

FUES  
1503  
E77P  
1993  
Ej. 2

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA



## "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION INDUSTRIAL PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO"

TRABAJO DE GRADUACION  
PRESENTADO POR:

**LOYDEN IVETTE ESPINOZA ZULETA**



15100823  
15100823

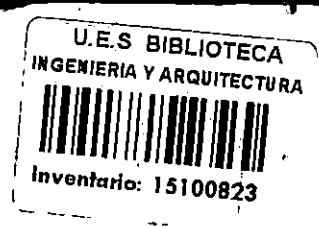
PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO**

OCTUBRE, 1993

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

*Recibida 14/02/94*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:  
**INGENIERO MECANICO**

Título:

**"PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION INDUSTRIAL  
PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO"**

Presentado Por: **Loyden Ivette Espinoza Zuleta**

Trabajo de Graduación aprobado por:



Coordinador y Asesor: Ing. Mario Arnoldo Molina Argueta *M. Argueta*

Asesor: Ing. Luis Humberto Guidos S.

San Salvador, Octubre de 1993

RECEIVED BY THE DIRECTOR

APR 19 1954

U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

100

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO:

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DIRECTOR:

ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

A 10000

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso: Por Ser todo para mi, por estar conmigo, por darme la fuerza y luz de seguir adelante.

A María Santísima: Por a través de ella mi oración tiene un eco más profundo a Dios.

A mis Papi y a Mami: Carlos Arturo Espinoza Romero y Blanca Maribel Zuleta de Espinoza  
Por su cariño, apoyo y confianza en cada etapa de mi vida

A Mamita: Trinidad Espinal de Zuleta  
Por sus oraciones, y el cariño que siempre me ha manifestado

Al resto de mi familia, a mis muy queridos amigos y compañeros: -  
Por sus consejos, apoyo y la confianza que siempre me brindaron para realizar esta meta.

Y a todas esas Personas que de una u otra manera colaborarán en la realización de este documento  
Siempre les estaré en deuda y nunca lo olvidaré... GRACIAS !!!

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

## JUSTIFICACION

Se ha identificado que en la Industria Salvadoreña, como parte de los procesos a que es sometida la materia prima para elaborar un producto determinado, se tiene generación de calor, humedad, sustancias microscópicas y/o gases, que influyen en forma negativa a la creación de condiciones aceptables para que los trabajadores desempeñen sus labores adecuadamente; para lo cual se hace necesario efectuar un estudio y plantear alternativas de solución a través de diseños concretos que permitan se garantice la obtención de condiciones de confort y conservación de la salud de los trabajadores.

El estudio contribuirá al abordaje de los problemas que alteren el equilibrio ecológico, producido por la evacuación de los desechos contaminantes hacia la atmósfera.

## OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de diseño de un sistema de ventilación, que permita la captación de contaminantes producidos por la maquinaria o equipos en los talleres del Polígono Industrial Don Bosco.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Reducir los riesgos de adquirir o agravar, enfermedades profesionales en los trabajadores.

- Mejorar la situación ecológica del lugar y las condiciones de operación de las máquinas

- Establecer parámetros para una metodología de diseño de Sistemas de Ventilación en situaciones Industriales diversas

- Dar a conocer al lector, la manera en que se regulariza la Ventilación Industrial en El Salvador para crear conciencia en los futuros diseños de Sistemas similares.



INDICE

PAGINA

OBJETIVOS  
JUSTIFICACION  
INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION	2
1.0.0.0 PRINCIPIOS DE LA VENTILACION INDUSTRIAL	3
1.0.1.0 PRINCIPIOS DE LA HIGIENE INDUSTRIAL	3
1.0.1.1 METODOS GENERALES DE CONTROL	3
1.0.1.2 SOBRE EL FOCO DE CONTAMINACION	5
1.0.1.3 SOBRE EL MEDIO DE DIFUSION	6
1.0.1.4 SOBRE EL RECEPTOR	6
1.0.2.0 OBJETIVO DE LA VENTILACION GENERAL	7
1.0.3.0 RESUMEN	12
1.1.0.0 PRINCIPIOS DE LA VENTILACION GENERAL	13
1.1.1.0 CLASIFICACION DE LOS METODOS DE VENTILACION	13
1.1.1.1 SISTEMAS DE SUMINISTRO	14
1.1.1.2 SISTEMAS DE EXTRACCION	14
1.1.2.0 PRINCIPIOS DE DISEÑO	15
1.1.3.0 APLICACIONES DE LA VENTILACION GENERAL	17
1.1.3.1 DILUCION PARA LA SALUD	17
1.1.3.2 CALCULO DE DILUCION PARA UNA CONCENTRACION DE ESTADO ESTABLE	17
1.1.3.3 AUMENTO DE LA CONCENTRACION DEL CONTAMINANTE	18
1.1.3.4 RANGO DE LIMPIEZA	19
1.1.3.5 MEZCLAS - DILUCION PARA LA SALUD	20
1.1.3.6 DILUCION POR FUEGO Y EXPLOSION	21
1.1.3.7 VENTILACION PARA EL CONTROL DE CALOR	22
1.1.4.0 LIMITACIONES DE LA VENTILACION GENERAL EN LOS LOCALES COMERCIALES	23
1.2.0.0 PROPIEDADES DE LOS CONTAMINANTES	24
1.2.1.0 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE LAS PARTICULAS	24
1.2.1.1 ECUACIONES PARA EL MOVIMIENTO UNIDIMENSIONAL DE PARTICULAS	24
1.2.1.2 VELOCIDAD LIMITE DE CAIDA	27
1.2.1.3 PROYECCION DE PARTICULAS	28
1.2.1.4 INERCIA	30
1.2.2.0 MECANISMOS DE DISPERSION DE PARTICULAS EN EL AIRE	32
1.2.2.1 EVAPORACION Y GENERACION DE POLVO	32
1.2.2.2 ACCION PRIMARIA	32

INDICE	PAGINA
1.2.2.3 ACCION SECUNDARIA	34
1.2.2.4 GASES Y VAPORES	35
1.3.0.0 VENTILACION LOCALIZADA	35
1.3.1.0 CONCEPTOS BASICOS DE LA VENTILACION LOCALIZADA	35
1.3.2.0 CAMPANAS	37
1.3.3.0 DISEÑO GENERAL DE ELEMENTOS DE CAPTACION	38
1.3.3.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS CAMPANAS	38
1.3.4.0 CLASIFICACION DE TIPOS DE CAMPANAS	39
1.3.4.1 ENCERRADAS	39
1.3.4.2 EXTERIORES	41
1.3.4.3 RECEPTORAS	41
1.3.5.0 DISTRIBUCION DE VELOCIDAD EN CAMPANAS COMPLEJAS	42
1.3.6.0 CAPTACION DEL CONTAMINANTE	42
1.3.7.0 VELOCIDAD DE CAPTURA	44
1.3.8.0 CALCULOS DE CAUDAL NECESARIO	45
1.3.9.0 PERDIDA DE CARGA	47
1.3.10.0 RENDIJAS Y PLENOS	48
1.3.10.1 VELOCIDAD FRONTAL VRS MOVIMIENTO DE LA MASA DE AIRE	49
1.3.11.0 DISEÑO DE CAMPANAS PARA OPERACIONES ESPECIFICAS	50
1.3.11.1 CAMPANAS SOBREPUESTAS	51
1.3.11.2 CAMPANA EXTRACTORA LATERAL	52
1.3.12.0 PARTICIPACION DEL OPERARIO	53
1.4.0.0 CONDUCTOS	54
1.4.1.0 DEFINICIONES BASICAS	55
1.4.2.0 ECUACIONES FUNDAMENTALES	56
1.4.2.1 ECUACION DE CONTINUIDAD	56
1.4.2.2 ECUACION DE BERNOULLI	57
1.4.3.0 PERDIDA EN DUCTOS	58
1.4.3.1 TUBERIAS RECTAS	58
1.4.3.2 PUNTOS SINGULARES	58
1.4.4.0 PERFILES DE PRESION EN CONDUCCIONES	75
1.4.5.0 CURVA CARACTERISTICA DE UNA CONDUCCION	77
1.4.6.0 CONDUCTOS MULTIPLES	78
1.4.7.0 DEFECTOS COMUNES EN LOS SISTEMAS DE DUCTOS	80
1.5.0.0 SEPARACION DE CONTAMINANTES	81
1.5.1.0 PURIFICADORES DE AIRE	81
1.5.2.0 EFICIENCIA DE PURIFICADORES DE AIRE	82
1.5.3.0 COLECTORES DE POLVO	85
1.5.3.1 COLECTORES CENTRIFUGOS	85
1.5.3.2 CICLONES DE BAJA PRESION	85
1.5.3.3 CICLONES DE ALTA EFICIENCIA	86

## INDICE

## PAGINA

1.5.3.4	PRECIPITADORES DINAMICOS EN SECO	86
1.5.3.5	COLECTORES HUMEDOS	86
1.5.3.6	CAMARAS DE ROCIADO	87
1.5.6.7	TORRES DE RELLENO	87
1.5.3.8	CENTRIFUGAS HUMEDAS	87
1.5.3.9	COLECTORES DINAMICOS HUMEDOS	87
1.5.3.10	COLECTORES DEL TIPO DE ORIFICIO	88
1.5.3.11	COLECTORES TIPO VENTURI	88
1.5.3.12	FILTROS DE NIEBLA	88
1.5.3.13	PRECIPITADORES ELECTROESTATICOS	88
1.5.3.14	CAMARAS DE SEDIMENTACION	89
1.5.3.15	FILTROS	89
1.5.3.16	PURIFICADORES DE AIRE PARA HUMOS METALICOS Y CARBONOS	91
1.5.4.0	PURIFICADORES DE AIRE PARA GASES Y VAPORES	92
1.6.0.0	VENTILADORES	93
1.6.1.0	VENTILADORES CENTRIFUGOS	93
1.6.2.0	VENTILADORES DE CORRIENTE AXIAL	95
1.6.3.0	RUIDO DE LOS VENTILADORES	96
1.7.0.0	PREVENCION DE INCENDIOS	96
1.8.0.0	VISITAS DE CAMPO	97
1.8.1.0	OBJETIVO	97
1.8.2.0	ANTECEDENTES	97
1.8.3.0	DESARROLLO	98
1.8.3.1	INDUSTRIAS UNIDAS, S.A./DEPARTAMENTO DE TEJIDOS	98
1.8.3.2	A.V.X. INDUSTRIES	99
1.8.3.3	PINTEN	99
1.8.3.4	MERCADO EX-CUARTEL/AREA DE COCINAS	100
1.8.3.5	HOSPITAL DE ESPECIALIDADES/MODULAR	100
1.8.3.6	BENEFICIO HOLANDA	101
1.8.3.7	HOTEL CAMINO REAL/AREA DE PLANCHADO	101
1.8.4.0	OBSERVACIONES PERSONALES	101

## CAPITULO II

2.0.0.0	ANTECEDENTES	104
2.0.1.0	POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO	104
2.0.2.0	SITUACION ACTUAL	106
2.1.0.0	NECESIDAD DE HIGIENE INDUSTRIAL	107
2.2.0.0	NORMAS IDEALES DE LOS AMBIENTES DE TRABAJO.	107
2.2.1.0	IDENTIFICACION DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL PIDB.	108

INDICE

PAGINA

2.3.0.0	DESARROLLO DE LA METODOLOGIA REALIZADA.	109
2.3.1.0	ENCUESTA DE CAMPO.	109
2.3.1.1	RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE CAMPO.	110
2.3.2.0	METODO DE MUESTREO AMBIENTAL.	110
2.3.2.1	CONDICIONES DEL MUESTREO.	111
2.3.3.0	RESULTADOS DEL MUESTREO AMBIENTAL.	111
2.3.3.1	EMPRESA : FUNDICION	111
2.3.3.2	EMPRESA : CARPINTERIA	112
2.3.3.3	EMPRESA : ALUMINIO	113
2.4.0.0	INTERPRETACION DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE SOLUCION	114
2.4.1.0	EMPRESA : FUNDICION	114
2.4.2.0	EMPRESA : CARPINTERIA	115
2.4.3.0	EMPRESA : ALUMINIO	116
2.5.0.0	ALTERNATIVA DE SOLUCION PROPUESTA	116
2.5.1.0	EMPRESA : FUNDICION	116
2.5.2.0	EMPRESA : CARPINTERIA	117
2.5.3.0	EMPRESA : ALUMINIO	117

CAPITULO III

3.0.0.0	GENERALIDADES	119
3.1.0.0	LOGICA DE DISEÑO	120
3.1.1.0	METODOS DE DISEÑO	121
3.1.2.0	METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD	121
3.1.3.0	METODO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE	122
3.2.0.0	EQUIPOS A UTILIZAR	130
3.3.0.0	DISEÑOS DE LOS SISTEMAS DE VENTILACION LOCALIZADA EN EL P.I.D.B.	130
3.3.1.0	HORNO DE FUNDICION. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA	130
3.3.1.1	ALTERNATIVA A	133
3.3.1.2	HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	133
3.3.1.3	ALTERNATIVA B	138
3.3.1.4	HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	138
3.3.1.5	CONCLUSION	142
3.3.2.0	SIERRA CIRCULAR DE MESA. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA	142
3.3.2.1	DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION	142
3.3.2.2	HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	144
3.3.2.3	CONCLUSION	148

INDICE	PAGINA
3.3.3.0 SIERRA DE CINTA. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA	148
3.3.3.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION SUPERIOR	150
3.3.3.2 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION INFERIOR	151
3.3.3.3 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	152
3.3.3.4 CONCLUSION	157
3.3.4.0 CEPILLO	157
3.3.4.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION	159
3.3.4.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	160
3.3.4.3 CONCLUSION	163
3.3.5.0 SIERRA CIRCULAR DE BRAZO. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA.	163
3.3.5.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DEL TIPO EXTERIOR. PRINCIPIOS DE CALCULO	165
3.3.5.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	167
3.3.5.3 CONCLUSION	171
3.3.6.0 PULIDORAS MANUALES	171
3.3.6.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION	172
3.3.6.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES	174
3.3.6.3 CONCLUSION	178
3.4.0.0 SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL.	178
3.4.1.0 CRITERIOS DE DISEÑO	179
3.5.0.0 DISEÑOS DE SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL EN EL PIDB	182
3.5.1.0 HOJA DE CALCULO DE CARGA TERMICA	182
3.5.2.0 CALCULOS DE CAUDAL	182
3.5.3.0 UBICACION DE EQUIPOS	184
3.5.3.1 EMPRESA: FUNDICION	184
3.5.3.2 EMPRESA: CARPINTERIA	185
3.5.3.3 EMPRESA: ALUMINIO	186

#### CAPITULO IV

INTRODUCCION	193
4.0.0.0 OBJETIVO GENERAL	194
4.1.0.0 OBJETIVO ESPECIFICO	194
4.2.0.0 DEFINICION DEL PROBLEMA	194
4.2.1.0 HIPOTESIS	194
4.3.0.0 FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO	195
4.4.0.0 INVESTIGACION DEL MERCADO	195
4.4.1.0 ANALISIS DE LA DEMANDA	195
4.4.2.0 ANALISIS DE LA OFERTA	197

INDICE	PAGINA
4.5.0.0 ENFERMEDADES OCUPACIONALES	198
4.5.1.0 FACTORES AMBIENTALES O PRODUCTORES DE "STRESSES"	198
4.5.2.0 FORMA DE PENETRACION DE AGENTES NOCIVOS	199
4.5.3.0 TIPOS DE CONTAMINANTES TRANSMITIDOS POR EL AIRE	199
4.5.3.1 ESTADOS DE LA MATERIA	199
4.5.3.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	200
4.5.3.3 HUMOS METALICOS	201
4.5.3.4 HUMOS CARBONOSOS	201
4.5.3.5 AEROSOLES	202
4.5.3.6 NIEBLAS	202
4.5.3.7 GASES	202
4.5.3.8 VAPORES	202
4.5.4.0 ETIOLOGIA DE LAS ENFERMEDADES OCUPACIONALES	203
4.5.5.0 ESTADISTICAS	203
4.6.0.0 ASPECTOS ECONOMICOS DEL DISEÑO	204
4.6.1.0 INVERSIONES FIJAS	204
4.6.2.0 CAPITAL DE TRABAJO O DE OPERACION	204
4.6.3.0 IMPREVISTOS Y VARIOS	209
4.7.0.0 EVALUACION ECONOMICA	209
4.8.0.0 EVALUACION SOCIAL	209
ESPECIFICACIONES TECNICAS	212

## CAPITULO V

INTRODUCCION	219
5.0.0.0 OBJETIVO	219
5.1.0.0 DESCRIPCION DEL METODO	219
5.1.1.0 PROCESO BASICO	219
5.2.0.0 METODO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VENTILACION INDUSTRIAL (LOCALIZADA)	222
5.3.0.0 METODO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL	224
ANEXO 1 TERMINOLOGIA UTILIZADA	230
ANEXO 2 ENCUESTAS DE HIGIENE INDUSTRIAL	234

INDICE	PAGINA
ANEXO 3 PLANTAS DE LAS EMPRESAS EN ESTUDIO	235
ANEXO 4 INSTALACIONES ACTUALES DEL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO	239
ANEXO 5 ESTADISTICAS DE PERSONAL AGRAVADO CON CONTAMINACION AEREA EN 1992	245
ANEXO 6 DETALLE DE COSTOS DE INSTALACION	246

#### BIBLIOGRAFIA

APENDICE A. VALORES UMBRALES LIMITES

APENDICE B TIPOS DE VENTILADORES

APENDICE C OPERACIONES ESPECIFICAS

CAPITULO I  
INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA



## INTRODUCCION

La importancia de tener aire limpio, sin contaminación, dentro de los ambientes de trabajo industriales es bien conocido. Los procesos que se llevan a cabo dentro de la industria moderna, requieren el uso de compuestos químicos y sustancias contaminantes, los cuales deben manejarse dentro de límites normados, para no causar ambientes de trabajo dañinos, ya sea en operarios o en la maquinaria.

En el desarrollo de este capítulo se definen diferentes tipos de contaminación, así como las maneras para su control, las cuales se analizarán desde el punto de vista de la Higiene Industrial.

Para conocer el comportamiento de los contaminantes fluídos, se estudian y analizán principios físicos, a que estos obedecen, siendo los más importantes el principio de Bernoulli, de Continuidad y leyes de Newton.

Con el fin de conocer la implementación de lo anterior en el medio industrial salvadoreño, se realizó visitas de campo, con lo cual se visualizó los sistemas de control de contaminantes tanto de administración como de ingeniería que se llevan a cabo dentro de sus plantas. Los comentarios se incluyen al final del capítulo.

1.0.0.0 PRINCIPIOS DE LA VENTILACION INDUSTRIAL

1.0.1.0 PRINCIPIOS DE LA HIGIENE INDUSTRIAL (n)

Se puede definir la Higiene Industrial como la ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales, ó tensiones emanadas, ó provocadas en el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, prejuicios de salud, ó al bienestar, ó incomodidad, ó ineficiencia entre los trabajadores, ó ciudadanos de la comunidad.

La metodología de trabajo en Higiene Industrial, como se ha indicado, consiste en:

- Reconocimiento, o identificación de los contaminantes presentes en la atmósfera de trabajo, lo que implica la necesidad de conocer las materias primas empleadas, procesos de fabricación y productos intermedios y acabados que se fabriquen.

- Evaluación o cuantificación, que implica la medición de las concentraciones de dichos contaminantes. Este dato, al igual que el tiempo en que el operario se encuentra en contacto con los contaminantes y, a veces, otros datos complementarios, configuran lo que se entiende por exposición a un contaminante. La comparación de dicha exposición con lo propuesto por el criterio o norma de valoración que se emplee, definirá el riesgo para la salud según ese propio criterio de valoración.

- Control, es decir la eliminación o reducción de la contaminación del ambiente de trabajo hasta niveles considerados adecuados.

Se le ha dado gran importancia al estudio del reconocimiento y a la evaluación, incluyendo el grado de toxicidad, estudios epidermicos y pruebas del ambiente de trabajo, pero lo más importante es el control del problema, el cual curiosamente ha sido ignorado.

1.0.1.1 METODOS GENERALES DE CONTROL (vi)

Para seleccionar los métodos aplicables a un determinado caso, habrá que considerar por separado los distintos elementos que integren un proceso desde el punto de vista de Higiene Industrial y que son:

- Foco de emisión del contaminante
- Medio de propagación del contaminante
- Receptor del contaminante

Las acciones de control se deben efectuar por este orden sobre:

- El foco de contaminación, a fin de impedir la emisión del contaminante
- El medio de difusión, a fin de evitar su propagación
- El receptor a fin de evitar los efectos patológicos.

Los tipos de control pueden ser clasificados como de Ingeniería o de Administración. Lo más conveniente, es aprovechar la efectividad en la combinación de los dos tipos de controles.

El siguiente algoritmo puede servir para evaluar la Higiene Industrial de una planta:

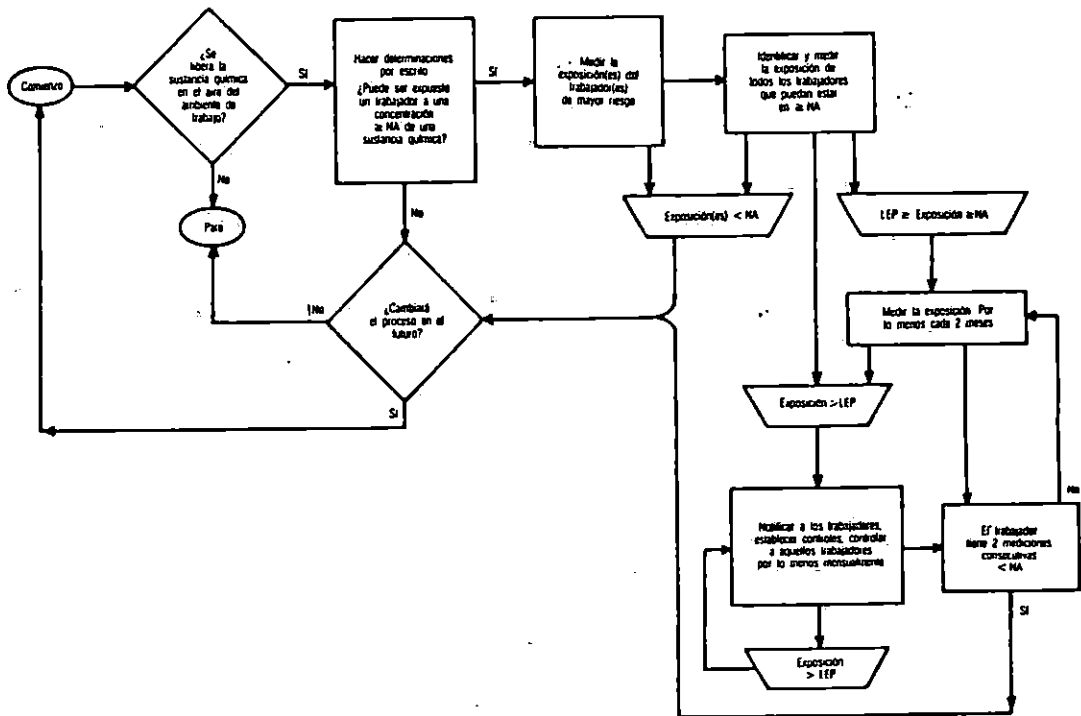


Fig.1-1. Determinación de la exposición de un trabajador y estrategias de las mediciones recomendadas por OSHA.  
 MA : Nivel de acción  
 LEP: Límite de exposición permisible

### 1.0.1.2 METODOS DE CONTROL SOBRE EL FOCO DE CONTAMINACION (ii)

Las formas de actuación sobre el foco de contaminación, son las siguientes:

- Selección de equipos y diseños adecuados: La prevención de riesgos profesionales debe empezar en la fase de proyecto y diseño de la planta o instalaciones, ya que en ese momento, las medidas de control pueden ser integradas más fácilmente.

- Sustitución de productos: Otra forma de lograr una notable mejoría consiste en la sustitución de productos que posean las mismas características técnicas y con menor grado de agresividad en contaminación. Por ejemplo, cambio de asbesto por fibra de vidrio; disolventes orgánicos para limpieza, por mezclas jabonosas: n-hexano por hexanos u otros hidrocarburos similares como heptanos u octanos, pintura con base solvente de hidrocarburo por pinturas base de agua, materias primas no procesadas en vez de su estado en polvo.

- Modificación del proceso: Por otro menos contaminante, como pueden ser sustituir el desengrase manual por otro automático en fase vapor.

- Encerramiento del proceso: Operaciones peligrosas pueden ser aisladas mediante un encerramiento, con lo cual se minimiza la exposición. Por ejemplo encapsulamiento de una máquina ruidosa en cuyo alrededor existan puestos de trabajos fijos o también cuando se procesan materiales muy tóxicos y se emplean manipuladores teledirigidos para manejar el equipo desde un lugar alejado. El aislamiento o encerramiento total puede conseguirse mediante automatización. Generalmente, hay que tomar medidas de control, especialmente en los periodos dedicados a la limpieza del equipo aislado.

- Aislamiento del proceso: En operaciones donde se producen unos elevados índices de contaminación, y donde sea difícil la aplicación de alguno de los anteriores métodos. Por ejemplo en las operaciones de vaciado de arena que se realiza en locales situados lo más lejos posible de las zonas habituales de trabajo.

- Métodos húmedos: La aplicación de aceites, agua u otros líquidos pueden reducir las concentraciones gaseosas de contaminantes, si se dan sobre la fuente generadora. Por ejemplo operaciones de desvaste de rocas, donde se usa el agua para disminuir los niveles de polvo, y también humedeciendo los suelos con agua en ensambladores de baterías por el depósito de plomo.

- Extracción Localizada: Los sistemas de extracción localizada captan los contaminantes (ya sean líquidos, sólidos o gaseosos), en su lugar de origen antes de que pasen al ambiente de trabajo. Es recomendable usar este procedimiento cuando no sea posible alguno de los anteriores.

- Mantenimiento: Un buen funcionamiento de las instalaciones evita, en muchos casos, emisiones de contaminantes al medio de trabajo.

#### 1.0.1.3 METODOS DE CONTROL SOBRE EL MEDIO DE DIFUSION. (vi)

Cuando el control no se puede efectuar sobre el foco de emisión, debe hacerse sobre el medio de difusión, así como:

- Limpieza: En general, una adecuada limpieza conduce a una disminución de los niveles de contaminación. Por ejemplo limpieza de polvo sobre máquinas e instalaciones, derrames de líquidos volátiles, etc.

- Ventilación por dilución: Consiste en diluir el aire contaminado con aire puro, a fin de mantener las concentraciones de los contaminantes presentes por abajo de límites aceptables. (presión positiva en el local).

- Aumento de la distancia entre emisor y receptor: El contaminante llegará ya diluido al operario, si la distancia hasta el foco de emisión es considerable.

- Sistemas de alarma: En zonas donde el contaminante pueda superar una concentración predeterminada.

#### 1.0.1.4 METODOS DE CONTROL SOBRE EL RECEPTOR. (vi)

Cuando los métodos de control sobre el foco y medio de difusión se vuelven insuficientes, se justifican el uso de las siguientes medidas, que se citarán por prioridad.

- Orientaciones higienicas: Con lo que se logra que el trabajador no haga sus comidas en ambientes de trabajo, lavarse las manos, usar equipo de protección, etc.

- Formación e información: Este sistema de producción es un método complementario a los de ingeniería y se basa en que los operarios o usuarios, al estar informados sobre los riesgos que existen y sobre las formas de controlarlos, puedan obrar con mayor eficacia.

- Rotación del personal: Como un sistema de protección, reduce el peligro al que está expuesto el operario al material tóxico, no disminuyendo las concentraciones, pero sí la dosis, al reducir el tiempo de exposición.

- Encerramiento del trabajador: Cuando es difícil, o no adecuado, encerrar los procesos, es conveniente colocar cabinas o cuartos de control, etc.

- Protección personal: Este recurso es el último a ser utilizado y sólo debe aplicarse donde no hallan controles técnicos o donde hallan exposiciones cortas o no frecuentes.

#### 1.0.2.0 OBJETIVO DE LA VENTILACION INDUSTRIAL.

(vi) falta

La importancia en la industria de un ambiente limpio de contaminación en el área de trabajo es bien sabido. La industria moderna, con su complejidad de operaciones y procesos ha tenido un incremento en el uso de componentes químicos y sustancias con alto contenido tóxico, los cuales emiten gases, partículas y/o vapores que al tenerlos en concentraciones excesivas pueden ser nocivas para la salud de los trabajadores, crear condiciones de trabajo penosas o, simplemente incómodas que afecten el rendimiento laboral, como fuentes de calor o de vapor de agua. Para corregir estos problemas existen varias posibilidades, las cuales en conjunto se suelen denominar "Higiene Operativa", siendo la ventilación una de las técnicas, quizá la más importante y extendida, utilizables para el control de los contaminantes, y de las condiciones del aire interior de los locales industriales. Un buen diseño de ventilación puede controlar olores, humedad, almacenamiento o acondicionamiento de productos y otras condiciones no deseables en el área de trabajo.

El potencial de peligro para la salud de una sustancia en el ambiente de trabajo es caracterizada por el valor límite de tolerancia (TLV). El TLV está definido como la concentración de una sustancia que viaja en el aire, la cual al entrar en contacto con el trabajador en exposiciones diarias sin protección, puede provocar efectos adversos en su salud. El promedio de tiempo-peso (TWA), está definido como un promedio de concentraciones en tiempo y peso para una jornada normal de 8 horas (40 horas a la semana), en el cual no se producen efectos adversos en la salud en el operario; este es usualmente usado para determinar un nivel de

exposición segura. Los valores TLV son publicados por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) con revisiones hechas anualmente como un desarrollo en la toxicidad de las sustancias.

En el apendice A, se listan algunas sustancias con su correspondiente valor recomendado o TLV.

Los valores TLV se dividen, de acuerdo a los efectos que producen, así:

a) Sustancias para las cuales el límite corresponde a un promedio ponderado: Son las más numerosas, alcanzando en la lista para 1969 un total de 263. Se reconocen porque su nombre no lleva indicaciones adicionales. Incluyen las capaces de ejercer un efecto generalizado sobre el organismo y las irritantes. Para ellas debe entenderse que durante la jornada de trabajo pueden aceptarse desviaciones de los límites permisibles estipulados, siempre que cualquier incremento sea compensado por una disminución equivalente de tal manera que el promedio ponderado para las 8 horas sea inferior al límite propuesto. Como es de comprender, estas desviaciones no pueden ser excesivas. Puede ocurrir que si el organismo se ve expuesto a una concentración demasiado elevada de sustancias tóxicas e irritantes, aún durante un lapso corto, se produzca una molestia o daño serio. La ACGIH sugiere, por esto, la aplicación de un factor de desviación, que depende de la magnitud del límite permisible, de acuerdo a lo siguiente:

TABLA.1-1 Valor del límite permisible.

ppm mayor que	mg/m hasta	factor máximo de desviación
1	3	
1	10	2
10	100	1.5
100	1000	1.25

No se da indicaciones para los valores superiores a 1000, por lo que se debe entender que tienen factor de desviación 1.

De acuerdo a lo anterior, los trabajadores expuestos a monóxido de carbono, con un límite permisible de 50 ppm o 55 ppm, o 55 mg/m<sup>3</sup>, podrían estar sometidos durante parte de su jornada de trabajo a concentraciones hasta de 75 ppm (factor de desviación 1.5), siempre que hubiese suficientes períodos con concentraciones inferiores a 50 ppm para que el promedio ponderado para la jornada completa sea también inferior a 50 ppm. Si el contaminante, en cambio fuese plomo con límite permisible 0.2 mg/m<sup>3</sup>, podría aceptarse hasta un máximo de 0.6 mg/m (factor de desviación 3) siempre que el promedio ponderado para las 8 horas fuese inferior a 0.2 mg/m<sup>3</sup>.

Además de los dos ya nombrados se puede citar como ejemplos de integrantes de este grupo los siguientes:

TABLA.1-2 . Límite promedio ponderado

	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Acetona	1000	2400
Acido sulfúrico		1
Alcohol metílico	200	260
Carbonilo de níquel	0.001	0.007
Molibdeno (compuestos solubles)		5
Percloroetileno	100	670
Toluol	200	750

b) Sustancias similares a las del grupo anterior, pero que pueden ser absorvidas a través de la piel intacta: Para este grupo, que comprende 98 compuestos, debe entenderse que los límites serán rebajados en una cierta proporción variable de acuerdo a las circunstancias, cuando se estima que los trabajadores no están suficientemente protegidos para impedir la absorción por vía cutánea. En la lista de ACGIH se agrega a continuación del nombre la palabra piel. Ejemplo:

TABLA.1-3 . Límite promedio ponderado. Absorvidas por la piel

	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Acido cianhídrico-piel	10	11
DDT-piel		1
Dinitrotoluol-piel		1.5
Mercurio (compuesto orgánico)-piel		0.01
Plomo tetraetilo (como plomo)-piel		0.075
Sulfuro de carbono-piel	20	60
Tricloronaftalina-piel		5

c) Sustancias de acción o muy irritantes: Si se aplican los factores de corrección anotados anteriormente se pueden alcanzar suficientes para producir, aún con exposiciones breves, un daño permanente, una sensibilización del organismo, o un efecto altamente irritante. En estos casos se estima necesario considerar los correspondientes límites permisibles como un máximo que no debe ser sobrepasado en ningún momento. En la lista que está a continuación se señalan las 24 sustancias de este grupo anteponiendo a sus nombres la letra "c", inicial de la palabra "ceilling" (techo). Se incluye también en este grupo productos sobre los cuales no se tiene un conocimiento suficiente, por lo que se estima que el límite aceptado no encierra un factor de seguridad suficiente, ejemplo:



TABLA.1-4. Acción muy irritante

	ppm	mg/m <sup>3</sup>
C-Acido clorhídrico	5	7
C-Cloroformo	50	240
C-Formal dehido	5	6
C-manganeso	-	5
C-Yodo	0.1	1

d) Sustancias similares a las del grupo anterior, pero que además son capaces de ser absorvidas a través de la piel intacta: Como en el caso b) para este grupo, que incluye solo diez compuestos, el límite permisible, además de ser considerado como un máximo, debe rebajarse en un porcentaje en concordancia con la mayor o menor posibilidad de absorción cutánea. En la lista de ACGIH se indican procediendo sus nombres de la letra "C" y agregando despues de ellos la palabra "skin" (piel). Los tóxicos que se encuentran en este grupo son:

TABLA.1-5. Acción muy irritante. Absorrvidas por la piel

	ppm	mg/m <sup>3</sup>
C-Benzol-piel	25	80
C-Bromuro de metilo-piel	20	80
C-Butilamina-piel	5	15
C-Cromato de butilo terciario-piel		0.1
C-1,2 Cibromo etano (dibromuro de etileno)-piel	25	190
C-Dicloroetil éter-piel	15	90
C-Dietilentriamina-piel	10	
C-Dinitrato de glicol etilénico y/o nitroglicerina-piel	0.2	1
C-Monometilhidrazina-piel	0.2	0.35
C-Nitroglicerina-piel	0.2	2

e) Partículas minerales que contienen sílico libre cristalizada: El límite permisible para los polvos que contienen sílice libre cristalizada, sea como cuarzo o cristobalita, se estipula en millones de partículas por pie cúbico de aire (Mpppc), y se calcula de acuerdo a una fórmula que incluye el porcentaje de sílice en el polvo:

$$\text{límite permisible} = \frac{250}{\% \text{ de SiO}_2 + 5} \quad (\text{Mpppc}) \quad (1.1)$$

f) Partículas con menos del 1% de sílice libre cristalizada: se incluye en este grupo los silicatos, otras sustancias minerales, y partículas consideradas inertes. Su límite permisible se estipula en número de partículas por volumen de aire. Comprende los siguientes:

TABLA.1-6. Contenido menor del 1% de sílice cristalizada

	Mpppc	ppl
Asbestos	5	180.000
Cemento Portland	50	1.800.000
Estealita	20	700.000
Grafito (natural)	15	530.000
Mica	20	700.000
Polvos inertes o molestos	50	1.800.000
Sílice amorfa	20	700.000
Talco	20	700.000
Tierra diatomácea natural	20	700.000
Tremolita	5	180.000

La lista para 1969 incluye 21 compuestos entre ellos están:

- Aceites vegetales, neblinas (se exceptúan los aceites irritantes, como el de ricino)
- Carbono de calcio.
- Celulosa
- Esmeril.
- Glicerina, neblinas.
- Grafito (sintético)
- Magnesita
- Mármol
- Oxido de estaño
- Sacarosa.

A primera vista parecería que los límites permisibles para partículas fuese muy superior a los valores dados anteriormente en ppm o en  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Debe tenerse presente, sin embargo, que se necesitan aproximadamente 400,000,000 de partículas minerales, de tamaño entre 1 y 2 micras de diámetro, para completar un miligramo, de modo que el límite permisible para asbestos sería de aproximadamente  $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$  y para polvos inertes de  $5.0 \text{ mg}/\text{m}^3$  similar a los de los grupos anteriores.

g) Substancias altamente tóxicas o reconocidamente cancerígenas: Para las 9 sustancias en este grupo no se establecen límites permisibles, sino que se recomienda la prohibición total de su uso o, al menos, evitar los contactos por cualquier vía oral, respiratoria, o la piel.

- Ellas son:
- 2- Acetilamino fluoreno
  - 4- Aminodifelino  
Benzidina y sus sales  
Diclorobenzidina
  - 4- Dimetilaminoazobenzol  
Beta-Naftilamina
  - 4- Nitrodifenilo  
N- Nitrodimetilamina  
Beta-Propiolactona

Se incluye también a los productos de la composición del teflón marca registrada del politetrafluorodileno entre los que se ha identificado algunos muy tóxicos, para los cuales aún no se ha establecido un valor límite, pero cuyas concentraciones deberían mantenerse siempre lo más bajas posibles.

h) Gases o vapores inertes: Aunque este grupo incluye sólo sustancias inertes, que carecen de efectos tóxicos, pueden actuar como asfixiantes por desplazamiento del aire, con la consiguiente rebaja del contenido de oxígeno. No se puede indicar en estos casos un límite permisible pero se estipula que la concentración de oxígeno en la mezcla no puede ser inferior a 85% sobre la fuente. } Si

#### 1.0.3.0 RESUMEN. ~~(X)~~

La higiene industrial es la ciencia encargada de velar por la salud o incomodidad del trabajador en su lugar de trabajo. Esto lo consigue conociendo qué constantes se manejan en el recinto de trabajo; evaluando la concentración de los mismos, así como el grado de exposición del trabajador; y ensayando así, diferentes métodos de control. Estos métodos de control se pueden aplicar: a la fuente o foco para evitar la generación de contaminación; al ambiente de trabajo para evitar su propagación; o sobre el mismo trabajador para evitar efectos patológicos.

Uno de los medios más utilizables para controlar contaminantes fluídicos, es la ventilación, la cual puede ser: de acuerdo a su movimiento, natural o mecánica; de acuerdo a su función general o localizada, y de acuerdo al control dentro del local ventilado de suministro y/o extracción.

Basicamente la ventilación es un cambio de aire contaminado. Esta se basa en ciertas hipótesis:

- a) mezcla perfecta.
- b) generación uniforme.
- c) aire de renovación libre de contaminación.

La ventilación general o por difusión, se puede aplicar con ciertos limitantes, para controlar dentro de una planta industrial: la salud, el fuego o exposición de explosiones, el calor y la generación de contaminantes.

Estos limitantes son:

- a) La concentración de contaminantes sea baja.
- b) La generación del mismo, sea uniforme.
- c) Pocos focos generadores.
- d) Y conseguir que exista suficiente distancia entre el trabajador y el foco emisor a la pieza tratada.

El laboratorio de preparación de pintura cuenta con un extractor centrífugo colocado en el techo del mismo (a 4 mts. del nivel del suelo). Este extractor está sobre la mesa de trabajo, haciendo un barrido de aire, de abajo hacia arriba.

Las protecciones del operario, a las altas concentraciones de contaminante químico, se reducen al uso de mascarillas con filtros para vapores orgánicos y prefiltros para polvo.

#### 1.1.0.0 PRINCIPIOS DE LA VENTILACION GENERAL (si)

##### 1.1.1.0 CLASIFICACION DE LOS METODOS DE VENTILACION

de dilución

Esencialmente la ventilación es un cambio del aire en un local o recinto. Para ello se extrae el aire viciado (sistema de extracción) y/o se introduce aire fresco (sistema de suministro) para mantener un ambiente saludable en el area de trabajo.

Un programa completo de Ventilación debe considerar ambos sistemas de Suministro y Extracción.

El movimiento del aire puede llevarse a cabo con ayuda de ventiladores (ventilación mecánica) o aprovechando la diferencia de pesos específicos entre el aire interior y exterior del local o por la acción del viento (ventilación natural). En cuanto a su función de ventilación puede ser general o localizada.

Si la cantidad de aire extraído de un lugar de trabajo es mayor que la cantidad de aire exterior inyectado, el espacio experimentará una presión menor que la presión atmosférica local. Esto puede ser deseable cuando se usa un sistema de ventilación por dilución para control o aislamiento de contaminantes, en un area específica sobre la planta. Frecuentemente esta condición se da simplemente en las areas de extracción localizada instaladas donde no se requiere reemplazo del aire.

#### 1.1.1.1 SISTEMAS DE SUMINISTRO ~~(S)~~

Los sistemas de suministro son usados con dos propósitos:

- (1) Crear un ambiente confortable en la planta (sistemas de aire acondicionado), y
- (2) Reemplazar el aire extraído de la planta (sistemas de reemplazamiento).

En muchos casos, suministro y extracción complementan un sistema de control por dilución (ver 1.1.3.1).

Un buen diseño de un sistema de suministro consiste en: una sección de entrada de aire exterior, filtros, equipo de calentamiento y/o enfriamiento, ventilador, ductos y rejillas para distribución del aire dentro del área de trabajo.

#### 1.1.1.2 SISTEMAS DE EXTRACCION ~~(S)~~ *clasificación*

Los sistemas de extracción están clasificados en dos grupos:

- (1) El sistema de extracción General, y
- (2) El sistema de extracción localizada.

El sistema de extracción general puede ser usado para controlar el calor y/o remoción de contaminantes generados en el espacio por desprendimiento de materiales con grandes cantidades de aire. Cuando es usado para controlar el calor, el aire puede ser climatizado y reciclado. Cuando se usa para controlar contaminantes (sistema de dilución), una cantidad suficiente de aire exterior debe ser mezclada con el contaminante, así el promedio de concentración es reducido a niveles seguros. Este contaminante es típicamente descargado a la atmósfera. Un sistema de inyección (suministro) es usado usualmente en conjunto con un sistema de extracción general para reemplazar el aire extraído.

Los sistemas de ventilación por dilución son normalmente usados para el control del contaminante únicamente cuando una extracción localizada es imposible.

Los sistemas de extracción localizada buscan capturar el contaminante lo más cerca posible del foco de emisión. Este es el método preferido de control porque es más efectivo y los flujos de extracción son pequeños comparados a los requerimientos de flujo de una extracción general. Estos sistemas están compuestos de cuatro elementos básicos: la campana, el sistema de ductos, sección de filtraje y el ventilador. El aire es descargado usualmente a la atmósfera, pero no debe ser reciclado.

1.1.2.0 PRINCIPIOS DE DISEÑO

El fenómeno de mezcla del aire contaminado con aire limpio en el interior de un local en bastante complejo, pero es posible plantear un modelo teórico que permite una aproximación al estudio del problema, si se hacen ciertas hipótesis.

a) mezcla perfecta, es decir, la concentración del contaminante en el aire del local es la misma en todos los puntos.

b) generación de contaminante uniforme, es decir, la velocidad máxima de liberación de contaminante en el recinto es constante.

c) el aire de ventilación, introducido en el local está exento de contaminante.

Con estas hipótesis, es posible, formular un balance de materia del contaminante contenido en el local.

$$\text{Contaminante generado por unidad de tiempo} = \left[ \begin{array}{l} \text{contaminante que sale por unidad de tiempo.} \\ + \\ \text{acumulación en la unidad de tiempo.} \end{array} \right.$$

que, en forma de ecuación diferencial, se expresa:

$$G = Q \cdot C + V \quad dc/dt$$

donde:

G: velocidad de generación del contaminante (mg/min)

Q: caudal de aire de ventilación (p<sup>3</sup>/min).

C: concentración del contaminante en el aire del local (mg/m).

V: volumen del local (p<sup>3</sup>).

dc/dt: variación de la concentración ambiental con el tiempo (mg/m h).

La solución de la ecuación anterior, es:

$$C = C_0 e^{-Qt/V} + G/Q (1 - e^{-Qt/V}). \quad (1.3)$$

donde C<sub>0</sub> : concentración en el instante inicial.

En la figura 1-2 se representa gráficamente esta función en coordenadas normalizadas, puede observarse cómo la concentración ambiental evoluciona asintóticamente hacia un valor dado por el

cociente  $G/Q$ . La conclusión es que con un sistema de ventilación general la concentración final que se alcanzará en el local dependerá de la velocidad con que se genere, el contaminante, y del caudal de ventilación, sin que tenga influencia el volumen del local.

El cociente  $Q/V$  tiene dimensiones de inverso del tiempo y es el parámetro clásico utilizado para medir tasas de ventilación expresadas con "renovaciones por minuto". Como ya se ha indicado, este cociente tiene influencia sobre la concentración final que se alcanza en el local ventilado, sólo influye en el tiempo que se tarda en alcanzar el valor límite. Cuanto mayor es el número de renovaciones, menos tiempo se tarda en conseguir la concentración final. En la tabla 1-7 se listan algunas áreas con sus respectivos cambios/minuto recomendados. Vienen dados en intervalos.

Así pues es, generalmente incorrecto, especificar una ventilación general en términos de renovaciones por minuto, siendo el caudal la forma correcta de especificarla. La confusión tiene su origen, en la aplicación de la ventilación general a locales de uso social y no industrial (habitaciones, restaurantes, etc) en los que los focos de generación son los individuos, así cuanto mayor sea un local, mayor será el número de personas, y mayor debe ser el caudal de ventilación con lo que la relación caudal necesario por volumen ( $Q/V$ ), se mantendrá mas o menos constante y, en este caso, es útil y cómodo especificar la ventilación en minutos por cambio de aire.

No obstante, en el caso de ventilación industrial no tiene sentido ya que no hay relación entre el volumen del local y la cantidad de contaminante que puede generarse.

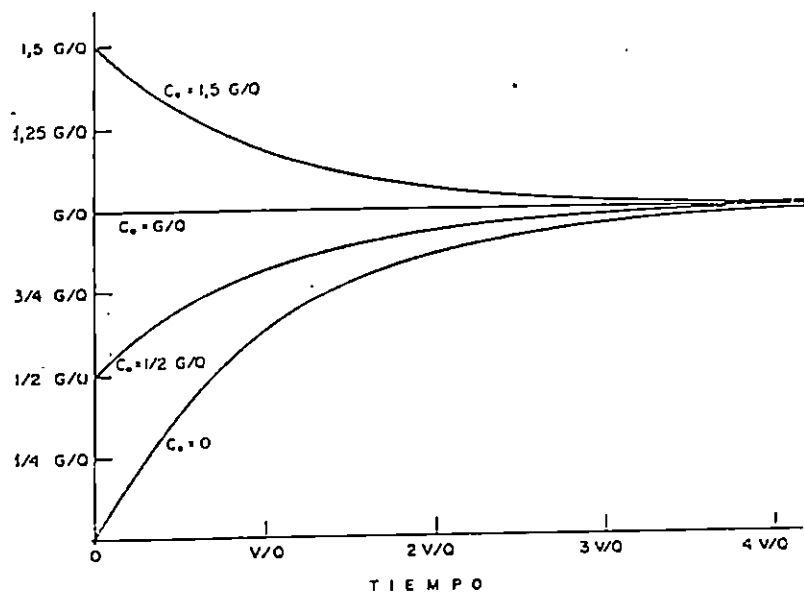


Fig. 1-2 Evolución de la concentración en un local con ventilación General

### 1.1.3.0 APLICACIONES DE LA VENTILACION GENERAL. (S<sup>c</sup>) N<sup>o</sup>

#### 1.1.3.1 DILUCION PARA LA SALUD.

El uso de la ventilación por dilución para la salud, tiene cuatro factores limitantes:

(1) la cantidad de generación de contaminantes no debe ser demasiado grande o el flujo del aire necesario para dilución podría ser inadecuado;

(2) los trabajadores deben estar lo suficientemente alejados del foco de contaminación o la generación del contaminante debe ser lo suficientemente baja, así la concentración a que estén expuestos los trabajadores no debe exceder lo establecido por los factores TLV;

(3) El nivel tóxico del contaminante debe ser bajo; y

(4) la generación o evolución del contaminante debe ser, razonablemente uniforme.

