

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA PRESURIZADO PARA EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL DE PINTURA DE UNA PLANTA ENSAMBLADORA DE VEHÍCULOS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el **Br. Vivas Gutiérrez, Waldo José**
Para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA PRESURIZADO PARA EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL DE PINTURA DE UNA PLANTA ENSAMBLADORA DE VEHÍCULOS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Rodolfo Grullón.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Dennis Rosales.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el **Br. Vivas Gutiérrez, Waldo José**
Para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003.

Caracas, 2003.

Vivas G. Waldo J.

**DISEÑO DE UN SISTEMA PRESURIZADO PARA EL CONTROL
DE LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE REPARACIÓN
FINAL DE PINTURA DE UNA PLANTA ENSAMBLADORA DE
VEHÍCULOS**

Tutor Académico: Prof. Rodolfo Grullón. Tutor Industrial: Ing. Dennis Rosales.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de ingeniería Mecánica.

2003.

167 páginas.

Control de Contaminantes, Planta Ensambladora de Vehículos.

En este trabajo se diseñó un sistema de ventilación para el control de los contaminantes generados en el área de reparación final de la planta ensambladora de vehículos “M.M.C. Automotriz S.A.”, en la que existe un problema importante que afecta directamente el acabado de los vehículos que ésta empresa produce.

Para ello se elaboró un estudio del problema, buscando sus causas y efectos de los contaminantes en el acabado final de los vehículos, y analizando también los procedimientos que han sido ejecutados por la empresa para minimizar y atacar estos defectos en la pintura de las unidades ya terminadas.

Por lo tanto, finalmente se plantearon las distintas soluciones después de los estudios realizados, estableciendo todos los diseños y cálculos de aquellos equipos necesarios para lograr la solución al problema del control de estos contaminantes dentro de la producción y de esta manera mejorar la calidad del acabado del producto, minimizando así el daño en las unidades ensambladas. Concluyendo se establecerá la factibilidad económica que le indique a la empresa la rentabilidad de implementar estas propuestas.

Caracas, Mayo de 2003.

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller, Waldo J. Vivas G., titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA PRESURIZADO PARA EL CONTROL
DE LOS CONTAMINANTES EN EL AREA DE REPARACIÓN
FINAL DE PINTURA DE UNA PLANTA ENSAMBLADORA DE
VEHÍCULOS**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. (Félix Flores)

Jurado

Prof. (José Luis Perera)

Jurado

Prof. (Rodolfo Grullón)

Tutor Académico

Ing. (Dennis Rosales)

Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

Agradezco antes que todo a Dios y a la Virgen, por haber hecho posible esta oportunidad, que es la primera experiencia laboral en una empresa de ensamblaje de vehículos tan prestigiosa como lo es M.M.C. Automotriz S.A., seguidamente debo realizar un agradecimiento muy especial a mi Madre a la cual quiero muchísimo, Ana Mercedes Gutiérrez Romero que ha sido una persona especial y que de no haber sido por su ayuda no hubiese podido realizar este trabajo tan importante para mi desarrollo profesional y personal.; a mis hermanas que por bien o mal siempre me van a apoyar en mis objetivos y logros.

Agradezco también a las siguientes personas, porque durante éste tiempo me obsequiaron incondicionalmente, su conocimiento y experiencia, la cual será de gran provecho en mi vida profesional: Francisco Tortolero (Gerente de Mantenimiento), Ing. Nelson Sánchez (Gerente de Pintura), Ing. Dennis Rosales (Ing. Dep. Mantenimiento), Ing. Brando Tomas (Gerente Adjunto de Mantenimiento), Ing. Martín Pernía de la empresa “Oterca”, y al Prof. Ing. Pedro Cadenas; deseo hacer un especial agradecimiento al Ing. Carlos Ernesto Di´Geronimo que colaboró activamente en este proyecto y a todas aquellas personas que con su contribución hicieron posible éste trabajo.

Sin olvidar finalmente a mi novia, Francis Carolina Sánchez García que siempre estuvo ayudándome en mis trabajos, metas y proyectos; ella ha sido una persona muy especial en mi vida a la cual quiero mucho.

Gracias finalmente y que Dios les de el doble de lo que ustedes sin malicia y lealmente me han dado a mí.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y meta alcanzada a todas aquellas personas que colaboraron directamente conmigo para su realización. A mi Madre Ana Mercedes Gutiérrez Romero que me a dio la vida y todo lo que tengo hasta este momento, por que siempre será mi apoyo y la persona a quien me faltará el tiempo, para compensar todas las cosas y enseñanzas que me ha dado en la vida.

Para ti mis mejores deseos por siempre.

WALDO JOSE VIVAS GUTIERREZ.

INDICE

<u>INDICE GENERAL:</u>	Nº PAG.
RESUMEN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
INDICE:.....	V
• INDICE GENERAL.....	V
• INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS.....	VIII
• INDICE DE FIGURAS.....	IX
ABREVIATURAS Y SIMBOLOS.....	X
INTRODUCCIÓN:	1
• <i>MOTIVACIÓN.....</i>	1
• <i>ANTECEDENTES</i>	2
• <i>PLANTEAMIENTO GENERAL.....</i>	2
• <i>OBJETIVOS.....</i>	3
• <i>CONCLUSIÓN GENERAL.....</i>	4
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	5
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
CAPITULO III: RESEÑA DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE.....	11
CAPITULO IV: ESTUDIO Y CONTROL DE LOS CONTAMINANTES.....	23
4.1.- <i>SUSTANCIAS USADAS EN EL AREA DE REPARACIÓN FINAL.....</i>	23

	Nº PAG.
4.2.- METODOS APLICADOS POR LA EMPRESA PARA CONTROLAR LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE PINTURA.....	34
4.3.- PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA CONTROLAR LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA PINTURA.....	37
CAPITULO V: FUNDAMENTO TEORICO:	41
5.1.- CÁLCULO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN FORSADA.....	41
5.2.- FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DEL “TRANSFER”	65
CAPITULO VI: CALCULOS PARA LOS SISTEMAS A SELECCIONAR EN EL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL:	70
6.1.- CALCULO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL.....	70
6.1.1.- CARGAS TERMICAS EN EL AREA DE REPARACIÓN FINAL.....	73
6.1.2.- SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE.....	79
6.1.3.- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE.....	83
6.2.- CALCULO DEL PLENUM DE SUMINISTRO Y EXTRACCIÓN PARA LA CABINA DE APLICACIÓN DE PINTURA.....	87
6.3.- CALCULOS DE LA ESTRUCTURA DEL “TRANSFER”	91
6.3.1.- SELECCIÓN DE LAS VIGAS DE TIPO I.....	93
6.3.2.- SELECCIÓN DE LA PLANCHA DE ACERO..	94
6.3.3.- SELECCIÓN DE LA PLETINAS O BARRAS DE ACERO (BASE DEL ELEVADOR).....	95

	N° PAG.
6.3.4.- SELECCIÓN DEL EJE DE ACERO (GUIA DEL “TRANSFER”).....	96
6.3.5.- CALCULO DEL CORDON DE SOLDADURA.	97
6.3.6.- SELECCIÓN DEL RODAMIENTO.....	99
6.3.7.- SELECCIÓN DE LOS PISTONES NEUMATICOS PARA EL ELEVADOR.....	100
6.3.8.- SELECCIÓN DE LOS DEMAS ACCESORIOS Y PERIFERICOS DEL “TRANSFER”.....	100
 CAPITULO VII: ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LAS SOLUCIONES PLANTEADAS.....	 101
 RESULTADOS	 112
ANALISIS DE RESULTADO	113
CONCLUSIONES.....	115
RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFIA.....	119
APENDICE.....	121

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS:

Nº PAG.

TABLA Nº 4.1: Productos más tóxicos seleccionados por DUPONT.....	27
TABLA Nº 5.1: Constante B para el cálculo de la fatiga crítica en una placa rectangular sometida a una cortadura uniforme.....	67
TABLA Nº 6.1: Resultados ducto de suministro.....	80
TABLA Nº 6.2: Resultados ducto de extracción.....	85
TABLA Nº 6.3: Resultados plenum de suministro.....	89
TABLA Nº 6.4: Resultados del sistema de ventilación requerido del área de reparación final.....	90
TABLA Nº 6.5: Resultado del sistema de ventilación de la cabina.	90
TABLA Nº 6.6: Peso de las carrocerías ensambladas.....	91
TABLA Nº 7.1: Materiales utilizados en el área de reparación final.....	105
TABLA Nº 7.2: Consumo de material diario en el área de reparación final.....	106
TABLA Nº 7.3: Costos en reparaciones en el “ÁREA DE REPARACIÓN FINAL”.....	107
TABLA Nº 7.4: Inversión para la propuesta Nº 1.....	109
TABLA Nº 7.5: Inversión para la propuesta Nº 2 y 3.....	109
GRAFICA Nº 4.1: Promedio de sucio por mes del área de esmalte.	36
GRAFICA Nº 6.1: Variación de la Temperatura de las unidades cuando salen del cooler de esmalte.....	72
GRAFICA Nº 6.2: Variación de la temperatura del “Dolly” cuando salen del cooler de esmalte.....	72

INDICE DE FIGURAS:

Nº PAG.

Figura Nº 3.1: Aplicación del tratamiento de fosfatizado.....	14
Figura Nº 3.2: Bomba de Aplicación de P.V.C.....	16
Figura Nº 3.3: Cabina de esmalte.....	17
Figura Nº 3.4: Horno de esmalte.....	17
Figura Nº 3.5: Área de reparación final.....	18
Figura Nº 4.1: Proceso de pintado de los vehículos.....	25
Figura Nº 4.2: Reparación de un vehículo en el área de Reparación Final.....	33
Figura Nº 4.3: “DOLLY”.....	35
Figura Nº 5.1: Ventilador centrífugo y sus tipos de álabes.....	43
Figura Nº 5.2: Ventiladores de uso Industrial.....	45
Figura Nº 5.4: Placa rectangular solicitada a fatiga por efecto de esfuerzos cortante uniforme.....	66
Figura Nº 5.5: Deflexión en viga, en voladizo con carga en el extremo.....	67
Figura Nº 6.1: Rejilla de Suministro de aire.....	81
Figura Nº 6.2: Vista frontal y lateral del área de reparación final....	85
Figura Nº 6.3: Rejilla de Extracción de aire.....	86
Figura Nº 6.4: Esquema del plenum de suministro.....	88
Figura Nº 6.5: Esquema del “Transfer” a diseñar.....	92

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

ABREVIATURAS:

A = Área.

b = distancia horizontal.

c = Distancia del centro de gravedad.

C_{Pa} = Constante del gas a presión constante.

d = Diámetro.

e = espesor.

E = Modulo de elasticidad.

F = Carga estática aplicada.

FCE = Factor de carga de enfriamiento.

FCL = Factor de carga.

Fu = Factor de uso.

Fs = Factor de iluminación.

F.S. = Factor de seguridad.

g = Gravedad.

h = Coeficiente de transferencia de calor.

Hl, pers = Carga latente por persona.

Hs, pers = Carga sensible por persona.

Ht, sens = Carga total sensible.

Htotal = Carga total.

I = Momento de inercia.

K = Conductividad térmica.

L = Longitud.

L_{10} = Vida útil en millones de revoluciones.

L_{10h} = Vida útil en horas de servicios.

m_a = Flujo másico del aire.

M = Momento generado.

MTS = Disipación metabólica sensible.

MTL = Disipación metabólica latente.
Nº Dolly = Número de Dolly.
Nº pers = Número de personas.
 N_s = Número de salida.
Nu = Número de nusselt.
Pcr = Carga crítica.
 P_{filtro} = Pérdida de los filtros.
 P_r^x = Presión de recuperación.
Psucc = Pérdida de succión.
 P_{toma} = Pérdida de la toma.
PT = Presión total.
Pr = Número de de Prandtl.
Q = Calor generado por Dolly.
Qcond = Flujo de calor por conducción.
Qconv = Flujo de calor por convección.
 Q_i = Caudal unitario.
QL = Carga generada por iluminación.
Qrad = Flujo de calor por radiación.
 Q_s = Caudal de suministro.
 Q_t , Dolly = Calor total generado por los Dollys.
r = radio.
Ra = Número de Rayleigh.
 R_1 = Coeficiente de recuperación.
R1 = Reacción generada.
 S_y = Esfuerzo de fluencia del material.
Talr = Temperatura de los alrededores.
Text = Temperatura externa.
Tf = Temperatura promedio.
Tint = Temperatura interna.
TPEV = Tiempo promedio estimado por vehículo.
 T_s = Temperatura de la superficie.

T_8 = Temperatura del medio ambiente.

V = Velocidad.

V_c = Velocidad del aire después de los últimos filtros.

V_x = Velocidad del tramo inicial.

V_y = Velocidad del tramo final.

W = Potencia total de las luces.

y_{\max} = Deflexión máxima.

SIMBOLOS GRIEGOS:

μ = Relación de Poisson.

s_{cr} = Esfuerzo crítico.

ρ_a = Densidad del aire.

e = Emisividad térmica.

η = Viscosidad dinámica.

s = Esfuerzo generado.

α = Viscosidad dinámica.

β = Inverso del valor de la temperatura promedio.

Δp = Variación de pérdida.

$\varnothing_{\text{equi}}$ = Diámetro equivalente.

p_{ven} = Presión estática del ventilador.

INTRODUCCIÓN

Motivación:

Para una planta ensambladora de vehículos, su prioridad principal es la producción de las unidades programadas en un tiempo determinado, con un acabado final de primera, siendo esto sinónimo del control de calidad de la empresa, que garantizará finalmente, la total satisfacción del cliente.

Pensando en esto, la empresa MMC Automotriz S.A., que posee una línea de producción parcialmente automatizada, desea solucionar los problemas que se originan en la zona de reparación final del proceso de pintura de los vehículos, la cual es responsable del ingreso al sistema de partículas de polvo, fibra y químicos, lo que conlleva a un mal acabado de las unidades; esto hace que a esta zona, donde se verifica la calidad final de la pintura y se corrigen los defectos sobre las mismas, se le deba especial atención para lograr así un óptimo trabajo y evitar que las sustancias generadas contaminen el sistema de pintura.

Por tanto la empresa necesita una solución al principal foco de contaminación, lo que conduce directamente, al aislamiento de esta zona de reparación final, para así evitar que los contaminantes afecten el sistema de pintura; este será un estudio basado en modernizar el sistema actual y que cumpla con los requerimientos de la empresa y del personal que labora en ella y así cumplir con los objetivos planteados.

Antecedentes:

En la revisión bibliográfica se tomaron los siguientes trabajos como base de consulta de este proyecto:

- Para el diseño del sistema de ventilación más adecuado se tomó como referencia los estudios realizados por Humberto J. Elías G. en el trabajo de ascenso: “Criterios de diseño para sistemas de pintura convencionales”. Donde plantea las condiciones más idóneas para los sistemas de pintura convencionales en la rama automotriz.
- Para los criterios de higiene industrial que se estudiaron en este proyecto se tomó como referencia el estudio de Wilson R. en su trabajo “Principios y estrategias de monitoreo de higiene industrial en las áreas de ruido, estrés térmico, gases y calidad de aire”; donde se realiza un informe general de cómo localizar los riesgos en las áreas de trabajo y planificación previa para la toma de datos de forma óptima.
- Para el estudio de las condiciones que genera estrés térmico en el área de trabajo de la zona de reparación final, tome como referencia inicial el trabajo de grado de Umberto Rosa, Francisco Javier, el cual se tituló: “Evaluación de las condiciones de temperatura que generan el estrés térmico en el área de pintura de una ensambladora de vehículos”; donde se plantean ejemplos importantes de estrés térmico en áreas de trabajo similares a las estudiadas en este trabajo.

Planteamiento general:

Estudiar y controlar los contaminantes que se generan en la zona de reparación final de una ensambladora de vehículos, mediante el diseño del sistema de ventilación, según los estudios que se realicen, y que cumplan con los requerimientos que mejoren la calidad del área de trabajo de los operarios que allí laboran.

Objetivos:

- Estudiar las sustancias químicas utilizadas en el área de reparación final.
- Estudiar los métodos de control aplicados por la empresa para reducir los contaminantes.
- Rediseñar, restaurar y dimensionar el área de reparación final para su modernización y control de las sustancias contaminantes generadas.
- Efectuar los cálculos necesarios para la instalación de un sistema de ventilación por dilución para gases, polvos y over spray en el área de reparación final.
- Seleccionar el mejor sistema de ventilación según los cálculos realizados y la tecnología existente.
- Seleccionar los filtros más convenientes para controlar las sustancias contaminantes que se generan en el área.
- Diseñar y seleccionar el sistema de iluminación más óptimo para que el personal labore eficientemente.
- Diseñar el sistema de “Transfer” para el área de reparación final con el fin de mejorar el desplazamiento de las unidades.
- Adaptar un horno para el secado de los vehículos en el área de reparación final.

Conclusiones Generales:

Realizar el estudio y planteamiento de las posibles soluciones a la problemática presente en una empresa ensambladora de vehículos, aplicando los distintos conocimientos adquiridos durante la trayectoria de mis estudios profesionales, realizando los distintos cálculos para las soluciones obtenidas y examinar finalmente la factibilidad económica para cada estudio.

Aprender como es un proceso de producción industrial real, y la importancia del mantenimiento dentro de esta, que hacen ser a una empresa más confiable.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

M.M.C. Automotriz, S.A. Fue fundada el 3 de agosto del año 1990, está ubicada en la zona industrial los “Montones”, avenida principal calle “C” Barcelona Estado Anzoátegui, posee un área de 116.178 metros cuadrado.

Esta empresa es una de las organizaciones más importantes del Japón, y su historia data de 1867; cuando comenzaban a establecerse los primeros contactos comerciales de este país con el resto del mundo, época en el cual se desarrolló el concepto de la empresa “SOGO-SHOSHA”; es decir la compañía “TRADING” de hoy en día. Esta organización actúa a nivel mundial abarcaron diversas áreas del comercio internacional.

Comienza sus operaciones de producción, el 3 de Agosto de 1990, como culminación de un proceso de preparación de aproximadamente dos años, durante los cuales se realizaron los estudios de factibilidad de este proyecto, así como las modificaciones y adaptaciones necesarias a la planta de ensamblaje la cual anteriormente se ha dedicado a la producción de vehículos de otras marcas y características. Esta empresa actualmente ensambla bajo la tecnología HYUNDAI y MITSUBISHI.

El desarrollo productivo de esta empresa en sus inicios se dio en dos fases; en la primera fase se seleccionaron dos modelos, un vehículo tipo “VAN” en versión familiar y “PANEL”, destinado al traslado de pasajeros y carga liviana respectivamente, este vehículo a diferencia de los existentes en el mercado ofrece dos compuertas laterales al consumidor y una compuerta trasera de descarga, lo cual le hace más atrayente al consumidor. En la segunda fase se selecciona un vehículo de gama alta, ofreciéndose bajo el nombre de “MX” la versión sincrónica, y de “MF” la versión automática.

Posteriormente incursionaron en la exportación de vehículos de tipo “VAN” con destino hacia el área del caribe, centro y sur América.

El año 1992 comienza a conocerse como al año de las importaciones, y está empresa no se queda atrás ante este fenómeno. Entre los importados distribuidos por nuestra planta podemos citar: CANTER 444, CANTER 434, SIGMA, LANCER, MONTERO Y EL CAMION FK. Ya finalizado 1992 nos encontramos produciendo en nuestra planta nuevos modelos tales como el “ZX”, “CANTER” y el “MONTERO”.

En abril de 1996 MMC Automotriz, S.A. Inicia el proyecto de ensamblaje de los vehículos Hyundai y diversificando de esta manera la línea de producto que se venía ofreciendo al mercado venezolano, con esta negociación en la empresa M.M.C. Automotriz, S.A. se convierte en la punta de lanza de la Hyundai, hacia este continente en materia de producción automotriz con mira a la comercialización de estos productos en países que integran un importante bloque comercial latinoamericano.

Los años 1996 y 1997 son definitivos al incorporarse Hyundai a nuestra gama de productos, ofreciendo vehículos tales como el Accent, Elantra, Sonata, Galloper, Coupe, H-100, Excel, Abriendo un abanico cargado de nuevos productos, atrayentes al consumidor.

M.M.C. Automotriz, S.A. dispone actualmente de una capacidad instalada de 80 unidades por turno, para lo cual se hizo necesario la instalación de un nuevo sistema de pintura que inicio sus operaciones en septiembre de 1997.

El año 2000, lleva hacia el ensamblaje del Famili Car (Accent Familiar); y de igual forma comenzamos a incursionar en la producción de taxis cumpliendo de esta forma con las exigencias del mercado nacional.

Esta empresa ha sido protagonista de un vertiginoso crecimiento del servicio con tan solo 11 años de operaciones en la industria automotriz venezolana, ha producido más de 100 mil unidades y ha logrado posesionarse en el cuadro de los primeros tres lugares de las mejores ensambladoras del país.

M.M.C. Automotriz, S.A. dispone actualmente de una capacidad instalada de 80 unidades por turno, para lo cual se hizo necesario la instalación de un nuevo sistema de pintura que inicio sus operaciones en septiembre de 1997, ver plano de la planta **(APENDICE 23)**.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el manejo del proceso de pintura del vehículo es muy delicado, donde un contaminante de solo 10 micras de milímetro ⁽¹⁾ puede afectar la aplicación y captación de la pintura sobre él, se requiere obligatoriamente, reducir a su máxima expresión cualquier foco de contaminación que afecte a este sistema.

Partiendo de estas premisas, nos dirigimos a la zona de reparación final de una planta ensambladora de vehículos, la cual, se encarga de inspeccionar y reparar los defectos de pintura de las unidades que salen terminadas de la línea, generándose aquí un foco de contaminación muy grande para el sistema de pintura. En esta zona se manejan distintos productos que expiden sustancias contaminantes y tóxicas en el ambiente, estas sustancias pueden ser: siliconas, polvillo y fibras generados por pulidoras y lijadoras neumáticas, thinner, hidrocarburos sintéticos, isoparafínicos, óxido de aluminio, destilados de petróleo, morfina entre otros.

Lo que causa problemas en el acabado y que se reflejan como defectos en la aplicación y adhesión de la pintura del vehículo, es:

⁽¹⁾. 1 micrón es igual a 0,001 mm.

Ecurrido:

Son chorros de pintura que corren en áreas verticales o inclinadas de la unidad.

Causa:

- ◆ Demasiado solvente de evaporación lenta.
- ◆ Espesores de película altos.
- ◆ Aplicaciones rápidas de varias manos de pinturas sin flash entre ellas.
- ◆ Flujo de pintura muy alto.

Solvente Atrapado:

Son pequeñas burbujas atrapadas entre la capa de pintura.

Causa:

- ◆ Flujo alto de pintura.
- ◆ Alto espesor de pintura y aplicación de varias manos muy rápidas.
- ◆ Baja presión de aire.
- ◆ Alta viscosidad de pintura.
- ◆ Uso de solventes de evaporación muy rápida.
- ◆ Se introduce al horno muy rápido el vehículo después de pintado.
- ◆ Temperatura de la primera etapa del horno muy alta.

Sucio:

Son Partículas irregulares muy pequeñas dispersas en el acabado.

Causas:

- ◆ Problemas con los filtros de pintura.
- ◆ Mal mantenimiento de la cabina de pintura y horno.
- ◆ Desbalanceo de la cabina de pintura.
- ◆ Sucio en la pintura.
- ◆ Solvente reductor contaminado.
- ◆ Sucios en las unidades antes de pintura.
- ◆ Paños de limpieza sucios.

Semillas:

Aparece como una distribución de partículas en la película con tamaño regular.

Causas:

- Bajo espesor de película.
- Problemas con filtros en sistema de pintura.

Poca Adhesión entre capas:

Se observa este defecto al aplicar un tirro este desprende la capa de pintura del fondo. Esta falla puede ocurrir tanto en pintura original como en la reparación.

Causas:

- Contaminación de aceites, residuos de lija, agua, silicón, etc. En la fase anterior al acabado final.
- Horneado excesivo (tiempo o temperatura) de la base o del acabado final
- Bajo espesor de base o del acabado final
- Incompatibilidad del fondo con la pintura

Incompatibilidad con overspray:

Se observan con presencias de cráteres.

Causas:

- Posible contaminación de la superficie por sustratos de distintos químicos, lo cual se manifiesta en el acabado final y aparición de cráteres.
- Aceites o Siliconas presentes en el ambiente.
- Cabina de aplicación desbalanceada lo cual hace que el overspray viaje largas distancias.

Como factor importante, también hay que resaltar el stress térmico que se genera en el personal que labora en esa zona, ya que están expuestos a temperaturas de 35 a 38 °C, lo que incide directamente en la disminución de la calidad de las unidades reparadas.

Por esto, la empresa plantea el estudio del foco de contaminación, para hallar las soluciones aplicables para resolver de la forma más eficientemente, este problema en el área de pintura, obteniendo una calidad cada vez mayor en las unidades que se producen.

CAPITULO III

RESEÑA DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE

En este capítulo identificaremos el proceso de ensamblaje de un vehículo, el mismo será descrito, desde que las piezas de las unidades llegan a la planta hasta que la unidad sale a la venta. Debemos conocer como es el proceso de ensamblado de un vehículo para estudiar posteriormente sus problemas y así resolverlos eficientemente.

La empresa cuenta para el ensamblado de los vehículos con dos tipos de piezas, las nacionales y las importadas las cuales llegan a la planta después de varios trámites de la gerencia de mercadeo y manufactura, estos tienen a su cargo la responsabilidad de hacer llegar a la planta el material requerido para cumplir con el programa de producción preestablecido, de acuerdo al análisis del mercado.

Una vez llegadas las piezas a la planta, estas pasan a ser colocadas en los correspondientes almacenes, donde el personal de manejo de material se encarga del prealmacenamiento para hacer la distribución correspondiente a cada una de las líneas para cubrir el requerimiento de la producción que se está realizando; de esta manera se inicia

el proceso productivo, siguiéndole a esto una serie de desarrollos que actúan directamente en la línea de producción para la elaboración del producto final; estas áreas son:

AREA DE ELECTROPUNTO:

Electropunto, conforma la fase inicial del proceso productivo; compuesto por un grupo de matrices, prensas, un sistema de grúas aéreas que soportan un conjunto de transformadores y pistolas, destinadas a la aplicación del punteo electrónico; necesario para unir las partes metálicas que constituyen el cuerpo del vehículo.

Este proceso es realizado sobre matrices especiales, dispuestas de tal forma que permiten el desplazamiento de los operarios y el dominio de las máquinas soldadoras.

Entre las operaciones que llevan a cabo en esta área se encuentra:

- Sub-ensamble del techo.
- Sub-ensamble de pisos.
- Sub-ensamble de marcos de puertas.
- Ensamble de laterales.
- Repunteo.

Luego la unidad después de finalizado este proceso pasa a una segunda etapa.

AREA DE ACABADO METALICO:

En esta línea se realizan una serie de operaciones, con la finalidad de obtener un mejor acabado de las partes metálicas que presentan desperfectos; ya sea por el trabajo realizado en la línea que le precede al pasar de una matriz a otra, por el manejo de materiales dentro de planta o como resultado del desempaque del material CKD (material importado). Una vez concluido este proceso, la unidad pasa a un nuevo proceso denominado SISTEMA DE PINTURA.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO DE PINTURA:

Las actividades realizadas durante el proceso de pintura son las siguientes:

- Prelimpieza.

- Aplicación de tratamientos anticorrosivo (Fosfatizado).
- Secado de fosfato (Horno de fosfato).
- Enfriamiento de unidad fosfatizada (cabina de enfriamiento).
- Aplicación de sello perita.
- Fondo (cabina de aplicación de fondo).
- Evaporación después de fondo (cabina de evaporación).
- Secado de fondo (horno de sacado).
- Enfriamiento de unidad fondeada (cabina refrescadora).
- Aplicación de tirro.
- Aplicación de PVC.
- Lijado (cabina de lija seca).
- Aplicación del Sello de Costura.
- Colocación de Aislantes asfálticos.
- Horneado de sello y aislantes asfálticos.
- Prelimpieza antes de esmalte.
- Esmalte (cabina de esmalte).
- Evaporación después de esmalte (horno de esmalte).
- Secado de esmalte (horno de esmalte).
- Reparación final.

Prelimpieza: Consiste en la aplicación de desengrasante a las unidades tanto en los paneles interiores como en los paneles exteriores, con la finalidad de remover el aceite usado como protección contra óxido. Esto se realiza en una cabina convenientemente acondicionada.

Aplicación de Pretratamiento (Fosfatizado): destinada a la limpieza y Fosfatizado de las unidades, la cabina está dotada de un sistema de tipo “spray”. Provista

de un sistema de rociado, para evita el secado de las carrocerías entre etapas del proceso. Las cámaras contienen 730 aspersores. Este túnel (18m de longitud) está conformado por tres estaciones con nueve etapas de proceso, las cuales son:



Figura N° 3.1: Aplicación del Tratamiento de fosfatizado.

- a) Predesengrase manual.
Desengrase.
Enjuague (agua cruda)
- b) Aplicación del fosfato de Zinc.
Enjuague (agua cruda)
- c) Aplicación de sellador.
Enjuague (agua desionizada etapa N° 1)
Enjuague (agua desionizada etapa N° 2)

El túnel está construido en acero, con extractores de capacidad de $10.000\text{ m}^3/\text{Hora}$. Consta de un sistema continuo de decantación de sólidos y reciclaje del fosfato de Zinc. Todas las soluciones de desecho son envidas a una planta de tratamiento.

Secado de Fosfato (Horno de Fosfato): las unidades una vez terminado el tratamiento, son introducidas en horno tipo túnel, a una temperatura de 150°C, con la finalidad de completar el proceso de cristalización de cristales de fosfato. Este horno opera con gas natural.

Enfriamiento de Unidad Fosfatizada (cabina de Enfriamiento): una vez que las unidades salen del horno de fosfato, pasan a través de un sistema de enfriamiento por aire, diseñado para mantener la temperatura en un rango de 30°C a 35°C.

Aplicación de Sello Perita: Consiste en aplicar sello blanco en las partes superficiales de la carrocería con el propósito de prevenir filtraciones y darle un mejor acabado a la misma. Esta aplicación se realiza mediante la utilización de pistolas y bombas de pistón neumáticas.

Fondo (Cabina de Aplicación de Fondo): Consiste en aplicar fondo a toda la unidad en una cabina convenientemente acondicionada, utilizando para ello pistolas y bombas de pistón neumáticas. Esta cabina consta de un sistema de recirculación de agua y depósito de partículas de fondo suspendidas en el aire, además, posee un sistema de extracción que expulsa por medio de chimeneas los vapores y gases fuera de la planta.

Evaporación Después de Fondo (Cabina de Evaporación): Una vez Fondeadas las Carrocerías, estas se trasladan hasta una cabina, donde se liberan los solventes contenidos en el fondo. Esta cabina posee un sistema de extracción, que expulsa los vapores fuera de a planta por medio de una chimenea.

Secado de Fondo (Horno de Secado de Fondo): aquí, las unidades pasan a través de un horno tipo túnel, a una temperatura de 150°C, para secar el fondo aplicado en ellas.

Enfriamiento de la Unidad fondeada (Cabina Refrescadora): las unidades ya fondeadas y secadas son introducidas a un sistema de enfriamiento, diseñado para mantener la temperatura en un rango de 30°C a 35°C.

Aplicación de Tirro: consiste en levantar la unidad mediante una grúa y colocar papel de embalaje y turros en ciertas áreas que deben ser protegidas contra la aplicación de "P.V.C".

Aplicación de P.V.C: con el propósito de prevenir la corrosión y absorber ruido (vibraciones) en las unidades, se aplica el producto antirruído (P.V.C) por debajo de las unidades, con la utilización de pistolas y bombas de pistón neumáticas.



Figura N° 3.2: Bomba de Aplicación de P.V.C

Lijado (cabina de lija seca): consiste en lijar al seco, los defectos (sucios, escurridos, etc.) detectados en las unidades fondeadas.

Aplicación del Sello de Costura: consiste en aplicar sello blanco en ciertas partes de la carrocería, con el propósito de prevenir filtraciones y obtener una buena apariencia. Esta aplicación se realiza mediante la utilización de pistolas y bombas de pistón neumáticas.

Secado de P.V.C y Sello de Costura (Horno de Secado Sello): las carrocerías son trasladadas a un horno tipo túnel, a temperatura de 150°C, para el secado del P.V.C y el sello de costura, con la finalidad de solidificarlo.

Enfriamiento de Unidades selladas: en esta área se enfrían las carrocerías provenientes del horno de sello, son introducidas a un sistema de enfriamiento, diseñado para mantener la temperatura en un rango de 30°C a 35°C.

Prelimpieza Antes de Esmalte: esta operación consiste en la limpieza de las unidades, utilizando gasolina blanca, alcohol y paños barnizados (Tack Rag). Con esto, se garantiza la limpieza completa antes de pasar a la cabina de esmalte.

Esmalte (cabina de Esmalte): lugar donde se realiza la aplicación de esmalte (base) y el transparente (clear) a las unidades, en una cabina provista de una cascada de agua para el depósito de las partículas suspendidas en el aire. Además posee un sistema de extracción que expulsa los vapores y gases, por medio de chimeneas, fuera de planta. El proceso se realiza con pistolas neumáticas y tanques presurizados.



