



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

“MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA-HORNO PARA
EL PINTADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE LOJA”.

TESIS DE GRADO PREVIO A
OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO
ELECTROMECAÁNICO

AUTOR: *Eugenio Horacio Rivera Reguelme.*

DIRECTOR: *Ing. Milton Amable León Tapia, Mg.*

Sc.

LOJA-ECUADOR

2014

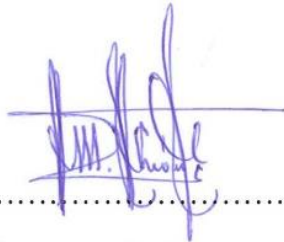
CERTIFICACIÓN

Ing. Milton Amable León Tapia, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “**Manual de diseño y construcción de una cabina - horno para el pintado de vehículos livianos en la ciudad de Loja**”, previa a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, realizado por el señor egresado: **Eugenio Horacio Rivera Requelme**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 03 de Junio del 2014



.....
Ing. Milton Amable León Tapia, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo **Eugenio Horacio Rivera Requelme**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de la tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual

Autor: Eugenio Horacio Rivera Requelme.

Firma: 

Cédula: 1104071871

Fecha: 03 de Junio del 2014

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo **Eugenio Horacio Rivera Requelme**, declaro ser el autor de la tesis titulada: **“MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA-HORNO PARA EL PINTADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre ala mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 03 días del mes de junio del dos mil catorce.

Firma: 

Autor: Eugenio Horacio Rivera Requelme.

Cédula: 1104071871

Dirección: Clodoveo Jaramillo Alvarado (Asunción y Montevideo)

Correo Electrónico: riverajunior35@hotmail.com

Teléfono: 2614235 **Celular:** 0997085491

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Milton Amable León Tapia, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Thuesman Estuardo Montaña Peralta.

Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.

..

Ing. Carlos Gustavo Samaniego Ojeda, Mg. Sc.

PENSAMIENTO

Una persona usualmente se convierte en aquello que él cree que es. Si yo sigo diciéndome a mí mismo que no puedo hacer algo, es posible que yo termine siendo incapaz de hacerlo. Por el contrario si yo tengo la creencia que si puedo hacerlo, con seguridad yo adquiriré la capacidad de realizarlo aunque no lo haya tenido al principio

- *Gandhi*

DEDICATORIA

A Dios: por haberme brindado la salud y fortaleza necesaria para culminar con éxito mis objetivos planteados.

A mis Padres: Horacio, Patricia, el pilar fundamental que me sostiene, por su apoyo incondicional y el consejo sabio y oportuno, durante todo el transcurso de mi vida, además por ser un ejemplo de superación y perseverancia.

A mis hermanos: por estar ahí cuando más los necesito, por compartir conmigo la alegría, de mis triunfos y por todo el amor que siempre me brindan.

A mi esposa e hijos: a mi esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales, a mis amados hijos por quien cada día tiene sentido el testigo silencioso de mis luchas cotidianas en busca de un mejor futuro, a ellos mi esperanza, mi alegría, mi vida, quiero también dejar en cada uno, una enseñanza que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que lo impida para poderlo lograr.

Y de manera muy especial a los seres maravillosos que siempre creyeron en mí, y que están conmigo apoyándome incondicionalmente en todo momento y esas personas son mis amados padres, Horacio Rivera, Patricia Requelme.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud:

A la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables y a sus catedráticos que me impartieron en las aulas todos sus conocimientos y mostraron también sus valores permitiendo así una formación integral.

Debo agradecer de manera especial y sincera Ing. Milton León Tapia, Mg. Sc. Director de mi tesis, por todo el apoyo brindado, por su paciencia, disponibilidad y generosidad compartiendo su experiencia y amplio conocimiento.

A mi familia fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en mis duros años de carrera profesional y en especial quiero expresar mi más grande agradecimiento a mis padres que sin su ayuda hubiera sido imposible culminar mi profesión.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la elaboración de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	IV
PENSAMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
TABLA DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
a. TÍTULO	12
b. RESUMEN.....	13
CAPÍTULO I	14
c. INTRODUCCIÓN	15
Situación Problemática.....	16
Problema Científico.....	16
OBJETIVOS	17
CAPÍTULO II	18
d. REVISIÓN DE LITERATURA	19
CABINAS DE PINTURA, CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS BÁSICOS	19
d.1 Tipos de Cabinas	20
d.1.1 Sentido de Corriente.....	21
d.1.2 Sistema de impulsión y de extracción del aire.	22
d.1.3 Sistema de Temperatura	23
d.2 Cabina Tipo.....	23
d.3 Ventilación	23
d.3.1 Funciones de la Ventilación	23
d.3.2 Tipos de ventilación	24
d.3.3 Situación del extractor.....	25
d.3.4 La captación	26
d.4 Balance térmico en el interior de la cabina	27
d.4.1 Balance Térmico.	27
d.4.2 Transferencia de Calor	27
d.5 Aislamiento Térmico Requerido	29

d.6	10 razones para usar Lana Mineral de Roca.....	29
d.7	Los tipos de pintura para autom3viles.....	30
d.8	Controlador l3gico programable PLC	30
CAPÍTULO III		32
e.	PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO	33
	Dimensiones de la cabina de pintado y secado	34
e.1	Diseño termodinámico	34
e.1.1	Balance Térmico.	34
e.1.2	Cálculo del calor perdido a través de paredes y techo Q1	35
e.1.3	Coefficiente de convección interno h_i	36
e.1.4	Cálculo del Número de Reynolds.....	37
e.1.5	Cálculo de diámetro hidráulico.	38
e.1.6	Cálculo del número de Nusselt.....	39
e.1.7	Conducción de calor a través de paredes y techo.	41
e.1.8	Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección exterior, h_e	42
e.1.9	Cálculo del calor necesario para calentar el interior de la cabina horno, Q_2	42
e.1.10	Cálculo del calor necesario para calentar el vehículo, Q_3	44
e.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.	48
e.2.1	Cálculo del caudal de aire a aspirar de la cabina.....	48
e.2.2	Cálculo de las pérdidas en las tuberías	51
e.2.3	Cálculo de las pérdidas en los accesorios.....	51
e.2.4	Selección de filtro.....	54
e.3	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CABINA.....	56
e.3.1	Cálculo de peso de la estructura	56
e.3.2	Materiales de la Estructura	57
e.3.3	Análisis estructural del pórtico.....	60
e.3.4	Cálculo del Esfuerzo máximo	65
e.3.5	Cálculo del Factor de Seguridad	66
e.3.6	Análisis de Columnas	66
e.3.7	Fijación de la Columna.	67
e.3.8	Longitud Efectiva.	67
e.3.9	Razón de delgadez.....	68
e.3.10	Razón de Transición de Delgadez.	69

e.3.11	Análisis de cargas permisible de columna larga.....	70
e.3.12	Carga admisible o tolerante.....	71
e.3.13	Simulación de cargas – desplazamientos	71
CAPÍTULO IV	74
f.	MANUAL DE DISEÑO	75
f.1	MANUAL DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	77
f.2	HOJAS DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA	78
f.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	79
g.	VALORACIÓN ECONÓMICA	81
h.	IMPACTO AMBIENTAL	82
i.	DISCUSIÓN	84
j.	CONCLUSIONES	85
k.	RECOMENDACIONES	86
l.	BIBLIOGRAFÍA.....	87
m.	ANEXOS.....	88
m.1	<i>Anexo 001 – Propiedades del aire a presión atmosférica.....</i>	<i>89</i>
m.2	<i>Anexo 002 – Captación de aire contaminado</i>	<i>90</i>
m.3	<i>Anexo 003 – Renovaciones de aire.....</i>	<i>91</i>
m.4	<i>Anexo 004 – Gama de los valores mínimos de las velocidades de transporte de aire contaminado en las conducciones (soler y palau Prontuario de ventilación).</i>	<i>92</i>
m.5	<i>Anexo 005 – Conductos circulares rectilíneos.....</i>	<i>93</i>
m.6	<i>Anexo 006 – Conductos rectangulares.....</i>	<i>94</i>
m.7	<i>Anexo 007 – Presión dinámica de aire en función de su velocidad</i>	<i>95</i>
m.8	<i>Anexo 008 – Pérdidas en codos.</i>	<i>96</i>
m.9	<i>Anexo 009 - Manual de diseño</i>	<i>97</i>
m.10	<i>Anexo 010 - Manual de construcción y montaje.</i>	<i>98</i>
m.11	<i>Anexo 011 - Hojas de proceso.....</i>	<i>99</i>
m.12	<i>Anexo 012 - Sistema de control.....</i>	<i>100</i>
m.13	<i>Anexo 013 - Planos en conjunto de la cabina</i>	<i>101</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1 Interior de cabina pintar autos</i>	19
<i>Fig. 2 Tipos de cabinas</i>	21
<i>Fig. 3 Cabina de flujo vertical</i>	21
<i>Fig. 4 Cabina de flujo semi vertical</i>	22
<i>Fig. 5 Cabina de flujo horizontal</i>	22
<i>Fig. 6 Local en sobrepresión (+)</i>	24
<i>Fig. 7 Local en depresión (-)</i>	24
<i>Fig. 8 Ventilación Localizada</i>	25
<i>Fig. 9 Situación del extractor</i>	26
<i>Fig. 10 Transferencia de calor</i>	27
<i>Fig. 11 Transferencia de calor por conducción</i>	28
<i>Fig. 12 Dimensiones de cabina</i>	41
<i>Fig. 13 Calentador eléctrico section C</i>	46
<i>Fig. 14 Dimensiones de calentador eléctrico</i>	46
<i>Fig. 15 Catálogo de calentadores eléctricos Air and SpaceHeaters</i>	47
<i>Fig. 16 Campana tipo de boca cuadrada</i>	48
<i>Fig. 17 Diagrama de tuberías</i>	50
<i>Fig. 18 Selección de ventiladores centrífugos</i>	53
<i>Fig. 19 Filtro Multibolsa</i>	54
<i>Fig. 20 Catálogo de filtro multibolsa</i>	55
<i>Fig. 21 Planchas y perfiles de la cabina</i>	57
<i>Fig. 22 Especificaciones generales perfil U</i>	58
<i>Fig. 23 Dimensiones del perfil U</i>	58
<i>Fig. 24 Densidad y conductividad lana mineral de roca</i>	59
<i>Fig. 25 Diagramas de cuerpo libre</i>	61
<i>Fig. 26 Diagramas de momentos</i>	62
<i>Fig. 27 Diagramas de columnas</i>	67
<i>Fig. 28 Valores de k para longitud efectiva de columna para diferentes conexiones en los extremos</i>	67
<i>Fig. 29 Estructura armada en Solid Works</i>	72
<i>Fig. 30 Esfuerzos de Von mises</i>	72
<i>Fig. 31 Desplazamientos de la estructura</i>	73

a. TÍTULO

“MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA-HORNO PARA EL PINTADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE LOJA”.

b. RESUMEN

Este trabajo de tesis tiene el propósito fundamental de contribuir en el Manual de diseño y construcción de una cabina - horno para el pintado de vehículos livianos en la ciudad de Loja.

El objetivo propuesto es la elaboración de manuales. En virtud de esto se ha logrado el diseño e implementación de una cabina tipo horno semi-automática para acabado superficial de calidad en el proceso de pintado de vehículos livianos.

Además se sistematizo temas selectos que serán de gran ayuda al momento de entender y estudiarlo. Por otra parte se elaboró manuales que permitan realizar la construcción de una cabina de pintura, con lo que se logra presentar un trabajo claro y conciso que fácilmente se lo entenderá. Para de esta forma lograr tener un buen currículo de estudios que situé a la carrera y a nuestra profesión entre las mejores.

SUMMARY

This thesis work has as main purpose to contribute in a Manual of design and construction of a booth-oven for painting light vehicles in Loja city.

The proposed objective is the development of manuals. By virtue of this has been achieved the design and implementation of a semi-automatic booth-oven to quality surface finish in the process of painting light vehicle.

In addition, selected Topics that will be help fully to understand and study it were systematized. On the other hand, manuals that allow the construction of a paint booth were developed, which this is possible to present a clear and concise job easy to understand. In this way is possible to have a good studies curriculum that places the career and our profession among the best.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

c. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Actualmente en la ciudad de Loja, el proceso de reconstrucción de chasis y carrocería de vehículos a través de trabajo de carpintería metálica o chapistería liviana y posterior pintado de los mismos, se viene realizando en forma artesanal y basada en conocimiento empírico de los procesos.

El proceso de enderezado de chapa y re-pintado de vehículos, se ejecuta por técnicos de formación experimental, quienes realizan su labor, en la mayoría de los casos al aire libre y en contadas ocasiones bajo techo, es decir, en condiciones que no garantizan lograr un trabajo que permita alcanzar acabados superficiales de alta calidad y durabilidad, debido principalmente a que no se provee al sitio de trabajo de las condiciones técnicas apropiadas para el efecto.

Así, no se proveen de una atmósfera para el repintado, que permita eliminar las impurezas ambientales como partículas de polvo y suciedad que al mezclarse con el chorro de pintura ocasionan que la película de pintura sobre los vehículos, no sea uniforme y por el contrario presenten un aspecto poroso y poco liso a la observación visual y al tacto.

De igual manera el proceso de secado de la pintura, se realiza generalmente al aire libre y a temperatura ambiente, impidiendo un correcto y rápido secado y una alta adherencia de la pintura a la chapa metálica, condiciones desfavorables para la durabilidad del proceso de re-pintado.

Por otro lado, el pintado y re-pintado de vehículos al aire libre ocasiona serias afectaciones al medio ambiente, debido a la difusión de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles que sin control son lanzados a la atmósfera, contribuyendo a la contaminación de

la misma y al deterioro de la salud de los operarios y de las personas que habitan en las cercanías de los talleres de pintado y enderezado de vehículos.

En ese mismo ámbito, casi todos los productos utilizados en las operaciones de pintura son generalmente inflamables o combustibles, frecuentemente tóxicos y, en algunas ocasiones, altamente reactivos o inestables. En las zonas de aplicación de pinturas está siempre presente el riesgo de incendio por la presencia de solventes altamente combustibles y volátiles, los cuales ocasionan que los fuegos, de presentarse, se desarrollan de forma muy rápida, desprendiendo grandes cantidades de calor y humos tóxicos, dificultándose las tareas de lucha contra incendios.

Estas razones hacen que las operaciones de pintura se consideren peligrosas, y a fin de reducir los riesgos deben tomarse las correspondientes medidas preventivas y protectoras, basadas en la aplicación de principios científicos y procedimientos tecnológicos modernos y apropiados para el efecto.

Esto es especialmente necesario en los pequeños procesos, ya que la experiencia demuestra que los daños materiales producidos por ellos son, con frecuencia, tan importantes como los producidos por operaciones de gran volumen.

Situación Problemática

En la ciudad de Loja, no se han desarrollado suficientemente, procesos e innovaciones tecnológicas que garanticen que los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo de carrocerías y chasis de vehículos livianos, se desarrollen de manera que garanticen un acabado superficial de alta calidad y durabilidad y compatibles con las regulaciones ambientales que limitan los efectos de contaminación ambiental y reduzcan los riesgos laborales de las personas dedicadas a estas actividades laborales.

Problema Científico

Limitado desarrollo e implementación de equipamiento técnico para el desarrollo de actividades de mantenimiento y conservación de carrocerías y chasis a través del proceso de pintado y repintado de vehículos livianos, en la ciudad de Loja.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la metodología y parámetros técnicos para el diseño e implementación de una cabina tipo horno semi-automática para acabado superficial de calidad en el proceso de pintado de vehículos livianos.