La ventilación por dilución es usada, frecuentemente, para facilitar el control de vapores de líquidos orgánicos con un factor TLV de 100 ppm o más. Para aplicaciones, con buenos resultados, los principios de dilución de cada problema, es necesario tener el rango de la generación del vapor o evaporación del líquido.

Usualmente, el dato puede obtenerse de la planta si se guarda algún tipo de estadística en el consumo del material.

#### 1.1.3.2 CALCULO DE DILUCION PARA UNA CONCENTRACION DE ESTADO ESTABLE

La concentración de un gas o vapor en estado estable puede ser expresada por la ecuación de balance del material:

$$Q' = G / C \quad (1.4)$$

Así, el rango de flujo de aire limpio que se requiere para mantener la concentración de una atmósfera en un nivel aceptable, puede ser fácilmente calculado si el rango de generación es determinado. Usualmente, la concentración aceptable (C) expresado en partes por millón (ppm) esta considerado para ser el valor límite de concentración (TLV); para solventes líquidos, el rango de generación es:



$$G = \frac{403 \times S G \times E R}{M W} \quad (1.5)$$

donde:

- G = rango de generación, cfm.
- 403 = el volumen en p<sup>3</sup> que una pinta de líquido, cuando vaporiza, ocupa a presión y temperatura normalizada.
- SG = gravedad específica del líquido volátil.
- ER = rango de evaporación del líquido, pintas/min.
- MW = peso molecular del líquido.
- Q' = caudal de aire requerido.

así Q' = G/C puede ser expresada como

$$Q' = \frac{403 \times 10^6 \times S G \times E R}{M W \times C} \quad (1.6)$$

### 1.1.3.3 AUMENTO DE LA CONCENTRACION DEL CONTAMINANTE.

La concentración de un contaminante puede ser calculada después de algún cambio de tiempo. Reordenado, el balance de diferencial matemático (figura 1.3), resulta:

$$dc / G - Q'c = dt / V$$

El cual puede ser integrado :

$$\ln \left[ \frac{G - Q' C_2}{G - Q' C_1} \right] = - \frac{Q' (t_1 - t_2)}{V}$$

donde las condiciones 1 son iniciales y las 2 finales.

Si se desea calcular el tiempo requerido para alcanzar una concentración dada, se despeja t<sub>1</sub> - t<sub>2</sub> , o T :

$$\text{Si } C_1 = 0 \quad T = \frac{-V}{Q'} \left[ \ln \left( \frac{G - Q' C_2}{G - Q' C_1} \right) \right] \quad (1.7)$$

$$T = \frac{-V}{Q'} \left[ \ln \left( \frac{G - Q' C_2}{G} \right) \right] \quad (1.8)$$

Nota: la concentración  $C_2$  esta en ppm o partes/10; si se desea seterminar el nivel deconcentración ( $C_2$ ) después de un cierto intervalo de tiempo  $t_1 - t_2$  o  $T$ , y si  $C_1 = 0$ , la ecuación es:

$$C_2 = \frac{G [ 1 - e ( - Q' T / V ) ]}{Q'} \quad (1.9)$$

Nota: para convertir  $C_2$  en ppm, multiplicarlo por  $10^6$

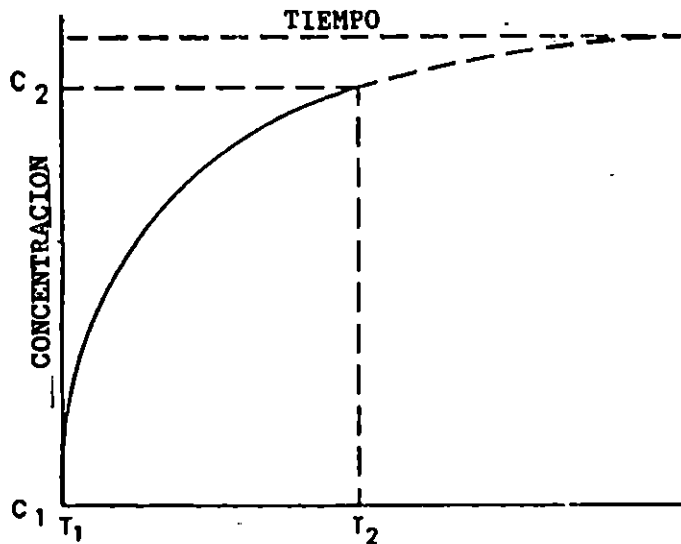


Fig. 1-3  
 Comportamiento de estado estable de un Contaminante /tiempo

#### 1.1.3.4 RANGO DE LIMPIEZA

Donde una cantidad de aire esta contaminada pero la generación de contaminante tiende a decaer, de decrecimiento en la concentración en un período de tiempo dado es:

$$Vdc = -Q' C dt \quad (\text{ver figura 1.4})$$

$$\int_{C_1}^{C_2} \frac{dc}{c} = \frac{-Q'}{V} \int_{t_1}^{t_2} dt \quad (1.10)$$

$$\ln \left[ \frac{C_2}{C_1} \right] = - \frac{Q' (t_1 - t_2)}{V} \quad (1.11)$$

$$\gg C_2 = C_1 e^{-Q'(t_1 - t_2)/V}$$

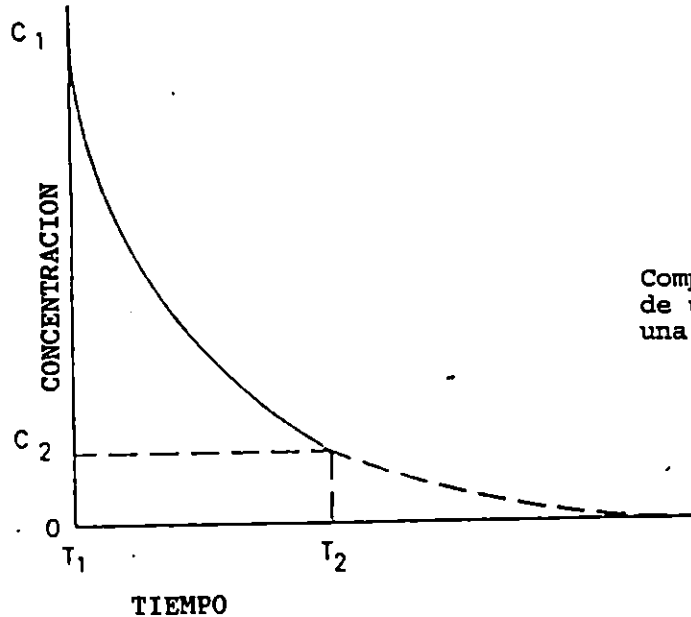


Fig. 1-4  
 Comportamiento de limpieza  
 de un contaminante en  
 una área dada.

### 1.1.3.5 MEZCLAS-DILUCION PARA LA SALUD.

En muchos casos el fluido, para el cual los rangos de ventilación por dilución han sido designados, constituyen una mezcla de solventes. El procedimiento comunmente usado en cualquier circunstancia es como sigue.

Cuando dos o más sustancias peligrosas están presentes, es más conveniente que, alguno de los dos, sea tratado con prioridad. Si se desconoce alguna información de lo contrario, los efectos de las diferentes peligros deben considerarse como adición. Esto es, si se suman las siguientes fracciones:

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n} \quad (1.12)$$

y cuyo resultado excede la unidad, entonces el límite inferior de concentración por mezcla podría ser considerado cuando se exceda "C", indica la concentración atmosférica y TLV el correspondiente valor límite de concentración. Si no se tiene información, la ventilación por dilución podría ser calculada en base al efecto que

producen los diferentes tóxicos si se excede su concentración. La cantidad de aire requerido para diluir cada componente de la mezcla a una concentración fuera de peligro es calculada y la suma de las cantidades de aire, es usada como en la ventilación para dilución de la mezcla.

Las excepciones de la regla anterior pueden ser hechas cuando existe una buena razón para creer que los efectos principales de las diferentes sustancias dañinas no se suman pero atacan independientemente diferentes partes del cuerpo. En tal caso, el valor límite de concentración se excede sólo cuando uno de los miembros de la sumatoria (1.12) excede a la unidad.

$$\frac{C_1}{TLV} \text{ ó } \frac{C_2}{TLV} , \text{ etc.} \quad (1.13)$$

De esta forma, cuando dos o más sustancias tóxicas esten presentes y los efectos que independientemente produzcan en el cuerpo, los requerimientos de ventilación por dilución de cada componente de la mezcla pueden ser calculados y el valor máximo de caudal de aire ( $p^3$  /minuto, o CFM) que se obtenga, será el usado en la ventilación.

#### 1.1.3.6 DILUCION POR FUEGO Y EXPLOSION.

Otra función de la ventilación por dilución es reducir a concentración de vapores encerrados bajo el menor límite de explosividad. Debe ser enfatizado que este concepto nunca es aplicado en caso donde los trabajadores esten expuestos al vapor. En cada instancia, los rangos de dilución, para el control de peligros en salud, son siempre aplicables.

La ec. 1.3 puede ser modificada para proporcionar las cantidades de aire para dilución bajo el criterio de LEL. Sustituyendo el valor de TLV por LEL.

$$Q = \frac{403 \text{ (sp gr. liquid) (100) (ER) (Sf)}}{\text{(MW liquid) (LEL) (B)}} \quad (1.14)$$

para aire bajo condiciones normales.

NOTA:

1. El valor LEL está expresado en porcentaje (partes por 100) preferiblemente que en partes por millón (ppm) como el TLV el factor de 1.000.000 viene a ser 100.

2. Sf es el factor de seguridad el cual depende del factor LEL necesario para condiciones seguras. En la mayoría de hornos o secadores cerrados, se ha comprobado que es deseable mantener las concentraciones de vapor bajo el 25% del valor del LEL en cualquier tiempo y en toda el área del horno. Lo correcto para ventilar un horno, es usar un Sf de 4 (25% del LEL). En salas de horneado, con una buena distribución de aire, el punto de secado existente requiere un Sf de 10 o 12 para mantener las concentraciones de seguridad en todo tiempo; para ventilaciones inapropiadas, el factor Sf tiene que ser más grande.

3. B es una constante la cual depende del valor de LEL de un vapor solvente o una disminución del aire de mezcla a temperaturas elevadas. B = 1 para temperaturas bajo los 250°F (121.1°C); B = 0.7 para temperaturas sobre los 250°F.

#### 1.1.3.7 VENTILACION PARA EL CONTROL DE CALOR. ~~(Sf)~~ <sup>(W)</sup> (Sf)

La ventilación para el control de calor en el ambiente industrial caliente, es una aplicación específica de la ventilación industrial general. La función principal de un sistema de ventilación es prevenir el sentido no agradable o posiblemente perjudicial en aquellos trabajadores u ocupantes, en un ambiente industrial caliente. El calor induce daños a los ocupantes, o puede ocurrir, en otras situaciones, reducción de la productividad donde la carga calorífica exceda las defensas del cuerpo y resulte una situación de presión de calor. De esta forma, el control del calor por un sistema de ventilación, u otro método de ingeniería, puede seguir a una evaluación psicológica en términos del potencial presión al calor que los ocupantes presenten en una área industrial.

De acuerdo a los resultados de la prueba psicológica, los criterios presentados aquí son limitados para consideraciones generales.

El desarrollo de un sistema de ventilación para el ambiente caliente industrial, usualmente incluye el control del flujo de aire a ventilar, velocidad, temperatura, humedad, y la distribución del aire en el espacio en cuestión. Esto puede requerir, incluso, de fases en el diseño mecánico de aire acondicionado.

#### 1.4.0.0 LIMITACIONES DE LA VENTILACION GENERAL EN LOCALES (7) COMERCIALES.

En general, la ventilación por dilución, como se expuso anteriormente, es menos eficaz que la ventilación localizada para controlar los riesgos higiénicos. No obstante, hay ocasiones en que la ventilación por dilución puede controlar una exposición laboral a un precio razonable. En el cálculo de costos debe tenerse presente no sólo el costo de compra e instalación del equipo, además hay que considerar el costo de acondicionar el aire ya que los sistemas de dilución mueven grandes volúmenes de aire que será necesario calentar en invierno, esto es para zonas donde se experimentan estaciones climatológicas con temperaturas bajas.

En principio, existen cuatro limitantes importantes en el uso de la ventilación por dilución para controlar riesgos higiénicos; los cuales son los mismos que limitan esta ventilación para la salud (sección 1.1.3.1).

Teniendo en cuenta estas limitaciones, es fácil preveer que un sistema de ventilación por dilución raramente será aplicable a particulas contaminantes y sólo puede tener éxito en algunos casos de contaminación por gases o vapores de baja o media toxicidad, si las condiciones de generación son favorables.

En el caso de que sea aplicable, los pasos a seguir en la instalación de un sistema de ventilación por dilución son:

- 1.) Cálculo del caudal necesario, como se ha expuesto en el punto anterior.
- 2.) Situar los puntos de aspiración lo más cerca posible de los focos de generación.
- 3.) Situar los puntos de entrada y salida de aire en forma que se favorezca el "barrido" de la zona.
- 4.) Prever las entradas de aire suficientes para el caudal de aire renovado.
- 5.) Es preferible instalar un sistema de ventilación (impulsión - extracción). Este sistema permite distribuir mejor el aire en el local, acondicionar el aire de entrada, y evitar el defecto habitual de cerrar todas las entradas de aire en invierno, con lo que la ventilación deja de ser efectiva. Para evitar fugas a los locales vecinos dentro de la misma planta, es conveniente un ligero exceso en el caudal de extracción (presión negativa).
- 6.) Los puntos de descarga de aire al exterior y de toma de aire desde el exterior, deben colocarse de forma que no haya reentrada del contaminante.

7.) El arrastre de los contaminantes debe hacerse en forma tal que no se les obligue a pasar por la zona respiratoria de los obreros.

8.) La dilución que se provoque mediante la ventilación forzada debe ser suficiente para rebajar la concentración en todos los puntos donde se situen todos los trabajadores, a valores por debajo de los límites permisibles para cada contaminante, o para las mezclas de ellos cuando haya defectos aditivos.

#### 1.2.0.0 PROPIEDADES DE LOS CONTAMINANTES.

##### 1.2.1.0 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE LAS PARTICULAS.

Para que una partícula se mueva a través de un fluido, se requiere la existencia de una diferencia de densidad entre la partícula, el fluido y una partícula externa, que comunique un movimiento relativo respecto al fluido.

Esto se resume en tres fuerzas, una fuerza externa, la gravedad generalmente; la fuerza de flotación y la fuerza de rozamiento, que aparece siempre que hay un movimiento relativo entre la partícula y el fluido, y se opone al movimiento.

##### 1.2.1.1 ECUACIONES PARA EL MOVIMIENTO UNIDIMENSIONAL DE PARTICULAS A TRAVES DE UN FLUIDO.

Una partícula de masa  $m$  (Lb), se mueve a través de un fluido por acción de la fuerza externa  $F_e$ , con una velocidad relativa de  $v$  (p/min). Se llama  $F_b$  a la fuerza de flotación, y  $F_d$  a la fuerza de rozamiento. La fuerza resultante que actúa sobre la partícula sería  $F = F_e - F_b - F_d$ , que originará una aceleración en la partícula.

$$m \frac{dv}{dt} = F_e - F_b - F_d \quad (1.15)$$

Si  $F_e$  es la gravedad  $F_e = m.g$ .

La fuerza de flotación según el principio de Arquímedes, será:

$$F_b = \frac{m.e.g.\rho}{\rho_p} \quad (1.16) \quad \text{donde:}$$

$\rho$  = densidad del fluido.  
 $\rho_p$  = densidad de la partícula.

Los fenómenos que dan lugar al razonamiento en fluidos reales son complicados, y en general no se pueden calcular, salvo en el caso de esferas a velocidades bajas, por lo que se obtienen por experimentación.

Por analogía, con el flujo de fluidos a través de tuberías donde aparece un factor de rozamiento, factor de Fanning, definido por la relación entre el esfuerzo cortante y el producto de carga de velocidad por densidad, y se define un factor análogo como relación entre la fuerza de rozamiento por unidad de área proyectada, y el producto de la densidad del fluido por la carga de velocidad.

$$C_d = \frac{F_d/\rho}{\mu^2/2} \quad (1.17)$$

donde:

$C_d$ : coeficiente de rozamiento

despejando  $F_d$

$$F_d = \frac{C_d \mu^2 \rho}{2} \quad (1.18)$$

Sustituyendo en 1.15, y dividiendo la masa

$$dv / dt = g - \rho g / \rho_p - \rho C_d \mu^2 / 2m \quad (1.19)$$

El análisis dimensional indica que, el coeficiente de rozamiento de un sólido en un fluido depende del número de Reynolds:

$$C_D = \phi Re \quad : \text{siendo} \quad Re = \frac{v \lambda D}{\mu}$$

donde:

$v$  = velocidad de caída.

$\mu$  = viscosidad.

$\lambda$  = longitud característica particular.

En la figura 1.5, las variaciones dependientes de las curvas de  $C$  frente a  $Re$ , son el resultado de la interrelación de los diferentes factores que controlan el rozamiento.

La curva continua puede sustituirse por medio de cálculos por tres líneas rectas sin pérdida de exactitud (fig. 1.6).

Para los números de Reynolds bajos, la fuerza de rozamiento que actúa sobre una esfera, cumple la ley de Stokes que puede escribirse  $F_d = 3\pi v D \mu$ , con lo que  $C = 24/Re$ . En la práctica, se utilizan estas ecuaciones con un margen de error pequeño para Reynolds menores que 2,000, para el tipo de flujo que se denomina derrame laminar. El fluido perturbado alrededor de una esfera recupera prácticamente la uniformidad inicial del flujo detrás de la misma.



Para Reynolds mayores que 4,000 se entra en la región de movimiento turbulento, y se cumple la ley de Newton. El valor de  $C_d$  es prácticamente constante  $C_d = 0.44$  (fig.1.6).

La región comprendida entre 3,000 y 4,000 de números de Reynolds, recibe el nombre de intervalo intermedio y se cumple, la siguiente relación

$$C_d = \frac{18.5}{Re^{0.6}}$$

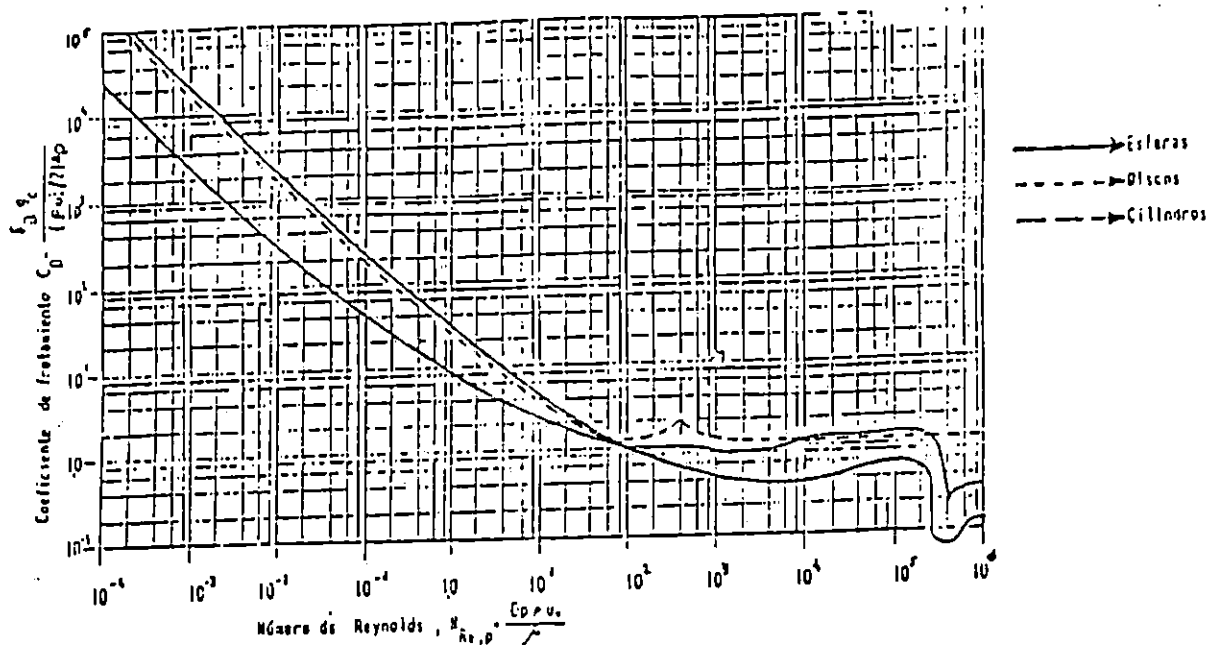


Fig. 1-5 Coeficientes de Fricción para esferas

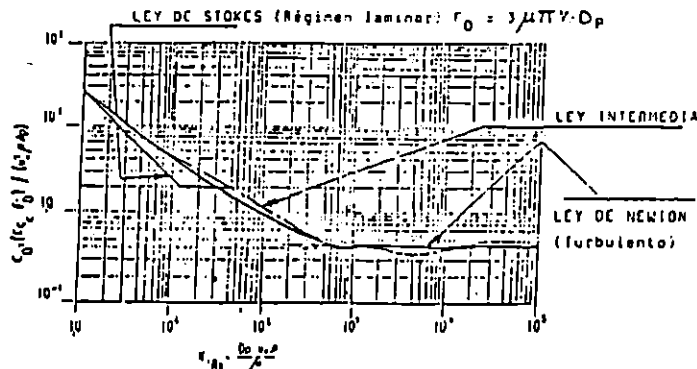


Fig. 1-6 Comportamiento comparado de:  
 Ley de Stokes  
 Ley de Newton  
 Ley Intermedia

1.2.1.2 VELOCIDAD LIMITE DE CAIDA.

La velocidad límite de una partícula que cae, se alcanza cuando la fuerza de gravedad, se equilibra con la de rozamiento.

Los polvos finos alcanzan esta velocidad límite muy rápidamente, del orden de milisegundos. Como entonces la aceleración se hace cero,

$$\frac{dv}{dt} = 0$$

y esto es :  $V_t = \sqrt{\frac{2g (\rho_p - \rho) m}{A \rho_p C_D}}$  (1.20)

sustituyendo C por su valor en los tres intervalos de movimiento de un fluido y considerando

$$m = \frac{\pi D_p^3 \rho_p}{6} ; \quad \rho_p = \frac{\pi D_p^2}{4}$$

En régimen laminar:  $V_t = \frac{g D_p^2 \rho_p}{18 \mu}$  (1.21)

En régimen intermedio:  $V_t = \frac{0.153 g^{0.71} D_p^{1.14} \rho_p^{0.71}}{0.29 \mu^{0.43}}$  (1.22)

y, en régimen turbulento:  $V_t = 1.74 \sqrt{\frac{g D_p \rho_p}{\rho}}$  (1.23)

Para determinar el intervalo en que tiene lugar el movimiento, existe una relación entre números adimensionales que relaciona el número de Reynolds, con el número de Arquímedes, el cual se define como, el producto de coeficiente de razonamiento C por el cuadrado del número de Reynolds.

$$A_r = C_D Re^2 = \frac{4 D_p^3 (\rho_p - \rho) g}{3 V^2}$$

En el número de Arquímedes, no intervienen ni la velocidad ni el diámetro de la partícula, incógnitas que impedian determinar el número de Reynolds, y por consiguiente el intervalo en que tiene lugar el movimiento.

La fig. 1.7 muestra la correlación existentes entre los números de Arquímedes y de Reynolds.

Con esto se podría calcular el tamaño y peso máximo que en caída libre alcanzarían en régimen laminar, intermedio o turbulento.

Partículas por debajo de un cierto peso y tamaño, no pueden alcanzar velocidades elevadas para sobrepasar el movimiento laminar.

De las ecuaciones del movimiento laminar, se obtiene la tabla 1.9, y de las ecuaciones del movimiento intermedio la tabla 1.10.

Para partículas de tamaño inferior a las obtenidas en la tabla 1.9, y la ecuación de velocidad límite, se puede calcular la velocidad límite correspondiente, la cual es imperceptible frente a las corrientes de aire del local. Aún en partículas de 25 a 40 micras, de peso específico 2.65, se establecen velocidades de sólo 10.00 a 24.00 p/min ( $\approx$  0.05 a 0.12 m/seg).

Por lo tanto, en un campo de fuerzas gravitacionales el polvo fino no tiene prácticamente movimiento independiente del aire, en el cual está suspendido.

T. 1-9 Caída de partículas en movimiento laminar

Peso específico	Tamaño máximo de partículas en micras.
1	100
2	80
3	70
4-5	60

T. 1-10 Caída de partículas en movimiento intermedio

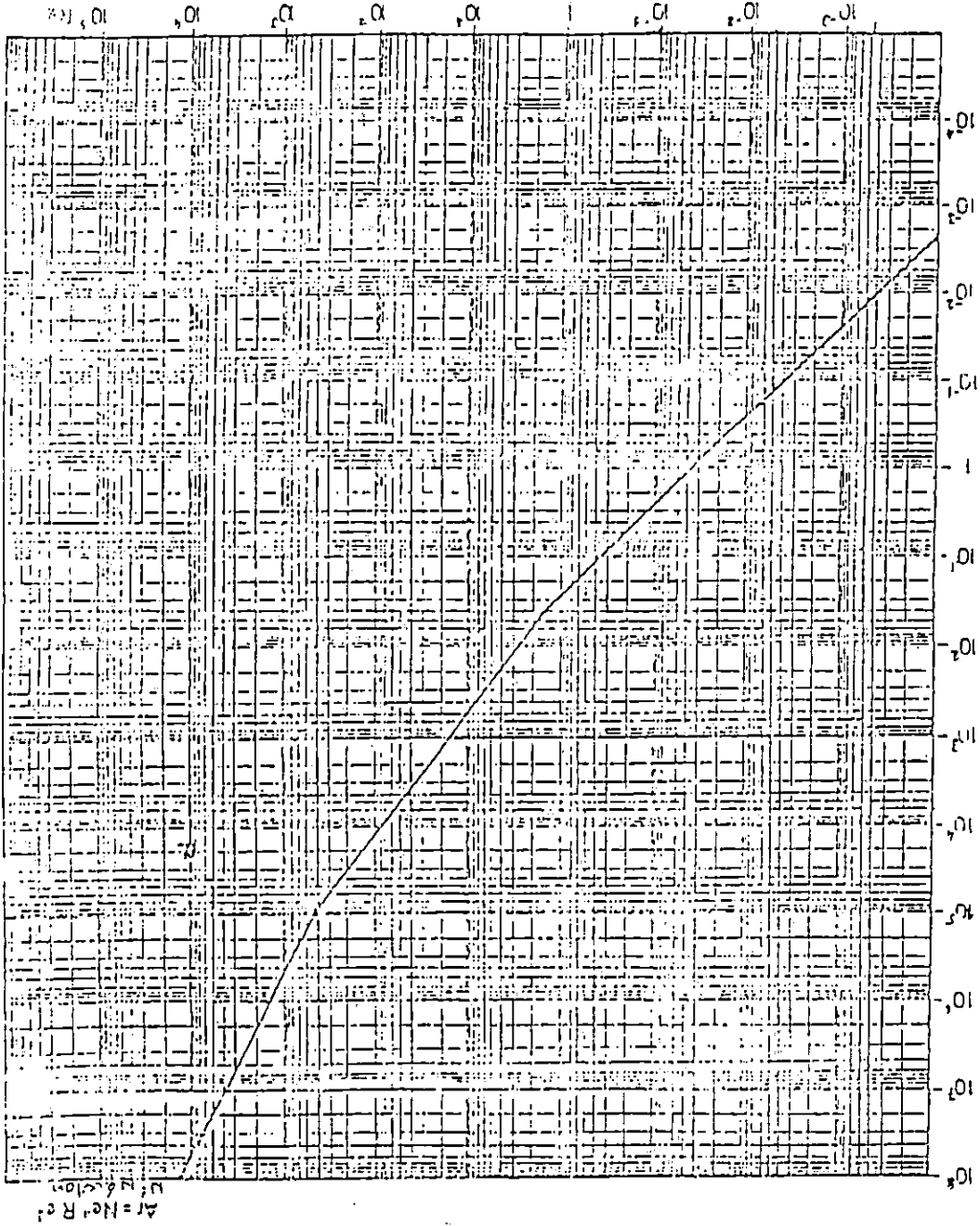
Peso específico	Tamaño máximo de partículas en micras.
1	1500
2	1200
3	1000
4	930
5	850

### 1.2.1.3 PROYECCION DE PARTICULAS.

Cuando la partícula ha sido proyectada a alta velocidad inicial por cualquier fuerza mecánica. En este caso, pueden efectuarse despreciando los efectos gravitacionales.

Fig. 1-7 Diagram No. 1 (R<sub>0</sub>), para una esfera sumergida

1050



Otra partícula puede empezar su movimiento dentro del régimen turbulento, pasando a través del régimen intermedio, y terminar en el régimen laminar. En valores bajos del régimen laminar, las fuerzas gravitacionales ya no son despreciables.

Considerando el movimiento del aire en el campo gravitatorio:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{C_p v^2 \rho_p}{2 m}$$

y la distancia recorrida será  $\Delta_s = \int_{v_0}^v v dt$

integrando entre  $v_0$  y  $v$ , y dando los correspondientes valores a  $C$ , según el régimen, se obtiene:

$$\Delta_s = \frac{7}{v} \rho_p D_p \log \frac{v_0}{v} ; \text{régimen turbulento} \quad (1.24)$$

$$\Delta_s = 1.8 \times 10^4 \delta D_p^{1.6} (v_0^{0.6} - v^{0.6}); \text{régimen intermedio} \quad (1.25)$$

$$\Delta_s = \frac{m g (v_0 - v)}{3 \pi v D_p} ; \text{régimen laminar} \quad (1.26)$$

donde :  $\delta$  = peso específico del fluido.

#### 1.2.1.4 INERCIA.

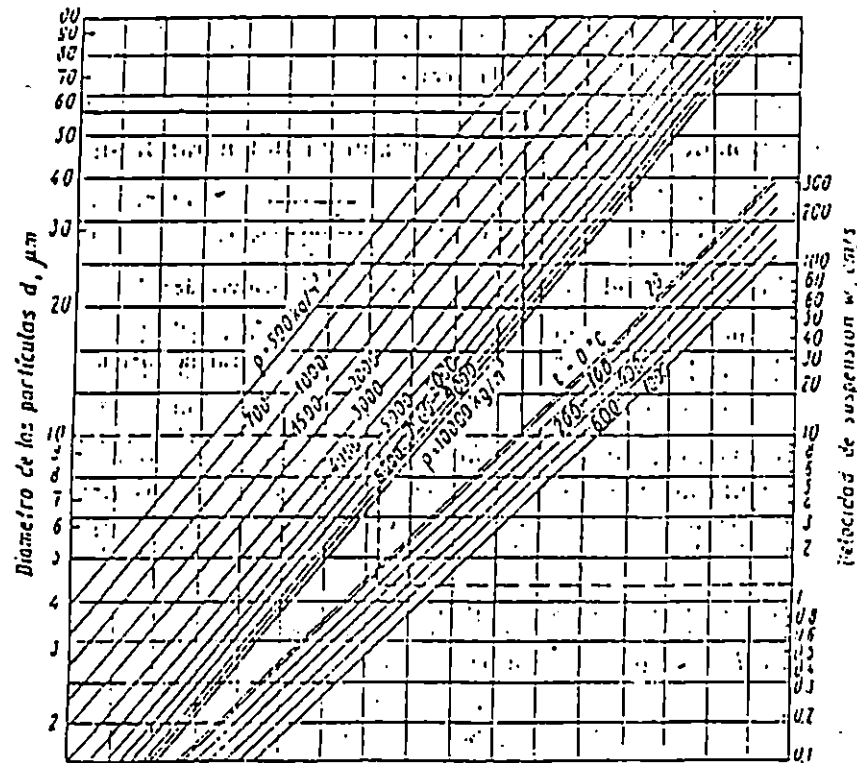
Es muy importante distinguir entre polvo fino y partículas gruesas, por lo que se utiliza el término "inercia"; para describir las partículas grandes, en principio, las de peso tal que caen rápidamente por gravedad. El polvo fino es el que tiende a permanecer en suspensión en el aire. El límite de tamaño de partícula, depende de la velocidad y de la densidad. En principio, se considera que los inerciales tienen un tamaño máximo de 10 a 20 micras. Sólo el polvo fino tiene importancia higiénica.

Se considerará una partícula proyectada a alta velocidad inicial. La resistencia que ofrece el aire disminuye la velocidad de la partícula aplicando las fórmulas del régimen turbulento para partículas con un peso específico de 2.7 y una velocidad inicial de 985 p/min (5 p/min), se obtienen los resultados tabulados en las tablas 1.11 y la figura 1.8.

De la tabla y el gráfico se desprende la diferencia entre inertiales (3 milímetros) y el polvo fino (2.5 micras), las partículas de 25 micras se clasificarán según las circunstancias físicas de cada caso, si bien en general se clasificarán como polvo fino.

De lo anterior, se desprende que las partículas de polvo fino deben ser consideradas como carentes de peso y de poder de movimiento independiente a través del aire.

La atención se fijará enteramente en el movimiento del aire característico de un proceso particular, sabiendo que el control del mismo cuida automáticamente el problema del polvo.



Velocidad de suspensión de las partículas

Fig. 1-8 Proyección de partículas a alta velocidad

Velocidad final m/s	Diámetro de partícula		
	3 mm	25 micras	2.5 micras
1.2	28	0.24	0.024
0.25	60.8	0.51	
0.12	79	0.66	

T. 1-11 Distancia (S) recorrida por partículas esféricas de peso específico de 2.7 con velocidad inicial de 5 m/s

### 1.2.2.0 MECANISMOS DE DISPERSION DE PARTICULAS EN EL AIRE.

#### 1.2.2.1 EVAPORACION Y GENERACION DE POLVO.

Es bien conocida la evaporación de un líquido a estado de vapor, la presión de vapor determina lo que ocurrirá, y la teoría molecular proporciona una explicación del mecanismo real de evaporación.

Conviene adaptar una palabra aplicable al polvo, esta es "generación de polvo", y se define como el proceso no molecular, mecánico o físico por el cual el polvo o niebla, queda suspendido en el aire desde su estado previo de reposo.

Las nubes de polvo se forman por: (a) acción primaria de generación de polvo; acción mecánica o neumática que proyecta partículas finas a alta velocidad de un estado de reposo al aire próximo; y (b) corrientes de aire secundarias que transportan el aire polvoriento lejos del lugar de formación.

#### 1.2.2.2 ACCION PRIMARIA.

Fundamentalmente hay dos fuerzas que causan el movimiento primario:

(1) El arrastre del aire detrás de los movimientos inerciales de elevada velocidad (fig. 1.9), y

(2) La acción de arrastre del aire súbitamente expelido entre los poros de una masa suelta de material (fig. 1.10).

El movimiento de un cuerpo a través del aire origina una estela detrás del cuerpo, parte de esta estela origina un movimiento lineal en la dirección del movimiento del cuerpo con arrastre de polvo fino. Esta acción ocurre cuando los inerciales se originan en el proceso de generación de polvo y ambos tipos de polvo se forman simultáneamente.

La generación de polvo puede ser unidireccional, por ejemplo una muela de pulido, en éste caso ambos tipos de partículas se mueven conjuntamente en la misma corriente pero por diferentes mecanismos.

En el caso de una muela de pulido (fig. 1.11), cuando los inerciales se generan en cantidad, su acción es prácticamente la única importante, en tanto que las corrientes de aire generadas por la propia muela no son perceptibles.

No obstante, si se generan polvos inerciales, el movimiento del aire producido por la superficie de la muela puede arrastrar el polvo fino con ella. La generación de polvo puede ser también multidireccional.

Si bien la acción es esencialmente la misma que en este caso anterior, pero los inerciales y el movimiento del aire ocurre en todas las direcciones. La acción de generación de polvo, es debida principalmente a una súbita expulsión del aire de los espacios porosos del material. El escape del aire en una acción de arrastre fluido, levanta el polvo fino en suspensión en aire (fig. 1.12)

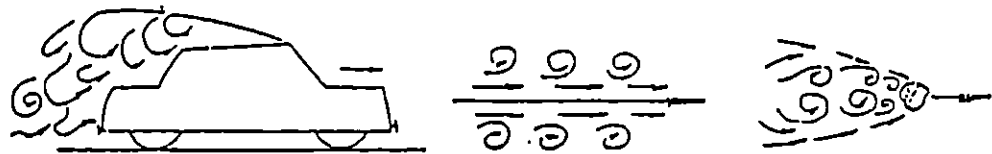


Fig. 1-9 Corriente turbulenta de aire inducidas como una estela detrás de objeto con alta velocidad.  
 (a) vehículo de motor (b) placa plana  
 (c) partícula sólida única.

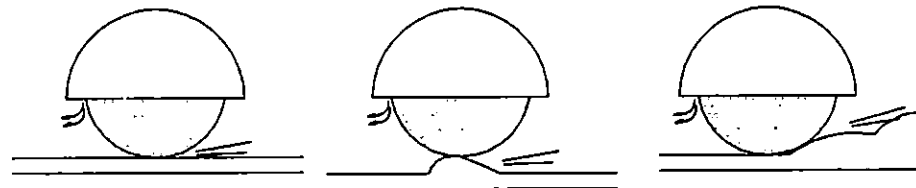


Fig. 1-10 Generación de polvo en una muela de pulido.  
 (a) Pulido fuerte, (b) Pulido de contacto incompleto contra la carcasa.

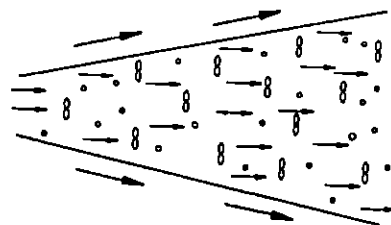


Fig. 1-11 Corriente de un flujo de aire, acción de ventilación  
 miniatura

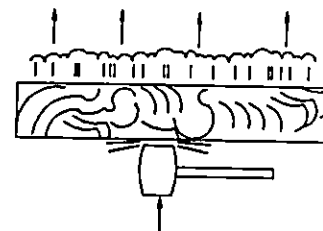


Fig. 1-12 Masa suelta de polvo por acción de impacto



### 1.2.2.3 ACCION SECUNDARIA.

Las corrientes de aire secundarias son las que no forman parte integrante de la acción de generación de polvo, pero que capturan una suspensión cerca de la fuente, causando su posterior dispersión. Las corrientes de aire fortuitas de los locales de trabajo pertenecen a la clasificación de secundarias.

Pueden ocurrir casos donde la misma máquina que genera las corrientes primarias origine también las corrientes secundarias.

Un material granular al caer induce una corriente de aire arrastrada por el material. Al alcanzar el suelo, las corrientes de aire salen en todas las direcciones arrastrando con ellas el polvo fino suspendido en el proceso de caída, el ejemplo más típico es un silo o el llenado de recipientes (figs. 1-13, 1-14).

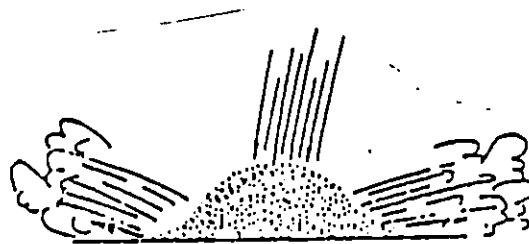


Fig. 1-13 Caída de una masa de material pulverulento

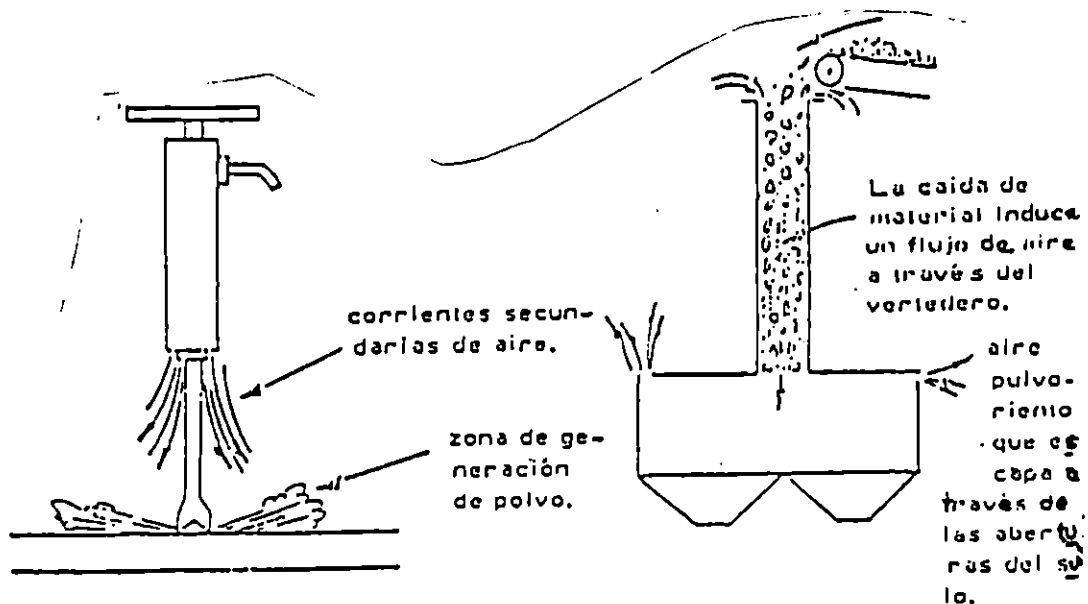


Fig. 1-14 Inducción de aire a través de un vertedero por acción de la caída del material

### 1.2.3.0 GASES Y VAPORES.

La acción de la gravedad sobre un volumen de gas o vapor no se determina por el peso de las moléculas de gas, sino por el peso medio de todas las moléculas de cualquier naturaleza que se encuentra en la mezcla. Estas mezclas moleculares son permanentes y no puede haber separación espontánea de las moléculas pesadas frente a las más ligeras.

La relación de densidad será, densidad de la mezcla del aire y no densidad del vapor de la sustancia frente a la densidad del aire.

La máxima concentración posible que se puede alcanzar por un vapor determinado está limitada por la presión de vapor del disolvente a la temperatura en cuestión

$$C = \frac{P_v}{760} \times 100 \quad (\%) \quad (1.27)$$

$$C = \frac{P_v}{760} \times 10^6 \quad (\text{ppm}) \quad (1.28)$$

El peso molecular medio de una mezcla es

$$P_m \text{ promedio} = \frac{C (\text{PM (vapor)} + (100-C) \times 29)}{100} \quad (1.29)$$

Este peso molecular promedio en relación con el aire 29 proporciona el peso específico de la mezcla.

Lo anteriormente expuesto no es válido cuando se trabaja con vapores de disolventes en ebullición.

En problemas de ventilación es normal encontrar concentraciones del 0.5 al 0.9% en volumen del vapor.

### 1.3.0.0 VENTILACION LOCALIZADA. (v)

#### 1.3.1.0 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA VENTILACION LOCALIZADA.

Los sistemas de ventilación localizada estan diseñados para capturar y mover las primeras emisiones de los procesos que se den en una planta, de manera que controlan su presencia en el medio de trabajo. La campana de extracción localizada, es el punto de entrada en un sistema de extracción y se definirán para incluir toda abertura de succión restando importancia a su configuración

física. La función primordial de la campana es crear un campo de flujo de aire, el cual capturará eficientemente el contaminante y los transportará dentro de la misma. La fig. 1-15 provee las nomenclaturas asociadas con campanas de extracción localizada.

La figura 1.16 representa la instalación típica de ventilación por extracción local compuesta de:

1. Campana, mediante las cuales se capta el contaminante del aire;
2. Conductos, para llevar al contaminante a un punto central;
3. Dispositivo, para limpiar el aire como por ejemplo, un filtro para el polvo o un colector centrífugo, para purificarlo antes de expulsarlo al exterior; y
4. Ventilador y su motor, para producir la corriente de aire requerida a través del sistema.

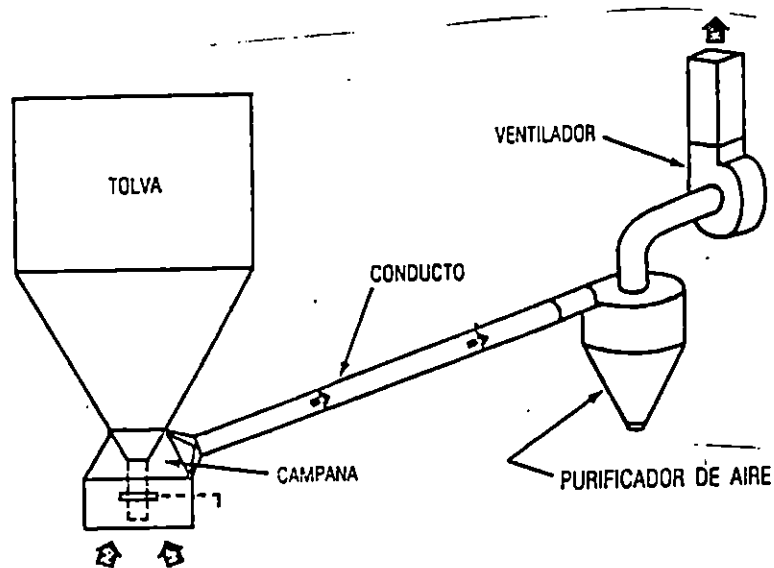
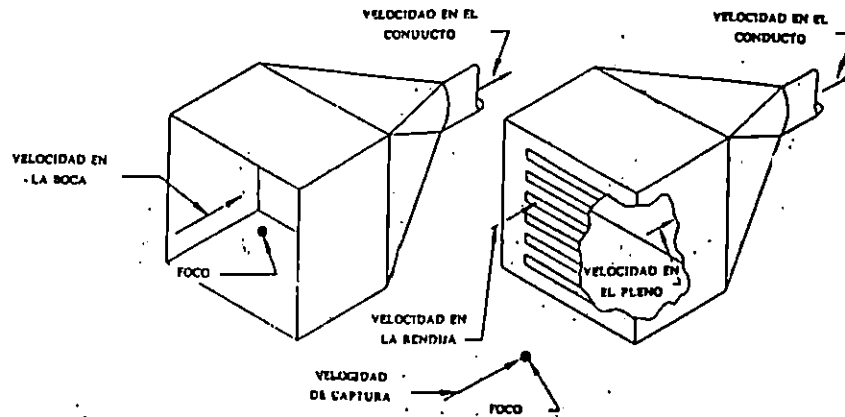


Fig. 1-16 Instalación de ventilación localizada, compuesta por campana, conductos, purificador de aire y ventilador



- VELOCIDAD DE CAPTURA— VELOCIDAD DEL AIRE EN UN PUNTO CUALQUIERA, FRENTE A LA BOCA DE LA CAMPANA, QUE ES NECESARIA PARA SUPERAR LAS CORRIENTES DE AIRE OPUESTAS A LA CAPTACION Y CAPTURAR EL CONTAMINANTE EN ESE PUNTO DIRIGIENDOLO HACIA LA CAMPANA.
- VELOCIDAD EN LA BOCA— VELOCIDAD EN LA ABERTURA DE LA CAMPANA.
- VELOCIDAD EN LA RENDIA— VELOCIDAD DE AIRE EN EL PLENO, QUE PARA UNA BUENA DISTRIBUCION DEL FLUJO EN LAS RENDIAS NO DEBE SER SUPERIOR A LA MITAD DE LA VELOCIDAD EN ESTAS.
- VELOCIDAD EN EL PLENO— VELOCIDAD EN LAS ABERTURAS DE UNA CAMPANA DEL TIPO RENDIA. SU FUNCION PRIMARIA ES LA DISTRIBUCION DEL AIRE EN LA BOCA DE LA CAMPANA.
- VELOCIDAD EN EL CONDUCTO— VELOCIDAD DEL AIRE EN LA SECCION DEL CONDUCTO. CUANDO EN LA CORRIENTE DEL AIRE EXISTEN PARTICULAS SOLIDAS, LA VELOCIDAD EN EL CONDUCTO DEBE SER IGUAL O SUPERIOR A LA VELOCIDAD MINIMA REQUERIDA PARA QUE EL AIRE LAS ARRASTRE.