Figura N° 3.3: Cabina de esmalte

Evaporación Después de Esmalte: una vez pintadas las carrocerías se trasladan hasta la cabina donde se liberan los solventes presentes en la base y el transparente. Esta cabina posee un sistema de extracción que expulsa los vapores fuera de la planta a través de una chimenea.

Secado de Esmalte (Horno de Esmalte): las unidades pasan a través de un horno tipo túnel, a una temperatura aproximada de 150°C, para secar el esmalte aplicado. Este horno opera con gas natural.



Figura N° 3.4: Horno de Esmalte

Enfriamiento de Unidades Esmaltadas: las unidades provenientes del horno de esmalte, se pasan a través de un Cooler diseñado para mantener la temperatura de la carrocería en un promedio de 25°C a 30°C.

Reparación Final: aquí se reparan los defectos (sucios, escurridos, semillas, etc.), que se presentan las unidades. Para se utilizan pulidoras neumáticas, cara de pulir, lijas, pistolas, lámparas de retoque, etc.



Figura N° 3.5: Área de Reparación Final

En “**APENDICE 22**” se muestra un plano que representa el sistema de pintura.

Adicionalmente existe un sistema de proceso de pintura de las partes plásticas, el cual se encuentra ubicada fuera del sistema de pintura; las cuales se dividen en varias etapas:

- Desempaque de las piezas plásticas.
- Colocación de las piezas plásticas en facilidades especiales para el proceso de pintado.
- Proceso de lijado del material para remover defectos de fabricación.
- Limpieza del material lijado, aplicación de fondo.

- Proceso de aplicación de color.
- Proceso de aplicación de transparente.
- Horneado de las piezas plásticas a 90 ° C, durante 30 min.
- Lijado de defectos en la pieza pintada.
- Pulitura de partes lijadas en las piezas plásticas.
- Corrección de defectos.
- Colocación del material en rack especiales.
- Traslado del material a las respectivas estaciones de las líneas de ensamble.

LÍNEA DE VESTIDURA

En esta línea se instala todo lo correspondiente a partes funcionales y accesorios, se colocan los ramales, sistemas de frenos, aire acondicionado, vidrios de puertas, sistemas de luces, vestidura de puertas, retrovisor, vestidura de techos y tableros, etc.

LÍNEA ALTA:

Después del proceso de vestidura las unidades son desplazadas al área de línea alta, donde son elevadas con grúas especiales a una altura promedio de 1.70 mts. Actualmente se dispone de 12 grúas las cuales permiten mantener las unidades suspendidas en 12 estaciones de trabajo, para la ejecución de los siguientes procesos:

- Instalación de tuberías de freno.
- Fijación de brazos de suspensión.
- Instalación de sistemas de escape.
- Colocación de ejes traseros y delanteros.
- Instalación del motor.
- Instalación de transmisión.

- Colocación de cauchos.

LÍNEA FINAL:

Es la línea final de ensamblaje de la unidad y tiene como función principal el desarrollo de los ensambles y ajustes del proceso. Entre las operaciones que se desarrollan tenemos:

- Conexión de cables eléctricos del motor
- Colocación de liga de freno
- Instalación de asientos
- Cargas del sistema de aire acondicionado
- Colocación de aceite hidráulico y gasolina
- Instalación de la consola
- Instalación del reproductor
- Alfombras
- Volantes, chequeo de luces
- Se efectúa la prueba de encendido
- Alineación del tren delantero.

GARAGE:

No representa una línea de ensamblaje, pero forma parte del sistema productivo. El área de garage está ubicada fuera de todas las líneas de ensamblaje y tiene como funciones principales; una vez que la unidad ha salido de línea final dos, ingresar al área de garage donde se desarrollan las siguientes operaciones:

❖ **Prueba de Agua:**

Consiste en una cabina acondicionada con boquillas laterales y superiores, a través de las cuales descargan agua a presión sobre la unidad (puertas, maleta, capo y vidrios deben estar cerrados) con la finalidad de detectar pases de agua al interior de la unidad, a través de empacaduras, sellos, etc. En caso de existir filtraciones de agua deben ser eliminados inmediatamente.

❖ **Prueba de Carretera:**

Consiste en desplazar la unidad a baja velocidad (máximo 40 km/h) sobre una pista acondicionada para detectar cualquier tipo de ruido, debido algún problema de instalación durante el proceso. Todas las anomalías que se presenten deben ser reportadas en la carta viajera para ser chequeado posteriormente.

❖ **Pre-FAI:**

Es el área donde se efectúa una inspección general de la unidad, basada en el reporte de la tarjeta viajera; con la finalidad de programar la corrección de todos los defectos que puedan encontrarse en la unidad.

❖ **Reparaciones Pesadas:**

En esta estación se efectúan todas las reparaciones que involucran, desmontaje y montaje de piezas, ajustes, eliminación de ruidos, etc.

❖ **Retoque de Pintura:**

Es el área donde se efectúan todos los retoques de cualquier panel de la unidad, entre las cuales podemos mencionar:

- Eliminación de sucio.
- Retoque de rayas.
- Retoque de blister.
- Retoque de moteadura.
- Falta de brillo.

FAI (Final Area Inspection):

Es una zona de inspección final donde se hace una inspección de la unidad para verificar la corrección de todos los defectos reportados en la tarjeta viajera, y efectuar la compra final de la unidad. Es posible que haya que devolver la unidad a reparación de defectos si se considera necesario.

CAPITULO IV

ESTUDIO Y CONTROL DE LOS CONTAMINANTES

4.1.-SUSTANCIAS USADAS EN EL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL:

Antes de nombrar y establecer las sustancias que causan el problema de contaminación, debemos definir en que consiste un proceso de pintado ya que es el causante o el generador de los contaminantes que afectan tanto al operador que se encuentra en contacto con el proceso, como a la calidad de el producto elaborado.

PINTADO: La pintura es la composición de una mezcla de sustancias que da como resultado el recubrimiento de una superficie mediante capas sucesivas, con el fin de proteger y decorar.

Esta mezcla suele estar en forma líquida y llevar generalmente aglutinantes, pigmentos, solventes, cargas y aditivos. En el caso de barnices o lacas, la única diferencia

es que no llevan pigmentos o si los llevan, éstos son solubles en el barniz y por tanto, éste se presenta como líquido homogéneo y transparente.

Entre los aglutinantes de pinturas más utilizados están: resinas acrílicas, poliéster, alquil formaldehídos, poliuretanos vinílicos, aceite de linaza, epóxidos, etc.

Los pigmentos suelen ser óxidos, carbonatos, silicatos, sulfatos de metales. Uno de los más utilizados todavía recientemente era el plomo. Pero hoy en día se está reemplazando, encontrándose en la preparación de superficies metálicas, como óxido de plomo rojo Pb_3O_4 como carbonatos de plomo (amarillos y verdes).

Otros pigmentos como óxido de zinc, cromo, dióxido de titanio, ferrocianuro férrico, sulfato de bario, silicato de magnesio, etc. Componen las diversas sustancias que dan color a las pinturas.

Los disolventes son líquidos volátiles que sirven como vehículo para la aplicación de la película de pintura. En general, los disolventes suelen ser mezclas de hidrocarburos, alcoholes, ésteres, acetonas, glicoles, etc.

Las cargas son sustancias empleadas para dar cuerpo y aumentar la resistencia. Entre ellas destacamos la barita, sílice, creta, amianto, y en general compuestos blancos o poco coloreados.

Los aditivos pueden ser sustancias muy diversas para fines específicos, por ejemplo impedir el desarrollo de organismos vivos, se le aplica a la pintura un aditivo a base de mercurio, pentaclorofenol y compuestos orgánicos. Como inhibidor de la corrosión se emplean partículas de zinc o aluminio. El tricresil-o-fosfato se utiliza como plastificante, mejorando así la flexibilidad de la pintura una vez seca y endurecida.

Métodos de aplicación de pintura:

- A mano, mediante pincel, brocha o rodillo, se pueden pintar objetos cuando el acabado de éstos no requiere una uniformidad excesiva en su superficie.

- Por inmersión de piezas en una balsa de pintura. Esta operación puede ser efectuada a mano o mecánicamente.

• Método de cortina, haciendo pasar la pieza a una velocidad controlada a través de una cortina de pintura.

• Método de pistola aerográfica. El aire impulsado a presión empuja a la pintura y al pasar a través de la boquilla de la pistola forma una neblina que proyecta contra la pieza la recubre totalmente.

• Método Air-less. En este caso la presión se ejerce directamente sobre la pintura la cual al pasar por la boquilla es pulverizada en forma de niebla.

• Método electrostático. Estableciendo una diferencia de potencia entre la pistola y el objeto que se quiere pintar. De esta forma, toda la pintura es atraída por electricidad estática hacia la pieza.

• Método por electrofóresis. Se consigue introduciendo la pieza en una cuba, donde la pintura tiene un potencial y la pieza que actúa de ánodo otro diferente. Variando la intensidad de la corriente, se deposita la pintura con más o menos velocidad.

El método utilizado por esta planta ensambladora es el método Air-less, para el pintado de las carrocería de los vehículos que allí se ensamblan, tal como se muestra en la FIGURA N° 4.1.



Figura N° 4.1: Proceso de pintado de los vehículos.

Los riesgos en la operación de pintado provienen en general, de la inhalación de polvos, aerosoles, gases y vapores, del contacto con la piel con las pinturas y disolventes, así como de la posible ingestión de los mismos.

Para preparar la superficie metálica se suelen emplear aparejos de plomo (pintado de coches) que puede suponer un riesgo elevado en la operación de los mismos.

En el pintado aerográfico, se producen rebotes de partículas (aerosoles) que pueden ser la causa de que el operario inhale pigmentos, sobre todo cuando se realiza el pintado de grandes piezas.

La toxicidad de estos pigmentos varia según los compuestos siendo los más peligrosos el plomo (poco utilizado hoy en día), cromo, cadmio y mercurio.

El disolvente de la pintura aplicada en una superficie, se evapora con una velocidad proporcional al área libre.

En general, todas las técnicas de pintado descritas anteriormente, efectuadas en recintos cerrados, pueden ser peligrosas pero el riesgo de intoxicación aumenta considerablemente al utilizar el pintado por pulverización.

La magnitud de riesgo depende además del tipo de disolvente utilizado. Actualmente ya no se emplean ni el benceno, tetracloroetano ni tetracloruro de carbono entre los disolventes, aunque si se emplean otros hidrocarburos clarados y aromáticos, así como éteres tienen una toxicidad relativamente alta. Otros disolventes utilizados, como hidrocarburos alifáticos, alcoholes y cetonas, poseen una toxicidad más baja.

El riesgo de dermatitis está más directamente relacionado con la manipulación de los disolventes para la limpieza de pistolas y otros utensilios que con el pintado mismo. Para su prevención se debe conocer como manipular y la información necesaria de los efectos por el mal uso de los mismos.

Las sustancias utilizadas en el área de reparación final son sustancias químicas que aparte de ser inflamables, son nocivas, su contacto directo y la alta frecuencia de exposición, para las personas que operan con ellas debe tener en cuenta las siguientes

consideraciones que se establecen en las normas “COVENIN 1059/I-II-III-91” y también por los fabricantes de los productos que es “DUPONT”.

Los productos más peligrosos en toxicidad e inflamabilidad utilizados son:

TABLA N° 4.1: Productos más tóxicos seleccionados por DUPONT.

NOMBRE DEL PRODUCTO DUPONT	NOMBRE QUIMICO
FONDO GRIS DE ALTO DESEMPEÑO	FONDO POLIESTER
BASE COLOR POLIESTER – LINEAS 667-668	BASE COAT, CAPA COLOR
TRANSPARENTE DE ALTO DESEMPEÑO	BARNIZ ACRILICO LECHOSO
CATALIZADOR PARA ESMALTES	CATALIZADOR

Los componentes químicos que conforman estas diferentes sustancias son:

- Resina Poliéster.
- Resina Melamina – Butilada.
- Resina de Silicona.
- Acetato butirato de celulosa.
- Copolimero acetato de vinilo.
- Acetato de butilo.
- Alcohol isobutilico.
- Solución de Terpolimero.
- Metanol.
- Alcohol Butilico.
- Hidrocarburos Aromáticos.
- Xileno.
- Resina Epóxica.

● Fosfato Ácido de Fenilo.

Efectos más importantes de la exposición a estas sustancias:

Resina Melamina-Butilada: La exposición repetida puede ocasionar irritación alérgica de la piel, escozor e hinchazón. La sobre exposición puede ocasionar irritación de los ojos, nariz y garganta. El contacto repetido o prolongado con el líquido puede ocasionar irritación de la piel y dermatitis.

Puede ocasionar efectos al sistema nervioso central, tales como: mareos, dolor de cabeza, náuseas y desmayos. La sobre exposición repetida y prolongada a los solventes puede ocasionar daños permanentes al cerebro y sistema nervioso.

También puede ocasionar irritación de los ojos con incomodidad, lagrimeo o visión borrosa. Las salpicaduras de líquido en los ojos pueden ocasionar quemaduras químicas. Puede ocasionar función anormal del hígado y los riñones.

Resina Epóxica: La sobre exposición puede causar irritación de los ojos, nariz y garganta. El contacto repetido o prolongado puede ocasionar irritación a la piel con molestias y dermatitis. La exposición repetida puede causar escozor, inflamación y erupciones alérgicas en la piel.

Metanol: La exposición excesiva puede dar lugar a fatiga, dolor de cabeza, efectos anestésicos, neurológicos y dificultades visuales, incluyendo ceguera y muerte. La sobre exposición recurrente puede causar daño a riñones e hígado. Puede ser absorbido a través de la piel en cantidades dañinas.

Xileno: La sobre exposición puede ocasionar irritación a los ojos, nariz y garganta. El contacto repetido o prolongado con el líquido puede ocasionar irritación de la piel y dermatitis. Puede ocasionar efectos al sistema nervioso central, tales como: mareos, dolor de cabeza, náuseas y desmayos. La sobre exposición repetida y prolongada a los solventes puede ocasionar daños permanentes al cerebro y sistema nervioso.

La sobre exposición recurrente puede resultar en lesiones al hígado y riñones. Puede ser absorbido a través de la piel en cantidades dañinas.

Hidrocarburos Aromáticos: La sobre exposición puede ocasionar irritación a los ojos, nariz y garganta. El contacto repetido o prolongado con el líquido puede ocasionar irritación de la piel y dermatitis. Puede ocasionar efectos al sistema nervioso central, tales como: mareos, dolor de cabeza, náusea y desmayos. La sobre exposición repetida y prolongada a los solventes puede ocasionar daños permanentes al cerebro y sistema nervioso.

Estudios de laboratorio con ratas han demostrado que el destilado del petróleo causa lesiones en los riñones y tumores en el hígado o riñones. Estos efectos no fueron observados en estudio similares con conejillos de india, perros o monos. Algunos estudios no han demostrado un aumento significativo de lesiones de los riñones o un aumento en tumores de los riñones o hígado a trabajadores de la industria petrolera.

Solución de Terpolimero: El contacto con la piel puede causar irritación y erupción. Puede causar irritación a los ojos con molestias, lagrimeo o visión borrosa.

Alcohol Isobutilico: Puede ocasionar irritación de las membranas mucosas. Puede ocasionar efectos al sistema nervioso central, tales como: mareos, dolor de cabeza, náuseas y desmayo. El contacto prolongado con la piel puede ocasionar quemaduras químicas. Las salpicaduras en los ojos pueden resultar en quemaduras químicas.

Fosfato Ácido de Fenilo: Contacto prolongado con la piel puede causar quemadura química. Contacto con los ojos causa corrosión y daño permanente.

Estos productos debido a su alto grado de toxicidad como antes se pudo observar, debemos tener ciertas precauciones para su manejo y almacenamiento.

PRECAUCIONES DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO

Estos productos químicos se deben mantener alejados de calor, chispas y llamas, cerrar los recipientes después de cada uso. Siempre que se vierta de un lugar a otro se debe colocar los recipientes a terrados para evitar igniciones espontáneas. Mantener ventilado el sitio de almacenamiento por la alta generación de vapores tóxicos e inflamables, la temperatura máxima de almacenamiento es de 49 °C. El operario debe

lavarse después de manipular este material y antes de comer y fumar. No deben lijar, ni cortar por llama de gas ni suelde el recubrimiento seco sin una mascarilla aprobada por NIOSCH/MSHA.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

● **Protección Respiratoria:** Por los riesgos que se genera al respirar vapores y rocíos de estas sustancias químicas. Se debe utilizar mascararas apropiadas que sellen correctamente (aprobada por NIOSH: “Nacional Institute form Occupational Safety & Health” /MSHA- COMFO II o equivalente con dos cartuchos GMA para vapores orgánicos y prefiltros para polvos, y como se estipula en la norma COVENIN 1056/I-II-III-91), durante y después de la aplicación a menos que un monitoreo de aire demuestre que los niveles de vapor o roció están por debajo de los limites aplicables.

● **Guantes de protección:** Se recomienda para la manipulación y el uso de estas sustancias los guantes de neopreno o viton.

● **Protección a los Ojos:** Se prefiere el uso de goggles antisalpicaduras para prevenir irritación en los ojos. Si en su lugar se utilizan lentes de seguridad estos deben llevar protección lateral contra salpicaduras.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Consultando la norma “COVENIN 1056/I-91” se puede determinar los criterios fundamentales para la selección de los equipos de protección respiratoria. Para ello se debe hacer un reconocimiento y evaluación de peligros respiratorios, para ello se debe realizar un muestreo inicial a fin de obtener datos útiles para la selección de los mismos tales como:

- A.- Naturaleza del contaminante (partículas, gas, vapor).
- B.- Concentración del aire.
- C.- Identificación del equipo de protección respiratoria.

Para la selección de un buen equipo de protección respiratoria para la protección contra el riesgo al cual el trabajador va a ser expuesto requiere considerar factores importantes como:

Naturaleza del contaminante :

- A.- Tipo de peligro (contaminante del aire o deficiencia de oxígeno).
- B.- Propiedades químicas del contaminante.
- C.- Efectos fisiológicos en el organismo.
- D.- Concentración del aire.
- E.- Concentración ambiental permisible.
- F.- Nivel de concentración de peligro inmediato para la vida y la salud.
- G.- Propiedades de aviso.

Características de la operación o proceso:

- A.- Descripción del proceso u operación.
- B.- Características del área (ventilación mecánica o natural).
- C.- Materiales (materias primas, subproductos y productos terminados).
- D.- Actividades del trabajador.

Localización de áreas contaminadas respecto a áreas con aire respirable :

Esto deberá hacerse con el fin de planear el escape en casos de emergencia, mantenimiento y operaciones de rescate.

Periodo en el que se necesita protección respiratoria:

Se deberá tomar en cuenta el periodo en el cual se debe utilizar un equipo de protección respiratoria y el tipo de aplicación (uso rutinario, uso de emergencia).

Nota: No es deseable seleccionar equipos de protección respiratoria pesados, con alta resistencia a la respiración o que no permitan la comunicación en situaciones de rutina en donde se requiere protección respiratoria por muchas horas.

Actividades del trabajador:

Se debe considerar la actividad del trabajador y la localización de las áreas de trabajo continuo o intermitente, equipo utilizado para realizar el trabajo, necesidad de movimiento y comunicación.

Características, funcionalidad y limitaciones de los equipos de protección respiratoria:

A.- En atmósferas con deficiencias de oxígeno, que no sean de peligro inmediato para la vida y la salud, deberán usarse equipos de protección respiratoria que tengan una fuente de aire respirable.

B.- En atmósferas de inmediato peligro para la vida y la salud solo se podrán usar equipos de protección respiratoria autocontenidos de tipo presión a demanda o de tipo línea de aire presión a demanda con un equipo auxiliar de aire autónomo.

C.- Para atmósferas con la cantidad adecuada de oxígeno y que no presenten inmediato peligro para la vida y la salud, el equipo de protección respiratoria deberá ser seleccionado de acuerdo al contaminante presente, al funcionamiento y limitaciones del equipo, ajustes al rostro del usuario y al factor de protección.

Pruebas de fugas:

Se realizan para determinar si los equipos a usar están en perfectas condiciones para ello existen los controles de calidad, con los cuales se certifican a las compañías fabricantes para asegurar al usuario que el equipo que va a usar esta en condiciones optimas para su protección segura.

Entre las pruebas que se realizan son:

A.- Mal sello de la pieza facial.

B.- Mal asiento de la válvula.

C.- Fallas en el cuerpo del equipo de protección respiratoria.

D.- Mala adaptación.

Aceptación del trabajador:

La aceptación del equipo de protección respiratoria debe considerarse en el proceso de selección de equipo. Para ello se debe tomar en cuenta: comodidad, resistencia a la respiración, peso, interferencia a la comunicación e interferencia en el desempeño del trabajo.

Así aseguramos el bienestar del trabajador y la seguridad al usar cualquiera de estas sustancias.

En el área de reparación final además de los contaminantes que se generan por causa de las sustancias que se usan, las cuales al esparcirse en el aire, contaminan el mismo que entra a la cabina de aplicación de esmalte y genera los problemas de acabados que se mencionaron con anterioridad.

También se genera otro contaminante, que se genera de la reparación de las unidades que poseen algún tipo de defecto. Este proceso consiste en lijar la zona dañada o afectada y luego se aplica el fondo, el esmalte, el “clear” o transparente y el pulido de la zona reparada. Otras reparaciones son más pequeñas y solo se realizan puliendo la zona dañada.

Todas estas reparaciones generan contaminantes que son el polvillo del material lijado para preparar la zona dañada para su nuevo pintado, fibra que proviene del pulido de las piezas afectadas (estas fibras son desprendidas de la pulidora) ver FIGURA N° 4.2. Todos estos contaminantes se esparcen por el aire y es el mismo que contamina la cabina de esmalte y se adhiere a la pintura de los vehículos.



Figura N° 4.2: Reparación de un vehículo en el área de Reparación Final

Por ello, se puede decir que dentro del proceso de pintura de los vehículos, existe una recirculación de sustancias no deseadas, ya que la mayoría de las unidades que se reparan por sucios, semilla, solvente atrapado, entre otros, son problemas generados por contaminantes en el sistema; sin contar los problemas que se pueden generar por los operadores o pintores.

Después de haber analizado todas las variantes de operación, uso y características de las sustancias que se emplean para la reparación de las unidades defectuosas, debemos necesariamente orientar el estudio hacia la ventilación del área de reparación final, para así poder eliminar los defectos que afectan al proceso.

VENTILACIÓN:

Para la extracción de gases del local, se debe proveer ventilación suficiente en volumen y patrón de circulación de forma de mantener los contaminantes por debajo de los límites de exposición aplicables (como esta estipulado en la norma “COVENIN 2250-90”, VENTILACIÓN EN LUGARES DE TRABAJO).

Debemos considerar también que el personal que labora en esta área reparando las unidades con fallas de pintura, se encuentran en contacto directo con estos contaminantes, éste es un factor importante que debemos considerar a la hora de estudiar la ventilación en la zona de trabajo lo que produce el stress térmico que induce a la fatiga y agotamiento físico y mental del trabajador, traduciéndose en un mal acabado de las reparaciones.

Por esto se debe estudiar la temperatura promedio del ambiente en la que el personal trabaja diariamente para tomarla en cuenta en el diseño de la ventilación de la zona.

4.2.- METODOS APLICADOS POR LA EMPRESA PARA CONTROLAR LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE PINTURA.

En la planta, se realiza un proceso de limpieza y mantenimiento diario, para minimizar estos contaminantes, tanto en el área de reparación final como en distintos

equipos y zonas, para así disminuir los contaminantes y reducir el número de unidades que se reparan.

Estos procesos de limpieza y mantenimiento son:

- Limpieza diaria de toda la zona de reparación final.
- Limpieza diaria de los rieles que transportan las unidades.
- Limpieza semanal de las rejillas atrapa polvo que se encuentran en la entrada al galpón de pintura.
- Rociado diario de agua a los “Dollys” (equipo que transporta las unidades por el sistema, ver FIGURA N° 4.3) antes de entrar al sistema de pintura, para así remover cualquier partícula de polvo sucio o algún contaminante que se pueda adherir al vehículo cuando es fondeado o pintado.



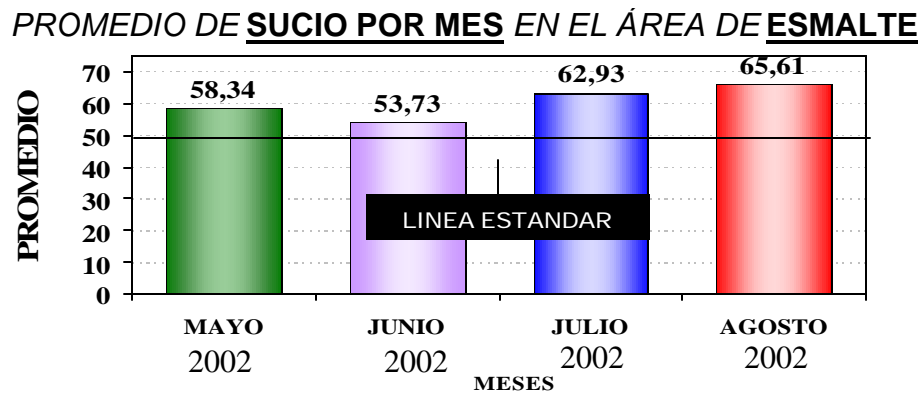
Figura N° 4.3: “DOLLY”.

- Revisión y limpieza de las cabinas de fondo y esmalte.
- Limpieza general diariamente de todas las pistolas para el pintado de las unidades.
- Revisión y sustitución según un cronograma estipulado de los filtro del sistema de ventilación de la cabina de esmalte y fondo.

- Limpieza según cronograma estipulado de los hornos de esmalte y fondo.
- Revisión y sustitución según cronograma de los filtros de los hornos de esmalte y fondo.
- Cambio diario de uniforme del personal que pinta las unidades, para evitar introducir polvo y fibra en la cabina de aplicación de fondo y esmalte.
- Adiestramiento diario del personal por supervisores, con el fin de enseñar la problemática que tiene la contaminación del sistema y los beneficios que les trae el producir vehículos sin fallas o detalles en el acabado.
- Supervisión del personal que entra al galpón de pintura, para asegurar que cumplan con la normativa requerida para prevenir la alteración del sistema de pintura.

Estas previsiones abarcan desde el no permitir teléfonos celulares al área, hasta verificar que el personal que opera en la misma tenga el equipo y la indumentaria adecuada para entrar a esta zona de trabajo.

Realizando un estudio histórico con datos facilitados por el departamento de control de calidad del nivel de sucio en el área de esmalte, en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto (GRAFICA N°4.1), podemos observar que en todos estos meses nunca se logra el nivel de sucio estándar o normal en la línea. Solo se logro una disminución importante en el mes de Junio, por lo tanto debemos destacar lo variable e inestable que es este problema.



GRAFICA N°4.1.

Observando las graficas del **APENDICE 1**, podemos darnos cuenta del registro diario y mensual de sucio y fibra presente en las unidades, notando cuan difícil es estabilizar los mismos en la línea de fondo y de esmalte, como consecuencia de un alto número de variables a controlar, observándose finalmente en el acabado de los vehículos después de pintados.

Puntualizando así la necesidad de buscar una solución eficaz y que mantenga un margen o rango fijo en estos contaminantes, se determinaron las siguientes soluciones para el control de este problema, las cuales se explicarán a continuación.

4.3.- PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA CONTROLAR LOS CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE PINTURA.

Después de analizar y entender el fondo del problema que existe en el sistema de pintura, se planteó según todos los parámetro antes expuestos, una posible solución para el control más efectivo de las variables de sucio, fibra y contaminantes que afectan el sistema.

Antes de analizar la probable reestructuración o cambio que se le pueden aplicar al área de reparación final, debemos conocer cuales son las condiciones de trabajo originales de ésta zona (**APENDICE 2**).

La reestructuración del área de reparación final esta compuesto por los siguientes cambios:

- a) Cierre del área de reparación final, ya que si se requiere aislar los distintos contaminantes que aquí se originan, se debe cerrar ésta zona.
- b) Acondicionamiento del área con un sistema de ventilación forzada, de flujo turbulento y con presión negativa (para evitar que ninguna sustancia salga de la misma). Después de cerrada esta zona, se encuentra confinada, por ello necesita ser ventilada para que el personal pueda trabajar en ella. Esta área solo será para lijar o pulir los vehículos.

- c) Instalación de un horno para el secado de las unidades reparadas y pintadas, la cual se hará por medio de una modificación en el galpón, tomando en cuenta su alta generación de calor.
- d) Se colocara antes del horno de secado una cabina de pintado de las unidades, con ventilación por dilución, flujo laminar y presión positiva, para las partículas que se esparcen en el aire,
- e) Modificación de la iluminación en el área de reparación; debido a la deficiencia y al no adaptarse a las normas de calidad de Mitsubishi, Japón (casa matriz).
- f) Diseño de “Transfer” (dispositivo que facilite la movilización de las unidades de la línea de reparación a la línea de salida del área).

Para este requerimiento se diseño este dispositivo como se muestran en el plano **APENDICE 3**, más adelante se especifica detalladamente este sistema. El desplazamiento y liberación se hará en aquellas unidades que salen en perfectas condiciones de la cabina de esmalte.

La colocación de una cabina antes del horno tiene como fin, garantizar que luego se repare el vehículo, no se vuelva a contaminar con el polvo de lija y otros elementos que hay en el aire, por ello solo se pintarán las unidades reparadas dentro de esta cabina.

Se colocaran dos “Transfer” como se muestra en el plano (**APENDICE 3**). El primero será para voltear y colocar los carros que salgan en perfecto estado de la cabina de esmalte y no halla que realizar ninguna reparación en el mismo.

El segundo cera para los vehículos que se le realizo una reparación menor, pero no hay necesidad de pintar ninguna zona del mismo, por lo tanto es necesario liberarlo del sistema y trasladarlo a línea alta.

Debemos tener en cuenta que se llevo a este diseño según las exigencias de la empresa para modernizar el área. Pero se debe destacar que se obtuvo varias

configuraciones para estas exigencias, las que podemos observar en los **APENDICE 3, 4, 5.**

Esto nos define tres posibles soluciones con los requerimientos de control de contaminantes y modernización necesaria para el área de reparación final.

LA PRIMERA (APENDICE 3), esta conformado por, el cierre del área de reparación final, diseñando un sistema de ventilación por dilución con flujo turbulento y con una presión negativa para evitar que los contaminantes salgan del área. El diseño incluye las casas de aire y ductos de suministro y retorno.

Seguidamente, la reestructuración del sistema de iluminación en toda el área para garantizar un trabajo más preciso por parte del operador ó inspector de la zona. Para ello se selecciono la iluminación del área según especificaciones del manual de control de calidad de Mitsubishi, Japón. Este manual nos refiere que el área de inspección debe tener una configuración como se muestra en el **APENDICE 6**, que son 2 bombillos de 55 w., LDD de diámetro 38 mm., y longitud 1829 mm., cada 1m, y el área de inspección debe tener 6x5x3 (metros). Obteniendo un rango de iluminación de 400 - 700 lux en la misma. Para la zona de inspección se colocarán 70 bombillos. En el área de trabajo se colocará 1 bombillo de 55w, distribuido de la misma manera que los bombillos de la zona de inspección (para garantizar una iluminación uniforme en toda la línea, sin sobrecargar el área).

La cantidad de bombillos totales para el área es 572 ya que se eliminan 48 para la colocación de las rejillas de suministro y retorno de la ventilación.

Se colocaran dos “Transfer” que serán diseñados para esta zona, para mejorar el sistema de distribución de los vehículos.

LA SEGUNDA (APENDICE 4), también esta conformado por el cierre del área y se le aplicará una ventilación como la establecida para el sistema anterior, con las misma cantidad de cargas. También el sistema de iluminación será igual a la configurada para la primera propuesta. En esta propuesta se propone diseñar una cabina y colocar un horno que se encuentra en la planta y que pertenecía al sistema anterior de pintura, estas se

colocaran al final de la línea de reparación, con el fin de mejorar las reparaciones en los vehículos. La cabina de retoque para aquellas unidades que necesiten de una reparación de pintura, tendrá una ventilación por dilución de las partículas de pintura y esta tendrá una presión interna positiva, para así evitar que ningún contaminante se introduzca en esta zona. Al colocar esta cabina y horno en esta configuración se debe trancar por completo la zona de retorno del área de reparación final para así evitar que los vehículos pintados que se dirijan al horno de secado (ver distribución de la cabina y horno, **APENDICE 3**) se contaminen o ensucien con polvo o alguna fibra del sistema.

Esta propuesta contempla también los “Transfer” igual que los ya descritos.

LA TERCERA, opción contempla la misma ventilación, iluminación y “Transfer” al igual que la 1era. propuesta, la variación viene dada por el peligro o inseguridad que la 2da. propuesta genera indirectamente al cerrar el retorno del área de reparación final, ya que, esta área donde van a trabajar un número aproximado de 15 a 20 personas en una línea donde los vehículos van a establecer un obstáculo a la hora de una emergencia, siendo muy inseguro hacer que el personal evacue esta zona solo por una salida, resaltando que el sistema de pintura es una zona donde se trabajan con materiales volátiles. Esta necesidad de tener en el área otra zona de evacuación a la hora de alguna emergencia ha originado esta propuesta, que ubica la cabina y el horno de secado en un anexo al galpón de pintura (**APENDICE 5**).