Objetivos específicos

- Establecer los parámetros de diseño de la cabina-horno
- Realizar los cálculos y selección de los componentes térmicos, mecánicos y electrónicos de la cabina horno.
- Determinar el procedimiento general de construcción de la cabina-horno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

d. REVISIÓN DE LITERATURA

CABINAS DE PINTURA, CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS BÁSICOS

Los vehículos entran 'desnudos' en las cabinas de pintura, bien en el proceso de fabricación, bien en el de reparación de la carrocería, y deben salir de punta en blanco. Es por ello que una buena cabina de pintura para vehículos de turismo, comerciales o industriales deba reunir una serie de requisitos básicos, a saber:

Desde el punto de vista constructivo, tiene gran importancia el espacio y el diseño, tanto del foso como la salida de gases al exterior, de forma que se asegure la ausencia de turbulencias y de sobrepresiones. La construcción de la cabina debe ser modular, pero sólida.



Fig. Interior de cabina pintar autos

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

El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 800 'lux' a la altura del piso.

La velocidad de aire en el interior de la cabina, es la característica fundamental, y debe ser entre 1 – 6 m/s para asegurar una correcta evacuación de gases. Esta magnitud debe asegurar una renovación de aire alrededor de los 40-60 renovaciones/hora. O sea, la ventilación de la cabina debe garantizar un sobre-presión constante y uniforme en el interior del habitáculo, y además se tiene que ajustar al tipo de pintura que se use. Tampoco hay que olvidar que el caudal de aire debe estar de acuerdo al espacio.

El techo filtrante de la cabina de pintura debe ser suficientemente amplio para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos, que terminarían afectando al acabado final.

La cabina de pintura debe constar de un sistema de calefacción y de regulación que garantice una temperatura constante y uniforme en toda la superficie y a todas las alturas con una diferencia máxima inferior a 5°C. Es decir, la caldera debe tener una potencia térmica capaz de generar más de 80.000 kcal/h.

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

La cabina de pintura tiene que contar con una adecuada superficie de filtros para pintura en expulsión, bien colocados en la zona de paso de aire, que garanticen una retención no inferior al 85/90% de las partículas de pintura 'over spray' que no se depositan¹.

d.1 Tipos de Cabinas

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

¹RD 833/88 Reglamento sobre la gestión de residuos peligrosos.



Fig. 2 Tipos de cabinas

d.1.1 Sentido de Corriente

En función del sentido de la corriente de aire en el interior, puede haber varios tipos de cabinas de pintura.

Flujo Vertical, las cabinas cuya corriente de aire bajan desde el techo filtrante hacia el suelo en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de lugares dejados abiertos expresamente.

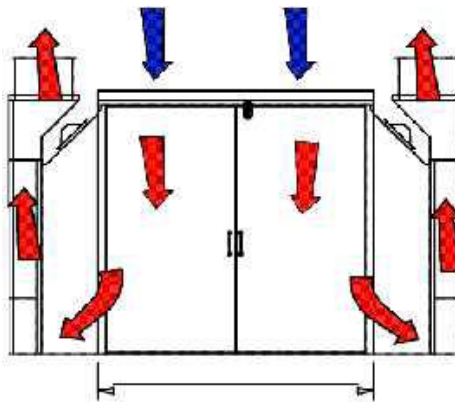


Fig. 3 Cabina de flujo vertical

Flujo Semivertical, caracterizadas porque la corriente de aire baja desde un restringido techo filtrante, colocado en una extremidad en la instalación, y sale al exterior a través de adecuadas aberturas ubicadas estratégicamente en la zona inferior de la pared opuesta al techo filtrante.

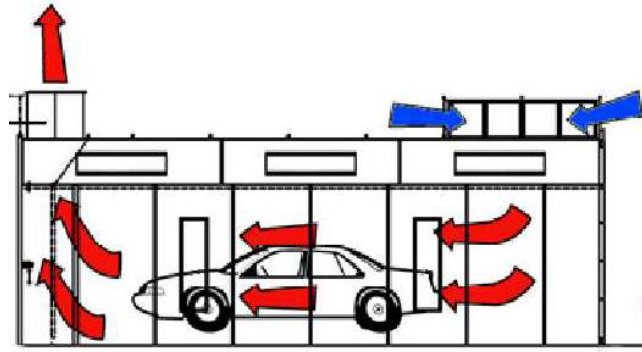


Fig. 4 Cabina de flujo semi vertical

Flujo Horizontal, que son aquellas cuya corriente aérea es horizontal al suelo, entrando el aire generalmente a través de marcos filtrantes, colocados en la estructura de las puertas, y saliendo a través de otros marcos también filtrantes ubicados estratégicamente en la pared opuesta.

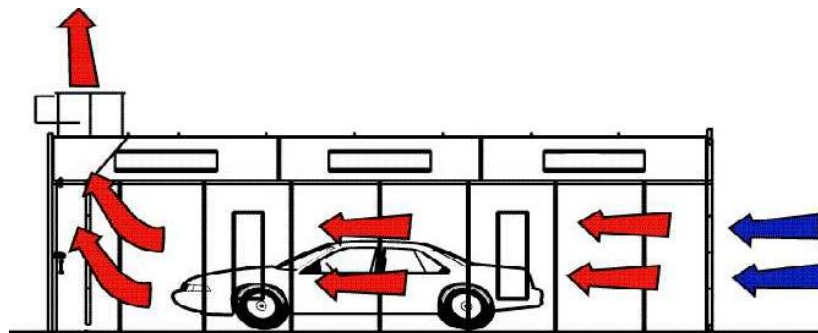


Fig. 5 Cabina de flujo horizontal

Las cabinas de flujo semi-vertical y horizontal se suelen utilizar para el pintado de vehículos, fabricados industriales o para zonas de preparación.

d.1.2 Sistema de impulsión y de extracción del aire.

En función del sistema de impulsión y de extracción del aire, se encuentran las cabinas de pintura conocidas en el argot como tipo 'Globo', es decir, con sólo un grupo de impulsión de aire (un motor y un ventilador), o las del modelo 'Equilibrado', o sea, las que cuentan con un ventilador, grupo impulsor y grupo extractor (dos motores y dos ventiladores).

d.1.3 Sistema de Temperatura

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

d.2 Cabina Tipo

La cabina tipo más requerida por el taller en la actualidad consta de unas dimensiones que oscilan entre 6,6 Lx4a x2, 80 h y 7,20x4x2, 85 cm; con dos filas de luces (1.500 watos); con un grupo impulsor capaz de generar 24.000 mch y de 120.000 kcal/h.; una temperatura de 60° C en fase de secado, y con un cuadro de mandos automático.

La instalación de un grupo expulsor, que a la vez purifique los gases que se emiten al exterior, también es una posibilidad, aunque no la más habitual.

d.3 Ventilación

Puede definirse la Ventilación como aquella técnica que permite sustituir el aire ambiente interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores características².

d.3.1 Funciones de la Ventilación

A los seres vivos, personas principalmente, la ventilación les resuelve funciones vitales como la provisión de oxígeno para su respiración y el control del calor que producen, a la vez que les proporciona condiciones de confort afectando a la temperatura del aire, su humedad, la velocidad del mismo y la dilución de olores indeseables. A las máquinas e

² HOJAS TECNICAS Soler - Palau

instalaciones y procesos industriales la ventilación permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad de su ambiente.

d.3.2 Tipos de ventilación

Los diferentes tipos de ventilación se pueden clasificar en:

- **Ventilación por Sobrepresión**, que se obtiene insuflando aire a un local, poniéndole en sobrepresión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuestas para ello. Fig. 6. A su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro exterior.

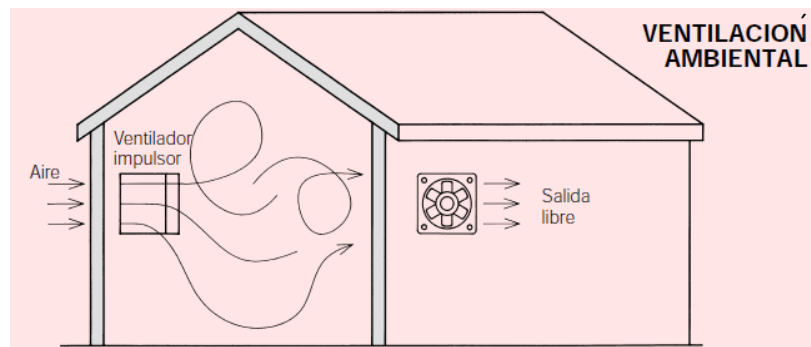


Fig. 6 Local en sobrepresión (+)

- **La Ventilación por Depresión**, se logra colocando el ventilador extrayendo el aire del local, lo que provoca que éste quede en depresión respecto de la presión atmosférica. El aire penetra desde fuera por la abertura adecuada, efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior. Fig. 7.

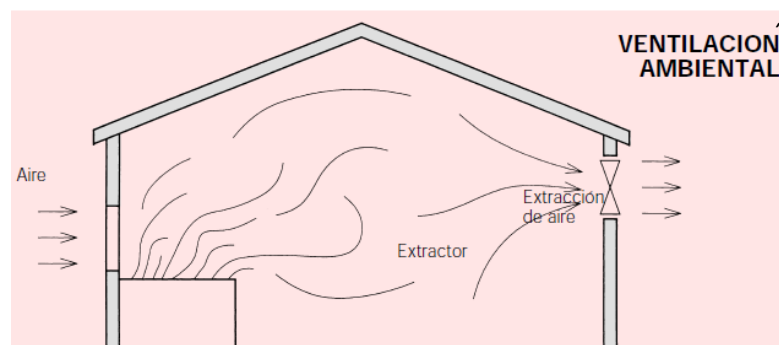


Fig. 7 Local en depresión (-)

- **Ventilación Localizada**, En esta forma de ventilación el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local. Se

logra a base de una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que conduzca directamente al exterior el aire captado. Fig.8.

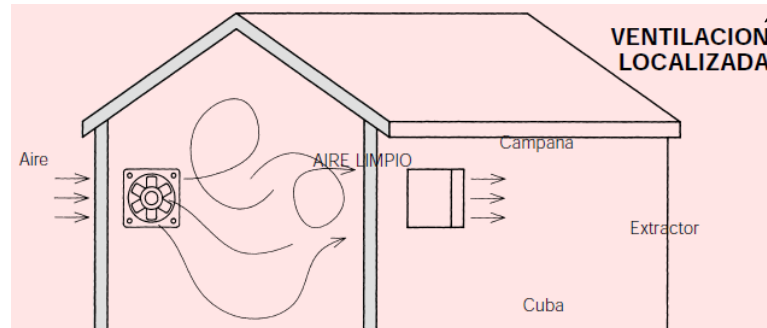
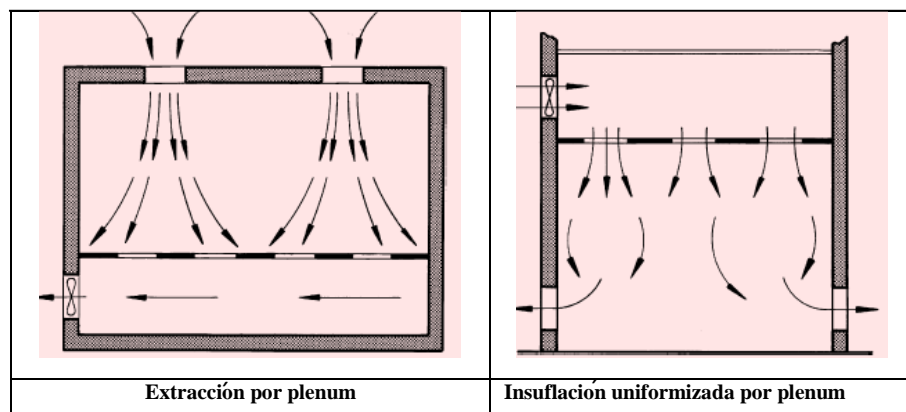


Fig. 8 Ventilación Localizada

d.3.3 Situación del extractor

Los ventiladores deben situarse diametralmente opuestos a las entradas de aire, de modo que el caudal de ventilación atraviese toda la zona contaminada.

- Colocar los extractores cerca de los focos de contaminación para captar el aire nocivo antes de que se difunda por el local.
- Alejar el extractor de una ventana abierta o entrada de aire exterior, para evitar que entre de nuevo al aire expulsado.
- La figura 9. ilustra diversos casos con soluciones para lograr las recomendaciones apuntadas.
- Todas estas disposiciones suponen que el aire extraído se desecha y lanza al exterior, práctica poco recomendable en caso de aire calefaccionado en época invernal.



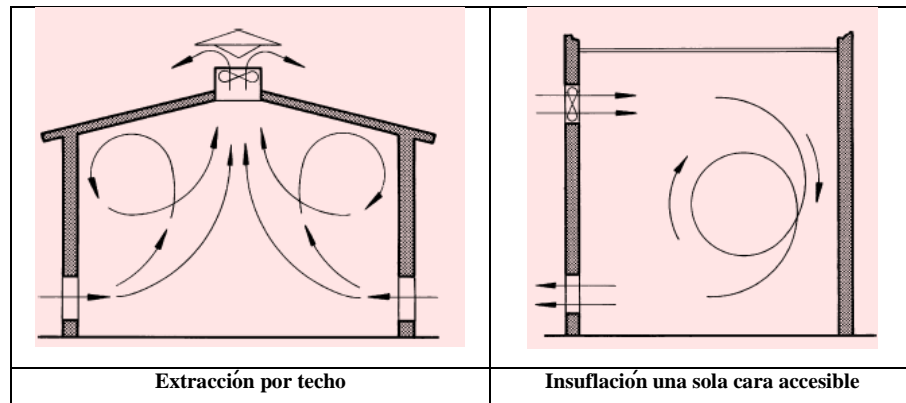


Fig. 9 Situación del extractor

Cuando se pueda identificar claramente el foco de contaminación sistema más efectivo, y económico, es captar localmente la emisión nociva.

Debe procederse así:

- Identificar los puntos de producción del contaminante.
- Encerrarlo bajo una campana.
- Establecer una succión capaz de captar, arrastrar y trasladar el aire, posiblemente cargado de partículas.

Los elementos básicos de una instalación así, son:

- La Captación.
- El Conducto o canalización.
- El Separador o filtro.
- El Extractor de Aire.

d.3.4 La captación

Su misión es la de poder atraer el aire con los contaminantes que contenga para trasladarlo al lugar de descarga.

Los principios de diseño son:

- El caudal de captación varía aproximadamente con el cuadrado de la distancia, o sea que si la campana está a una distancia L del foco, necesitando un caudal Q para captarlo, si se aleja a una distancia $2L$ el caudal necesario será $4Q$.

- Cuando se trate de gases nocivos la campana debe colocarse de modo que se evacúe fuera del espacio de respiración de los operarios.
- La campana, o caperuza, que envuelva una máquina debe diseñarse para que las partículas a captar incidan dentro de su boca.
- Siempre que sea posible, las boquillas de extracción deben ser con brida, reduciendo así el caudal en un 25 % aproximadamente.

d.4 Balance térmico en el interior de la cabina

d.4.1 Balance Térmico.

El balance térmico es la diferencia entre la cantidad de calor producida y la perdida en el interior de la cabina de pintado y perdidas por conducción convección y radiación hacia el exterior de la cabina.