Fig. 1-15 Principios de las campanas de Extracción

### 1.3.2.0 CAMPANAS (h)

Los elementos de captación denominada campanas, son los puntos de un sistema de extracción localizada, a través de los cuales el aire contaminado penetra en los conductos comprendiendo a todas las aberturas por las que se produce succión, sin considerar sus formas o tipo de montaje.

Su principal característica es su eficacia, que puede definirse como la capacidad para captar efectivamente el contaminante generado.

Ningún sistema de extracción local puede considerarse efectivo a menos que el contaminante sea arrastrado a la campana. Evidentemente, el valor de la instalación será nulo si el polvo,

humo, gas o cualquiera sea el contaminante, no es captado y arrastrado dentro de la campana, no importa cuán bien construidos estén los conductos y los interceptores o cuán grande sea el ventilador.

### 1.3.3.0 DISEÑO GENERAL DE ELEMENTOS DE CAPTACION (y)

El movimiento de los contaminantes de interés higiénico, viene determinado por las corrientes de aire existentes en el local. Por lo tanto la eficacia de una campana depende básicamente de su capacidad para generar en las cercanías del foco de emisión del contaminante, velocidades de aire que contrarresten el efecto en la zona, las cuales muchas veces están generadas por el propio proceso o están íntimamente ligadas a él.

### 1.3.3.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS CAMPANAS. (y) No

Las características más importantes de un buen diseño de una campana extractora, son las siguientes:

1. Encerrar la operación, tanto como sea posible, para disminuir la velocidad de la corriente de aire necesaria para controlar el contaminante y evitar que las corrientes cruzadas lo desvíen de la zona de influencia de la campana.

2. Siempre ubicar la campana de manera que el contaminante sea alejado de la zona de respiración del operador.

3. Ubicar y diseñar la campana de manera que la velocidad inicial del contaminante lo lleve a la abertura de la misma.

4. Los vapores de solventes en concentraciones que son peligrosas para la salud no son sensiblemente más pesados que el aire. Debe captárselos en su fuente de origen, en lugar de intentar hacerlo a nivel del piso.

5. Colocar la campana lo más cerca posible de la fuente de contaminante.

6. Diseñar la campana de modo tal que no moleste al operario.

#### 1.3.4.0 CLASIFICACION DE TIPOS DE CAMPANA (γ)

W. Hemeon (1963) fue, quizá el primero en describir un simple esquema para categorizar el diseño de campanas. El concluyó que toda campana de extracción localizada cae dentro de tres categorías: encerradas, exteriores y receptoras.

La clasificación de las campanas dentro de una de las tres categorías es de gran ayuda, desde el proceso de diseño, el cual es diferente para cada una. El elemento clave en la clasificación de las campanas es la localización, de las mismas, relativa al punto de generación o escape de contaminante. La localización relativa de la campana con respecto al foco, ayuda a determinar la cantidad de flujo de aire necesario para efectuar la captura. El proceso de diseño para cada tipo de campana es discutido en las siguientes secciones.

#### 1.3.4.1 ENCERRADAS (γ)

Si una campana está diseñada para que los contaminantes escapen del proceso dentro de la misma, ésta es clasificada como encerrada (fig. 1.17). Este tipo de campana es generalmente el más eficaz desde el punto de vista ingenieril.

El control efectivo de emisión es más fácil en este caso que en el tipo exterior, donde el flujo de extracción debe ser alcanzado y capturar el contaminante como es generado.

Dentro de esta clasificación se tienen:

1) Completamente encerradas (fig. 1.18), donde el proceso de trabajo es conducido enteramente dentro de la campana de extracción. Este tipo ofrece gran protección al usuario, así como poco consumo energético, ya que de los tres tipos, éste es el que requiere menos cantidad de aire para asegurar un control adecuado. Para diseñar este tipo de campana se requiere crear el ambiente con presión negativa, con el fin de asegurar que el contaminante no escape del encierro, y tener un sistema eficiente de filtraje del aire a extraer.

2) Cabinas, ésta es la segunda sub-categoría de encerradas, las cuales son encerradas simplemente con un lado parcial o completamente abiertos para proveer acceso. Ejemplos son, campanas para: sierra de corte abrasivo (fig. 1.19), y pintado por atomizado. Las cabinas son clasificadas como encerradas porque el contaminante se escapa dentro de la misma campana, como en el caso anterior. Como el contaminante es generado dentro de la campana, la presencia de un lado abierto da la posibilidad que éste se tienda a escapar. Para prevenir ésto, una alta velocidad del aire es

necesaria para mantener a través de esta area abierta (llamada cara de la campana).

3) Túneles, son similares a las cabinas, excepto que éstas tienen dos caras abiertas para el flujo de proceso para los cuales se determinan las velocidades necesarias para una captura eficiente.

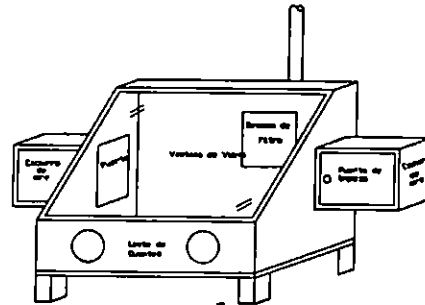


Fig. 1-17  
 Campana encerrada

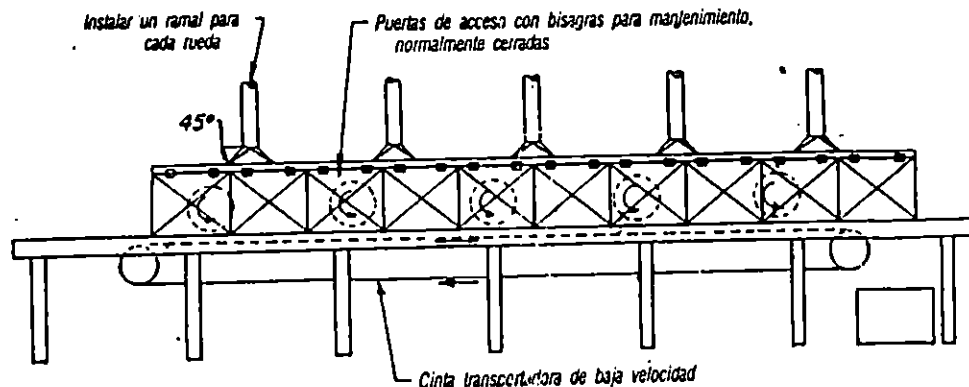


Fig. 1-18 Encerramiento. Cuanto más encierre la campana a la fuente, menor es la cantidad de aire requerida para el control de esta línea de pulido

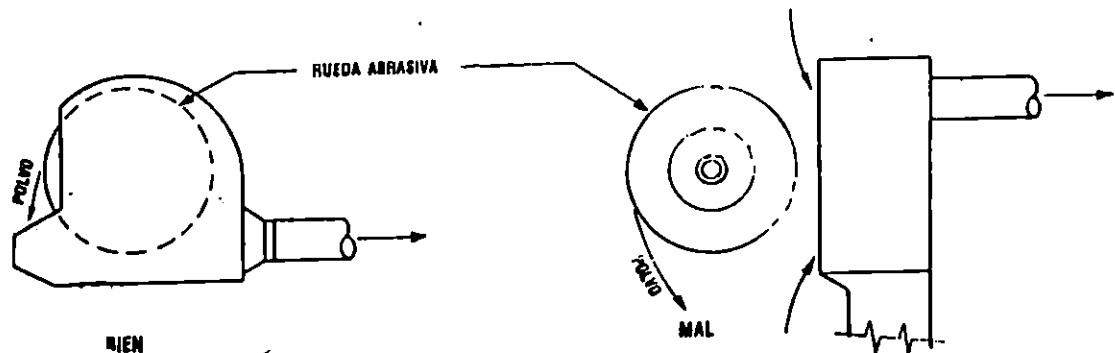


Fig. 1-19 La campana debe estar fabricada de manera que la velocidad inicial del contaminante lo impulsa hacia la abertura de la misma

1.3.4.2 EXTERIORES (8)

La diferencia básica entre una campana encerrada y una exterior, es que en éstas el contaminante no es atrapado en el punto de escape. El contaminante se genera fuera de la campana de la misma forma que éste se difunde en la atmósfera de la planta. Una campana típica es la campana portátil para soldadura.

La captura del contaminante deberá ser provocado por el movimiento del aire, generado por un ventilador, a través de ductos conectados a la campana. Desafortunadamente, muchos efectos adversos pueden ocurrir entre la generación y la captura.

Un buen diseño de estas campanas deben asegurar al operario, no tener exposiciones peligrosas a su salud del contaminante, ejemplo fig. 1.20.

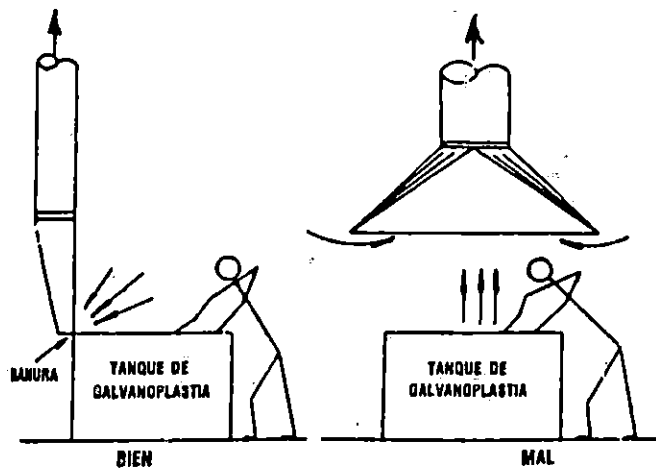


Fig. 1-20 Dirección de la corriente de aire. La campana debe colocarse de modo que el contaminante sea apartado de la zona de respiración del operario.

1.3.4.3 RECEPTORAS (8)

Estas son campanas exteriores las cuales siguen el proceso de la generación del contaminante con el movimiento de la fuente.

Las dos propiedades de generación del contaminante que son comúnmente utilizadas en campanas receptoras son momentum de partículas y la ascensión de gases calientes. (fig. 1.21)

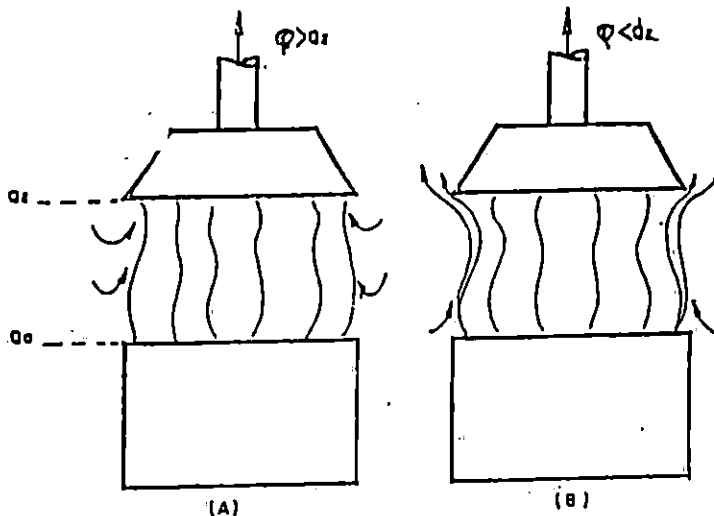


Fig. 1-21 Aspiración de rebalse en campanas colocadas sobre focos calientes



### 1.3.5.0 DISTRIBUCION DE VELOCIDAD EN CAMPANAS COMPLEJAS.

Para conocer la distribución de velocidades en una campana compleja, se deben de tener en cuenta dos principios cuya aplicación permite a menudo resolver el problema.

a) La velocidad inducida en un punto por la actuación simultánea de varias campanas, es la suma vectorial de las velocidades inducidas en ese punto por cada una de las campanas actuando individualmente. Esto, nos sirve para calcular el flujo de una campana rectangular, considerándola como yuxtaposición de un cierto número de campanas de boca cuadrada.

b) Cuando la zona de succión de una campana está limitada por un plano, su distribución de velocidades equivale al que se originaría si además de la campana actuase simultáneamente otra campana simétrica a la primera.

### 1.3.6.0 CAPTACION DEL CONTAMINANTE

Quando se conecta un conducto a la entrada de un extractor, se produce succión o zona de baja presión en el otro extremo del conducto. El aire del recinto se dirigirá desde todas las direcciones hacia esta zona de baja presión. Así, como se muestra en la figura 1.22, el aire se moverá, debido a la succión, hacia la abertura de un conducto libremente suspendido, llegando simultáneamente desde la parte anterior y posterior. Las líneas de puntos que se dirigen a la abertura del conducto (líneas de corriente) indican la dirección del flujo de aire en ese punto. Las líneas curvas enteras representan las secciones de las superficies formadas por los puntos de igual velocidad. Lo que se necesita para controlar el polvo es una velocidad del aire  $V$ , en el punto en que ese polvo se forma y a una distancia  $X$  de la abertura del conducto, lo suficientemente grande como para arrastrar las partículas hacia la campana (es decir hacia el conducto). Si la cantidad de aire que entra en el tubo es  $Q$ , la velocidad en la superficie curva que pasa por el punto en que el contaminante se produce, está dada por la ecuación  $V = Q/A$ , donde  $A$  es el área de la esfera. El área de una esfera es 4 veces el cuadrado de su radio  $X$  y está expresada por la ecuación:

$$A = 4 X^2$$

entonces:

$$V = \frac{Q}{4 X^2} \quad (1.30)$$

Esta relación indica que la velocidad es un punto donde se produce polvo es:

- a) proporcional al volumen de aire Q que pasa por el conducto (p<sup>3</sup>/min); y,
- b) inversamente proporcional al cuadrado de la distancia X a la abertura.

En la práctica, la ecuación básica (1.30) ha sido modificada empíricamente y, cuando X es menor que 1.5 veces el diámetro de la campana, adopta la forma

$$V = \frac{bQ}{X^2 + bA} \quad (1.31)$$

donde V es la velocidad en la línea central a una distancia X de la campana (p/min)

- Q = flujo de aire en el conducto (p<sup>3</sup>/min)
- X = distancia sobre el eje de la campana (p)
- A = área de la abertura de la campana (p<sup>2</sup>)
- b = una constante que depende de forma de la abertura de la campana.

Para aberturas circulares o cuadradas, b es prácticamente 0.1 y la ecuación se convierte en

$$V = \frac{0,1 Q}{X^2 + 0.1 A} \quad (1.32)$$

Cuando X es muy grande comparada con A, la ecuación (1.32) se transforma en

$$V = \frac{Q}{10 X^2} \quad (1.33)$$

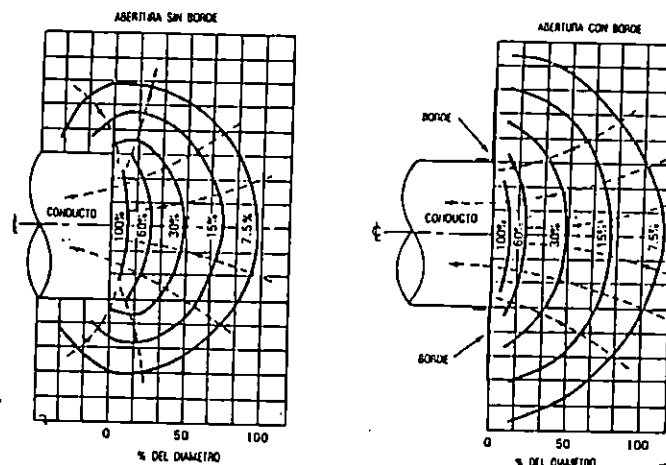


Fig. 1-22 Perfiles de velocidad expresados como porcentaje de la velocidad en la abertura (líneas curvas enteras) y líneas de flujo (líneas de puntos) en los casos de abertura a circulares y con borde

1.3.7.0 VELOCIDAD DE CAPTURA.

No es posible establecer una recomendación de carácter general acerca de la velocidad de aire necesaria para capturar las partículas contaminantes en las zonas donde se generan, ya que hay operaciones que originan trayectorias multidireccionales y velocidad muy diversas, mientras que otras operaciones originan trayectorias bien definidas, por ejemplo en la operación de pulido, en la que además su velocidad es siempre inferior a la tangencial de la muela.

En la tabla 1-12, se indican los valores generalmente aceptados para la velocidad de captura, en función de la velocidad con que se genera el contaminante, en la boca de la campana para aquellas que encierran en su interior el proceso, o en las cercanías del foco de generación para campanas exterior a él.

TABLA 1-12

VELOCIDADES MINIMAS EN LOS CONDUCTOS

NATURALEZA DEL CONTAMINANTE	EJEMPLOS	VELOCIDAD DE DISEÑO FPM
Vapores, gases, humos	Todos los vapores, gases y humos	1000 - 2000
Humos metálicos y carbonosos	Soldaduras	2000 - 2500
Polvos finos de peso liviano	Polvo de madera, pelusas de algodón y polvos livianos	2500 - 3000
Polvos secos de densidad mediana	Polvos de algodón, hilachas de lustrado, hilachas de yute, polvos de madera, granos de caucho y baquelita	3000 - 4000
Polvos Industriales corrientes	Lana, madera, chorro de arena, esmerilado, polvo de cuero, virutas de madera, polvos de fundición, polvos de ladrillo y asbesto	3500 - 4000
Polvos pesados	Aserrado (pesado y húmedo), vaciado de crisoles, astillas de madera, polvo de fundición de hierro	4000 - 4500
Partículas grandes de materiales con mucha humedad	Polvos de plomo y cemento húmedos	4500 y más

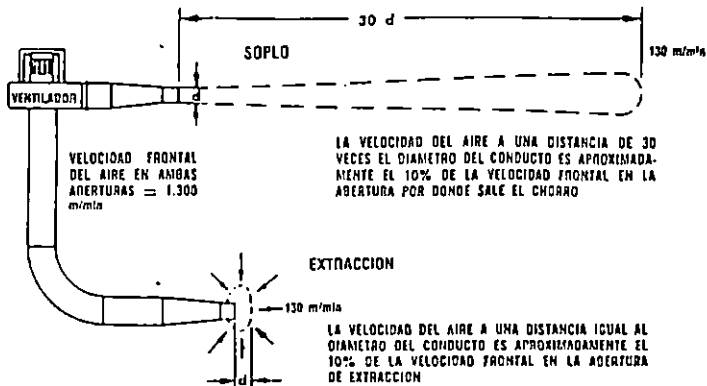


Fig. 1-23 El "arrastré" de un ventilador es completamente distinto, según funciones, extrayendo o soplando

#### 1.3.8.0 CALCULOS DE CAUDAL NECESARIO

Cuando una campana, determinada, aspira un cierto caudal, provoca en cada punto del espacio una velocidad de aire que será característica en cada punto del espacio de la geometría de la campana. Es necesario conocer esta distribución de velocidades para poder calcular el caudal de aire necesario para la extracción.

Existe una gran diferencia entre la distribución de flujo, producida por una abertura que aspira aire, y la producida por la misma abertura impulsando aire, fig. 1.23. A medida que nos alejamos de la abertura de aspiración, la velocidad decrece mucho más rápido en una aspiración que en una impulsión, debido a que en la aspiración el fluido es arrastrado desde todas las direcciones.

Las campanas más simples se asimilan a los llamados sumideros, el cual se define como un punto hacia el cual fluye uniformemente el aire, y desde el que es continuamente eliminado.

Los resultados teóricos obtenidos para los distintos tipos de sumideros, solo constituyen una buena aproximación de la distribución de velocidades en una abertura real a distancias superiores a un diámetro, o la anchura en caso de rendijas en las cercanías de las aberturas, las velocidades reales difieren considerablemente de la teóricas, por lo que es preciso acudir a resultados experimentales. Esto se ve claramente en la fig. 1.23, en que se comparan las diferencias entre una aspiración real y los cálculos teóricos. Esta diferencia entre lo teórico y lo real, es debido a la obstrucción, al flujo que representa el propio tubo y a que en realidad no es un punto, sino una superficie plana.

En las campanas circulares y cuadradas, la velocidad en el eje puede expresarse con buena aproximación mediante la fórmula de Dalla Valle:

$$V = \frac{Q}{10 X^2 + A}$$

donde:

- V: velocidad de dist. x.
- x: distancia punta a boca.
- Q: caudal de aspiración.
- A: área de la boca.

Fórmula válida para valores de X inferiores a 1.5 D.

Para bocas rectangulares, la distribución de velocidades no es simétrica con respecto al eje de la campana, por lo que debe recurrirse a la representación tridimensional o con distribuciones de velocidad, según los dos planos de simetría de la campana.

Con objeto de aumentar la eficacia de una campana, se recurre a un artificio consistente en la colocación de baffles o pantallas deflectoras (fig. 1.24), las cuales ejercen su influencia impidiendo que el aire fluya desde la parte posterior de la campana, aumentando así la velocidad en la parte anterior y reduciendo la pérdida por la entrada o turbulencia al evitar que se aspire el aire que está detrás del frente de la abertura. Para la misma cantidad total de aire extraído, una mayor proporción provendrá de la zona frontal del conducto. Esto es beneficioso, puesto que el aire que viene desde atrás de la abertura no ayuda a controlar el contaminante de la zona frontal. Un borde puede aumentar en un 20-30% la corriente útil de aire para un mismo volumen total movilizado. Generalmente, el ancho del borde es igual al diámetro de la campana.

La anchura ideal de las pantallas, debe ser tal que intercepten la línea de igual velocidad del 10% si bien en la práctica, suele bastar una anchura igual al diámetro de la boca de aspiración con un valor máximo de 6 pulg (15 cms). El uso de baffles permite reducir el caudal de aire aspirado para una efectividad dada en un 30% aproximadamente.

En la figura 1.25, se indican fórmulas aproximadas para el cálculo del caudal de aire en el eje, de los tipos más comunes de campanas simples.

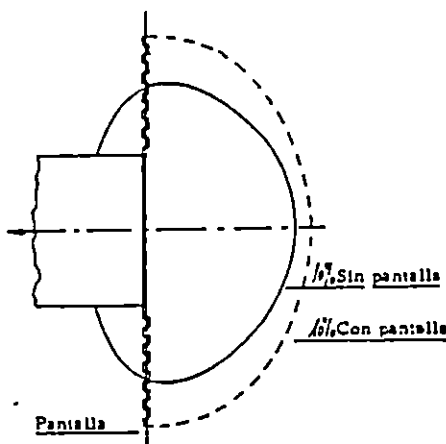


Fig. 1-24  
 Efecto de la pantallas  
 deflectoras (Baffles) en  
 los perfiles de velocidad

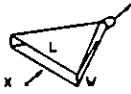
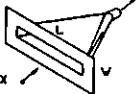
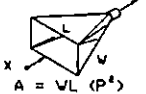

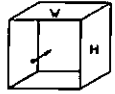
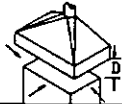


TIPO DE CAMPANA	DESCRIPCION	RELACION W/L	CAUDAL
	RENDIJA	0.2 O MENOS	$Q = 3.7 LVX$
	RENDIJA FLANGEADA	0.2 O MENOS	$Q = 2.6 LVX$
	ABERTURA PLANA	0.2 O MAS Y REDONDO	$Q = V(10 X^2 + A)$
	ABERTURA FLANGEADA	0.2 O MAS Y REDONDO	$Q = 0.75V(10 X^2 + A)$
	CABINA	PARA TRABAJO SUAVE	$Q = VA = VWH$
	CAMPANA EXTERIOR	PARA TRABAJO SUAVE	$Q = 1.4 PVD$ P = PERIMETRO D = ALTURA SOBRE EL TRABAJO
	ABERTURA PLANA RENDIJAS DE 2 O MAS	0.2 O MAS Y REDONDO	$Q = V(10 X^2 + A)$
	ABERTURA FLANGEADA RENDIJAS DE 2 O MAS	0.2 O MAS Y REDONDO	$Q = 0.75V(10 X^2 + A)$

Fig. 1-25) Tipos de Campanas

1.3.9.0. PERDIDA DE CARGA.

Al ejercer la succión, el aire entra en el conducto.

Aplicando el teorema de Bernoulli entre los puntos 1 y 2, se tiene:

$$P_1 = P_2 + \frac{V_2^2}{2g} + P_e$$

donde:  $P_e$  = pérdida de presión debida a las turbulencias a la entrada del conducto.

$P_e$  depende de la forma geométrica de la boca y de la velocidad del aire  $V_2$ . Otras veces se indica el coeficiente de entrada  $C_e$ ,

definido como:

$$C_e = \sqrt{\frac{V_2^2/2}{P_1 - P_2}}$$

Si  $P_e = 0$ ;  $C_e = 1$ ; el valor de  $C_e$  se va haciendo más pequeño cuanto mayor es la pérdida de carga

La figura 1.26 nos da factores de pérdida para varios tipos de campanas.


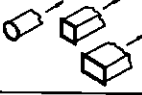
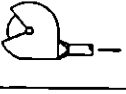
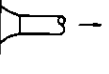
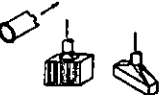

TIPO DE CAMPANA	DESCRIPCION	COEFICIENTE DE ENTADACE	PERDIDA DE ENTRADA ( $\zeta$ )
	ABERTURA PLANA	0.72	0.93
	ABERTURA FLANGEADA	0.82	0.49
	CAMPANA DE MUELA DE PULIDO	0.78	EN LA CAMPANA 0.65
		0.85	EN EL DUCTO 0.40
	ENTRADA DE CAMPANA	0.98	0.04
	ORIFICIO	VER FIGURA 3-1	
	CAMPANA DE TAPADA O CONO	VER FIGURA 3-1	

Fig. 1-26 Factores de pérdidas en la entrada

### 1.3.10.0 RENDIJAS Y PLENOS

Cuando es necesario lograr una velocidad uniforme del aire en una superficie relativamente grande, se suele acudir al empleo de campanas de boca rectangular con una relación ancho/largo pequeña que se denomina rendija. Para un correcto funcionamiento, es imprescindible lograr que la velocidad del aire en ella sea la misma en todos los puntos. Para conseguir ésto, se coloca inmediatamente atrás de la ranura un ensanchamiento llamado pleno (fig. 1.27). La uniformidad en el flujo a lo largo de la rendija depende de:

1- La relación entre las secciones de la rendija y el pleno. La distribución será tanto más uniforme cuanto mayor sea la sección del pleno respecto a la de la rendija. Por necesidades de espacio, la sección del pleno debe ser como mínimo el doble que la de la rendija, y por lo tanto, la velocidad del aire en el pleno, no debe ser superior al 50% que en la rendija.

2- El valor absoluto de la velocidad en la rendija: cuanto mayor sea dicha velocidad, más uniforme será la distribución del flujo, pero dado que la pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad en la rendija, no es económico emplear velocidades muy elevadas, y en la práctica se adoptan velocidades entre 985 y 1,970 fpm (5 y 10 m/s).

### 1.3.10.1 VELOCIDAD FRONTAL vs MOVIMIENTO DE LA MASA DE AIRE.

Las ecuaciones anteriores muestran que la velocidad de captura  $V$ , depende de la corriente de aire total que entra en la campana. Sin embargo, esto con frecuencia no es tomado en cuenta. Una velocidad frontal elevada o, en el caso de una campana con forma de ranura, una gran velocidad en esa ranura, no es el factor importante. La captura de los contaminantes del aire depende de la masa de aire,  $Q$ , que se mueve y no simplemente de la velocidad frontal.

Sin tener en cuenta la velocidad frontal, una fuente de succión tiene una capacidad de alcance muy pobre en una dirección determinada y también una capacidad muy pobre para inducir una corriente de aire, aún a unas pocas pulgadas de la abertura de una campana corriente. Más aún, muy pocas veces un ingeniero de planta tratará de mejorar la extracción de una campana disminuyendo su tamaño para conseguir un aumento de la velocidad de aire a través de la misma. Esto no es acertado, excepto para zonas muy cercanas a la abertura de la campana y a menudo, es perjudicial debido a que el flujo total  $Q$  se reduce por el aumento de resistencia en la campana. El alcance puede ser mejorado solamente mediante el movimiento de una masa de aire mayor.

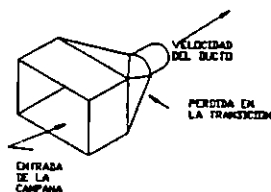


Fig. 1-27a Campana Simple

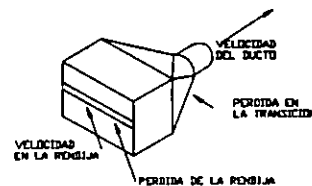


Fig. 1-27b Campana Compuesta



La confusión sobre este punto se origina en la experiencia común, que muestra que el aire puede ser soplado mediante un caño o una manguera hasta distancias considerables. El aire que escapa de una línea a presión puede ser notado a varios pies de distancia. El aire movido por un simple ventilador de escritorio se siente a través del cuarto, una persona puede hacer que el humo de su cigarrillo llegue a unos pies, pero lo inverso no ocurre.

La figura 1.23 muestra que el aire a presión tiene un alcance por "empuje" alrededor de treinta veces mayor que por el "arrastre" en un mismo ventilador o soplador. El aire del lado de mayor presión es impulsado en una dirección bien determinada. En cambio, el que está en el lado de la succión, proviene de todas las direcciones del lado de presión menor.

Algunos ejemplos para ilustrar ésto: un ventilador de hélice no determina ninguna corriente de aire del lado en que lo toma; una persona no puede arrastrar a sus pulmones partículas suspendidas en el aire a varios pies de distancia, en cambio puede fácilmente hacer que se agiten, soplando; un extractor colocado en el techo no tiene ningún poder mágico como para alcanzar y expulsar el aire del espacio que está directamente debajo.

La finalidad de la mayoría de las campanas extractoras es establecer un desplazamiento de aire en el punto o lugar donde se produjo el contaminante, de manera que un porcentaje suficientemente grande del mismo pueda ser arrastrado y captado. Para determinar esta velocidad de desplazamiento y permitir el control buscado, la tabla 1.12 puede servir de guía.

#### 1.3.11.0 DISEÑO DE CAMPANAS PARA OPERACIONES ESPECIFICAS.

Una campana debe ser diseñada y colocada aprovechando cualquier movimiento natural que pueda ser propio del contaminante. Por ejemplo, si se desprende calor, el flujo de las corrientes de convección debe estar dirigido hacia la campana. Si, como ocurre en el esmerilado grueso, se proyectan partículas pesadas, su trayectoria debe estar dirigida hacia la boca de la campana. Pero debe tenerse en cuenta lo siguiente: el polvo atmosférico que tiene significación desde el punto de vista sanitario, es el que está formado por partículas extremadamente pequeñas, de 0.1 a quizá 5 micrómetros de diámetro (un micrómetro es una millonésima parte del metro). T.F Hatch y otros han demostrado que tales partículas, aún si fueran impulsadas altísimas velocidades iniciales, recorren una distancia muy corta en el aire, algo así como unas pocas pulgadas a lo sumo. A diferencia de las astillas o de las partículas grandes, el polvo no puede ser arrastrado por una campana que se encuentra a una distancia considerable.

Para obtener una distribución uniforme de la corriente de aire a través de una campana de gran tamaño, esa corriente debe ser controlada haciendo pasar por una ranura angosta y luego a una

cámara intermedia. La distribución de la corriente a lo largo de la campana está gobernada por la relación de las velocidades en la ranura y en la cámara. Generalmente se aconseja una velocidad en la ranura de 2,000 p/min.

En la sección 10 del ACGIH Industrial Ventilation [A manual of Recommended Practice], se describen los diseños sugeridos para campanas destinadas a muchas operaciones o aplicaciones especiales. Estos diseños que muestran el tamaño o las proporciones de las campanas, se completan con datos sobre las cantidades recomendadas de aire, diámetro de los conductos, velocidades del aire y pérdidas que se producen a la entrada de las campanas. Este manual debería ser empleado para resolver cualquier problema en el diseño de cualquier campana extractora.

#### 1.3.11.1 CAMPANAS SOBREPUESTAS.

Raras veces permiten el control esperado. Hay varias razones para que así sea: la velocidad del aire disminuye muchísimo (en proporción al cuadrado de la distancia) entre la campana y la fuente donde se origina el contaminante, se requiere un mayor volumen de aire para lograr el control, el efecto puede perderse debido a corrientes cruzadas en el ambiente y por último frecuentemente este tipo de campana obliga al operario a trabajar debajo de ella, es decir, entre el punto de producción del contaminante y la boca de extracción.

Esta clase de campanas da mejores resultados cuando las corrientes térmicas, causadas por el aire caliente al elevarse, orientan al contaminante hacia el sistema de extracción. Cuando éste no es vigoroso, se puede conseguir a veces y dentro de ciertos límites, una distribución bastante uniforme del flujo de aire mediante la colocación de tabiques centrales para formar una cámara (plenum) en la parte superior de la campana. Pero esta no es la solución segura cuando el operador trabaja debajo de la boca de extracción.

La cantidad de aire requerida por una campana sobrepuesta colocada encima de un tabique puede calcularse aproximadamente mediante la ecuación:

$$Q = 1,4 \times 2 (L + W) HV$$

donde:

- Q = caudal del aire (p<sup>3</sup> /min)
- L = longitud del tanque (p)
- W = ancho del tanque (p)
- H = altura de la campana sobre el tanque (p)
- V = velocidad de control deseada (p/min)

V varía entre 100 y 500 p/min, dependiendo de las corrientes cruzadas.

Las campanas sobrepuestas pueden ser mejoradas mediante una separación o pared vertical colocada a uno o más lados y desde la fuente a la campana. Si el tanque puede ser cerrado de manera que sólo uno de los lados mayores quede abierto y la campana quede situada encima de la superficie, el aire que se requiere para lograr la misma velocidad de control resultará reducido en dos tercios. Tampoco aquí el operario deberá trabajar debajo de la campana.

Esta reducción en la cantidad de aire muestra claramente la conveniencia de procurar campanas que circunscriban parcial o completamente el proceso. aún cuando tales campanas se construyan con puertas deslizables o rebatibles para poder tener acceso al tanque u otra clase de equipo, el aislamiento de la fuente de contaminante es esencial.

Las campanas colocadas en la parte superior aprovechan los movimientos térmicos del aire y las nieblas de los tanques calientes (la mayoría de las nieblas de los tanques están calientes), pero no deben ser usadas si el operador debe inclinarse sobre su superficie o si las sustancias desprendidas son tóxicas. Si puede emplearse una campana ubicada encima del proceso la solución más lógica es una campana lateral que se superponga sobre el tanque tanto como sea posible.

#### 1.3.11.2 CAMPANA EXTRACTORA LATERAL.

Se emplea cuando es necesario tener un libre acceso a la parte superior del tanque, como ocurre en galvanoplastia.

Con tanques de hasta  $2.6 p$  de ancho se puede lograr un buen control mediante la extracción por una ranura situada sobre uno de los lados mayores. En el caso de tanques más anchos deben instalarse dos ranuras de extracción una a cada lado. La corriente total de aire está dada por la fórmula:

$$Q = CLW$$

donde:

$Q$  = caudal de aire ( $p^3/\text{min}$ )

$C$  = velocidad de ventilación que varía de 6 a  $60 p^3 / \text{min}$  por  $p^2$  de superficie de tanque. Lo más usual es de 18 a  $30 p/\text{min}$ .

$C$  =  $p^3/\text{min}$   $p^2$

$L$  = largo del tanque ( $p$ )

$W$  = ancho del tanque ( $p$ )

Cada ranura deberá aspirar  $Q/2$ . Como la velocidad del aire decrece rápidamente a medida que aumenta la distancia a la ranura, la extracción lateral no debe emplearse cuando el tanque tenga más de  $4 p$  de ancho.

La velocidad de control deseada sobre un tanque ancho puede a veces lograrse por medio de un sistema que sopla aire de un lado y una campana que aspira del otro. Un chorro de aire a presión puede confinarse en un ángulo más pequeño que el que puede lograrse con una campana de succión. De esta manera, es posible solucionar el problema de un tanque más ancho. Los chorros arrastran el material que se desprende de la superficie del tanque y lo conducirán hacia la campana.

Los chorros de aire deben ser empleados con gran precaución, porque son capaces de diseminar el contaminante por todo el ambiente de trabajo. Por ejemplo si el chorro es suficientemente fuerte, puede llegar a ser desviado por la superficie y de esta manera diseminar la contaminación. Las campanas de extracción lateral tiene que tener el tamaño apropiado y extraer el aire necesario. Además el chorro de aire debe ser dirigido para que el contaminante sea tomado por la campana.

#### 1.3.12.0 PARTICIPACION DEL OPERARIO. (Y)

Finalmente, hay que agregar que una campana no debería interferir con el trabajo del operario. La instalación de la misma ha sido hecha para ayudarlo y no para obstaculizar su labor. Si el trabajador encuentra que la campana le molesta en su operación, es posible que quite parte de la misma o lo haga por completo.

Es necesario analizar el trabajo minuciosamente y de antemano estudiar los movimientos del operario y aún considerar cambios en el proceso. Siempre que fuera posible, debe consultarse a la persona que ejecuta el trabajo y solicitar su opinión. Puede ser prudente explicar exactamente en qué forma la beneficiará la campana proyectada. Esto es importante para el aprovechamiento óptimo de la misma.

Una vez que la campana se ha instalado, el trabajador debe usarla integralmente, no debe colocar ventiladores que puedan interferir con la efectividad de la extracción ni realizar ajustes en el sistema de extracción. Además debe avisar a su supervisor cuando detecte alguna falla en la extracción del contaminante.

La eliminación de focos con movimiento de aire exterior es un factor importante para asegurar un control eficiente sin necesidad de grandes cantidades de flujo de aire y el costo que esta asociado con él. Para el movimiento de aire se debe tener presente:

- Corrientes de aire térmicas, especialmente de procesos calientes u operaciones generadoras de calor.
- Movimiento de máquinas, como una rueda de esmerilado, faja transportadora, etc.
- Movimiento de material, como un vaciado o llenado.

- Movimiento del operario.
- Corrientes de aire en el local, las cuales pueden ser de 50 p/m (0.25 m/s) como mínimo y pueden ser mayores.

El desarrollo total de un cálculo de este tipo es engorroso, por lo que se ha desarrollado una amplia bibliografía para campanas, adaptadas a un gran número de operaciones industriales específicas.

Pero no para todos los casos existe bibliografía de un diseño adecuado. En tal caso, deben desarrollarse.

La forma de la campana, su tamaño, localización y rango de flujo de aire son importantes en las consideraciones de diseño.

El objetivo primordial para diseñar, será el conseguir una velocidad de aire adecuada en ciertos puntos del espacio. Para un correcto diseño, una campana se realiza en las siguientes fases:

- 1- Diseño geométrico
- 2- Cálculo del caudal
- 3- Cálculo de la pérdida de carga en la campana.

#### 1.4.0.0 CONDUCTOS. (S)

Una vez que el aire contaminado ha sido arrastrado dentro de la campana, los conductos se encargan de llevarlo a un purificador o al exterior. Cuando ese aire pasa por cualquier conducto o cañería, debe vencerse la resistencia originada por la fricción y tiene que ser calculada antes que el sistema esté instalado, de manera que puedan adquirirse el motor y el extractor más convenientes.

Se han publicado varias bibliografías excelentes sobre este tema, que evitan la improvisación en el diseño de los conductos.

Algunos comentarios generales sobre el dimensionamiento de los conductos, ayudará al profesional de prevención de accidentes en la evaluación de los méritos de un sistema dado.

Un buen punto de partida para el diseño de un sistema de extracción local es la determinación del volumen de aire por minuto, que debe extraerse por una cada campana para controlar el contaminante producido por el ambiente de trabajo. Sobre la base de ese dato, un cuidadoso diseño del conducto permitirá lograr los objetivos siguientes.

- Conseguir el mínimo consumo de fuerza motriz;

- Mantener la velocidad de transporte necesaria para que el contaminante, si es un polvo o un humo, no se deposite y tape el conducto; y

- Mantener el sistema "balanceado" en todo momento.

#### 1.4.1.0 DEFINICIONES BASICAS.

El movimiento de un fluido se llama flujo y se puede clasificar en flujo laminar y flujo turbulento.

En el flujo laminar, las partículas de fluido se mueven a lo largo de trayectorias uniformes y definidas.

El flujo turbulento (fig. 1.28) es el más común en Ingeniería y es el único que existe en los conductos de ventilación, las partículas se mueven siguiendo trayectorias muy irregulares, y se forman torbellinos que aparecen y se distribuyen de forma continua. La velocidad en cada punto del fluido no es constante como ocurre en el flujo laminar, sino que varía aleatoriamente con el tiempo, oscilando alrededor de su valor medio.

El tipo de flujo existente se deduce del valor de número de Reynolds, el cual se define como:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Donde:  $\rho$  = Densidad.  
 V = Velocidad fluido.  
 D = Diámetro conducto.  
 $\mu$  = Viscosidad.

Cuando  $Re < 2100$  el flujo es laminar.  
 $Re > 4000$  el flujo es turbulento.

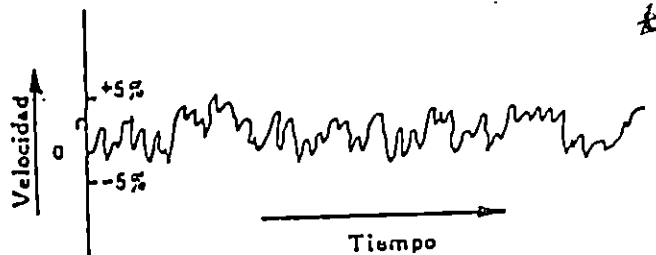


Fig. 1-28 Fluctuaciones de velocidad en el flujo turbulento. El origen del eje de coordenadas corresponde al valor medio de la velocidad

1.4.2.0 ECUACIONES FUNDAMENTALES.

Las ecuaciones fundamentales se obtienen por aplicación de los principios básicos de la mecánica.

1.4.2.1 ECUACION DE CONTINUIDAD.

Se basa en el principio de la conservación de la masa del fluido que circule por un fluido (fig. 1.29)

$$\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2 \quad (1.31)$$

Donde:  
 $\rho$  = Densidades.  
 $V$  = Velocidades medias.  
 $S$  = Secciones del conducto.

condiciones normales  $V_1 S_1 = V_2 S_2$ , por lo que el caudal de aire a lo largo de una conducción puede considerarse constante:

Si:  $V_1 S_1 = V_2 S_2 \quad (1.32)$

$$Q_1 = Q_2$$

Se considera invariable la densidad del aire, dado por las variaciones de presión que sufre el aire raramente superan 0.1 atmosferas, lo que representa una variación máxima del 10% y puesto que la densidad es proporcional a la presión, la variación de la densidad será menor al 10% que puede despreciarse sin grandes errores.

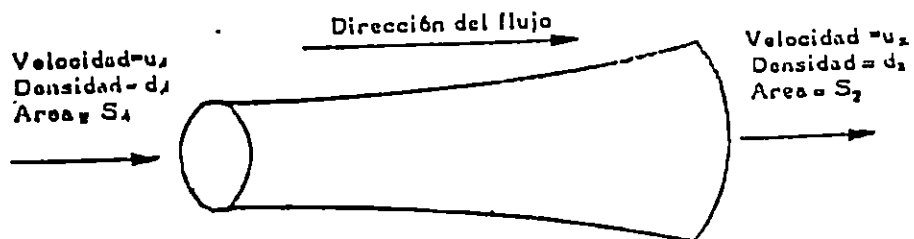


Fig. 1-29. Principio de Continuidad

1.4.2.2 ECUACION DE BERNOULLI.

Se obtiene por la aplicación, al movimiento del fluido de la segunda ley de Newton, con ciertas hipótesis, como que se trata de fluidos incomprensibles y sin razonamiento interno, que imponiendo el régimen turbulento se obtiene la siguiente expresión:

$$g h + P + \frac{V^2}{2 g} = \text{cte.} \quad (1.33)$$

donde: g = gravedad.

h = altura.

P = presión manométrica.

Cada término de la expresión anterior, tiene dimensiones de energía por unidad de volumen, por lo que dicha expresión expresa el principio de conservación de la energía del fluido, sin rozamiento interno, o bien, la energía del fluido, en ausencia de trabajo externo y de rozamiento, es constante a lo largo de la conducción. Entre gases .g.h. puede despreciarse.

$$P_e + \frac{V^2}{g} = \text{cte} \quad (1.34)$$

donde :

$P_e$  : presión estática.

$V^2 / g$  : presión dinámica.

La suma de ambas es la presión total.

Los valores de las tres presiones se dan tomando como referencia la presión atmosférica (fig.1.30).

Dado que todos los fluidos reales poseen rozamiento interno, la ecuación de Bernoulli se aplica añadiéndole un término adicional, que tiene en cuenta la pérdida de energía mecánica.

$$P_1 + \frac{V_1^2}{2 g} = P_2 + \frac{V_2^2}{2 g} \quad (1.35)$$

Estas pérdidas representan una disminución de la presión total que se va produciendo a lo largo de la conducción, esta disminución se denomina pérdida de carga, y es una medida de la energía pérdida por rozamiento.

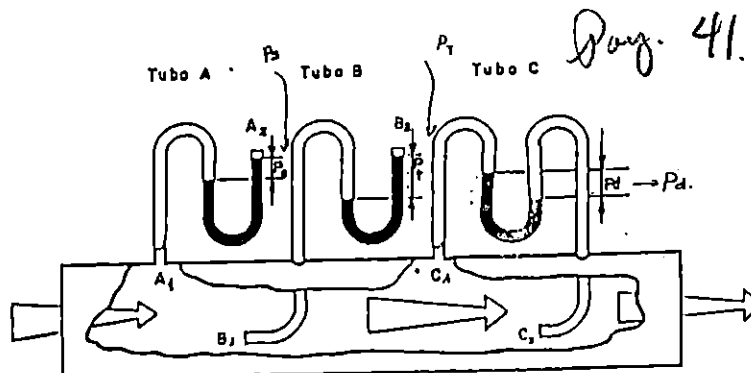


Fig. 1-30  
 Medida de las presiones  
 estática, dinámica y total



1.4.3.0 PERDIDA EN DUCTOS.

1.4.3.1 TUBERIAS RECTAS.

La pérdida de carga en tramos rectos de tuberías con régimen turbulento, se calcula mediante la ecuación de Darcy-Weis-Bach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{Pv^2}{2g} \quad (1.36)$$

donde

hf: pérdida de carga por unidad de volumen en mm c.a.  
 L : longitud tubería  
 D : diámetro.