Otro factor que género esta nueva propuesta es la adición de una nueva carga al sistema de ventilación del galpón de pintura, como se puede observar en la Propuesta N° 2.

CAPITULO V

FUDAMENTO TEÓRICO

Para la realización del proyecto en estudio es necesario establecer y resaltar ciertos aspectos teóricos que facilitan la ejecución del mismo y permitirán una mejor comprensión al lector.

5.1.- CÁLCULO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN FORSADA.

El *ventilador* es una turbomáquina que absorbe energía mecánica y retribuye energía a un gas, imprimiéndole un incremento de presión tal que el influjo de la compresión puede despreciarse.

Casi sin excepción, cualquier sistema de ventilación requiere un ventilador para la circulación del aire. Para ventilación de las salas de trabajo y reuniones, así como de minas, túneles y barcos; para la dilución de humos, aire con alto contenido de polvo, etc., se necesita grandes caudales de aire; pero con frecuencia las presiones son relativamente pequeñas. Por tanto, las máquinas para este tipo de servicio muchas veces se calculan como ventiladores (maquinas hidráulicas) sin tener en cuenta la compresibilidad del gas y por tanto sin tener en cuenta la variación de densidad y volumen específico.

Clasificación de los ventiladores:

A.- Clasificación según la presión desarrollada:

- Ventiladores de baja presión: Presión total desarrollada inferior a 10 mbar.
- Ventiladores de media presión: Presión total desarrollada superior a 10 e inferior a 30 mbar.
- Ventilador de alta presión: presión total desarrollada superior a 30 e inferior a 100 mbar. (En estos últimos el efecto de la compresibilidad ya es apreciable). Esta clasificación es meramente convencional.

B.- Clasificación según la dirección del flujo:

➤ Ventiladores Axiales: Este tipo de ventiladores, consiste esencialmente de una hélice. La dirección de la corriente de aire es una línea recta, paralela a la flecha del ventilador. Se emplea principalmente para la traslación del aire de un lugar a otro, o hacia el ambiente exterior, o para introducir aire nuevo. Este tipo de ventilador puede manejar grandes volúmenes de aire a presiones estáticas que van de bajas a medias. A su vez, los ventiladores tipo axial se clasifican en:

- Ventiladores de hélice.
- Ventiladores tubo axial.
- Ventiladores con aletas directrices o guías.

➤ Ventiladores Centrífugos: Los ventiladores de tipo centrífugo consiste en rotor encerrado en una envolvente de forma espiral. El aire entra a través del ojo del rotor, paralelo a la flecha del ventilador y se descarga por la salida de la envolvente a ángulos rectos de la flecha, es decir, tangencialmente. El ventilador centrífugo puede ser de entrada sencilla o de entrada doble. En un ventilador de entrada doble, el aire entra por ambos lados de la envolvente, succionado por un rotor doble o por dos rotores sencillos montados lado a lado. El ventilador centrífugo se utiliza en la mayoría de las aplicaciones

de confort en virtud de su amplio margen de funcionamiento, alto rendimiento y presiones relativamente elevadas. A su vez, los ventiladores centrífugos se clasifican por la forma de los álabes o aletas (**APENDICE 7.**):

- Ventiladores con álabes curvados hacia delante.
- Ventiladores con álabes curvados hacia atrás.
- Ventiladores con álabes radiales (rectos).



Figura N° 5.1: Ventilador centrífugo y sus tipos de álabes.

VENTILACIÓN NATURAL:

La ventilación natural o por gravedad que tiene una aplicación limitada ya que su efectividad depende de los vientos que prevalezcan en el exterior del edificio y de la temperatura (efecto de chimenea) del interior del mismo. Este tipo de ventilación sólo debe considerarse para lugares donde haya un viento predominante confiable y donde el personal, el proceso de manufactura o el producto almacenado puedan tolerar temperaturas y condiciones de humedad superiores o inferiores a los valores de diseño del espacio por períodos prolongados.

Para el diseño de un sistema de ventilación natural debemos considerar:

1.- Los sistemas deben diseñarse para soportar velocidades de viento de la mitad de la velocidad promedio que predomine en la estación del año.

2.- Con el fin de aprovechar al máximo el efecto de chimenea (diferencia de densidades), el aire suministrado debe entrar a través de las aberturas que estén en el

nivel o cerca del nivel del piso del espacio que se va a ventilar y salir a través de aberturas que se localizan en la parte alta del muro y/o a través de los ventiladores de gravedad en el techo.

3.- Ubicar las aberturas de entrada en el lado del edificio que encare los vientos dominantes.

4.- La distancia vertical entre las entradas y salidas debe ser lo más grande posible con el fin de lograr el mayor beneficio de la ventilación a partir de la diferencia de temperaturas.

5.- En estructuras de varios pisos, las aberturas ubicadas en la zona de presión neutral son menos efectivas para la ventilación.

En general, la ventilación natural para espacios resulta inadecuada en los siguientes casos:

1.- En oficinas cuya área de ventana abierta sea menor a 5% del área del piso.

2.- En oficinas con más 7,3 m (24 ft) de profundidad y que no cuenten con ventilación cruzada.

3.- Oficina con ventilación cruzada pero cuyo espacio ocupado se ubique a una distancia superior a 10,7 m (35 ft) de una ventana o entrada de aire.

4.- Cuartos de baños cuya área de ventana sea inferior a $0,8 \text{ m}^2$ (9 ft^2) o menor que $0,02 \text{ m}^2$ ($0,2 \text{ ft}^2$) por cada 0,3 m (1ft) de altura o 5% del área del piso.

5.- La cafetería o área de ensamble cuya área de ventana sea inferior a 6% del piso.

VENTILACIÓN INDUSTRIAL:

Además de la ventilación natural que su principio fundamental y simple es el de mantener un balance de el área (cuartos, habitaciones) donde el personal que labora, o haga uso de las instalaciones esté siempre aptas y fresca. En aquellos sitios que están expuestos a altas temperaturas o sustancias contaminantes para ello se utilizan los sistemas de inyección y extracción mecánica.

La ventilación industrial consiste en la renovación continua y periódica del aire en el interior de locales habitados para mantenerlos en condiciones de salubridad o aptos para determinados procesos. La ventilación puede ser natural o artificial. En la ventilación natural el aire viciado se sustituye con aire puro mediante la apertura de puertas y ventanas, por efectos de la permeabilidad de las paredes o del nivel, por ejemplo en las minas, entre los accesos a las diversas galerías; la ventilación artificial se consigue por medios mecánicos o ventiladores y puede efectuarse introduciendo aire en los locales (ventilación por inyección o impulsión) o aspirando el aire viciado (ventilación por extracción), o bien por un sistema mixto.

La ventilación se basa en el suministro de aire fresco, la eliminación de productos de contaminación y del calor, y también en el movimiento de aire para refrescar.

Al introducir aire en un edificio se produce un cierto aumento de presión. Si la circulación es uniforme este aumento de presión será exactamente el necesario para que la cantidad de aire introducida sea la misma que sale del edificio por los conductos de ventilación o por las demás aberturas existentes. En la extracción de aire ocurre un fenómeno similar. En este caso se produce una depresión y en consecuencia, se producirá una aspiración en todas las aberturas que comuniquen con el exterior o con las habitaciones contiguas por las que el aire reemplazará al extraído (**APENDICE 8**).



Figura N° 5.2: Ventiladores de uso Industrial.

Con la ventilación sea por inyección o por extracción se quiere controlar o equilibrar:

❖ Confort Humano:

La capacidad de trabajo de una persona y su salud pueden ser disminuidas debido a una mala ventilación. Observemos un poco las consecuencias en el cuerpo humano a la exposición a temperaturas extremas.

Principales efectos de las temperaturas extremas sobre el organismo:

EFFECTOS A TEMPERATURAS BAJAS:

Cuando el calor cedido al medio ambiente, es superior al calor recibido o producido por medio del metabolismo basal y el de trabajo, debido a la efectividad física que se está ejerciendo, el organismo tiende a enfriarse y, para evitar esta hipotermia (descenso de la temperatura del cuerpo), pone en marcha múltiples mecanismos, entre los cuales podemos indicar:

- *Vaso-constricción sanguínea:* disminuir la cesión de calor al exterior.
- *Desactivación* (cierre) de las glándulas sudoríparas.
- *Disminución de la circulación sanguínea periférica.*
- *Tiritona:* producción de calor (transformación química en mecánica/ térmica).
- *Autofagia de las grasas almacenadas:* transformación química de lípidos (grasas almacenadas) a glúcidos de metabolización directa.
- *Encogimiento:* presentar la mínima superficie de piel en contacto con el exterior.
- *Consecuencias de la hipotermia:*
- Malestar general.
- Disminución de la destreza manual:
 - Reducción de la sensibilidad táctil.
 - Anquilosamiento de las articulaciones.

- Comportamiento extravagante (hipotermia de la sangre que riega el cerebro).
- Congelación de los miembros (los más afectados, las extremidades).
- La muerte se produce cuando la temperatura interior es inferior a 28°C por fallo cardíaco.

EFFECTOS A TEMPERATURAS ALTAS:

Cuando el calor cedido por el organismo al medio ambiente, es inferior al calor recibido o producido por el metabolismo total (metabolismo basal +metabolismo de trabajo), el organismo tiende a aumentar su temperatura, y para evitar esta hipertermia (aumento de la temperatura del cuerpo), pone en marcha otros mecanismos entre los cuales podemos citar:

- *Vaso dilatación sanguínea:* aumento del intercambio de calor.
- *Activación* (apertura) de las glándulas sudoríparas: aumento del intercambio de calor por cambio de estado del sudor de líquido a vapor.
- *Aumento de la circulación* sanguínea periférica. Puede llegar a 2,6 litros/min/m².
- *Cambio electrolítico de sudor:* la pérdida de “ZINC” puede llegar a 15 g/litro.

Consecuencia de la hipertermia:

- *Trastornos psiconeuróticos.*
- *Trastornos sistemáticos:*
 - Calambre por calor.
 - Agotamiento por calor.
 - Deficiencia circulatoria.
 - Deshidratación.

- Desalinización.
- Anhidrosis.
- Trastornos en la piel:
 - Erupción (miliaria rubra).
 - Quemaduras (debido a las radiaciones ultravioletas).

● **Contaminación Humana:**

La renovación de aire fresco de un ambiente ocupado deberá ser suficiente para eliminar toda traza de los olores del cuerpo.

El ser humano contamina el ambiente debido a:

- Exhalación de dióxido de carbono, vapor de agua y bacterias.
- Impurezas emanadas del cuerpo según el grado de aseo personal (produce enrarecimiento del aire).
- Humo de cigarrillos.

Efectos:

- Olores desagradables.
- Envenenamiento (no comprobado aún).
- Reducción del apetito.
- Náuseas.
- Dolor de cabeza.

● **Contaminación Industrial:**

La mayor parte de los humos, gases y gases y polvos que provienen de las operaciones industriales son dañinas para la salud.

En general las concentraciones permitidas en la atmósfera son muy pequeñas. Es necesario evitar contaminaciones de esta clase evitando que no penetren en lugares habitados. Esto se logra con campana de extracción ubicado sobre el foco de contaminación.

● **Contaminación por vehículos:**

Los humos y gases que provienen de los vehículos en un estacionamiento cerrado deben ser eliminadas mediante un sistema de Ventilación Forzada.

● **Contaminación otros elementos**

Alimentos, pinturas u otros materiales.

Los sistemas de ventilación, como antes se señaló, de inyección y extracción de aire son procesos de ventilación forzada que por medio de la misma diluyen todo contaminante o acondicionan el lugar de trabajo o la zona con aire fresco para mantener un balance entre todos los agentes que puedan afectar el cuerpo humano.

A continuación se explicara con más detalle lo que son los sistemas de impulsión y extracción de aire.

● **Factores de consideración:**

- Movimiento del aire y pureza del mismo.
- Temperatura del aire.

SISTEMAS DE VENTILACIÓN:

Sistemas de Impulsión:

Los sistemas de impulsión se emplean con dos finalidades: 1) para crear un ambiente confortable en la planta (sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación); y

2) Para sustituir el aire extraído de la planta (sistemas de sustitución). En muchos casos los sistemas de impulsión y de extracción están acoplados, como en los sistemas de control por dilución.

Un sistema de impulsión bien diseñado debe incluir una selección de toma de aire, filtros, equipo de calefacción y/o refrigeración, un ventilador, conductos y registros o rejillas para la distribución del aire por el espacio de trabajo.

Sistemas de Extracción:

Los sistemas de ventilación por extracción se clasifican en dos grupos genéricos:

1) Los sistemas de extracción general y 2) Los sistemas de extracción localizada.

Los sistemas de extracción general pueden emplearse para el control del ambiente térmico y/o para la eliminación de los contaminantes generados en un área, mediante el barrido de un espacio dado grandes cantidades de aire.

Los sistemas de extracción localizada se basan en el principio de capturar el contaminante en, o muy cerca de su origen. Es el método de control preferido porque es el de mayor eficacia y, al emplear caudales más pequeños, reduce en menores costos de calefacción con respecto a los elevados caudales requeridos por el sistema de extracción general.

Casos donde se necesita una ventilación mecánica:

1.- Cuando las fuerzas naturales no son suficientes para suministrar de manera continua las cantidades de ventilación y de extracción de aire previstas en el diseño.

2.- Cuando es obligado contar con un sistema de ventilación de suministro y/o de extracción positiva.

3.- Cuando hay necesidades de presurizar un área con una cantidad de aire de ventilación (del exterior) sustancialmente mayor que la extracción o de retorno del espacio.

4.- Cuando un proceso necesita una cantidad específica de abastecimiento o de extracción de aire.

5.- En espacios que contengan humos y vapor con una gravedad específica superior a la del aire (en tal caso los orificios de extracción deben colocarse a nivel del piso).

Los sistemas de ventilación mecánica van desde el tipo más sencillo (que consiste en ventiladores de hélice a través de la pared con ventiladores de extracción del tipo techo y controles manuales) hasta sistemas complejos que tienen ventiladores múltiples de alimentación y extracción, ductos de distribución, registradores y/o rejillas, filtros, aislamientos de ductos y controles automáticos.

Los sistemas de ventilación mecánica están diseñados para desempeñar una o ambas de las siguientes funciones:

➤ Control de olores, mantener los niveles de O_2 y CO como de cualquier sustancia tóxica que se genere en el área de trabajo y proporcionar cantidades de aire de suministro y de extracción exigidas por los procesos dentro del área.

➤ Mantener la temperatura del espacio (en la medida de lo posible sin acondicionamiento del aire) a la temperatura específica de diseño o según normas que regulan esta variable.

Factores que hay que tomar en cuenta a la hora de diseñar un sistema de ventilación:

● **Requisitos de Presión:** Para determinar la cantidad de suministro de aire de ventilación, el diseñador tiene que determinar si el espacio en cuestión estará bajo presión negativa, neutra o positiva.

Presión Positiva: Se sugiere que, cuando no existan un reglamento o un requisito del proceso, el espacio ventilado éste bajo presión positiva. Es decir, la cantidad de aire suministrada al espacio será mayor que la cantidad de aire que se extraiga del mismo. En estas condiciones, la cantidad de aire suministrado puede ser 10% mayor que la cantidad de aire de extracción.

Presión Neutra: La cantidad de aire suministrado es igual a la cantidad de aire extraído.

Presión Negativa: La cantidad de aire suministrado es menor que la cantidad de aire de extracción. De no señalarse un valor específico, la cantidad de aire suministrado no deberá ser menor que el 90% de la cantidad de aire de extracción.

● **Ganancia de calor del espacio interno:** La ganancia de calor del espacio interno es la suma total del calor sensible que proviene de las personas, de las luces, del proceso y de la radiación solar. Sólo en nuestros cálculos de la carga de ventilación es posible pasar por alto las pérdidas de calor del espacio a través de las paredes exteriores, puertas, ventanas y techos, debido a que no se toma en consideración el acondicionamiento del aire.

Las ganancias de calor a considerar en los cálculos son:

Personas: Los seres humanos generan calor tanto sensible como latente, el cual depende de la actividad ocupacional o tasa de metabolismo. Mientras más ardua es la actividad, mayor es la cantidad de calor generada. La tasa de metabolismo es la disminución o aumento de producción de energía interna, en la medida que la temperatura del cuerpo se hace mayor o menor. La tasa de metabolismo es diferente para

hombres, mujeres y niños haciendo actividades similares. La ganancia de calor que proviene del personal que labora dentro del espacio viene dada por:

$$H_s, \text{ pers} = N^\circ \text{ pers} \times \text{METS} \times \text{FCE} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

$$H_l, \text{ pers} = N^\circ \text{ pers} \times \text{METL} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

Donde:

$H_s, \text{ pers}$ = Carga sensible por personas (Btu/hr).

$H_l, \text{ pers}$ = Carga latente por personas (Btu/hr).

$N^\circ \text{ pers}$ = Número de personas.

FCE = Factor de carga de enfriamiento

- Si el sistema no se usa las 24 horas se considera igual a 1.

MTS = Disipación metabólica sensible.

MTL = Disipación metabólica latente. (APENDICE M).

Luces: La carga debida a las luces representa un elevado porcentaje de la carga de un espacio, lo cual exige un cálculo cuidadoso de la misma. Parte de la energía emitida por las luces se transmite en forma radiante y es absorbida por el espacio. La energía absorbida se transfiere luego al aire por convección. De ello se deriva que el tipo de luces instaladas, la forma de distribución del aire y robustez de la estructura influyen en el efecto térmico de las luces en el aire del espacio. La ganancia de calor que proviene por efecto de las luces viene dada por:

$$QL = W \times Fu \times Fs \times FCL \quad (\text{Ec. 5.3})$$

Donde:

QL= carga generada por la iluminación (Btu/hr).

W = potencia total de las luces (watts).

Fu = factor de uso. Este factor de uso está entre unos valores de 0,85 y 1,00.

Fs = factor de iluminación.

Para un tipo de luz fluorescente es 1,25.

Para un tipo de luz incandescente es 1.

FCL = factor de carga. Para estructuras pesadas como generalmente se construye en Venezuela es 0,96

Carga por equipos y del Proceso: Es el calor proveniente de equipos que estén en el área que se va suministrar el aire fresco. Para los cálculos se consideró la estructura de transporte de las unidades o vehículos después del proceso de pintado, a esta estructura se le denomina “Dolly”. (FIGURA 4.3).

El calor es energía en tránsito, debido a diferencias de temperatura. La transferencia de calor es el área de la ingeniería que trata los mecanismos encargados de la transferencia de energía de un lugar a otro cuando existe una diferencia de temperatura. La ciencia de la transferencia de calor permite la razón, con respecto al tiempo, de energía transferida provocada por un desequilibrio de temperatura.

Existen tres mecanismos básicos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, los cuales permiten las ganancias o pérdidas de calor.

➤ **Conducción:**

“Es el proceso de propagación de energía en medio sólido, líquido o gaseoso, mediante comunicación molecular directa o entre cuerpos sujetos a una diferencia de temperatura. Al existir un gradiente de temperatura dentro del medio, la segunda ley de la termodinámica establece que la transferencia de calor se lleva a cabo desde la región de mayor temperatura hacia la de menor temperatura, para mis cálculos no se encontró este tipo de transferencia de calor, por la configuración del sistema a generar calor.”(INCROPERA, Frank P., 1996, p2.).

En estas circunstancias se dice que el flujo de calor es proporcional a la diferencia de temperaturas entre las superficies, es decir:

$$Q_{cond} = \frac{k \times A}{e} (T_{int} - T_{ext}) \text{ Ley de Fourier de conducción de calor. (Ec. 5.4)}$$

Donde:

Qcond. = flujo de calor por conducción (kw).

K= Conductividad térmica del material (w/m °C).

A = área de la pared, normal al flujo de calor (m^2).

e = espesor de la pared (m).

T_{int} = temperatura interna de la superficie ($^{\circ}C$).

T_{ext} = temperatura externa de la superficie ($^{\circ}C$).

➤ **Convección:**

“Es el proceso de transporte de energía desde una superficie como consecuencia del movimiento de un fluido (líquido o gas). El gradiente de temperatura en el fluido depende de las características y propiedades de éste.”(INCROPERA, Frank P., 1996, p284.).

Por consiguiente, es conveniente calcular el calor disipado por el sistema en términos de la diferencia total de temperatura entre la superficie en cuestión y el fluido, es decir:

$$Q_{conv} = hA(T_s - T_{\infty}) \quad \text{Ley de Newton de enfriamiento. (Ec. 5.5)}$$

Donde:

Q_{conv} = flujo de calor transferido por convección (Kw).

h = Coeficiente de transferencia de calor ($w/m^2 \text{ } ^{\circ}C$).

A = Área (m^2).

T_s = Temperatura superficie ($^{\circ}C$).

T_{∞} = Temperatura del medio ambiente ($^{\circ}C$)

El fenómeno de transferencia de calor por convección se clasifica como convección forzada y convección libre o natural. En el primer caso el fluido se hace pasar sobre el sistema mediante la acción de algún agente externo, como un ventilador, una bomba o agentes meteorológicos. Por otra parte, el movimiento del fluido resulta en el segundo caso como consecuencia de los gradientes de densidades que éste experimenta, al estar en contacto con una superficie a mayor temperatura y en presencia de un campo gravitacional (o centrifugo).

➤ **Radiación:**

“Es la propiedad que poseen los cuerpos de emitir o propagar radiación en forma de energía electromagnética en diferentes longitudes de onda consecuencia de su temperatura y características superficiales.” (INCROPERA, Frank P., 1996, p634.).

Un emisor ideal o cuerpo negro es aquel que permite energía radiante de su superficie a razón proporcional a su temperatura absoluta elevada a la cuarta potencia, es decir:

$$Q_{rad} = eAV(T_s^4 - T_{alr}^4) \text{ Ecuación de Stefan- Boltzmann. (Ec. 5.6)}$$

Donde:

Q_{rad} = flujo de calor transferido por radiación (Kw).

e = emisividad térmica material

A = Área cilindro (m^2).

σ = constante de proporcionalidad ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ k}^4$)

T_s = Temperatura superficie ($^{\circ}\text{C}$).

T_{alr} = Temperatura de los alrededores ($^{\circ}\text{C}$).

Carga total de calor del espacio interno: La carga total de calor del espacio interno es igual a la ganancia de calor proveniente del personal más la ganancia de calor de la iluminación más la carga total del proceso, esto se reduce a sumar las cargas sensibles y latentes que se generan en el área:

Calor total sensible ($H_{t,sens} = \text{Btu/hr}$):

$$H_{t,sens} = (H_{s,pers} + Q_{t,Dolly} + Q_L) \times F.S \quad (\text{Ec. 5.7})$$

F.S = factor de seguridad (para cargas sensibles 10%).

Calor total latente ($H_{t,lat} = \text{Btu/hr}$):

$$H_{t,lat} = (H_{l,pers}) \times F.S \quad (\text{Ec. 5.8})$$

F.S = factor de seguridad (para carga latente 5%).

Carga total ($H_{total} = Btu/hr$):

$$H_{total} = H_{t,lat} + H_{t,sens} \quad (\text{Ec. 5.9})$$

Cantidad de aire de Ventilación:

Para calcular la cantidad de aire de ventilación necesaria para mantener la temperatura original de diseño de bulbo seco en el espacio o área de reparación final, se obtendrá mediante la siguiente ecuación de primera ley de la termodinámica:

$$(m_1 \times h_1) + H_{total} = m_2 \times h_2$$

Donde por conservación de la masa: $m_1 = m_2 = m_3 = m_a$

Despejando: $m_a = \frac{H_{total}}{h_2 - h_1}$; $h_2 - h_1 = C_{pa} \times (T_2 - T_1)$

$$m_a = \frac{H_{total}}{r_a \times C_{pa} \times (T_{int} - T_{est})} \quad (\text{Ec. 5.10})$$

Donde:

$m_a = ft^3/min.$

C_{pa} = Constante de los gases a presión constante (1,005 KJ/Kg x °C).

$T_{int.}$ = Temperatura máxima en el interior del espacio (°C).

$T_{ext.}$ = Temperatura exterior del espacio, es decir temperatura de aire de suministro (°C).

r_a = Densidad de aire de suministro (1,093 Kg/m³).

CLASIFICACIÓN DE LA RED DE DUCTOS:

La red de distribución de ductos de aire puede clasificarse:

A.- Por su Forma:

Conductos circulares y rectangulares. Los conductos rectangulares son más versátiles que circulares, ya que se adaptan con mayor facilidad a los posibles obstáculos que pueda presentarse la instalación. Normalmente, y como contrapartida, en los conductos circulares el aire circula a mayor velocidad que en los rectangulares, por lo que sus dimensiones son un poco menores que estos últimos.

B.- Por la velocidad del aire:

Conductos de baja y alta velocidad. Se considera que una instalación con una velocidad del aire inferior a 11 m/s es de baja velocidad, y por encima de este valor de alta velocidad. La mayoría de las instalaciones de uso no industrial se realizan con conductos de baja velocidad, ya que producen un nivel sonoro inferior que los de alta velocidad.

C.- Por la presión del aire:

Conductos de baja, media y alta presión.

- Baja presión: hasta 890 Pa. (90 mm.c.a.).
- Media presión: de 890 hasta 1.765 Pa. (90 a 180 mm.c.a.).
- Alta presión: de 1.765 a 2.950 Pa. (180 a 300 mm.c.a.).

Dimensionado de ductos:

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

Existen cuatro métodos para el dimensionamiento de ductos en ventilación: el método de igual fricción, el método de recuperación estática, el método de asignación de velocidad y el método de balanceo de capacidades.

A.- Método de caída de presión constante o método de igual fricción:

El ducto es dimensionado de tal manera que las pérdidas de presión por unidad de longitud sean constantes. Es posible que las resistencias en los ductos ramales sean esencialmente iguales, a menos de que tenga mucha diferencia en sus longitudes. Cuando se aplica este método se acostumbra determinar la caída de presión de acuerdo con la velocidad deseada en el ducto principal en la parte más alejada del ventilador. Los ductos ramales deben tener compuerta de control para su confort.

B.- Método de recuperación estática:

En este método, las secciones de los ductos se dimensionan de forma tal que el aumento de presión estática debido a una reducción en la velocidad en un tramo de ducto, compense la pérdida por fricción en la sección siguiente. Algunas veces, cuando la fricción es elevada, pueden resultar secciones demasiado grandes para poder compensar la caída de presión resultante. En estos casos, la sección transversal no deberá exceder la del ducto del cual se deriva la misma. Los numerosos cálculos derivados de la aplicación este exigen mayor cuidado del proyectista.

C.- Método de asignación de velocidades:

Se supone la velocidad en cada uno de las diferentes secciones del ducto, siempre dentro de los valores recomendados, se suman las pérdidas en cada una de las partes del sistema para determinar la pérdida total. Una modificación de este método es conocido como el método de reducción de velocidad y en general sigue el procedimiento indicado, pero las velocidades supuestas son reducidas progresivamente en las diferentes secciones del ducto. La velocidades mayor se tiene a la salida del ventilador, y la velocidad en el ducto principal es disminuida después en varios ramales de salida. El control del flujo en los diferentes ramales depende sobre todo de las compuertas de control que se tengan instaladas.

En la práctica, comúnmente se utilizan tablas y diagramas para evaluar las pérdidas de presión de cualquier tipo de fluido (agua, vapor o aire) en sistemas de tuberías y ductos.

D.- Método de balanceo de capacidades:

Este método se basa en dimensionar los ductos tal que la Pérdida de presión total externa (ductos más terminal de aire) que deberá vencer el ventilador sea la misma para todas las trayectorias.

Este método es usado principalmente para el cálculo de ductos de suministro, en sistemas de baja velocidad.

Cámaras de pinturas:

“Las cámaras de pinturas, son los dispositivos donde se pinta. Su función principal, consiste en la eliminación de solventes por medio de la extracción de aire, y a la vez recoger todos los residuos de polvillos pintura (sobre rocío, conocido también como “Over Spray”). De esta manera, se obtiene un ambiente de poca contaminación, donde pueden efectuar sus labores los operarios de la producción.”(Prof. ELIAS, Humberto, 1974, p65).

Existen muchos modelos de cámaras de pinturas, diferenciándose , en la forma de efectuar la eliminación de solventes evaporados y recolección de polvillo de pintura, que es la funciones para las cuales han sido diseñadas, las capacidades de producción que puede manejar, los tamaños de productos a ser pintados y a la calidad de acabados deseados.

Quizás la característica más distintiva de una cámara de pintura es determinada por la forma en que ésta salga a la atmósfera junto con los solventes evaporados en el proceso. Tomando en consideración esta característica las cámaras de pinturas pueden clasificarse en cámaras con sistemas de eliminación seca y cámaras con sistemas de eliminación húmeda. En cada uno de estos tipos existe una gran variedad, dependiendo de la forma del dispositivo de eliminación.

Cámaras de pinturas con sistemas de eliminación seco:

Este tipo de cámaras de pintura son utilizadas en aquellas plantas que no tienen altos volúmenes de producción y que no requieren de la utilización constante de ellas. Son mucho más económicas que las cámaras de pinturas con sistemas de eliminación húmeda, en cuanto a los costos operacionales que depende del tipo seleccionado.

La ventilación forzada, permite mantener una presión positiva dentro de la cámara, no dejando que entre polvo y otros contaminantes a la misma. El aire proveniente de la ventilación forzada, debe ser filtrado para obtener mejores resultados. Este tipo de cámaras, es estrictamente recomendado para usos intermitentes, y donde la calidad del producto final no es de primordial importancia. Su aplicación principal se encuentra en fábricas de tableros eléctricos, talleres de metalmecánica, plantas de fabricación de productos metálicos tales como cajas fuertes, garitas, ventanas, puertas, etc.

Cámaras de pintura con sistema de eliminación húmedo:

Este tipo de cámara, es para uso continuo en plantas de alta producción. El sistema de eliminación de polvillo de pintura, consiste en “lavar” el aire de extracción por medio de una cortina de agua; esta cortina de agua, se forma al salir agua a presión a través de toberas, o al chocar chorros de agua a presión, en dispositivos especialmente diseñados para lograr la cortina de agua. El aire succionado por ventiladores de extracción, es obligado a pasar por las cortinas de agua, lavándose al mismo tiempo. Las secciones eliminadoras poseen un grupo de deflectores donde choca el aire, perdiendo velocidad y cambiando la dirección del flujo. Esto hace que partículas de agua que son arrastradas por la succión, choquen con los deflectores y regresen a los tanques de la cámara por gravedad.

En la cámara de pintura, el agua es recirculante a través de un circuito cerrado por medio de una o varias bombas; el agua una vez aspersada, regresa al tanque de la cámara que va ubicado en el piso, ocupando total o parcialmente el área de la misma.

En sistemas muy complejos, el agua es filtrada por equipos especiales, antes de ser bombeada nuevamente hacia el interior de la que son limpiados diariamente. El objeto

de filtrar el agua, es el de extraer el polvillo eliminado del aire, para evitar que se aglutine formando masas pegajosas de pintura. Si estas masas no son eliminadas, obstruyen las bombas y/o las toberas de aspersión.

Existen productos; algunos de base alcalina, que se usan para hacer flotar las pinturas en los tanques y a la vez evitar que estos se aglutinen, mejorando por consiguiente la operación y eficiencia de las cámaras.

Para obtener acabados finos. Las cámaras de pinturas son provistas de ventilación forzada. Esta ventilación forzada, es introducida a la cámara a través de un plenum de distribución, el cual permite entrada de aire a velocidad constante a través de toda el área del techo de la cámara de pintura. Este aire es filtrado varias veces, lográndose eficiencias de filtrado. Este aire es filtrado varias veces, lográndose eficiencias de filtrado de hasta 99% en sistemas muy complejos se utilizan varios tipos diferentes de filtros, incluyéndose sistemas electroestáticos de alta eficiencia.

En virtud que desde el punto de vista de la producción en serie son más importantes las cámaras de pinturas con eliminación húmeda, se presentan a continuación en las próximas secciones, algunas consideraciones sobre el diseño y las características principales de construcción de una cámara de este tipo.

Sistemas de presurización para plantas de pinturas:

En aquellos sistemas de pintura donde se requiere de acabados muy finos, tales como los utilizados por la industria automotriz, es necesario mantener en el mayor estado de pulcritud, las instalaciones de pintura. Parte de la suciedad en las zonas de pintura, provienen del aire de las proximidades de otras zonas de fabricación, que generan polvos contaminantes de otras industrias ubicadas en las cercanías, Con el fin de alimentar las zonas de pintura con aire limpio, se instalan los sistemas de ventilación forzada o sistemas de presurización; de esta manera, se inyecta aire a presión debidamente filtrado en las áreas de pintura, las cuales deben ser aisladas por medio de paredes de las otras áreas de producción. Manteniendo presiones ligeramente mayores que la atmosférica dentro de las zonas de pinturas, se evitan infiltraciones de aire impuro, y por consiguiente suciedades sobre los productos acabados.

El aire suministrado a las zonas de pintura, debe ser previamente filtrado para sustraerle las impurezas que contiene; los sistemas de filtrado, son semejantes a los utilizados en las casas de filtrado de las cámaras de pintura. Mientras más limpio sea el aire inyectado, se obtienen productos de mejor acabado; sin embargo, un aire más limpio implica mayores inversiones en equipos, teniendo que llegarse a un compromiso entre el tipo de acabado deseado sobre las superficies pintadas, el costo que acarrearán los equipos y el mantenimiento necesario para mantener limpias las zonas de pinturas.