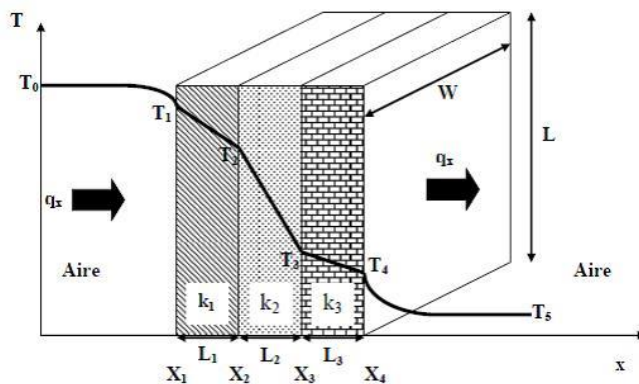


Fig. 10 Transferencia de calor

Debemos calcular las pérdidas en las paredes y ductos estas pérdidas son importantes para conocer la cantidad de calor que el intercambiador de calor debe entregar a la cabina de pintado para mantener una temperatura constante en el interior.

d.4.2 Transferencia de Calor

La transmisión del calor a ambos lados de un cerramiento se verifica de tres formas diferentes, siendo éstas:

1. **Convección:** Paso de calor de un punto a otro dentro de la masa de un fluido que se transporta por el movimiento de las moléculas del fluido, este movimiento se origina en las variaciones de densidad dentro del fluido que recibe calor.
2. **Conducción:** Paso de calor de unas moléculas a otras dentro de la misma sustancia o varias puestas en contacto en el sentido de temperaturas decrecientes.
3. **Radiación:** Paso del calor desde un foco que lo produce en sentido radial, en todas direcciones y en línea recta, con la velocidad de propagación de la luz y transmitido a través del éter.

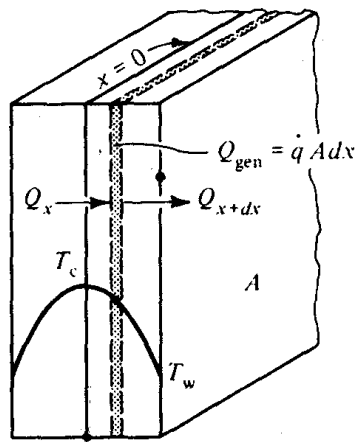


Fig. 11 Transferencia de calor por conducción

La ecuación fundamental de transferencia de calor es:

$$Q = \frac{\Delta T}{\sum R}$$

Donde:

$$\Delta T = \text{Diferencia de temperatura } [^{\circ}\text{C}]$$

$$\sum R = \text{Sumatoria de resistencias térmicas}$$

Donde:

$$\Delta T = \text{Diferencia de temperatura } [^{\circ}\text{C}]$$

$$\sum R = \text{Sumatoria de resistencias térmicas } [^{\circ}\text{C} / \text{W}]$$

d.5 Aislamiento Térmico Requerido

Hoy en día, el conocimiento y la tecnología han evolucionado hasta desarrollar materiales que cumplan la misión de servir al hombre para tres propósitos fundamentales:

- Como aislamiento térmico
- Como aislante acústico
- Como aislamiento y protección contra el fuego.

Muchos materiales aislantes pueden controlar la temperatura y el ruido, pero muy pocos tienen la capacidad de resistir por tiempo prolongado altas exposiciones al fuego sin deformarse o encenderse y además detener la expansión del fuego y humos tóxicos al mismo tiempo. La Lana Mineral de Roca nace del fuego y por esta razón posee esta capacidad natural.

La Lana Mineral de Roca es un producto versátil y extremadamente útil, posee una excelente calidad y eficiencia y ha sido desarrollada especialmente para trabajar en objetivos vitales y necesarios para la vida y bienestar del hombre como: economía, eficiencia, bienestar y seguridad.

d.6 10 razones para usar Lana Mineral de Roca

La Lana Mineral de Roca es Incombustible-ignífugo- y resistente al fuego.

1. Alta densidad (2 a 16 lb/pie³)
2. Excelente eficiencia térmica (bajo K)
3. Excepcionales propiedades acústicas
4. Gran capacidad para soportar picos de temperatura
5. No corrosiva (Contenido de cloruros máximo de 1.46 p.p.m)
6. Resistente a la humedad
7. Resistente a la compresión
8. Amigable con el medio ambiente (PH Neutro, no contiene CFC ni HCFC)
9. Fácil de manejar, ajustar e instalar

d.7 Los tipos de pintura para automóviles

Los tipos más comunes de pintura son acrílico, esmalte, laca acrílica y uretanos. Las pinturas de esmalte acrílico necesitan un catalizador para endurecer la pintura. Hay pintura más gruesa o pesada y no requiere tantas capas como un producto de pintura más ligera. La laca acrílica necesita de 13 a 24 aplicaciones para producir un trabajo de pintura de calidad. Ésta se seca en solo unos minutos y se aplica en periodos separados de tiempo. Se aplican de seis a ocho capas en el primer día, seis capas más el segundo día después del lijado en mojado y el secado, y capas adicionales en la misma manera. Los errores de pintura con laca acrílica son más fáciles de reparar que otros tipos de pintura para autos. Los uretanos expelen vapores altamente tóxicos y requieren el uso de un respirador mientras se están aplicando. Son más espesas que las pinturas de laca acrílica y requieren la aplicación de menos capas. Los uretanos necesitan de un catalizador para endurecerse químicamente. Scottgrundfor.com recomienda rebajarla en una proporción de 1 parte de pintura por 1/2 parte de disolvente. Las capas más claras deberán ser usadas después de una aplicación de pintura para protegerla. Usa tres capas sobre el esmalte de acrílico y uretanos hasta ocho capas para un acabado lacado.

d.8 Controlador lógico programable PLC

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinidad de tipos de PLC. Los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa. Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar

tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA CABINA DE PINTAR

e. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

Para definir los parámetros de diseño, principalmente las dimensiones de la cabina se han tomado las siguientes consideraciones:

Se ha realizado un estudio de la clase de vehículos que se pintan en Loja, en virtud de ello, se logró recopilar las siguientes especificaciones:

TABLA 1. Dimensiones de vehículos livianos³

VEHÍCULO	Dimensiones de la cabina de pintado y secado (m)		
	Longitud:	Ancho:	Altura:
TOYOTA FORTUNER 4.0 TA	4.69	1.84	1.85
TOYOTA HILUX CD 4*4 DIESEL	5.25	1.76	1.82
TOYOTA HIGHLANDER	4.78	1.91	1.76
TOYOTA 4 RUNNER	4.82	1.84	1.85
GRAND VITARA SZ	4.035	1.81	1.685
CHEVROLET ORLANDO	4.66	1.83	1.63
LUV – DMAX	5.035	1.525	1.735
SILVERADO C. SENCILLA	5.2	2.02	1.87

FUENTE: Eugenio Horacio Rivera

De la tabla anterior, se pueden inferir las pre-dimensiones de la cabina horno, que son:

Longitud: 7m,

Ancho: 4m,

Altura: 3m.

Las dimensiones anteriores consideran:

- Las dimensiones promedio de los autos más comercializados en nuestro medio.

³http://www.casabaca.com/docs/modelos_toyota.php

- Espacio para el material utilizado para la construcción principalmente las láminas (planchas de acero) para que no haya desperdicio de material.
- Para el aislante térmico se considerara lana mineral de roca de 2 pulgadas de espesor.

Además debe preverse espacio para el trabajo del operador alrededor del vehículo, con lo cual, las dimensiones de la cabina horno serán:

Dimensiones de la cabina de pintado y secado

- Longitud: 7.2 m
- Ancho: 3.6 m
- Altura: 2.8 m

e.1 Diseño termodinámico

e.1.1 Balance Térmico.

Para determinar el calor necesario que debe proveer el calentador utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q_T = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 \quad \text{Ec 01}$$

Donde:

\dot{Q}_1 =Esla pérdida de calor a través de paredes y el techo, en W.

\dot{Q}_2 =Es el flujo de calor sensible necesario para calentar el aire de la cabina, por unidad de tiempo, en W

$$\dot{Q}_2 = \frac{Q_2}{t}$$

\dot{Q}_3 =Es el flujo de calor sensible necesario para calentar el vehículo, por unidad de tiempo, en W.

$$\dot{Q}_3 = \frac{Q_3}{t}$$

Q_2 y Q_3 = representan la cantidad de calor requerida para calentar el aire interior de la cabina horno y el vehículo, respectivamente, sus valores están dados en Joules (J)

e.1.2 Cálculo del calor perdido a través de paredes y techo \dot{Q}_1

Para iniciar el diseño del sistema de climatización se debe considerar la temperatura en el interior de la cabina, el cual lo consideramos de 55 – 65 °C. Se elige 60 °C.

La pérdida de calor a través de paredes y techos ocurre mediante los siguientes procesos:

1. Convección desde el interior de la cabina hacia las paredes de la misma.
2. Conducción a través de paredes y techo.
3. Convección desde las paredes exteriores hacia el ambiente.

De esta manera, el calor transferido a través de paredes y techos está dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_1 = \frac{A_T \times (T_{interior} - T_{exterior})}{R_T}$$

Donde:

R_T =resistencia Térmica

A =área de la superficie

$T_{interior}$ = 40°C temperatura ideal para secado de pintura

$T_{\text{exterior}} = 18^{\circ}\text{C}$ temperatura ideal para secado de Loja

Además la Resistencia térmica total es:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{K}{e} + \frac{1}{h_e}$$

K = es la conductividad térmica de las paredes y techo, $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$

h_i = es la conductancia de superficie por convección al interior de la cabina, en $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$.

h_e = es la conductancia de superficie por convección al exterior de la cabina en $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$

e.1.3 Coeficiente de convección interno h_i

El análisis del flujo de aire en el interior es constante, por lo que las propiedades del fluido son constantes, para el inicio del cálculo se tiene que determinar el valor de la temperatura de película a las condiciones de temperatura de pared y corriente libre utilizando la siguiente ecuación:

$$T_f = \frac{T_w + T_e}{2} \quad \text{Ec 02}$$

Donde:

T_e = Temperatura en el exterior [18°C]

$$T_e = 273 + 18 = 291 \text{ K}$$

T_w = Temperatura de pared inicial la cual se asume entre $55\text{-}65^{\circ}\text{C}$

$$T_w = 273 + 60 = 333 \text{ K}$$

T_f = Temperatura de película

Remplazando valores en la ecuación anterior obtenemos que:

$$T_f = \frac{T_w + T_e}{2}$$

$$T_f = \frac{333 + 291}{2}$$

$$T_f = 312 \text{ K}$$

Utilizando tablas termodinámicas determinamos las propiedades del aire a 39 °C.

Tabla 2 propiedades del aire a la presión de 1 atm⁴

T	Densidad	Calor específico	Conductividad térmica	Difusividad térmica	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática	Prandtl
°C	ρ	C_p	K	α	μ	ν	Pr
	$\frac{kg}{m^3}$	$J/kg \cdot K$	$W/m \cdot K$	$\frac{m^2}{s^2}$	$kg/m \cdot s$	$\frac{m^2}{s}$	
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255

Fuente: TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Yunus a Cengel. Cuarta edición.

e.1.4 Cálculo del Número de Reynolds

Se procede a calcular el número de Reynolds, el mismo que nos define si el flujo es laminar o turbulento, para este cálculo la velocidad del fluido⁵ en el interior de la cabina se toma como 0,2 m/s, entonces tenemos que:

$$Re = \frac{u \cdot Dh}{\nu} \quad Ec \ 03$$

Determinamos el área y perímetro del ducto utilizando la siguiente ecuación:

$$Ad = Ldx \cdot Ldy$$

$$Pd = 2(Ld \cdot Ldy)$$

⁴ TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Yunus a Cengel. Cuarta edición.

⁵El valor de $v=0,02$ se elige para que la velocidad de flujo permita que la pintura se fije en el vehículo y no sea removida por el flujo de aire.

Donde:

Ldx = longitud del ducto en dirección de eje x

Ldx = 320 mm a 400 mm

Ldy = longitud del ducto en dirección de eje y

Ldy = 20 mm a 400 mm

Remplazando datos en la ecuación anterior tenemos:

$$Ad = Ldx \cdot Ldy$$

$$Pd = 2 \cdot (Ldx + Ldy)$$

$$Ad = 40\text{cm} \cdot 40\text{cm}$$

$$Pd = 2 \cdot (32\text{cm} + 20\text{cm})$$

$$Ad = 1600\text{cm}^2$$

$$Pd = 160\text{cm}$$

$$Ad = 0.16\text{m}^2$$

$$Pd = 1.6\text{m}$$

e.1.5 Cálculo de diámetro hidráulico.

Se calcula el diámetro equivalente o diámetro hidráulico utilizando la siguiente ecuación:

$$Dh = 3 \cdot \frac{4 \cdot Ad}{Pd} \quad Ec\ 04$$

Remplazando valores de área del ducto [Ad] y perímetro del ducto [Pd] obtenemos:

$$Dh = 3 \cdot \frac{4 \cdot Ad}{Pd}$$

$$Dh = 3 \cdot \frac{4 \cdot 0.16}{1.6}$$

$$Dh = 1.2\text{m}$$

En la ecuación de Reynolds remplazamos valores y obtenemos:

$$Re = \frac{u \cdot Dh}{\nu}$$

$$Re = \frac{0.2 \times 1.2}{1.702 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 14101.1$$

Donde:

u = Velocidad máxima del pintado [m/s]

$$u = 0.2 \text{ m/s}$$

Dh = Diámetro equivalente [m]

$$Dh = 1.2 \text{ m}$$

ν = Viscosidad cinemática [m^2/s]

$$\nu = 1.702 \times 10^{-5} m^2/s$$

e.1.6 Cálculo del número de Nusselt.

Ahora determinamos el número de Nusselt (Nud) con la siguiente ecuación:

Ec 05

$$Nud = \frac{\frac{f}{8} \cdot Re \cdot Pr}{1.07 + 12.7 \left[\left[\frac{f}{8} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \cdot \left[\left[Pr^{\frac{2}{3}} \right]^{-1} \right]} \begin{matrix} Si \ 0.5 \leq Pr \leq 200 \\ Si \ 1E4 \leq Re \leq 5E6 \end{matrix}$$

Donde:

f = factor de fricción

Pr = Numero de Prandtl, adimensional.

Ahora utilizamos la siguiente ecuación para determinar el valor de fricción.

$$f = 0.316 \cdot Re^{-\frac{1}{4}} \quad Si \quad Re \leq 2E4 \quad Ec \ 06$$

$$f = 0.316 \cdot 14101.1^{-\frac{1}{4}}$$

$$f = 0.029$$

Remplazando valores tenemos que:

$$Nud = \frac{\frac{f}{8} \cdot Re \cdot Pr}{1.07 + 12.7 \left[\left[\frac{f}{8} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \cdot \left[\left[Pr^{\frac{2}{3}} \right]^{-1} \right]}$$

$$Nud = \frac{\frac{0.029}{8} \cdot 14101.1(0.7255)}{1.07 + 12.7 \left[\left[\frac{0.029}{8} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \cdot \left[\left[0.7255^{\frac{2}{3}} \right]^{-1} \right]}$$

$$Nud = 18.38$$

Ahora calculamos el coeficiente de convección interno:

$$hi = \frac{Nud \cdot k_1}{Dh} \quad Ec 07$$

Conductividad térmica del aire

$$k_1 = 0.02662 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$hi = \frac{18.38 \times 0.02662}{1.2}$$

$$hi = 0.41 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

e.1.7 Conducción de calor a través de paredes y techo.