El coeficiente f es una magnitud sin dimensiones, que depende de la velocidad, del diámetro, de la densidad, de la viscosidad, y de ciertas características de la rugosidad de la pared.

La experiencia y el análisis dimensional han mostrado que f puede considerarse con una aproximación aceptable como función del número de Reynolds, y de la rugosidad relativa E/D. Esta función se ve en la figura 1.31.

En ventilación, donde la rugosidad varía poco, es usual la utilización de unos gráficos en los que, en función de la velocidad y el diámetro del conducto, se lee directamente el valor de la pérdida de carga por unidad de longitud del mismo. (ver figs. 1.32 y 1.33).

En ventilación, se expresa la pérdida de carga en pulgadas de columna de agua. Para conductos de sección rectangular, los cálculos se efectúan con el diámetro equivalente obtenido de la fig. 1.34.

1.4.3.2 PUNTOS SINGULARES.

Se denomina punto singular de una conducción a cualquier zona de la misma que no sea recta o de sección constante.

La pérdida de carga en estos puntos se denomina experimentalmente, y los resultados se presentan de dos formas. La primera forma constante en expresar la pérdida de carga producida por el punto singular como la longitud de tubería recta que daría lugar a una pérdida de carga idéntica, se denomina longitud de tubería recta equivalente.

La segunda forma, consiste en expresar la pérdida de carga de un punto singular en función de la presión dinámica del fluido

que circula por el mismo, estableciendo unos coeficientes de proporcionalidad (n).

En las figs. 1.35-1.36, se listan valores de accesorios en términos de longitud de tubería recta equivalente.

En las figs. 1.37-1.48, se muestran gráficas con valores característicos n, para cada accesorio de conducción.

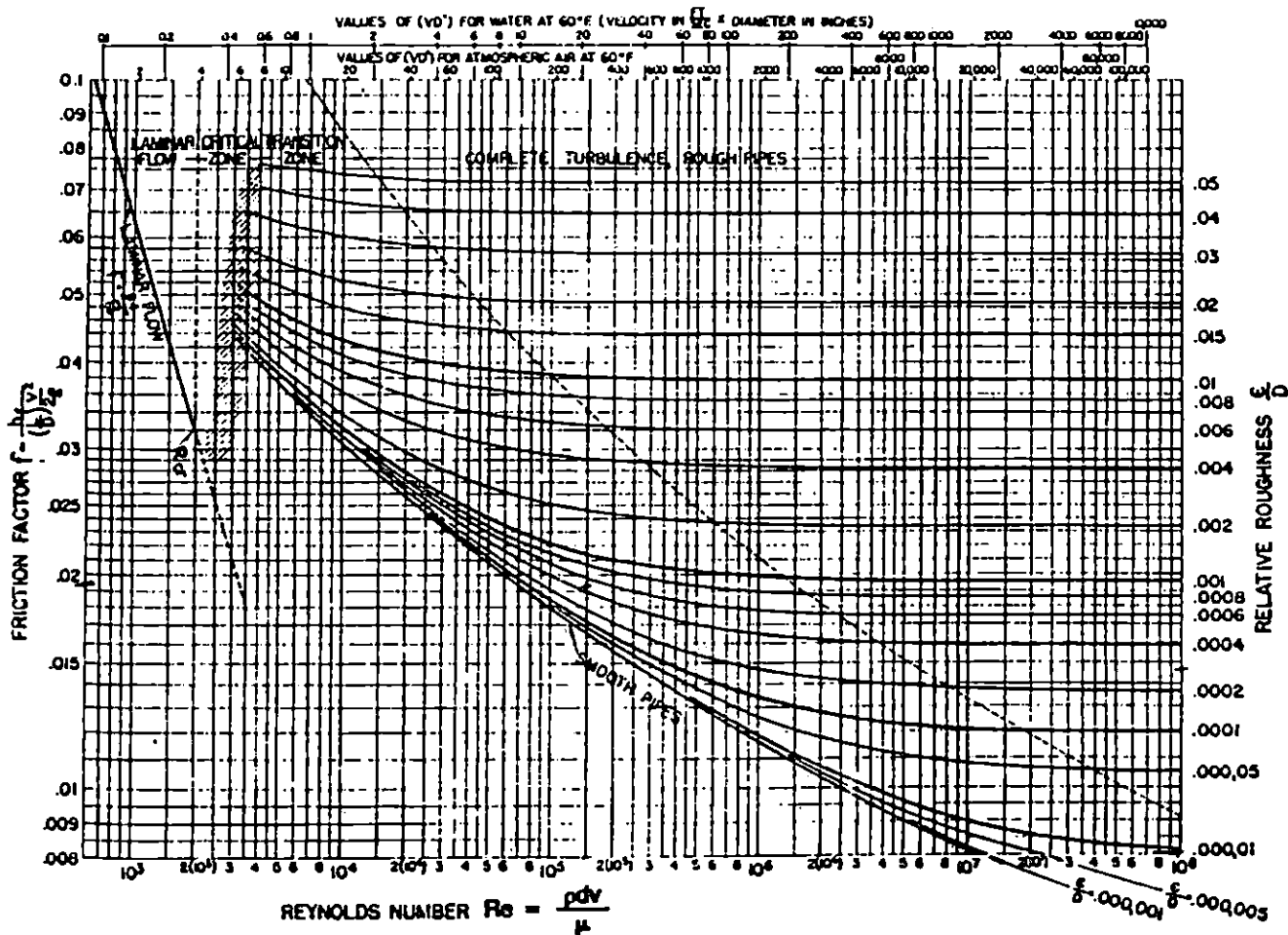
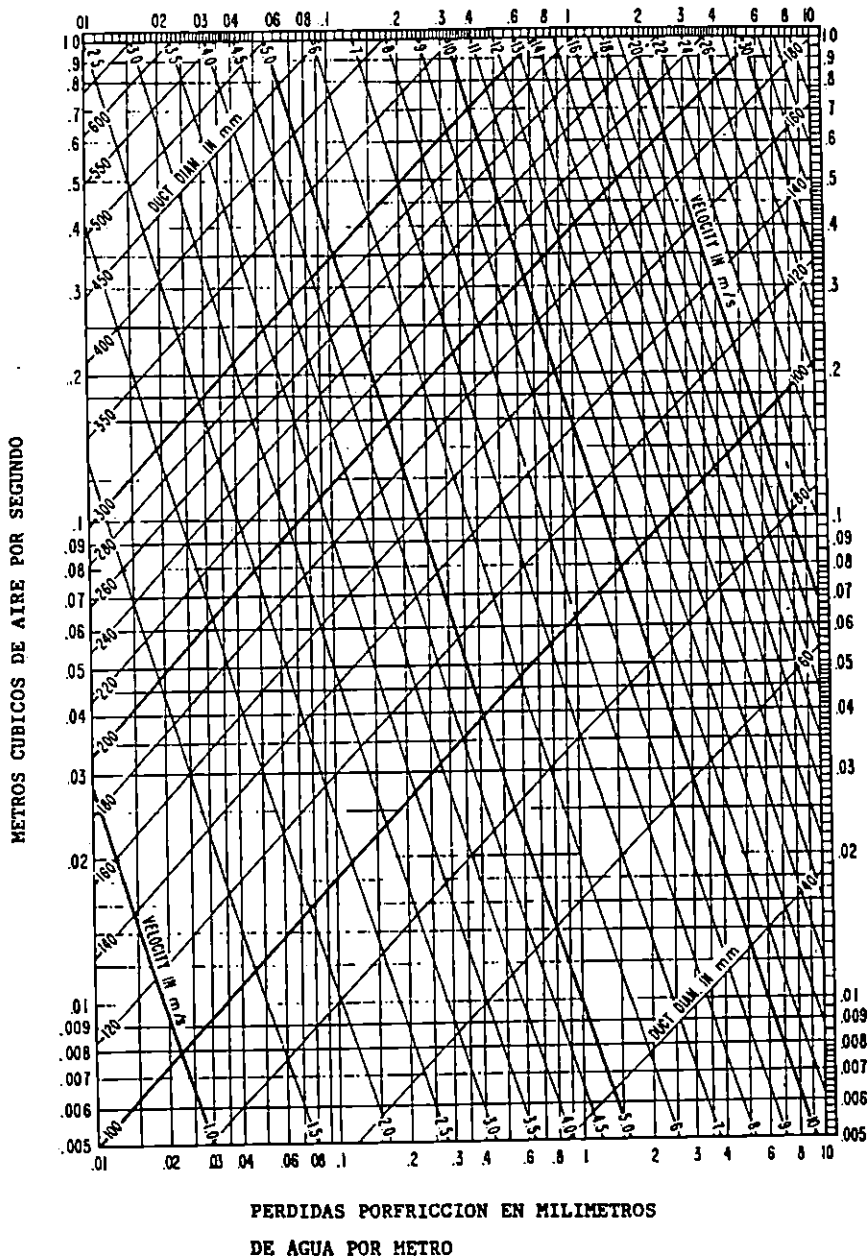


Fig. 1-31 Diagrama de MOODY

42  
 p...  
 pendiente



*42*

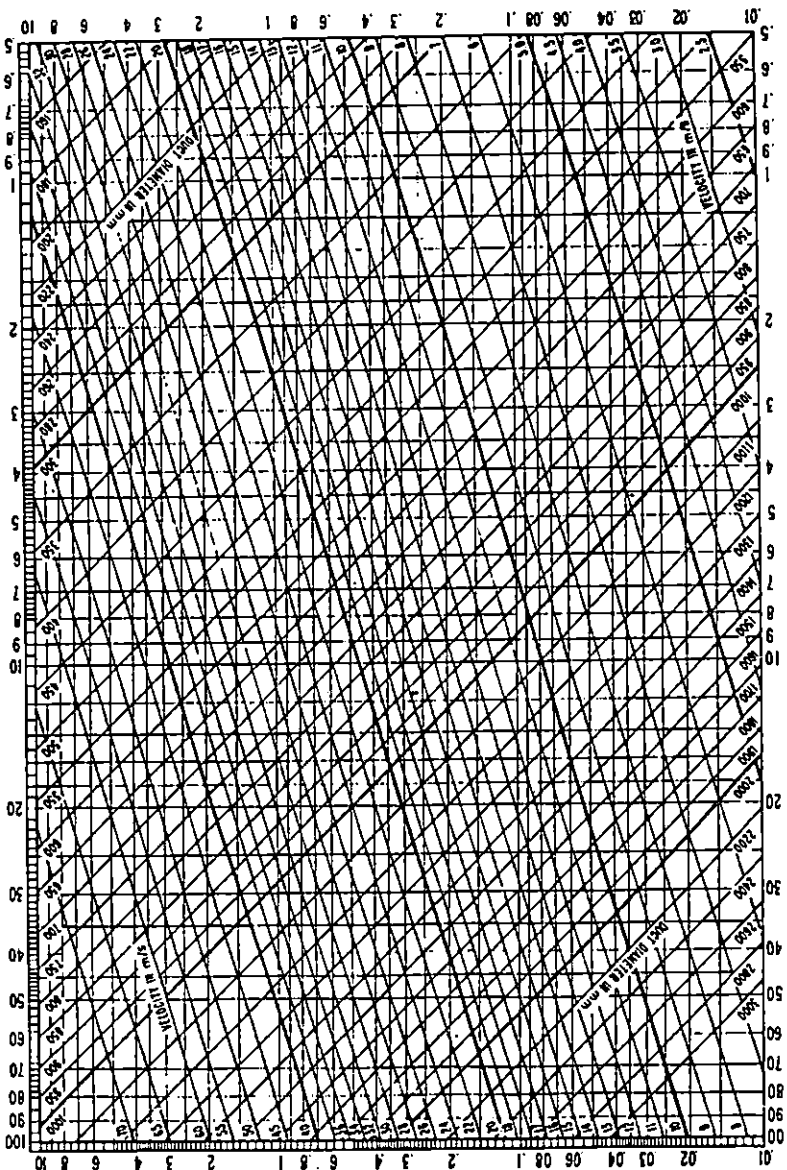
Fig. 1-32

Pérdida de carga en conductos rectos  
(Caudales Bajos)

Fig. 1-33  
 Pérdida de carga en conductos rectos  
 (Caudales Altos)

*Handwritten signature*

PERDIDAS POR FRICTION EN MILIMETROS  
 DE AGUA POR METRO



METROS CUBICOS DE AIRE POR SEGUNDO

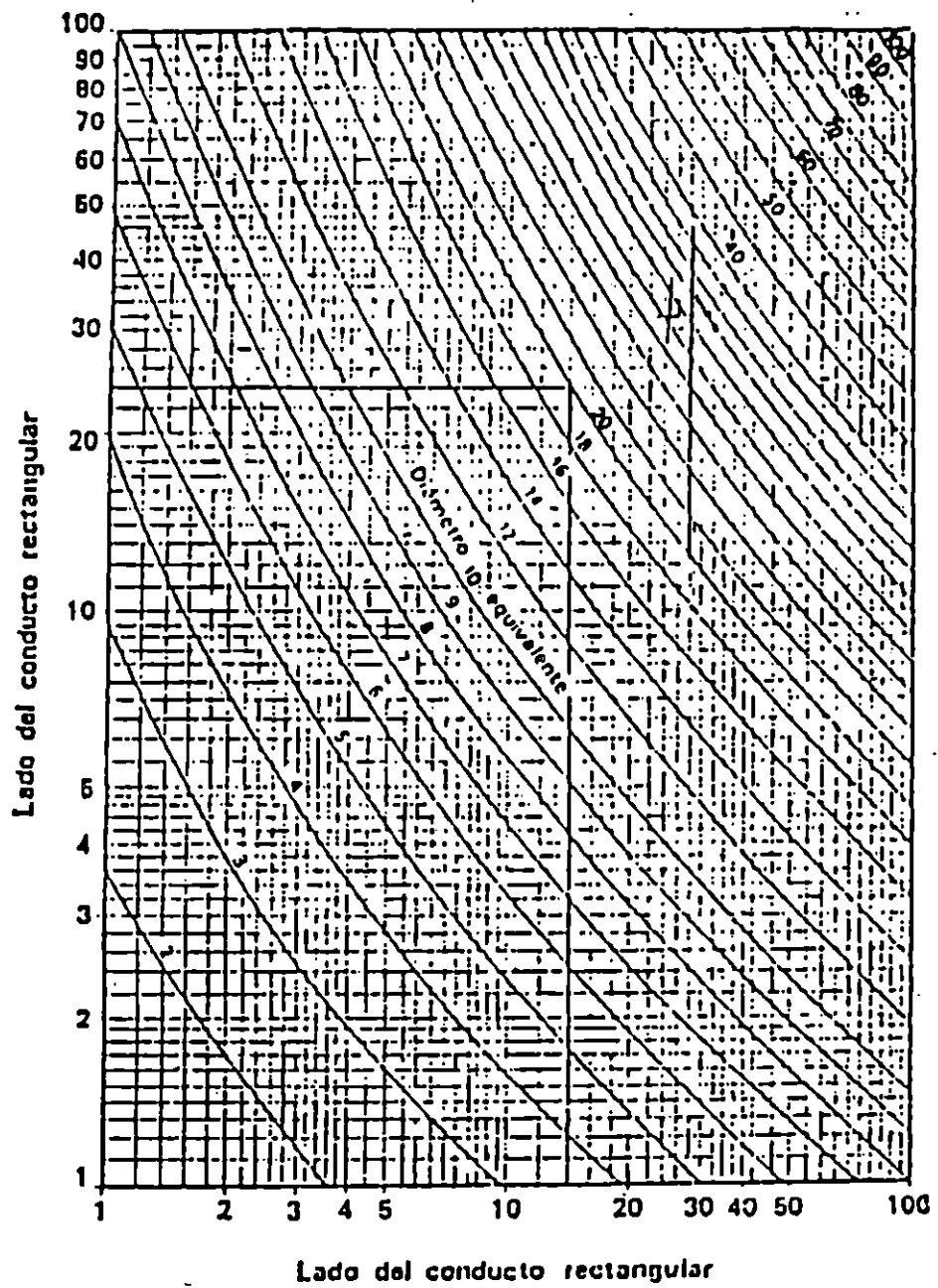


Fig. 1-34 Equivalencia entre conductos  
circulares y rectangulares  
para igual fricción y capacidad

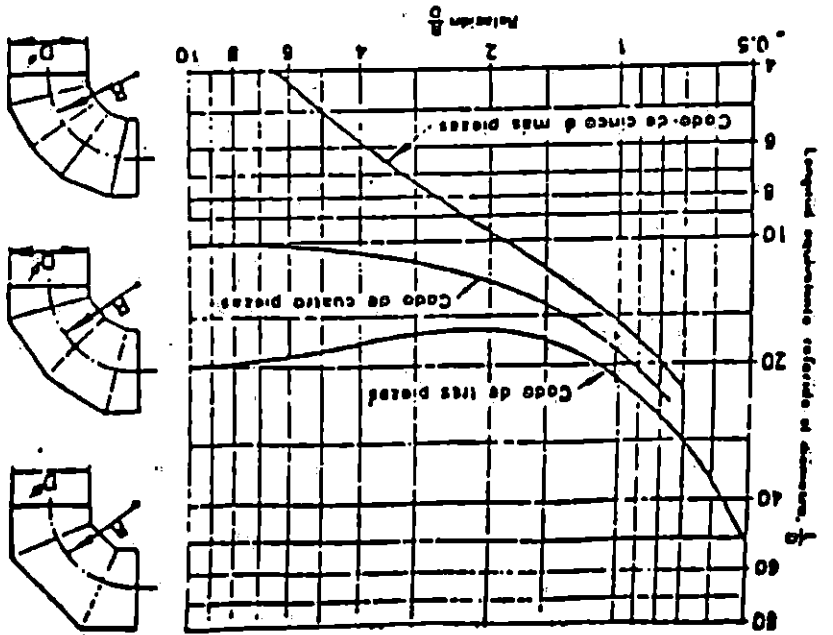


Fig. 1-35 Longitud equivalente de codos de sección circular

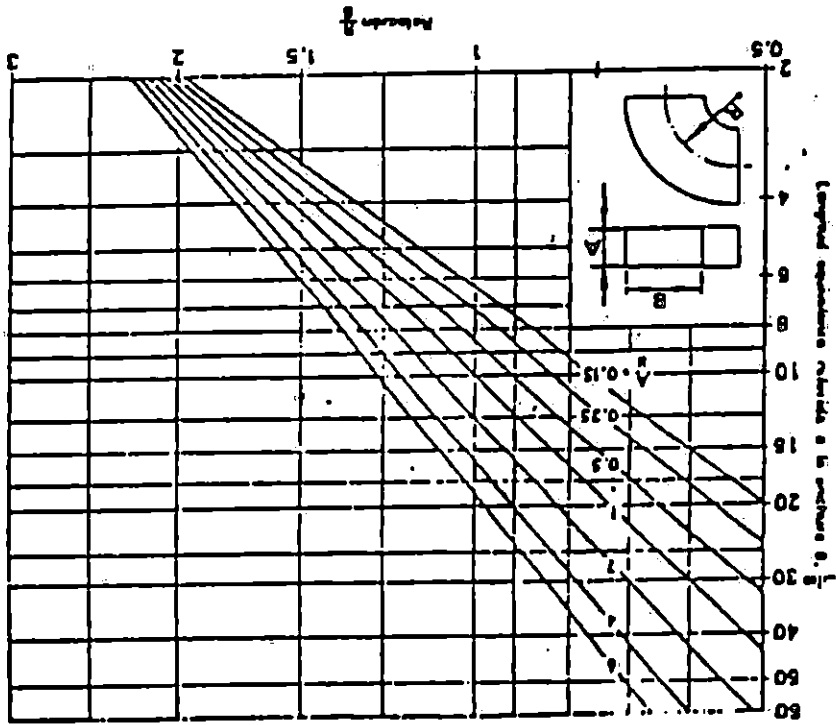
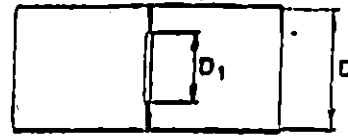
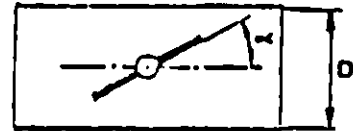


Fig. 1-36 Longitud equivalente de codos de sección rectangular

Coeficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire en  $D$



DIAFRAGMAS



REGISTROS

$D_1/D$	0,2	0,4	0,6	0,8
$n$	2,5	2,2	1,5	0,5

$\alpha$	5°	10°	20°	30°	35°
$n$	0,25	0,5	1,6	3,9	5,5

Fig. 1-37 Pérdida de carga en diafragmas y registros

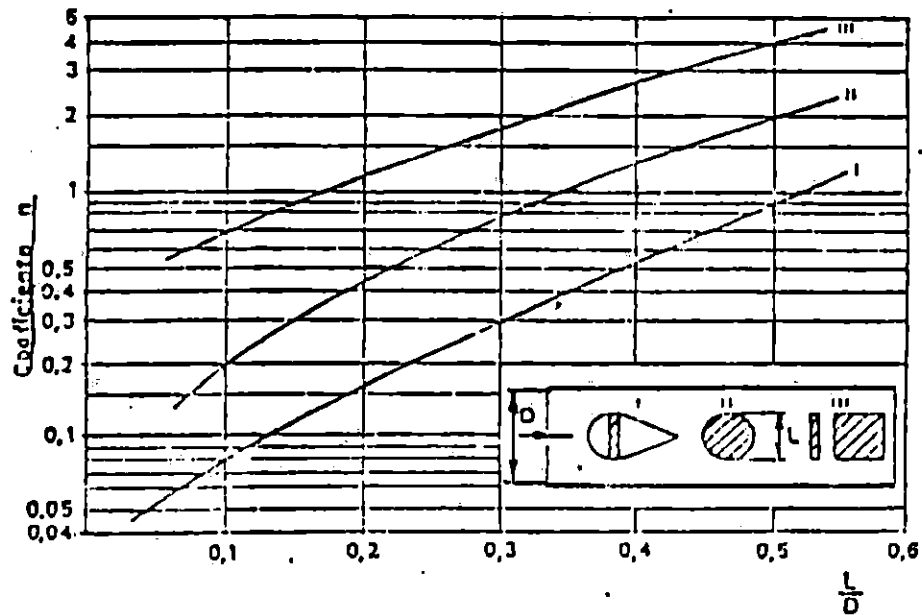
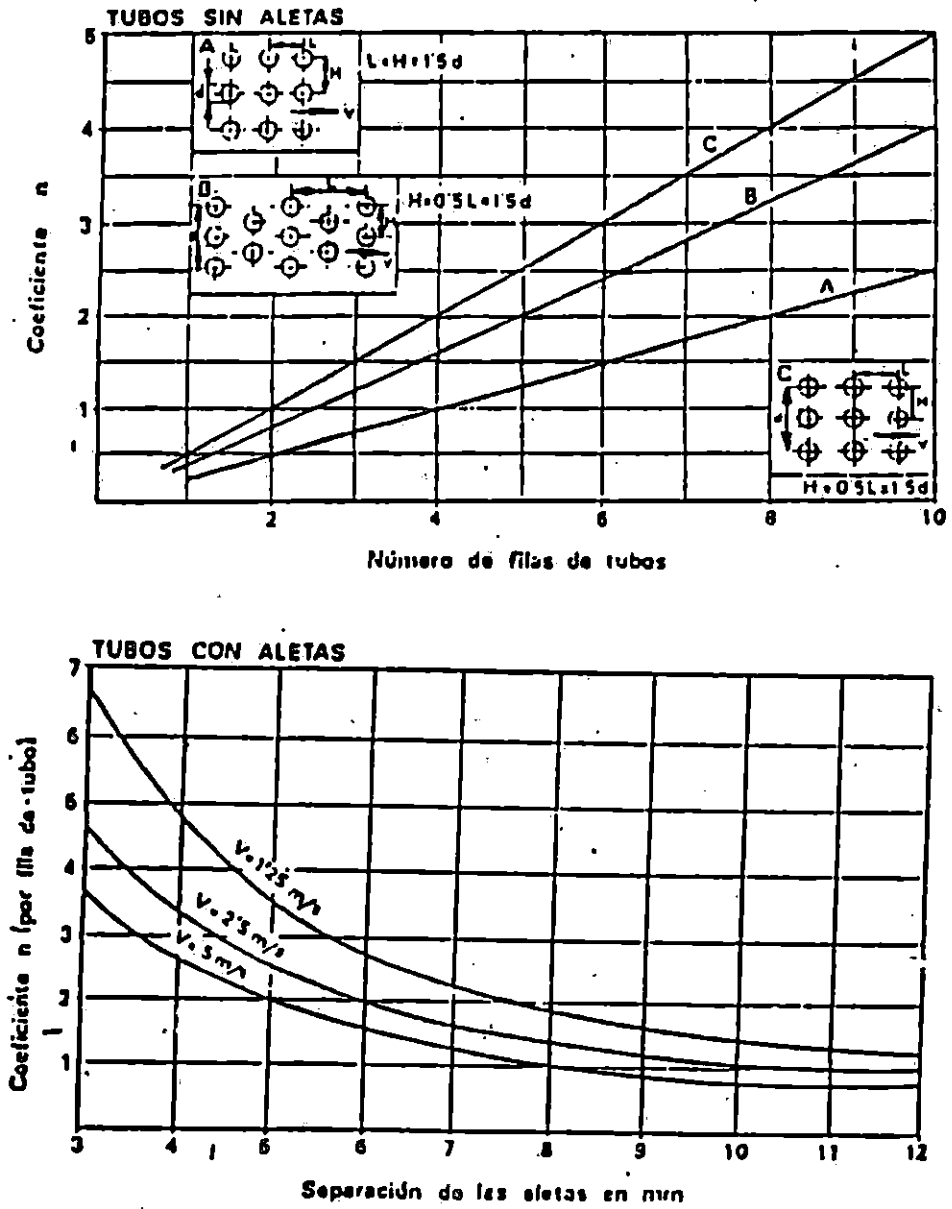


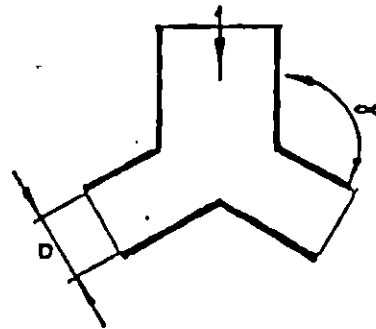
Fig. 1-38 Pérdida de carga producida por cuerpos atravesados en el conducto

Coefficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad frontal media

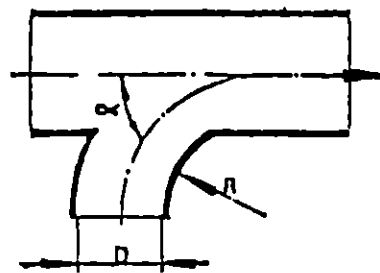




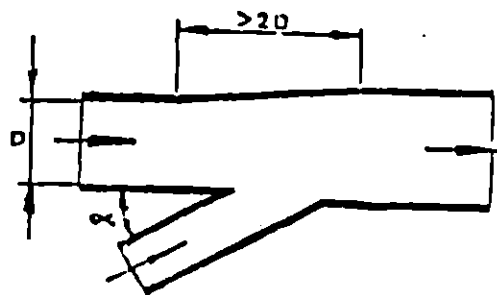
Coefficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire en  $D$



	$\alpha$	90°	100°	120°	140°	160°
Rectangular	$n =$	1.5	1.3	1	0.5	0.15
Circular	$n =$	1	0.8	0.7	0.35	0.09



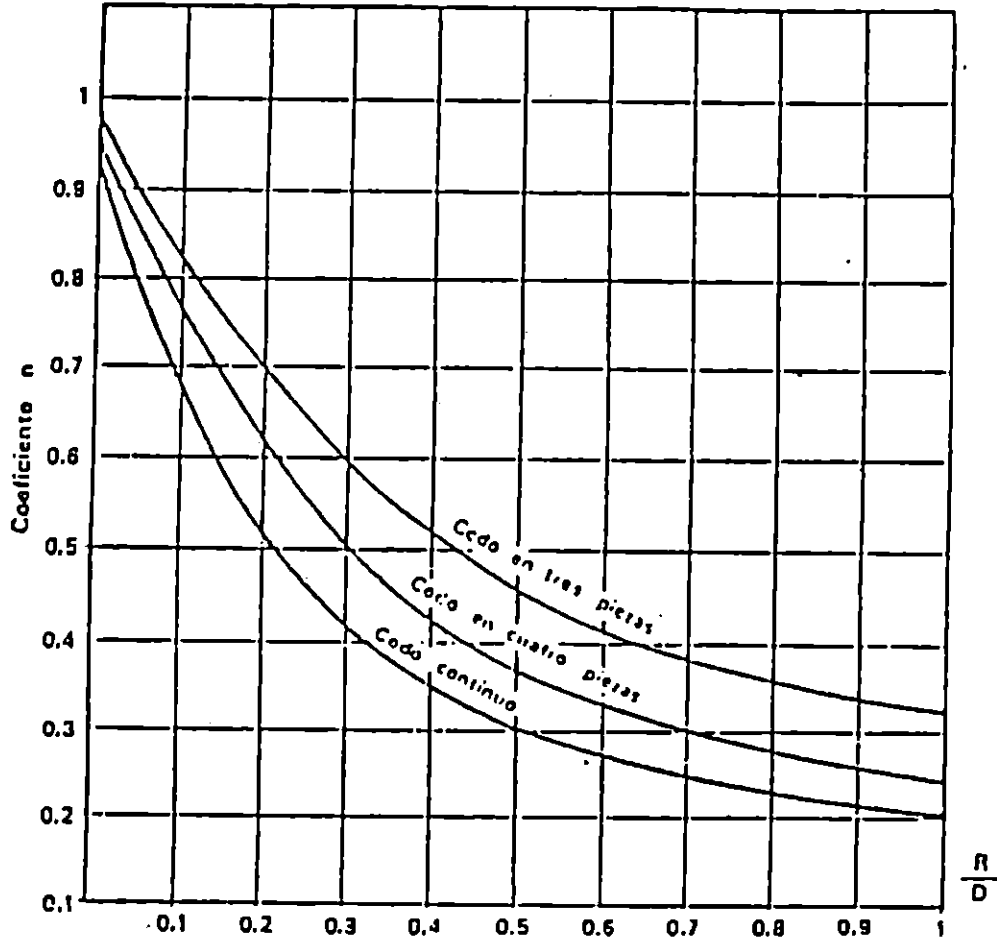
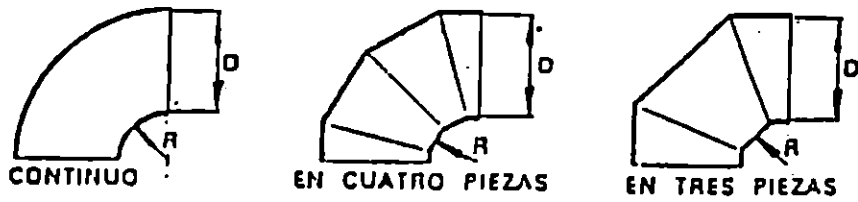
	$R/D$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$\alpha = 90^\circ$	$n =$	1	0.6	0.35	0.25	0.22	0.2
$\alpha = 45^\circ$	$n =$	0.6	0.4	0.25	0.18	0.16	0.16



Angulo $\alpha$	Coefficiente $n$
10°	0.06
15°	0.09
20°	0.12
25°	0.15
30°	0.18
35°	0.21
40°	0.25
45°	0.28
50°	0.32
60°	0.44
90°	1

Fig. 1-40 Pérdida de carga producida en uniones de conducto

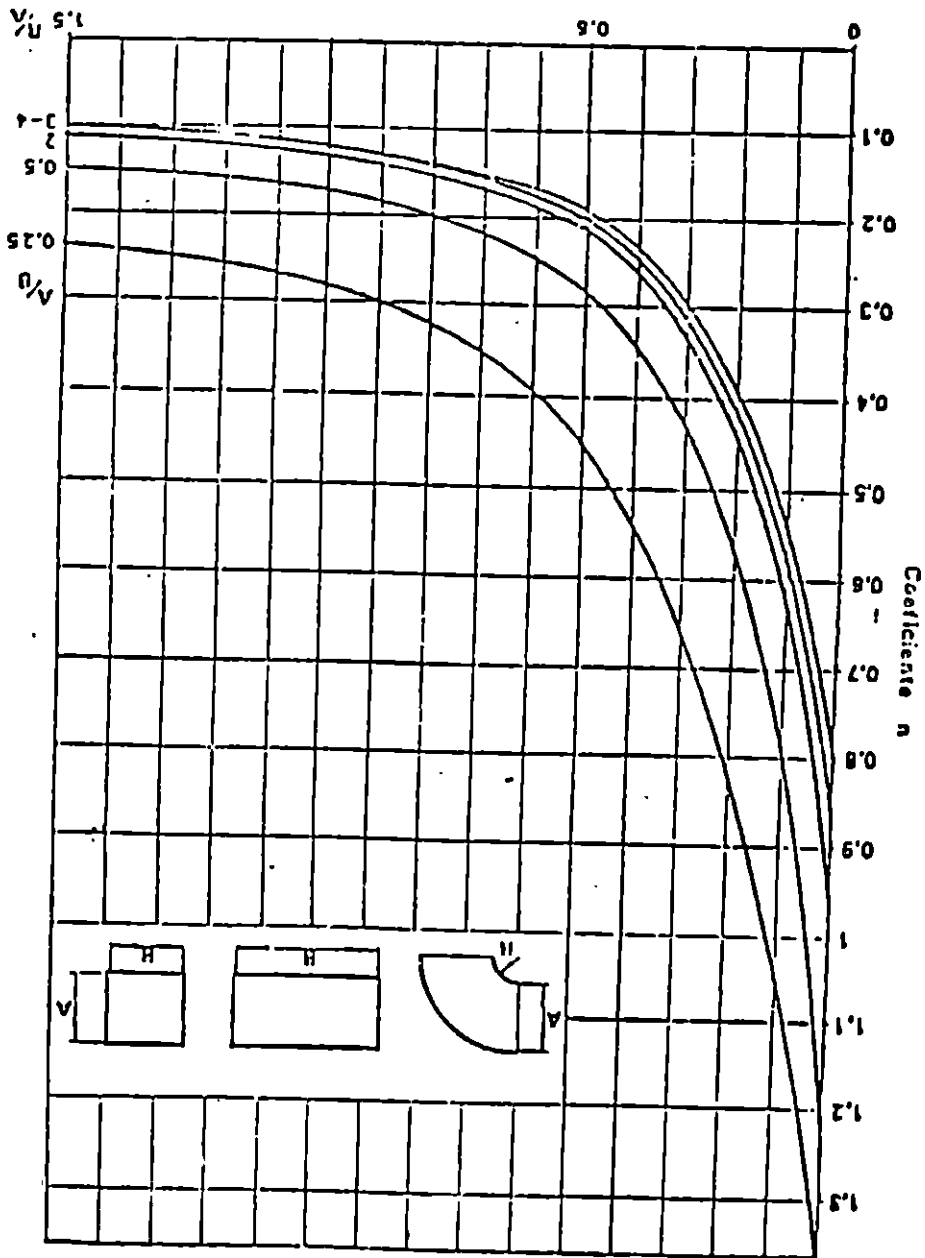
Coefficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire en  $D$



Factores correctivos para multiplicar los coeficientes del gráfico anterior para el caso de ángulos diferentes de  $90^\circ$

Angulo	0	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
Factor correctivo	0	0.20	0.38	0.50	0.62	0.73	0.81	0.89	0.95	1	1.04	1.09	1.12

Fig. 1-41 Pérdida de carga producida en codos de sección circular



Coeficientes  $n$  de pérdidas de carga referidos a la velocidad de aire  $D$

Fig. 1-42 pérdida de carga producida en codos de sección rectangular

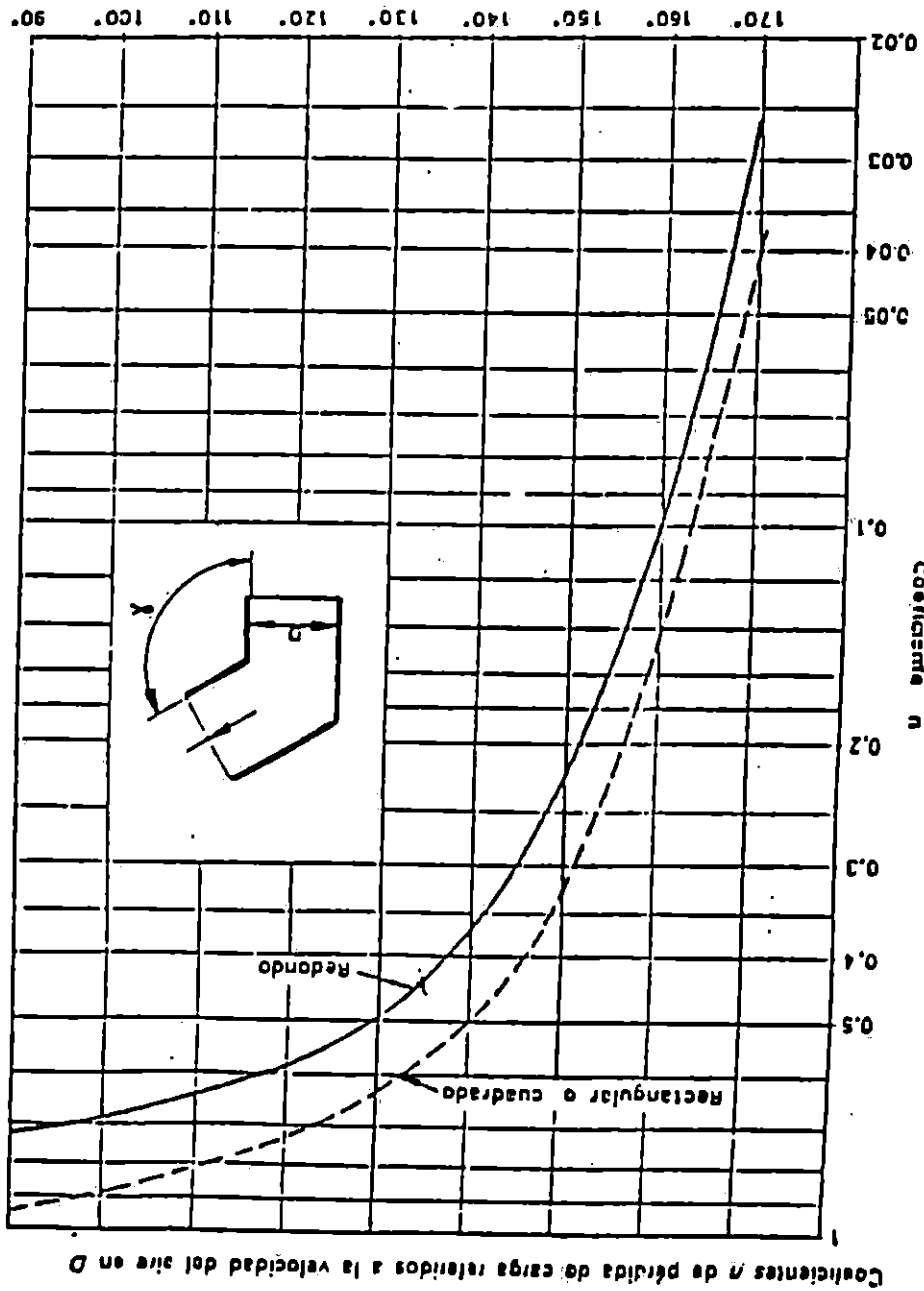
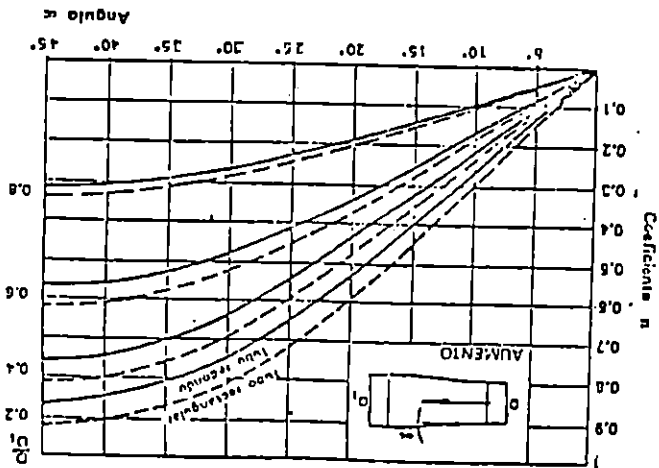
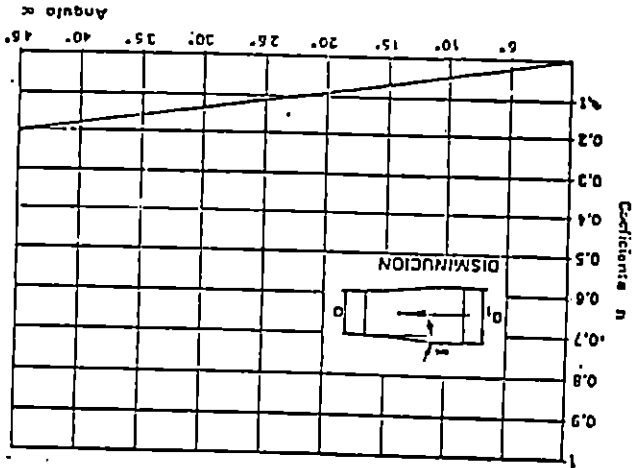


Fig. 1-43 Pérdida de carga  
producida en codos  
en ángulo obtuso

Fig. 1-44 Pérdida de carga  
 producida en cambios  
 graduales de sección



Coefficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire en  $D$

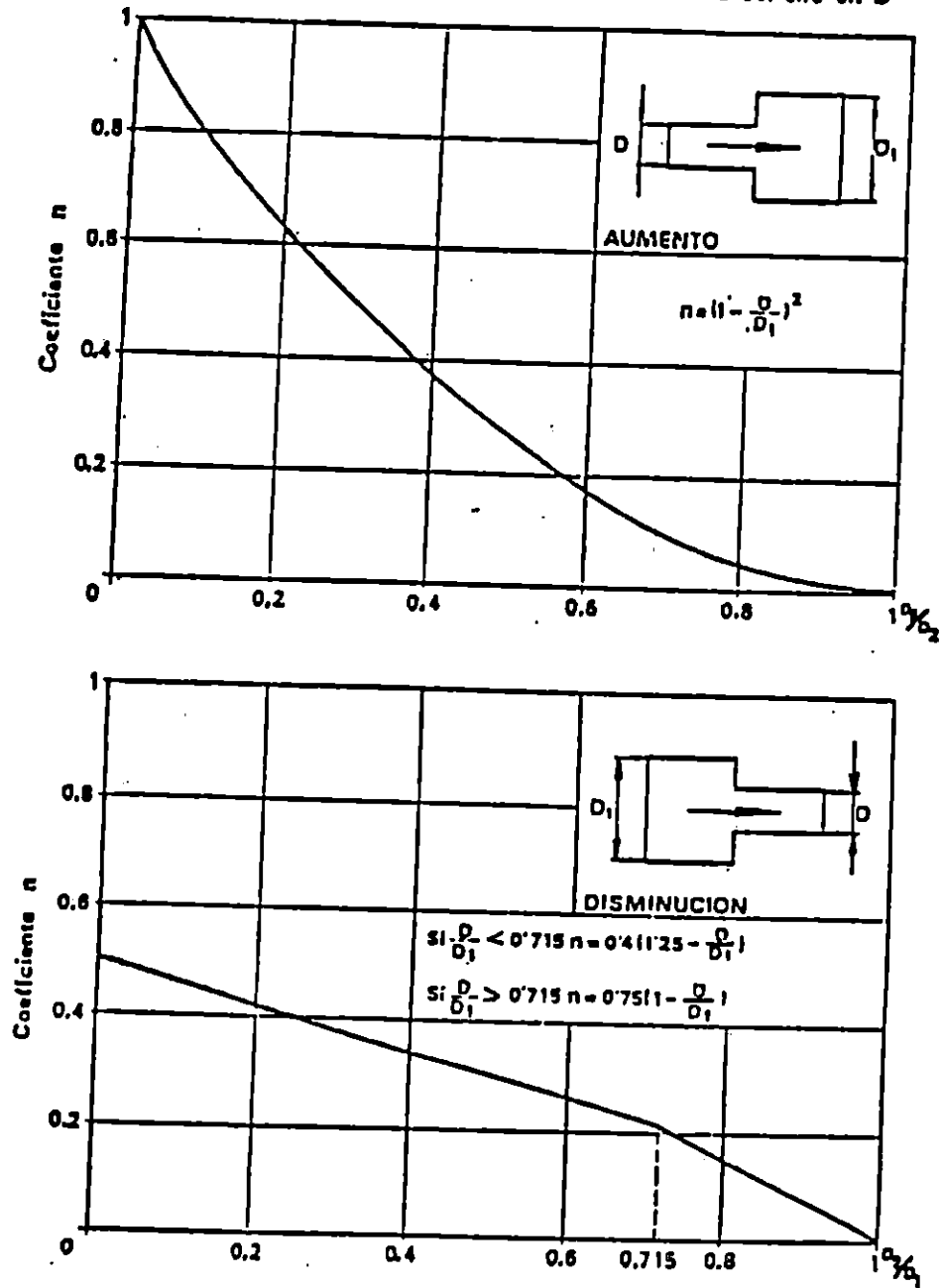
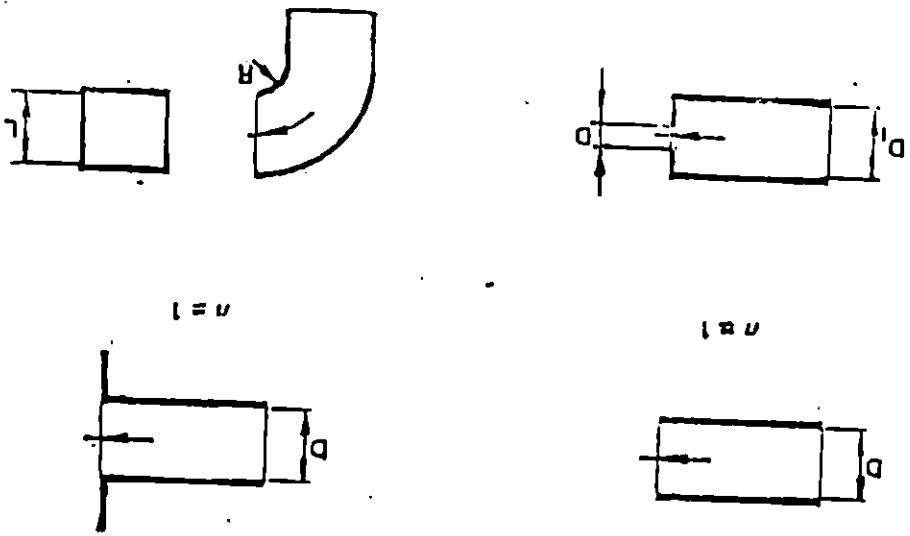