Los sistemas de presurización, semejantes a los utilizados en ventilación industrial, para áreas que no requieren de una gran pureza del aire suministrado, y los procedimientos de cálculos son los mismos que se hacen en ventilación industrial; la variante está solamente en los dispositivos que se utilizan para filtrar el aire, ya que éstos generan pérdidas por fricción que deben ser consideradas en el momento de seleccionar el ventilador de suministro y que requieren de espacios.

Para el diseño de un sistema de presurización de pintura, existen seis factores que debemos tomar en cuenta para su selección. Estos son: eficiencia del sistema, costo inicial, costos operacionales, requerimientos de mantenimiento, resistencia del aire a fluir y consideraciones de espacio. Para cada una de estas consideraciones, existen unas recomendaciones específicas que permiten hacer la selección más adecuada:

➤ Eficiencia del sistema: La eficiencia de un filtro no indica la cantidad de polvo que él extrae del aire, pero si la eficiencia de un sistema es normalmente establecida, por normas industriales, y también en países industriales además de las propias normas de las industrias, por los controles sobre contaminación atmosférica impuestos por los gobiernos.

Las normas industriales sirven como punto de arranque para la selección del sistema de filtrado. Donde los beneficios económicos de un sistema con alta eficiencia, donde se requiere de excelente acabado, son obvios.

➤ Costo inicial contra costo operacionales: La mayoría de las veces, costos iniciales más bajos representan costos operacionales más altos y viceversa. Indudablemente un sistema más económico y de baja eficiencia, requiera de mayores costos de mantenimiento y se obtendrán productos de menor calidad.

➤ **Requerimiento de mantenimiento:** Los costos de mantenimiento se verán afectadas por los tipos de equipos seleccionados y los tipos de controles utilizados.

El problema de remover polvo de una corriente de aire, puede ser considerado en dos partes: la recolección inicial de partículas de polvo, y la remoción de este polvo de los filtros.

La remoción del polvo capturado de los filtros, puede ser realizado por alguno de los siguientes procedimientos: a) descartando el filtro usado y poniendo uno nuevo; b) el marco del filtro se deja permanente, quedando el filtro en sí, sujeto a reacciones periódicas para limpieza y/o ser reemplazado posteriormente; c) el filtro puede ser limpiado y reinstalado; d) el uso de filtros autolimpiantes. Estos últimos incluyen unidades con cortinas de metal, que rotan a través de baños de aceites y/o filtros de rollos que automáticamente se mueve cuando los diferenciales de presión aguas arriba y aguas abajo, alcanzan valores predeterminados.

Los controles utilizados se reflejan en los costos de mantenimiento; basta instalar medidores de presión, para saber cuando los filtros deben ser cambiados. El uso de relojes de tiempo (timers), permiten el cambio automático de los filtros de rollo sin requerir de la presencia de personal.

➤ **Resistencia del aire a fluir – tamaño del motor:** La resistencia operacional de un equipo de filtrado influye en el tamaño del motor a ser seleccionado para el ventilador. Esto afecta también el consumo de energía y es un factor significativo. Los fabricantes de filtros establecen normalmente dos tipos de resistencia: una inicial cuando el filtro está limpio, y una resistencia final que es cuando el filtro debe ser remplazado o limpiado. Los filtros renovables automáticamente, son especificados para una resistencia media de operación.

Los sistemas deben ser diseñados para suministra las cantidades de aire requeridas a las presiones de resistencia final. Un sistema de reguladores de aire, debe ser previsto para compensar los posibles excesos de volúmenes de aire inicial, debido a las más bajas resistencias de los filtros cuando están nuevos.

➤ **Consideraciones de espacio:** Deben preverse accesos en todos los sitios, de manera de facilitar la reinstalación y mantenimiento de los filtros, así como limpieza de las casas de filtrado y ductos de suministro.

Otras consideraciones de diseño que deben ser tomadas en cuenta son: diseñar los sistemas para que el aire pase lo más perpendicularmente posible a través de los filtros.

Considerar el uso de pre-filtro con alta eficiencia. Proveer romanillas y rejillas a la entrada de las casas de filtrado. Usar siempre indicadores de presión, para saber cuando los filtros deben ser servidos.

5.2.- FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DEL “TRANSFER”.

Para el diseño del “Transfer” se utilizara para su elaboración elementos los cuales pudiesen estar sujetos a cargas críticas, estos desarrollara fenómenos que pueden lograr el colapso de la estructura, por ello debemos resaltar distintos aspectos teóricos para establecer su prevención, estos son:

Pandeo en barras, placas y vigas:

Este fenómeno se establece cuando una pieza se encuentra en efecto de una fuerza compresora, el valor de esta fuerza se aproxima al valor de presión critica del material, generándose entonces una deformación lateral donde la pieza a medida que aumenta esta carga crítica colapsa, generando así la fractura de la pieza y desplome de la estructura esbelta.

Por consiguiente a la hora de diseñar estructuras debemos considerar esta carga crítica dentro de los cálculos de las piezas de la estructura, para evitar este fenómeno.

Existen distintos casos de pandeos, dependiendo de la forma de la pieza, estos casos son:

5.2.1.- Pandeo en barras empotradas en ambos lados:

En caso de una pieza con los extremos empotrados existen momentos de reacción sobre los extremos durante el pandeo. La combinación de la fuerza compresora y dichos

momentos equivalen a aplicar excéntricamente la fuerza compresora P. Por consiguiente, la carga crítica para una pieza con los extremos empotrados se deduce a la ecuación:

$$P_{Cr} = \frac{4p^2 EI}{L^2} \quad (\text{Ec. 5.11})$$

Donde:

P_{Cr} = carga critica (Kg/cm^2).

E = modulo de elasticidad del material (Kg/cm^2).

I = momento de inercia de la barra (cm^4).

$$I = \frac{pd^4}{64} \quad (\text{Ec. 5.12})$$

d = diámetro (cm).

L = longitud de la barra (cm).

5.2.2.- Pandeo en placas rectangulares apoyadas en sus cuatro extremos y solicitada a esfuerzo cortante uniformemente distribuida:

El valor crítico de fatiga en este caso produce la abolladura de la placa, el valor crítico de esta deformación viene dada por:

$$s_{cr} = \beta s_e \quad (\text{Ec. 5.13})$$

Donde los valores de β vienen dados por la relación a/b (FIGURA N° 5.4), donde los podemos escoger de la TABLA N° 5.1.

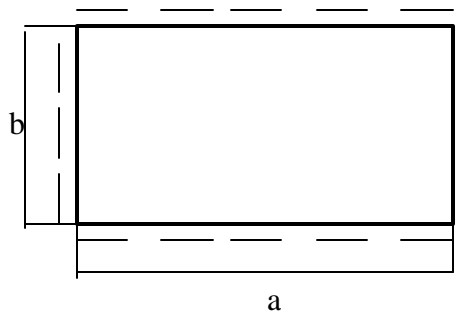


Figura N° 5.4: Placa rectangular solicitada a fatiga por efecto de esfuerzos cortante uniforme.

$$s_e = \frac{p^2 E e^2}{12 b^2 (1 - m^2)} \quad (\text{Ec. 5.14})$$

De donde:

E = modulo de elasticidad del material a la tracción (Kg/cm²).

b = ancho de la placa (cm).

e = espesor de la placa (cm).

TABLA N° 5.1: Constante B para el cálculo de la deformación crítica en una placa rectangular sometida a una cortadura uniforme.

a/b =	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	3	8
? =	9,42	8,0	7,3	7,1	7,0	6,8	6,6	6,3	6,1	5,4

5.2.3.- Deflexión en vigas:

Las vigas se deforman más que los elementos mecánicos de carga axial y probablemente el fenómeno de la flexión ocurre con más frecuencia que cualquier otro problema de carga en el diseño. Por ello es un factor que debemos tomar en cuenta a la hora de diseñar estructuras. Ejes de transmisiones, manivelas, palancas y muchos otros elementos suelen tratarse como vigas en el diseño y sistemas mecánicos.

Para nuestro caso tenemos, En voladizo. Carga en el extremo:

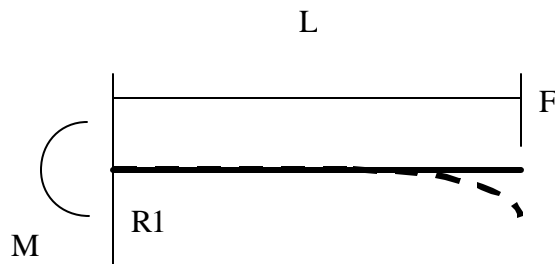


Figura N° 5.5: Deflexión en viga, en voladizo con carga en el extremo.

La deflexión máxima viene dada por:

$$y_{\max} = \frac{FL^3}{3EI} \quad (\text{E.c. 5.15})$$

Donde:

F = Carga aplicada en el extremo (Kg.).

L = Longitud de la viga (cm.).

E = Modulo de elasticidad del material ($2,1 \times 10^6$ Kg. /cm²).

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga (Kg. /cm²).

Para nuestros cálculos definimos que la deformación en la viga debe ser mínima por lo cual:

$$\frac{L}{1000} \leq y_{\max} \leq \frac{L}{500} \quad (\text{E.c. 5.16})$$

Debemos establecer un estudio si la carga aplicada en la viga es soportada por la misma, comparando su deformación con el esfuerzo de fluencia admisible del material, por lo tanto:

$$s = \frac{M \times c}{I} \leq \frac{S_y}{F.S} \quad (\text{E.c. 5.17})$$

Donde:

M = Momento aplicado en el extremo empotrado de la viga (Kg. x m.).

c = Distancia al centro de gravedad (cm.).

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga (cm⁴).

S_y = Esfuerzo de fluencia del material (Kg. /cm²).

F.S = factor de seguridad.

5.2.4.- Pandeo en barras prismáticas:

Para la selección de las pletinas a usarse en el diseño debemos estudiar la carga crítica que soportara la pletina seleccionada y garantizar que en las mismas, no ocurra el fenómeno de pandeo, que podría originar el colapso de la estructura.

Por lo tanto esta carga crítica para barras prismáticas articuladas en los extremos es:

$$P_{cr} = \frac{P^2 EI}{L^2} \quad (\text{E.c. 5.17})$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del material ($2,1 \times 10^6$ Kg. /cm²).

I = Momento de inercia de la sección transversal de la barra (cm⁴).

L = Longitud de la barra (cm.).

5.2.5.- Pandeo en barras cilíndricas:

Al igual que para las barras prismáticas, debemos calcular la carga máxima axial para que el eje no pandee y a su vez no colapse.

Para hallar la carga crítica del eje con el lado inferior empotrado y el otro libre, lo obtenemos como:

$$P_{cr} = \frac{P^2 EI}{4L^2} \quad (\text{E.c. 5.18})$$

5.2.6.- Calculo del cordón de soldadura:

Es necesario calcular el tamaño del cordón necesario para que la unión soldada soporte la carga aplicada, para ello debemos estudiar la deformación en la soldadura con respecto al esfuerzo de fluencia del electrodo a ser usado.

Donde la deformación de la soldadura debe ser menor o igual, a el esfuerzo de fluencia del electrodo entre el factor de seguridad.

$$s_{sold} \leq \frac{S_{y_{electrodo}}}{F.S} \quad (\text{E.c.5.19})$$

De donde podemos despejar el espesor necesario del cordón de la soldadura a aplicar en la unión.

CAPITULO VI

CALCULOS PARA LOS SISTEMAS A SELECCIONAR EN EL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL

6.1.-CALCULO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL ÁREA DE REPARACIÓN FINAL.

Para diseñar el sistema de suministro de aire y de extracción hay que tener en cuenta varios factores como lo son las cargas térmicas que se generan en el área provenientes de la iluminación, el personal que labora en el área y las unidades que salen del horno de pintura.

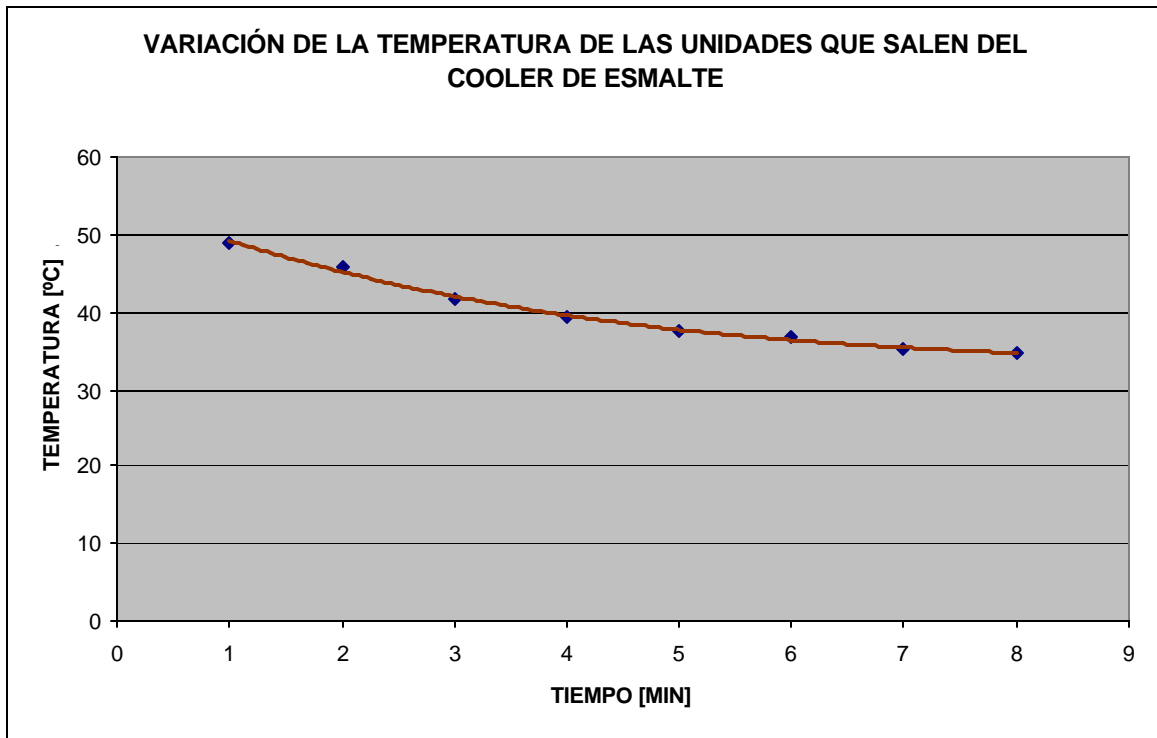
➤ La Iluminación: la iluminación que se colocará en el área que va a estar cerrada, influirá directamente en la cantidad de aire que hay que suminístrale a esta zona para mantenerla confortable para el personal que labora en ella.

➤ El personal esta en continuo trabajo pesado generando también calor al ambiente que se encuentra cerrado, por lo tanto es un factor que debemos considerar para el calculo de la cantidad de aire a ser suministrado al sistema.

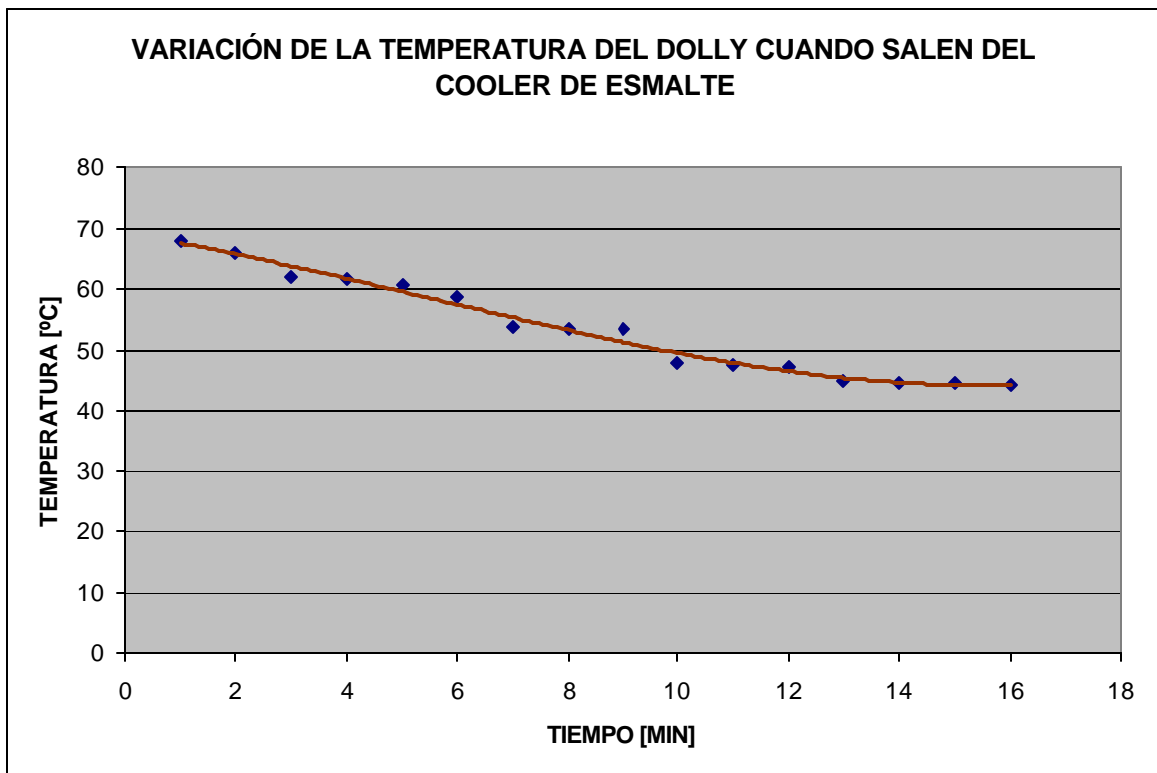
➤ En el caso de las unidades que salen del horno de esmalte estas se encuentran a una temperatura mucho mayor a la temperatura ambiente, por lo tanto estas unidades generan un calor sensible en el área la cual hay que considerar en todo momento; en vista de esto se determinó la variación de la temperatura, desde que la unidad sale del cooler del horno de esmalte hasta que entra a la zona de inspección del área de reparación final.

En este tramo intermedio está el proceso de desentirrado que dura aproximadamente entre 5 a 7 min. Y consiste en quitarle todo el empapelado que llevan ciertas partes de la unidad antes de introducirla en el horno para su protección, en este periodo de tiempo se pudo observar, mediante mediciones hechas con un pirómetro de radiación, que la carrocería disminuía su temperatura considerablemente (Grafica N° 6.1) y que prácticamente se estabilizaba con la temperatura del ambiente del galpón que varia entre 35 a 38 °C, esto quiere decir, que la unidad entrara al área de reparación final con una temperatura aproximadamente igual a la temperatura ambiente.

Luego se observo que el Dolly, mediante mediciones hechas con un pirómetro de radiación, que es el equipo que transporta la carrocería por todo el sistema y que también entra al horno, pasa por el cooler con la unidad, pero al hacer el estudio de la variación de la temperatura del Dolly con respecto al tiempo que transcurre desde que sale hasta que entra al área de reparación final se observó (Grafica N° 6.2), que el dolly sale mucho mas caliente que la carrocería, debido a que las salidas del cooler están dirigidas hacia ella, ya que es la zona que se encuentra directamente en contacto con los operarios; la parte inferior (Dolly) no es enfriada por los cooler por ello tarda mas en enfriarse. Por lo tanto genera un calor adicional en el área que si debemos tomar en cuenta en los cálculos.



GRAFICA N° 6.1



GRAFICA N° 6.2

Otros elementos que debemos tomar en cuenta para diseñar y escoger el ventilador que cumpla con los requisitos esperados, son las pérdidas que se generan en los ductos, en las salidas de aire y filtros.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN:

1.- Se distribuirá el caudal de aire necesario por toda el área uniformemente, por medio del sistema de suministro de aire.

2.- Se extraerá el aire del área por medio de otro sistema de ventilación, que garantice una presión negativa para que todo contaminante generado en el área (polvo, fibra), sean aislados y evitar la contaminación del galpón de pintura y así controlar la calidad en los vehículos pintados.

3.- El diseño debe cumplir con los principios básicos de ventilación en lugares de trabajo, según las disposiciones establecidas en la norma "COVENIN 2250-90".

4.- La geometría del espacio físico disponible es considerada a fin de obtener la distribución del sistema de los ductos lo mas sencillo y simétrico posible.

5.- Los accesorios como los codos se diseñan con una relación R/D = 1,25.

6.- El método seleccionado para el dimensionamiento de los ductos es el conocido como *método de caída de presión constante o método de igual fricción*.

6.1.1.- CARGAS TERMICAS EN EL AREA DE REPARACIÓN FINAL:

CARGA POR N° DE PERSONAS:

$$Hs, \text{ pers} = N^{\circ} \text{ pers} \times \text{METS} \times \text{FCE} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

$$Hl, \text{ pers} = N^{\circ} \text{ pers} \times \text{METL} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

Donde:

Hs, pers = Carga sensible por persona.

Hl, pers = Carga latente por persona.

Nº pers = 20

FCE = 1 (Factor de carga eléctrica), (no se usa 24 horas)

PARA TRABAJO PESADO:

MTS = 525 (Disipación metabólica sensible), (**APENDICE 13**)

MTL = 925 (Disipación metabólica latente)

Hs, pers = 20 x 525 x 1 = 10.500 Btu/Hr

Hl, pers = 20 x 925 = 18.500 Btu/Hr

CARGA POR ILUMINACIÓN (QL):

Se utilizaran para esta área 572 bombillos fluorescentes de 55 W de encendido rápido, LDD, de 38 mm., y longitud 1829 mm., esto esta basados en la norma de control de calidad para inspección de MITSUBISHI MOTORS, JAPON.

$$QL = W \times Fu \times Fs \times FCL \quad (\text{Ec. 5.3})$$

Donde:

W = potencia total de las luces.

Fu = factor de uso es 1,00

Fs = factor de iluminación (luz fluorescente 1,25)

FCL = factor de carga 0,96

$$QL = 572 \times 55 \times 1 \times 1,25 \times 0,96$$

$$QL = 37,752 \text{ Kw (128.815,17 Btu/Hr)}$$

CARGA TERMICA GENERADA POR EL DOLLY (Qt, Dolly):

Para obtener la carga térmica en el Dolly debemos considerar:

Transferencia de calor en estado transitorio por convección y radiación.

$$Q = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (\text{Ec. 6.1})$$

Calor por convección (Q_{conv}):

$$Q_{conv} = hA(T_s - T_{\infty}) \quad (\text{Ec. 5.5})$$

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor.

A = Área.

T_s = Temperatura superficie.

T_8 = Temperatura del medio ambiente.

Calor por radiación (Q_{rad}):

$$Q_{rad} = eAs(T_s^4 - T_{alr}^4) \quad (\text{Ec. 5.6})$$

Donde:

e = emisividad térmica material (0,5)

A = Área cilindro. (dpL)

s = constante de proporcionalidad ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ k}^4$)

T_s = Temperatura superficie. T_{alr} = Temperatura de los alrededores.

El Dolly esta formado por tubos de hierro con costura de diámetro exterior 6 cm. (60 mm.) y espesor de 3,56 mm:

➤ 2 tubos de 4,76 m.

➤ 6 tubos de 0,96 m.

➤ 4 tubos de 0,25 m.

LONGITUD TOTAL: 5,97m.

Para hallar “ h ” (Coeficiente de transferencia de calor) utilizamos las correlaciones empíricas:

$$h = \frac{k}{D} Nu \quad (\text{Ec. 6.2})$$

Para ello determinamos.

El número de Rayleigh (Ra):

$$Ra = \frac{g \times \beta (T_s - T_\infty) d^3}{\nu \times \mu} \quad (\text{Ec. 6.3})$$

Donde:

g = gravedad.

$\beta = 1/T_f$ (1/k)

ν = viscosidad cinemática.

μ = viscosidad dinámica.

T_s = temperatura de la superficie.

T_∞ = temperatura del medio.

T_{alr} = temperatura de los alrededores.

d = diámetro.

Datos:

$T_s = 70 \text{ }^\circ\text{C} = 343 \text{ }^\circ\text{F}$.

$T_\infty = 32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ }^\circ\text{F}$.

$T_{alr} = 35 \text{ }^\circ\text{C} = 308 \text{ }^\circ\text{F}$.

Propiedades del aire temperatura promedio (T_f):

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{343 + 305}{2} = 324 \text{ }^\circ\text{F}$$

$\rho = 1,0093 \text{ Kg/m}^3$

$k = 0,0281 \text{ W/mk}$ (conductividad térmica del aire)

$\nu = 26,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$\beta = 3,08 \times 10^{-3} \text{ 1/k}$

$Pr = 0,69$ (número prandtl)

Entonces de Ec. 6.3:

$$Ra = \frac{(9,8) \times (3,08 \times 10^{-3}) \times (343 - 305) \times (0,06)^3}{(1,8 \times 10^{-5}) \times (26,2 \times 10^{-6})} = 5,253 \times 10^5$$

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387(Ra)^{\frac{1}{8}}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 \quad (\text{Para cilindros}) \quad (\text{Ec. 6.4})$$

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387(5,253 \times 10^5)^{\frac{1}{8}}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{0,69} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 = 5,12 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Coeficiente de transferencia de calor (Ec. 6.2):

$$h = \frac{k}{D} Nu = \frac{(0,0281) \times (5,12)}{(0,06)} = 2,398 \frac{W}{m^2 \times k}$$

Calor generado por un Dolly:

$$Q = Q_{conv} + Q_{rad}$$

$$Q = hA(T_s - T_\infty) + eAs(T_s^4 - T_{alr}^4)$$

$$Q = hpDL(T_s - T_\infty) + espDL(T_s^4 - T_{alr}^4)$$

$$\frac{Q}{L} = hpD(T_s - T_\infty) + espD(T_s^4 - T_{alr}^4)$$

$$\frac{Q}{L} = 2,398 \times p \times 0,06 \times (343 - 305) + 0,5 \times 5,67 \times 10^{-8} \times p \times 0,06(343^4 - 308^4)$$

$$\frac{Q}{L} = 43,0388 \frac{W}{m}$$

$$Q = 43,0388 \frac{W}{m} \times 5,97m = 256,9419 \text{ Watts}$$

Calor generado por la cantidad de Dollys en el área:

$$N^{\circ} \text{ Dolly} = 15$$

$$Q_{t, Dolly} = Q \times N^{\circ} \text{ Dolly} \quad (\text{E.c. 6.5})$$

$$Q_{t, Dolly} = 256,9419 \times 15 = 3854,13 \text{ Watts} = 13.150,83 \frac{Btu}{Hr}$$

CALOR TOTAL SENSIBLE (Ht,sens):

$$H_{t,sens} = (H_{s,pers} + Q_{t,Dolly} + Q_L) \times F.S \quad (\text{E.c. 5.7})$$

F.S = factor de seguridad (para cargas sensibles 10%)

$$H_{t,sens} = (128.815,17 + 13.150,834 + 10.500) \times 1,1$$

$$H_{t,sens} = 168.108,38 \frac{Btu}{Hr}$$

CALOR TOTAL LATENTE (Ht,lat):

$$H_{t,lat} = (H_{l,pers}) \times F.S \quad (\text{E.c. 5.8})$$

F.S = factor de seguridad (para carga latente 5%)

$$H_{t,lat} = (18.500) \times 1,05$$

$$H_{t,lat} = 19.425 \frac{Btu}{Hr}$$

CARGA TOTAL (Htotal):

$$H_{total} = H_{t,lat} + H_{t,sens} \quad (\text{E.c. 5.9})$$

$$H_{total} = (168.108,38 + 19.425) = 187.533,38 \frac{Btu}{Hr} = 54.962,89 \text{ Watts.}$$

6.1.2.- SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE:

CAUDAL DE AIRE A SUMINISTRAR:

La cantidad de aire de ventilación necesaria para mantener la temperatura original de diseño de bulbo seco es:

$$m_a = \frac{H_{total}}{\lambda_a \times C_{p_a} \times (T_{int} - T_{ext})} \quad (\text{Ec. 5.10})$$

Donde:

$C_{p_a} = 1,005 \text{ KJ/Kg} \times ^\circ\text{C}$ (Constante de los gases a presión constante)

$T_{int} = 38 \text{ }^\circ\text{C} = 100,4 \text{ }^\circ\text{F}$

$T_{ext} = 32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ }^\circ\text{F}$

$\lambda_a = 1,093 \text{ Kg/m}^3$

$$m_a = \frac{54,96289 \text{ Kw}}{1,093 \times 1,005 \times (38 - 32)} = 8,3393 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 17.670 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

CALCULO DE DUCTOS:

Para el cálculo de los ductos y de obtener la caída de presión total en el sistema se utilizo el método de igual fricción.

Para el ducto principal "A" tenemos:

- Caudal unitario por salida que se le va a suministrar al área (Q_i):

$$Q_i = \frac{Q_t}{N_s} = \frac{17.670,0775}{20} = 883,5 \text{ ft}^3/\text{min}$$

- *Velocidad máxima del ducto principal:* del **APENDICE 12** obtenemos la velocidad máxima para el ducto principal según la aplicación.

$$V_a = 2200 \text{ ft/min} \quad (11,176 \text{ m/s})$$

➤ Factor de fricción y diámetro del ducto: Con el caudal del ducto principal y la velocidad, en el **APENDICE 21** se obtiene el factor de fricción y el diámetro equivalente.

$$\frac{\Delta p}{L} = 0,15 \text{ inH}_2\text{O}/100 \text{ ft} \quad f_{\text{equi}} = 38 \text{ in}$$

➤ Ductos rectangulares equivalentes para ductos circulares: Del **APENDICE 9** con el diámetro equivalente tenemos la sección equivalente en ducto rectangular.

Diametro Ducto Rectangular: 40" x 30"

➤ Pérdida de presión en el tramo "A":

$$\Delta P_A = \frac{0,15 \text{ inH}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} \times 16,4 = 0,0246 \text{ inH}_2\text{O}$$

Para los otros tramos (**APENDICE 3**) se calcula de la misma manera, obteniendo los siguientes resultados:

TABLA N° 6.1: Resultados del ducto de suministro de aire.

TRAMO	Leq. (m / ft)	CAUDAL (PCM)	Øequiv. (in)	Duct. Rect.(in)	? P (in H ₂ O)
A	5 / 16,4	17.670	38	40 x 30	0,0246
B	6 / 19,685	7.951,5	28	35 x 19	0,0295275
C	6 / 19,685	7.068	27	30x 20	0,0295275
D	6 / 19,685	6.184,5	25,5	30 x 18	0,0295275
E	6 / 19,685	5.301	24	30 x 16	0,0295275
F	6 / 19,685	4.417,5	22,5	25 x 17	0,0295275
G	6 / 19,685	3.534	20,5	20 x 18	0,0295275
H	6 / 19,685	2.650,5	18,5	18 x 16	0,0295275
I	6 / 19,685	1.767	16	18 x 12	0,0295275
J	6 / 19,685	883,5	12	18 x 7	0,0295275
K	1,5/5	9.718,5	30,5	40 x 20	0,0075
L	6 / 19,685	8.835	29	40 x 18	0,0295275
M	4,5/14,764	7.951,5	27	35 x 19	0,022146
N	6 / 19,685	7.068	25,5	30x 20	0,0295275
Ñ	6 / 19,685	6.184,5	24	30 x 18	0,0295275
O	6 / 19,685	5.301	22,5	30 x 16	0,0295275
P	6 / 19,685	4.417,5	20,5	25 x 17	0,0295275

$$\sum \Delta P = 0,4069935 \text{ inH}_2\text{O}$$

Como las pérdidas en los terminales son las mismas la trayectoria más desfavorable es aquella que tenga la longitud equivalente mayor, como se puede observar en el caso anterior.

CALCULO DE LA PRESIÓN DE RECUPERACIÓN (P_r^x):

La presión de recuperación se produce entre el tramo inicial y el final debido a la disminución de velocidad una conversión de presión de velocidad en estática; y por lo tanto esto implica una disminución en la presión total que se debe requerir a la descarga del ventilador.

Viene dada por la siguiente expresión:

$$P_r^x = R_1 \left[\left(\frac{V_x}{4005} \right)^2 - \left(\frac{V_y}{4005} \right)^2 \right] \quad \text{(Ec. 6.6)}$$

Donde:

R_1 = Coeficiente de recuperación (se considera $R_1=0.30$).

V_x = Velocidad del tramo inicial, pie / min.

V_y = Velocidad del tramo final (trayectoria más desfavorable), pie / min.

Área tramo T = 18" x 7" = 126 in² = 0,875 ft²

Velocidad tramo T = CAUDAL / AREA = $\frac{883,5}{0,875} = 1009,7142 \text{ ft}/\text{min}$

$$P_r^x = 0,3 \left[\left(\frac{2200}{4005} \right)^2 - \left(\frac{1009,7142}{4005} \right)^2 \right] = 7,1455 \times 10^{-2} \text{ inH}_2\text{O}$$

PRESIÓN TOTAL (PT):

$$PT = 0,4069935 - 7,1455 \times 10^{-2} = 0,335538 \text{ inH}_2\text{O}$$

PRESIÓN ESTÁTICA DEL VENTILADOR DE SUMINISTRO (?pven):

Presión que debe vencer el ventilador para aportar la cantidad de aire que se requieren en el sistema.

$$\Delta p_{ven} = 1,1(P_t + P_{succ})$$

Donde:

P_t = Pérdida del sistema de suministro.

