) es cuando con un determinado valor de r el VAN = 0, y la calcularemos mediante la ec. (8.7):

$$TIR = VAN_{30} + ((r_{55} - r_{30})\ (VAN_{30}) / (VAN_{55} + VAN_{30})) \qquad (8.7)$$

Reemplazando tenemos:

$$TIR = 0.30 + ((0.55 - 0.30)\ (10616.79) / (-808.63 + 10616.79))$$

$$TIR = 0.53 = 53\%$$

El proyecto se acepta debido a que la TIR es mayor a la tasa de interés bancaria (12%)

Finalmente para calcular el periodo de recuperación del capital usamos la ec. 8.8:

$$PRI = (\sum FNCk - Io) / FNCk \qquad (8.8)$$

Reemplazando tenemos:

La inversión se recuperará en 2 años 5 meses.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

1. Es factible construir cabinas para pintado y secado de vehículos, ya que el costo de construirlas es menor al de las importadas. El valor estimado que tendría esta cabina es de $ 13000 USD, en comparación con las importadas que es aproximadamente de $ 25000 por lo tanto tenemos un ahorro aproximado del 48%.

2. El tiempo en que se tardaría en recuperar el capital invertido es aproximadamente de 2 años y medio con un promedio mensual de 14 vehículos pintados al mes.

3. La cabina de pintado y secado es una cámara de dimensiones suficientes para mantener en su interior un automóvil y proveer el libre movimiento del pintor. Esta instalación asegura factores ambientales de ventilación, grado de humedad, y control de temperatura y no depende de las condiciones climáticas.

4. El generador de aire seleccionado tiene la ventaja de incluir un ventilador centrífugo que servirá para impulsar el aire dentro del recinto en la fase de secado, otra ventaja de este generador es la utilización de diesel para su funcionamiento dando gran ahorro en energía consumida.

5. La cabina dispone de una buena ventilación para poder arrastrar hacia el exterior todo exceso de rocío y vapores explosivos, lo que hace el trabajo del pintor menos peligroso para su salud. Así mismo el sistema de filtros permite que los vapores generados durante la fase de pintado sean arrojados al ambiente libre de residuos de pintura evitando la contaminación del medio ambiente.

6. Al aislar el ambiente de la cabina del resto del taller y eliminar el rocío y los vapores se evita que durante la pulverización aquellos puedan depositarse sobre automóviles próximos con el consiguiente daño a sus carrocerías.

7. La cabina construida es de tiro hacia abajo, donde el flujo de aire hala la sobre-pulverización y los contaminantes de un vehículo que se esta pintando y evita que se eche a perder el acabado.

8. Dentro de la cabina se debe obtener una sobre-presión que impida la entrada de polvo del exterior y evite las corrientes de aire. Para ello los ventiladores tienen una potencia ligeramente inferior a los de entrada.

9.2 Recomendaciones

1. Para acelerar el secado en trabajos de retoque y de panel, se pueden utilizar lámparas de infrarrojos, para evitar el uso de la cabina.
2. En la salida de vapores de la cámara hacia el exterior utilizar filtros de carbón activado para evitar la alta contaminación de pinturas y solventes al medio ambiente.

3. El uso de ropa y equipo de protección correcta le ayudara a protegerlo de muchos peligros con los que se tiene que enfrentar diariamente el pintor dentro de la cabina.

4. Asegúrese de que los equipos extinguidores de incendio sean los adecuados, y que estén situados en los lugares estratégicos del taller.

5. No apagar el quemador y ventilador al mismo tiempo pues si se hace así se encuentra una gran cantidad de calor residual y la cabina puede padecer de un sobrecalentamiento pernicioso.