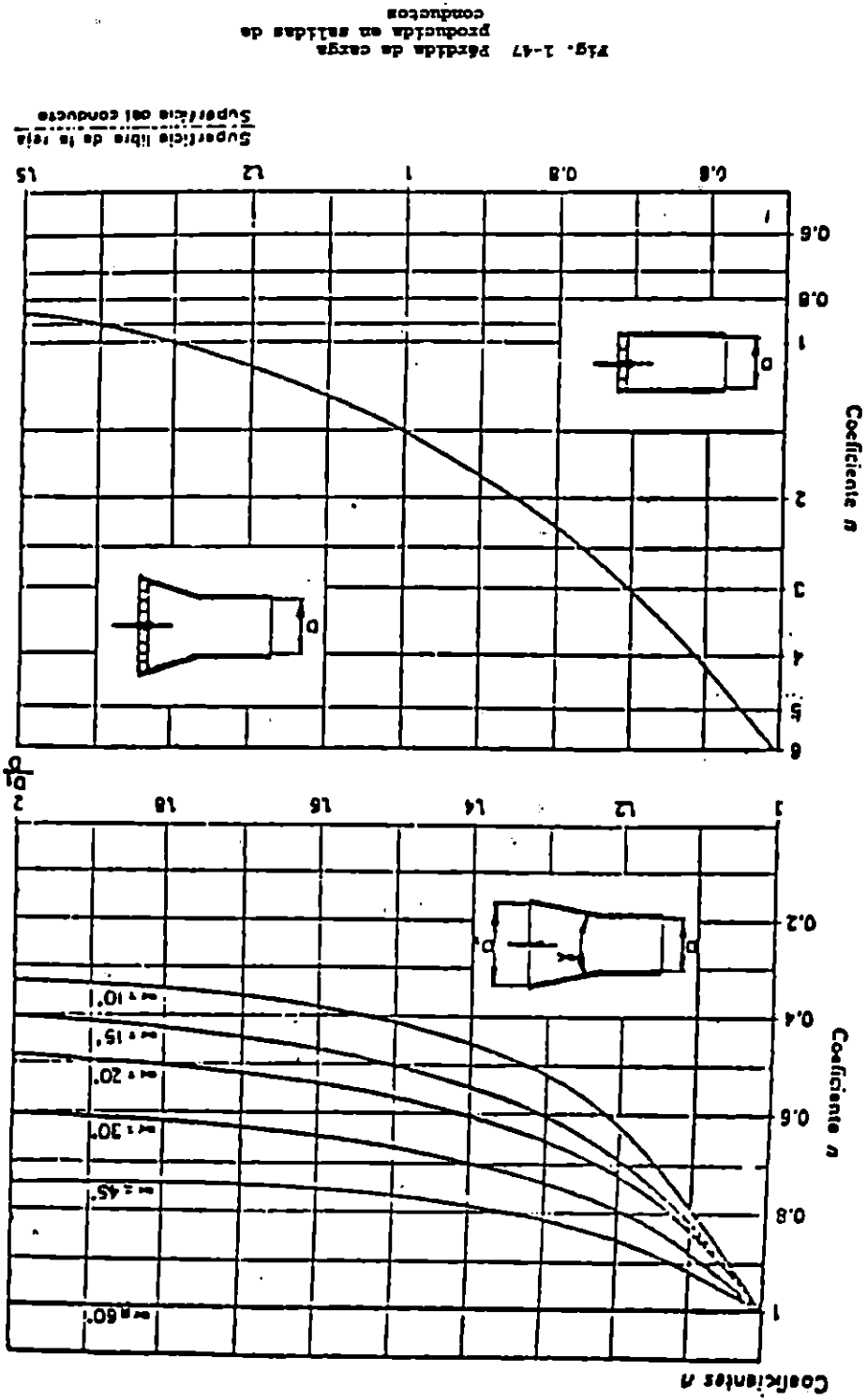
Fig. 1-45 Pérdida de carga producida en cambios bruscos de sección

Coeficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire  $D$



$n$	2.5	1.9	0.25	0.5	0.75	1
$D/D_1$	0.25	0.5	0.75	1	1	1
$n$	1.5	1	1	1	1	1
$n$	1.9	3	R/L	0	0.25	0.5
$n$	1.5	1.4	1	0.75	1	1

Fig. 1-46 Pérdida de carga producida en salidas de conductos





Coefficientes  $n$  de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire en  $D$

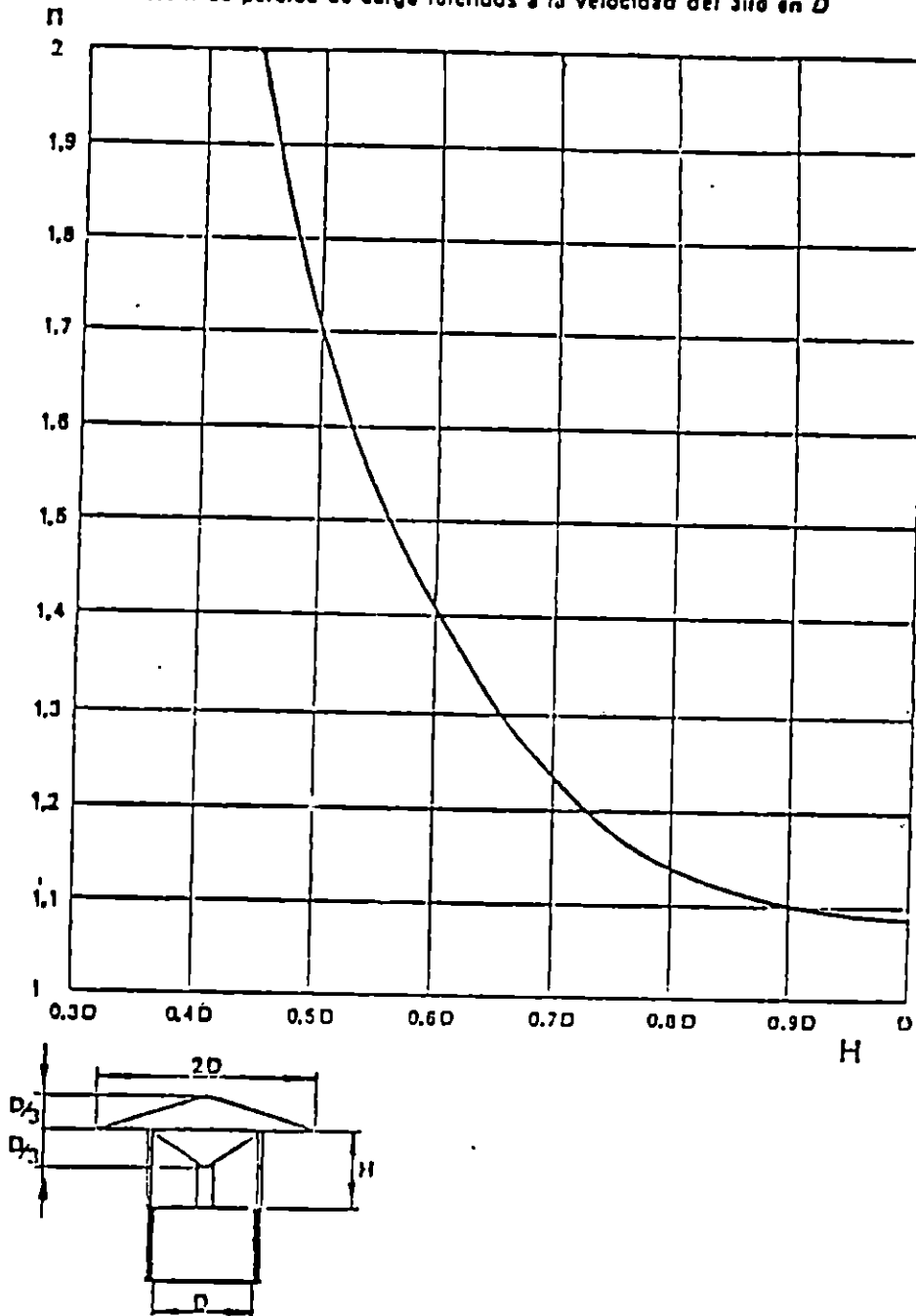


Fig. 1-48 Pérdida de carga producida en salidas con sombrero

1.4.4.0 PERFILES DE PRESION EN CONDUCTOS.

Un ventilador acoplado a un conducto, de forma que impulse aire hacia el interior del conducto, tal como muestra la figura 1.49, presentará unos valores de presión dinámica, estática y total como se presenta en la misma.

Se observa que la presión dinámica se mantiene constante a lo largo del conducto según se prevé de la ecuación de continuidad ya que al ser la sección constante, también lo es la velocidad.

La presión total va disminuyendo a lo largo del conducto debido a la pérdida de carga que se produce en cada punto del mismo. Consecuentemente, la presión estática, diferencia entre la total y la dinámica, disminuye también progresivamente hasta llegar a valer cero a la salida del conducto.

Con el ventilador colocado al final del conducto de forma que succione en lugar de impulsar, vemos que la presión dinámica es la misma del caso anterior, pero los de la presión estática o total, y el valor absoluto de la presión estática es superior a la de la total. Ver fig. 1.50

Si el ventilador se coloca en una posición intermedia del conducto, presentará unas presiones tal y como se le muestra en la fig. 1.51.

El caso más complejo sería el que se nos presenta en la figura 1.52. En este caso, cada vez que se modifica la succión del conducto variará la presión dinámica del conducto.

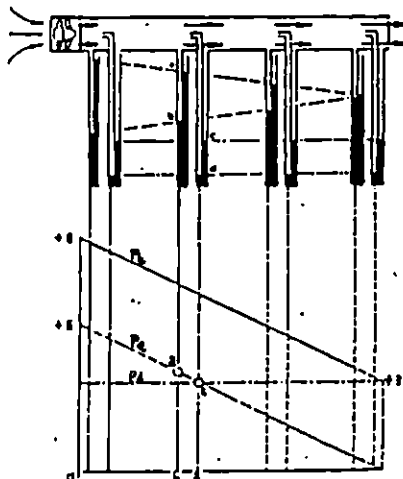


Fig. 1-49 Perfiles de presión en un  
 Tubería simple  
 (ventilador impulsando)

Fig. 1-51 Perfilles de presión en una tubería simple (ventilador en el centro)

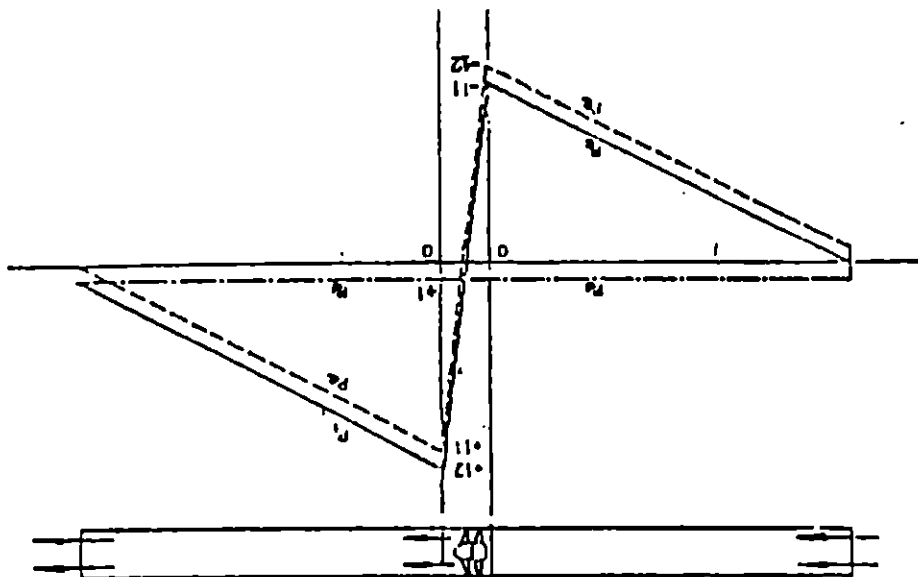
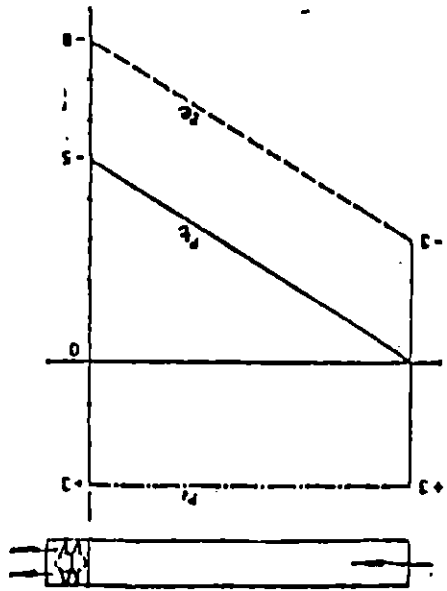


Fig. 1-50 Perfilles de presión en una tubería simple (ventilador extrayendo)



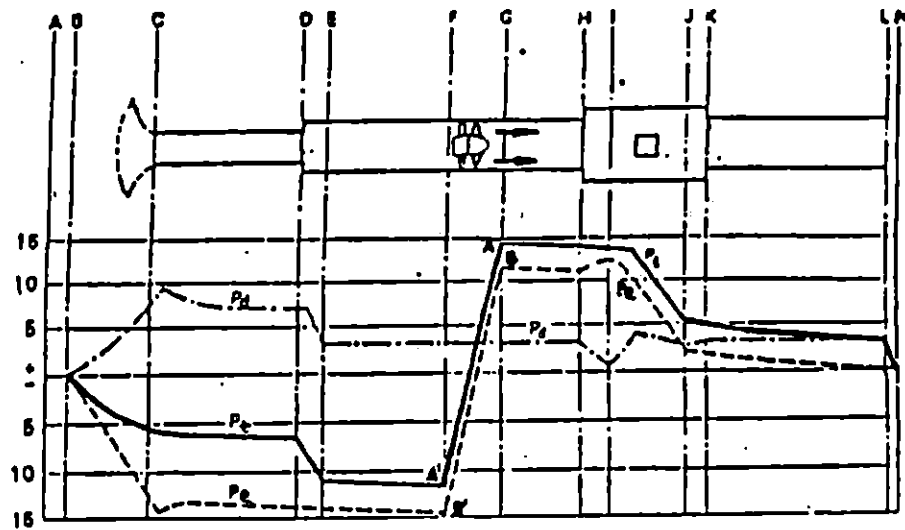


Fig. 1-52 Pórfiles de presión en una tubería con puntos singulares

#### 1.4.5.0 CURVA CARACTERISTICA DE UNA CONDUCCION.

Se llama curva característica de una conducción, o de un conjunto de ellas que se desemboca en un único conducto general, a la gráfica que representa la variación de las pérdidas de carga que se producen al circular por ella el aire en función del caudal del mismo.

La figura 1.53, presenta la forma de una parábola que pasa por el origen. Puede explicarse según el siguiente razonamiento. En la conducción, se produce una pérdida de carga proporcional a la presión dinámica.

$$P_c = n P_d = n \frac{V^2}{2} = n \frac{1}{2} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 = \frac{n}{2 A^2} Q^2 = K Q^2 \quad (1.37)$$

Donde:

- $P_c$ : Diferencia de presión en la conducción.
- $P_d$ : Presión dinámica del fluido
- $\rho$ : Densidad.
- $Q$ : Caudal del flujo.
- $A$ : Area de la sección transversal.

Por lo que la pérdida de carga es proporcional al cuadrado del caudal.

La curva característica de una conducción es importante en el estudio del comportamiento de un sistema de extracción y fundamentalmente su dinámica. También es importante en la selección del tipo de ventilador más conveniente.

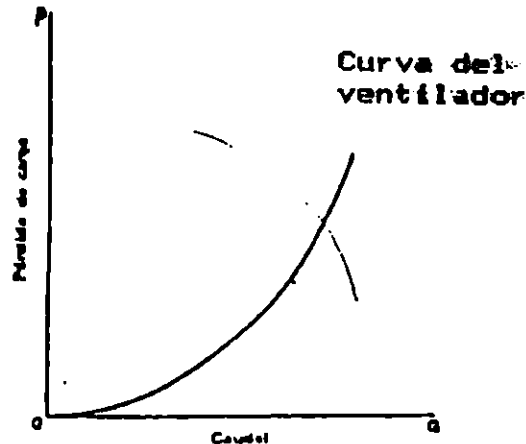


Fig. 1.53 Curva característica de un sistema

#### 1.4.6.0 CONDUCTOS MULTIPLES.

Los sistemas de extracción local con campanas múltiples presentan problemas (fig 1.54). Después de calcular cuál es el caudal necesario en cada campana para controlar el contaminante en cuestión, el objetivo de quien diseñe el sistema es determinar el tamaño de los caños y sus accesorios (codos, uniones y reductores) de manera que el aire se distribuya en cada campana en la forma deseada. Cuando dos ramales que vienen de dos campanas (campanas A y B, por ejemplo) se unen mediante una unión Y para formar un conducto principal (o subprincipal o colector), la diferencia de presión estática entre el punto de unión y la abertura frontal o entrada de la campana A, debe necesariamente ser la misma que entre ese mismo punto y la entrada de la campana B. Si se quiere que exista el mismo caudal en ambas campanas, la pérdida por fricción en cada ramal debe ser la misma. Pero si el ramal de la campana A es más largo o tiene más codos, su pérdida por fricción, para un mismo diámetro de conductos en ambos ramales, será mayor que el de la B. La velocidad en el ramal de A será menor y entonces, por la campana A entrará menos aire que por la B.

Cómo pueden fabricarse las campanas para que tengan el mismo caudal? Hay dos soluciones, la primera es la más aconsejable.

1. Suponiendo que cada campana ha sido fabricada para extraer la cantidad de aire calculada, el equilibrio puede lograrse eligiendo el conducto y sus accesorios que permitan igual caída de presión en ambos ramales, cuando el flujo de aire a través de la campana A y de la B tienen las velocidades deseadas. Si una de las campanas está extrayendo más de lo que debe se puede instalar en su ramal conductos de menor diámetro. Esto aumentará la resistencia al pasaje del aire, la velocidad de éste será menor y de esta manera también disminuirá el caudal que entra a esa campana; y

2. El equilibrio de los caudales también puede conseguirse mediante el empleo de reguladores en cada ramal. Estos reguladores son tabiques corredizos o amortiguadores que pueden disponerse de manera que bloqueen parcialmente el pasaje de aire, reduciendo la cantidad que entra a la campana. Sin embargo, éste no es el procedimiento preferido. Su ventaja principal, no obstante, está en que con menos trabajo, se consigue el resultado deseado.

Las ventajas del primer método son: a) si desde un principio se han elegido correctamente las velocidades, el conducto no se tapaná; b) los operarios no se podrán modificar el sistema y privar a otro lugar de trabajo del aire necesario para el control; y, c) la erosión será menor y no habrá acumulación de polvo o pelusas causadas por las obstrucciones de los reguladores. El primer método es el preferido cuando se manejan materiales tóxicos cuando deben eliminarse polvos explosivos, de magnesio o radioactivos.

El segundo método deja la posibilidad de corregir volúmenes de extracción mal calculados y también permite alguna flexibilidad para futuros cambios o adiciones. Sin embargo, una regla cardinal para el diseño de los sistemas de extracción local es que, una vez que se ha instalado y balanceado un sistema de campanas no debería agregarse ninguna otra. Tal adición podría cambiar el caudal del aire y hacer que algunas campanas resultasen ineficaces.

En lo que a características de diseño se refiere, no hay diferencias en un sistema que opere ya sea bajo presión positiva (soplado), o negativa (aspirando). Usualmente, sin embargo, los sistemas de aspiración poseen una elevada velocidad de aire con el fin de mantener el polvo en suspensión dentro del conducto. Los sistemas con presión positiva (aquellos que proporcionan aire para ventilar un ambiente determinado), operan con velocidades relativamente bajas en los conductos. Debe entenderse el significado de dos términos vinculados con la velocidad en los conductos:

- Presión de velocidad: Es la presión o la succión que debe crear el ventilador para mover el aire a cierta velocidad; y
- Pérdida por fricción en el conducto: Para una misma velocidad del aire los conductos de diámetro pequeño determinan una pérdida por fricción mayor que los diámetros más

grandes. Por ejemplo, para una misma velocidad en cada ramal, un conducto de 25" (10 cm) de diámetro requieren de energías extremadamente altas. Los codos y las secciones con reducciones en los que un ramal se conecta con un conducto principal agregan pérdidas por fricción. Cuanto más pronunciado sea el codo y más abrupta la variación del diámetro en las piezas de transición, mayor será la pérdida por fricción.

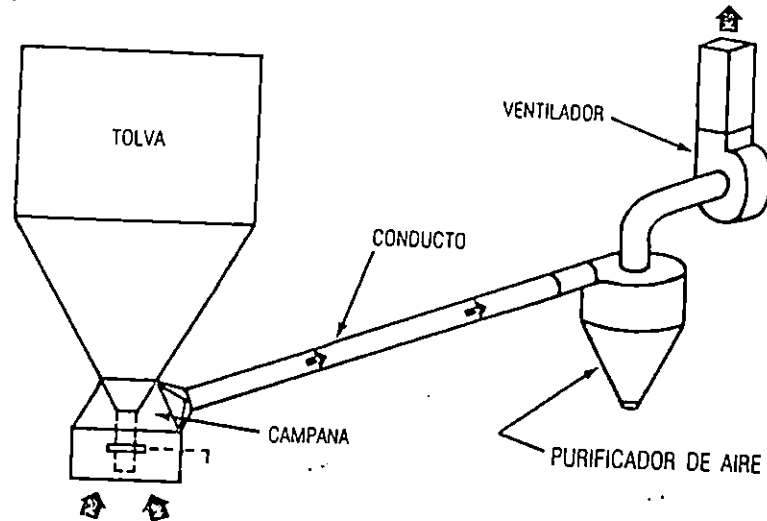


Fig. 1.54 Instalación típica de un sistema de extracción local: campanas, colector y ventilador

#### 1.4.7.0 DEFECTOS COMUNES EN LAS SISTEMAS DE DUCTOS.

Una inspección rápida de un sistema de extracción puede dar una idea sobre lo apropiado de su diseño. Por ejemplo, los conductos de sección cuadrada o rectangular, tan comunes en la calefacción y ventilación raramente son empleados para la extracción local, en cambio los conductos de sección circular son usados casi universalmente debido a sus menores pérdidas por fricción. Las velocidades en los conductos de los sistemas de extracción local son mayores para evitar el depósito de partículas.

Los codos y las uniones en T, que acompañan como accesorios a los conductos para quemadores, deben ser escrupulosamente evitados. Debido a sus ángulos pronunciados, requieren un derroche de energía y debe calcularse un ventilador mayor del que normalmente haría falta, para evitar que el polvo se deposite en los conductos por efecto de las turbulencias por esos ángulos. Estos depósitos podrían tapar los conductos.

Otra evidencia de diseño defectuoso de los conductos es una cañería de poco diámetro (7.5 a 10 cm.) extendiéndose hasta una campana aislada situada de 6-12 m. Una cañería así difícilmente

podría mantener el caudal requerido a causa de la alta pérdida por fricción.

No hay que dejarse confundir por la vieja regla que dice que la suma de las áreas de las secciones de todos los ramales debe ser igual a la de la sección del conducto principal. Esto no será cierto en un sistema balanceado.

#### 1.5.0.0 SEPARACION DE CONTAMINANTES.

La separación de contaminantes puede ser necesaria, por tres causas:

- Que la separación del contaminante en el interior de la industria resulte más rentable, que su vertido al exterior. Por ejemplo el interés en la recuperación del producto.

- Que el vertido del contaminante al exterior origine un problema de contaminación atmosférica.

- Que por necesidades del proceso deba procederse a la limpieza del aire que se introduce en el local como compensación.

#### 1.5.1.0 PURIFICADORES DE AIRE.

Estos se clasifican en dos grupos:

- PRIMERO: hay purificadores industriales que generalmente se asocian a sistemas de extracción local pero que, a veces, forman parte de un sistema de extracción general cuyo propósito es eliminar contaminantes del aire (polvos, nieblas, humos, vapores, gases, olores) que, de otra manera, podrían alterar el ambiente exterior, ya sea dentro de la misma planta o, más generalmente, la vecindad de la misma. Deben ser limpiados del contaminante retenido, por ello circula una corriente de aire relativamente moderada a una presión estática comparativamente alta.

- SEGUNDO: hay purificadores por los cuales pasa el aire a velocidad relativamente alta pero a baja presión estática y son empleados en casas y en edificios comerciales, de oficinas, públicos y otros, en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.



### 1.5.2.0 EFICIENCIA DE PURIFICADORES DE AIRE.

Se considera como separador todo aparato o sistema que retenga en mayor o menor proporción uno o varios contaminantes arrastrados por un gas o líquido.

La retención de un separador nunca es total y será tanto más eficaz cuanto mayor sea su poder de retención.

La eficiencia de estos dispositivos se establece mediante la relación entre la cantidad de polvo (u otro contaminante) recogido por el purificador y la cantidad que entra al mismo. Generalmente la medida se expresa en términos de peso de polvo. El empleo de expresión "eficiencia en peso", se explica si se tiene en cuenta que en la industria se emplean a menudo interceptores de polvo como parte del equipo de producción, y que el peso del producto que se maneja, envasa o recupera, entra en la importante consideración de los costos.

La mayoría de los purificadores inerciales de aire (por ejemplo, los ciclones) tienen una eficiencia de captación variable, que depende del tamaño de las partículas. Estos colectores pueden capturar prácticamente el 100% de las partículas grandes (digamos, mayores de 40 micrómetros), pero su eficiencia disminuye rápidamente a medida que disminuye el tamaño de las mismas. Pueden llegar a ser totalmente ineficientes en la recolección de partículas menores de 5 micrómetros, que son las que interesan por su efecto sobre la salud.

La manera más normal de expresar la eficiencia de un separador es el rendimiento n:

$$n = \frac{\text{cantidad retenida}}{\text{cantidad que entra}} = \frac{R}{E} \times 100 \quad (1.38)$$

Si el contaminante es un gas o vapor, el rendimiento suele calcularse partiendo de concentraciones máximas. Para materia particulada se puede referir a concentraciones máximas o el número de partículas, y también se expresa algunas veces como función del índice de oscurecimiento, como relación entre las cantidades de gas contaminado anterior y posterior al separador que producen idéntico oscurecimiento de un papel de filtro normalizado. Lógicamente, los diversos rendimientos no son comparables entre sí.

En los procesos de separación de partículas, el rendimiento suele ser función del tamaño de las partículas, por lo que también existirá un rendimiento fraccionado para cada tamaño de partícula. Partiendo del espectro de tamaños de las partículas a separar y de los rendimientos parciales, se puede estimar el rendimiento global del separador.

Para cuantificar la eficacia de separadores de gran rendimiento, se utilizan frecuentemente otros parámetros como: la penetración (P), el factor de descontaminación (DF) y el índice de descontaminación (DI).

$$P = 100 - n ; \quad DF = 100 / 100 - n ; \quad DI = \log DF$$

En la tabla 1.13 se comparan las características importantes de los filtros empleados en sistema de ventilación. En las figuras 1.55 y 1.56, se comparan los ámbitos de tamaño de las partículas que pueden ser captadas por diferentes clases de colectores y filtros

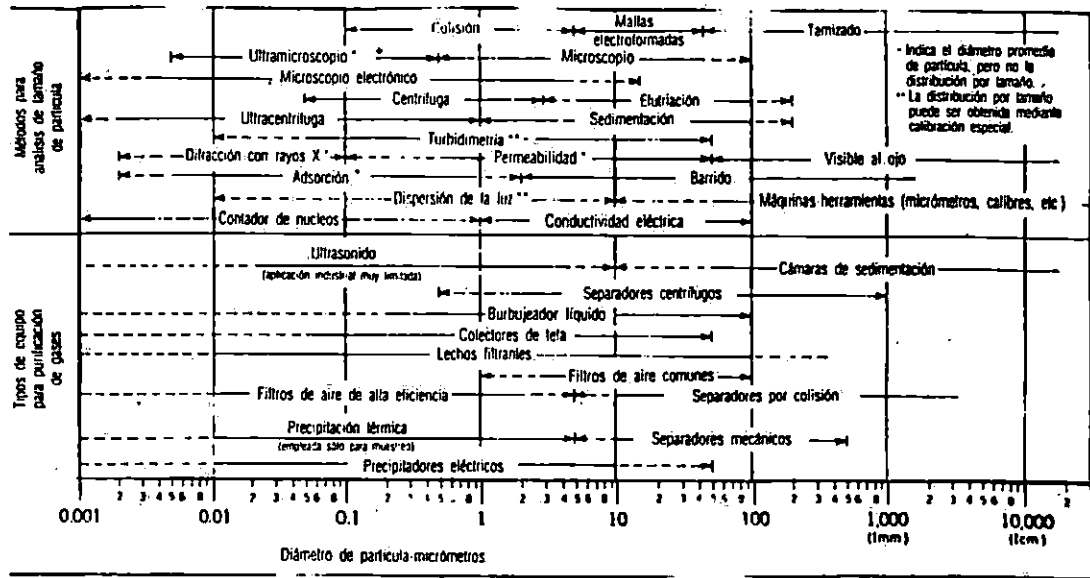


Fig. 1-55 Ámbitos de tamaño de partículas que pueden ser analizadas por varios métodos y diferentes tipos de purificadores de gases

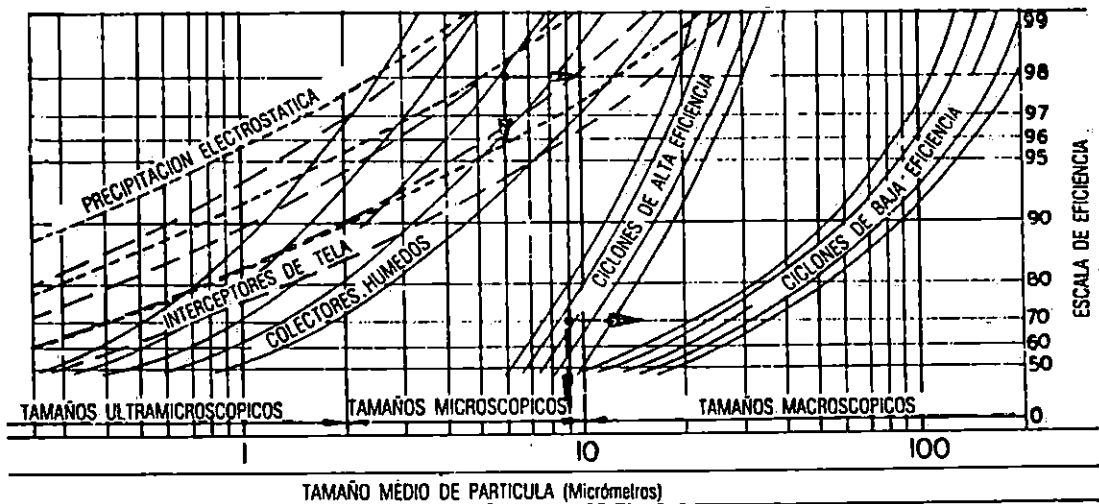


Fig. 1-56 Comportamiento y eficacia relativos de diferentes tipos de colectores de polvo

T. 1-13

**Comparación de algunas características importantes de distintos filtros de aire para Sistemas de Ventilación**

Los filtros de aire deben ser usados solamente en sistemas de provisión de aire u otras aplicaciones en que la carga de polvo no exceda los 90 g/m<sup>3</sup>

TIPO	Carga de presión relativa mm, agua		Eficiencia promedio (%)		Velocidad frontal m/min	Mantenimiento	
	Inicial	Final	AFI	NBS		Trabajo	Costo
Vidrio descartable, espesor 5 cm	0,25	1,25	77	(Nota 5)	90	Medio	Alto
Alta velocidad (unidades permanentes) espesor 5 cm	0,25	1,25	73	(Nota 5)	130	Alto	Bajo
Baja velocidad (unidades permanentes) espesor 5 cm	0,25	1,25	68	(Nota 5)	90	Alto	Bajo
Medio reemplazable (unidades permanentes)	0,32 a 32,5	1,25 a 2,50	86-93	(Nota 5)	76	Medio	Bajo
Automático (viscoso)	0,93 a 12,5	(Nota 2)	80	(Nota 5)	150	Bajo	Bajo
Automático (semi-viscoso)	35 a 45	(Nota 2)	80	(Nota 5)	150	Bajo	Medio
Eficiencia ultra alta (asbestos o fibra de vidrio)	2 a 2,5	5 a 7,5	(Nota 3)	(Nota 3)	76	Medio	Alto
Electrostático (medio reemplazable)	0,15 a 2,5	1,25	(Nota 4)	64	76	Medio	Bajo
Electrostático (limpieza manual)	0,45 a 0,72	(Nota 2)	(Nota 4)	85-90	91-136	Alto	Alto
Electrostático (limpieza automática)	0,23 a 0,8	(Nota 2)	(Nota 4)	85-90	120-150	Bajo	Bajo

Nota 1: Los valores corresponden a un ámbito o promedio según convenga.

Nota 2: La carga final de presión indica el punto en que el filtro o el medio filtrante son quitados y el medio es limpiado o reemplazado. Todos los demás son limpiados en el lugar por métodos mecánicos o manualmente o el medio es renovado automáticamente. En consecuencia, la carga de presión permanece aproximadamente constante.

Nota 3: 99,5 % según el recuento de partículas. Las propiedades AFI y del 1. son aplicables.

Nota 4: El AFI es la prueba del Air Filter Institute basado en la eficiencia en %. La prueba no es aplicable cuando los resultados se aproximan al 100 %, luego no es aplicable para comparación.

Nota 5: El NBS es la prueba del National Bureau of Standards, basado en la decoloración y empleando polvo atmosférico. La prueba no es aplicable cuando los resultados no son de confiar debido al bajo orden de eficiencia relativa del filtro.

Tomado de American Conference of Governmental Industrial Hygienists

## 1.5.3.0 COLECTORES DE POLVO. (x)

El polvo se forma en los procesos de desintegración tales como el pulido, la molienda, las voladuras y la perforación. El polvo ya formado puede ser dispersado durante el manipuleo, transporte y descarga de los materiales a granel y también durante su peso, mezcla y envase. El tamaño de las partículas de polvo varía desde las dimensiones sub-microscópicas (debajo de 0.5 micrómetros) pasando por las de las partículas que pueden probablemente causar lesiones en los pulmones ( 0.5-5 micrómetros para sílice libre, por ejemplo) y llegar hasta los tamaños de las mallas de los támices estándares ( malla 325=40 micrómetros, aproximadamente).

## 1.5.3.1 COLECTORES CENTRIFUGOS. (x)

Es el más común de los colectores de polvo industrial es el ciclón, que pertenece a una clase de aparatos que aprovechan la fuerza centrífuga para separar el polvo de la corriente de aire.

## 1.5.3.2 CICLONES DE BAJA PRESION. (x)

Son cilindros de chapa metálica colocados encima de un cono. El aire entra a un ángulo determinado por el costado del cilindro y da vueltas en su interior dirigiéndose hacia abajo, luego sube por un tubo central y sale por la parte superior del cilindro. La fuerza centrífuga arroja las partículas fuera de la corriente de aire hacia la base del cono. Las ventajas de este tipo de aparato con su bajo costo, su mantenimiento económico y su baja caída de presión (0.03 a 0.06 psi). Su inconveniente es que el ciclón no puede recoger partículas finas. Concretamente su eficiencia alcanza a sólo el 75% cuando se trata de partículas de un tamaño de 40 micrómetros. Su gran aplicación está en la separación del polvo del trabajo de la madera (aserrín, virutas y astillas), residuos de papel y materiales a granel que han sido transportados por vía neumática. Los ciclones son ineficaces para polvos, que tienen significado para la salud (5 micrómetros o menos) y, en realidad, para cualquier polvo que quede suspendido en el aire. La eficiencia de recolección aumenta con el incremento de la caída de presión, la cual se puede obtener reduciendo el diámetro del ciclón. Los ciclones de pequeño diámetro no pueden llevar grandes volúmenes de aire, pero esta desventaja se supera si se colocan varios en paralelo.

### 1.5.3.3 CICLONES DE ALTA EFICIENCIA. (81)

Están fabricados combinando varias unidades de pequeño diámetro y alta resistencia. Pueden obtenerse eficiencias del 75% para partículas de 10 micrómetros y del 90% para las de 15 micrómetros. Sin embargo, esa eficiencia es insignificante para polvos que interesan por su efecto sobre la salud (5 micrómetros o menos).

### 1.5.3.4 PRECIPITADORES DINAMICOS EN SECO. (81)

Son una combinación de purificador de aire y ventilador, todo en una sola unidad. Para ello tiene una hélice impulsadora

especialmente diseñada que precipita el polvo por efecto de la fuerza centrífuga, al mismo tiempo que induce la corriente de aire. La eficiencia en la recolección es más o menos la misma que la de los ciclones de alta eficiencia o de alta presión.

Cuando hay polvos abrasivos, las paletas de la hélice están sometidas a un desgaste considerable. Normalmente, la hélice que provoca la corriente se ubica después del colector para lograr la máxima protección.

### 1.5.3.5 COLECTORES HUMEDOS. (11)

El principio que se aplica a los colectores húmedos es el de poner en contacto íntimo el polvo con un líquido. Las partículas son atrapadas directamente al pasar por un baño o corriente de agua o, debido al aumento de peso que el líquido les confiere, son separadas más fácilmente mediante la fuerza centrífuga. Los colectores húmedos son capaces de trabajar con gases a alta temperatura o cargados de humedad. En ellos, la eliminación del material recogido presentan pocos problemas. Sin embargo, tienen las desventajas siguientes:

1. A menos que se disponga de agua barata, será necesario instalar tanques de sedimentación con su equipo acompañante para que pueda ser reusada;
2. No toleran la congelación; y,
3. Si se recogen productos químicos corrosivos, habrá que emplear materiales resistentes muy costosos.

Aunque la eficiencia de los colectores húmedos es generalmente de sólo el 75% o menos, puede alcanzar al 90% si se trata de partículas de 1 micrómetro. La eficiencia es, en promedio, menor del 50% para partículas de 0.5 micrómetros. La caída de presión en estos colectores húmedos también varía dentro de un amplio ámbito.

Existen por lo menos siete tipos de colectores húmedos.

#### 1.5.3.6 CAMARAS DE ROCIADO (r)

Consisten en dispositivos de rociado y platos lavadores. Constituyen uno de los métodos más antiguos para la limpieza del aire. La caída de presión varía, estando usualmente en el ámbito de 3 a 6 " de agua (0,6 a 1,5 kPa).

#### 1.5.3.7 TORRES CON RELLENO (r)

Muy usadas en la industria química para absorción de gases, son también empleadas para recoger polvos tóxicos.

Generalmente se deja escurrir agua por el relleno constituido por anillos de cerámica de forma diversa, coke, grava o algún material similar.

#### 1.5.3.8 CENTRIFUGAS HUMEDAS (r)

Combinan la fuerza centrífuga y el contacto con el agua para lograr la captación. El aire se introduce tangencialmente y con frecuencia en contracorriente con el agua, mediante tabiques y placas direccionales que orientan los flujos. Las caídas de presión varían de 0.009 a 0.021 Psi.

#### 1.5.3.9 COLECTORES DINAMICOS HUMEDOS (r)

Son análogos a los precipitadores dinámicos secos con la hélice de diseño especial, excepto que las placas se rocían con agua.

#### 1.5.3.10 COLECTORES DEL TIPO DE ORIFICIO (vi)

Están concebidos de manera que el aire se pone en contacto con una corriente laminar de agua en un pasaje restringido.

#### 1.5.3.11 COLECTORES TIPO VENTURI (vi)

Aplican la falta de velocidad del aire a través de un venturi para arrastrar agua en el tubo. Las pequeñas gotas de agua chocan con las partículas de polvo de la corriente de aire y éstas quedan humedecidas. Estos aparatos son de una alta eficiencia, alcanzando el 90-99% en el ámbito de 0.1 a 1 micrómetro. Sin embargo, gastan energía. La caída de presión es de 10 a 50 pulg. de agua.

#### 1.5.3.12 FILTROS DE NIEBLA (vi)

Emplean muchos pulverizadores pequeños y de alta presión en unidades tipo torre centrífuga para aumentar la probabilidad que las gotitas de agua mojen las partículas de polvo. Para obtener las gotitas de niebla se emplea agua a alta presión. Se ha conseguido una eficiencia alta.

#### 1.5.3.13 PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS. (vi)

El gas que contiene partículas sólidas o líquidas se hacen pasar entre un par de electrodos, uno de ellos de descarga y a un alto potencial negativo y el otro eléctricamente conectado a tierra, que hace de colector. La diferencia de potencial debe ser suficientemente alta como para formar una descarga en corona en el electrodo correspondiente. Los iones gaseosos que se forman se mueven rápidamente por la acción del campo eléctrico hacia el electrodo colector y al chocar con las partículas les confieren su carga. El campo eléctrico actúa sobre las partículas así cargadas y hace que se muevan hacia el electrodo colector y allí se depositen.

Estas unidades son capaces de lograr un 100% de eficiencia. Este resultado no siempre conviene, debido al costo del aparato, el escaso valor de material recogido, a las limitaciones de espacio y otras causas.

Los presipitadores electrostáticos tienen la gran ventaja de su caída de presión despreciable. Si la carga de polvo en el aire es grande, generalmente están precedidos por colectores primarios, que trabajan según un principio diferente. a pesar que no pueden interceptar gases o vapores sin partículas, se los emplea para retener nieblas como las de aceite que se forman durante el corte y el maquinado de metales.

#### 1.5.3.14 CAMARAS DE SEDIMENTACION. (vi)

Teóricamente resultaría posible lograr que un polvo se depositase en una gran cámara, disminuyendo la velocidad de transporte hasta un punto en que las partículas no pudieran ser desplazadas. Sin embargo, los requerimientos de espacio serían excesivos y la presencia de turbulencias anularían las velocidades requeridas. Las cámaras de sedimentación pueden usarse solamente para materiales voluminosos o gruesos. No obstante, esta solución para los problemas de retención se aplica permanentemente en formas muy variadas, como son los tanques de sedimentación, las cámaras de polvo, tambores con agua y otras parecidas. Si bien estas formas atraen al lego por su efectividad, un cálculo sencillo indica que el polvo que implica riesgos para la salud (5 micrometros o menos) no puede, posiblemente, depositarse en un tiempo y espacios razonables.

Las cámaras de sedimentación deben tenerse en cuenta como trampas baratas y como instalaciones interceptoras previas a los purificadores de alta eficiencia.

#### 1.5.3.15 FILTROS. (vi)

Existen dos clases de filtros en el uso corriente:

- a) filtros descartables o del tipo empleada en hornos; y,
- b) filtros de tela.

El primero de ellos no es adecuado dentro de la industria para la purificación de aire por extracción. Su principal aplicación se encuentra en los sistemas de ventilación general.

El segundo tipo, los filtros de tela, suelen estar hechos con una variedad grande de tejidos tales como algodón, lana, dacrón, orlón y para ser usados a temperaturas altas, vidrio. Estos filtros pueden estar cosidos formando tubos que cuelgan verticalmente o envolturas que se adaptan sobre armazones para evitar que la tela



se colapse. Los alojamientos de los filtros están equipados con agitadores manuales o movidos a motor que cuando el ventilador es detenido, sacuden el polvo recogido y lo hacen caer en tolvas dispuestas en la parte inferior. De allí puede ser conducido para su eliminación final. (Los agitadores no deberían usarse con filtros de tela de vidrio).

Los filtros de tela cumplen su función haciendo que se forme una capa de polvo sobre el tejido, la cual a su vez detiene las partículas que llegan posteriormente. Por consiguiente, los filtros de tela nuevos dejan pasar polvo durante un período breve (para consternación de quienes hayan instalado bolsas nuevas por primera vez) hasta que se forme la capa de polvo que es la que realmente hace de filtro. A medida que el filtro funciona, su resistencia va creciendo gradualmente hasta que es necesario detener el ventilador y sacudir el filtro. La resistencia es entonces menor, pero nunca llega a ser tan baja como cuando el filtro era nuevo. Siempre queda la capa de polvo residual, necesaria para una separación eficiente.

Los filtros de tela operan a bajas velocidades: 1 a 5 cfm por cada 1 p<sup>2</sup> de tela. Presentan una resistencia relativamente alta, 0.07 a 0.53 Psi. Tienen una alta eficiencia, deteniendo el 99% o más del polvo que llega.

Los filtros de esta clase son relativamente caros, por lo menos a juicio de los constructores de instalaciones de calefacción y enfriamiento que están acostumbrados a los filtros descartables. El aumento de la resistencia al paso del aire significa aumento de costos de operación. Los filtros de tela pueden ser usados únicamente para polvo seco. Los materiales pegajosos o aceitosos tapan las telas y, cuando la temperatura baja del punto de rocío, se produce la condensación que se traduce en una enorme caída de presión y una limpieza defectuosa por el agitador.

Estos filtros se emplean generalmente para operaciones intermitentes (el ventilador se desconecta periódicamente después de pocas horas de funcionamiento cada vez, para permitir el sacudimiento de las telas). También pueden instalarse para un funcionamiento automático continuo. Periódicamente se desconecta una sección del sistema y las bolsas de esta sección son sacudidas. Esto requiere una gran superficie de tela y reguladores y controles adicionales para el aire.

Siempre que fuese posible, el agitador debería ser movido a motor. También debería estar conectado a un medidor de tiempos que, al interrumpirse el funcionamiento del ventilador, lo hiciese andar en forma automática y durante un período variable, generalmente de dos a cinco minutos, para luego detenerlo, comenzando otra vez el pasaje del aire.

Una agitación regular es indispensable y la mejor manera de conseguirla es instalar en forma permanente un manómetro de agua del tipo del tubo en U en la parte exterior del alojamiento del filtro. De esta manera, la caída de presión puede ser controlada diariamente. El aumento de la resistencia del filtro, indicado por un incremento en la caída de presión es una señal de alarma

que indica que el filtro se está tapando y necesita ser sacudido.

Deben ubicarse convenientemente las puertas de acceso, de manera que el interior de la instalación pueda ser revisado periódicamente, quizá todas las semanas, para controlar pérdidas en las bolsas, acumulaciones de polvo en las tolvas o cualquier otro problema. Demasiado a menudo los filtros están colocados en lugares inaccesibles y se los olvida.

Con frecuencia se usan los filtros de tela del tipo de "chorro invertido de aire", que pueden ser limpiados en forma continua durante la filtración (no se interrumpe el proceso). Consisten en un tubo de textura semejante a un filtro al cual entra el aire con polvo. En la parte exterior, un tubo en forma de anillo, con ranuras, rodea a la bolsa filtrante y se desliza en un sentido y en otro a lo largo de la misma. Se inyecta aire comprimido a alta velocidad por las ranuras, el cual pasa a través de la tela y separa el polvo recogido que cae en una tolva. La velocidad de la corriente de aire provocada por el sistema de extracción puede llegar a 20 cfm por cada p<sup>2</sup> de tela, la cual es muchísimo mayor que la de los filtros de tela convencionales. La caída de presión y la eficiencia de ambas clases de filtros son comparables.

Se pueden encontrar filtros de alta eficiencia, desarrollados para mover volúmenes pequeños de aire en ciertos casos especiales, particularmente cuando el contaminante es radioactivo. Están contruidos empleando diversas combinaciones de papel de celulosa y asbesto, almohadillas de fibra de vidrio, fibras de vidrio comprimidas o lana tratada con resinas. Estas son generalmente unidades descartables, pero muy distintas de las que se usan en calefacción o en los acondicionadores de aire.

#### 1.5.3.16 PURIFICADORES DE AIRE PARA HUMOS METALICOS Y CARBONOS (S)

Los humos metálicos provienen de operaciones tales como las de combustión, sublimación, destilación y especialmente la condensación de los vapores desprendidos de un metal fundido. La composición de estos humos puede ser distinta a la del material que los origina. Los de plomo, cadmio, óxido de zinc y óxido de hierro (soldadura) son ejemplos típicos. Sus partículas están por debajo de un micrómetro, por consiguiente poseen movimiento browniano (es decir, demasiado pequeñas para sedimentar) y son notablemente uniformes en su tamaño.

El humo carbonoso es generalmente orgánico y se origina en la combustión incompleta del carbón, el petróleo, la madera y otras sustancias combustibles. Con frecuencia son oscuros y negros e impiden el paso de la luz. Sus partículas se comparan en tamaño con las de los humos metalúrgicos.