P_{succ} = Pérdida del sistema de succión.

$$P_{succ} = P_{filtro} + P_{toma}$$

Donde:

P_{filtro} = Pérdida por filtro de aire, (1,8 in H₂O).

P_{toma} = Pérdida en la toma de aire, (0,1 in H₂O), (**APENDICE 11**).

$$P_{succ} = 1,9 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$\Delta p_{ven} = 1,1(P_t + P_{succ}) = 1,1(0,335538 \text{ inH}_2\text{O} + 1,9 \text{ inH}_2\text{O}) = 2,4590 \text{ inH}_2\text{O} (611,92 \text{ Pa})$$

$$\Delta p_{ven} = 2,4590 \text{ inH}_2\text{O} (611,92 \text{ Pa})$$

6.1.3.- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE:

Para el sistema de extracción, se quiere conservar en el área una presión negativa por lo tanto el caudal de extracción será mayor al que se suministra y así garantizar que todos los contaminantes que se generan en esta área no contaminen el sistema de pintura.

CAUDAL DE EXTRACCIÓN (m_a):

$$m_a = m_{a \text{ sumi}} + 10 \%$$
$$m_a = 17.670 \text{PCM} + 10\% = 19.437 \text{PCM}$$

CALCULO DE DUCTOS:

Igual que para el sistema de suministro el caudal que se va a extraer se va a calcular por el método de igual fricción.

- Caudal a extraer por rejilla de extracción:

$$Q_i = \frac{Q_t}{N_s} = \frac{19.437}{10} = 1943,7 \text{ ft}^3/\text{min}$$

- *Velocidad máxima del ducto principal:* del **APENDICE 12** obtenemos la velocidad máxima para el ducto principal según la aplicación.

$$V_{A'} = 2200 \text{ ft/min} \quad (11,176 \text{ m/s})$$

- Factor de fricción y diámetro del ducto: Con el caudal del ducto principal y la velocidad, en la Tabla N°2 se obtiene el factor de fricción y el diámetro equivalente.

$$\frac{\Delta p}{L} = 0,14 \text{ inH}_2\text{O}/100 \text{ ft} \quad f_{\text{equi}} = 40 \text{ in}$$

- Ductos rectangulares equivalentes para ductos circulares: Del **APENDICE 9** con el diámetro equivalente tenemos la sección equivalente en ducto rectangular.

$$\text{Diametro Ducto Rectangular: } 45'' \times 30''$$

- Pérdida de presión en el tramo “ A ’ ”:

$$\Delta P_{A'} = \frac{0,14 \text{ inH}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} \times 65,62 = 0,091868 \text{ inH}_2\text{O}$$

Para los otros tramos (**APENDICE 3**) se calcula de la misma manera, obteniendo los siguientes resultados:

TABLA N° 6.2: Resultado del ducto de extracción de aire.

TRAMO	Leq. (m / ft)	CAUDAL (PCM)	Øequiv. (in)	Duct. Rect.(in)	? P (in H ₂ O)
A'	20 / 65,62	19.437	40	45 x 30	0,091868
B'	6 / 19,685	17.493,3	38,5	35 x 35	0,027559
C'	6 / 19,685	15.549,6	37	45 x 25	0,027559
D'	6 / 19,685	13.605,9	35	35 x 30	0,027559
E'	6 / 19,685	11.662,2	33	30 x 30	0,027559
F'	6 / 19,685	9.718,5	31	40 x 20	0,027559
G'	6 / 19,685	7.774,8	28	35 x 19	0,027559
H'	6 / 19,685	5.831,1	25	30 x 18	0,027559
I'	6 / 19,685	3.887,4	21,5	30 x 13	0,027559
J'	6 / 19,685	1.943,7	17	20 x 12	0,027559
Codo A	3,9624 / 13	19.437	40	45 x 30	0,0182
Codo B	3,9624 / 13	19.437	40	45 x 30	0,0182

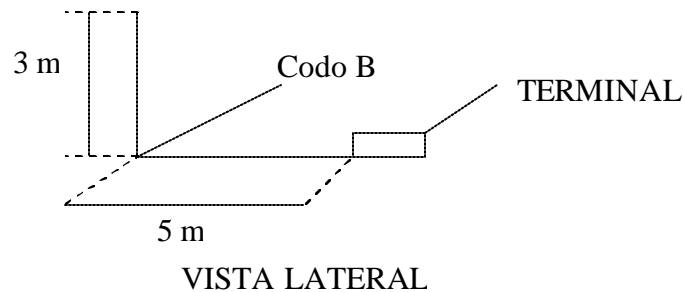
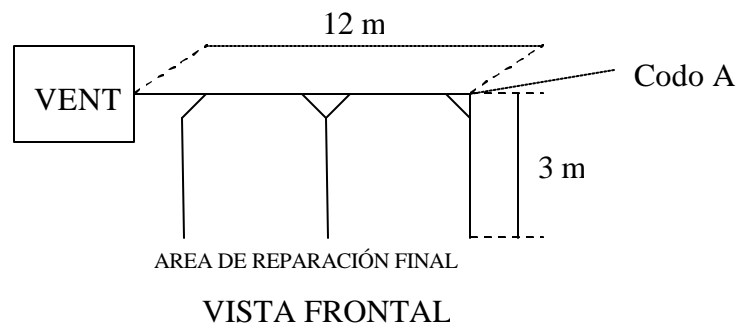


Figura N° 6.2: Vista frontal y lateral del área de reparación final.

Para el codo en el tramo “ A’y B’ ” hayamos la caída de presión determinando su longitud equivalente por el **APENDICE 10** con las dimensiones del tramo y luego se halla la caída de presión con el factor de fricción ya obtenido.

REJILLAS DE EXTRACCIÓN (Figura 6.3):

TAMAÑO: 10” x 10”
 MODELO: RG1H (ieca)
 PCM: 823,16
 PCM LADO: 411,58
 PRES. ESTÁTICA NEGATIVA: 0,126948 inH₂O
 NC = 42,7
 AREA INTERNA: 0,76 ft²

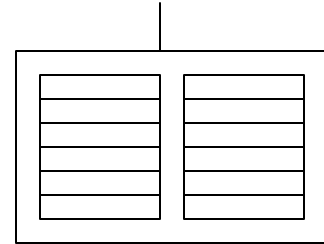


Figura N° 6.3.

Estas rejillas poseen una línea de aletas fijas a 38° paralelas al lado largo. Distancia entre aletas 16 mm. (5/8”).

TRAYECTORIA MÁS DESFAVORABLE:

Para el tramo A’B’C’D’E’F’G’H’I’J’: sumatoria de las Pérdida en todos los tramos más el terminal.

$$\sum \Delta P = \Delta P_{A'} + \Delta P_{B'} + \Delta P_{C'} + \Delta P_{D'} + \Delta P_{E'} + \Delta P_{F'} + \Delta P_{G'} + \Delta P_{H'} + \Delta P_{I'} + \Delta P_{J'} + \text{CODO}$$

A’y B’ + Terminal 9=

$$\sum \Delta P = 0,503247 \text{ inH}_2\text{O}$$

Como se explico anteriormente la trayectoria más desfavorable es aquella que tenga la longitud equivalente mayor.

CALCULO DE LA PRESIÓN DE RECUPERACIÓN (P_r^x):

Para hallar la presión de recuperación debemos:

$$\text{Área tramo J}' = 20'' \times 12'' = 240 \text{ in}^2 = 1,666 \text{ ft}^2$$

$$\text{Velocidad tramo J}' = \text{CAUDAL} / \text{AREA} = \frac{1.943,7}{1,6666} = 1166,22 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

De la Ec. 6.6 tenemos:

$$P_r^x = 0,3 \left[\left(\frac{2200}{4005} \right)^2 - \left(\frac{1166,22}{4005} \right)^2 \right] = 6,5085 \times 10^{-2} \text{ inH}_2\text{O}$$

PRESIÓN TOTAL (PT):

$$PT = 0,503247 - 6,5085 \times 10^{-2} = 0,438161 \text{ inH}_2\text{O}$$

PRESIÓN ESTÁTICA DEL VENTILADOR DE RETORNO (?pven):

Presión que debe vencer el ventilador para aportar la cantidad de aire que se requieren en el sistema.

$$\Delta p_{ven} = 1,1(P_t + P_{succ})$$

$$P_{succ} = P_{filtro} + P_{toma}$$

P_{filtro} = Pérdida por filtro de aire, (1,8 in H₂O).

P_{toma} = Pérdida en la toma de aire, (0,1 in H₂O). (TABLA N°5)

$$P_{succ} = 1,9 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$\Delta p_{ven} = 1,1(P_t + P_{succ}) = 1,1(0,438161 \text{ inH}_2\text{O} + 1,9 \text{ inH}_2\text{O}) = 2,5719 \text{ inH}_2\text{O} (640 \text{ Pa})$$

$$\Delta p_{ven} = 2,5719 \text{ inH}_2\text{O} (640 \text{ Pa})$$

6.2.-CALCULO DEL PLENUM DE SUMINISTRO Y EXTRACCIÓN PARA LA CABINA DE APLICACIÓN DE PINTURA:

Para el cálculo del plenum se debe tener en cuenta, que el suministro y la extracción de aire debe ser constante y uniforme, siendo un flujo laminar en toda la cabina, por lo que debemos tenerlo en cuenta a la hora de su diseño geométrico.

Para el caudal de suministro (Qs) del plenum se determinó de la manera siguiente:

$$Q_s = V_c \times \text{Area}$$

Donde:

V_c = velocidad del aire después de los últimos filtros (ft/min).

Area = área de la cabina (ft²).

$Q_s = 120 \text{ ft/min} \times 323 \text{ ft}^2 = 38.760 \text{ ft}^3/\text{min}.$

Valor de velocidad tomado de referencia de trabajo de asenso.

Caudal unitario (Q_i): $38.760 / 6 = 6.460 \text{ ft}^3/\text{min}.$

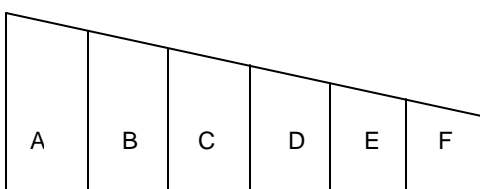


Figura N° 6.4: Esquema del plenum de suministro.

Longitud $A = B = C = D = E = F = 1 \text{ m}.$

Para el ducto principal “A” tenemos:

➤ Caudal unitario por salida que se le va a suministrar al área (Q_i):

$$Q_i = 6.460 \text{ ft}^3/\text{min}.$$

➤ *Velocidad máxima del ducto principal:* del **APENDICE 12** obtenemos la velocidad máxima para el ducto principal según la aplicación.

$$V_a = 2200 \text{ ft/min} \text{ (11,176 m/s)}$$

➤ Ductos rectangulares equivalentes para ductos circulares: De la Tabla N° 3 con el diámetro equivalente tenemos la sección equivalente en ducto rectangular.

$$\text{Diámetro Ducto Rectangular: } 55'' \times 60'' \text{ ó } 5\text{m} \times 0,42\text{m}$$

Para los otros tramos (FIGURA N° 6.4) se calcula de la misma manera, obteniendo los siguientes resultados:

TABLA N° 6.3: Resultados del plenum de suministro de aire.

TRAMO	CAUDAL (PCM)	Duct. Rect.(in/m)
A	38.760	55 x 60 / 5 x 0,42
B	32.300	15 x 3 / 5 x 0,36
C	25.840	12 x 3 / 5 x 0,3
D	19.380	10 x 3 / 5 x 0,25
E	12.920	9 x 3 / 5 x 0,18
F	6.460	3 x 3 / 5 x 0,13

CALCULO DE LA PRESIÓN DE RECUPERACIÓN (P_r^x):

La presión de recuperación se produce entre el tramo inicial y el final debido a la disminución de velocidad una conversión de presión de velocidad en estática; y por lo tanto esto implica una disminución en la presión total que se debe requerir a la descarga del ventilador.

P_{filtro} = Pérdida por filtro de aire, (1 in H₂O).

P_{toma} = Pérdida en la toma de aire, (0,1 in H₂O), (**APENDICE 11**).

P_{succ} = 1,1 in H₂O.

La caída de presión (Δp_{ven}) que debe vencer el ventilador es:

$\Delta p_{ven} = 3,5 in H_2O$ (870,94 Pa.)

Valor tomado de estudio experimental previo, por lo que no fue calculado. Pero este lo podemos obtener teóricamente por el método de igual velocidad.

El sistema de retorno se calcula de igual manera, teniendo en cuenta que para conservar una presión positiva el ventilador de succión debe tener un caudal de 90 % el caudal de suministro.

RESUMEN TECNICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN:

Para el sistema de ventilación del área de reparación final se calcularon los requerimientos de los ventiladores de suministro y retorno, por lo tanto los ventiladores de suministro y retorno deben tener las siguientes características:

TABLA N° 6.4: Resultados del sistema de ventilación requerido del área de reparación final.

SISTEMA	TIPO DE VENTILADOR	CAUDAL (PCM)	CAIDA DE PRESIÓN ESTÁTICA
SUMINISTRO	CENTRIFUGOS	17.670	2,4590 in H ₂ O (611,92Pa)
RETORNO	CENTRIFUGOS	19.437	2,5719in H ₂ O (640 Pa)

Para el sistema de ventilación de la cabina el plenum de suministro y retorno deben tener las siguientes características para los ventiladores de suministro y retorno:

TABLA N° 6.5: Resultados del sistema de ventilación de la cabina.

PLENUM	TIPO DE VENTILADOR	CAUDAL (PCM)	CAIDA DE PRESIÓN ESTÁTICA
SUMINISTRO	CENTRIFUGO	38.760	3,5 in H ₂ O (870, 94 Pa.)
RETORNO	CENTRIFUGO	34.884	3,15 in H ₂ O (783,846 Pa.)

6.3.- CALCULOS DE LA ESTRUCTURA DEL “TRANSFER”:

Para la estructura del “Transfer”, cuya finalidad ha sido explicada anteriormente debemos calcular todas sus piezas para que puedan soportar la carga de el “Dolly” y el vehículo; por ello debemos primero establecer cual será la carga a levantar:

TABLA N° 6.6: Pesos de las carrocerías ensambladas.

CARROCERÍA DEL VEHÍCULO	PESO (Kg)
Accent	282,14
Lancer	310,25
Canter	282,14
Panel	352,58

El peso del “Dolly” es de 120 Kg.

Luego de obtener los pesos de las carrocerías de los vehículos y del “Dolly”, que se ensamblan en la actualidad. Debemos establecer cual será el peso que se quiere levantar por el “Transfer”:

Peso a levantar = Peso del “Dolly” + Peso de la carrocería

Se tomo el peso de la carrocería del panel que es el vehículo con la carrocería más pesada que se ensambla en la actualidad.

Peso a levantar = 120 Kg. + 352,58 Kg. = 472,58 Kg. ~ 500 Kg.

Para ser el diseño conservador, se sobredimensionó el “Transfer” adaptándolo al cambio de las unidades a ensamblar en el futuro, aumentando la carga de diseño en un 40% aproximadamente.

Luego se creo el diseño geométrico de todas las piezas y la estructura del “Transfer”, donde podemos observar en detalle el diseño del equipo.

A partir de este peso vamos a calcular todas las piezas para que las mismas no pandeen. El “Transfer” a diseñar estar compuesto de vigas I (soportes al “Dolly”), eje central donde girara el “Dolly” de Acero al carbono, Plancha que servirá como base del elevador, pletinas o barras rectangulares que servirán de soportes y guías del elevador, cuatro vigas tipo L que servirán de tope para el elevador, un rodamiento que hará que el “Dolly” gire 180°, y dos pistones neumáticos que hará la fuerza para levantar el “Dolly” junto con la carrocería, el esquema del “Transfer” lo podemos observar en el FIGURA N° 6.2.

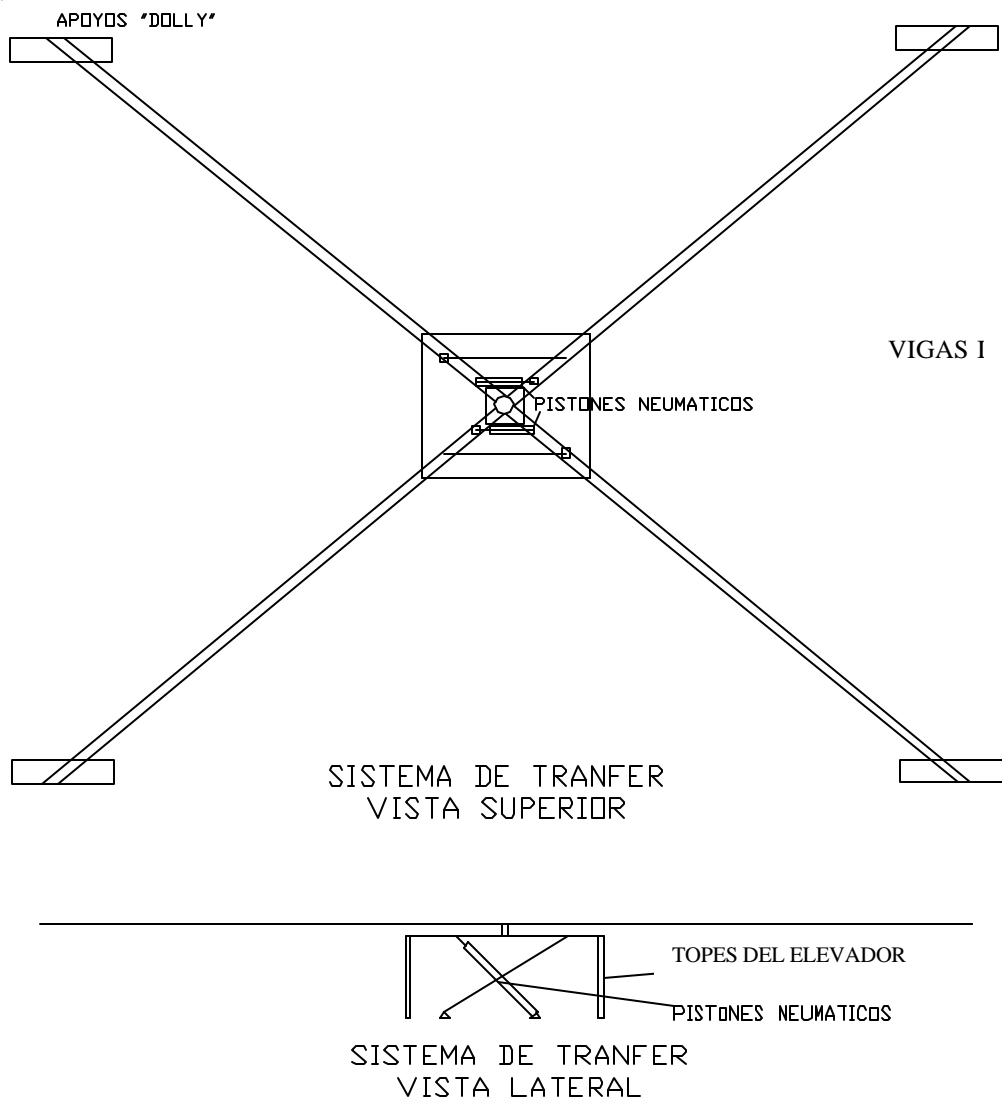


Figura N° 6.2: Esquema del “Transfer” a diseñar .

6.3.1.- Selección de las vigas de tipo I.

De la ecuación 5.15 obtenemos la deflexión máxima en la viga empotrada con una carga en el extremo.

Donde:

F = Carga aplicada en el extremo (Kg.).

F = Carga total / N° de apoyos. = 700/4 = 175Kg.

L = Longitud de la viga (124,615 cm.) (**APENDICE 16**).

E = Modulo de elasticidad del material (2,1 x 10⁶ Kg. /cm²).

I_x = Momento de inercia de la sección transversal de la viga (Kg. /cm²).

Para una viga de 101,6 mm., de altura (**APENDICE 15**) I_x = 248,3 Kg. /cm².

$$y_{\max} = \frac{175 \times (124,615)^3}{3 \times 2,1 \times 10^6 \times 248,3} = 0,2164 \text{ cm.}$$

De la ecuación 5.16 verificamos que la deformación en la viga sea mínima por lo cual:

$$0,1195 \leq 0,2164 \leq 0,2391$$

Como se encuentra en el rango de deformación permisible, ahora estudiamos si la carga aplicada en la viga es soportada por la misma, por la ecuación 5.17.

El esfuerzo en la viga viene dado:

$$s = \frac{M \times c}{I} \leq \frac{Sy}{F.S}$$

Donde:

M = Momento aplicado en el extremo empotrado de la viga (Kg. x m.).

c = Distancia al centro de gravedad (3,4 cm.).

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga (248,3 cm⁴).

M = 175 x 124,615 = 21807,625 Kg x cm.

$$s = \frac{21807,625 \times 3,4}{248,3} = 298,6142 \text{ Kg./cm}^2$$

Sy = Esfuerzo de fluencia del material (2500 Kg. /cm²).

F.S = factor de seguridad (tomando un factor de seguridad de 3).

Finalmente:

$$298,6142 \text{ Kg./cm}^2 \leq \frac{2500 \text{ Kg./cm}^2}{3}$$

$$298,6142 \text{ Kg./cm}^2 \leq 833,33 \text{ Kg./cm}^2$$

El resultado arrojado nos indica que el esfuerzo arrojado esta por debajo del esfuerzo de fluencia, por lo que es admisible.

La viga comercial más cercana que existe en el mercado, según los cálculos anteriores es:

FABRICANTE: Siderúrgica del Turbio S.A. (SIDETUR).

ALTURA: 100 mm.

ANCHO: 68 mm.

PESO: 8,34 Kg. / m.

Longitud Comercial: 12 m.

Longitud total necesaria para el "Transfer". 488,3 cm.

6.3.2.- Selección de la plancha de acero (base del elevador).

Para la selección de la plancha que se necesita para el diseño del elevador del "Transfer", debemos calcular el espesor de la placa necesaria para soportar la carga que se le va a aplicar, de la ecuación 5.13.

$$s_{cr} = BS_e$$

$$s_{cr} = B \times \left(\frac{p^2 E e^e}{12b^2(1 - m^2)} \right)$$

De donde:

B = lo obtenemos de la Tabla 5.1, con la relación a / b.

Donde, a = 35 cm. largo placa

b = 30 cm. ancho placa.

El valor de B = 8, para el calculo de deformación crítica.

h = espesor de la placa (cm).

Suponiendo un espesor de placa de 2 mm.

El esfuerzo crítico admisible de la placa será:

$$s_{cr} = 8 \times \left(\frac{p^2 \times 2,1 \times 10^6 \times (0,2)^2}{12(30)^2(1 - (0,3)^2)} \right) = 674,8447 \text{ Kg/cm}^2$$

Y la carga crítica admisible de la placa antes de que se doble es:

$$P_{cr} = 708586,9826 \text{ Kg.}$$

La placa comercial seleccionada, es de espesor de 2,5 mm., de espesor, de acero al carbono.

6.3.3.- Selección de las pletinas o barras de acero rectangulares (apoyos del elevador).

Calculo de la carga crítica para la selección de las pletinas o soportes del elevador, ecuación 5.17.

$$P_{cr} = \frac{p^2 EI}{L^2}$$

Donde:

$$I = \frac{e \times d^3}{12}, \text{ e = espesor (1/8") y d = ancho (3/4")}$$

$$I = 1829,14 \text{ cm}^4.$$

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2.$$

L = longitud del soporte del elevador (pletina) 32 cm. (**APENDICE 17**).

$$P_{cr} = 3673 \text{ Kg.}$$

La carga critica para esta pletina es mayor a la carga neta que va a levantar el elevador por ello la pletina con las siguientes características no pandeara y es aceptable para nuestro diseño.

FABRICANTE: Siderúrgica del turbio S.A.(SIDETUR).

DENOMINACIÓN: 3/4" x 1/8".

ANCHO: 19,05 cm.

ESPESOR: 3,175 cm.

PESO: 0,475 Kg. / m.

Longitud Comercial: 6 m.

6.3.4.- Selección del eje de acero (guía del "Transfer").

Para el cálculo de la presión critica para que el eje central del "Transfer" no pandee, es calculado de la ecuación 5.18.

$$P_{cr} = \frac{p^2 EI}{4L^2}$$

Donde:

L = longitud del eje (5 cm).

I = momento de inercia de la sección transversal del eje (cm⁴).

$$I = \frac{pd^2}{4}, \text{ d = diámetro del eje (2,5 cm.)}$$

$$P_{cr} = 397.419,31 \text{ Kg.}$$

Para que el eje de 5 cm. de diámetro y 5 cm. de longitud, es necesaria una carga muy elevada, por ello es admisible para nuestro diseño.

Se selecciono un eje calibrado comercial de acero al carbono de 2 ¼” (5,715 cm.), de la fabrica “FERRUM”, con mayor área de transversal y así mejorar la estabilidad del “Transfer”.

6.3.5.- Cálculo del cordón de soldadura.

Para el cálculo del espesor o tamaño del cordón de soldadura para la unión de las vigas, debemos hallar el esfuerzo de la soldadura con respecto al espesor óptimo e igualándolo con el esfuerzo de fluencia del electrodo, despejamos el espesor mínimo de la soldadura para que no fracture. Ecuación 5.19.

$$S_{sold} \leq \frac{S_{y_{electrodo}}}{F.S}$$
$$S_{sold} = \frac{M \times c}{0,707e \times I_u}$$

Del **APENDICE 18**, se selecciono la forma de la unión:

La forma de la unión es la de área $A = 1,414 h (b + 2d)$

$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d), \text{ Donde: } b = \text{distancia horizontal del cordón.}$$

$d = \text{distancia vertical del cordón.}$

$c = \text{distancia al centro de gravedad, } b/2 = 38 \text{ mm. ó } 3,8 \text{ cm.}$

$$M = 175 \text{ Kg.} \times 124,615 \text{ cm.} = 21.807,625 \text{ Kg.} \times \text{cm.}$$

El grupo de electrodo seleccionado es el E60XX con un S_y de 3.534,83 Kg. / cm². Y el factor de seguridad tomado es 3.

Por lo tanto el esfuerzo en la soldadura es:

$$S_{sold} = 222,9384 \times \frac{1}{e}$$

El espesor h del cordón de la soldadura debe ser:

$$222,9384 \times \frac{1}{e} \leq \frac{3534,83}{3}$$

$$e \geq 6,3 \times 10^{-2}$$

Para el cálculo del cordón de soldadura en la unión del eje con las vigas que soportan el “Dolly” (FIGURA N° 6.2), debemos tener presente que este cordón debe resistir las fuerzas por compresión como de flexión que van a estar presentes en el mismo, para evitar así la fractura del cordón y colapso de la estructura. Para ello debemos establecer la misma relación de la ecuación 5.19.

$$s_{sold} \leq \frac{S_{y_{electrodo}}}{F.S}$$

Donde para este caso el esfuerzo de la soldadura será:

$$s_{sold} = \frac{M \times c}{0,707e \times I_u} + \frac{P_{neta}}{A_{transv}}$$

Donde: P_{neta} = carga neta.

A_{transv} . = área transversal del eje.

La forma de la unión seleccionada es la de $A = 1,414 \rho hr$ (circular).

$$I_u = \rho r^3 \quad \text{Donde, } r = \text{radio del cordón.}$$

$$M = 700 \text{ Kg.} \times 30 \text{ cm.} = 21000 \text{ Kg.} \times \text{cm.}$$

El valor de esta distancia viene dada, suponiendo que el centro de gravedad no está alineado con el eje.

El grupo de electrodo seleccionado es el E60XX con un S_y de 3.534,83 Kg. / cm^2 , y el factor de seguridad usado es de 3.

El esfuerzo en la soldadura es:

$$s_{sold} = 1157,9172 \times \frac{1}{e}$$

Espesor h del cordón de soldadura debe ser:

$$e \geq 0,9827 \text{ cm}$$

6.3.6.- Selección del rodamiento.

Para la selección del rodamiento se tomaron para el diseño los fabricados por “SKF”. Utilizando su catálogo y criterios para los mismo.

1.- Se estableció la selección del rodamiento por el tamaño del eje y por el tipo de carga que va actuar en el. Para ello se tomo un rodamiento axial de bola de 55 mm., de diámetro interno. Designación 51111.

2.- Establecer si la carga axial neta es menor o igual que la capacidad de carga estática entre el factor de seguridad.

$$Fa \leq \frac{Co}{F.S}, \text{ donde: } Fa = \text{carga axial (N).} = 700 \times 9,81 = 6.867 \text{ N}$$

Co = Capacidad de carga estática (N) = 78.000 N.

F.S = factor de seguridad 3.

Datos tomados del catalogo “SKF” para el rodamiento seleccionado.

Finalmente $6.867N \leq 26.000N$, donde la carga axial neta es menor a la capacidad de carga estática.

3.- Luego hallamos la vida útil en millones de revoluciones del rodamiento para esta carga aplicada.

$$L_{10} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{c}{Fa}}, \text{ Donde: } c = \text{capacidad de carga dinámica } 30.700 \text{ N.}$$

k = exponente de la formula de vida para rodamientos de bola k=3.

$$L_{10} = 89,3539 \text{ Millones de revoluciones.}$$

Vida útil en horas de servicios (L_{10h}):

Se obtuvo con la vida útil en millones de revoluciones y el promedio máximo de revoluciones del rodamiento (100 rpm.). Por la tabla 2 del manual SKF de la selección del rodamiento por su vida útil.

$L_{10h} = 15000$ Horas, como este rodamiento es de uso intermitente podemos establecer que el rodamiento seleccionado es de libre mantenimiento.

6.3.7.- Selección de los pistones neumáticos para el elevador.

Para la selección de los pistones del elevador del “Transfer”, se tomaron como referencia los pistones neumáticos fabricados por “FESTO”.

Para esta selección se consulto el catálogo actual, junto con el asesoramiento de los representantes del fabricante, donde para el tipo de aplicación y la carga a vencer, se escogió un pistón el cual es el de más baja capacidad en su tipo, pero a su vez supera notablemente la carga neta a vencer por el elevador. Dicho pistón se selecciono por su tamaño del vástago o carrera del émbolo necesario para la aplicación establecida, donde la posición del pistón se puede observar en el **APENDICE 17**.

Finalmente es seleccionado el modelo DNC-100-125-PPV-A, lo cual podemos ver sus características técnicas en el **APENDICE 20**.

6.3.8.- Selección de los demás accesorios y periféricos del “Transfer”.

Se tomaran vigas tipo L de bajo calibre de longitud de 14,55 cm., que sirvan de topes para el descenso del elevador, ver Figura N° 6.2.

Se tomaran vigas tipo U de altura 80 mm. Y 10 cm. de largo. Para los apoyos del “Dolly” en el “Transfer”. Como se muestra en la Figura N° 6.2.

En **APENDICE 19** se muestra el diseño de la base del rodamiento con la camisa del eje, y también la colocación del rodamiento.

CAPITULO VII.

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD

ECONÓMICA A LAS SOLUCIONES

PLANTEADAS.

Para el estudio de la factibilidad económica del proyecto se tomo el método Pay Back (periodo de recuperación del capital), donde un periodo aceptable de recuperación de la inversión es de 1 a 5 años. Esto hizo necesario evaluar los costos generados en el área de reparación final debido a reproceso realizados a los vehículos por desperfectos en la línea de pintura. Para un promedio de 67 unidades producidas y una jornada de trabajo de 518 minutos, el estudio de gastos es el siguiente:

El tiempo promedio estimado de un vehículo (TPEV) en el área de reparación final es igual al número de minutos de la jornada diaria entre la producción.

$$TPEV = \frac{518 \text{ min}}{67} = 7,73 \text{ minutos/unidad}$$

Actualmente, el sistema presenta una caída de veinte (20) unidades por día, es decir, el área de reparación final presenta un déficit de veinte vehículos menos, con respecto a la producción diaria. Para una producción de 67 unidades (producción promedio), la línea de reparación final en el horario normal de trabajo producirá 47 vehículos. El tiempo real por unidad en reparación final será:

$$(TPEV)_{REAL} = \frac{518 \text{ min}}{47} = 11,02 \text{ minutos/unidad}$$

$$(11,02 - 7,73) \text{ min. / unidad} = 3,28 \text{ minutos/unidad}$$

Cada unidad requiere actualmente de 3,28 minutos adicionales para culminar el proceso en esta área. Este valor es promedio ya que existen vehículos que solo necesitan reparaciones menores pero no así a otras unidades que requieren reparaciones mucho mayores y ocasionan congestión en la línea de reparación final.

Entonces, para 67 unidades producidas diariamente el tiempo promedio por vehículo en la línea de reparación final será:

$$67 \text{ unid.} \times 11,02 \text{ min. /unid} = 738,34 \text{ min.}$$

El tiempo extra necesario en un día para completar la producción requerida es:

$$(738,34 - 518) \text{ min.} = 220,34 \text{ min.}$$

El número de horas extras para una caída de veinte (20) unidades es:

$$\frac{220 \text{ min}}{60 \text{ min/ hr}} = 3,67 \sim 4 \text{ Horas Extras.}$$

Personal en el área de reparación final:

- 2 área de desentirrado.
- 4 área de pulitura.
- 4 área de lijado.
- 6 áreas de reparación.