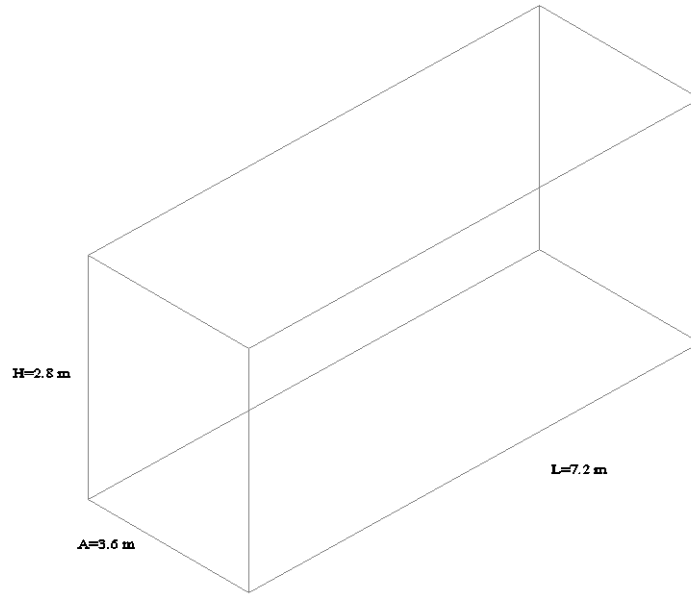


Fig. 12 Dimensiones de cabina

Para estimar el flujo de calor por conducción a través de las paredes y el techo, consideramos el área lateral de la cabina:

$$\text{Longitud} = 7.2 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho} = 3.6 \text{ m}$$

$$\text{Espesor (e)} = 0.1 \text{ m, Altura } 2,8 \text{ m}$$

El área total de transferencia de calor de la cabina es:

$$A_T = 2(2.8 * 3.6) + 2(7.2 * 2.8) + (7.2 * 3.6)$$

$$A_T = 86.4 \text{ m}^2$$

Se usará como aislante una capa de lana mineral o roca de 0,1 m de espesor y con conductividad térmica de:

$$K = 0.041 \text{ W/m}^2\text{°C, para lana mineral o roca}^6$$

⁶ Lana mineral o roca <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s07.htm>

e.1.8 Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección exterior, h_e

La transferencia de calor por convección exterior es debida principalmente al viento que sopla sobre la superficie exterior de la cabina horno; valores aproximados para este coeficiente están dados por la siguiente ecuación que fue desarrollada por Mc. Adams⁷:

$$h_e = 5,7 + 3,8V; \quad 0 < V < 5 \text{ m/s}$$

$$h_e = 5,7 + 3,8(5) = 24,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}$$

$h_e = 24,7 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$ para una temperatura ambiente de 18 °C .

En consecuencia la Resistencia Térmica Total es:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{K}{e} + \frac{1}{h_e}$$

$$R_T = \frac{1}{0.41} + \frac{0.041}{0.1} + \frac{1}{24,7}$$

$$R_T = 2.9 \frac{\text{m}^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

En consecuencia el valor de \dot{Q}_1 es:

$$\dot{Q}_1 = \frac{86.4 * (60 - 18)}{2.9}$$

$$\dot{Q}_1 = 1251.3 \text{ W}$$

e.1.9 Cálculo del calor necesario para calentar el interior de la cabina horno, Q_2

Para determinar el calor necesario para calentar la cantidad de aire utilizamos:

$$m = \rho \cdot V \quad \text{Ec 08}$$

⁷ Ing. Milton León Tapia. Tesis de Grado: Diseño y construcción de un colector solar de placa plana de doble exposición. 1984. Guayaquil. Ecuador. ESPOL

Donde:

m = masa de aire a calentar

ρ = densidad del aire

V = volumen de aire dentro de la cabina

Remplazando valores en la ecuación anterior obtenemos el siguiente resultado:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 1.127 \frac{kg}{m^3} \cdot 72.5m^3$$

$$m = 81.7 \text{ Kg}$$

Entonces el calor se calcula en función del calor específico del aire y la variación de temperatura:

$$Q_2 = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad \text{Ec 09}$$

Donde:

m = masa de aire a calentar

Cp = calor específico del aire

ΔT = variación de temperatura

Remplazando datos tenemos que:

$$Q_2 = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$Q_2 = 81.7kg \cdot 1007 \frac{kJ}{kg^\circ K} \cdot (333 - 291)^\circ K$$

$$Q_2 = 3455000 \text{ J} = 3455kJ$$

e.1.10 Cálculo del calor necesario para calentar el vehículo, Q_3 .

$$Q_3 = m_v c_p \Delta T$$

Donde:

m_v =la masa del vehículo en kg.

C_p = el calor específico del vehículo (Material de Acero 460 J/kg°C)

ΔT = es el diferencial de temperatura

$$Q_3 = 2500 \text{ kg} \times 460 \text{ J/kg}^\circ\text{C} (60-18)^\circ\text{C} = 48300 \text{ J} = 48,3 \text{ kJ}$$

Para calcular \dot{Q}_2 y \dot{Q}_3 , necesitamos estimar el tiempo de calentamiento t .

Dicho tiempo puede ser calculado a partir del flujo de aire volumétrico Q , necesario para la ventilación de la cabina y cuyo cálculo consta más adelante, en consecuencia:

$$Q = \frac{V_c}{t}$$

Donde V_c es el volumen de la cabina horno, en m^3 .

$$t = \frac{V_c}{Q}$$

Como el valor de Q es:

$$Q = 1,0069 \text{ m}^3/\text{s} = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Y el volumen de la cabina es:

$$V_c = 72,5 \text{ m}^3$$

$$t = \frac{72,5}{1} = 72,5 \text{ s.}$$

Por tanto \dot{Q}_2 será:

$$\dot{Q}_2 = \frac{Q_2}{t} = \frac{3455000}{72,5} = 47655.2 \text{ W}$$

El valor de \dot{Q}_3 será:

$$\dot{Q}_3 = \frac{Q_3}{t} = \frac{48300}{72,5} = \mathbf{666.2 W}$$

Remplazando datos, obtenemos el siguiente resultado:

$$Q_T = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3$$

$$Q_T = 1251.3 + 47655.2 + 666.2 = 49572.7 W$$

$$Q_T = \mathbf{50kW}$$

Con el calor necesario procedemos a seleccionar un calentador, que puede ser de tipo eléctrico o a gas:

En este caso y por los costos actuales de la energía eléctrica en el país, se decidió por un calentador tipo eléctrico, por lo que se busca en catálogos un calentador de aire, la empresa CaloritechEngineered, Electric Heat, Air and SpaceHeaters, nos presenta los modelos de la section C de donde se obtiene el modelo DFF 16x12-12.5.

Types DFF and DIF duct heaters are designed and approved for comfort heating applications. The unit must be installed in a horizontal duct with the terminal housing at the side or bottom. Tandem mounting (more than one heater in series) is permitted within certain limitations. See previous discussion. Units listed in Table 2 are representative only. It is reasonably safe to specify any similar unit using this table as a guideline, and we will build to your specifications.

Type DFF

DIM.	in	mm
C	6.5	163
D	7.0	178
E	2.0	51

Standard Features

- Primary linear cutout, 160°F (71°C) 277/600 VAC, 25/10 AMP non-inductive
- Secondary linear cutout - Manual reset complete with back-up magnetic contactor on units under 300V, 30 kW and less, 225°F (107°C) 277/600 VAC, 25/10 AMP non-inductive

Optional Features

See page C9, optional auxiliary duct heater controls.

To Order Specify

Fig. 13 Calentador eléctrico section C

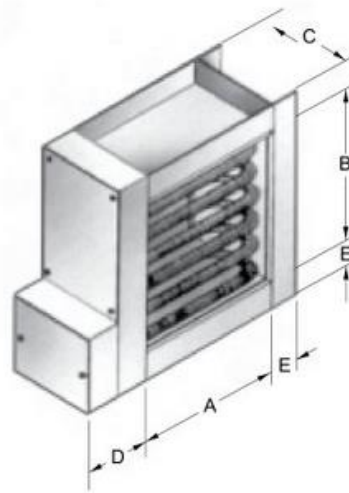


Fig. 14 Dimensiones de calentador eléctrico

kW	Standard Voltages					Dimensions in (mm)		Min. Air Flow		No. of Elems.	Catalog Numbers		Approx. Weight		
	120V		280V, 240V		480V, 600V		A	B	CFM		(M ³ /min)	Flange Type	Insert Type	lbs	kg
	1Ø	1Ø	3Ø	1Ø	3Ø	1Ø									
1	✓	✓	-	-	-	6 (152)	6 (152)	50	1.4	2	DFF06x06-01	DIF06x06-01	15	7	
2.5	✓	✓	✓	-	-	6 (152)	6 (152)	150	4.2	3	DFF06x06-02.5	DIF06x06-02.5	15	7	
7.5	-	✓	✓	✓	✓	14 (356)	8 (203)	390	11.0	4	DFF14x08-07.5	DIF14x08-07.5	20	9	
10	-	✓	✓	✓	✓	14 (356)	12 (305)	500	14.1	6	DFF14x12-10	DIF14x12-10	25	11	
12.5	-	✓	✓	✓	✓	16 (406)	12 (305)	625	17.7	6	DFF16x12-12.5	DIF16x12-12.5	30	14	
15	-	✓	✓	✓	✓	18 (457)	12 (305)	750	21.2	6	DFF18x12-15	DIF18x12-15	30	14	
17.5	-	✓	✓	✓	✓	18 (457)	14 (356)	875	24.8	6	DFF18x14-17.5	DIF18x14-17.5	35	16	
20	-	✓	✓	✓	✓	18 (457)	16 (406)	1000	28.3	6	DFF18x16-20	DIF18x16-20	35	16	
25	-	-	✓	✓	✓	20 (508)	18 (457)	1250	35.4	9	DFF20x18-25	DIF20x18-25	50	23	
30	-	-	✓	✓	✓	24 (610)	18 (457)	1500	42.4	9	DFF24x18-30	DIF24x18-30	55	25	
35	-	-	✓	✓	✓	24 (610)	22 (559)	1650	46.7	9	DFF24x22-35	DIF24x22-35	60	27	
40	-	-	✓	✓	✓	26 (660)	24 (610)	2050	58.0	12	DFF26x24-40	DIF26x24-40	70	32	
45	-	-	✓	✓	✓	28 (711)	24 (610)	2200	62.2	12	DFF26x24-45	DIF26x24-45	75	34	
50	-	-	✓	✓	✓	28 (711)	26 (660)	2500	70.7	12	DFF28x26-50	DIF28x26-50	80	36	
60	-	-	✓	✓	✓	30 (762)	30 (813)	3000	84.9	15	DFF30x30-60	DIF30x30-60	95	43	
80	-	-	✓	✓	✓	36 (914)	32 (813)	4000	113.1	15	DFF36x32-80	DIF36x32-80	105	48	
100	-	-	✓	✓	✓	42 (1067)	36 (914)	5250	148.5	18	DFF42x36-100	DIF42x36-100	130	59	
120	-	-	✓	✓	✓	48 (1219)	36 (914)	6000	170.0	18	DFF48x36-120	DIF48x36-120	150	68	

Fig. 15 Catálogo de calentadores eléctricos Air and SpaceHeaters

Se elige entonces un calentador eléctrico de 50 kW.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CALENTADOR ELÉCTRICO

Potencia: 50 KW

Voltaje: 240V

Caudal mínimo: 2500 CFM = 70.7m³/h.

Peso aproximado: 36 kg

e.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.

Para la captación de aire contaminado se eligió una campana tipo boca cuadrada ver **Anexo 002**

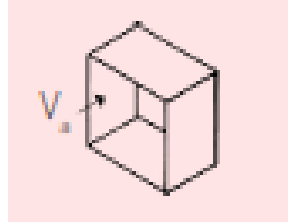


Fig. 16 Campana tipo de boca cuadrada

e.2.1 Cálculo del caudal de aire a aspirar de la cabina

$$Q = V_{asp} \cdot N \quad Ec 010$$

Donde:

V_{asp} = Volumen de aspiración [m^3]

N = número de renovaciones hora [ren/hr]

De lo cual se encuentra el volumen a aspirar:

$$V_{asp} = L \times A \times H \quad Ec 011$$

$$V_{asp} = 7.2m \times 2.8m \times 3.6m$$

$$V_{asp} = 72.5m^3$$

Donde:

L = longitud de la cabina [m]

A = Alto de la cabina [m]

H = Ancho de la cabina [m]

Para determinar el caudal se basó en el siguiente **Anexo 003**.

Según la **Anexo 003** las renovaciones para talleres de pintado son de 40 a 60 ren/h

Realizando un promedio tomamos 50 *ren/h* y calculamos el caudal en el cuarto, para ello utilizamos la siguiente ecuación:

Remplazando valores obtenemos que el caudal es:

$$Q = V_{asp} \times N$$

$$Q = 72.5m^3 \times 50 \frac{ren}{h}$$

$$Q = 3625 \frac{m^3}{h}$$

$$Q = 1.0069 \frac{m^3}{seg}$$

Cálculo del diámetro del ducto.

Calculamos el diametro en el ducto utilizando la ecuacion siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{4.Q}{\pi.v}} \quad Ec 012$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal [m}^3/\text{s]}$$

$$Q = 1.0069 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \text{velocidad del aire en los ductos [m/s]}^8$$

$$V = 8 \text{ m/s}$$

Remplazando valores tenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4.Q}{\pi.v}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1.0069}{\pi.8}}$$

⁸Manual Práctico de ventilación Soler y Palau

$$D = 0.4m$$

$$D = 40 \text{ cm}$$

Calculamos las pérdidas en los ductos

Con estos valores vamos al **Anexo 005** y vemos las pérdidas de carga h_{ta} por el rozamiento del aire y tenemos:

$$h_{ta=1.6} \frac{Pa}{m}$$

Entonces con la dimensión de la tubería que es de:

$$L_{tub} = L_1 + L_2 + L_3 \quad \text{Ec 013}$$

$$L_{tub} = L_1 + L_2 + L_3$$

$$L_{tub} = 1.5m + 3.5m + 2.1m$$

$$L_{tub} = 7.1m$$

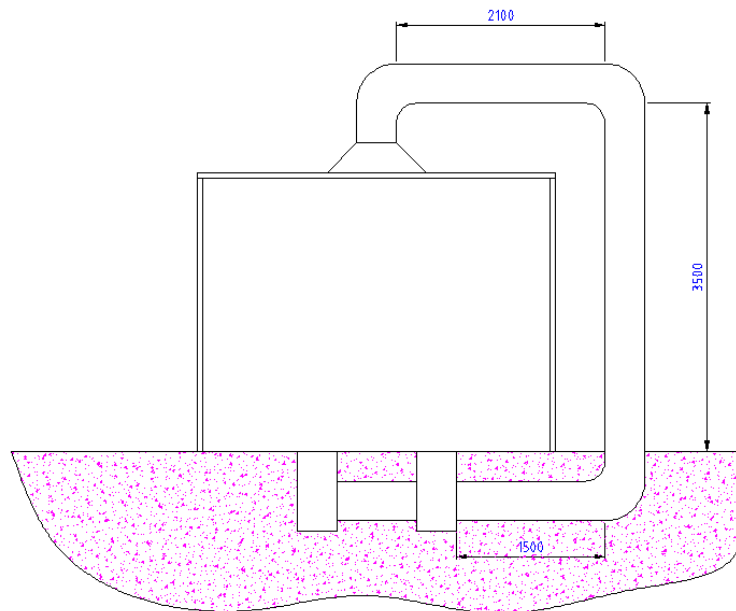


Fig. 17 Diagrama de tuberías

e.2.2 Cálculo de las pérdidas en las tuberías

Siendo las pérdidas totales en las tuberías igual a las pérdidas por unidad de longitud por la longitud total de las tuberías:

$$h_t = h_{ta} \times L_{tub} \quad \text{Ec 014}$$

$$h_t = h_{ta} \times L_{tub}$$

$$h_t = 1.6 \frac{Pa}{m} \times 7.1m$$

$$h_t = 11.36 Pa$$

Para transformar en *mmc.d.a* realizamos el siguiente procedimiento:

$$h_t = 11.36 Pa \left| \frac{1mm \text{ c. d. a}}{10 Pa} \right|$$

$$h_t = 1.136 mm \text{ c. d. a}$$

La tubería a seleccionar será rectangular, en el **Anexo 006** escogemos una tubería de las siguientes dimensiones:

(40x40)cm cuya área será = 1600cm²

e.2.3 Cálculo de las pérdidas en los accesorios

Cálculo de la presión dinámica en la tubería

Para los codos tenemos la siguiente ecuación:

$$h_c = n \times N \times P_d \quad \text{Ec 015}$$

Donde:

n: Coeficiente para codos de 90°.