#### 1.5.4.0 PURIFICADORES DE AIRE PARA GASES Y VAPORES. (V)

Los vapores pueden definirse como la forma gaseosa de una sustancia que normalmente se presenta en estado líquido o sólido a temperatura ambiente. Los gases y vapores no tienen partículas, sino moléculas aisladas dispersas entre las moléculas del aire. Como los gases y vapores difunden, no son aplicables los interceptores que dependan de la existencia de filtros o de la fuerza centrífuga. Los métodos que generalmente se usan son los siguientes.

ABSORCION: En una torre con relleno o burbujeo se emplea un líquido que disuelve o reacciona químicamente con el gas o vapor y lo elimina del aire en forma segura. La eliminación de este líquido puede presentar problemas de control de efluentes y contaminación de las corrientes de agua.

ADSORCION: Muchas partículas sólidas poseen una acción adsorbente frente a ciertos gases y vapores. El fenómeno se produce en la superficie del adsorbente, que es donde el gas y el sólido se ponen en contacto. El material más ampliamente empleado para quitar olores es el carbón activado que, en forma de gránulos, se coloca en bandejas, frascos o recipientes perforados. Este material puede adsorber ciertos gases y vapores hasta en un 50% de su propio peso. Para volverlo a usar, se puede reactivar por calentamiento. Se lo emplea frecuentemente para retener vapores de solventes y este es un método particularmente indicado, pues la sustancia adsorvida puede ser luego recuperada.

COMBUSTION: Si el gas o vapor puede ser oxidado transformándose en productos inofensivos o inodoros, entonces se puede aplicar la combustión. Todos los hidrocarburos pueden ser eliminados de esta manera, siendo los únicos productos finales agua y dióxido de carbono.

El método más satisfactorio para consumir gases o vapores olorosos o molestos es el de la post-combustión por medio de una llama directa. Es necesario, sin embargo, tomar las precauciones apropiadas. Estas incluyen el empleo de dispositivos contra el retroceso de la llama y la operación fuera del ámbito inflamable de la mezcla de vapores.

Se puede emplear un catalizador para acelerar la combustión. La combustión catalítica resuelve el problema de la eliminación de vapores y olores de pinturas, barnices, esmaltes, hornos de cocción, enrarecimientos de aceites de pescado y grasas animales, tostado de café, procesado de asfalto, manufactura de plásticos y campanas extractoras de cocinas.

Las unidades catalíticas deben procesar vapores esencialmente puros para poder lograr un control efectivo y prolongado. El catalizador se desactiva o envenena por acción de los vapores, tales como el mercurio, el zinc y el arsénico. Si el aire que llega

contiene gran cantidad de polvo no combustible debe separárselo primero.

CONDENSACION: Bajando la temperatura del aire que ingresa, el vapor puede pasar al estado líquido y, en esta forma, ser separado. Para enfriar el vapor se emplean diferentes tipos de condensadores y unidades refrigeradoras.

#### 1.6.0.0 VENTILADORES. (y)

Hasta ahora se han descrito campanas, conductos y dispositivos purificadores de aire destinados a sistemas de extracción local. El cuarto elemento en estos sistemas es el conjunto ventilador-motor. Se usan dos tipos de ventiladores: centrífugos y de corriente axial (fig 1.56). Para mover el aire que contiene material particulado sólo puede usarse el ventilador centrífugo de hoja radial.

#### 1.6.1.0 VENTILADORES CENTRIFUGOS (y)

Dependiendo de cómo están orientadas las paletas, los ventiladores centrífugos son todas modificaciones del tipo básico de la rueda de paletas. Se emplea donde la presión estática es mediana o alta, por ejemplo, a partir de 10 pulg. o más en un manómetro de agua (6 Psi)

- La rueda de paleta es el caballito de batalla de los ventiladores en el campo de la ventilación industrial. Sus paletas radiales planas, fabricadas en chapas de acero, no se tapan con el material que pasa y al mismo tiempo resisten considerablemente la abrasión. Este ventilador ha sido usado durante décadas en talleres de pulido o de carpintería, donde por entre las paletas pasan pelusas, astillas y virutas. Tiene una velocidad de operación moderada, factor de ruido y eficiencia mecánica mediana;

- En un ventilador centrífugo las paletas curvadas hacia atrás permiten una velocidad periférica más alta y por consiguiente una eficiencia mayor del ventilador. Como en las paletas se deposita material, será necesario disponer siempre antes del ventilador de un purificador de aire. A pesar de que este tipo de paleta determina un mayor factor de ruido, su alta eficiencia hace que se lo prefiera para sistemas de extracción destinados a grandes volúmenes;

- Las paletas curvadas en dirección de rotación permiten lograr un ventilador que requiere poco espacio, tiene baja

velocidad de trabajo y bajo factor de ruido. Debido a estas características es preferido para las instalaciones de calefacción y aire acondicionado y también porque en ese diseño las presiones estáticas varían de bajas a moderadas. Como el material llevado por el aire quedará adherido a las paletas cortas y curvadas, haciendo que el rotor se desequilibre, esta clase de ventilador debe también ser precedido por un purificador de aire;

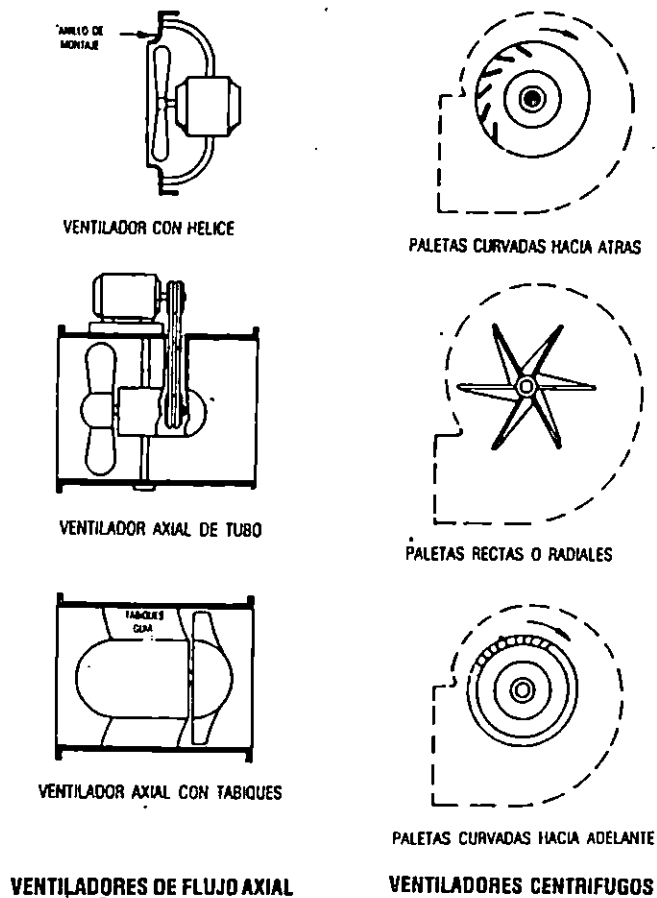


Fig. 1-56 Tipos de ventiladores /

- Los ventiladores con paletas derechas o curvadas hacia adelante requieren más energía a medida que la corriente de aire aumenta. Si la resistencia real del sistema de conductos es menor que la estimada para el ventilador seleccionado, la corriente de aire real excederá el estimado, se necesitará más energía y el motor resultará sobrecargado; y,

- Por el contrario, los ventiladores con paletas curvadas hacia atrás tienen una demanda en energía que alcanza un máximo. Si el motor que impulsa el sistema está capacitado para cumplir este máximo, no resultará sobrecargado en ninguna condición a una determinada velocidad. Por esta razón, a estos aparatos se los llama ventiladores no sobrecargables.

Existe una variedad de diseños intermedios entre estos dos extremos que son los ventiladores con paletas curvadas hacia adelante y completamente curvadas hacia atrás, que presentan diverso grado de semejanza con el rendimiento de cada uno de los tipos.

#### 1.6.2.0 VENTILADORES DE CORRIENTE AXIAL (y)

Los ventiladores de esta clase son modificaciones del conocido ventilador familiar o ventilador de hélice. En ellos, el aire sale en la misma dirección que entró, mientras que en los ventiladores centrífugos lo hace en ángulo recto.

- Los ventiladores de hélice mueven grandes volúmenes de aire venciendo pequeñas resistencias. Están generalmente instalados, ya sea sobre pedestales para ventilación del operario y obtener circulación general o en paneles de las ventanas o en las paredes, sin conexión o conducto alguno. A menudo se olvida que su limitación es la de no poder operar venciendo la fricción que se origina en un conducto;

- En los sistemas de extracción de los locales donde se hacen pulverizaciones se suele instalar un ventilador de hélice de paletas angostas. En estos casos las conexiones a conductos deben ser mantenidas en un mínimo. Estos ventiladores son sensibles a cualquier resistencia extra, y un pequeño aumento en ella hará que el volumen de aire desplazado disminuya marcadamente;

- Los ventiladores axiales con aletas tienen, en la sección de conducto corto tabiques que rectifican la corriente de aire. Operan contra presiones estáticas bajas, por ejemplo 4 pulg de agua (0.145 Psi). Deben emplearse solamente con aire limpio.

Para extracciones por el techo o las paredes, se dispone de ventiladores de descarga directa con paletas curvadas hacia atrás, similares a los centrífugos.

#### 1.6.3.0 RUIDO DE LOS VENTILADORES (vi)

Excepto los modelos de baja velocidad, los ventiladores son generalmente ruidosos. Esto puede resultar un factor de distracción. El ruido de los ventiladores constituye un problema tanto dentro de la planta como para los vecinos en el exterior de la misma.

Los fabricantes de ventiladores, a través de organizaciones técnicas tales como la Air Moving and Conditioning Association (AMCA) y la American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), están desarrollando escalas de ruido en los ventiladores basadas en consideraciones como la velocidad en el extremo de las paletas, la potencia en el freno y la presión.

A menudo, un ventilador de gran tamaño operando a baja velocidad y muchas veces aún con reducida potencia, resulta económicamente mejor a largo término y produce mucho menos ruido molesto. Una regla práctica para lograr un nivel de ruido razonable es mantener la velocidad periférica del ventilador en 5,900 p/min o menos.

Cuando el ruido de soplado propio de la unidad es molesto, la solución está en rodear el ventilador con un cerramiento que lo atenue. Dependiendo del tamaño, el cerramiento puede ser de mampostería, chapa metálica gruesa y aún de madera terciada de 3/4" si la unidad es pequeña. Este aditamento debería estar forrado completamente con material acústico-absorbente. El ventilador y el motor deben estar orientados de manera que el aire en su trayecto hacia el ventilador pase sobre el motor y lo enfríe.

#### 1.7.0.0 PREVENCIÓN DE INCENDIOS. (vi)

Es importante referirse a normas existentes, tales como la NFPA Standard 91 Blower and Exhaust Systems for Dust, Stock and Vapor Removal or Conveying.

Cuando los ventiladores mueven materiales inflamables, sean sólidos o vapores, el elemento rotativo tiene que ser de material no ferroso o resistente a las chispas y la envoltura estar construida o forrada con ese material. Este requerimiento también corresponde al elemento rotativo y a su envoltura cuando el material sólido que pasa a través del ventilador es capaz de producir chispas.

Los motores de ventiladores situados en ambientes o áreas en las cuales se generan o mueven vapores o polvos inflamables deben de ser del tipo aprobado para esa condición o peligro particular. Cuando los sistemas de extracción se usan para vapores, gases, polvo, material o residuos inflamables o combustibles, es necesario descargar la electricidad estática de las correas mediante peines colectores u otros medios efectivos.

#### 1.8.0.0 VISITAS DE CAMPO

##### 1.8.1.0 OBJETIVO

- Conocer los parámetros de diseño y puesta en marcha de los sistemas de Ventilación, con los cuales se trabaja dentro de la Industria Salvadoreña.

- Verificar la hipótesis de que pudiera existir en la Industria Salvadoreña, a nivel de este tipo de Industrias y/o Instituciones encuestadas, diseños adecuados de ventilación en sus instalaciones contaminadas.

##### 1.8.2.0 ANTECEDENTES

Para obtener la información de las condiciones de los diferentes sistemas de ventilación mecánica que dan servicio a áreas industriales, se propusieron empresas potenciales que con la ayuda de la ventilación apropiada, como parte de un programa de Higiene Industrial, tengan en la medida de lo posible solucionados o controlados, problemas de contaminación en los ambientes de trabajo. Las siguientes empresas, como una muestra representativa de lo anterior, proporcionaron respaldo con su aporte informativo a la realización de este trabajo.



### 1.8.3.0 DESARROLLO.

#### 1.8.3.1 INDUSTRIAS UNIDAS, S.A. - DEPARTAMENTOS DE TEJIDOS.

El departamento de tejidos se sub-divide en las siguientes áreas: Area de preparación, de tela, inspección y/o clasificación de tela y área de telares.

Los contaminantes presentes en el área de trabajo son: ruido, partículas sólidas en el ambiente, calor; los cuales son neutralizados de acuerdo a los diversos controles que en higiene Industrial se listan. Para el contaminante ruido, que supera los 100 dB, se provee al operario de tapones, lo cual disminuye en un 50% su exposición. Para las partículas sólidas que se desprenden, debido a los sub-productos de las materias primas con que se trabajan, se ha diseñado un sistema de ventilación general forzado en todo el departamento, así como el uso de mascarillas, donde la ventilación no es utilizada debido al proceso que se lleva a cabo y se requiere para el personal filtrar el aire a respirar, aunque la conducta que presentan a esta medida es negativa.

Para el área de telares el aire acondicionado que ingresa es tratado en lavadoras de aire y distribuido por ductos. La ventilación se lleva a cabo de dos maneras, para controlar la humedad relativa, a raíz del proceso, se inyecta aire por medio de difusores en el cielo falso y agua por surtidores colocados en las paredes a una altura de 2 mts. del nivel de piso, manteniendose condiciones de trabajo de 30°C y 70% de HR a presión positiva. Para mantener condiciones de 30°C y 60% de HR, condiciones necesarias para un proceso específico dentro de la misma área, se inyecta aire acondicionado y se extrae un cierto porcentaje por extractores axiales colocados en la parte más alta del edificio (5 mts sobre el nivel del suelo).

En esta area se encuentra una máquina engomadora, la cual cubre la tela con una capa de goma caliente para darle cierta textura. Está máquina cuenta con un sistema de ventilación localizad, compuesto por campanas, ductos y ventilador que descargan al ambiente los vapores calientes de los compuestos que el proceso genera. Todo el sistema de ventilación viene diseñado para la máquina de fábrica, con instrucciones de instalación.

El área de Undimbre cuenta con extracción general, con el fin de controlar la presión térmica que se registra. El operario en está área tiene la obligación de usar mascarilla. La ventilación localizada no puede ser instalada ya que se requiere de corrientes pequeñas, sólo para limpieza del hilo.

En el área de preparación del algodón, existe una máquina embobinadora de hilo en conos, que posteriormente son trabajados en el área de undimbre, que cuenta con un sistema de captación por unidad de embobinado, que es básicamente un aspirador que genera

corrientes imposibles de persibir con el tacto conectado a un ducto principal que descarga a un colector centrífugo.

#### 1.8.3.2 A.V.X. INDUSTRIES

Ubicada en la zona franca San Bartolo, está empresa maquila condensadores de exportación. Físicamente la componen tres naves industriales en las cuales, los procesos de producción y las materias primas que se procesan, requieren que el sistema de ventilación sea combinado con un sistema de aire acondicionado. Las naves se comunican por pasillos abiertos, para lo cual se usan cortinas plásticas, verticales y gruesas, que impiden la fuga de la climatización del área.

La temperatura que se debe mantener en toda la empresa es de 22°C. Cada área cuenta con un sistema de ventilación independiente de acuerdo a la actividad que se realizará. El área de corte (se corta el excedente de material de condensadores para empaque), requiere que el operario tenga las piezas de trabajo cerca de la zona respiratoria, por lo que la ventilación es localizada en cada mesa de trabajo, por medio de campanas de extracción conectadas a ductos de PVC flexible a un ducto principal que conectará a un extractor de tiro vertical en el techo, desahogando al ambiente. El área de Hornos (cada condensador es calibrado, en esta zona se estampa la cerámica de los condensadores por calor, con la calibración que corresponde), cuenta con tres hornos cerrados, que descargan a otro extractor del mismo tipo del anterior. Es decir, cada área maneja velocidades y caudales diferentes a las otras.

#### 1.8.3.3 PINTEN

Es el taller de enderezado y pintura de la empresa DIDEA, siendo el más desarrollado a nivel centroamericano.

Todas las instalaciones son galeras de altura doble (4 a 5mts.), con lo que se logra una buena ventilación natural.

Cuenta con dos secciones de ventilación forzada, un gabinete de pintura y un laboratorio de preparación de pintura.

El gabinete de pintura es prefabricado y cuenta con lo establecido por los manuales del ASHARE en lo que a áreas de pintado se requiere. Esto incluye inyección de aire por la parte superior del gabinete y extracción en el suelo, para arrastrar el exceso de pintura en bandejas de agua. El área de este gabinete es de aproximadamente 7 x 4 x 3 mts., para lo cual se mantiene una

presión positiva, con el fin de no mezclar ambientes en la cabina. Esta cabina cuenta con un damper motorizado que controla la inyección del aire exterior, hasta terminar la sesión de trabajo de pintado, para dar después calor a la pieza tratada.

El laboratorio de preparación de pintura cuenta con un extractor centrífugo colocado en el techo del mismo (4 mts del nivel de suelo), y sobre la mesa de trabajo para hacer un barrido de aire de abajo hacia arriba. El aire entra de forma natural. Las protecciones de operario, a las altas concentraciones de contaminante químicos, se reducen al uso de mascarillas con filtros para vapores orgánicos y prefiltros para polvo.

#### 1.8.3.4 MERCADO EX-CUARTEL - AREAS DE COCINA.

El área de cocinas cuenta con la instalación de un sistema de ventilación localizada, que lo compone una campana de captación por cada puesto de trabajo.

Debido a que los caudales de gases calientes son de aproximadamente iguales en cada cocina, se diseñaron campanas de extracción de una sola dimensión y manejando el mismo caudal de extracción.

El sistema de ventilación es por medio de ductos que comunican cada campana a un ducto principal que descarga en dos extractores centrífugos en la parte alta del edificio de comercio y de allí al ambiente.

#### 1.8.3.5 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL INSTITUTO DEL SEGURO SOCIAL (Edificio Modular)

Está constituido por diez modulos, para cada cual se han dispuesto dos inyectorés (3/4 H.P.) y dos extractores (1 H.P.) del tipo de ventiladores centrífugos de potencia de techo que se encuentran en constante operación, manteniendo presión positiva en cada área.

Para las áreas de "Alto riesgo Patológico", se cuenta con equipos de extracción individuales por habitación, totalizando aproximadamente cien habitaciones.

Los quirofanos están equipados con equipos de Aire acondicionado sin recirculación de aire, es decir todo el aire que ingresa es descargado al ambiente.

#### 1.8.3.6 BENEFICIO HOLANDA

Esta empresa ubicada en Sta. Tecla se dedica a la exportación del ajonjolí, cuenta con un sistema de ventilación localizada para evitar la polución del polvillo que genera el proceso de descascarar la semilla. Este proceso se lleva a cabo por medio de tres máquinas, cada una de ellas con una campana de captación que se conectará por medio de ductos a un extractor en el techo de aproximadamente 9,000 cfm. El aire es luego descargado al ambiente.

El sistema es completado con equipo de protección para el operario, consistente en mascarillas. La temperatura del ambiente no necesita climatización.

#### 1.8.3.7 HOTEL CAMINO REAL. AREA DE PLANCHADO

El área de planchado cuenta con equipos tales como planchas y secadoras industriales, con elementos de captación individuales que conectan a un ducto principal a un ventilador de aproximadamente 5,000 cfm.

La temperatura registrada en el ambiente, es de 90°F, ya que el ventilador fue diseñado para una capacidad inferior de carga, lo cual necesita revisión.

#### 1.8.4.0 OBSERVACIONES PERSONALES.

1- Después de lo observado se puede formular la idea que en la práctica rara vez se encuentran sistemas de ventilación general o localizada bien diseñados. Habitualmente se colocan extractores e inyectores de aire en cualquier punto, sin mayor preocupación por el efecto real que ellos son capaces de producir.

2- Los sistemas de ventilación anteriormente descritos, son una muestra de los pocos que se pueden encontrar en la industria, comercio e instituciones más sobresalientes bien diseñados y calculados. La mayoría de los anteriormente descritos estuvo bajo la supervisión de consultores extranjeros, y algunos como en las máquinas en las cuales viene incorporado su sistema de extracción, las especificaciones del diseñador solo fueron para acoplar a las instalaciones de la empresa.

3- Desde el punto de control de contaminantes la ventilación de cada instalación descrita cumple con las necesidades impuestas a los diferentes procesos. Sin embargo, el presente documento analizá alternativas a los sistemas implementados que ayudarán a otras instituciones y/o empresas que requieran sistemas de ventilación Industrial.

La implementación del control en las areas industriales sobre el operario necesita, de acuerdo a lo observado, mayor dedicación en lo que se refiere a la información y/o protección del mismo con los contaminantes que maneja.

CAPITULO II

ANALISIS DEL PROBLEMA

PROPUESTA DE SOLUCION

## 2.0.0.0 ANTECEDENTES

### 2.0.1.0 POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO

Doce años de conflicto bélico, no pasan sin dejar huella, una de ellas ha sido el desplazamiento de grandes masas humanas de los lugares de origen, a zonas de mayor seguridad y de oferta real o imaginaria de oportunidades de trabajo, diversión y estudio.

La población en el área metropolitana de San Salvador, como consecuencia ha tenido un considerable crecimiento demográfico, al cual hay que sumar, naturalmente, el crecimiento por natalidad (600 habitantes por Km<sup>2</sup>)<sup>1</sup>, destacando la carencia de estos asentamientos de educación, saneamiento ambiental, fuentes de trabajo, vivienda, salud, etc.

El polígono Industrial nace dentro del esquema de Asociaciones Cooperativas, para aliviar la situación de 20,000 habitantes de las colonias Iberia y satélites (antes cabañas de la Policía de Hacienda), impulsando fuentes de trabajo, y capacitación técnica en diferentes áreas de producción.

El concepto de asociación cooperativa es una organización de personas naturales que se unen para resolver problemas comunes, dentro de la expresión democrática y con participación justa en la generación y distribución del excedente.

El polígono Industrial Don Bosco es una infraestructura que consta de cinco naves industriales, las cuales albergan diez pequeñas industrias; un pabellón de oficinas administrativas y un edificio con aulas equipadas para capacitar los miembros asociados a las diferentes empresas, donde reciben orientación catequética, parte importante de la filosofía de los fundadores, y estudios básicos.

Las diez industrias que componen el Polígono Industrial Don Bosco, son:

- Calzado
- Panadería
- Corte y confección
- Aluminio
- Fundición
- Carpintería
- Estampado
- Mecánica General
- Imprenta
- Plásticos

La organización del Polígono Industrial Don Bosco se estructura como se indica en la siguiente figura

1 Departamento de Estado de EEUU.

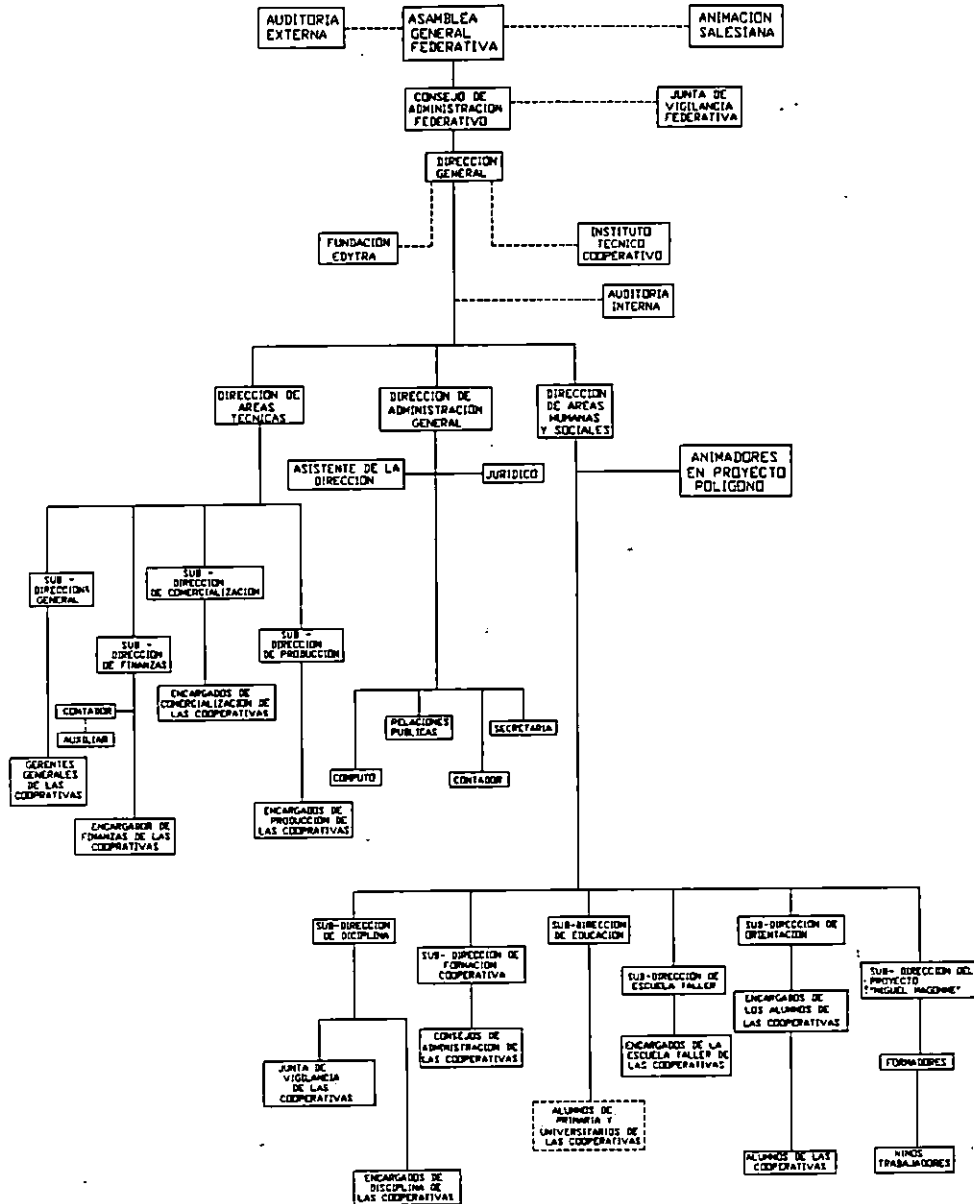


Fig. 2-1 Organigrama del Poligono Industrial Don Bosco



La organización de cada empresa consta de 7 a 11 miembros asociados, y de 3 a 5 miembros aprendices por empresa.

Dichos miembros asociados administran sus propias asociaciones cooperativas, trabajando jornadas laborales completas (44 horas semanales), con una estructura organizativa sencilla: un gerente general y un gerente de producción, responsables directos de la administración.

Los miembros no asociados (los llamados aprendices), trabajan media jornada, durante la cual reciben adiestramiento técnico en los diferentes procesos productivos de cada una de las empresas.

#### 2.0.2.0 SITUACION ACTUAL

La distribución de la infraestructura que forma el área del polígono, es como se muestra en la siguiente figura:

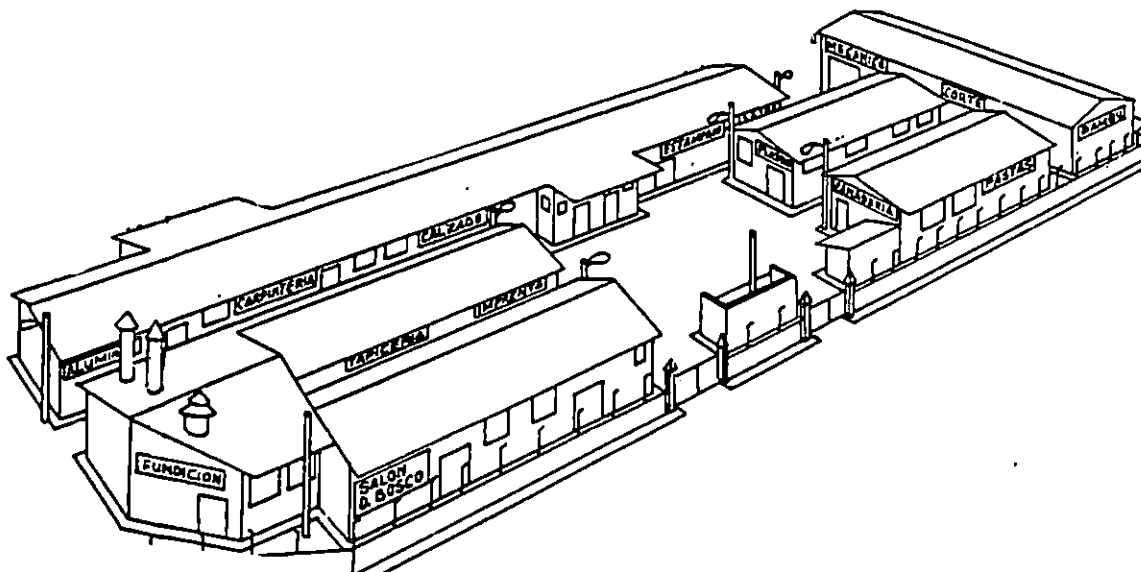


Fig. 2-2 Disposición Física del PIDB

La edificación del Polígono Industrial Don Bosco (PIDB), fue diseñada con el único fin de albergar equipo, mobiliario y personal operativo de cada empresa (15 x 20 m<sup>2</sup>, por empresa aproximadamente), sin haberse realizado un estudio previo de higiene y seguridad industrial, es decir no se consideró la iluminación y ventilación recomendada de acuerdo a la actividad productiva de cada empresa.

El desarrollo físico y tecnológico ha sido posible mediante ayudas económicas de Organismos extranjeros de fomento a la pequeña Industria, así como empresas locales, en menor grado, lo cual implica la creciente necesidad de mejorar los diferentes ambientes de trabajo y procurar higiene industrial.

Cabe aclarar que en el presente trabajo se ahonda, como objetivo principal, el estudio de la situación, problemas y posibles soluciones de la ventilación de los diferentes ambientes.

#### 2.1.0.0 NECESIDAD DE HIGIENE INDUSTRIAL

La necesidad de la higiene industrial, y sobre todo la ventilación, se detecta al observar los datos de carácter estadísticos que realiza el Instituto Salvadoreño del Seguro Social de El Salvador, sección de salud ocupacional, que realiza un censo anual de revisión medica de empresas Salvadoreñas del sector industrial, afiliadas a esta institución, con el objeto de determinar las causas que afectan la salud de los trabajadores en dichas plantas industriales, y con esa base, promover y/o actualizar programas de salud ocupacional.

La siguiente tabla es el resultado del número de personal afectado por contaminantes aereos en 1992.

CASOS	EMPRESA <sup>2</sup>
37	Industrias Unidas, S.A.
22	Industrias Sintéticas de C.A., S.A.
11	A.V.X. Industries
9	Industrias Minerva

#### 2.2.0.0 NORMAS IDEALES DE LOS AMBIENTES DE TRABAJO

Para determinar el grado de peligro potencial o latente a la salud, provenientes de agentes físicos o químicos que se producen durante las operaciones industriales en las diferentes empresas, es necesario comparar a través de mediciones ambientales con las guías higienicas, valores umbrales límites, los niveles de exposición en que se encuentran los operarios.

2 Registro Consulta externa Instituto del Seguro Social.1992

Para esta actividad es necesario conocer los niveles de exposición permisibles OSHA (apéndice A), u otra guía de seguridad de exposición basada sobre los efectos toxicológicos del material, determinar los niveles reales de exposición a los agentes físicos nocivos, el personal expuesto, su tiempo y forma de exposición (dosis), materiales usados en los procesos y tipo de operaciones.

La evaluación puede definirse como el proceso de toma de decisión cuyo resultado es una opinión acerca del grado de peligro para la salud proveniente de un agente físico o químico que se produce durante las operaciones industriales.

En sentido más amplio, la evaluación también incluye la determinación de los niveles de los agentes físicos y químicos que se producen en un proceso con el propósito de estudiar los procedimientos de trabajo relacionados y determinar la efectividad de una parte del equipo usado para controlar los peligros que surgen del mismo.

#### 2.2.1.0 IDENTIFICACION DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL PIDB

Para comparar las normas consideradas como "normales", se realizó una investigación mediante un instrumento de encuesta en la cual se responden las siguientes interrogantes:

- Qué se produce?
- Qué materias primas se usan?
- Qué equipo se emplea?
- Cúal es el ciclo de operaciones?
- Qué se hace respecto al control de polvo, limpieza de derrames y eliminación de residuos?
- Existe equipo de protección del operario?
- Son adecuados los sistema de ventilación y extracción?

Debe comprenderse el proceso industrial lo suficientemente bien para observar dónde se liberan contaminantes. Para cada proceso, realizar lo siguiente:

- Identificar las sustancias o productos terminados
- Procesos
- Tiempos de exposición

Como complemento a la respuesta obtenida mediante el instrumento mencionado se llevo a cabo muestreos o monitoreos ambientales, usando aparatos y técnicas de muestreo ambiental en horas picos de producción, calculando así un promedio diario y exposición máxima del trabajador. Los resultados de los muestreos se tabulan en la sección 2.3.3.0, comparandolos con los valores límites de exposición del apéndice A.

Dentro del mismo concepto de la investigación, se precisó saber las condiciones de ergonometricas, se llevó a cabo observaciones directas del proceso productivo; insistiendo en indagar las dosis a las que se encuentran expuestos los operarios (Quién usa qué?, dónde y por cuanto tiempo?).

#### 2.3.0.0 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA REALIZADA

##### 2.3.1.0 ENCUESTA DE CAMPO

Para efecto de esta investigación, se define como el instrumento destinado a identificar peligros reales y potenciales para la salud de los trabajadores que se puedan dar en condiciones normales y anormales.

En el caso del PIDB, el instrumento se utilizó para identificar:

- a) niveles de exposición a diversos contaminantes atmosféricos y agentes físicos;
- b) la efectividad de las medidas de control;
- c) demandas o dosis de exposición
- d) parámetros de comparación con los reglamentos de exposición

Durante la encuesta de campo las áreas de especial preocupación son las que poseen:

- . ruido excesivo
- . calor excesivo
- . ventilación inadecuada
- . posiciones difíciles para el operador con la máquina
- . exposición a la radiación
- . excesiva contaminación del aire.

### 2.3.1.1 RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE CAMPO

El formato del instrumento de encuesta utilizado en el PIDB, se encuentra en el anexo 1, y fue aplicado en las empresas de fundición, carpintería y aluminio. El encargado de llenar la información ha sido el gerente o encargado de producción de cada empresa.

Estas encuestas muestran condiciones normales de Higiene Industrial, más sin embargo la observación personal de las diferentes empresas se manifiesta contradicciones entre la práctica y lo registrado en el instrumento empleado. Es importante reconocer, de manera reflexiva, la manera o forma como los diferentes centros de producción responden a una investigación de gabinete, quienes afirman poseer condiciones de control, con el objeto de ocultar la realidad que el lector puede corroborar como lo hizo el investigador de este trabajo.

Lo anterior se resume en los siguientes items:

- falta de programas de salud ocupacional
- limitación de equipo de protección personal
- carencia de equipo de prevención de accidentes
- inadecuada limpieza en las areas de trabajo
- ausencia y/o ineficiencia de los sistemas de ventilación
- poca iluminación en los ambientes de trabajo

### 2.3.2.0 METODO DE MUESTREO AMBIENTAL

La razón principal para realizar mediciones ambientales en el lugar de trabajo, es proporcionar, dentro del esquema de diseño la información necesaria para programar en forma adecuada las medidas de control de ingeniería, con el fin de evaluar y reducir la exposición del trabajador.

La muestra consiste en un contaminante transmitido en el aire, recogido en una medición mediante un instrumento de lectura directa.

### 2.3.2.1 CONDICIONES DEL MUESTREO

En consideración de la finalidad que tiene la técnica de muestreo ambiental, es preciso que se realice bajo ciertas condiciones:

<u>finalidad del muestreo</u>	<u>condiciones</u>
- evaluar la exposición de un trabajador	- tomar muestras en la zona de respiración
- definir un peligro potencial u obtener datos con fines de control	- tomar muestras cerca de la fuente
- delinear areas de diferentes niveles de contaminación	- tomar muestras en el área general de la planta

### 2.3.3.0 RESULTADOS DEL MUESTREO AMBIENTAL

En base a lo anteriormente expuesto, se realizó monitoreos ambientales en las instalaciones del PIDB. Las muestras fueron tomadas con un medidor de partículas sólidas, un medidor de nivel de ruido y un sicrómetro, con el fin de detectar las temperaturas secas y húmedas de los ambientes a analizar.

El monitoreo se llevó a cabo en las diez empresas asociadas, dentro de las cuales las empresas de Fundición, Carpintería y Aluminio, resultaron ser las más críticas, superando los valores TLV, de acuerdo a las mediciones realizadas. Estas mediciones se llevarón a cabo en el foco, en el receptor y en el ambiente.

Los resultados de los estudios ambientales se presentan en las siguientes tablas que toma como referencia las normas OSHA.

#### 2.3.3.1 EMPRESA: FUNDICION

Aspecto:	medida PIDB (mg/m <sup>3</sup> )	NORMA OSHA valor TLV (mg/m <sup>3</sup> )
foco :	3.94	55.00
receptor :	3.50	55.00
ambiente :	0.90	55.00

*→ valores umbral límites*

*si para Industrial  
Diciembre*

Aspecto: Nivel de ruido (dB)		
	medida PIDB (dB)	valor TLV (dB)
foco :	30.00	80.00
receptor :	27.00	80.00
ambiente :	15.00	80.00

Aspecto: Temperatura de Bulbo seco y Humedad relativa		
	medida PIDB (°F)	valor TLV (°F)
foco :	115.0	98.0 ± 1.60°F
receptor :	102.0	(temperatura bucal)
ambiente :	95.0	(37 ± 1.60)°C

	medida PIDB (%)	valor TLV (%)
foco :	90	80
receptor :	85	
ambiente :	80	

### 2.3.3.2 EMPRESA: CARPINTERIA

Las siguientes mediciones se han llevado a cabo en la sierra de mesa y el cepillo, y corresponde a los promedios de las dos mediciones.

Aspecto: Concentración de partículas sólidas (mg/m <sup>3</sup> )		
	medida PIDB (mg/m <sup>3</sup> )	NORMA OSHA valor TLV (mg/m <sup>3</sup> )
foco :	11.90	0.60
receptor :	11.90	0.60
ambiente :	0.55	0.60

Aspecto: Temperatura de Bulbo seco y Humedad relativa		
	medida PIDB (°F)	valor TLV (°F)
foco :	90.0	98.0 ± 1.60°F
receptor :	90.0	(temperatura bucal)
ambiente :	90.0	

	medida PIDB (%)	valor TLV (%)
foco :	90.0	98.0 ± 1.60°F (temperatura bucal)
receptor :	90.0	
ambiente :	90.0	

Aspecto: Nivel de ruido (dB)		valor TLV
	medida PIDB (dB)	(dB)
foco :	90.00	80.00
receptor :	86.00	80.00
ambiente :	74.00	80.00
(a 4mts del foco)		

### 2.3.3.3 EMPRESA: ALUMINIO

Las siguientes mediciones se han llevado a cabo en las áreas de repujado y el área de pulido, y corresponde a los promedios de las dos mediciones.

Aspecto: Concentración de partículas sólidas (mg/m <sup>3</sup> )		NORMA OSHA
	medida PIDB (mg/m <sup>3</sup> )	valor TLV (mg/m <sup>3</sup> )
foco :		2.00
receptor :	4.00	2.00
ambiente :	2.55	2.00
Aspecto: Nivel de ruido (dB)		valor TLV
	medida PIDB (dB)	(dB)
foco :	84.00	80.00
receptor :	95.00	80.00
ambiente :	78.00	80.00

Aspecto: Temperatura de Bulbo seco y Humedad relativa		valor TLV
	medida PIDB (°C)	(°C)
foco :	90.0	98.0 ± 1.60°F (temperatura bucal)
receptor :	90.0	
ambiente :	90.0	



#### 2.4.0.0 INTERPRETACION DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE SOLUCION

Para practicar los métodos de control que solucinen las condiciones ambientales nocivos se tomarán en cuenta las siguientes variables, y es en función de ellas que se diseñará un plan que contemple las condiciones ambientales:

- a) las propiedades físicas, químicas y tóxicas del contaminante del aire;
- b) la medición realizada de exposición; y,
- c) las etapas de proceso productivo que genera el dispersamiento del contaminante aereo

Para esto se combinarán métodos de Ingeniería y administración ya estudiados (secc.1.0.0.0 ).



#### 2.4.1.0 EMPRESA: FUNDICION

Para alcanzar niveles óptimos de salud ocupacional en esta empresa, se proponen como alternativas de solución las siguientes propuestas:

##### Ventilación General

- La presión térmica detectada en el ambiente de fundición, se verá aliviado con los controles antes detallados, así como un control del movimiento del aire dentro del local de la empresa, por medio de la colocación de equipo de inyección y extracción de aire del tipo general. La generación de radiación infrarroja durante el proceso de combustión del hidrocarburo (se utiliza para alimentar la fragua aceite quemado como combustible), no puede ser extraída por ningún sistema de ventilación, pero podría mejorarse evitando la radiación solar, colocando cielo falso en el ambiente.

##### Ventilación Localizada

- Mejorar el sistema de extracción localizada, rediseñando el instrumento de captación (campana), para determinar si las dimensiones actuales, cumplen con ser las necesarias. De caso contrario, proponer las nuevas dimensiones.

- Colocar un ventilador del tipo axial en línea en el ducto de la chimenea, para darle dirección al gas caliente y evitar, de esta manera, la dispersión en el ambiente de trabajo.

### Control Administrativo

- Implementar un programa de protección respiratoria, que involucre al personal expuesto a la fragua en el período de fundición, con el uso de mascarillas con filtro y pre-filtro. Para el personal del área de moldeo, se propone el uso de mascarillas húmedas durante el proceso.

#### 2.4.2.0 EMPRESA: CARPINTERIA

Para alcanzar niveles óptimos de salud ocupacional en esta empresa, se proponen como alternativas de solución las siguientes propuestas:

#### Ventilación General

- El movimiento del aire que se pueda formar por medio de la ventilación general, debe ser de forma que arrastre el contaminante sin afectar al operario.

#### Ventilación localizada

- Con el fin de atrapar el aserrín que se forma en maquinado, en la sierra circular de mesa, sierra circular de brazo, sierra de cinta y la cepilladora. Para lo cual será necesario disponer de aspiradores locales portátiles de velocidad variable con ducto flexible para colocarlo en las diferentes máquinas cuando las actividades de las mismas fueran excluyentes. Otra opción, propone un sistema de extracción central en el techo del área a tratar, conectando los diferentes puntos de trabajo por medio de ductos flexibles hasta un ducto principal, que este acoplado directamente al extractor de techo.

### Control Administrativo

- Implementación de un programa de protección respiratoria y auditiva, debido a que los valores detectados superan los límites permisibles. Este programa incluye uso de protectores auditivos (tapones o auriculares), así como máscaras filtrantes en los diferentes procesos que se llevan a cabo, que debe ser completado con cursos de capacitación en el uso de instrumentos de protección durante la operación, haciendo ver al operario la importancia que tiene su uso para su salud.

#### 2.4.3.0 EMPRESA: ALUMINIO

Para alcanzar niveles óptimos de salud ocupacional en esta empresa, se proponen como alternativas de solución las siguientes propuestas:

##### Ventilación General

- La presión térmica detectada en el ambiente de la empresa de aluminio, en las horas de la tarde y específicamente en el área de repujado, se verá aliviado con el control del movimiento del aire que se pueda formar por medio de la ventilación general, debe ser de forma que arrastre el contaminante sin afectar al operario.

##### Ventilación localizada

- Los focos puntuales de contaminación no requieren ventilación general del local. Para la cual, resulta necesario aspiradores individuales conectados por ducto flexible, ya que las actividades a controlar tienen polución de contaminante disperso.

##### Control Administrativo

- Implementación de un programa de protección respiratoria y auditiva, debido a que los valores detectados superan los límites permisibles. Este programa incluye uso de protectores auditivos (tapones o auriculares), así como máscaras con filtros y prefiltros debido al tamaño del polvo metálico que se dispersa cerca del receptor.

#### 2.5.0.0 ALTERNATIVA DE SOLUCION PROPUESTA

Al analizar exhaustivamente las diferentes alternativas de solución, con personeros del PIDB y expertos en salud ocupacional del ISSS, se selecciono para su planeación, organización y diseño, los siguiente:

##### ↓ 2.5.1.0 EMPRESA : FUNDICION

Ventilación localizada. El diseño constará de los siguientes casos:

a) Cálculo del sistema de extracción con un ventilador en línea y sistema de filtración, con el elemento de captación y ductos existentes.

b) Cálculo del sistema de extracción con un ventilador en línea y sistema de filtración, con el elemento de captación existentes y rediseño de ductos.

Ventilación General. La ubicación de los inyectores será en las paredes norte y sur de la empresa. El colocado en la pared norte deberá ser lo más cercano posible del foco de contaminación (horno). Los extractores estarán sobre el techo de lámina a una altura aproximada de 10 p sobre el nivel del piso ( $\approx$  3 mts). Se recalca la necesidad de la implementación de la ventilación localizada en esta área.



#### 2.5.2.0 EMPRESA : CARPINTERIA

Ventilación General. Las ubicaciones de inyectores y extractores se hará en forma similar al área de fundición. Por la ubicación de la malla ciclón, sólo se requerirá un Inyector.

Ventilación localizada. Se realizará en los siguientes focos de contaminación:

- 1 - Sierra circular de mesa
- 2 - Sierra circular de brazo
- 3 - Sierra de cinta
- 4 - Cepillo

#### 2.5.3.0 EMPRESA : ALUMINIO

Ventilación General. Las ubicaciones de inyectores y extractores se hará en forma similar al área de fundición.

Ventilación localizada, que constará del diseño de ductos y cálculo de caudales independientes para el área de Pulidoras

CAPITULO III  
DISEÑO DE SISTEMAS

### 3.0.0.0 GENERALIDADES

Los parámetros para diseñar sistemas de extracción donde las restricciones son físicas, conduce a soluciones en las que los sistemas de ventilación se ajusten a espacios disponibles.

El buscar soluciones de ventilación también implica el tratamiento que el aire tiene que tener, de acuerdo al ambiente a ventilar. De esta manera, los sistemas de ventilación que a continuación se detallarán, buscan de una manera sencilla limpiar el aire a extraer para un mejor ambiente de trabajo. En las áreas en las que es necesario la recuperación del material, se propone depósitos de recolección.

Los diseños son basados en los parámetros de diseño que marca el capítulo 10 del Manual de Ventilación, de la American Conference of Governmental Industrial Hygienist [Edición 21, 1992]; el cual no pretende implantar reglas, pero si disposiciones reales, en base a experiencias de profesionales en el campo de la Ventilación Industrial.

Los diseños de Ventilación General en las empresas de Fundición, Aluminio y Carpintería, están orientados al control de los contaminantes que se produzcan, como ayuda a los sistemas de ventilación Localizada, y no como sustituto de estos.

### 3.1.0.0 LOGICA DE DISEÑO. VENTILACION LOCALIZADA

El proceso típico, es un proceso de cinco pasos que corresponde con la información de diseño del capítulo 5 del manual de Ventilación Industrial (Industrial Ventilation, 21st Edition, 1992)

#### Paso 1 . Escoger la geometría del elemento de captación

La cual estará en la información de diseño para operaciones industriales comunes, contenida en el capítulo 10 del Manual de Ventilación. Procesos que no esten cubiertos en dicho material, serán diseñados en base a formulas desarrolladas en capítulos anteriores.