Personal en reparación final = 16

Entonces, las horas extras totales para el personal son:

$$16 \times 4 = 64 \text{ Horas extras necesarias a cancelar.}$$

Mediante estudios realizados en la empresa se pudo conocer el cálculo para el pago adecuado de los operarios por horas extra-laborales:

El sueldo promedio por día de un trabajador obrero en la empresa es de **11189 Bs.**

Para el horario comprendido de 5 a 7 de la noche, la fórmula es la siguiente:

$$\frac{\text{Salariodia rio}}{7,33} \times 1,8 \times \text{Hr.Trabajadas}$$

El pago que le concierne a un trabajador de 5 a 7 de la noche es de 5495,28 Bs.

Para el horario comprendido de 7 a 9 de la noche, la fórmula es la siguiente:

$$\frac{\text{Salariodia rio}}{7,33} \times 2,2 \times \text{Hr.Trabajadas}$$

El pago que le concierne a un trabajador de 7 a 9 de la noche es de 6716,45 Bs.

Entonces, para las cuatro (4) horas adicionales (5 – 9 PM) necesarias para compensar la caída de veinte (20) vehículos en reparación final, el pago diario extra a cada trabajador debe ser:

$$(5495,28 + 6716,45) \text{ Bs.} = \mathbf{12211,73 \text{ Bs.}}$$

Por ser un total de 16 personas laborando en el área, el costo total generado es:

$$(16) \times 12211,73 \text{ Bs.} = \mathbf{195387,72 \text{ Bs.}}$$

Es necesario evaluar también el retraso y costos producidos en la línea debido a piezas reprocesadas por defectos mayores, (puertas, capó, maleta, etc.) estas piezas necesitan ser trabajadas nuevamente (pintura, horno, etc.) para poder ser aceptada por el Departamento de Control de Calidad. Estos defectos mayores generan altos costos debido a los materiales utilizados como pinturas, solvente, ceras, sellos, etc. Actualmente, y mediante estudios y estadísticas realizados en la empresa, el 5 % de las piezas producidas diariamente necesitan ser reprocesadas, es decir, deben ser pintadas nuevamente (esmalte y transparente) y pasadas por el proceso de horneado.

Para una producción diaria de 67 unidades, las piezas pintadas al día serán:

$$(12 \text{ piezas/unidad}) \times (67 \text{ unidades}) = 804 \text{ piezas/día.}$$

Se utilizó el factor doce (12) ya que un vehículo contiene éste número de piezas.

Entonces, el número de piezas reprocesadas diariamente es:

$$(0,05) \times (804 \text{ piezas/día}) = \mathbf{40 \text{ piezas reprocesadas por día}}$$

Cabe destacar que es necesario una vez que estas piezas salen del proceso de pintado, colocarles productos como ceras para acabado final (final finish) que también

producen un elevado costo adicional. En caso de las reparaciones menores realizadas, el estudio de proceso de la empresa indica que un 30 % de los vehículos en general requieren trabajos menores. Los materiales necesarios para estas reparaciones son pinturas (esmalte), solventes, transparente especial (llamado chromaclear) junto a un activador reductor, ceras para acabado final y sello para reparación. Las tablas 7.1, 7.2 y 7.3 que se mostrarán a continuación ofrecen un estudio más detallado de los precios, consumos y costos generados por re-trabajos de todos los productos utilizados en el área de reparación final, así como, el costo por mano de obra que estos trabajos generan.

TABLA N° 7.1: Materiales utilizados en el área de reparación final

DESCRIPCIÓN	UNID.	PRECIO POR UNIDAD (\$)	PRECIO POR UNIDAD (Bs.)
ACTIVADOR REDUCTOR	Lts.	24,84	39744
SELLO BLANCO PARA REPARACIÓN	Kg.	16,19	25904
CERA FINAL FINISH	Lts.	13,85	22160
TRANSPARENTE CHROMACLEAR	Lts.	13,35	21360
ESMALTE (PINTURA BASE)	Lts.	6,43	10288
TRANSPARENTE EXTERIOR (MONTANA)	Lts.	4,5	7200
THINNER DURA FLOT	Lts.	1,92	3072
SOLVENTE 245	Lts.	1,57	2512
SOLVENTE 210	Lts.	0,82	1312

**CAPITULO VII: ESTUDIO DE LAFACTIVIDAD ECONOMICA A
LAS SOLUCIONES PLANTEADAS.**

TABLA N° 7.2: Consumo de material diario en el área de reparación final.

1 U.S \$ = 1600 Bs.

01/03/2003

Para una producción diaria de 67 unid.

PRODUCTO	UNID.	LANCER MG (SIGNO)	LANCER JT	ACCENT	PROMEDIO POR VEHÍCULO
ESMALTE	Lts.	6,9	7	6,4	6,77
SOLVENTE (210-245)	Lts.	1,25	1,25	1,25	1,25
THINNER DURA FLOT	Lts.	0,033	0,033	0,033	0,033
TRANSPARENTE EXTERIOR	Lts.	4,7	5	4,5	4,73
CERA FINAL FINISH	Lts.	0,01	0,01	0,01	0,01
SELLO BLANCO PARA REPARACIÓN	Kg.	0,005	0,005	0,005	0,005
ACTIVADOR REDUCTOR	Lts.	0,035	0,035	0,035	0,035
TRANSPARENTE CHROMACLEAR	Lts.	0,016	0,016	0,016	0,016

PRODUCTO	UNID.	CONSUMO POR VEHÍCULO	CONSUMO POR PIEZA	PRECIO POR UNID. (\$)	PRECIO POR PIEZA (\$)
ESMALTE	Lts.	6,9	7	6,4	6,77
TRANSPARENTE EXTERIOR	Lts.	1,25	1,25	1,25	1,25
SOLVENTE (210-245)	Lts.	0,033	0,033	0,033	0,033
THINNER DURA FLOT	Lts.	4,7	5	4,5	4,73
TRANSPARENTE CHROMACLEAR	Lts.	0,01	0,01	0,01	0,01
ACTIVADOR REDUCTOR	Lts.	0,005	0,005	0,005	0,005
CERA FINAL FINISH	Lts.	0,035	0,035	0,035	0,035
SELLO BLANCO PARA REPARACIÓN	Kg.	0,016	0,016	0,016	0,016

PIEZAS PINTADAS POR DÍA 804
PIEZAS RETRABAJADAS 5%

**CAPITULO VII: ESTUDIO DE LAFACTIVIDAD ECONÓMICA A
LAS SOLUCIONES PLANTEADAS.**

TABLA N° 7.3: Costos en reparaciones en el “ÁREA DE REPARACIÓN FINAL”

REPARACIONES MAYORES EN EL ÁREA				
PRODUCTO	UNID.	PIEZAS RETRABAJADAS	PRECIO POR RETRABAJO (\$)	PRECIO POR RETRABAJADAS (Bs.)
ESMALTE	Lts.	40	145,797	233.275,2
TRANSPARENTE EXTERIOR	Lts.	40	71,361	114.177,6
SOLVENTE (210-245)	Lts.	40	9,999	15.998,4
CERA FINAL FINISH	Lts.	40	0,464	742,4

TOTAL EN \$ EN REPARACIONES MAYORES 227,621
TOTAL EN BS. EN REPARACIONES MAYORES 364.193,6

REPARACIONES MENORES EN EL ÁREA					
PRODUCTO	UNID.	VEHÍCULOS RETRABAJADOS (30%)	CONSUMO POR VEHICULO	PRESIO POR RETRABAJO (\$)	PRESIO POR RETRABAJO (Bs.)
ESMALTE	Lts.	20	0,125	16,154	25.846,4
TRANSPARENTE CHROMACLEAR	Lts.	20	0,016	4,294	6.870,4
ACTIVADOR REDUCTOR	Lts.	20	0,035	17,476	27.961,6
CERA FINAL FINISH	Lts.	20	0,01	2,783	4.452,8
THINER DURA FLOT	Lts.	20	0,033	1,274	2.038,4
SELLO BLANCO PARA REPARACIÓN	Lts.	20	0,005	1,627	2.603,2

TOTAL EN \$ EN REPARACIONES MAYORES 43,61
TOTAL EN BS. EN REPARACIONES MAYORES 69.776

El costo de inversión del proyecto es estimado mediante el estudio de cotizaciones y presupuestos suministrados (**APENDICE 14**), de diferentes empresas o distribuidores nacionales, estos fueron seleccionados de acuerdo a una mejor calidad y costos accesibles de los diferentes materiales. El Área de reparación final debe ser modificada con distintos equipos, como sistemas de ventilación, iluminación, “Transfer”, cabina de aplicación. Este factor hace necesario un alto costo de inversión. A continuación se muestra la lista de los diferentes productos a implementar en el área de reparación final por propuesta y sus diferentes costos, así como, la inversión total necesaria en bolívares y en dólares por propuesta para la realización del proyecto.

Para la iluminación se tomaron como referencia bombillos del fabricante General Electric y lámparas Industriales del fabricante OBRA-LUX C.A., con las características antes mencionadas, se incluye equipos e instalación eléctrica. El costo fue proporcionados por OBRA-LUX (no facilitó presupuesto escrito). El costo del sistema general de 286 Lámparas industriales con dos bombillos con las características ya establecidas es: 22.339.723,12 Bs. (13.962,32 \$).

Para el sistema de presurización y ventilación con las características y requerimientos ya calculados anteriormente, el costo fue proporcionado por la Empresa Oterca (Proporcionó presupuesto escrito **APENDICE 14**). El costo del sistema es: 81.908.992,00 Bs. (51.193,12 \$).

Para el sistema de ventilación de la cabina de aplicación de pintura, también se estableció un estimado, ya que algunos equipos no se encuentran en stop y como son equipos importados la Empresa Oterca no pudo facilitar un presupuesto escrito. El costo estimado es de: 80.000.000,00 Bs. (50.000 \$).

Para el “Transfer” se consultaron varias empresas para las distintas partes. Para la estructura:

FABRICANTE: SIDETUR, S.A. precios facilitados por distribuidor (MOTASA).

(no Proporcionó presupuesto escrito).

Pletinas de 3/4” x 1/8” longitud 6 m. costo de 2.399,00 Bs. (1,5 \$).

Vigas I altura 100 mm., longitud 12 m. costo de 105.415,00 Bs. (65,9 \$).

Barra calibrada de acero al carbono 2 ¼” costo de 2.552,00 Bs. (1,6\$).

FABRICANTE: FERRUM. (no proporcionó presupuesto escrito).

Planchas de acero al carbono 2,5mm. 1,2m x 2,40m. Costo 57.700 Bs. (36\$).

FABRICANTE: FESTO. (Proporcionó presupuesto escrito **APENDICE 14**).

Sistema neumático para el elevador del “Transfer”, costo de 3.962.671,36 Bs. (2476,7 \$).

FABRICANTE: SKF (no proporcionó presupuesto escrito).

Rodamiento axial de bola descripción 51.111, costo de 41.546,00 Bs. (26 \$).

El costo de los dos Transfer incluye los gastos metal mecánicos, sistemas neumáticos y productos consumibles para su elaboración y se basa en la cantidad de piezas necesarias para su instalación, el mismo es de: 16.200.000,00 Bs. (10.125,00 \$).

Inversión para la Propuesta N° 1:

TABLA N° 7.4: Inversión para la propuesta N° 1.

SISTEMA	COSTO (Bs. / \$)
ILUMINACIÓN	22.339.723,12 / 13.962,32
PRESURIZACIÓN Y VENTILACIÓN	81.908.992,00 / 51.193,12
2 TRANSFER	16.200.000,00 / 10.125,00
TOTAL	120.448.715,12 / 75.280,5

1 U.S \$ = 1600 Bs. (01/03/03).

Inversión para la Propuesta N° 2 y 3:

TABLA N° 7.5: Inversión para la propuesta N° 2 y 3.

SISTEMA	COSTO (Bs. / \$)
ILUMINACIÓN	22.339.723,12 / 13.962,32
PRESURIZACIÓN Y VENTILACIÓN	81.908.992,00 / 51.193,12
VENTILACIÓN CABINA	80.000.000,00 / 50.000,00
2 TRANSFER	16.200.000,00 / 10.125,00
TOTAL	200.448.715,12 / 125.280,5

1 U.S \$ = 1600 Bs. (01/03/03).

Ya que la moneda nacional presenta actualmente una alta devaluación, se hizo necesario evaluar la factibilidad del proyecto en dólares estadounidenses para un estudio más confiable ya que la mayoría de los productos utilizados son de importación.

Debido a los costos actuales de todos los materiales que son utilizados en reparación final y por la mano de obra adicional por parte del personal de producción, se generan costos que abarcan una suma de 410,79 dólares (\$) diarios, mediante la modernización del área de reparación final de pintura, estos gastos por reparaciones deberían disminuir notablemente. Esto indica que la alta inversión que se debe realizar será recuperada en un periodo de tiempo calculado de acuerdo al siguiente análisis:

INVERSIÓN DEL PROYECTO PROPUESTA N° 1 = 75.280,5 \$.

INVERSIÓN DEL PROYECTO PROPUESTA N° 2 Y 3 = 125.280,5 \$.

TIEMPO MÍNIMO PARA RECUPERAR INVERSIÓN = Inversión/Gastos diarios.

Tomando 240 días laborales al año el resultado es el siguiente:

Gastos actuales = (410,79 \$/día) x (240 días/año) = **98.589,6 \$/año**

Por lo tanto:

Para la propuesta N° 1:

TIEMPO MINIMO PARA RECUPERAR LA INVERSIÓN = (75.280,5 \$) / (98.589,6 \$/año) = **0,76 años (183 días laborales).**

Para la propuesta N° 2:

TIEMPO MINIMO PARA RECUPERAR LA INVERSIÓN = (125.280,5 \$) / (98589,6 \$/año) = **1,27 años (1 año y 65 días laborales).**

Quiere decir que la inversión tendrá un periodo mínimo de recuperación de **183 días laborales para la propuesta N° 1 y 1 año y 65 días laborales para la propuesta N° 2 y 3**, gracias al ahorro y beneficios que traerá el diseño del sistema para el control de contaminantes y modernización del área de reparación final.

RESULTADOS

Los resultados de este estudio vienen representados por el aislamiento del área de reparación final del sistema de pintura, como se plantea anteriormente, ya que al reducir los agentes contaminadores del área, será más eficiente el sistema de pintura, produciendo más vehículos con mejor acabado y reduciendo el costo total de producción por unidad.

Por lo tanto se consideran tres posibles soluciones para el control de este gran foco de contaminantes la reestructuración y modernización del área de reparación final, que comprende:

- 1- Cierre del área de reparación final, para aislar los contaminantes que se generan en esta área.
- 2- Modernización de la iluminación, tanto para inspección como para las zonas de trabajo (**APENDICE 6**).
- 3- Establecimiento de un sistema de ventilación más efectivo para el área cumpliendo con el requerimiento deseado, con las características de la Tabla N° 6.4.
- 4- Una cabina de aplicación de pintura con la ventilación más adecuada para el caso para evitar la contaminación de las unidades que se reparan, ver Tabla N° 6.5.
- 5- Adaptación de un horno para el secado de las unidades reprocesadas.
- 6- Establecer dos “Transfer” para modernizar y descongestionar el área de reparación final.
- 7- Justificación económica aceptable para las propuestas que se generaron para el control del problema en la zona de pintura, ver Tabla N° 7.4 y 7.5.

ANALISIS DE RESULTADOS

Del resultado que se obtuvo del estudio del problema que existe en el área de reparación final, debemos ahora analizar algunos detalles de este planteamiento.

- 1- Cuando se procede a establecer un cambio en la iluminación del área es por que; las zonas de inspección que se encuentran en esta área no se rigen por las normas de Mitsubishi Japón (**APENDICE 6**) que dice: “la iluminación debe ser con tubos fluorescentes, de 55 W. ubicados a un metro de distancia cada dos tubos, generando una iluminación promedio de 400 a 700 Lux. La zona de inspección debe tener un área de 6 x 5 metros”.
- 2- Al añadir dos “Transfer” (**APENDICE 4**), es para minorizar lo que se le llama retraso, ya que toda unidad que esté en buenas condiciones y no amerite pasar por toda el área de reparación final, es liberada y entregada a línea alta y así disminuir también el tráfico en el sistema, por ello se escogió este diseño.
- 3- Debemos resaltar que este foco de contaminación, además de disminuir la calidad de pintado de los vehículos, genera un aumento en el precio de los vehículos ya que hay que pagar más personal, materia prima para reprocesar las unidades afectadas, y un factor muy importante: el tiempo de ensamblado por unidad aumenta.
- 4- Considere que la presión de la ventilación del área de inspección y de trabajo, del “Área de Reparación Final”, debe ser una presión negativa para que nada de lo generado ya sea fibra, polvo o cualquier sucio se quede dentro del área y no salga de esa zona.
- 5- La adaptación del horno se quiere realizar para mejorar el secado de las unidades reprocesadas, también para su configuración dentro del esquema se tomo en cuenta que este mecanismo es un generador de cargas térmicas, lo cual si se coloca dentro del galpón alteraría el sistema de ventilación del mismo. Por ellos se anexa por el lado externo del galpón como se observa en el plano (**APENDICE 5**).

- 6- Hay que tener en cuenta que si queremos adaptar un horno de secado en el área de reparación final, que este equipo va a generar una carga de calor extra al galpón de pintura, por lo cual debemos considerarla a la hora de su ubicación en el sistema, ya que podríamos desbalancear el sistema de ventilación del galpón, creando un problema de una solución.
- 7- Son planteadas todas las configuraciones posibles a la solución del problema del área de reparación final, sin descartar ninguna posible solución, con el fin de que la empresa pueda tener conocimiento de una gama opciones y así tomar una decisión con un mayor criterio.
- 8.- Para la ventilación de la zona de inspección y trabajo del área de reparación final, se considero para el diseño un flujo turbulento, ya que el fin principal es aislar el área donde se producen los contaminantes y acondicionarla para poder laborar en ella.

CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado para conseguir las soluciones al problema de contaminación que existe en el área de reparación final, es necesario resaltar la gran importancia que tiene controlar las distintas variables del sistema de pintura, a diferentes niveles; en base a esto se puede concluir que :

- 1- Es importante establecer un manejo seguro de sustancias químicas, como lo son los solventes y pinturas, por esto el personal que labora en esta área y que en la actualidad utiliza protectores respiratorios para polvos, debe utilizar equipos de protección respiratoria para solventes, ya que en esta área se utilizan sustancias químicas para el pulido y retoque de las unidades.
- 2- El estudio realizado de los contaminantes en las diversas zonas del sistema de pintura, nos indica que los métodos aplicados por la empresa para el control de los mismos, son paliativos que no garantizan un control estricto de estos contaminantes en el área, de aquí se deriva la importancia de aislar el área de reparación final.
- 3- Se plantearon distintas propuestas, las cuales fueron estudiadas, tomando en cuenta su incidencia en el sistema; se determinó que la solución más adecuada es la propuesta N° 3, la cual cumple con los requerimientos necesarios y a su vez con la seguridad al personal que labora en ella.
- 4- De los cálculos realizados, se seleccionaron ventiladores centrífugos de alta eficiencia con alabes curvados hacia atrás, los cuales garantizarán una adecuada ventilación en el área de reparación final.
- 5- Se seleccionó un sistema de filtro (**APÉNDICE N° 14**), que garantizará un filtrado eficiente del aire que se suministre al área, evitando la adición de más contaminantes al sistema.

- 6- Con el sistema de iluminación que se estableció en los estudios anteriores, se garantizara las labores del personal de forma más eficiente, estableciendo finalmente a un mejor acabado de las unidades.
- 7- En un sistema de producción en línea de vehículos, es muy fácil conseguir un retraso en la producción por causa de un problema que puede paralizar la línea, esto es debido a que no podemos liberar una unidad en perfecto estado si se encuentra delante de ella alguna que posea algún defecto que no permita el avance de la misma. Por ello el modernizar la línea colocando los “Transfer” para liberar toda aquella unidad que este en buen estado, permitirá lograr un avance considerable en el número de unidades acabadas en la cuota diaria exigida.
- 8- La adaptación del horno como se muestra en el **APÉNDICE N° 3**, generará un secado eficiente, mejorando el acabado de las unidades reparadas.
- 9- Se determinó que todas las propuestas, son planteamientos factibles para la empresa al momento de su inversión.
- 10- Es importante resaltar que los estudios realizados conllevaran a la creación de proyectos y estos le ocasionarán gastos a la empresa; pero se disminuirá de esta manera los gastos que se generan por los problemas de contaminación, lo que se traduce en mayores beneficios y ahorros a largo plazo, al realizar los distintos cambios y corregir los problemas existentes. Por lo tanto se invertirá una cantidad de dinero que será recuperado en un tiempo estimado y generara a su vez grandes ahorros.

RECOMENDACIONES

- 1- Se recomienda la implementación de la propuesta N° 3, ya que es la que más se adecua a las necesidades y exigencias establecidas; en ella se encierra la modernización, seguridad de los operarios y control de las sustancias generadas en esta área de la forma más eficiente. Las propuestas N° 1 y N° 2, son soluciones factibles pero no se garantiza un trabajo de calidad ni una zona segura para el personal que labora en ella. Otro factor importante es que no se tendrá que realizar ningún tipo de modificación en el sistema de ventilación del galpón, como se presenta en la propuesta N° 2.
- 2- Realizar un seguimiento por medio del departamento de Higiene y seguridad Industrial, para poder concienciar al personal en general, sobre la importancia y necesidad del uso de los equipos de protección personal en las áreas de trabajo, y de esta forma minimizar las lesiones ocupacionales.
- 3- Se debe adiestrar al personal de trabajo con charlas informativas que lo involucren activamente en el cumplimiento de la normativa, para establecer la conciencia de calidad del trabajo.
- 4- Se recomienda la adaptación de un horno al área de reparación final para mejorar el secado de las unidades reparadas; éste pertenece al sistema anterior de pintura y se encuentra en perfecto estado pero no está siendo utilizado actualmente.
- 5- Tener presente lo importante que es establecer, un área de trabajo segura y acondicionada de la mejor manera, para un desarrollo eficiente de las actividades a realizar. Hay que resaltar que si una actividad se realiza confortablemente, el personal que labora en esa área específica va a realizar de la mejor manera la tarea asignada y así nos aseguramos un alto nivel de calidad en los trabajos realizados; por ello se necesita un sistema de ventilación que garantice una temperatura idónea en el área.

- 6- Cerrar el área de reparación final, así se controlarían los contaminantes de esta zona y se podrá llevar una revisión más estricta de los defectos que puedan poseer las unidades que salen de la cabina de esmalte.
- 7- Establecer el sistema de iluminación que se explica anteriormente, para así garantizar un buen trabajo de inspección y reparación de las unidades que entran a esta área.
- 8- La colocación de una cabina de pintado para las unidades reparadas dentro del área de reparación final, garantizará que las unidades que tengan algún tipo de defecto y que alguna de sus piezas necesite ser pintada nuevamente, éste se realice sin que los contaminantes del área puedan afectar esta reparación, garantizando así un acabado de primera en la reparación de la unidad.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Cernica, John N. **“RESISTENCIA DE MATERIALES”**, 3ª Edición, Compañía Editorial Continental, S.A., Mexico, 1972.
- 2.- Cohen, Miguel. **“GUIA DE AIRE ACONDICIONADO TOMO I Y II”**, Décima edición. Caracas 1999.
- 3.- DUPONT, **“HOJA DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS”**.
- 4.- Edward, Joseph S. /y/ Mischke, Charles R. **“DISEÑO EN INGENIERIA MECÁNICA”**, 4ª Edición en español, Editorial Mc Graw-Hill, Mexico 1999.
- 5.- Elias G., Humberto J., **“CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE PINTURA CONVECCIONALES”**, Trabajo de Asenso, 1974. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.
- 6.- Grim, Nils R. /y/ Rosales, Robert C. **“MANUAL DE DISEÑO DE CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN AIRE ACONDICIONADO”**, Mc Graw-Hill, Madrid 1996.
- 7.- Groover, Mikell P. **“FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA”**, Prentice Hall, Mexico 1997.
- 8.- Hainer, John E. **“SISTEMAS DE CONTROL PARA CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO”**, 2ª Edición, Editorial Marcobo, Barcelona-España 1982.
- 9.- Incropera, Frank P. **“FUNDAMENTALS OF HEAT AND MASS TRANSFER”**, 4º Edición, Editorial John Wiley & Sons, Estados Unidos 1996.

10.- Mark, Lionel S. y Baumeister, Theodore, **“MANUAL DEL INGENIERO MECANICO”**, 1ª Edición, Editorial Hispano América, Mexico 1967.

11.- MAPFRE., **“MANUAL DE HIGIENE INDUSTRIAL”**, Editorial MAPFRE, Madrid, España.

12.- **MANUALES DE NORMATIVA DE CALIDAD**, MITSUBICHI MOTORS JAPON.

13.- SKF **“CATALOGO GENERAL”**, Italia 1989.

14.- **NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIALES**. COVENIN.

2253-90. Concentraciones Ambientales Permisibles en lugares de trabajo.

1056-I-91. Criterios para la selección y uso de los equipos de protección respiratoria.

2250-90. Ventilación en lugares de trabajo.

2294-93: Luminancias en tareas y áreas de trabajo.

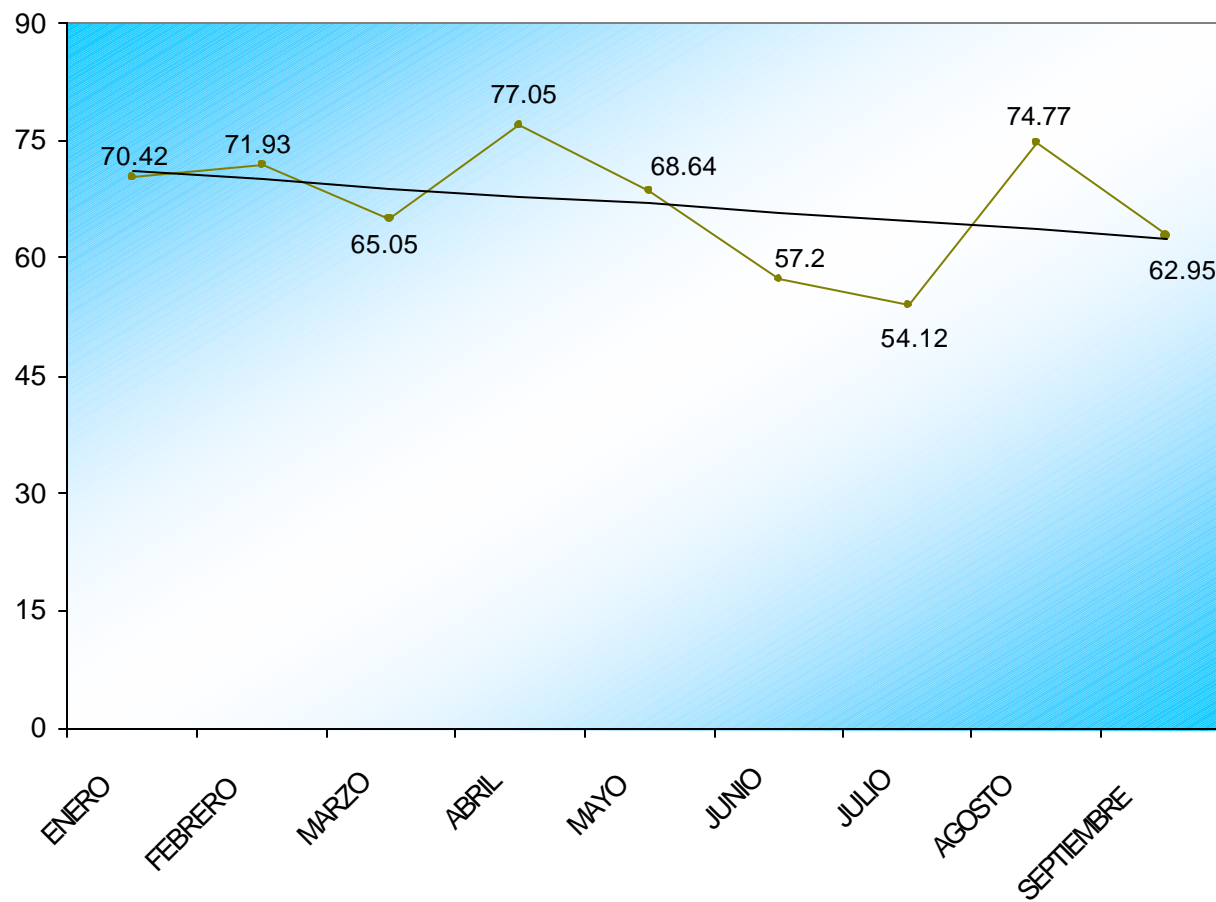
15.- Timoshenko, S. **“RESISTENCIA DE MATERIALES”**, Editorial Espasa-Calpe, S.A., Madrid, 1975.