N: Número de codos.

P_d: Presión dinámica.

Para encontrar la presión dinámica acudimos al **Anexo 007**

Y con la velocidad de 8 m/s tenemos una $P_d = 4 \text{ mmcda}$

Tenemos 3 codos;

Para codos de 90° $n = 1.6$

Reemplazando datos nos queda:

$$h_c = 1.6 \times 3 \times 4$$

$$h_c = 19.2 \text{ mmcda}$$

Para encontrar la altura del ventilador utilizamos la **ecuación siguiente:**

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H_B = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_t + h_c \quad \text{Ec 016}$$

La presión 1 y la presión 2 se consideran 0 por ser la presión atmosférica así como la altura 1 y 2 por no estar a una altura considerable.

El ventilador tendrá un diámetro de 40 cm.

Entonces la velocidad sería igual a:

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 1.0069}{\pi \times 0.4^2} = 8 \text{ m/s} \quad \text{Ec 017}$$

Donde:

Q = caudal en [m³/s]

$Q = 1.0069 \text{ m}^3/\text{s}$

D = Diámetro del rodete en [m]

Reemplazando todos estos datos tenemos entonces:

$$H_m = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + h_t + h_c$$

$$H_m = \frac{8^2}{2 \times 9.81} - \frac{8^2}{2 \times 9.81} + 1.136 + 19.2$$

$$H_m = 20.34 \text{ mmcda}$$

Con los datos obtenidos del caudal y la presión escogemos en el catálogo de Soler y Palau el siguiente extractor.

Serie CBM

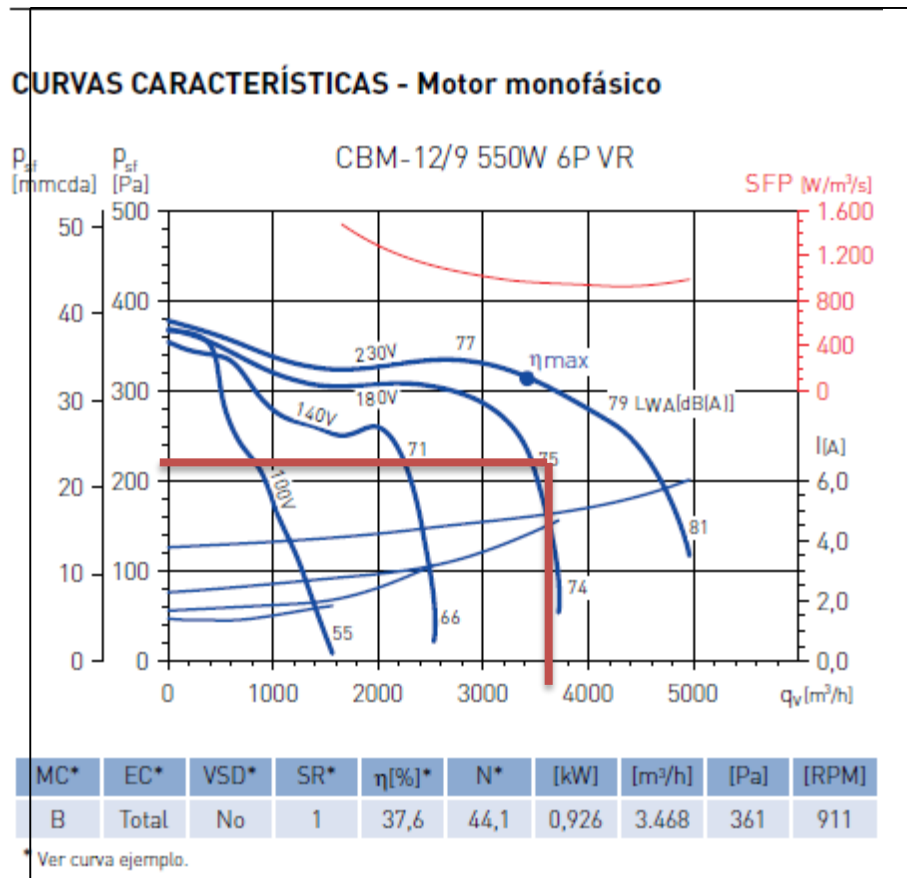


Fig. 18 Selección de ventiladores centrífugos

Extractores centrífugos de álabes radiales

Dimensiones y curvas características.

VENTILADORES centrífugos de baja presión⁹

Serie CBM

CBM – 12/19550W6P VR, 180V, 50Hz

⁹<http://www.solerpalau.es/crmt-4-450-185-5-5kw-400v50hz-ig-ve.html>

Fabricados en chapa de acero protegida con pintura epoxi-poliéster anticorrosiva, rodete de acero galvanizado de álabes hacia adelante equilibrado dinámicamente y motor trifásico, IP55, Clase F

Características técnicas del ventilador

- Motor de 2 velocidades, 6 polos, trifásicos 180-50Hz,
- Caudal de 1000 a 5000 m³/h
- Presión estática 500 Pa

e.2.4 Selección de filtro

La selección del filtro se la realizó de acuerdo a las características requeridas en la cabina, se seleccionó un tipo de filtro MULTIBOLSA:



Fig. 19 Filtro Multibolsa

CARACTERISTICAS DEL FILTRO MULTIBOLSA

- Filtros de Mediana a alta eficiencia, según Normas ASHRAE 52.1.
- Moderna tecnología de sellado ultrasónico de bolsas y separadores que minimiza el riesgo de fugas de las costuras tradicionales.
- Marco de chapa de acero galvanizado con guías de aire metálicas dispuestas entre bolsas para evitar fugas. Diseño aerodinámico.
- Gran capacidad de ensuciamiento que brinda mayor vida útil.

De acuerdo a las siguientes características se eligió el modelo siguiente:

Modelo	Nºbolsas	Dimensiones en pulgadas	Caudal recomendado		Caida de Presión inicial	Area Filtrante
			cfm	m3/h	pulgadas de c.a.	piez
90/95% Eficiencia ASHRAE 52.1						
Soniq 9544228P	8	24"x 24"x 22"	2000	3400	0.64	62
Soniq 9544298P	8	24"x 24"x 29"	2000	3400	0.50	84
Soniq 9500225P	5	20"x 20"x 22"	1120	1904	0.65	32
Soniq 9504226P	6	20"x 24"x 22"	1600	2720	0.62	46
80/85% Eficiencia ASHRAE 52.1						
Soniq 8544228P	8	24"x 24"x 22"	2000	3400	0.40	62
65% Eficiencia ASHRAE 52.1						
Soniq 6544228P	8	24"x 24"x 22"	2000	3400	0.24	62
50% Eficiencia ASHRAE 52.1						
Soniq 5044226P	6	24"x 24"x 22"	2000	3400	0,17	49

Fig. 20 Catálogo de filtro multibolsa

PARTICULARIDADES DEL FILTRO¹⁰

- **Medio Filtrante:** doble etapa, la 1º capa de microfibras no tejidas en polipropileno que permite capturar las partículas más pequeñas del flujo de aire. El proceso de termo sellado permite la confección de las bolsas sin perforación del medio filtrante, aumentando sustancialmente la superficie efectiva de filtrado. Cada bolsa posee separadores longitudinales termo sellados que permiten una correcta distribución de la corriente de aire, evitando turbulencias excesivas y permitiendo el progresivo ensuciamiento del filtro y mayor vida útil.
- **Marco:** Construido en chapa de acero galvanizada calibre # 24 con terminación de canal en U para otorgar mayor robustez a la estructura facilitando el manipuleo y recambio de filtros.
- **Aplicaciones:** pre filtración de sistemas de filtrado con filtros finales HEPA. Filtración de sistemas de ventilación y aire acondicionado en aplicaciones industriales, comerciales, hotelera, industria farmacéutica, alimenticia. Hospitales, plantas automotrices, cabinas de pintura plantas de biotecnología, etc.
- **Condiciones operativas:** Temperatura: 82° C en operación continua admitiendo picos de mayores temperaturas por períodos intermitentes. (consultar fábrica). Humedad relativa: 100%. Pérdida de carga recomendada para recambio filtro: 1.0" w.g.- (Columna de agua).

¹⁰<http://www.microfilterweb.com.ar/admin/productos/pdf/006Multibolsa.pdf>

e.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CABINA

e.3.1 Cálculo de peso de la estructura

Las dimensiones de cada plancha son:

Ancho: 120 cm

Alto: 240 cm

Espesor: 1 mm

Peso: 7.5 kg / m²

Se considera que 7.2 m de largo y 3.6 m de ancho de la cabina. Podemos calcular la superficie y peso del techo tanto interior como exterior.

$$\text{Superficie techo} = \text{largo} \times \text{ancho}$$

$$\text{Superficie techo} = 7.2 \times 3.6$$

$$\text{ST} = 25.9\text{m}^2$$

Se determinó el peso total:

$$W_1 = \text{ST} \times w \qquad \text{Ec 018}$$

$$W_1 = \text{ST} \times w$$

$$W_1 = 25.9\text{m}^2 \times 7.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_1 = W_2 = 194.4\text{kg} = 1905.12\text{N}$$

Donde: w=Peso por unidad de área, N/m³

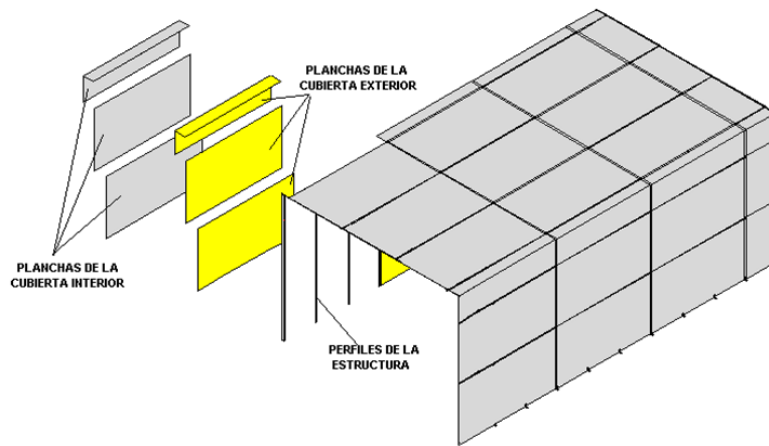


Fig. 21 Planchas y perfiles de la cabina

e.3.2 Materiales de la Estructura

La estructura será armada en perfil C 50mm x 25mm x 3 mm acero ASTM A36

Especificaciones del acero son:

E = Módulo de elasticidad del acero.

$E = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$

S_y = Resistencia a la fluencia.

$S_y = 4489.8 \text{ Kg/cm}^2$

A = Área transversal = 2.70 cm^2

Peso aproximado por metro = 2.12 kg/m

Propiedades del eje "X":

I = Inercia 9.7 cm^4

Z = Módulo de sección X = 3.88 cm^3

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

Propiedades del eje "Y":

I = Inercia de Y = 1.57 cm^4

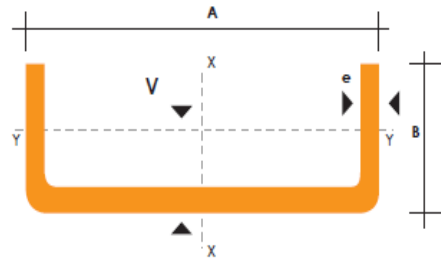
$Z_y =$ Módulo de sección $y = 0.91 \text{ cm}^3$

$R_y =$ Radio de giro en $y = 0.76 \text{ cm}$

PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6mts
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.5mm hasta 12mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	I	W	I	I	W	I	x
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19

Fig. 22 Especificaciones generales perfil U

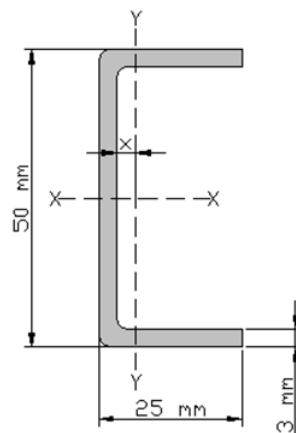


Fig. 23 Dimensiones del perfil U

La longitud total del perfil utilizado en el techo es 76 m

La longitud total del perfil utilizado en la columna es 33.6 m

La longitud total del perfil utilizado en las paredes es 43.2 m

Perfil utilizado entre techo y columnas es 109.6 m

$$W_3 = \text{Peso del perfil} \qquad \text{Ec 019}$$

$$W_3 = 109.6 \text{ m} \times 2.12 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_3 = 232.35 \text{ kg}$$

Para el aislamiento térmico se ha considerado colocar lana mineral de roca cuya densidad es de 48 kg/m³

Entonces el peso del aislamiento es:

$$W_4 = V \times \rho \qquad \text{Ec 020}$$

$$W_4 = (7.2 \text{ m} \times 3.66 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}) \cdot 48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_4 = (1.32 \text{ m}^3) \cdot 48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_4 = 63.3 \text{ kg}$$

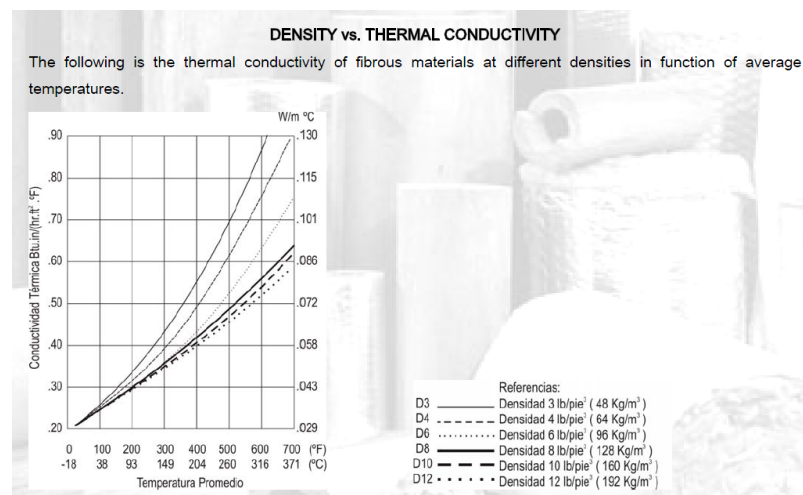


Fig. 24 Densidad y conductividad lana mineral de roca

El peso de ductos consideramos como en $W_5 = 50$ kg

Por mantenimiento se suma el peso de 1 persona $W_6 = 70$ kg

Se determina el peso total que resistirá la estructura.

$$w_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 \quad \text{Ec 021}$$

$$w_t = (194.4 + 194.4 + 232.35 + 63.3 + 50 + 70) \text{Kg}$$

$$w_t = 804.45 \text{kg}$$

$$w_t = 7883.61 \text{N}$$

Si el peso total W_t se lo divide en 12 pórticos se obtendrá un peso concentrado de:

$$P = \frac{W_t}{12} \quad \text{Ec 022}$$

$$P = \frac{7883.61 \text{ N}}{12}$$

$$P = 656.9 \text{ N}$$

e.3.3 Análisis estructural del pórtico

Para el análisis de la estructura se dibujan diagramas de cuerpo libre, los mismos que se las presentan a continuación.