#### Paso 2 . Cálculo del caudal de Aire mínimo para control

El flujo de aire requerido en cada elemento de captación, deberá estar calculado para elementos de captación específicos o con velocidades de captura ya establecidos. Los datos de diseño en el manual de Ventilación estan soportados por características observadas en aparatos de ventilación.

#### Paso 3 . Especificar la velocidad mínima en el Ducto.

La información de la velocidad de transporte en los ductos es incluida, también, en las especificaciones de diseño. Si el elemento de captación o campana. Se usará para gases y vapores, una velocidad en el ducto de 1,500 a 2,000 fpm es comunmente recomendada; si son partículas, la velocidad mínima de transporte es de 3,500 a 4,500 fpm.

#### Paso 4 . Escoger el tamaño del Ducto

El tamaño de un ducto redondo es escogido para cubrir la velocidad mínima requerida en un ducto, dependerá del caudal determinado en el paso 2. La dimensión máxima del ducto es obtenida al dividir por la velocidad mínima (paso 3). Escogido el diámetro normalizado de ducto con el área próxima "mayor", se rectificará la velocidad encontrada. La velocidad actual en el ducto, es entonces calculada basada en el área del ducto y el caudal.

#### Paso 5 . Cálculo de pérdidas de Energía

El diseño del ducto en la planta es escogido para determinar las pérdidas mínimas de energía dadas para ductos rectos y codos,

así como para no contrarrestar el espacio arquitectónico y obstrucciones de equipos. Frecuentemente diversas opciones de diseño deben ser consideradas. Una vez el diseño del ducto este definido, las pérdidas por fricción y turbulencia dadas por el flujo de aire a través del sistema, pueden ser determinadas por ecuaciones, gráficos, o tablas. Estas pérdidas pueden ser calculadas directamente en pulgadas de columna de agua, o como sea conveniente, la tabulación debe ser hecha con pérdidas expresadas como multiples de presión de velocidad (V.P.), las cuales son posteriormente convertidas en pulgadas de columna de agua.

### 3.1.1.0 METODOS DE DISEÑO

1. Calcular las pérdidas por presión del sistema de extracción. Las pérdidas de presión son las producidas por la fricción y los arreglos de los elementos contenidos en un sistema, y pueden calcularse por el método de la presión de velocidad o el método de longitud equivalente. En este trabajo se diseña en base al método de la presión de velocidad, por diferentes razones:

a) Es el método generalmente más rápido y coloca todas las pérdidas, incluyendo las de la campana de entrada, en la misma base; y

b) Ofrece la ventaja de una rápida recalculación en las dimensiones de ductos secundarios (ramales), por cambios de trayectorias o longitudes que estos experimenten.

2. Revisar el balance correcto en las entradas y ajustar el rango de flujo, la dimensión del ducto, o el diseño de la campana para obtener el flujo correcto.

3. Seleccionar el colector y el ventilador basandose en el rango de flujo final y calculos de la resistencia de todo el sistema.

### 3.1.2.0 METODO DE LA PRESION DE LA VELOCIDAD

Este método esta basado en el factor total de pérdidas en función de la presión de velocidad por fricción y forma en ductos y campanas, y puede ser calculada por un factor



multiplicador de la presión de velocidad. Para comenzar el diseño es necesario establecer sólo un valor para codos y arreglos.

Este método ofrece los factores de pérdida por pie de ducto de lámina galvanizada. Los siguientes pasos, establecen las pérdidas de presión total de un segmento de ducto que se desarrolla a partir de una campana:

a) Determinar la velocidad actual, al dividir el rango de flujo entre el área del ducto comercial escogido, por las ecuaciones del cap. I o la tabla 3-1.

b) Determinar la succión de la campana de acuerdo a las ecuaciones del cap. I o la tabla 3-2.

c) Multiplicar la longitud del ducto diseñado por el factor de pérdida obtenido por la ecuación de la fig. 3-1

d) Determinar el número y tipos de arreglos en el segmento del ducto (figs 3-2 a 3-4)

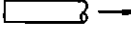
e) Sumar los resultados de los pasos c) y d), y multiplicarlos por el VP (velocity pressure) del ducto.

f) Sumar el resultado del paso e), a la succión de la campana, así como cualquier pérdida adicional (expresada en pulgadas de agua), las cuales pueden ser un equipo de limpieza. Esto establece la requerida energía acumulada, dada como presión estática a vencer por el ventilador.

### 3.1.3.0 METODO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE

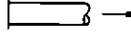
Este método es muy similar al método de la presión de la velocidad. Este método varía en la manera de calcular las pérdidas de fricción y arreglos de los elementos del sistema. La longitud de ducto recto es determinada como se describió anteriormente. Los arreglos son reemplazados por una longitud de ducto que tiene una pérdida equivalente. Estas longitudes equivalentes son una función del diámetro del ducto y son sumadas a las pérdidas de la longitud del ducto recto.

Se pueden usar para este método las figs 1-33 y 1-34 (cap.I). Para determinar las pérdidas multiplicar la longitud total por el factor de fricción y dividirlo por 100.



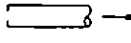
h= 0.93 VP  
C= 0.72

**BORDE PLANO DEL DUCTO**



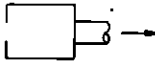
h= 0.49 VP  
C= 0.82

**BORDE FLANGEADO DEL DUCTO**



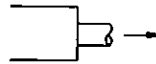
h= 1.78 VP Orificio  
C= 0.60

**BORDE CON DRIFICIO VIVO**




h= 2.3 VP, (cuando la velocidad en el ducto = velocidad en la rejilla)  
Mejor: 1.78 VP Orificio = 0.49 VP Ducto  
C= 0.55

**DUCTO FLANGEADO MAS DRIFICIO (Veras tipos de rejilla)**



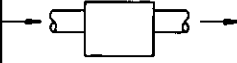
h= 0.50 VP  
C= 0.82

**ACOPLE DIRECTO RAMAL-CABINA**



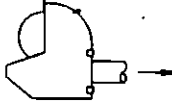
h= 0.06 VP a 0.10 VP  
C= 0.97

**ENTRADA SIN FILO AL RAMAL**



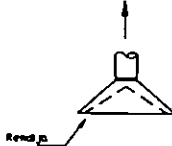
h= 1.9 VP  
C= 0.63 (aproximadamente)

**CAMARA SEPARADORA O DE SEDIMENTACION**



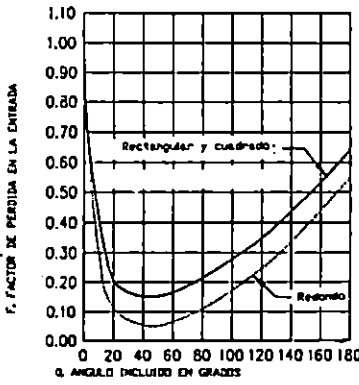
h= 0.65 VP  
C= 0.78

**CAMPANA NORMALIZADA DE PULIDORA**



h= 1.0 VP  
C= 0.70 (aproximadamente)

**DOBLE (cono interior) CAMPANA**

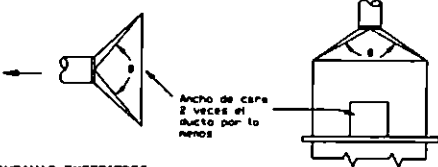


**F. FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA**

Rectangular y cuadrado

Redondo

α ANGLULO INCLUIDO EN GRADOS



**CAMPANAS EXTERIORES**  
Flangeadas o no redondas, cuadradas o rectangulares. 0 es el mejor ángulo en campanas cuadradas

Ancho de cara 2 veces el ducto por lo menos

θ	PERDIDAS EN LA ENTRADA	
	REDONDA	RECTANGULAR
15	0.15 VP	0.25 VP
30	0.08 VP	0.16 VP
45	0.06 VP	0.15 VP
60	0.08 VP	0.17 VP
90	0.15 VP	0.25 VP
120	0.26 VP	0.35 VP
150	0.48 VP	0.48 VP

VALORES MISCELANEOS	
CAMPANA	PERDIDA DE ENTRADA
Camara de corte abrasivo	1.0
Elevador de corete abrasivo	2.3
Separador abrasivo	2.3

VALORES MISCELANEOS	
CAMPANA	PERDIDA DE ENTRADA
Elevadores (encerrados)	0.69
Tuberia flangeada mas codo cerrado	0.80
Tuberia plana mas codo cerrado	1.60

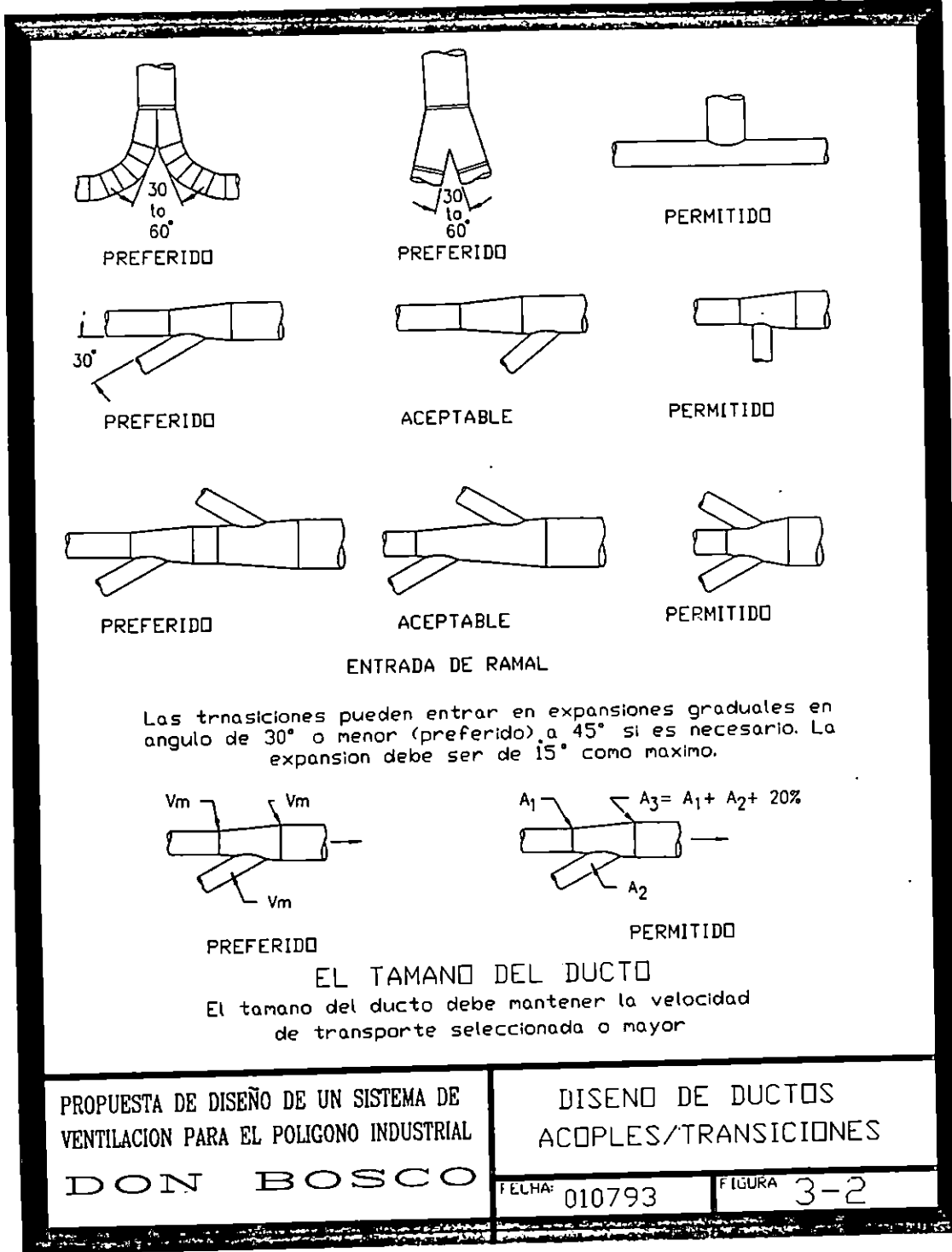
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

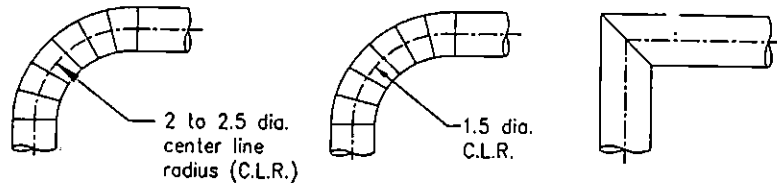
**DON BOSCO**

FACTORES DE PERDIDA ENTRADAS DUCTO/CAMPANAS

FECHA: 010793

FIGURA 3-1





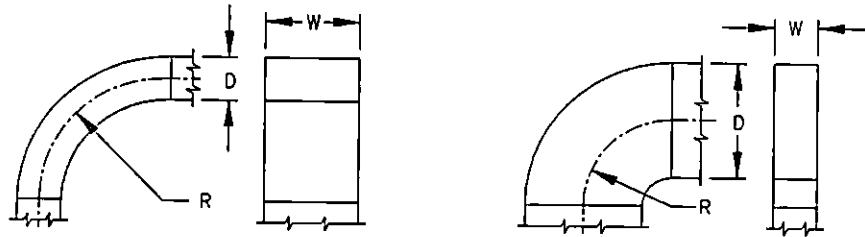
PREFERIDO

ACEPTABLE

PERMITIDO

RADIO DE CODO

Los codos pueden tener de 2 a 2.5 el radio al centro del diametro excepto donde el espacio no lo permita.



PREFERIDO

PERMITIDO

RELACION (W/D)

Los codos deben tener una relacion (W/D) y (R/D) igual o mayor que (1)

NOTA:

W: ancho  
D: diametro  
R: radio

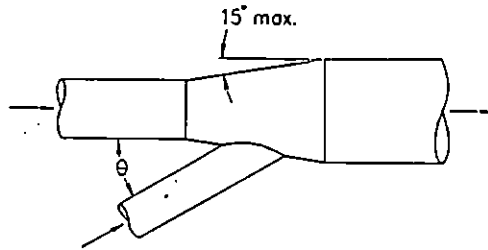
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

DISEÑO DE DUCTOS  
CODOS

FECHA: 010793

FIGURA 3-3

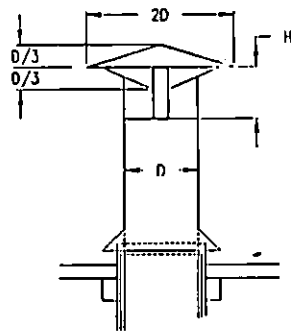


NOTA: Se asume que las pérdidas en los acoples pueden ocurrir y así se calculan

Nose incluyen en los calculos de regenerancia.

Angulo $\theta$ Grados	Fracción de pérdida de VP en el Ramal
10	0.06
15	0.09
20	0.12
25	0.15
30	0.18
35	0.21
40	0.25
45	0.28
50	0.32
60	0.44
90	1.00

PERDIDAS EN ENTRADAS DE ACOPLES



H, No de Diametros	Fracción de pérdida de VP
1.0 D	0.10
0.75 D	0.18
0.70 D	0.22
0.65 D	0.30
0.60 D	0.41
0.55 D	0.56
0.50 D	0.73
0.45 D	1.0

PERDIDAS EN CAPOTAS DE LLUVIA

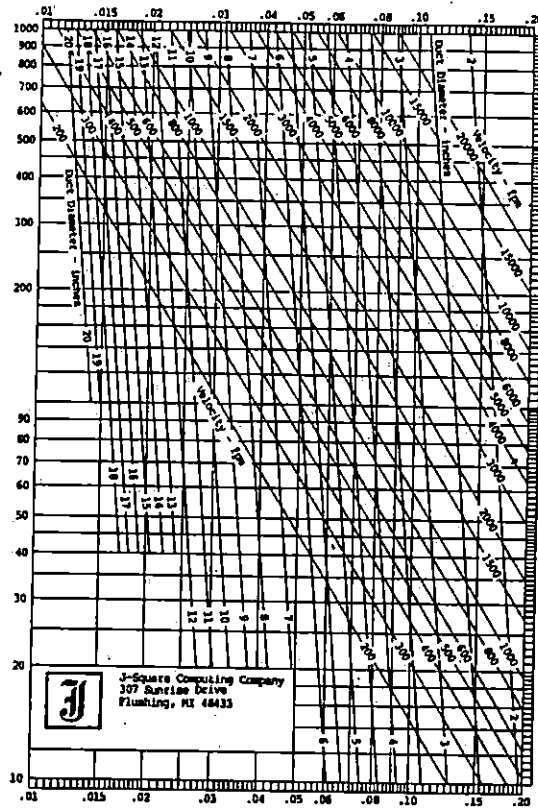
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

DISEÑO DE DUCTOS ENTRADAS/SALIDAS

FOLHA 010793

FIGURA 3-4

RANGO DE CAUDAL, CFM



**J** J-Square Computing Company  
307 Sunrise Drive  
Flushing, MI 48433

PERDIDAS POR FRICCION (HP) NUMERO DE VP POR PIE DE DUCTO

$$H = 0.0307 \frac{V^{0.533}}{Q^{0.612}} = \frac{0.4937}{Q^{0.079} D^{1.066}}$$

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

FACTORES DE  
FRICCION

FECHA: 010793

FIGURA 3-5

T. 3-1  
CONVERSION DE VELOCIDAD A PRESION DE VELOCIDAD  
AIRE NORMALIZADO

VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V
0.01	401	1.01	4025	1.51	4921	2.01	5678	2.60	6458	2.01	5678	2.60	6458	2.01	5678
0.02	566	1.02	4045	1.52	4938	2.02	5692	2.70	6581	2.02	5692	2.70	6581	2.02	5692
0.03	694	1.03	4065	1.53	4954	2.03	5706	2.80	6702	2.03	5706	2.80	6702	2.03	5706
0.04	801	1.04	4084	1.54	4970	2.04	5720	2.90	6820	2.04	5720	2.90	6820	2.04	5720
0.05	896	1.05	4104	1.55	4986	2.05	5734	3.00	6937	2.05	5734	3.00	6937	2.05	5734
0.06	981	1.06	4123	1.56	5002	2.06	5748	3.10	7052	2.06	5748	3.10	7052	2.06	5748
0.07	1060	1.07	4143	1.57	5018	2.07	5762	3.20	7164	2.07	5762	3.20	7164	2.07	5762
0.08	1133	1.08	4162	1.58	5034	2.08	5776	3.30	7275	2.08	5776	3.30	7275	2.08	5776
0.09	1201	1.09	4181	1.59	5050	2.09	5790	3.40	7385	2.09	5790	3.40	7385	2.09	5790
0.10	1266	1.10	4200	1.60	5066	2.10	5804	3.50	7493	2.10	5804	3.50	7493	2.10	5804
0.11	1328	1.11	4220	1.61	5082	2.11	5818	3.60	7599	2.11	5818	3.60	7599	2.11	5818
0.12	1387	1.12	4238	1.62	5098	2.12	5831	3.70	7704	2.12	5831	3.70	7704	2.12	5831
0.13	1444	1.13	4257	1.63	5113	2.13	5845	3.80	7807	2.13	5845	3.80	7807	2.13	5845
0.14	1499	1.14	4276	1.64	5129	2.14	5859	3.90	7909	2.14	5859	3.90	7909	2.14	5859
0.15	1551	1.15	4295	1.65	5145	2.15	5872	4.00	8010	2.15	5872	4.00	8010	2.15	5872
0.16	1602	1.16	4314	1.66	5160	2.16	5886	4.10	8110	2.16	5886	4.10	8110	2.16	5886
0.17	1651	1.17	4332	1.67	5176	2.17	5900	4.20	8208	2.17	5900	4.20	8208	2.17	5900
0.18	1699	1.18	4351	1.68	5191	2.18	5913	4.30	8305	2.18	5913	4.30	8305	2.18	5913
0.19	1746	1.19	4369	1.69	5206	2.19	5927	4.40	8401	2.19	5927	4.40	8401	2.19	5927
0.20	1791	1.20	4387	1.70	5222	2.20	5940	4.50	8496	2.20	5940	4.50	8496	2.20	5940
0.21	1835	1.21	4405	1.71	5237	2.21	5954	4.60	8590	2.21	5954	4.60	8590	2.21	5954
0.22	1879	1.22	4424	1.72	5253	2.22	5967	4.70	8683	2.22	5967	4.70	8683	2.22	5967
0.23	1921	1.23	4442	1.73	5268	2.23	5981	4.80	8775	2.23	5981	4.80	8775	2.23	5981
0.24	1962	1.24	4460	1.74	5283	2.24	5994	4.90	8865	2.24	5994	4.90	8865	2.24	5994
0.25	2003	1.25	4478	1.75	5298	2.25	6007	5.00	8955	2.25	6007	5.00	8955	2.25	6007
0.26	2042	1.26	4496	1.76	5313	2.26	6021	5.10	9043	2.26	6021	5.10	9043	2.26	6021
0.27	2081	1.27	4513	1.77	5328	2.27	6034	5.20	9130	2.27	6034	5.20	9130	2.27	6034
0.28	2119	1.28	4531	1.78	5343	2.28	6047	5.30	9216	2.28	6047	5.30	9216	2.28	6047
0.29	2157	1.29	4549	1.79	5358	2.29	6061	5.40	9301	2.29	6061	5.40	9301	2.29	6061
0.30	2194	1.30	4566	1.80	5373	2.30	6074	5.50	9385	2.30	6074	5.50	9385	2.30	6074
0.31	2230	1.31	4584	1.81	5388	2.31	6087	5.60	9468	2.31	6087	5.60	9468	2.31	6087
0.32	2266	1.32	4601	1.82	5403	2.32	6100	5.70	9550	2.32	6100	5.70	9550	2.32	6100
0.33	2301	1.33	4619	1.83	5418	2.33	6113	5.80	9631	2.33	6113	5.80	9631	2.33	6113
0.34	2335	1.34	4636	1.84	5433	2.34	6126	5.90	9711	2.34	6126	5.90	9711	2.34	6126
0.35	2369	1.35	4653	1.85	5447	2.35	6140	6.00	9790	2.35	6140	6.00	9790	2.35	6140
0.36	2403	1.36	4671	1.86	5462	2.36	6153	6.10	9868	2.36	6153	6.10	9868	2.36	6153
0.37	2436	1.37	4688	1.87	5477	2.37	6166	6.20	9945	2.37	6166	6.20	9945	2.37	6166
0.38	2469	1.38	4705	1.88	5491	2.38	6179	6.30	10021	2.38	6179	6.30	10021	2.38	6179
0.39	2501	1.39	4722	1.89	5506	2.39	6192	6.40	10096	2.39	6192	6.40	10096	2.39	6192
0.40	2533	1.40	4739	1.90	5521	2.40	6205	6.50	10169	2.40	6205	6.50	10169	2.40	6205
0.41	2564	1.41	4756	1.91	5535	2.41	6217	6.60	10241	2.41	6217	6.60	10241	2.41	6217
0.42	2596	1.42	4773	1.92	5549	2.42	6230	6.70	10312	2.42	6230	6.70	10312	2.42	6230
0.43	2626	1.43	4789	1.93	5564	2.43	6243	6.80	10382	2.43	6243	6.80	10382	2.43	6243
0.44	2657	1.44	4806	1.94	5578	2.44	6256	6.90	10451	2.44	6256	6.90	10451	2.44	6256
0.45	2687	1.45	4823	1.95	5593	2.45	6269	7.00	10519	2.45	6269	7.00	10519	2.45	6269
0.46	2716	1.46	4839	1.96	5607	2.46	6282	7.10	10586	2.46	6282	7.10	10586	2.46	6282
0.47	2746	1.47	4855	1.97	5621	2.47	6294	7.20	10652	2.47	6294	7.20	10652	2.47	6294
0.48	2775	1.48	4872	1.98	5636	2.48	6307	7.30	10717	2.48	6307	7.30	10717	2.48	6307
0.49	2803	1.49	4889	1.99	5650	2.49	6320	7.40	10781	2.49	6320	7.40	10781	2.49	6320
0.50	2832	1.50	4905	2.00	5664	2.50	6332	7.50	10844	2.50	6332	7.50	10844	2.50	6332

TABLA 3-2

## VELOCIDADES MINIMAS DE CONTROL

CONDICIONES DE DISPERSION O GENERACION DEL CONTAMINANTE	EJEMPLOS	VELOCIDAD DE DISEÑO FPM
Liberado a una velocidad no significativa en aire relativamente quieto	Evaporación o escape de vapores, gases o humos de recipientes abiertos, desengrasado, decapado, galvanoplastia.	50 - 100
Liberado con baja velocidad inicial en aire moderadamente quieto	Recintos, cabinas y ambientes para pintura por pulverización, descarga intermitente de materiales secos en recipientes, soldadura.	100 - 200
Liberado con velocidad considerable en una zona con rápido movimiento de aire	Algunas operaciones de pintura por pulverización a alta presión y en cabinas pequeñas, carga activa de barriles o recipientes, carga por cinta transportadora.	200 - 500
Liberado con alta velocidad en zonas de movimiento muy rápido del aire	Esmerilado, abrasión por chorro, pulimento de rocas.	500 - 2000

TABLA 3-3

## VELOCIDADES MINIMAS EN LOS CONDUCTOS

NATURALEZA DEL CONTAMINANTE	EJEMPLOS	VELOCIDAD DE DISEÑO FPM
Vapores, gases, humos	Todos los vapores, gases y humos	1000 - 2000
Humos metálicos y carbonosos	Soldaduras	2000 - 2500
Polvos finos de peso liviano	Polvo de madera, pelusas de algodón y polvos livianos	2500 - 3000
Polvos secos de densidad mediana	Polvos de algodón, hilachas de lustado, hilachas de yute, polvos de madera, granos de caucho y baquelita	3000 - 4000
Polvos Industriales corrientes	Lana, madera, chorro de arena, esmerilado, polvo de cuero, virutas de madera, polvos de fundición, polvos de ladrillo y asbesto	3500 - 4000
Polvos pesados	Aserrado (pesado y húmedo), vaciado de crisoles, astillas de madera, polvo de fundición de hierro	4000 - 4500
Partículas grandes de materiales con mucha humedad	Polvos de plomo y cemento húmedos	4500 y más



## 3.2.0.0 EQUIPOS A UTILIZAR

Los siguientes sistemas a implementar, determinarán las dimensiones físicas, potencia de motor y localización de equipos (ver apéndice B), tales como:

- \* ventiladores de Propela
- \* ventiladores gravitacionales de Techo
- \* ventiladores centrífugos de aletas radiales.

De acuerdo a las necesidades de movimiento de aire en cada local o máquina herramienta estudiada. Los caudales son tomados del Manual de Ventilación Industrial.

Es posible encontrar equipos similares a los de la fig.3-6. En este capítulo se diseñará un colector típico y los acoples a los ventiladores como secciones separadas, aunque se puedan encontrar en equipos como paquetes en menor espacio.

Los ductos de los sistemas de ventilación localizada son fabricados de material flexible (PVC, aluminio, plástico), los cuales ya vienen en esa presentación.

Los filtros, tendrán una eficiencia, tal y como se detalla en las especificaciones técnicas, del 77% al 90% en peso en polvo, y serán capaces de soportar temperaturas de hasta 350°F.

Los elementos de captación (campanas) y depósitos de material, serán construidos localmente, de lámina calibre 24 y madera o lámina respectivamente.

↓ 3.3.0.0 DISEÑOS DE SISTEMAS DE VENTILACION LOCALIZADA  
EN EL PIDB

EMPRESA: FUNDICION

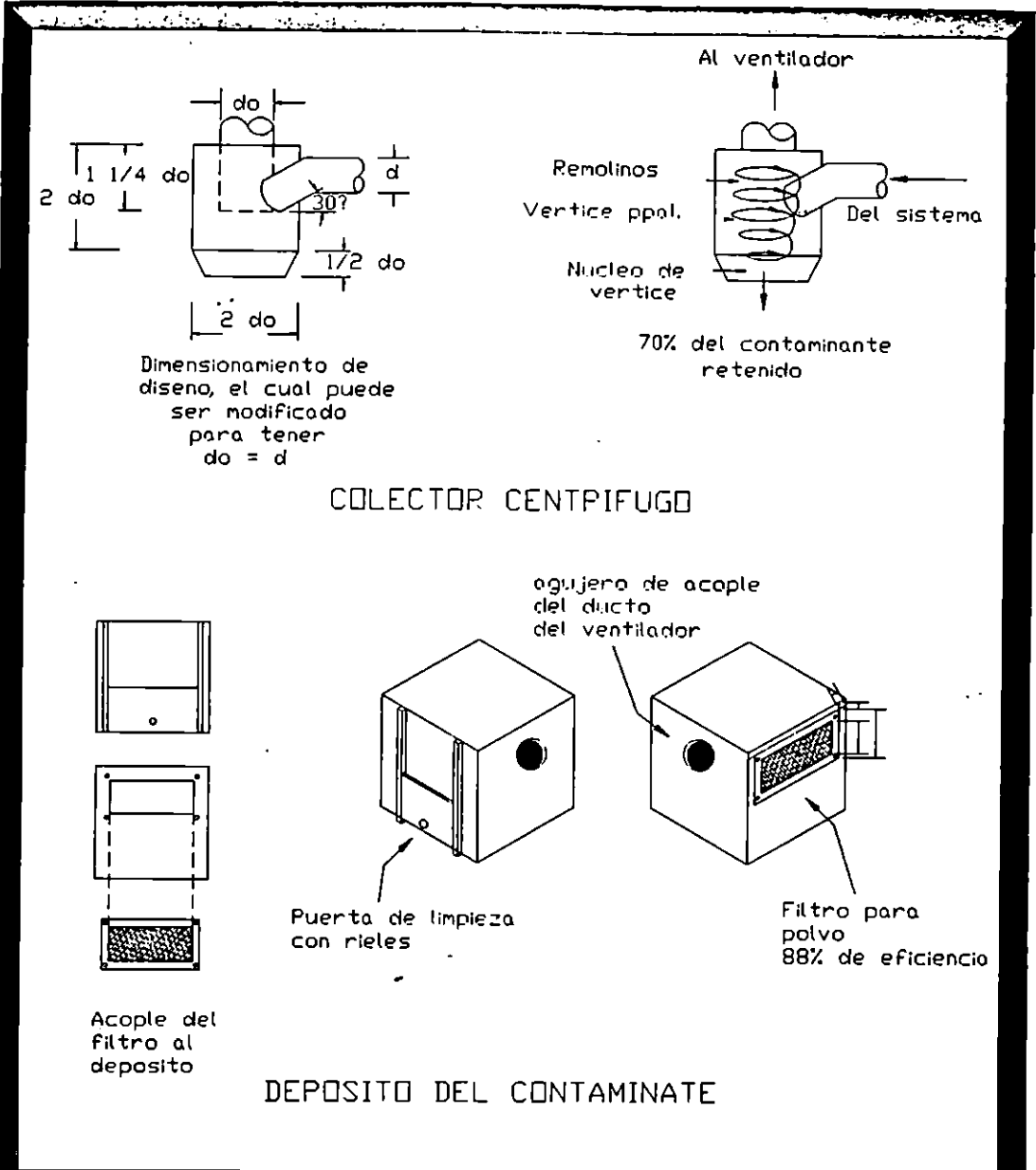
## 3.3.1.0 HORNO DE FUNDICION. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA.

La demanda de uso del horno de Fundición, alcanza a dos sesiones de fundición de 4 horas al día (2 por la mañana y 2 por la tarde); durante las cuales se experimentan las condiciones descritas en la secc. 3.2.1.1 cap II.

Las disposiciones actuales de ventilación consta de:

- elemento de captación  
área libre del crisol = 46.5 x 46.5 pulg
- ducto de extracción  
diámetro = 14 pulg.
- sombrerete de salida  
ancho = 28 pulg.

De acuerdo al Manual de Ventilación la campana tiene que cumplir con las siguientes características de diseño:



Dimensionamiento de  
diseno, el cual puede  
ser modificado  
para tener  
 $do = d$

COLECTOR CENTRIFUGO

DEPOSITO DEL CONTAMINATE

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

**DON BOSCO**

EQUIPO A INSTALARSE EN SISTEMAS  
DE VENTILACION LOCALIZADA:

- COLECTORES CENTRIFUGOS
- DEPOSITOS FINALES

FECHA: 010793

FIGURA 3-6

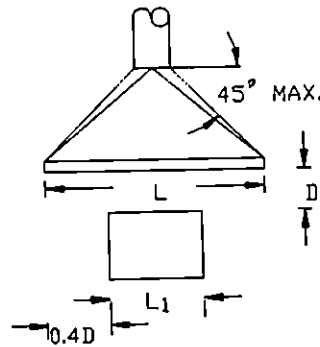


Fig. 3.7 Condiciones de diseño de una campana para gases calientes

El sistema actual posee un valor de  $D = 27.5$  ". Si  $L = 46.5$ " y  $L_1 = 25$ " para el sistema instalado se tendrá:

$$46.5 - 25 = 21.5 / 2 \text{ (ambos lados)} = 10.75"$$

El valor de  $0.40 D$  será de

$$0.40 (27.5) = 11"$$

Por lo que el diseño del sistema de ventilación del horno de fundición se hará considerando el sistema actual del elemento de captación, para dos alternativas de rediseño del sistema de distribución del aire:

#### Alternativa A)

Con el sistema de ductos ya instalado, incorporar un extractor en línea y un plenum de filtración.

#### Alternativa B)

Calcular los diámetros necesarios para los ductos de acuerdo al caudal de aire necesarios, la velocidad de control de contaminante, incorporando un extractor en línea y un plenum de filtración.

## 3.3.1.1 ALTERNATIVA A.

Los cálculos de pérdidas determinarán la presión estática que vencerá el motor del extractor en línea.

El tipo de ventilador recomendado para humos calientes puede ser un centrífugo con aletas curvadas hacia atrás o un ventilador axial. La figura 3.8 muestra la instalación del sistema de ventilación correspondiente al horno de fundición.

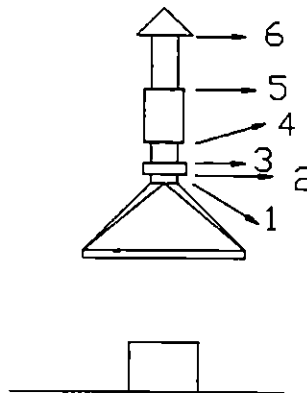


Fig. 3.8 Sistema de ventilación actual, con extractor(4-5) y plenum de filtro (2-3).

3.3.1.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES.  
ALTERNATIVA A)Elemento 1-2

2. Las disposiciones de las campanas de extracción para hornos de fundición, son las mismas, ya sean estas colocadas en serie o individuales (ver fig 3-9). Las consideraciones del caudal a extraer, se ha sobredimensionado con un factor de seguridad por la temperatura que generan los productos de combustión con que se alimenta el horno.

$$Q = 200 \text{ cfm/p}^2 * \text{abertura del elemento}$$

$$Q = 200 \text{ cfm/p}^2 * (46.5 \times 46.5) \text{ pulg}^2 * \frac{1 \text{ p}^2}{144 \text{ pulg}^2}$$

$$Q = 3,000 \text{ cfm}$$

3. En esta alternativa, la velocidad de transporte que experimentará el contaminante, se determinará sin parámetros de diseño, como se indica en la fig. 3-9, sino, a la relación que se obtiene del caudal y área transversal de los ductos.

4. Diámetro de los ductos instalados 14 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{14}{12} \right]^2 = 1.069 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{3000 \text{ cfm}}{1.069 \text{ p}^2} = 2806.4 \text{ p/min.}$$

7. La tabla 3-1, nos proporciona las pérdidas que se tienen en el ducto a raíz de la velocidad, en términos de VP. Para éste caso, normalizar el valor de la velocidad de transporte significa seleccionar la velocidad próxima menor y su respectiva presión de velocidad para cálculos.

$$\text{Velocidad próxima menor, } 2803 \text{ p/min} \quad \Rightarrow \quad VP = 0.49$$

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana a 45° ,  $\theta = 90^\circ \Rightarrow VP = 0.25$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre la campana y el plenum de filtro

22. La fig. 3-5, nos proporciona las pérdidas en VP por pies de ducto recto. Este dato se puede obtener por dos formas:

- 1 - por mapeo en el gráfico
- 2 - por la fórmula experimental detallada en la parte inferior, donde:

Q = Caudal manejado en cfm

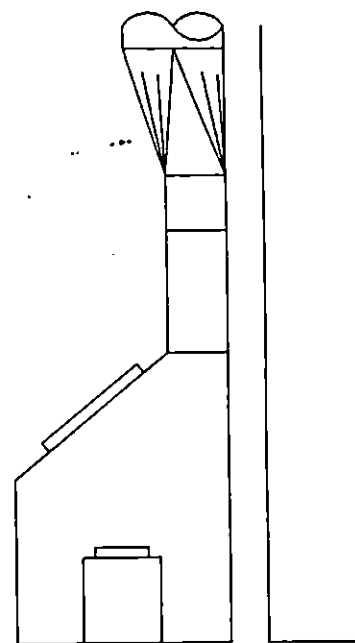
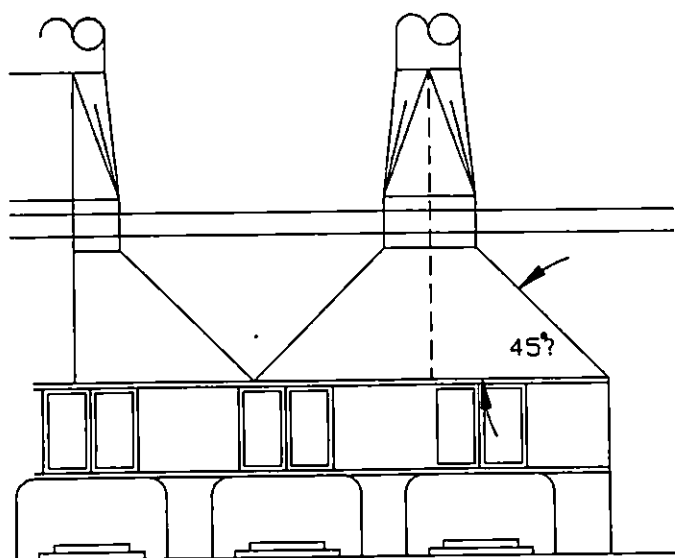
D = diámetro del ducto comercial, en pulg.

V = velocidad en el ducto, en p/min

Por facilidad se han calculado estas pérdidas por medio de la fórmula, lo cual puede ser verificado en el mapeo.

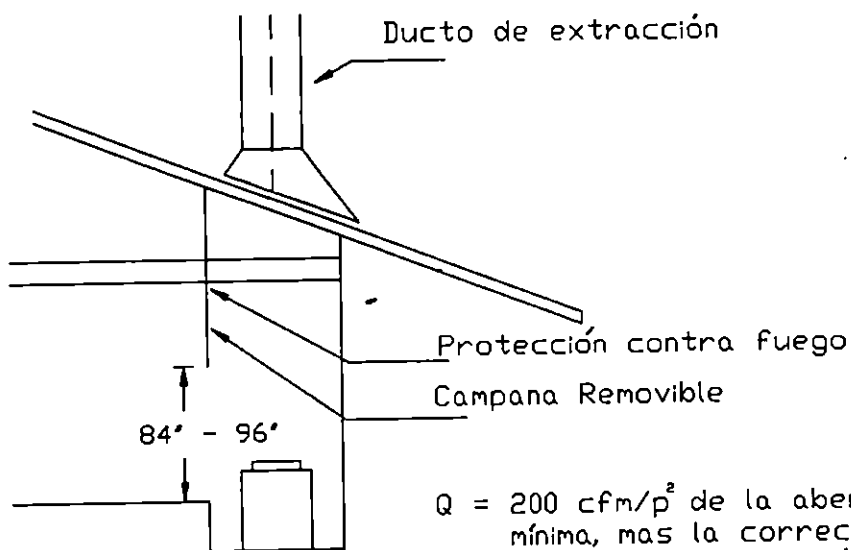
$$H_f = \frac{0.4937}{Q^{0.079} D^{1.066}} = \frac{0.4937}{(3000)^{0.079} (14)^{1.066}} \approx 0.016$$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.



$Q = 200 \text{ cfm/p}^2$  de la abertura total,  
mínima, mas la corrección por pro-  
ductos de combustión en temperatura

Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min



$Q = 200 \text{ cfm/p}^2$  de la abertura total,  
mínima, mas la corrección por pro-  
ductos de combustión en temperatura

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

HORNO DE FUNDICION  
CRISOL FIJO

FECHA: 010793

FIGURA 3-9

Elemento 2-3 (Panel del filtro)

El caudal a transportar será el mismo que en el tramo anterior ya que es descarga total en un ducto, por crisol encendido. El ducto actual no se verá modificado en esta alternativa, teniendo el mismo diámetro que en tramo anterior.

19. El filtro requerido en operaciones de fundición produce una pérdida de 0.16" s.p., de acuerdo a la velocidad y temperatura existentes en el ducto de transporte (condiciones de filtros comerciales).

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

Elemento 3-4 (Ducto recto)

Para una misma sección de ducto, tenemos:

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la entrada del ducto con flange »  $VP = 0.49$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre el plenum del filtro y el ventilador en línea.

22. La fig. 3-5, para las mismas condiciones de caudal, diámetro y velocidad se tiene  $H_f = 0.016$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

Elemento 5-6 (Ducto recto)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la entrada del ducto con flange »  $VP = 0.49$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

HOJA DE CALCULO 1

HOJA DE CALCULO . RETORNO DE LA PRESION DE VELOCIDAD  
NOMBRE DEL SISTEMA : HOMO DE FUMACION ALT. A

NUMERAL		1-2	2-3	3-4	4-5
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO				
2	CAUDAL MINIMO DE CONTROL CFM	3000	3000	3000	3000
3	VELOCIDAD MINIMA DE TRANSPORTE FPM				
4	DIAMETRO DEL DUCTO PULG	14	14	14	14
5	AREA DEL DUCTO P"	1.06902	1.06902	1.06902	1.06902
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO FPM	2806.32	2806.32	2806.32	2806.32
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO "v.g.	0.49	0.49	0.49	0.49
8	AREA DE LA REMIJA P"				
9	VELOCIDAD DE LA REMIJA FPM				
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L "v.g.				
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA REMI FIG. A				
12	FACTOR DE ACELERACION 0 o 1				
13	PERDIDA EN EL PLENUM POR V.P 11 + 12				
14	S.P. DEL PLENUM 10 + 13				
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA FIG. A	0.25		0.49	
16	FACTOR DE ACELERACION 0 o 1		1		1
17	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 15 + 16		1.25		1.49
18	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 7 + 17		0.6125		0.7301
19	OTRAS PERDIDAS "v.g.			0.16	
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 16 + 18 + 19	0.6125	0.16	0.7301	
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO P	0.4766		0.2083	13
22	FACTOR DE FRICCION (HF) FIG. B	0.018		0.016	0.016
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P. 21 + 22	0.00567		0.00333	0.208
24	Nº. DE CODOS A 90°				
25	PERDIDA DE CODOS POR V.P. 24 + f.p.				
26	Nº DE ENTRADAS				
27	PERDIDA POR ENTRADA POR V.P. 26 + f.p.				
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES			1	
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P. 23 + 25 + 27	0.00667		1	0.00333
30	PERDIDA DEL DUCTO 7 + 29	0.00327	0.49	0.00163	0.10192
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P. 20 + 30	0.61577	0.65	0.73173	0.10192
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA "v.g.	-0.6158	-1.2658	-1.9973	

CALCULO F.S.P.=

1.609 "v.g.

FACTORES DE PERDIDA  
CODOS A 90°

R/D	FACTOR
CRUCE VIVO	1.25
1.5	0.39
2.0	0.27
2.5	0.22
CODOS A 40°	2/3 PERDIDA
CODOS A 45°	1/2 PERDIDA

FACTORES DE PERDIDA  
ENTRADA DE BANALES

ANGULO	FACTOR
15°	0.09
30°	0.18
45°	0.28
60°	0.44
90°	1.00



21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el escape final del ducto.

22. La fig. 3-5, para las mismas condiciones de caudal, diámetro y velocidad se tiene  $H_f \approx 0.016$

El cálculo que sigue es la presión a vencer por el ventilador:

$$F.S.P. = \left[ \begin{array}{l} \text{Presión estática de salida} \\ \quad \quad \quad (-) \\ \text{Presión estática de entrada} \\ \quad \quad \quad (-) \\ \text{Presión de velocidad de la entrada} \end{array} \right.$$

Estos resultados se resumen en la hoja de cálculo 1



### 3.3.1.3 ALTERNATIVA B

La dimensión corregida de los ductos del sistema de ventilación se hará tomando en cuenta las velocidades de control en el ducto de transporte del contaminante, la de captura, y las pérdidas en el ducto y el sistema de filtros a vencer por el ventilador. Los tramos para análisis se mantienen con los de la fig 3-8.

### 3.3.1.4 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES. ALTERNATIVA B

#### Elemento 1-2

2. De acuerdo al item 2 en el elemento 1-2 de la alternativa A, las consideraciones del caudal a extraer (fig. 3-9), se ha sobredimensionado con un factor de seguridad por la temperatura que generan los productos de combustión con que se alimenta el horno.

$$Q = 200 \text{ cfm/p}^2 * \text{abertura del elemento}$$

$$Q = 200 \text{ cfm/p}^2 * (46.5 \times 46.5) \text{ pulg}^2 * \frac{1 \text{ p}^2}{144 \text{ pulg}^2}$$

$$Q = 3,000 \text{ cfm}$$

3. De la fig.3-9, la velocidad mínima en el ducto es de 3,500 fpm. La velocidad de captura, será tomando en cuenta que el contaminante (humo y gases de combustión), se dispersa activamente en la zona. De acuerdo a la tabla 3-2, la velocidad en la campana será de :  $100 + 3500 = 3600$  fpm

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.

$$\text{así: } Q = V * A \quad \gg \quad A = \frac{Q}{V} = \frac{3000}{3600} = 0.833 \text{ p}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \gg \quad d^2 = \frac{4}{\pi} (0.833)$$

$$d = 1.03 \text{ p} \approx 12.36 \text{ pulg.}$$

diámetro comercial ajustable = 14 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{14}{12} \right]^2 = 1.069 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \gg \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{3000 \text{ cfm}}{1.069 \text{ p}^2} = 2806.4 \text{ p/min}$$

7. La tabla 3-1, nos proporciona las pérdidas que se tienen en el ducto a raíz de la velocidad, en términos de VP. Para éste caso, normalizar el valor de la velocidad de transporte significa seleccionar la velocidad próxima menor y su respectiva presión de velocidad para cálculos.

$$\text{Velocidad próxima menor, } 2803 \text{ p/min} \quad \gg \quad VP = 0.49$$

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana a  $45^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ \quad \gg \quad VP = 0.25$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre la campana y el plenum de filtro

$$22. H_f = 0.016$$

Elemento 2-3 (Panel del filtro)

El caudal a transportar será el mismo que en el tramo anterior ya que es descarga total en un ducto, por crisol encendido. El ducto actual no se verá modificado en esta alternativa, teniendo el mismo diámetro que en tramo anterior.

19. El filtro requerido en operaciones de fundición produce una pérdida de 0.16" s.p., de acuerdo a la velocidad y temperatura existentes en el ducto de transporte (condiciones de filtros comerciales).

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

elemento 3-4 (Ducto recto)

Para una misma sección de ducto, tenemos:

15.  $VP = 0.49$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre el plenum del filtro y el ventilador en línea.

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

Elemento 5-6 (Ducto recto)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

15.  $VP = 0.49$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el escape final del ducto.