APENDICE

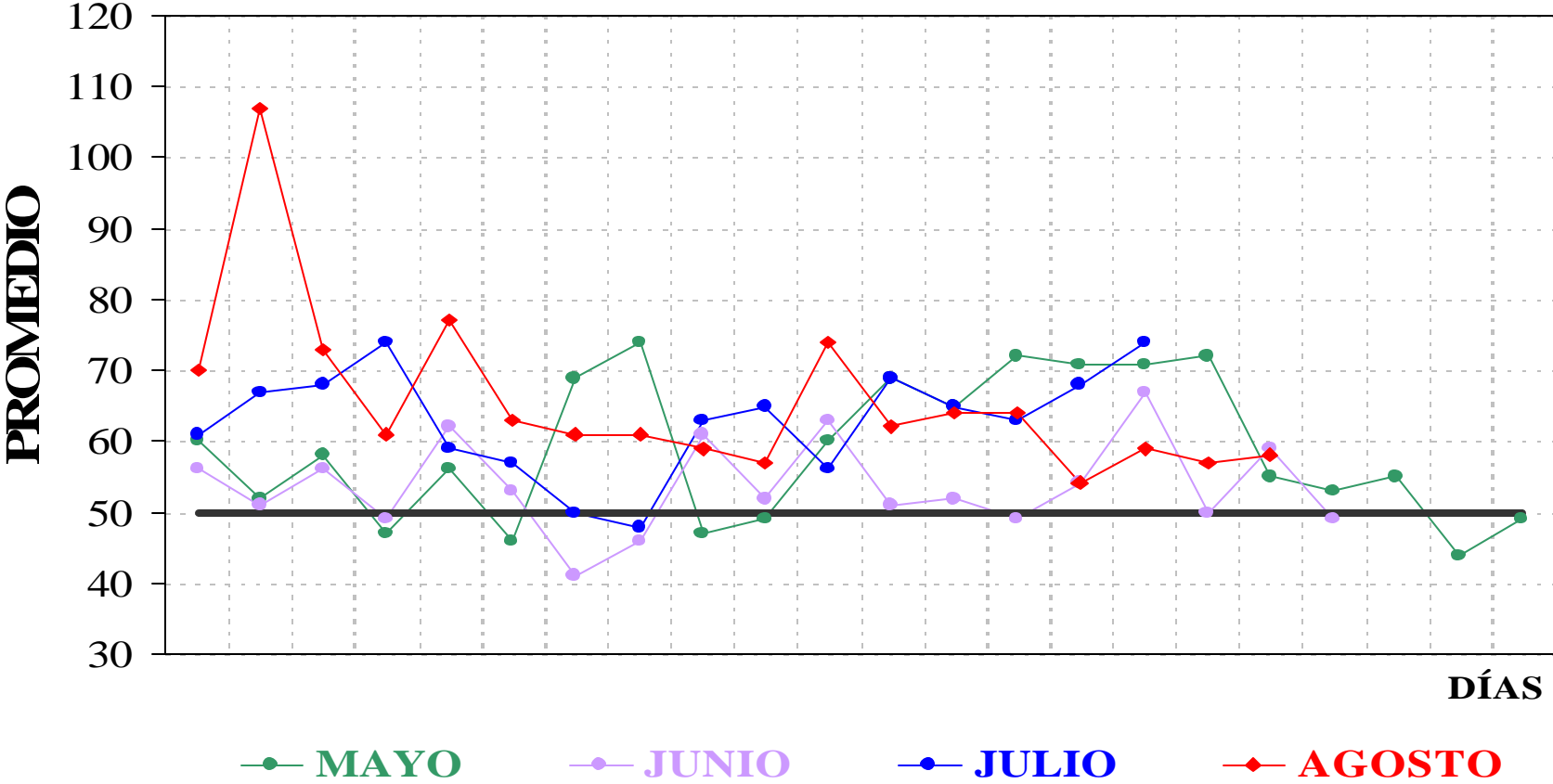
APENDICE 1

**ESTUDIO GRAFICO DEL SUCIO Y LA
FIBRA EN LA LINEA DE FONDO Y
ESMALTE.**

PROMEDIO MENSUAL SUCIO **FONDO**

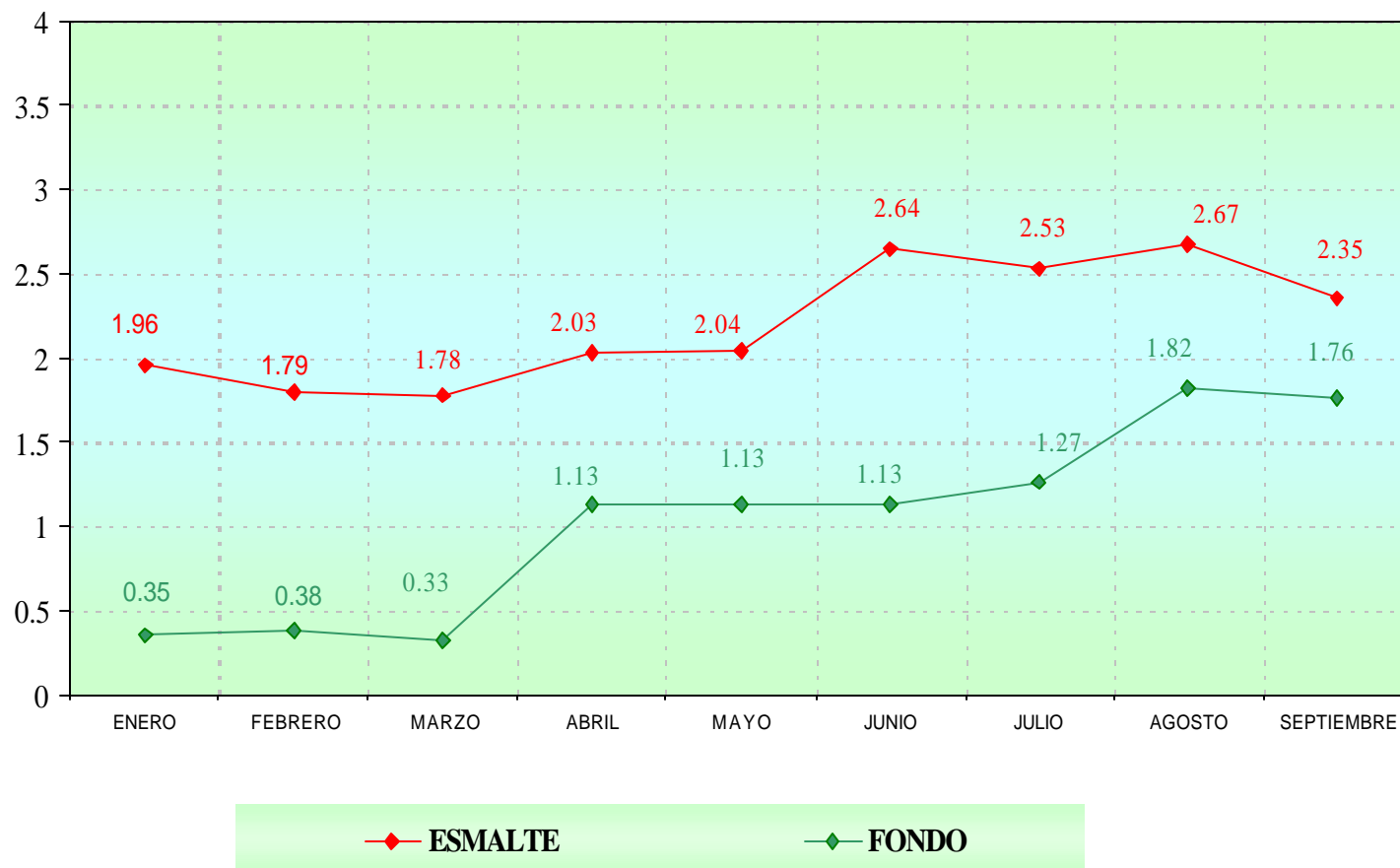


GRÁFICOS DE SUCIO MENSUAL DE ESMALTE



PROMEDIO DE FIBRA **FONDO Y ESMALTE**

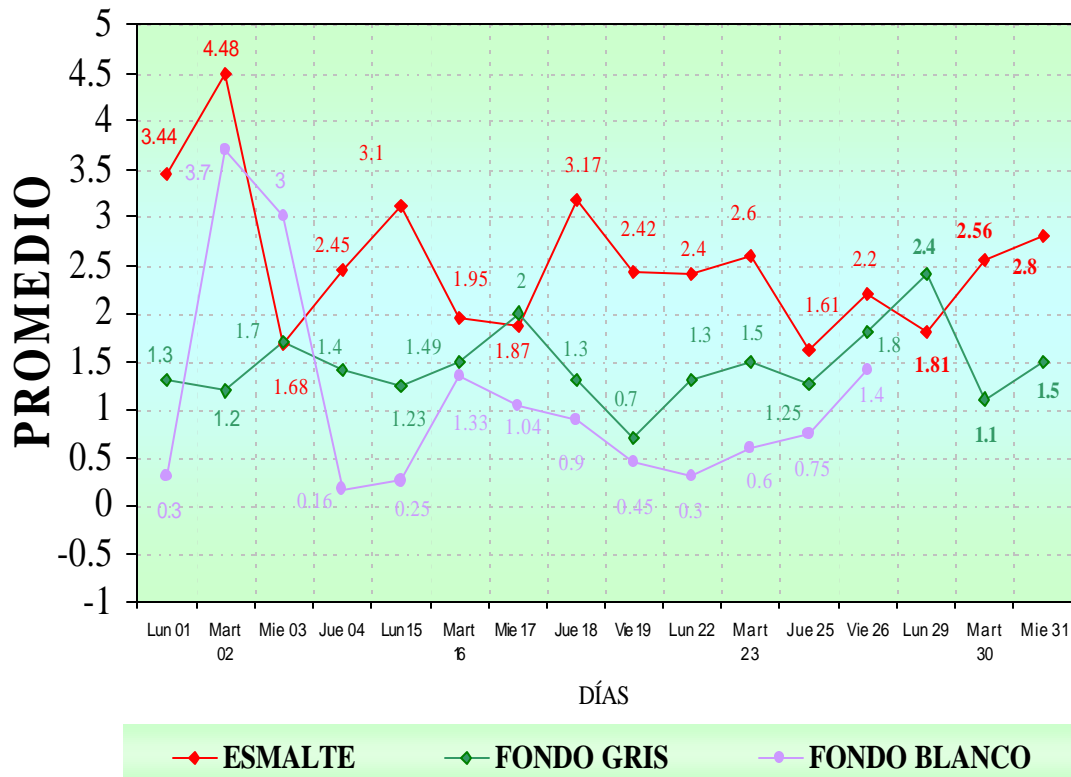
PROMEDIO



PROMEDIO DIARIO DE FIBRA

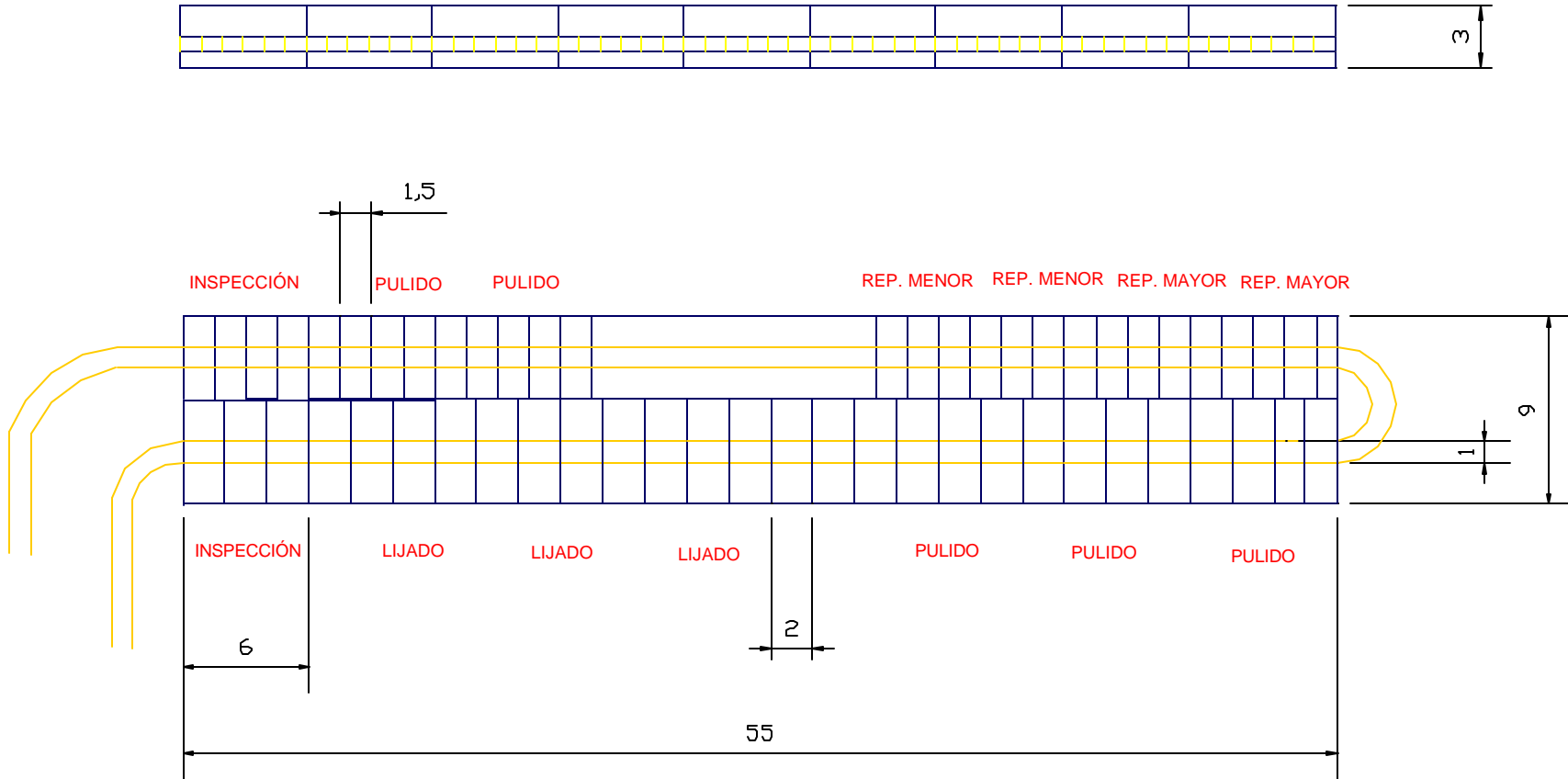
Gráfico de *Fibra* Fondo y Esmalte

FIBRA MES DE JULIO



PROMEDIO <i>FIBRA</i>			
Mes	Esmalte	F. Gris	F. Blanco
Noviembre	2,27	0,61	
Diciembre	2,07	0,29	
Enero	1,96	0,35	
Febrero	1,79	0,38	
Marzo	1,78	0,39	0,26
Abril	2,03	1,00	1,25
Mayo	2,04	1,04	1,22
Junio	2,64	1,12	1,14

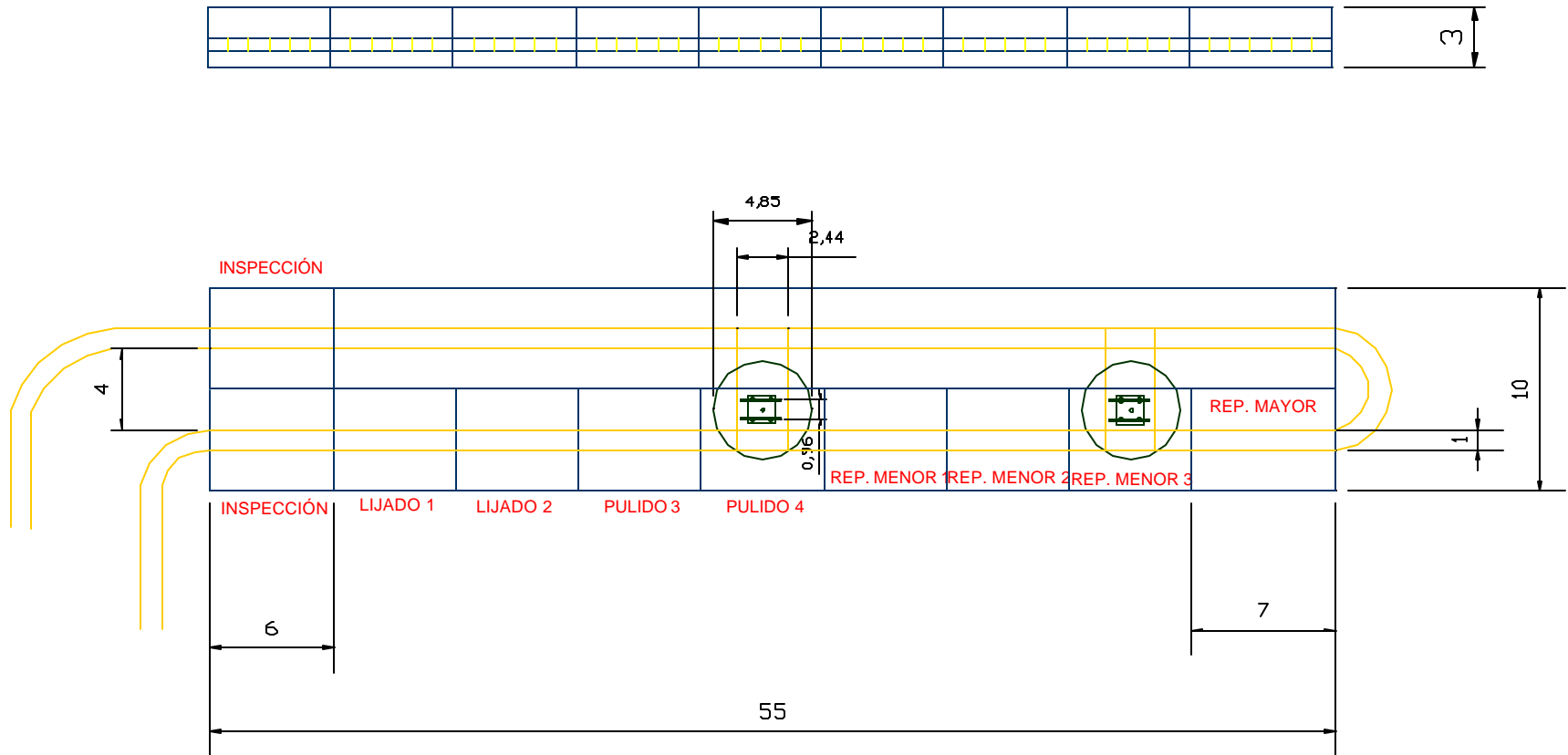
ÁREA DE REPACIÓN FINAL (CONDICIÓN ACTUAL).



TODAS LAS MEDIDAS SON EN (m).

APENDICE 2.

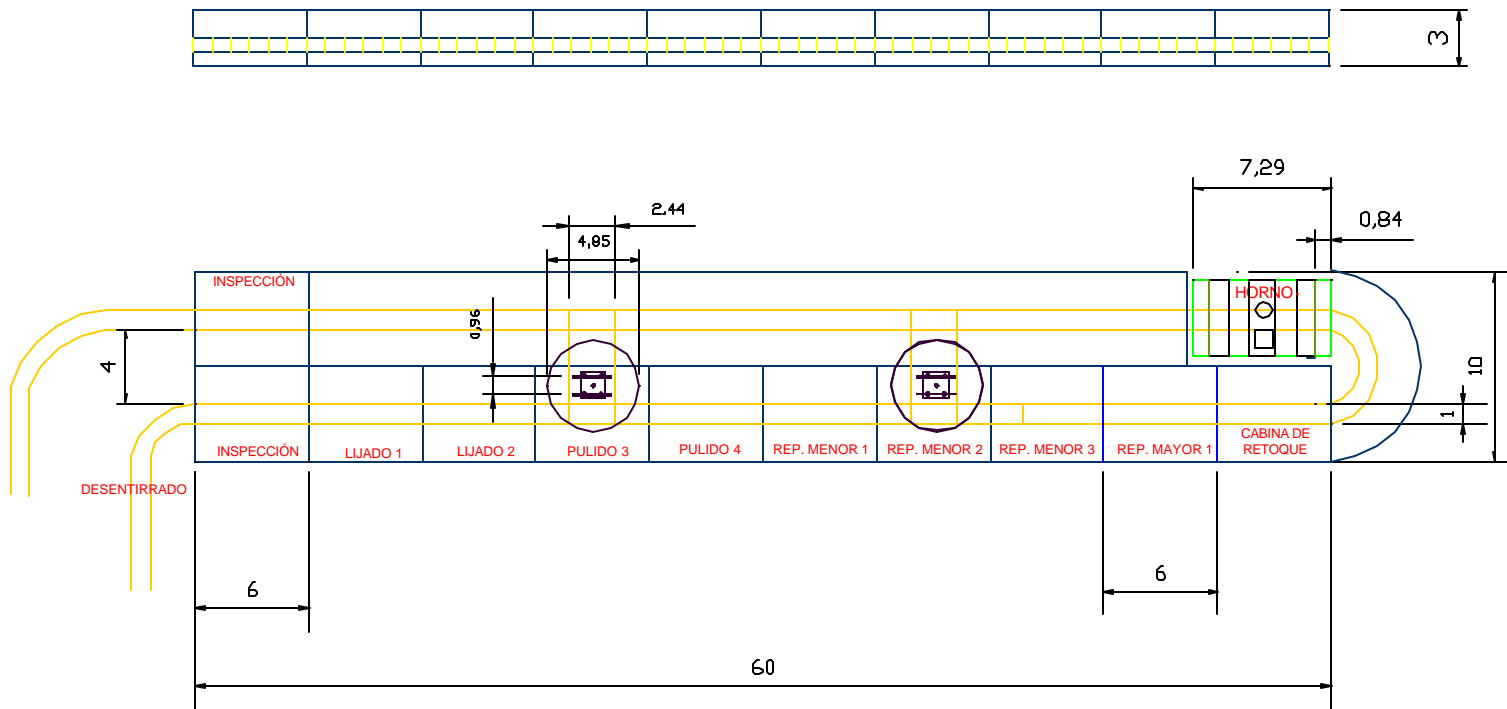
ÁREA DE REPACI3N FINAL (PROPUESTA N3 1).



TODAS LAS MEDIDAS SON EN (m).

APENDICE 3.

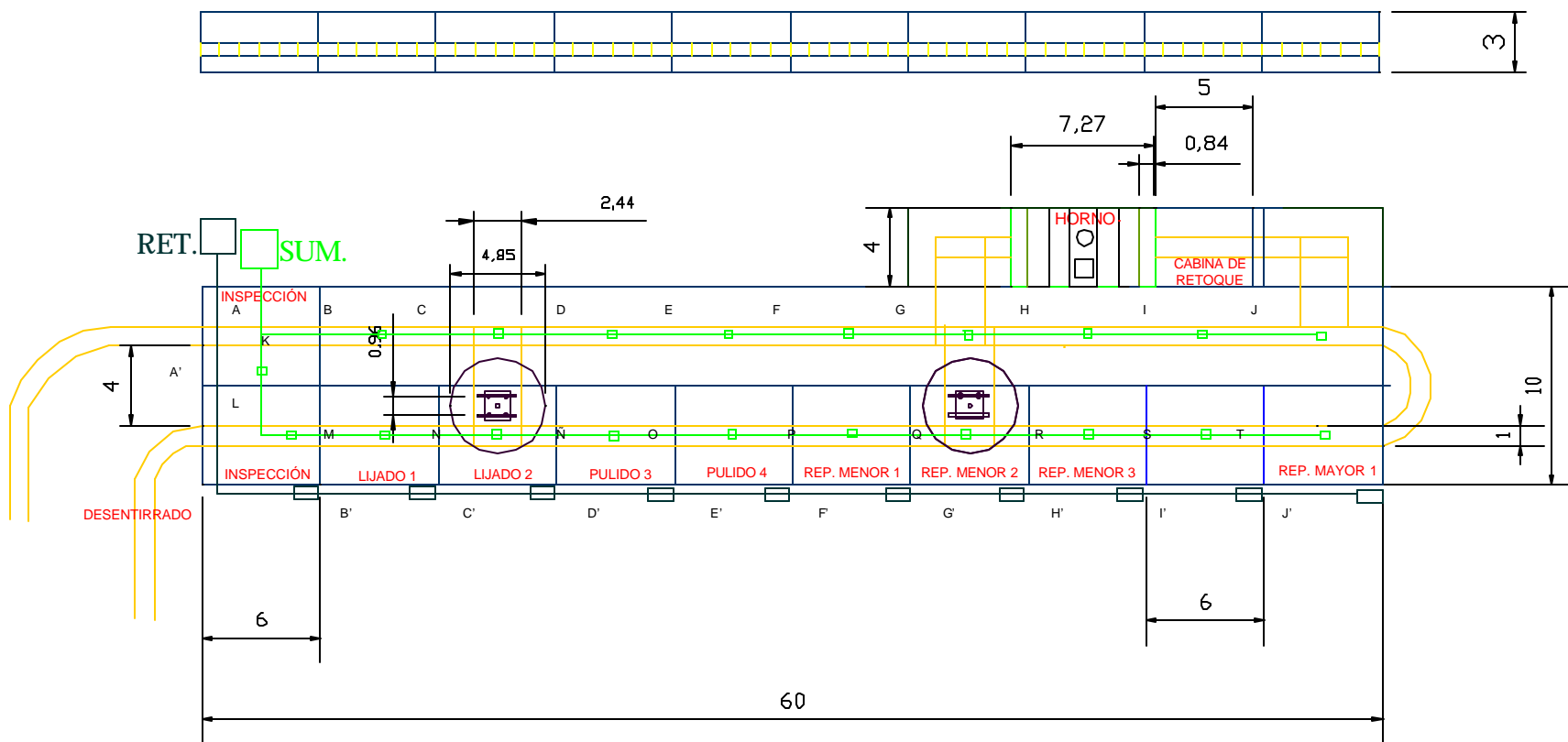
ÁREA DE REPACIÓN FINAL (PROPUESTA N° 2).



TODAS LAS MEDIDAS SON EN (m).

APENDICE 4.

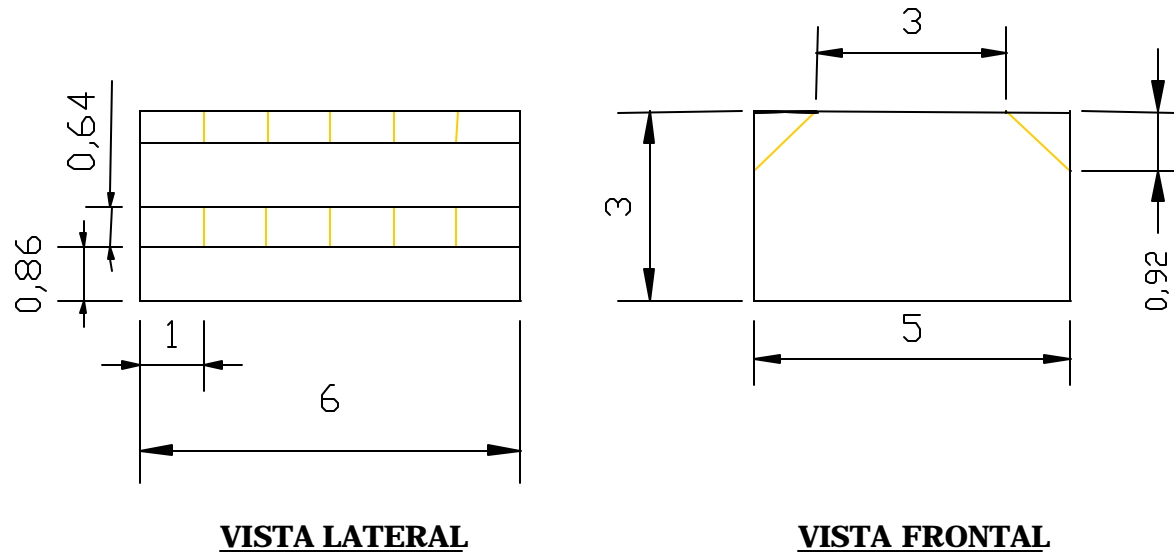
ÁREA DE REPACIÓN FINAL (PROPUESTA N° 3).



TODAS LAS MEDIDAS SON EN (m).

APENDICE 5.

**DIMENSIONES NORMALIZADAS DEL ÁREA DE INSPECCIÓN
DE REPARACIÓN FINAL**



ILUMINACIÓN ———

TODAS LAS MEDIDAS EN (m).

APENDICE 6.

APENDICE 7.

Comparación entre tipos de ventiladores centrífugos:

CARACTERISTICAS	ÁLABES CURVADOS HACIA DELANTE	ÁLABES RADIALES (RECTAS)	ÁLABES CURVADOS HACIA ATRÁS
Eficiencia	MEDIA	MEDIA	ALTA
Estabilidad de Operación	MALA	BUENA	BUENA
Espacio requerido	REDUCIDO	MEDIO	MEDIO
Velocidad tangencial para una elevación conocida de presión	BAJA	MEDIA	ALTA
Resistencia a la abrasión	MALA	BUENA	MEDIA
Características de ruido	INTENSO	REGULAR	REDUCIDO

APENDICE 8.

Aplicaciones industriales típicas de los diversos tipos de ventiladores:

Aplicación	Tubo Axial	Axiales con álabes guía	Radial	Con curvatura al frente	Con curvatura hacia atrás	Aerodinámico
Sistemas De transportación			X		X	
Suministro de aire a quemadores de petróleo y gas u hogares	X	X	X	X	X	X
Aplicación	Tubo Axial	Axiales con álabes guía	Radial	Con curvatura al frente	Con curvatura hacia atrás	Aerodinámico
Reforzamiento de presiones de gas			X		X	X
Ventilación de la planta	X	X			X	X
Calderas, de tiro forzado		X			X	X
Calderas, de tiro inducido			X	X		
Escape de hornos rotatorios			X	X		
Alimentación de hornos rotatorios		X			X	X
Torres de enfriamiento	X					
Colectores de polvo y precipitadores electrostáticos			X	X		
Secado en procesos	X	X	X		X	X
Gases de descarga de reactores o humos en chimenea			X	X		

APENDICE 9.

		<u>DIÁMETRO CIRCULAR EQUIVALENTE PARA DUCTOS RECTANGULARES (PULGADAS)</u>																												
LADO (PULGADA)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
6	6,6																													
7	7,1	7,7																												
8	7,6	8,2	8,7																											
9	8	8,7	9,3	9,8																										
10	8,4	9,1	9,8	10,4	10,9																									
11	8,8	9,5	10,2	10,9	11,5	12																								
12	9,1	9,9	10,7	11,3	12	12,6	13,1																							
13	9,5	10,3	11,1	11,8	12,4	13,1	13,7	14,2																						
14	9,8	10,7	11,5	12,2	12,9	13,5	14,2	14,7	15,3																					
15	10,1	11	11,8	12,6	13,3	14	14,6	15,3	15,8	16,4																				
16	10,4	11,3	12,2	13	13,7	14,4	15,1	15,7	16,4	16,9	17,5																			
17	10,7	11,6	12,5	13,4	14,1	14,9	15,6	16,2	16,8	17,4	18	18,6																		
18	11	11,9	12,9	13,7	14,5	15,3	16	16,7	17,3	17,9	18,5	19,1	19,7																	
19	11,2	12,2	13,2	14,1	14,9	15,7	16,4	17,1	17,8	18,4	19	19,6	20,2	20,8																
20	11,5	12,5	13,5	14,4	15,2	16	16,8	17,5	18,2	18,9	19,5	20,1	20,7	21,3	21,9															
21	11,7	12,8	13,8	14,7	15,6	16,4	17,2	17,9	18,6	19,3	20	20,6	21,2	21,8	22,4	23														
22	12	13	14,1	15	15,9	16,8	17,6	18,3	19,1	19,8	20,4	21,1	21,7	22,3	22,9	23,5	24													
23	12,2	13,3	14,3	15,3	16,2	17,1	17,9	18,7	19,5	20,2	20,9	21,5	22,2	22,8	23,4	24	24,6	25,1												
24	12,4	13,5	14,6	15,6	16,5	17,4	18,3	19,1	19,9	20,6	21,3	22	22,7	23,3	23,9	24,5	25,1	25,7	26,2											
25	12,6	13,8	14,9	15,9	16,8	17,8	18,6	19,4	20,2	21	21,7	22,4	23,1	23,8	24,4	25	25,6	26,2	26,8	27,3										
26	12,8	14	15,1	16,2	17,1	18,1	19	19,8	20,6	21,4	22,1	22,9	23,5	24,2	24,9	25,5	26,1	26,7	27,3	27,9	28,4									
27	13	14,2	15,4	16,4	17,4	18,4	19,3	20,1	21	21,8	22,5	23,3	24	24,7	25,3	26	26,6	27,2	27,8	28,4	29	29,5								
28	13,2	14,5	15,6	16,7	17,7	18,7	19,6	20,5	21,3	22,1	22,9	23,7	24,4	25,1	25,8	26,4	27,1	27,7	28,3	28,9	29,5	30,1	30,6							
29	13,4	14,7	15,9	17	18	19	19,9	20,8	21,7	22,5	23,3	24,1	24,8	25,5	26,2	26,9	27,5	28,2	28,8	29,4	30	30,6	31,1	31,7						
30	13,6	14,9	16,1	17,2	18,3	19,3	20,2	21,1	22	22,9	23,7	24,4	25,2	25,9	26,6	27,3	28	28,6	29,3	29,9	30,5	31,1	31,7	32,2	32,8	33,3				
31	13,8	15,1	16,3	17,4	18,5	19,5	20,5	21,4	22,3	23,2	24	24,8	25,6	26,3	27,1	27,8	28,4	29,1	29,8	30,4	31	31,6	32,2	32,8	33,3	33,9				
32	14	15,3	16,5	17,7	18,8	19,8	20,8	21,8	22,7	23,5	24,4	25,2	26	26,7	27,5	28,2	28,9	29,6	30,2	30,9	31,5	32,1	32,7	33,3	33,9					
33	14,2	15,5	16,8	17,9	19	20,1	21,1	22,1	23	23,9	24,7	25,5	26,3	27,1	27,9	28,6	29,3	30	30,7	31,3	32	32,6	33,2	33,8	34,4					
34	14,4	15,7	17	18,2	19,3	20,4	21,4	22,4	23,3	24,2	25,1	25,9	26,7	27,5	28,3	29	29,7	30,4	31	31,8	32,4	33,1	33,7	34,3	34,9					
35	14,5	15,9	17,2	18,4	19,5	20,6	21,6	22,6	23,6	24,5	25,4	26,2	27,1	27,9	28,6	29,4	30,1	30,8	31,5	32,2	32,9	33,5	34,2	34,8	35,4					
36	14,7	16,1	17,4	18,6	19,8	20,9	21,9	22,9	23,9	24,8	25,7	26,6	27,4	28,2	29	29,8	30,5	31,3	32	32,7	33,3	34	34,6	35,3	35,9					
37	14,9	16,3	17,6	18,8	20	21,1	22,2	23,2	24,2	25,1	26	26,9	27,8	28,6	29,4	30,2	30,9	31,7	32,4	33,1	33,8	34,4	35,1	35,7	36,4					
38	15	16,5	17,8	19	20,2	21,4	22,4	23,5	24,5	25,4	26,4	27,2	28,1	28,9	29,8	30,5	31,3	32,1	32,8	33,5	34,2	34,9	35,6	36,2	36,8					
39	15,2	16,6	18	19,2	20,4	21,6	22,7	23,7	24,7	25,7	26,7	27,6	28,4	29,3	30,1	30,9	31,7	32,5	33,2	33,9	34,6	35,3	36	36,7	37,3					
40	15,3	16,8	18,2	19,5	20,7	21,8	22,9	24	25	26	27	27,9	28,8	29,6	30,5	31,3	32,1	32,8	33,6	34,3	35,1	35,7	36,4	37,1	37,8					

APENDICE 11.

PÉRDIDAS TÍPICAS POR FRICCIÓN PARA EQUIPO DEL SISTEMA DE DUCTOS.

PARTE	GAMA POSIBLE DE PÉRDIDAS* (plg de agua)
Toma de aire o entrada al ventilador.	0,005 a 0,1
Calentadores de aire o enfriadores, una a varias hileras.	0,1 a 0,35
Lavadoras de aire.	0,2 a 0,35
Filtros de aire.	0,2 a 0,4
Sistemas de ductos (cálculo con longitud equivocada).	0,04 a 0,4
Varios, pantallas, rejillas, etc.	0,1 a 0,2
Salidas tipo tobera.	0,1
Menos cualquier recuperación de caída de velocidad	0,1 o más
Pérdidas de presión estática para el sistema (ventilador).	1,0 a 1,6 comunes

* Seleccionadas de datos de fabricantes, o calculadas.

APENDICE 12.

VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS

Sistemas de baja velocidad (pie/min.)

APLICACIÓN	VELOCIDAD DUCTO PRINCIPAL
Apartamentos, Cuartos de hotel y de hospital.	1000
Oficinas particulares, Bibliotecas.	1200
Cafeterías.	1800
Oficinas públicas, Restaurantes, Bancos	1500
Residencias.	800 – 1200
Escuelas, teatros, auditorios, edificios públicos.	1100 – 1600
Edificios Industriales.	1300 – 2200

APENDICE 13.

Ganancia de calor por ocupantes del ambiente acondicionado
(BTU/Hr).