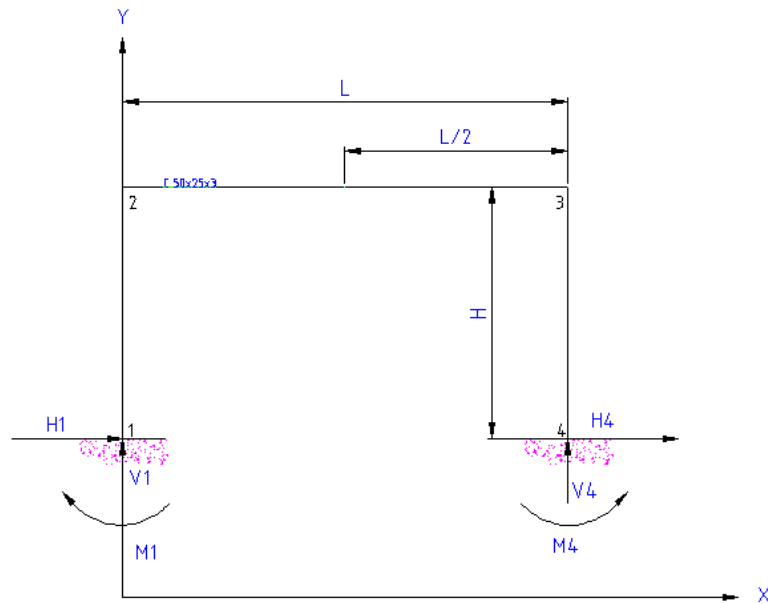


Fig. 25 Diagramas de cuerpo libre

Se determina las constantes de diseño ϕ y F estas constantes son adimensionales, que dependen de las propiedades físicas del material en este caso la C 50x25x3.

$$\phi = \frac{I_{1-2} \cdot L}{I_{4-3} \cdot H}$$

$$F = 6 \cdot \left[2 + \frac{1}{\phi} \right] \quad \text{Ec 023}$$

Donde:

L = Es la luz del pórtico o longitud del mismo.

$L = 366 \text{ cm}$

h = Es la altura del pórtico

$h = 280 \text{ cm}$

$I_{1-2} = I_{4-3}$ = Momento de inercia de la sección transversal del perfil C

$I_{1-2} = I_{4-3} = 1.57 \text{ cm}^4$

Remplazando en las ecuaciones anteriores se obtiene el resultado de las constantes requeridas para el análisis.

$$F = 6 \cdot \left[2 + \frac{1}{\phi} \right]$$

$$F = 6 \cdot \left[2 + \frac{1}{1.30} \right]$$

$$F = 16.66$$

$$\phi = \frac{I_{1-2} \cdot L}{I_{4-3} \cdot H}$$

$$\phi = \frac{1.57 \text{ cm}^4 \cdot 366 \text{ cm}}{1.57 \text{ cm}^4 \cdot 280 \text{ cm}}$$

$$\phi = 1.30$$

El siguiente paso sería calcular los momentos en las bases del pórtico.

Pórtico de soporte fijo con carga concentrada en el centro

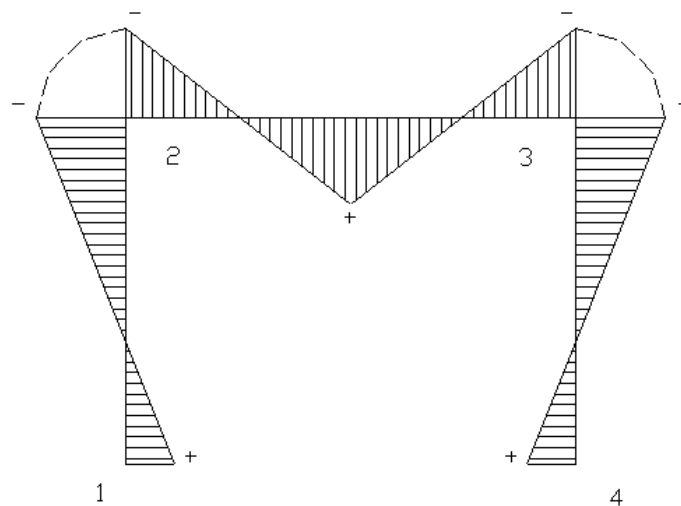


Fig. 26 Diagramas de momentos

Se calcula los momentos en los puntos 1 y 4 de la base de la estructura.

$$M = \frac{3 \cdot P \cdot L}{4 \cdot F}$$

$$M = \frac{-3 \cdot P \cdot L}{4 \cdot F}$$

$$M_1 = M_4$$

$$M_2 = M_3$$

Ec 024

Donde:

P = Carga concentrada

$$P = 656.9 \text{ N}$$

L = Es la luz del pórtico o longitud del mismo.

$$L = 366 \text{ cm}$$

$$F = 16.61$$

Reemplazando valores de la ecuación anterior tenemos los resultados de los momentos en los puntos 1 - 2 - 3 - 4

$$M = \frac{3.P.L}{4.F}$$

$$M = \frac{-3.P.L}{4.F}$$

$$M = \frac{3.656.9 \text{ N} \cdot 3.66 \text{ m}}{4.(16.61)}$$

$$M = \frac{-3.656.9 \text{ N} \cdot 3.66 \text{ m}}{4.(-213.56)}$$

$$M = 108.56 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M = -213.56 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_1 = M_4$$

$$M_2 = M_3$$

El momento máximo de diseño se obtiene utilizando la carga concentrada en el punto medio de la viga horizontal:

$$M_x = \frac{\left(P \cdot \frac{L}{2}\right)}{2} + M_2 \quad \text{Ec 025}$$

Donde:

P = Carga concentrada

$$P = 656.9 \text{ N}$$

L = Es la luz del pórtico o longitud del mismo.

$$L = 366 \text{ cm}$$

M_2 = Es el momento en el punto 2

$$M_2 = 213.56 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Reemplazando datos se obtiene el valor del momento máximo de diseño:

$$M_x = \frac{\left(P \cdot \frac{L}{2}\right)}{2} + M_2$$

$$M_x = \frac{\left(656.9 \text{ N} \cdot \frac{3.66 \text{ m}}{2}\right)}{2} + 213.56 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_x = 814.62 \text{ N.m}$$

Se calcula las reacciones horizontales en las bases de la estructura en los puntos 1-4

$$H_1 = \frac{(3.M_1)}{h}$$

$$H_1 = H_4 \quad \text{Ec 026}$$

Donde:

h = es la altura del pórtico

$$h = 2.8 \text{ m}$$

M_I = Momento en el punto 1 o en la base

$$M_I = 108.56 \text{ N.m}$$

Reemplazando datos se obtiene que las reacciones en la base en los puntos 1 y 4 la cual será:

$$H_1 = \frac{(3.M_1)}{h}$$

$$H_1 = \frac{(3.108.56 \text{ N.m})}{2.8 \text{ m}}$$

$$H_1 = 116.3 \text{ N}$$

$$H_1 = H_4$$

Se determina los valores de las reacciones verticales en los puntos 1 y 4 con la siguiente ecuación:

$$V_1 = \frac{P}{2}$$

$$V_1 = V_4 \quad \text{Ec 027}$$

Donde:

P = Carga concentrada

$P = 656.9 \text{ N}$

Se reemplaza valores en la ecuación anterior y se obtiene el siguiente resultado de reacción vertical en el punto 1 – 4

$$V_1 = \frac{P656.9N}{2}$$

$$V_1 = 328.45N$$

$$V_1 = V_4$$

e.3.4 Cálculo del Esfuerzo máximo

El esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal se determina de la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{M_{L/2}}{Z} \quad \text{Ec 028}$$

Donde:

σ = Esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal [N/m²]

Z = Modulo de sección del eje X [cm³]

$Z = 3.88 \text{ cm}^3$

M_x =Momento máximo de diseño

$M_x = 814.62 \text{ N.m}$

Reemplazando valores tenemos:

$$\sigma = \frac{M_{L/2}}{Z}$$

$$\sigma = \frac{814.62 \text{ N.m}}{3.88 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma = 209953608.2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

e.3.5 Cálculo del Factor de Seguridad

Para calcular el factor de seguridad de la estructura es necesario conocer la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo, entonces utilizamos la siguiente ecuación.

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec 029}$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia del acero [Kg/cm²]

$S_y = 4489.8 \text{ Kg.cm}^2$

$S_y = 440 \text{ MPa}$

Σ = Esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal [N/m²]

$\sigma = 209953608.2 \text{ N/m}^2$

$\sigma = 209.9 \text{ MPa}$

Entonces el factor de seguridad de la estructura será:

$$n = \frac{440 \text{ MPa}}{209.9 \text{ MPa}}$$

$n = 2.09$

e.3.6 Análisis de Columnas

Una columna se puede pandear dependiendo 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”.

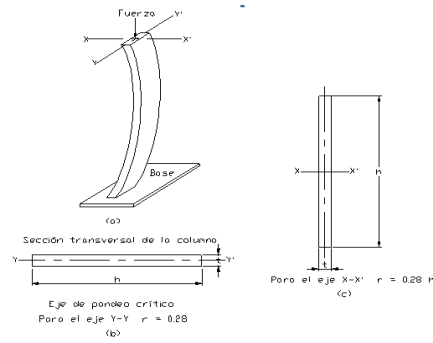


Fig. 27 Diagramas de columnas

e.3.7 Fijación de la Columna.

El tipo de fijación de la columna indica la manera en que se apoyan los extremos de la misma. Las formas de sujeción son atornilladas, fija y libre. En nuestro caso la fijación de la estructura será soldada en placas de 6 mm de espesor.

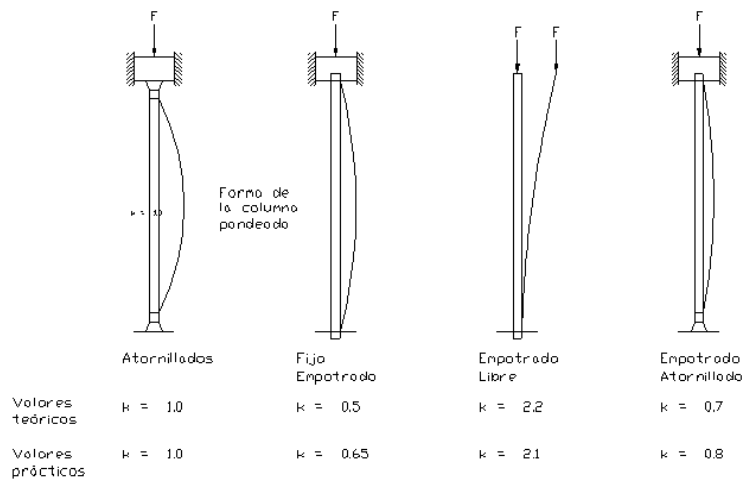


Fig. 28 Valores de k para longitud efectiva de columna para diferentes conexiones en los extremos

e.3.8 Longitud Efectiva.

Se calcula la longitud efectiva de la columna considerando el factor k de apoyo para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$Le = k \cdot L$$

$$Ec \ 030$$

Donde:

K = Constante practica de fijación de los extremos

$$K = 0.8$$

L = Longitud entre los soportes [m]

$$L = 285 \text{ cm}$$

Reemplazando datos se tiene que la longitud efectiva:

$$Le = k \cdot L$$

$$Le = 0.8 \cdot 285 \text{ cm}$$

$$Le = 228 \text{ cm}$$

e.3.9 Razón de delgadez

La razón de delgadez se considera como la relación existente entre la longitud efectiva de la columna con su radio de giro mínimo, dicha relación será determinada con la ecuación siguiente:

$$Rd = \frac{Le}{r_y} \quad Ec 031$$

Donde:

Rd = Es la razón de delgadez

Le = longitud efectiva de la columna

$$Le = 228 \text{ cm}$$

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

$$r_y = 0.76$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Rd = \frac{228 \text{ cm}}{0.76 \text{ cm}}$$

$$Rd = 300$$

e.3.10 Razón de Transición de Delgadez.

Para hacer un análisis de columna larga es necesario determina la constante de columna para la cual utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Cc = \left[\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{Sy} \right]^{1/2} \quad Ec032$$

Donde:

$$E = 2.1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Sy = \text{Resistencia a la fluencia del acero [Kg/cm}^2]$$

$$Sy = 4489.8 \text{ Kg.cm}^2$$

$$Sy = 440 \text{ MPa}$$

Se reemplaza valores para obtener:

$$Cc = \left[\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{Sy} \right]^{1/2}$$
$$Cc = \left[\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{4489.8 \text{ kg/cm}^2} \right]^{1/2}$$

$$Cc = 96$$

Se realiza la comparación entre la razón de delgadez y la razón de transición de delgadez:

$$Cc < Rd$$

$$96 < 300$$

Como la razón de transición es menor que la razón de delgadez se considera una columna larga entonces tenemos que utilizar la fórmula de EULER para cargas permisibles.

e.3.11 Análisis de cargas permisible de columna larga

Se presenta la ecuación de EULER para análisis de una columna larga se debe emplear la formula siguiente:

$$P_{cr} = \frac{(\pi^2 \cdot E \cdot I)}{(k \cdot L)^2} \quad Ec \ 033$$

Donde:

P_{cr} = Carga critica a la cual la columna empezara a pandearse [N]

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

I = El momento de inercia de la sección transversal del miembro n [cm^4]

$I = 1.57 \text{ cm}^4$

K = Constante practica de fijación de los extremos

$K = 0.8$

L = Longitud entre los soportes [m]

$L = 285 \text{ cm}$

Reemplazando la ecuación de EULER y obtenemos:

$$P_{cr} = \frac{(\pi^2 \cdot E \cdot I)}{(k \cdot L)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{(\pi^2 \cdot 2.1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 1.57 \text{cm}^4)}{(0.8 \times 2.85 \text{cm})^2}$$

$$P_{cr} = 625.9 \text{kg}$$

$$P_{cr} = 6137.9 \text{N}$$

e.3.12 Carga admisible o tolerante

Se determina el valor de la carga admisible para la columna de nuestra estructura. “el concepto de un factor de diseño (N) se aplica a la carga crítica (Pcr) y no a la resistencia máxima del material (Sy)”.

$$Pa = \frac{Pcr}{N} \quad Ec 034$$

Donde:

Pa=Carga admisible o tolerante [N]

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

Pcr = 63.8 N

N = Factor de diseño en columnas

N = 2.09

Reemplazando valores en la ecuación y obtenemos:

$$Pa = \frac{Pcr}{N}$$

$$Pa = \frac{6137.9 N}{2.09}$$

$$Pa = 2939.79 N$$

e.3.13 Simulación de cargas – desplazamientos

En la simulación de cargas actuantes sobre la estructura metálica se ha considerado la ayuda de un software CAD – Solid Works.

Para la simulación se procede a dibujar en el programa Solid Works la estructura de la cabina, luego se ingresa al Asistente para análisis Simulation - Xpress y seguimos el siguiente procedimiento:

- Colocamos las Sujeciones o puntos fijos.
- Colocamos las cargas – Fuerzas o peso sobre la estructura
- Seleccionamos el material del cual se construirá la estructura
- Ejecutamos el simulador
- Se obtienen y analiza resultados.