ACTIVIDAD	APLICACIÓN TÍPICA	Tbs = 75 °F		Tbs = 73 °F		Tbs = 70 °F	
		SENS.	LAT.	SENS.	LAT.	SENS.	LAT.
Sentado, en reposo.	Teatros.	230	120	242	108	260	90
Sentado, trabajo liviano.	Escuela secundaria.	240	160	254	146	275	125
Sentado, trabajo ligero.	Oficinas, hoteles.	245	205	260	190	285	165
De pie, caminando despacio.	Tiendas, almacenes.	245	205	260	190	285	165
De pie, caminando despacio.	Bancos.	255	245	270	230	290	210
Sentado, comiendo.	Restaurante.	280	270	296	254	320	230
Baile moderado.	Salones de Baile.	456	824	493	787	548	732
Trabajo pesado.	Fabricas	525	925	557	893	605	845

APENDICE 14:
PRESUPUESTOS DE LOS EQUIPOS A USAR
EN EL ÁREA DE
REPARACIÓN FINAL.



Dirección Fiscal y Administración: Calle Los Vegas, Edificio Villanova, Piso 3, La Trinidad, Apartado 80150, Caracas 1080-A
 Planta, Distribución y Ventas: Urb. Industrial El Mueque, Galpón N° 2, Paracotos, Estado Miranda.
 Tlf: (212) 944.5050 • Fax: (212) 941.8491 • www.oterca.com

Cotización Nro. :	9040
Fecha :	22/04/2003

Página : 2 / 3

Cliente :	MMC AUTOMOTRIZ, S.A.	Código :	272
Dirección Fiscal :	ZONA INDUSTRIAL LOS MONTONES, AV "C".		
Ciudad :	BARCELONA	Estado :	ANZOATEGUI
Atención :	PASANTE BACHILLER: WALDO VIVAS		
Teléfonos :	975 9748		
Número de Fax :	975 9748	Su Referencia :	SU SOLICITUD

1	<p>1. CASETA DE FILTRACIÓN DE AIRE FABRICADA EN LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 16, QUE ESTARÁ CONFORMADA POR LAS SIGUIENTES ETAPAS DE FILTRADO:</p> <p>1ERA ETAPA: FILTROS LAVABLES MODELO: LAVOFIL DE 20% DE EFICIENCIA, CON LAS SIGUIENTES DIMENSIONES 24" X 24" X 2", CANT: 12</p> <p>2DA ETAPA: PREFILTROS DE FIBRA DE VIDRIO, MODELO PLEAFIL DE 25-30 DE EFICIENCIA, CON LAS SIGUIENTES DIMENSIONES 24" X 24" X 4", CANT: 12</p> <p>3ERA ETAPA: FILTROS DE ALTA EFICIENCIA MODELO HIFIL PLUS DE 60% DE EFICIENCIA ASHRAE, CON LAS SIGUIENTES DIMENSIONES DE 24" X 24" X 24", CANT: 12</p> <p>LOS FILTROS ESTARÁN INSTALADOS EN MARCOS PORTAFILTROS FABRICADAS EN ACERO GALVANIZADO Y DISPUESTOS EN ARREGLOS DE 4 X 3, FILTROS EN CADA UNA DE LAS ETAPAS.</p> <p>SE DISPONDRÁ DE UNA PUERTA DE ACCESO PARA MANTENIMIENTO, UBICADO ENTRE LA 1ERA Y 2DA ETAPA Y UN CONJUNTO DE MANÓMETROS DIFERENCIALES DE PRESION (2 EN TOTAL) PARA MEDIR LA CAIDA DE PRESÓN EN LA 1ERA ETAPA, 2DA Y 3ERA ETAPA.</p> <p>EL ACOUPLE DE LA CASETA DE FILTRADO AL VENTILADOR SE REALIZA POR MEDIO DE UN DUCTO DE TRANSICIÓN TAMBIÉN DE ACERO GALVANIZADO Y DE CALIBRE 16 DE APROXIMADAMENTE 1 MT DE LONGITUD.</p> <p>ENTRE ESTE DUCTO Y EL VENTILADOR SE DISPONDRÁ DE UNA JUNTA DE EXPANSIÓN QUE PERMITIRÁ ABSORBER LAS VIBRACIONES PRESENTES.</p> <p>2. DOS VENTILADORES CENTRIFUGOS CON PALAS INCLINADAS HACIA ATRAS ARREGLO 9 EN ACERO AL CARBON CON MOTOR DE 20 HP 1800 RPM Y CONJUNTO DE TRANSMISIÓN EN V.</p> <p>3. DUCTERIA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE DE ACUERDO A DIBUJO SUMINISTRADO POR CLIENTE EN SUS ESPECIFICACIONES, FABRICADA EN ACERO GALVANIZADO, CALIBRE 22. CANTIDAD DE KGS ESTIMADOS: 4.800,00.</p> <p>SE INCLUYEN 20 UNIDADES DE REJILLAS DE SUMINISTRO DE 10" X 10" CON CAUDAL Y 10 UNIDADES DE REJILLAS DE EXTRACCIÓN DE 10" X 10" SIN CONTROL.</p> <p>4. ESTRUCTURA SOPORTE DE LA CASETA / VENTILADOR. SUMINISTRO DE ESTRUCTURA SOPORTE PARA LA CASA DE FILTRACIÓN / VENTILADOR DE ADMISIÓN REALIZADO EN PERFILES DE 100 X 100 X 8 (MM) CON SANDBLASTING METAL BLANCO Y DOS MANOS DE PINTURA (FONDO Y ACABADO), PESO ESTIMADOS: 350 KGS.</p> <p>5. INSTALACIÓN DE LAS PARTES INDICADAS EN LOS PUNTOS 1,2,3 Y 4.</p>		
---	---	--	--



Dirección Fiscal y Administración: Calle Los Vegas, Edificio Villasova, Piso 3, La Trinidad, Apdo. 80150, Caracas 1080-A
Planta, Distribución y Ventas: Urb. Industrial El Mueque, Galpón N° 2, Paracotos, Estado Miranda.
Tlf: (212) 944.5050 • Fax: (212) 941.8491 • www.oterca.com

Cotización Nro. :
9040
Fecha : 22/04/2003

Página : 3 / 3

Cliete : **MMC AUTOMOTRIZ, S.A.** Código : 272
Dirección Fiscal : **ZONA INDUSTRIAL LOS MONTONES, AV "C".**
Ciudad : **BARCELONA** Estado : **ANZOATEGUI**
Atención : **PASANTE BACHILLER: WALDO VIVAS**
Teléfonos : **975 9748**
Número de Fax : **975 9748** Su Referencia : **SU SOLICITUD**

NOTA: NO ESTÁ INCLUIDA LA INSTALACIÓN DE LAS PARTES ELÉCTRICAS (CABLEADO, ARRANCADOR Y CONEXIÓN AL MOTOR DEL VENTILADOR)	1	44.132,00	44.132,00
SUB-TOTAL : \$			44.132,00
Impuesto I.V.A. (16,0%) : \$			7.061,12
TOTAL : \$			51.193,12

Notas :

- * **Tiempo de Entrega :** 10 semanas una vez cumplidas las condiciones comerciales y de venta.
- * **Forma de Pago :** VER NOTA 1
- * **Validez de la Oferta :** 15 días contados a partir de la fecha de emisión de esta cotización.
- * **Lugar de Entrega :** Entrega en sus Almacenes

NOTA 1: FORMA DE PAGO: 40% con orden de compra, 30% al inicio de la instalación y resto 30 días después de la entrega.

- * Los Precios están basados en una Tasa de cambio de Bs. 1.600,00 por US\$ Dólar, y podrían variar dependiendo de la Tasa Vigente al momento de la cancelación.
- * La validez de esta cotización está sujeta a que permanezcan en vigencia las actuales disposiciones gubernamentales referentes a manufactura, mano de obra, transporte, importación o cualquier otra que afecte lo cotizado.
- * Favor hacer referencia al número de esta cotización al emitir su orden de compra.
- * Emitir sus pagos mediante el depósito de su cheque "No Endosable" a favor de OTERCA MAQUINARIAS C.A. en una de las siguientes cuentas corrientes: Banco Provincial No. 0108-0039-0100002364 Banco Venezuela No. 455-583-563-6 ó Banco Mercar No. 1091-02843-2
- * Agradecemos nos envíe vía fax planilla de depósito u orden de transferencia con la cual se efectuó el pago.
- * Al emitir la orden de compra el cliente acepta las "Condiciones de Venta" estipuladas en el formato A-1 de fecha 25 de Febrero de 1993.

Quedando a sus gratas órdenes para ampliar cualquier información sobre lo expuesto y agradeciéndoles la oportunidad de servirles, aprovechamos la ocasión para saludarle, muy atentamente

Por OTERCA MAQUINARIAS C.A. :



Eric Soto
Especialista de Línea

Elaborado por : Eiza Morales



TELEFONO(S)-58 (0) 212 / 2617948 - 2614898 - 265
 FAX: (0) 212 / 2600967
 RIF: J-30289210-4 NIT: 0031898722

FECHA: 31 de Marzo del 2003
 CLIENTE: EVENTU / - BEVIC Automotriz
 DIRECCIÓN: Zona Industrial Los Montones, Planta MMC, Barcelona Edo Anzoátegui
 TELEFONO(S): 0414-3317906
 FAX:
 ASESOR: 54 ERNESTO RIBERA
 MONEDA: Bolívares

E-Mail: caracas@festo.com.ve

COTIZACION
CCS-54-D1636
PAGINA: 1

Nro.	Codigo	Tipo	Descripción	Cant.	Precio Bs	Total Renglon Bs
1	163479	DNC-100-125-PPV-A [IC]	CIL NORMALIZADO DOBLE EFEI	2	672,416.00	1,344,832.00
2	031745	LSNG-100 [IC]	CABALLETE SOPORT ESFER	2	161,440.00	322,880.00
3	005566	L5N-100	CABALLETE	2	161,440.00	322,880.00
4	006147	SG-M20X1.5 [IS]	HORQUILLA	2	71,168.00	142,336.00
5	131179	GRLA-1/2-B [IS]	REGULADOR DE CAUDAL	4	49,120.00	196,480.00
6	019705	MFH-5-3/8-B [IS]	ELECTROVALVULA	2	302,016.00	604,032.00
7	153010	QS-1/2-12 [IS]	RACOR QS RAPIDO	4	9,664.00	38,656.00
8	153009	QS-3/8-12 [IS]	RACOR QS RAPIDO	6	7,648.00	45,888.00
9	159588	FRC-3/8-D-MIDI [IS]	UNIDAD DE MANTENIMIENTO S	1	254,112.00	254,112.00
10	159670	PUN-12X2-BL AZ [IS]	MANGUERA POLIURETANO COL	20	7,200.00	144,000.00

TOTAL:	3,416,096.00 Bs	SUB-TOTAL:	3,416,096.00 Bs
% DESCUENTO:	0.00 Bs	I.V.A. 16.00:	546,575.36 Bs
DESCUENTO:	0.00 Bs	TOTAL GENERAL:	3,962,671.36 Bs

ATENCION: Ing. Waldo Vivas
 VALIDEZ DE LA OFERTA: 5 DIA(S)
 CONDICIONES DE PAGO: CONTADO 0

TIEMPO DE ENTREGA: 2 DIA (S)
 NRO. DE REQUISICION

COMENTARIO:

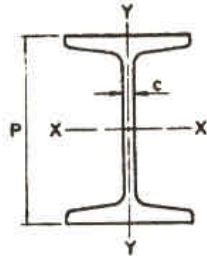
La presente cotización queda sujeta a las siguientes condiciones:

Los precios de esta cotización están sujetos a cambios sin previo aviso en caso de agotarse las existencias en nuestro inventario o por efectos en el cambio de la moneda y/o que son productos importados.

Festo C.A. Sucursal VALENCIA: Prolongación Av. Arturo Michelena, Zona Industrial Municipal Norte, Centro Comercial LOFEBAR Local 2
 Telfs.: (0241) 326022 - 324478 - 325264 - 324964 - 324936. Fax: (0241) 324462, E-mail: festoval@telcel.net.ve

Festo C.A. Sede central MARACAIBO: Av. 23 Esq. Calle 71, Sector Paraíso, Telfs.: (0261) 594438 - 594120, Fax: (0261) 590455, Ventas: (0261) 591417
 Email: festoven@telcel.net.ve

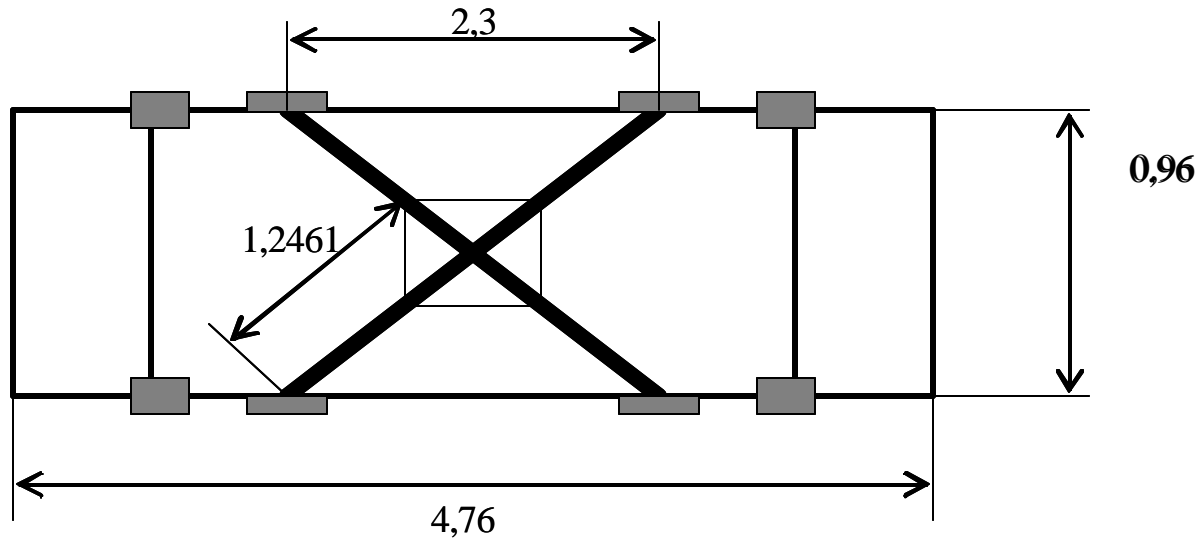
APENDICE 15.



VIGAS PROPIEDADES

PERALTE		P e s o	Area	EJE X-X			EJE Y-Y		
				I	r	S	I	r	S
P mm	P plg	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ³
76.2	3	8.48	10.52	103.3	3.12	27.1	19.1	1.35	6.5
101.6	4	11.46	14.26	248.3	4.17	48.9	32.1	1.50	9.5
127.0	5	14.88	18.52	503.3	5.21	79.3	51.2	1.65	13.4
152.4	6	18.60	23.29	906.8	6.25	119.0	77.0	1.83	18.2
177.8	7	22.77	28.52	1507.9	7.26	169.6	111.1	1.98	23.9
203.2	8	27.38	34.39	2367.2	8.31	233.0	157.3	2.13	31.0
228.6	9	32.44	40.71	3534.8	9.32	309.3	214.8	2.29	39.1
254.0	10	37.80	47.55	5082.0	10.34	400.2	286.8	2.46	48.4
304.8	12	47.32	59.74	8982.9	12.27	589.4	395.4	2.57	62.3
304.8	12	60.72	76.39	11193.7	12.12	734.5	574.8	2.74	86.2
381.0	15	63.84	80.52	18387.3	15.11	965.2	608.5	2.75	87.1
381.0	15	90.48	114.03	25348.6	14.91	1330.6	1080.5	3.07	141.8

DIMENSIONES DEL “DOLLY” CON EL “TRANSFER”



- Medidas en m.

- TAMAÑO DE LAS VIGAS I:

$$\tan a = \frac{0,96}{2,3} = 0,4173$$

$$a = 22,65^\circ$$

$$\text{sen } a = \frac{0,96}{\text{tamaño _ viga}}$$

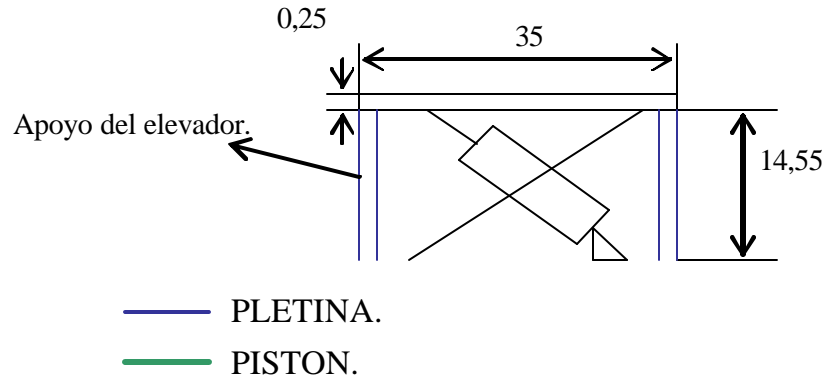
$$\text{tamaño _ viga} = 249,23 \text{ cm.}$$

Cada brazo medirá 1,2461m. Ó 124,61cm.

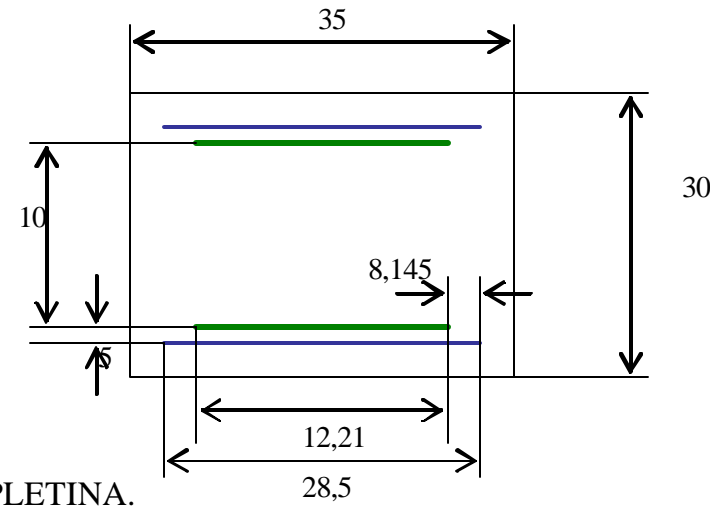
APENDICE 16.

DISEÑO DEL ELEVADOR DEL “TRANSFER”

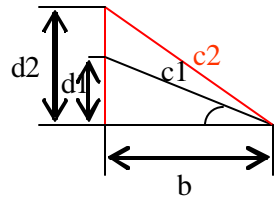
VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



PISTON.



- Posición inicial

- Posición final

Para su posición final. a_2

$$a_1 = 50^\circ \text{ y } c_1 = 19 \text{ cm.}$$

$$\text{sen } 50^\circ = \frac{d_1}{19}$$

$$d_1 = 19 \times \text{sen } 50^\circ = 14,55 \text{ cm.}$$

$$\text{cos } 50^\circ = \frac{b}{19}$$

$$b = 19 \times \text{cos } 50^\circ = 12,21 \text{ cm.}$$

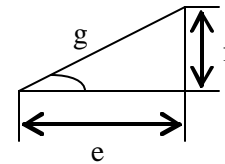
$$\text{cos } a_2 = \frac{b}{c_2} = \frac{12,21}{32} = 0,3816$$

$$a_2 = 67,56^\circ$$

$$\text{sen } 67,56^\circ = \frac{d_2}{32}$$

$$d_2 = 32 \times \text{sen } 67,56^\circ = 29,57 \text{ cm}$$

PLETINA.



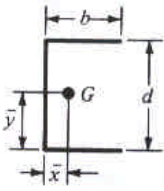
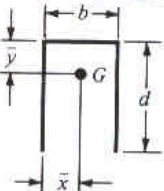
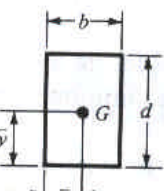
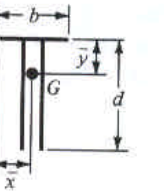
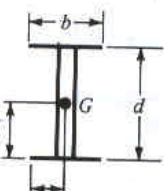

$$\text{sen } b = \frac{14,55}{32} = 0,456875$$

$$b = \text{arcsen}(0,456875) = 27,0448^\circ$$

$$\text{cos } 27,0448^\circ = \frac{e}{32}$$

$$e = 32 \times \text{cos } 27,0448^\circ = 28,5 \text{ cm.}$$

APENDICE 18.

FORMA DE UNIÓN	ÁREA DE GARGANTA	UBICACIÓN DE G	SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA UNITARIO
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

* I_u , el segundo momento de área unitario, se toma con respecto a un eje que pasa por G, el centroide del grupo de juntas soldadas; h es el tamaño de junta; el plano del par flexionante es normal al de la página y paralelo al eje y; todas las juntas de soldadura son del mismo tamaño.

APENDICE 20:
CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PISTON
NEUMATICO SELECCIONADO.



PISTON MODELO DNC-100-125-PPV-A

ACCESORIOS NESESARIOS PARA SU INSTALACIÓN



RACOR RAPIDO ROSCADO (QS-1/2-12)



REGULADOR DE CAUDAL (GRLA-1/2-B)



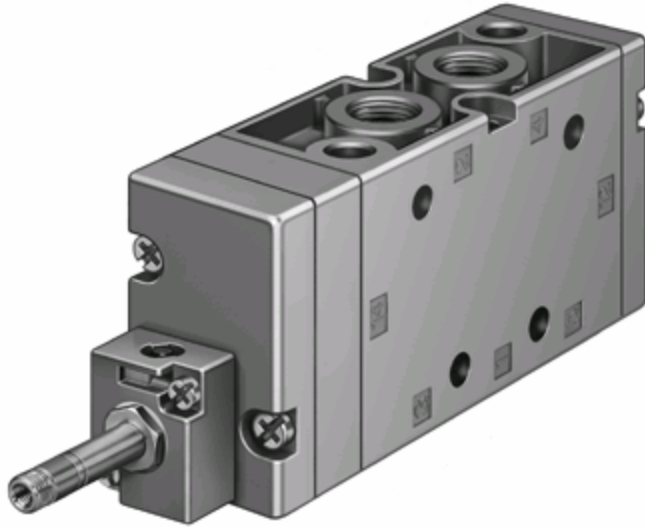
HORQUILLA (SG-M20X1.5)



MANGUERA DE POLIURETANO (PUN-12X2-BL)



UNIDAD DE MANTENIMIENTO
(FRC-3/8-D-MIDI)



ELECTRO VALVULA (MFH-5-3/8-B)



CABALLETE (LSNG-100)



CABALLETE (LSN-100)

DNC-100-125-PPV-A

Cilindros normalizados

Hoja de datos

Núm. artíc163470

Página:1

Caract.	Valor
Forma de funcionamiento	de doble efecto
Forma émbolo	redondo
Forma vástago	redondo
cumple norma ISO	ISO 6431
cumple norma VDMA	VDMA 24562
Forma de exploración	magnético
Forma de amortiguación	Amortiguación neumática regulable
Longitud de amortiguación	32 mm
Seguridad antigiro	sin
Tamaño nominal del émbolo	100
Carrera	125 mm
Diámetro del vástago	25 mm
Extremo del vástago	Rosca exterior
Rosca de vástago KK	M 20x1.5
Presión de funcionamiento mín.	0,6 bar
Presión de trabajo máx.	12 bar
Temperatura ambiente mín.	-20 °C
Temperatura ambiente máx.	80 °C
Tipo de conexión de la culata	Rosca interior
Rosca de conexión EE cojinete	G 1/2
Material tapa	Fundición inyectada de aluminio
Material juntas	NBR, TPE-U(PU)
Material vástago	acero de alta aleación
Material tubo/cuerpo	Aleación de aluminio
Peso total para 0 mm de carrera	4,653 kg
Peso adicional por 10 mm de carrera	0,115 kg
Peso de la masa en mov. p. 0 mm de	1,544 kg
Peso de la masa en mov.por 10 mm	0,038 kg
Revestimiento tapa	anodizado
Revestimiento tubo/cuerpo	anodizado deslizante
Tipo de conexión tapa terminal	Rosca interior

DNC-100-125-PPV-A

Cilindros normalizados

Hoja de datos

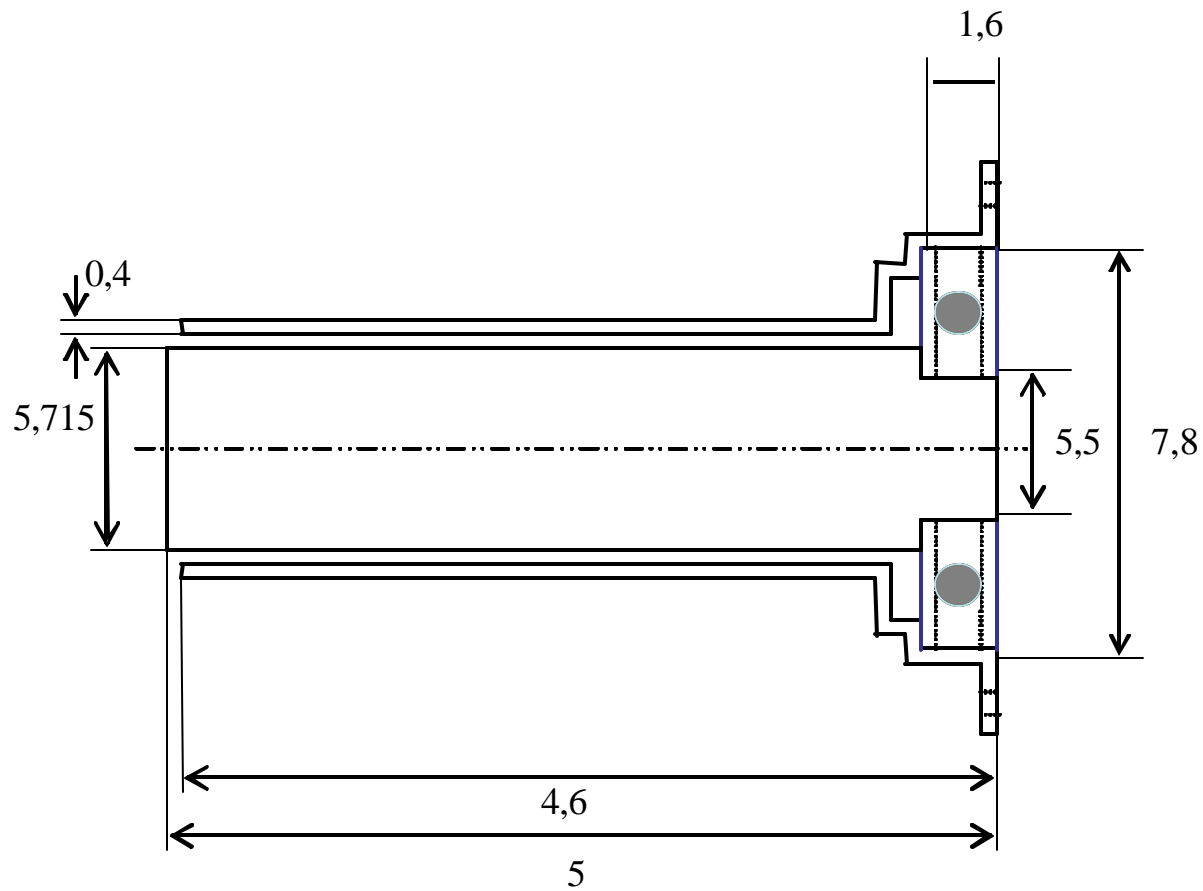
Núm. artíc163470

Página:2

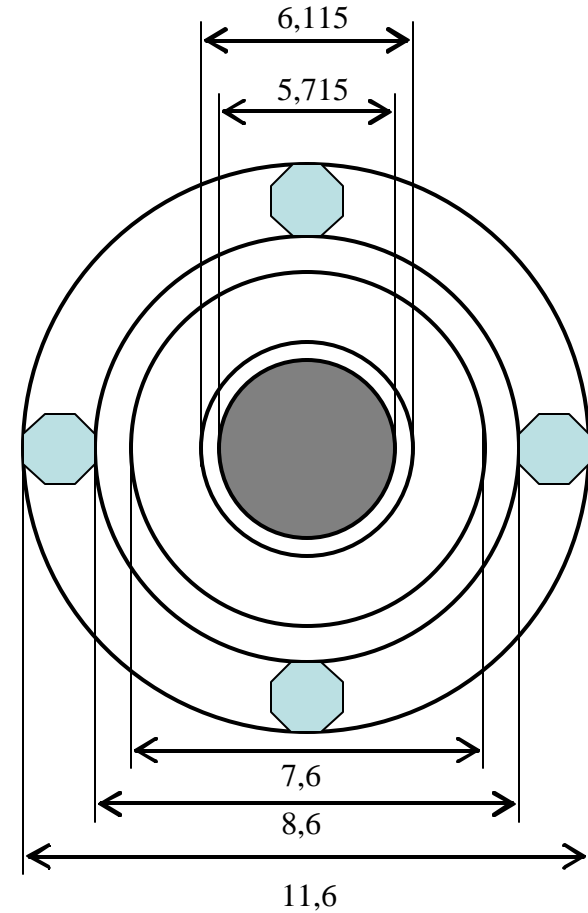
Caract.	Valor
Rosca de conexión EE culata	G 1/2
Fuerza útil (teór.) a 6 bar, avance	4712 N
Fuerza útil (teór.) a 6 bar, retorno	4418 N
Consumo de aire para 6bar	6,875 l
Consumo de aire para 6bar	0,55 l
Consumo de aire para 6bar ret./carrera	6,4375 l
Consumo de aire para 6bar	0,515 l
Fluido	Aire comprimido seco, filtrado

DISEÑO DE LA BASE DEL RODAMIENTO Y DEL EJE

VISTA LATERAL

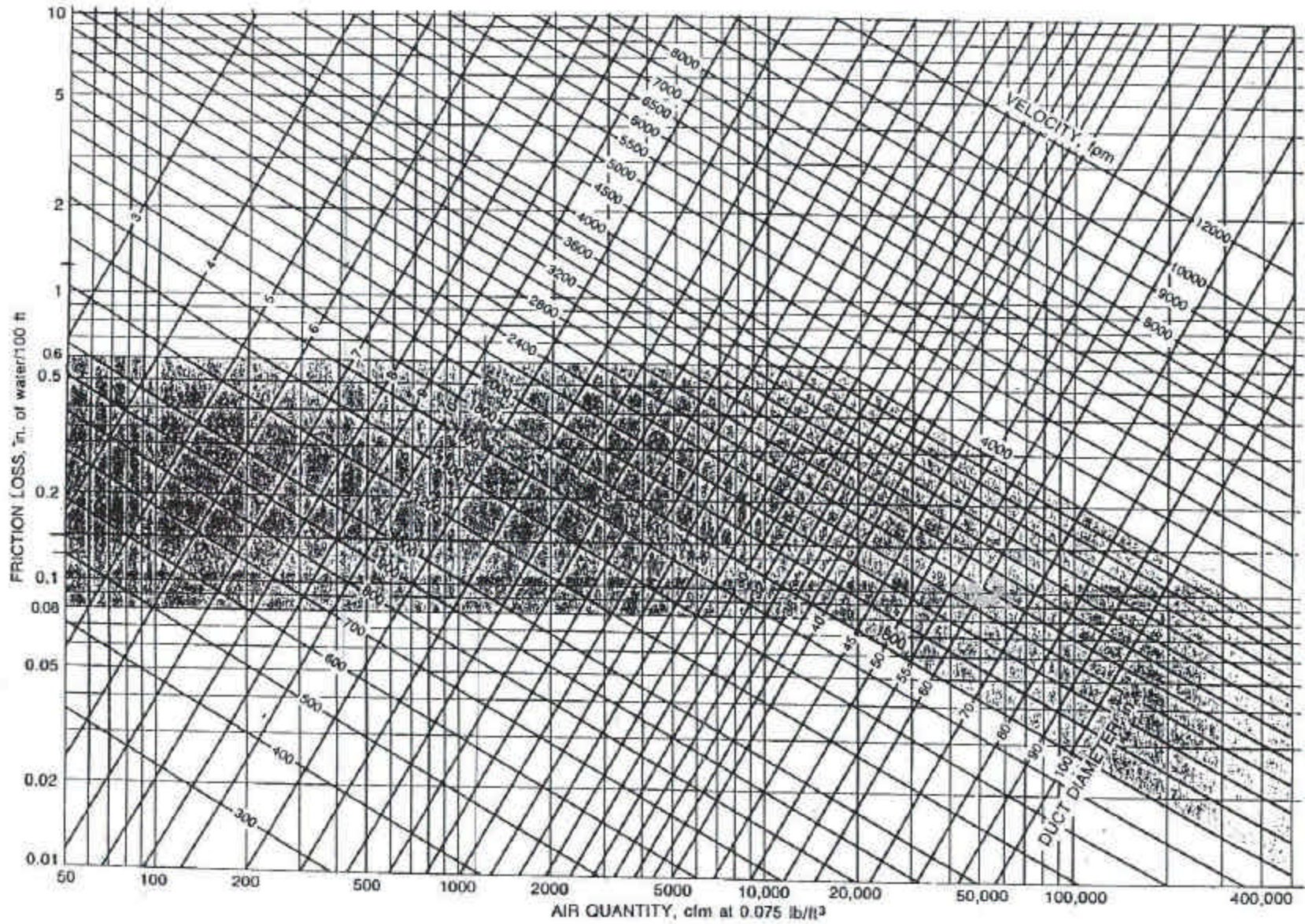


VISTA SUPERIOR



- Medidas en cm.

APENDICE 19.



Friction Chart for Round Duct

APENDICE 21.