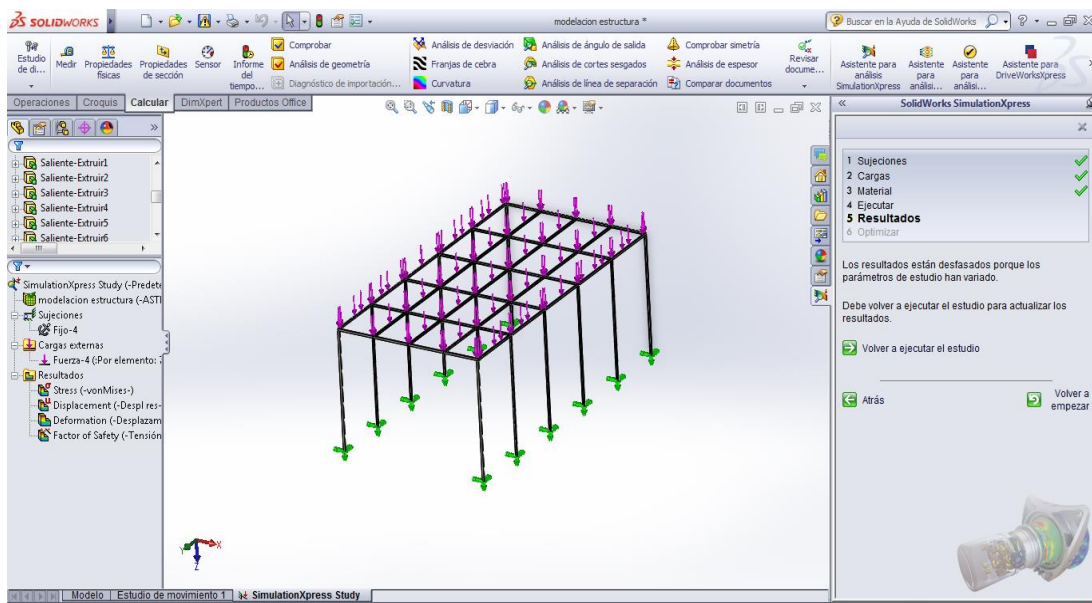


Fig. 29 Estructura armada en Solid Works

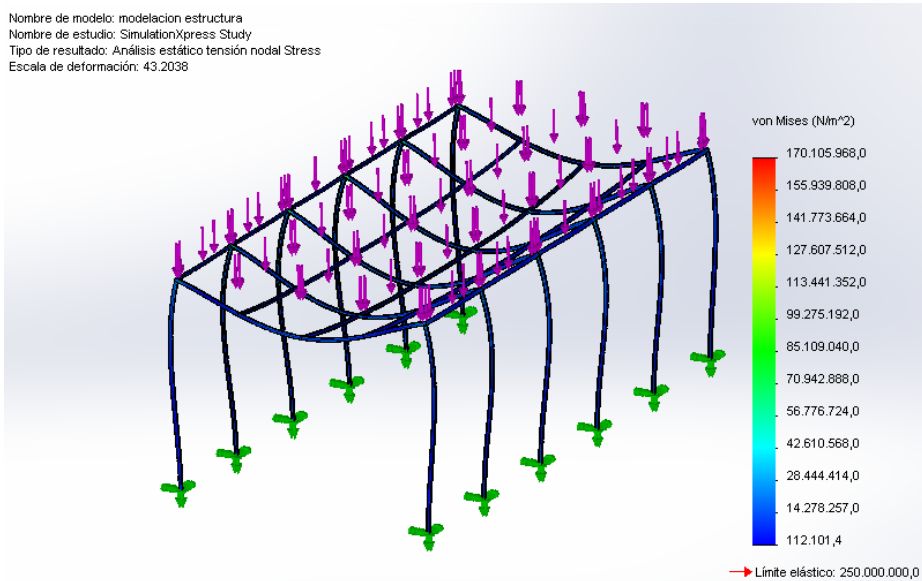


Fig. 30 Esfuerzos de Von mises

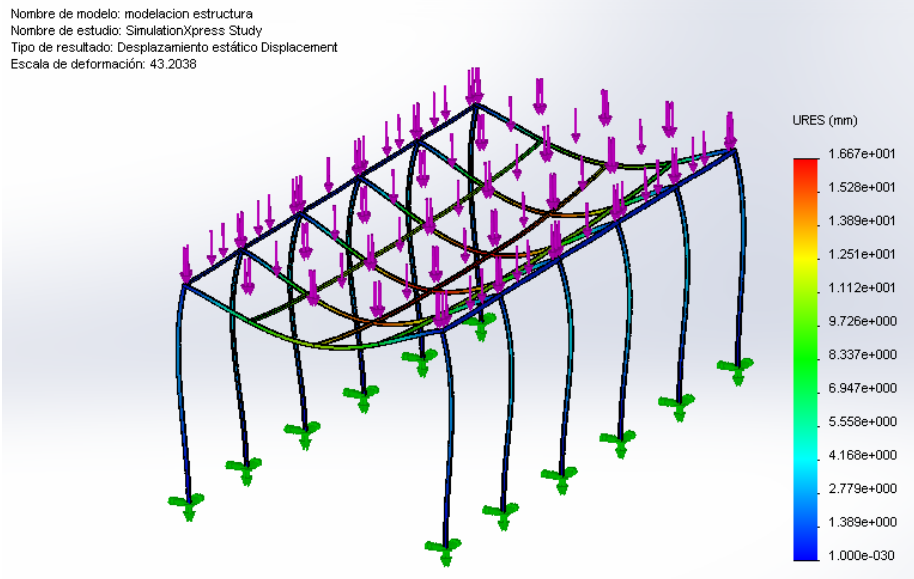


Fig. 31 Desplazamientos de la estructura

Luego de realizar el análisis en el programa de CAD Solid Works y comparar los resultados con los del cálculo, tenemos que el desplazamiento máximo es de 1.5 mm con un factor de seguridad mínimo de 1.6 y un factor de seguridad máximo de 2.

CAPÍTULO IV

MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

f. MANUAL DE DISEÑO

Al empezar el diseño se deben tener en cuenta los requerimientos del equipo a diseñar estos requerimientos pueden ser:

- Capacidad de la cabina (que automóviles ingresaran)
- Temperatura máxima de pintado
- Tiempo de pintado
- Tiempo de secado
- Sistema de calefacción a utilizar
- Sistema de recirculación de aire

Con estos datos o puntos previamente aclarados, se procede a diseñar y dimensionar la cabina de pintar, para esto cumplimos los siguientes pasos:

- Definir largo, ancho, alto de la cabina
- Definir el perfil y material del cual se construirá la estructura
- Definir aislante térmico.
- Cálculo de pesos que soportaría la estructura.
- Cálculo de momentos y reacciones en la estructura metálica
- Cálculo de columnas y factor de seguridad.

Para el diseño térmico del sistema de calefacción se considera las pérdidas por transferencia de calor por convección y pérdidas de calor por transferencia hacia las paredes de la cabina.

En el diseño del sistema de ventilación, se consideran parámetros estandarizados de renovación de aire y velocidad del aire en el foco contaminante, para el diseño óptimo del sistema de ventilación y recirculación de aire se han considerado los siguientes puntos:

- Selección del tipo de campana de succión
- Cálculo de volumen de aire a recircular
- Determinación del número de renovaciones por hora que tendría el aire
- Determinación de la velocidad del aire en el foco contaminante
- Determinación de la velocidad del aire en el ducto
- Cálculo de las pérdidas de carga en el blower.
- Dimensionamiento de los ductos de succión.
- Pérdidas de carga en la tubería
- Pérdidas de carga en los accesorios.
- Cálculo de pérdidas totales.
- Cálculo de la altura - presión (mmdca)
- Selección del equipo

Para aclarar el proceso de diseño se presenta en el **anexo 009**:

f.1 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.

Al tener ya definidas las medidas de la cabina de pintar así también haber seleccionado el sistema de aspiración y el sistema de calefacción, se procede con el proceso de construcción de la cabina y montaje de los componentes, según las siguientes especificaciones:

- 1) Preparación de la obra civil
- 2) Construcción de la estructura de la cabina
- 3) Armado del techo
- 4) Montaje del aislante térmico de las paredes
- 5) Colocación de las planchas paredes
- 6) Construcción de puertas
- 7) Colocación de aislante térmico y planchas en paredes
- 8) Construcción y montaje de campana de succión
- 9) Montaje de blower de succión
- 10) Construcción de tubería recirculación
- 11) Montaje de tubería recirculación
- 12) Montaje de sistema de calefacción
- 13) Colocación de iluminación
- 14) Conexiones eléctricas de iluminación ventilación y calefacción
- 15) Pruebas de funcionamiento.

Para aclarar el proceso de construcción y montaje se presenta en el **anexo 010**:

f.2 HOJAS DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA

En las hojas de proceso de construcción de la cabina presentamos el proceso detallado con medidas y cantidades de piezas que se deben cortar y mecanizar.

- *Estructura de la cabina.*- el material utilizado para la construcción de la cabina es perfil C 50x25x2 mm para la estructura
- *Aislante térmico.*- el aislante térmico utilizado será lana mineral de roca, de 2 pulg, este se lo selección por las altas propiedades de aislar calor y también sirve como aislante acústico.
- Las paredes se construirán de plancha galvanizada espesor 1mm
- Las ventanas serán de vidrio templado.
- La campana se construirá de plancha galvanizada espesor 1.2 mm
- Los ductos del sistema de recirculación de aire será construido en plancha galvanizada de 1.2 mm
- Las puertas se construirán con tubo cuadrado de 2 pulg, espesor 1.5 mm cubiertas con plancha galvanizada de 1 mm de espesor y aislante térmico lana mineral de roca.

Para aclarar el proceso de construcción se presenta en el **anexo 011**:

f.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Descripción general del programa:

El programa desarrollado en el LOGO permite controlar de manera automática el funcionamiento de la cabina de secado ubicando el selector en la posición de Automático y dando un toque en el pulsador de marcha, de otra manera me permite verificar el funcionamiento de cada componente ubicando el selector en la posición manual y activando cada componente con el selector (ON/OFF) respectivo.

En modo automático la temperatura seteada en el pirómetro es la que activa/desactiva el funcionamiento de los componentes; mientras que en modo de funcionamiento manual se puede activar todos o individualmente cada componente.

Descripción de entradas de LOGO:

- I1.-** Opción de funcionamiento en modo manual
- I2.-** Opción de funcionamiento de modo automático
- I3.-** Pulsador Marcha/Paro en modo de funcionamiento automático
- I4.-** Activar ventilador 1, en modo de funcionamiento manual
- I5.-** Activar ventilador 2, en modo de funcionamiento manual
- I6.-** Señal de pirómetro, para controlar alta/baja temperatura
- I7.-** Activar calentador, en modo de funcionamiento manual

Descripción de salidas de LOGO:

- Q1.-** Energizar ventilador 1
- Q2.-** Energizar ventilador 2
- Q3.-** Energizar led piloto para funcionamiento automático

Q4.- Energizar el calentador

Descripción de contador de programa LOGO:

C1.- Contador de pulsos para marcha (1^{er} pulso) y paro (2^{do} pulso), en modo de funcionamiento automático

Una vez transcurrido el 2do pulso se resetea el contador, no existe un tercero pulso.

Descripción de temporizador del programa LOGO

Una vez se ponga en marcha el programa la activación de los componentes sigue un secuencia de activación ventiladores - calentador

Para aclarar la descripción del sistema de control se presenta en el **anexo 012:**

g. VALORACIÓN ECONÓMICA

DESCRIPCIÓN.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
Calentador eléctrico	1	500	500
Sistema de ductos para el de aire	8m	45	360
Ventilador de extracción de aire	2	450	900
Filtro MULTIBOLSA	1	800	800
Perfil C 50mm x 25mm x 3 mm	110 m	7	770
Aislamiento térmico	87 m ²	60	5220
Plancha de acero 120 cm x 240 cm x 1 mm	87 m ²	30	2610
Obra civil		1500	1500
Tablero de fuerza y de control	1	500	500
		SUBTOTAL \$	13160
		IVA%	1579.2
		TOTAL \$	14739.2

h. IMPACTO AMBIENTAL

En el presente estudio se conocerá el impacto ambiental que se puede determinar con la implementación de una cabina tipo horno semi-automática, para el acabado superficial de calidad en el proceso de pintado de vehículos livianos.

En los talleres de chapa y pintura se debe cumplir con una serie de obligaciones medioambientales puesto que muchas de las labores que se desarrolla producen un impacto ambiental, al que nos vamos a referir, es el de las emisiones atmosféricas que provienen de las cabinas de pintura.

Entre las emisiones que se producen en el taller vamos a encontrar las siguientes:

Las emisiones procedentes de la aplicación de pinturas y la limpieza de los equipos de trabajo que se caracterizan por su contenido en compuestos orgánicos volátiles, que proceden del contenido de las pinturas que se emplea.

En el repintado de automóviles resulta imposible la eliminación total de los compuestos orgánicos volátiles, ya que éstos desempeñan un papel esencial en los recubrimientos, dotando a la aplicación de la viscosidad necesaria y ayudando a la nivelación y formación de la película de pintura en húmedo considerándose aproximadamente un consumo de 24lts de pintura y 40 lts de disolvente semanales en el taller de pintura “Horacio”, los mismos que de acuerdo a la presión que se aplique en la pistola de pintura, se producirá una mayor o menor cantidad de gases volátiles, sin embargo, su reducción es factible con la ubicación de los filtros que se encontrará en la salida de la campana extractora de la cabina.

Otros contaminantes habituales en los talleres de chapa y pintura se dan en los gases de combustión, como el monóxido y dióxido de carbono, el dióxido de azufre, así como óxidos nitrosos, e inquemados cuya proporción varía en función del combustible utilizado y de las condiciones de combustión.

Con la implementación de la cabina de pintado tipo horno semi-automática entre sus impactos positivos es importante destacar que tiene como finalidad determinar el grado

de contaminación de los factores ambientales afectados por la eliminación de los componentes de la pintura durante el repintado de vehículos, además se considera como una fuente de trabajo ya que se utiliza la mano de obra del sector, contribuyendo al desarrollo tecnológico del repintado reconstrucción y carrocería de vehículos a nivel del cantón y provincia de Loja.

i. DISCUSIÓN

Mediante los datos obtenidos se logró determinar el “Manual de diseño y construcción de una cabina-horno para el pintado de vehículos livianos en la ciudad de Loja”.

Es viable realizar la construcción mediante la utilización de estos Manuales, en el análisis térmico se obtuvo un calentador de una potencia de 50 KW, con un caudal de 4242m³/h, su voltaje de 240V, el diseño de sistema de aspiración se obtuvo un caudal de 3625 m³/h, y se eligió un ventilador de un caudal que varía desde 1000 a 5000 m³/h, con una presión estática de 500 Pa, se efectuó un diseño estructural seleccionando una plancha de ancho: 120cm, alto:240 cm, espesor: 1mm, el perfil utilizado en la estructura es un perfil C 50mm×25mm×3mm, se realizó una modelación de la estructura de la cabina se la efectuó en Solid Works en Programa CAD - CAM - CAE en este programa se realizó pruebas de resistencia mecánica a la flexión y fatiga del material seleccionado, en este programa se iba probando las cargas de resistencia máxima hasta obtener un factor de seguridad óptimo para el diseño. El programa desarrollado en el LOGO permite controlar de manera automática el funcionamiento de la cabina de secado, para realizar el manual de proceso de diseño y construcción se realizó un diagrama en el cual se registraba las tareas a realizar para cumplir los pasos ya sea de diseño o construcción, así mismo las hojas de proceso incluyen medidas donde especifican la forma de construcción y montaje.

j. CONCLUSIONES

- Se estableció los parámetros de diseño de la cabina-horno, tales como: Diseño termodinámico, Diseño del sistema de ventilación y Diseño estructural, mediante medidas reales de materiales de construcción donde se tomó en cuenta los factores de diseño estandarizados, aislantes térmicos fáciles de encontrar en el mercado.
- Se realizó cálculo termodinámico para la selección del calentador obteniendo calentador eléctrico con una Potencia 50 KW, Voltaje 240 V y un caudal mínimo 2500 CFM, cálculo de ventilación obteniendo un ventilador centrífugo con Motor de 2 velocidades, 6 polos, trifásicos 180-50Hz, Caudal de 1000 a 5000 m³/h Presión estática 500 Pa, cálculo estructural obteniendo una Carga admisible o tolerante de 2939.8 N. Además se selección de los componentes térmicos, mecánicos y electrónicos de la cabina horno.
- Se determinó el procedimiento general de construcción de la cabina-horno mediante hojas de proceso de construcción de la cabina en las cuales presentamos el proceso detallado con medidas y cantidades de piezas que se deben cortar y mecanizar en la estructura de la cabina y aislante térmico, además se realizó descripción del sistema de control.

k. RECOMENDACIONES

- Construir la cabina que esté acorde a la los manuales de diseño elaborados, definiendo los parámetros y los requerimientos del sistema esto con el fin de hacer un equipo amigable con el ambiente y con las personas que la operan, para ello se debe considerar medidas reales y exactas de los equipos y materiales a utilizar.
- Seleccionar ventiladores comercializados en nuestro medio
- Un factor primordial a ser considerado en el diseño debe de ser el tema económico, ver una viabilidad económica que esté al alcance del presupuesto considerado en el proyecto y ver materiales resistentes a las especificaciones deseadas

1. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- **Boles, Yunes A Cengel Michael A.** Termodinámica. s.l. : Cuarta edición .
- **L, Andrew Pytel y Ferdinand.** Resistencia de materiales . *Resistencia de materiales* .
- **Norton, Rober L.** Diseño de máquinas. *Diseño de máquinas*. s.l. : cuarta edición.
- **Porges, F. 1982.** handbook of Heating and Air Conditioning . *handbook of Heating and Air Conditioning* . s.l. : Buttrworths, 1982.
- **Viti, Alberto.** Manual de Climatización para locales de Restauración. s.l. : Atecyr.

PAGINAS WEB

- http://www.casabaca.com/docs/modelos_toyota.php
- <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s07.htm>
- <http://www.solerpalau.es/crmt-4-450-185-5-5kw-400v50hz-1g-ve.html>
- <http://www.microfilterweb.com.ar/admin/productos/pdf/006Multibolsa.pdf>

m. ANEXOS

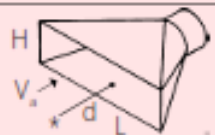
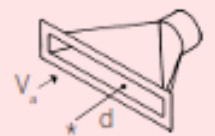
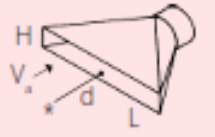
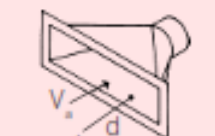
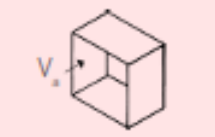
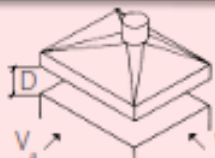
A N E X O S

m.1 Anexo 001 – Propiedades del aire a presión atmosférica

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041

Fuente: TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Yunus a Cengel. Cuarta edición.

m.2 Anexo 002 – Captación de aire contaminado

CAPTACIÓN DE AIRE CONTAMINADO			
TIPO DE BOCA	ABERTURA	DIMENS.	CAUDAL NECESARIO
 V_a = Velocidad aire captación	RANURA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 13500 V_a Ld$
	RANURA CON BRIDA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 10000 V_a Ld$
	A CANTO VIVO	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 3600 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CANTO CON BRIDA	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 2750 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CABINA	De acuerdo a la función	$Q = 3600 V_a S$
	CAMPANA	De acuerdo a la función	$Q = 5000 V_a PD$ $P = \text{Perímetro [m]}$

d, H, L [m]; V [m/s]; * = Punto contaminación; Q [m³/h]

Fig. 14

Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

m.3 Anexo 003 – Renovaciones de aire

Renovación del aire en locales habitados	Renovaciones/hora N
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 6
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas Industriales (Indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves Industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor Instalar campana)	40 - 60

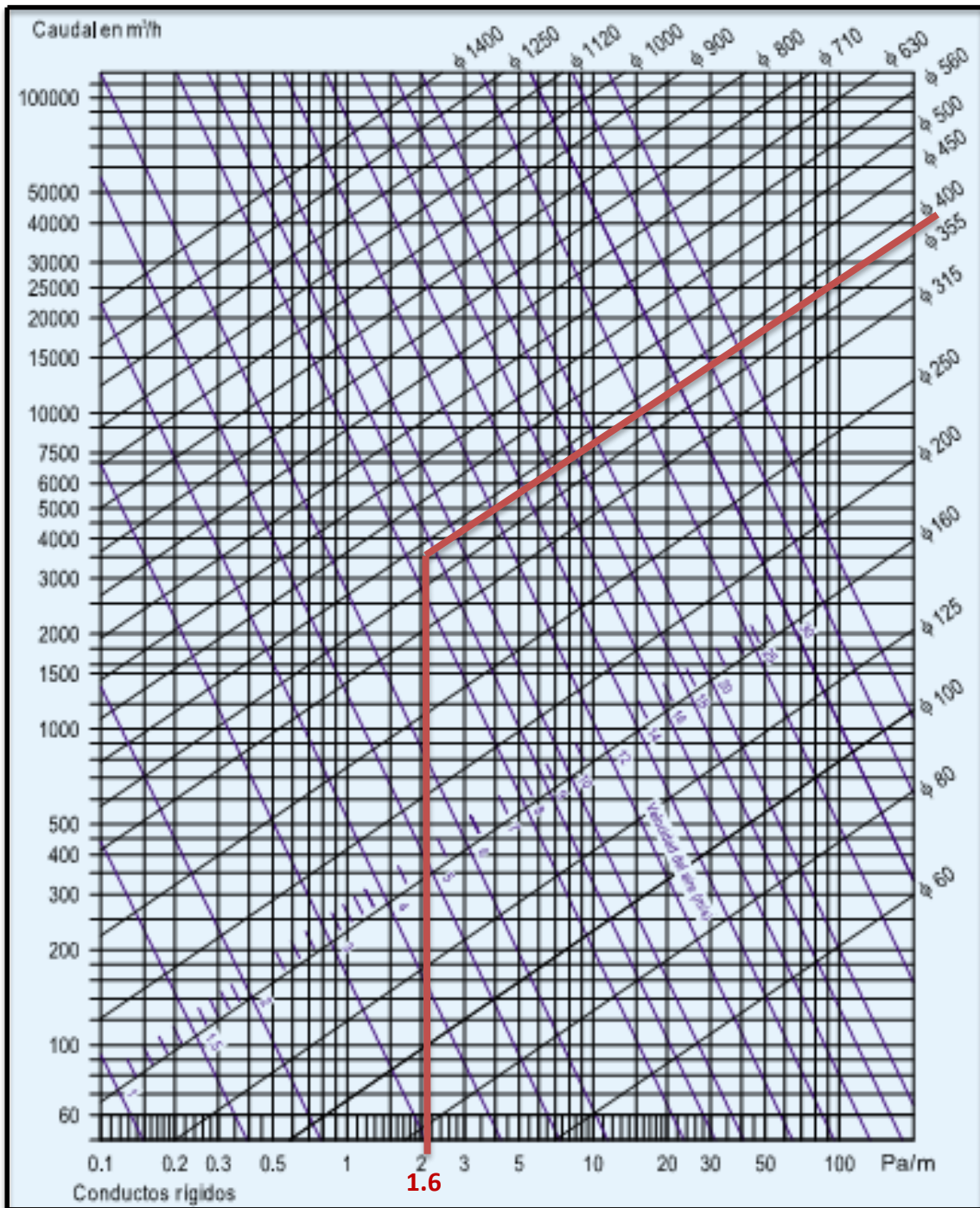
Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

m.4 Anexo 004 – Gama de los valores mínimos de las velocidades de transporte de aire contaminado en las conducciones (soler y palau Prontuario de ventilación).

Gases, vapores		5 a 6 ^(*)
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 10 ^(*)
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón.	10 a 13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquellita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 18
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo; embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles.	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, de chorreado, de escariado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva.	>23
(*)Generalmente se adoptan velocidades de 10 m/s		o transporte neumático húmedo

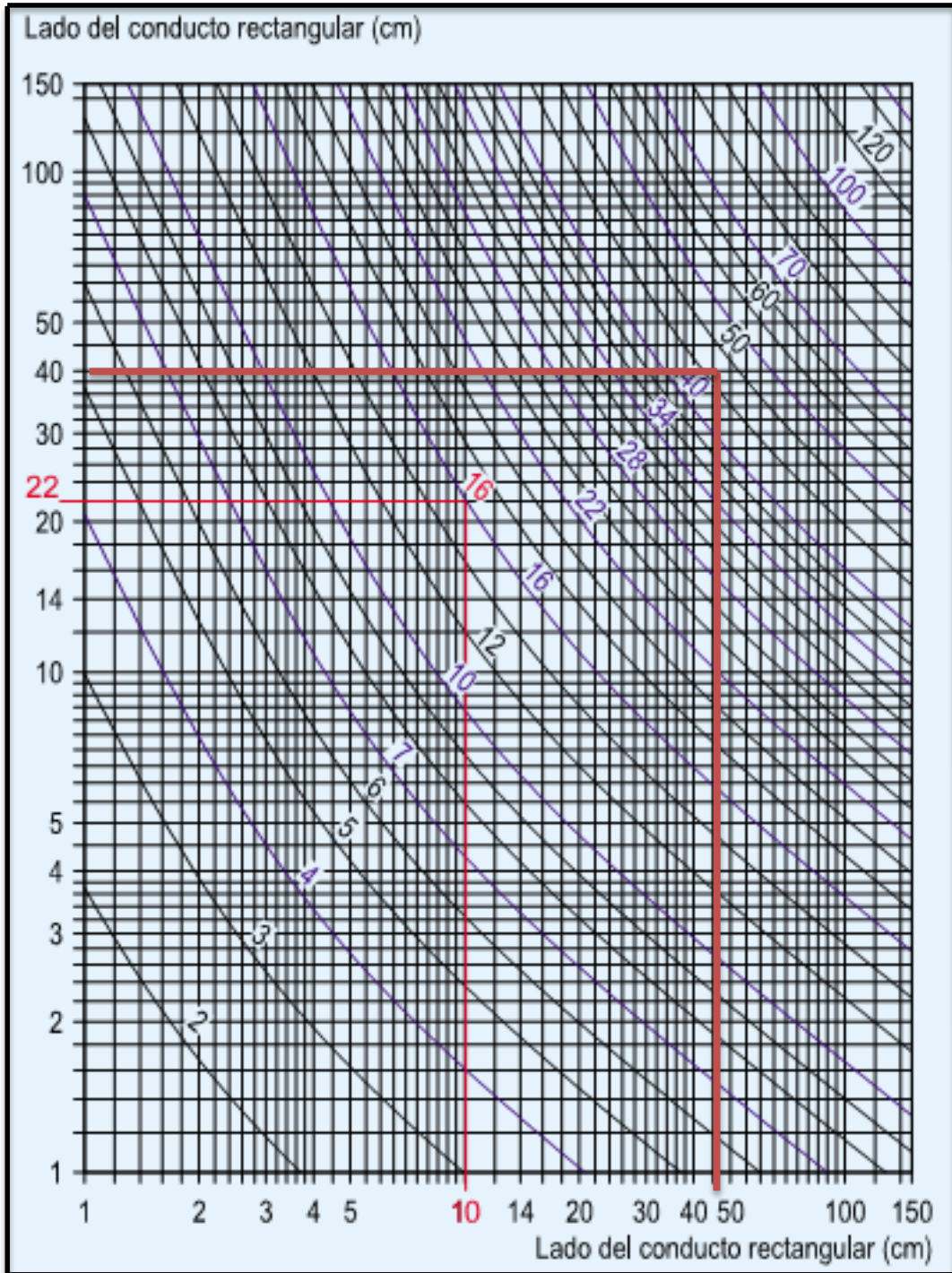
Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

m.5 Anexo 005 – Conductos circulares rectilíneos, pérdida de cargas por rozamiento del aire.



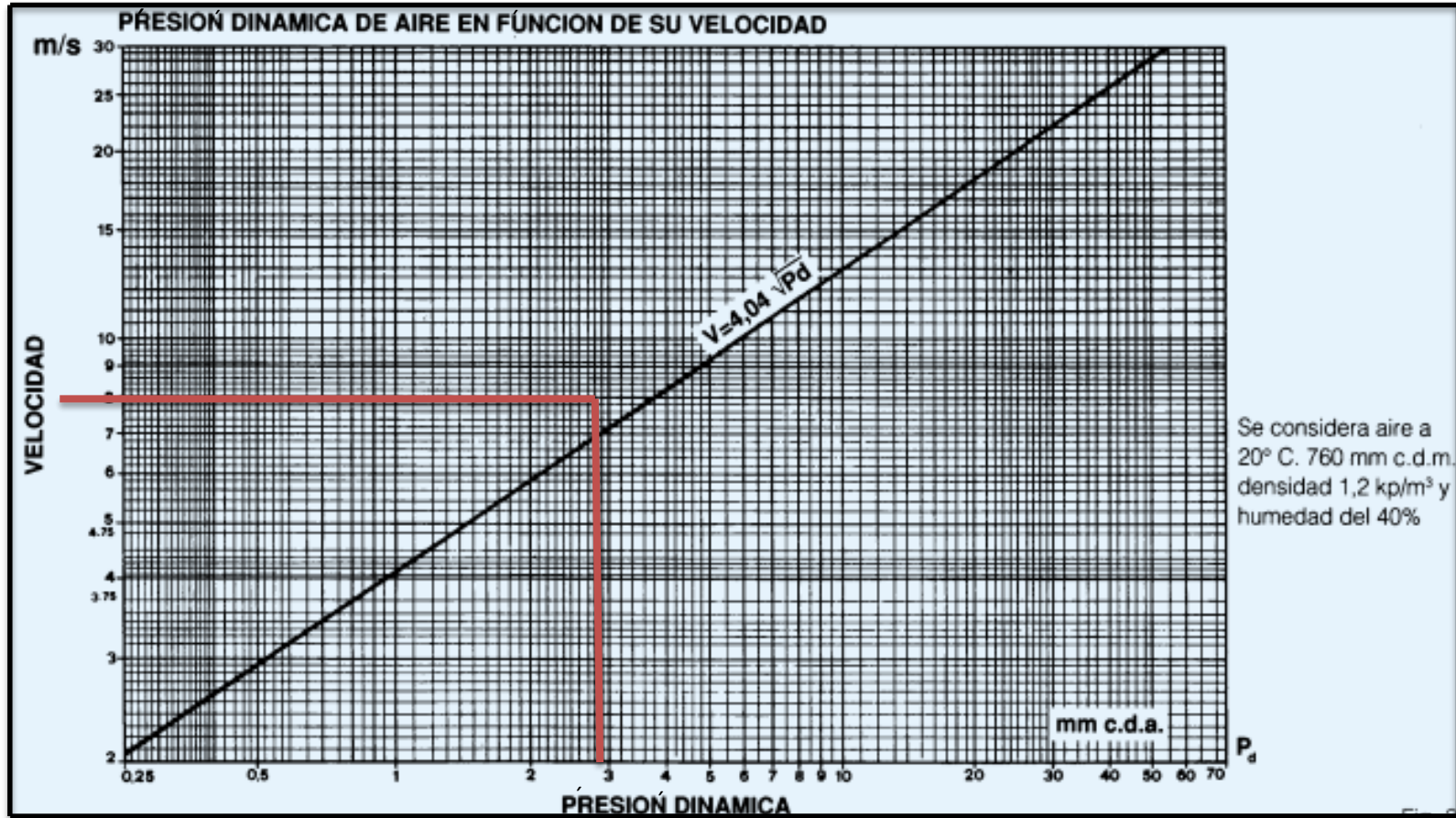
Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

m.6 Anexo 006 – Conductos rectangulares



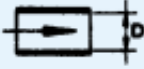
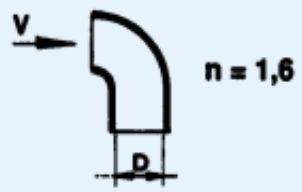
Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

m.7 Anexo 007 – Presión dinámica de aire en función de su velocidad



Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

m.8 Anexo 008 – Pérdidas en codos.

ENTRADAS VARIAS	
Figura	
Conducto	
Circular	0,87
Rectangular	1,25
	

Fuente: HOJAS TÉCNICAS Soler-Palau.

MANUAL DE DISEÑO

m.10 Anexo 010 - Manual de construcción y montaje.

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

m.11 Anexo 011 - Hojas de proceso

HOJAS DE PROCESO

SISTEMA DE CONTROL

m.13 Anexo 013 - Planos en conjunto de la cabina

PLANOS EN CONJUNTO DE LA CABINA