HOJA DE CALCULO 2

HOJA DE CALCULO - METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD

NOMBRE DEL SISTEMA : NORMA DE FUNCION ALT. 8

NUMERAL					
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO		1-2	2-3	3-4
2	CARGAL MINIMO DE CONTROL	CFR	3000	3000	3000
3	VELOCIDAD MINIMA DE TRANSPORTE	PPR	4000	3500	3500
4	DIAMETRO DEL DUCTO	MILS	12	14	14
5	AREA DEL DUCTO	P <sup>2</sup>	0.7854	1.06902	1.06902
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO	PPR	3819.71	2806.32	2806.32
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO	"w.g.	0.91	0.49	0.49
8	AREA DE LA REMEJA	P <sup>2</sup>			
9	VELOCIDAD DE LA REMEJA	PPR			
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L.	"w.g.			
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA REND fig. A				
12	FACTOR DE ACELERACION	0 o 1			
13	PERDIDA EN EL PLENUM POR V.P 11 + 12				
14	S.P. DEL PLENUM	10 + 13			
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA fig. A		0.25		0.49
16	FACTOR DE ACELERACION	0 o 1	1		1
17	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 15 + 16		1.25		1.49
18	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 7 + 17		1.1375		0.7301
19	OTRAS PERDIDAS	"w.g.		0.16	
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 14 + 18 + 19		1.1375	0.16	0.7301
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO	P	0.4166		0.2083
22	FACTOR DE FRICCION (HF)	fig. B	0.018		0.016
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P.	21 + 22	0.0075		0.00333
24	Nº DE CODOS A 90°				
25	PERDIDA DE CODOS POR V.P.	24 + f.p.			
26	Nº DE ENTRADAS				
27	PERDIDA POR ENTRADA POR V.P.	26 + f.p.			
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES			1	
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P.	23 + 25 + 27	0.0075	1	0.00333
30	PERDIDA DEL DUCTO	7 + 29	0.00682	0.49	0.00163
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P.	20 + 30	1.14432	0.65	0.73173
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA	"w.g.	-1.1443	-1.7943	-2.5261

CALCULO F.S.P. =

2.138 "w.g.

FACTORES DE PERDIDA CODOS A 90 °		FACTORES DE PERDIDA ENTRADA DE RAMALES	
R/B	FACTOR	ANGULO	FACTOR
CRUCE VIVO	1.25	15°	0.09
1.5	0.39	30°	0.18
2.0	0.27	45°	0.28
2.5	0.22	60°	0.44
CODOS A 60 °	2/3 PERDIDA	90°	1.00

### 3.3.1.5 CONCLUSION

No es necesario modificar el sistema actual de ductos. Para el cual sólo es necesario incorporar un ventilador en línea que soporte temperaturas altas.

EMPRESA: CARPINTERIA

### 3.3.2.0 SIERRA CIRCULAR DE MESA. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA.

El cálculo del sistema de extracción para la sierra circular de mesa, determinará la presión estática a vencer por un extractor colocado en la línea de succión del contaminante.

Se incluyen las pérdidas por un ciclón centrífugo, colocado a la entrada del ventilador centrífugo radial (apendice B).

La disposición de incluir un depósito final, tienen dos objetivos:

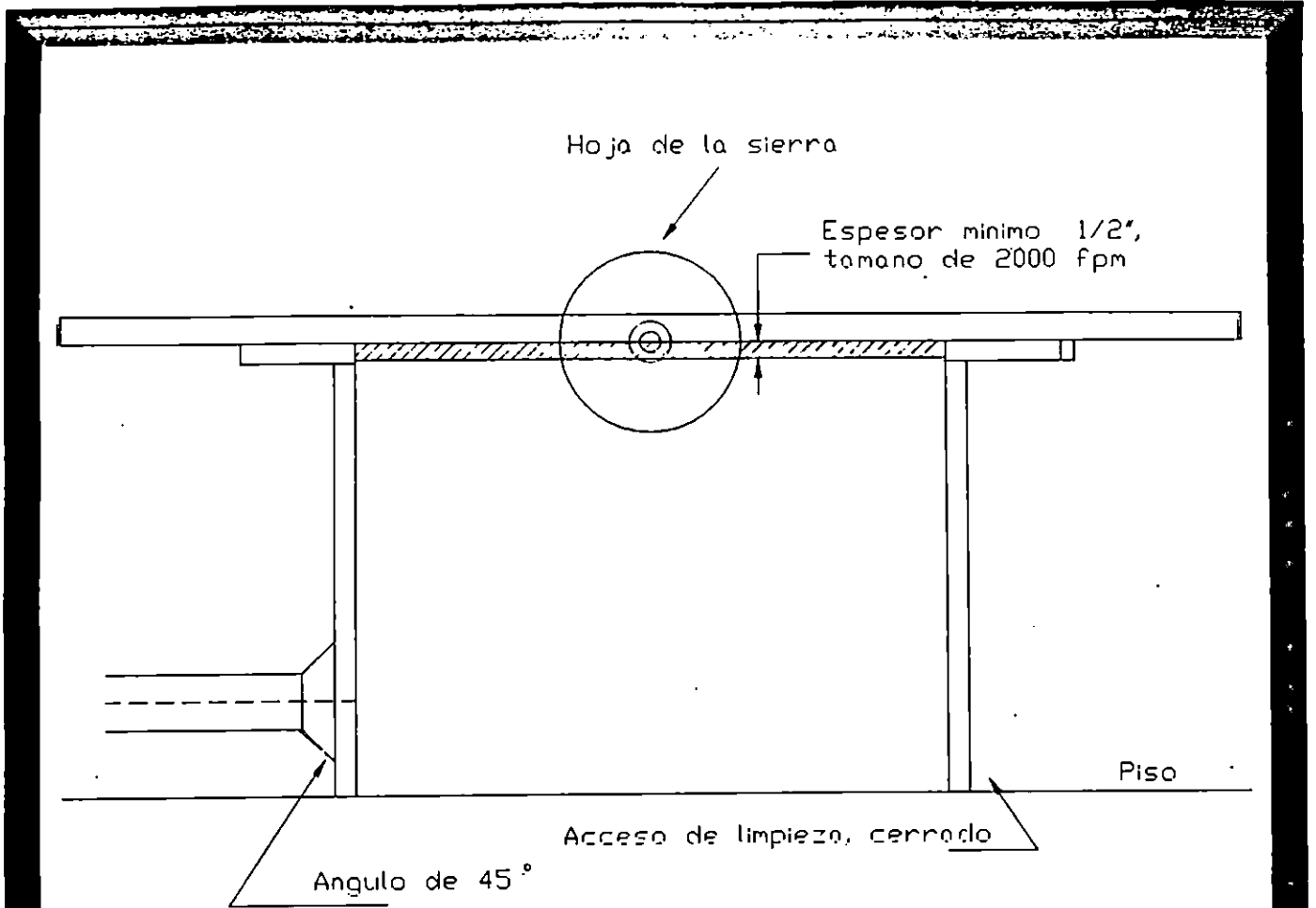
1. No propagar partículas extraídas del equipo, al ambiente.
2. Recuperación del material en forma total, para usos de la empresa.

Las características del equipo son:

diámetro de la sierra :	10.0"
ancho de la mesa:	30.0"
largo de la mesa:	31.5"
alto de la mesa:	39.4" (1.00 mt)

### 3.3.2.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION

En base a la fig. 3.10 , para una sierra circular de mesa de 10" de diámetro es necesario extraer 350 cfm. Para esto es necesario, cerrar lateralmente la base de la sierra con secciones de lámina galvanizada, para evitar fugas de material al ambiente de trabajo, evitando así corrientes cruzadas al sistema de extracción. La campana de extracción debe ser de sección cuadrada de acople directo a la base. La velocidad de captura, de acuerdo a la tabla 3-2, es de 2,000 fpm para operaciones de corte



Diametro de la sierra pulgadas	rango de flujo de extraccion cfm
hasta 16"	350
16 a 24"	440
sobre 24"	550
sierra de hojas cuadradas	550

Velocidad minima en el ducto = 4000 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

SIERRA CIRCULAR  
DE MESA

FECHA: 010793

FIGURA 3-10

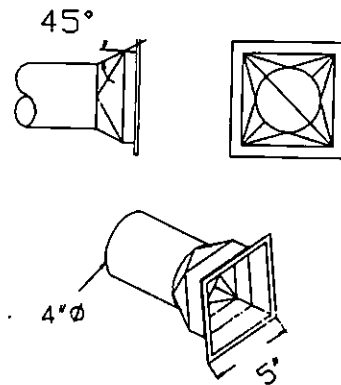


Fig. 3-11 Campana de extracción lateral a la base.

Para una campana de sección cuadrada

$$\text{Area efectiva} = \frac{Q}{V} = \frac{350}{2,000} = 0.175 \text{ p}^2$$

$$A = l \times l \gg 0.175 = l^2$$

$$l = 0.41833 \text{ p} \approx 5 \text{ pulg. (0.125 m)}$$

La longitud de esta campana se encuentra restringida por el ducto calculado

$$\text{tang } 45^\circ = \frac{1}{a} = 1 \text{ pulg.}$$

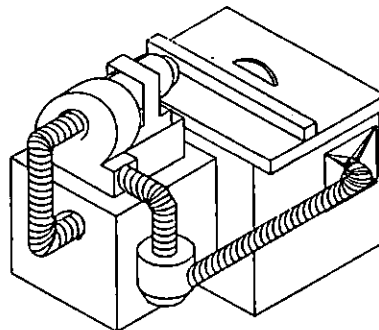


fig. 3-12 Disposición del sistema de extracción localizada

### 3.3.2.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES

#### Elemento 1-2

2. De acuerdo al item 2 en el elemento 1-2 (fig. 3-12), las consideraciones del caudal a extraer (fig. 3-10), para una sierra

de 10" de diámetro, es de

$$Q = 350 \text{ cfm}$$

3. De la fig. 3-10, la velocidad mínima en el ducto es de 4,000 fpm. La velocidad de captura considera las disposiciones que se crearán al cerrar el equipo. Está será de

$$2000 + 4000 = 6000 \text{ fpm}$$

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.

$$\text{así: } Q = V * A \quad \gg \quad A = \frac{Q}{V} = \frac{350}{6000} = 0.0583 \text{ p}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \gg d^2 = \frac{4}{\pi} (0.0583) \gg d = 0.272 \text{ p} \approx 3.27 \text{ pulg.}$$

diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{4}{12} \right]^2 = 0.087 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \gg \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{350 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 4010.7 \text{ p/min}$$

7. La tabla 3-1, nos proporciona las pérdidas que se tienen en el ducto a raíz de la velocidad, en términos de VP. Para nuestro caso, el normalizar el valor de la velocidad de transporte significa el seleccionar la velocidad próxima menor y su respectiva presión de velocidad para cálculos.

$$\text{Velocidad próxima menor, } 4005 \text{ p/min} \gg VP = 1.00$$

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana a 45°,  $\theta = 90^\circ \gg VP = 0.25$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre la campana y el colector centrífugo.



HOJA DE CALCULO 3

HOJA DE CALCULO . METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD

NOMBRE DEL SISTEMA : SIERRA CIRCULAR DE MESA

NUMERAL					
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO		1-2	2-3	3-4 5-6
2	CAUDAL MINIMO DE CONTROL	CFM	350	350	350 350
3	VELOCIDAD MINIMA DE TRANSPORTE	FPM	6000	4000	4000
4	DIAMETRO DEL DUCTO	PULG	4	4	4 4
5	AREA DEL DUCTO	P <sup>2</sup>	0.08727	0.08727	0.08727 0.08727
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO	FPM	4010.7	4010.7	4010.7 4010.7
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO	"w.g.	1	1	1 1
8	AREA DE LA REMIJA	P <sup>2</sup>			
9	VELOCIDAD DE LA REMIJA	FPM			
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L.	"w.g.			
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA BOMB fig. A				
12	FACTOR DE ACELERACION	0 o 1			
13	PERDIDA EN EL PLENUM POR V.P 11 + 12				
14	S.P. DEL PLENUM	10 x 15			
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA fig. A		0.25		0.49
16	FACTOR DE ACELERACION	0 o 1	1		1
17	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 15 + 16		1.25		1.49
18	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 7 x 17		1.25		1.49
19	OTRAS PERDIDAS	"w.g.		1.5	
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 14 + 18 + 19		1.25	1.5	1.49
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO	P	3.28		2.152 2.296
22	FACTOR DE FRICCION (NF)	fig. B	0.0709		0.0709 0.0709
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P.	21 x 22	0.23255		0.13116 0.16279
24	Nº. DE CODOS A 90°		1		
25	PERDIDA DE CODOS POR V.P.	24 x f.p.	0.39		0.39
26	Nº DE ENTRABAS				
27	PERDIDA POR ENTRABA POR V.P.	26 x f.p.			
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES				
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P.	23 + 25 + 27	0.62255		0.54116 0.16279
30	PERDIDA DEL DUCTO	7 x 29	0.62255		0.54116 0.16279
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P.	20 + 30	1.87255	1.5	2.03116 0.16279
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA	"w.g.	-1.8726	-3.3726	-5.4037

CALCULO P.S.P. =

4.568 "w.g.

FACTORES DE PERDIDA CODOS A 90°		FACTORES DE PERDIDA ENTRABA DE BANAJES	
R/D	FACTOR	ANGULO	FACTOR
CRUCE VIVO	1.25	15°	0.09
1.5	0.39	30°	0.18
2.0	0.27	45°	0.28
2.5	0.22	60°	0.44
CODOS A 60°	2/3 PERDIDA	90°	1.00
CODOS A 45°	1/2 PERDIDA		

22. La fig. 3-5, nos proporciona las pérdidas en VP por pies de ducto recto. Por la fórmula experimental detallada en la parte inferior,  $H_f \approx 0.071$

24. Se ha considerado un codo para el cambio de trayectoria del ducto hacia el colector, donde se tiene un acople sin codo.

25. Los factores de pérdida para codos, se encuentra en la parte inferior de la hoja de cálculo.

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 2-3 (Colector centrífugo)

El caudal a transportar será el mismo que en el tramo anterior ya que es descarga total en un ducto.

4. El ducto actual no se verá modificado en esta alternativa, teniendo el mismo diámetro que en tramo anterior.

19. Para diseño, se calculará en base a la máxima pérdida que se experimenta en un sistema de ventilación localizada por el acople de un colector centrífugo  $\approx 1.5$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

#### Elemento 3-4 (Acople del colector al ventilador)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la entrada del ducto con flange  $\gg VP = 0.49$

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto de acople entre el colector y el ventilador.

22. La fig. 3-5, para las mismas condiciones de caudal, diámetro y velocidad se tiene  $H_f \approx 0.071$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

Elemento 5-6 (Acople del ventilador al recipiente final)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el recipiente final del contaminante.
22. La fig. 3-5, para las mismas condiciones de caudal, diámetro y velocidad se tiene  $H_f = 0.071$

## 3.3.2.3 CONCLUSION

Es necesario modificar las condiciones físicas de la sierra circular de mesa, para poder incorporar el sistema de extracción localizada cerrando el equipo para controlar y evitar la polución de contaminante al ambiente. Es necesario para este equipo incorporar un ventilador que sea capaz de vencer 4.6 "s.p., para 350 cfm , del tipo centrífugo de aletas radiales.

EMPRESA: CARPINTERIA

## 3.3.3.0 SIERRA DE CINTA. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA.

El cálculo del sistema de extracción para la sierra de cinta, determinará la presión estática a vencer por un extractor colocado en la línea de succión del contaminante. Se incluyen las pérdidas por un ciclón centrífugo, colocado a la entrada del ventilador centrífugo radial (apendice B).

La disposición de incluir un depósito final, tienen los mismos objetivos descritos en el análisis del diseño del sistema de extracción localizada en la sierra circular de mesa.

Las características del equipo son:

ancho de la sierra :	1/2"
ancho de la carcasa de la sierra:	2.5"

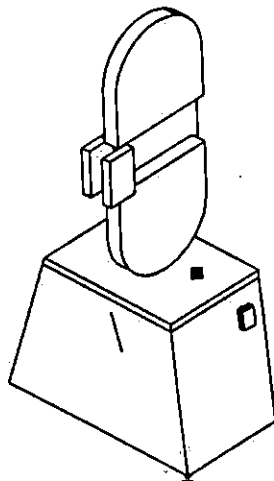
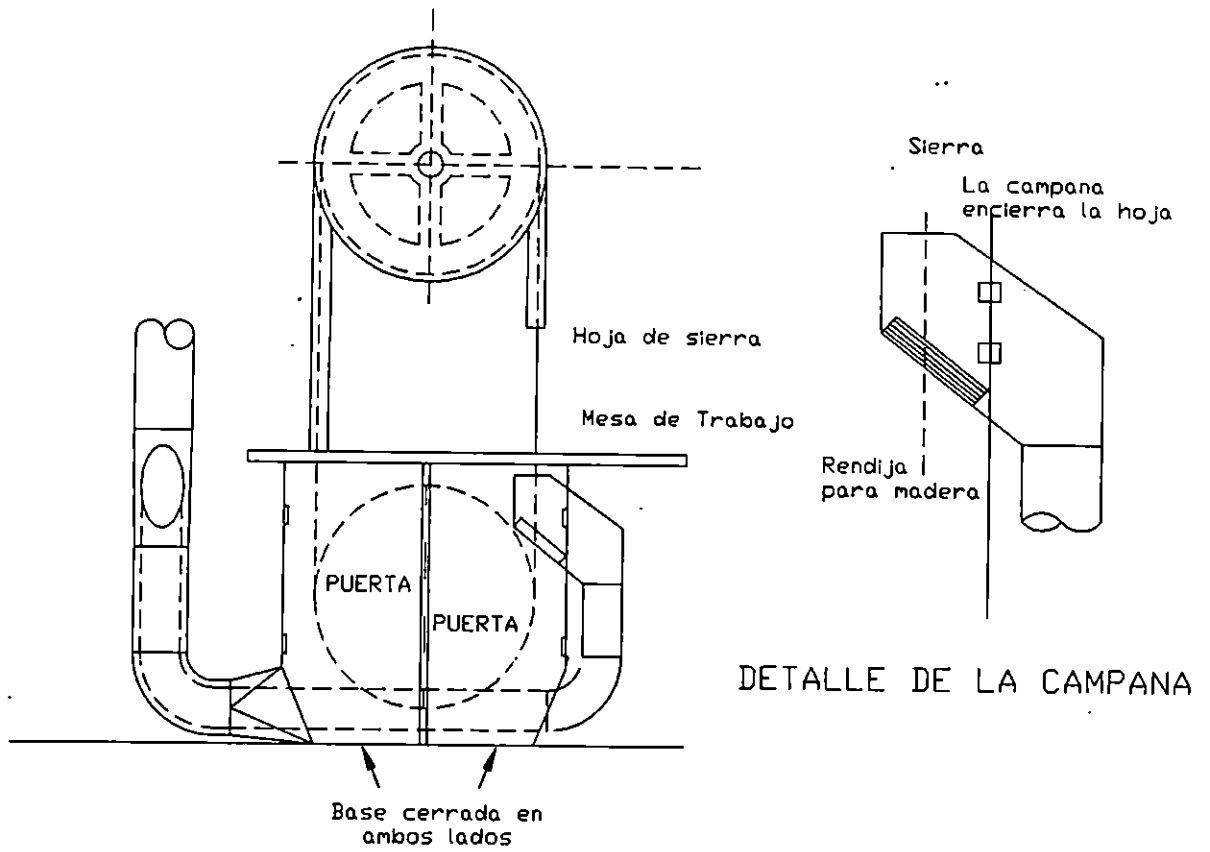


fig. 3-13. Disposiciones del sistema instalado



Ancho de la Hoja pulgadas	Rango de flujo de Extracción, cfm		
	abajo	arriba	total
hasta 2	350	350	700
de 2 a 3	350	550	900
de 3 a 4	550	800	1,350
de 4 a 6	550	1,100	1,650
de 6 a 8	550	1,400	1,950

Velocidad mínima del ducto = 3500 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

SIERRA DE CINTA

FECHA: 010793

FIGURA 3-14

## 3.3.3.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION SUPERIOR

El manual de ventilación (ver fig. 3-14), propone dos elementos de captación para la sierra de cinta. El caudal total de aire a extraer es de 700 cfm, para ancho de sierra inferiores a 2". Cada elemento de captación debe ser capaz de extraer 350 cfm.

El diseño de la campana superior (ver fig. 3-15), se toman como base las mismas consideraciones tomadas para el diseño de la sierra circular de mesa (tabla 3-2):

caudal a extraer : 350 cfm.  
velocidad de captura: 2,000 fpm

El diseño incluye rendijas en la captación del plenum de la campana, para lo cual se tiene, que el ancho máximo (fig. 3-16) es el espesor de la carcaza cerrada de la sierra, con un angulo de inclinación de 60° con respecto a la horizontal y un paso de sierra en la parte superior del plenum.

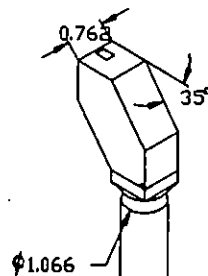


fig. 3-15 detalle de la campana superior

El área libre por rendija estará limitado por este ancho máximo.



fig. 3.16 secciones de área de rendija

$$Q \text{ en cada rendija} = \frac{350 \text{ cfm}}{3} = 116.7 \text{ cfm}$$

$$Q = V_s A_s = V_s L W$$

donde:

Q : caudal a extraer por rendija, 116.7 cfm  
 Vs: velocidad de captura por rendija, 2000 fpm  
 L : largo de la sección de la rendija  
 W : ancho de la sección de la rendija

También se tendrá en consideración la relación mínima que se tiene entre W y L, de una rendija (secc. 4.7.0.0 cap. I)

$$W/L = 0.2 \quad \Rightarrow \quad W = 0.2 L \quad (a)$$

$$Q = V_s L W \quad \Rightarrow \quad \frac{Q}{V_s} = W L = \frac{116.7}{2000} = 0.0583 \text{ p}^2$$

Sustituyendo la relación (a),

$$0.2 L^2 = 0.0583 \quad \Rightarrow \quad L = 0.54 \text{ p} \approx 6.5 \text{ pulg.}$$

Sustituyendo para W

$$W = 1.3 \text{ pulg}$$

Esto implica secciones entre rejillas de 5/8" ( $\approx 1 \text{ mm}$ ).

### 3.3.3.2 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCIÓN INFERIOR

Para el cálculo de diseño del elemento de captación inferior, se tendrá con base, el que debe ser capaz de extraer 350 cfm.

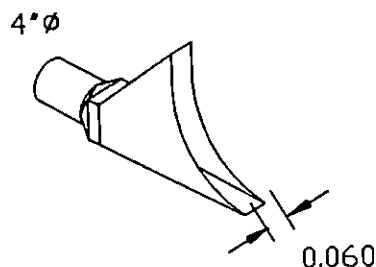


fig. 3.17 detalle de campana inferior

Para la consideración del área efectiva de captación, se tiene por la relación de  $WL = 0.7$ , el área de la campana.

$$W = 2.5 \text{ pulg.}$$

$$L = 3.5 \text{ pulg.}$$

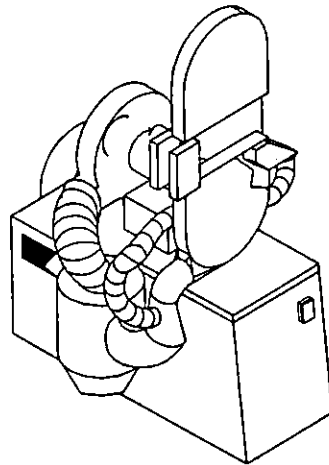


fig. 3.18 detalle de  
sistema a instalar

### 3.3.3.3 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES

#### Elemento 1-2

2. De acuerdo al item 2 en el elemento 1-2 (fig. 3-18), las consideraciones del caudal a extraer (fig. 3-14), para una sierra de cinta de hasta 2" de ancho, son de

$$Q = 700 \text{ cfm, como caudal total}$$

Para el elemento de captación superior se tendrá que extraer 350 cfm.

3. De la fig.3-14, la velocidad mínima en el ducto es de 3,500 fpm. La velocidad de captura, será considerando las disposiciones que se creen al cerrar el equipo. Está es

$$2000 + 3500 = 5500 \text{ fpm}$$

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.

$$\approx 3.41 \text{ pulg.}$$

diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

5. Por definición,  $A = 0.0636 \text{ p}^2$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{350 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 4010.7 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 4005 p/min »  
VP = 1.00
8. Para tres rendijas, el area es de : 0.0583 p<sup>2</sup>, como se dedujo en cálculos previos.
9. La velocidad en la rendija es la misma velocidad de captura del sistema = 2,000 fpm
10. De la tabla 3-1, V.P. = 0.24
11. De la figura 3-1, para una campana secundaria » VP = 0.50
12. El aire fluye a velocidad cte. dentro del plenum, debido a la falta de cambios de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 0.
13. De la figura 3-1, para una campana secundaria » VP = 0.50
15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana encerrada con codo » VP = 0.80
16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.
21. Distancia de ducto recto entre la campana y la transición de acople.
22. De la fig. 3-5, H<sub>f</sub> = 0.071
32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 3-4

2. De la fig.3-14, para el elemento de captación inferior se tendrá que extraer 350 cfm.
3. De la fig.3-14, la velocidad mínima en el ducto es de 3,500 fpm. La velocidad de captura, será tomando en cuenta las disposiciones a crear al cerrar el equipo, será de

$$2000 + 3500 = 5500 \text{ fpm}$$

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.



$\approx 3.41$  pulg  
diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{350 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 4010.7 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 4005 p/min  $\Rightarrow$   
VP = 1.00

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana a  $45^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ \Rightarrow$  VP = 0.25

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre la campana y la transición de acople.

22. De la fig. 3-5,  $H_f \approx 0.071$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 4-5 (Transición de acople)

El caudal a transportar será la suma de los dos tramos anteriores, es decir que a partir de este elemento se manejará el caudal total del sistema.

3. De la fig. 3-14, la velocidad mínima en el ducto es de 3,500 fpm.

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.  $\approx 6.00$  pulg. Dimetro comercial ajustable = 6 pulg.

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{700 \text{ cfm}}{0.196 \text{ p}^2} = 3565.1 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 3560 p/min »  
VP = 0.79

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la transición a  $45^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ$  » VP = 0.25

22. De la fig. 3-5,  $H_f = 0.043$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 5-6 (Acople de la transición al colector)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto de acople entre la transición y el colector.

22. De la fig. 3-5,  $H_f = 0.043$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

#### Elemento 6-7 (Colector centrífugo)

El caudal a transportar será el mismo que en el tramo anterior ya que es descarga total en un ducto.

4. El ducto actual no se verá modificado en esta alternativa, teniendo el mismo diámetro que en tramo anterior.

19. Para diseño, se calculará en base a la máxima pérdida que se experimenta en un sistema de ventilación localizada por el acople de un colector centrífugo  $\approx 1.5$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

#### Elemento 8-9 (Acople del colector al ventilador)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

22. De la fig. 3-5,  $H_f = 0.043$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

HOJA DE CALCULO 4

HOJA DE CALCULO - METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD

NOMBRE DEL SISTEMA : SIERRA DE CINTA

NUMERAL									
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO		1-2	3-4	4-5	5-6	6-7	8-9	10-11
2	CAPAL RENDIO DE CONTROL CFM		350	350	700	700	700	700	700
3	VELOCIDAD MINIMA DE TRANSPORTE FPM		5500	5500	3500	3500	3500	3500	3500
4	DIAMETRO DEL DUCTO PULG		6	6	6	6	6	6	6
5	AREA DEL DUCTO P <sup>2</sup>		0.08727	0.08727	0.19635	0.19635	0.19635	0.19635	0.19635
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO FPM		4010.7	4010.7	3545.06	3545.06	3545.06	3545.06	3545.06
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO W.G.		1	1	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
8	AREA DE LA REJILLA P <sup>2</sup>		0.05833						
9	VELOCIDAD DE LA REJILLA FPM		2000						
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L W.G.		0.26						
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA REJILLA fig. A		0.5						
12	FACTOR DE ACELERACION 0 o 1		0						
13	PERDIDA EN EL PLENUM POR V.P 11 + 12		0.5						
14	S.P. DEL PLENUM 10 x 13		0.12						
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA fig. A		0.6	0.25	0.25			0.49	
16	FACTOR DE ACELERACION 0 o 1		1	1	1				
17	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 15 + 16		1.8	1.25	1.25			0.49	
18	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 7 + 17		1.8	1.25	0.9875			0.3871	
19	OTRAS PERDIDAS W.G.						1.5		
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 14 + 18 + 19		1.92	1.25	0.9875		1.5	0.3871	
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO P		2.3	0.692	0.5	1.96		0.25	0.656
22	FACTOR DE FRICCION INT fig. B		0.0709	0.0709	0.043	0.043		0.043	0.043
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P. 21 + 22		0.16307	0.03488	0.0215	0.08428		0.01075	0.02821
24	Im. DE CUBOS A 90°								
25	PERDIDA DE CUBOS POR V.P. 24 x f.p.								
26	Im DE ENTREANAS								
27	PERDIDA POR ENTRADA POR V.P. 26 x f.p.								
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES								
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P. 23 + 25 + 27		0.16307	0.03488	0.0215	0.08428		0.01075	0.02821
30	PERDIDA DEL DUCTO 7 + 29		0.16307	0.03488	0.01699	0.06658		0.00849	0.02228
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P. 20 + 30		2.08307	1.28488	1.00449	0.06658	1.5	0.39559	0.02228
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA W.G.		-2.0831	-3.368	-4.3724	-4.439	-5.939	-6.3346	

CALCULO P.S.P. =

3.567 W.G.

FACTORES DE PERDIDA  
CUBOS A 90°

R/S	FACTOR
CRUCE VIVO	1.25
1.5	0.39
2.0	0.27
2.5	0.22
CUBOS A 60°	2/3 PERDIDA
CUBOS A 45°	1/2 PERDIDA

FACTORES DE PERDIDA  
ENTRADA DE RAMALES

ANGULO	FACTOR
15°	0.09
30°	0.18
45°	0.28
60°	0.44
90°	1.00

Elemento 10-11 (Acople del ventilador al recipiente final)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el recipiente final del contaminante.

## 3.3.3.4 CONCLUSION

Es necesario modificar la estructura física de la sierra de cinta, para poder incorporar el sistema de extracción localizada perforando la carcasa en dos secciones para las dos campanas de captación. Es necesario para este equipo incorporar un ventilador que sea capaz de vencer 5.6 "s.p., para 700 cfm, del tipo centrífugo de aletas radiales.

EMPRESA: CARPINTERIA

## 3.3.4.0 CEPILLO

La cantidad de material cortado que se da en durante el maquinado en al cepilladora necesita, al igual que las demás maquinas de corte de carpintería, que el material sea recogido para posterior utilización, por medio de la disposición de incluir un depósito final, con los mismos objetivos descritos en el análisis del diseño del sistema de extracción localizada en la sierra circular de mesa.

El cálculo del sistema de extracción para el cepillo, determinará la presión estática a vencer por un extractor colocado en la línea de succión del contaminante. Se incluyen las pérdidas por un ciclón centrífugo, colocado a la entrada del ventilador centrífugo radial (apendice B).

Datos:

longitud del elemento de corte	:	6.0"
ancho de la mesa	:	2.5"
altura de la mesa	:	2.5"

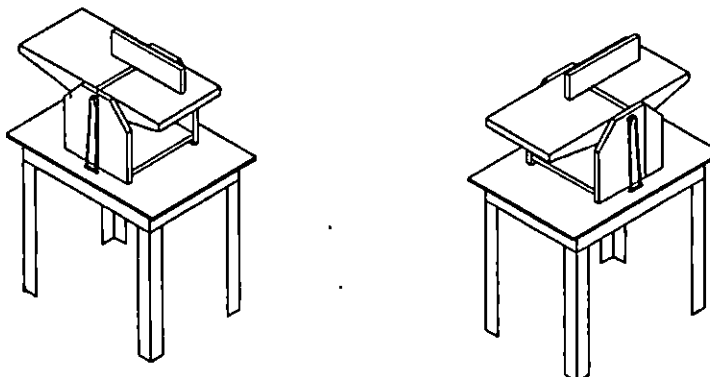
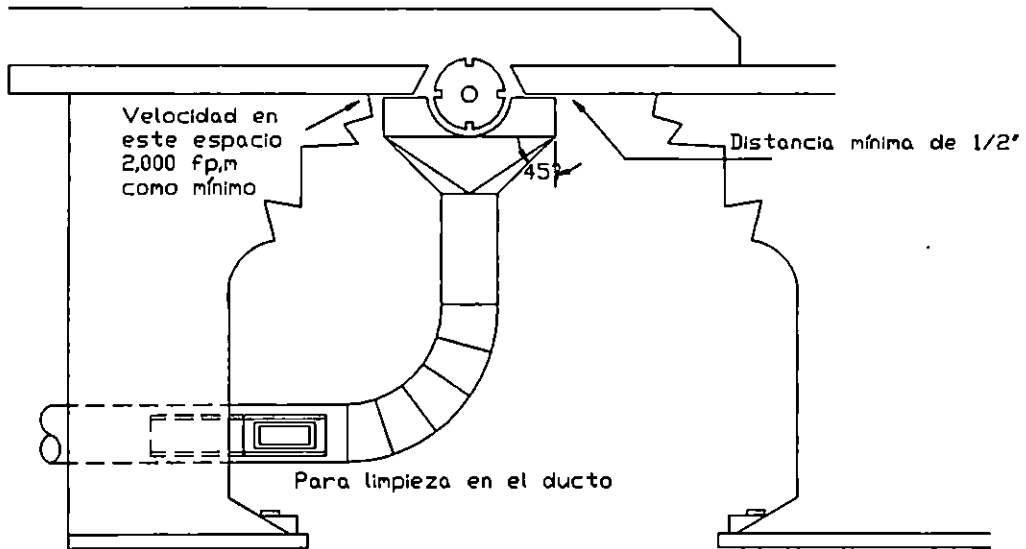


fig. 3-19.  
Disposiciones del  
sistema actual



Longitud de la cuchilla pulgadas	rango de flujo de extracción cfm
hasta 6	350
de 6 a 12	440
de 12 a 20	550
arriba de 20	800

Velocidad mínima en el ducto = 4000 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

**DON BOSCO**

CEPILLO

FECHA: 010793

FIGURA 3-20

## 3.3.4.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION

El diseño que a continuación se detalla consiste en una campana que rodea la cuchilla de corte (ver fig. 3-20), de la longitud de la cual depende el caudal a manejar en la ventilación localizada. El caudal total de aire a extraer es de 350 cfm, para una longitud de 6". Debido a los inconvenientes de espacio para poder colocar o desmontar para mantenimiento o limpieza, la campana en el espacio entre mesa base y máquina de corte.

Para esto es necesario, cerrar lateralmente la base del cepillo con secciones de lámina galvanizada o madera, para evitar fugas de material al ambiente de trabajo, evitando así corrientes cruzadas al sistema de extracción. La campana de extracción debe ser de sección cuadrada de acople directo a la base. La velocidad de captura, de acuerdo a la tabla 3-2, es de 2,000 fpm para operaciones de corte.

El diseño de la campana (ver fig. 3-21), se toman como base las mismas consideraciones tomadas para el diseño de la sierra circular de mesa (tabla 3-2):

caudal a extraer : 350 cfm.  
velocidad de captura: 2,000 fpm

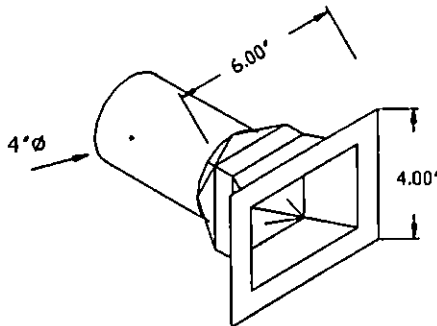


fig. 3-21  
detalle de la  
campana

Para una campana de sección cuadrada

$$\text{Area efectiva} = \frac{Q}{V} = \frac{350}{2,000} = 0.175 \text{ p}^2$$

$$A = l \times l \gg 0.175 = l^2$$

$$l = 0.41833 \text{ p} \approx 5 \text{ pulg. (0.125 m)}$$

Como la limitante de la altura de la campana es como máximo de 4" (0.333 p).

$$W \cdot H = 0.175 \gg W = \frac{0.175}{H} = \frac{0.175}{0.333} = 0.525 \text{ p} \approx 6.3 \text{ ''}$$

La longitud de está campana se encuentra restringida por el ducto calculado

$$\text{tang } 45^\circ = \frac{2}{a} = 2 \text{ pulg.}$$

donde:

Q : caudal a extraer, 350.0 cfm

V : velocidad de captura, 2,000 fpm

L : largo de la sección de la campana de extracción

W : ancho de la sección de la campana de extracción

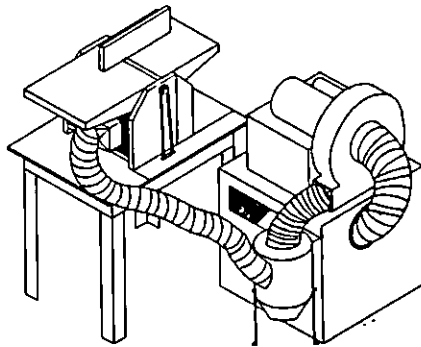


fig. 3-22  
Disposición del sistema de  
extracción localizada

### 3.3.4.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES

#### Elemento 1-2

2. De acuerdo al item 2 en el elemento 1-2 (fig. 3-22), las consideraciones del caudal a extraer (fig. 3-20), para un cepillo de madera de 6" de longitud, son de

$$Q = 350 \text{ cfm, como caudal total}$$

3. De la fig.3-20, la velocidad mínima en el ducto es de 4,000 fpm. La velocidad de captura, será tomando en cuenta las disposiciones a crear al cerrar el equipo, será de

$$2000 + 3500 = 6000 \text{ fpm}$$

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.

$$\approx 3.27 \text{ pulg.}$$

diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

5. Por definición,  $A = = 0.087 \text{ p}^2$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{350 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 4010.7 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 4005 p/min »  
VP = 1.00

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana a 45° ,  $\theta = 90^\circ$  » VP = 0.25'

16. El aire no fluye a velocidad cte. dentro del ducto, debido al cambio de sección, por lo que se considera un factor de aceleración = 1.

21. Distancia de ducto recto entre la campana y la transición de acople.

22. De la fig. 3-5,  $H_f \approx 0.071$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 2-3 (Colector centrífugo)

El caudal a transportar será el mismo que en el tramo anterior ya que es descarga total en un ducto.

4. El ducto actual no se verá modificado en esta alternativa, teniendo el mismo diámetro que en tramo anterior.

19. Para diseño, se calculará en base a la máxima pérdida que se experimenta en un sistema de ventilación localizada por el acople de un colector centrífugo  $\approx 1.5$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

#### Elemento 3-4 (Acople del colector al ventilador)

Para una misma sección de ducto, tenemos:

21. Distancia de ducto recto entre el colector y el ventilador

22. De la fig. 3-5,  $H_f \approx 0.071$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.



HOJA DE CALCULO 5

HOJA DE CALCULO . METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD

NOMBRE DEL SISTEMA : CEPILLO

NUMERAL		1-2	2-3	3-4	5-6
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO				
2	CAUDAL MINIMO DE CONTROL CFM	350	350	350	350
3	VELOCIDAD MINIMA DE TRANSPORTE FPM	6000	4000	4000	4000
4	DIAMETRO DEL DUCTO PULG	4	4	4	4
5	AREA DEL DUCTO P <sup>2</sup>	0.08727	0.08727	0.08727	0.08727
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO FPM	4010.7	4010.7	4010.7	4010.7
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO "w.g.	1	1	1	1
8	AREA DE LA REMEJIA P <sup>2</sup>				
9	VELOCIDAD DE LA REMEJIA FPM				
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L "w.g.				
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA REMO fig. A				
12	FACTOR DE ACELERACION 0 o 1				
13	PERDIDA EN EL PLENUM POR V.P 11 + 12				
14	S.P. DEL PLENUM 10 x 13				
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA fig. A	0.25		0.49	
16	FACTOR DE ACELERACION 0 o 1	1			
17	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 15 + 16	1.25		0.49	
18	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 7 + 17	1.25		0.49	
19	OTRAS PERDIDAS "w.g.		1.5		
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 14 + 18 + 19	1.25	1.5	0.49	
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO P	5		2	2.3
22	FACTOR DE FRICCION (W) fig. B	0.0709		0.0709	0.0709
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P. 21 x 22	0.2127		0.1418	0.16307
24	No. DE CODOS A 90°				
25	PERDIDA DE CODOS POR V.P. 24 x f.p.				
26	No DE ENTRADAS				
27	PERDIDA POR ENTRADA POR V.P. 26 x f.p.				
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES				
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P. 23 + 25 + 27	0.2127		0.1418	0.16307
30	PERDIDA DEL DUCTO 7 x 29	0.2127		0.1418	0.16307
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P. 20 + 30	1.4627	1.5	0.4318	0.16307
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA "w.g.	-1.4627	-2.9627	-3.3943	

CALCULO F.S.P.=

2.758 "w.g.

FACTORES DE PERDIDA

CODOS A 90°

R/D	FACTOR
CRUCE VIVO	1.25
1.5	0.99
2.0	0.87
2.5	0.82
CODOS A 60°	2/3 PERDIDA
CODOS A 45°	1/2 PERDIDA

FACTORES DE PERDIDA

ENTRADA DE ZANAJAS

ANGULO	FACTOR
15°	0.09
30°	0.18
45°	0.28
60°	0.44
90°	1.00

Elemento 5-6 (Acople del ventilador al recipiente final)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el recipiente final del contaminante.

22. De la fig. 3-5,  $H_f \approx 0.071$

## 3.3.4.3 CONCLUSION

Es necesario modificar las condiciones físicas del cepillo de madera, para poder incorporar el sistema de extracción localizada cerrando el equipo para controlar y evitar la polución de contaminante al ambiente. Es necesario para este equipo incorporar un ventilador que sea capaz de vencer 3.8 "s.p., para 350 cfm, del tipo centrífugo de aletas radiales.

## EMPRESA: CARPINTERIA

## 3.3.5.0 SIERRA CIRCULAR DE BRAZO. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA.

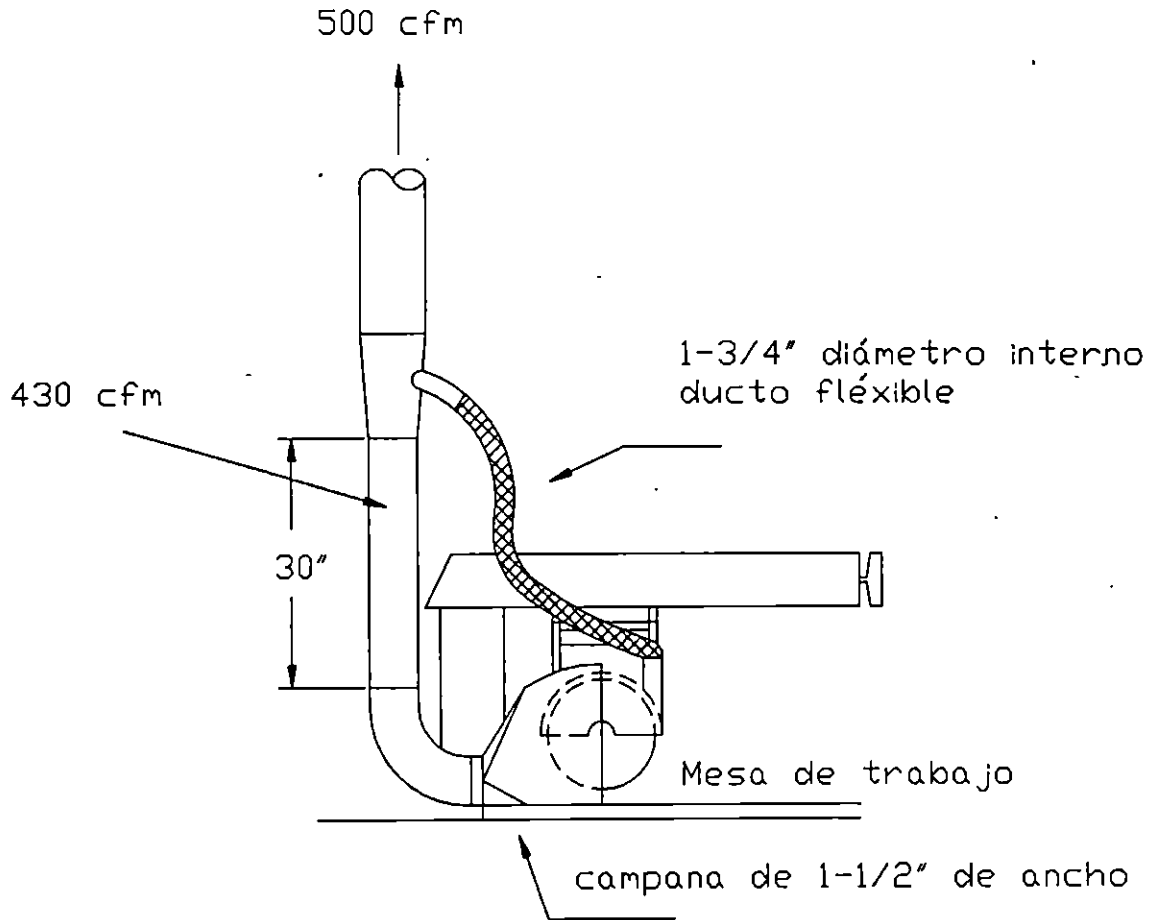
El área de Carpintería cuenta con una sierra circular de brazo, la que tiene uno de los dos elementos de captación requeridos (campana de tipo encerrada) en la fig.3-23, faltandole el ducto al acople del mismo. El elemento de captación que cubre el disco de la sierra colocado sobre la mesa de trabajo (campana exterior), será diseñada para mover un caudal de 430 cfm.

El cálculo final determinará la presión estática a vencer por un extractor colocado en la línea de succión del contaminante. Se incluyen las pérdidas por un ciclón centrífugo, instalado en la entrada de un ventilador de aletas radiales (Apendice B).

La disposición de incluir un depósito final, tienen los mismos objetivos descritos en el análisis del diseño del sistema de extracción localizada en la sierra circular de mesa.

Las características del equipo son:

- diámetro de la sierra : 8.0"
- peralte del elemento de captación existente: 6.5"
- ancho del elemento de captación existente: 12.0"
- diámetro del acople para el ducto flexible del elemento de captación existente: 2.0"



Velocidad mínima en el ducto = 4000 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

SIERRA RADIAL  
DE BRAZO

FECHA: 010793

FIGURA 3-23

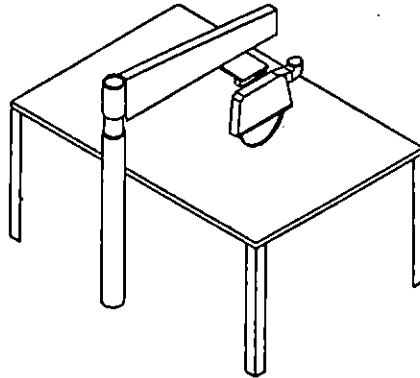


fig. 3-24.  
Disposiciones del  
sistema actual

### 3.3.5.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DEL TIPO EXTERIOR. PRINCIPIOS DE CALCULO

El caudal total de aire a extraer es de 500 cfm. El elemento de captación de tipo exterior debe ser capaz de manejar 430 cfm y el elemento de captación de tipo encerrado debe ser capaz de manejar 70 cfm.

La campana exterior (fig.3-25), deberá cubrir el proceso de corte de la campana existente y de la que se realiza sobre la mesa de trabajo, por lo que debe tener un ancho máximo de 4.5". Se toman como base las mismas consideraciones tomadas para el diseño del sistema en la sierra circular de mesa (tabla 3-2):

caudal a extraer : 430 cfm.  
velocidad de captura: 2,000 fpm

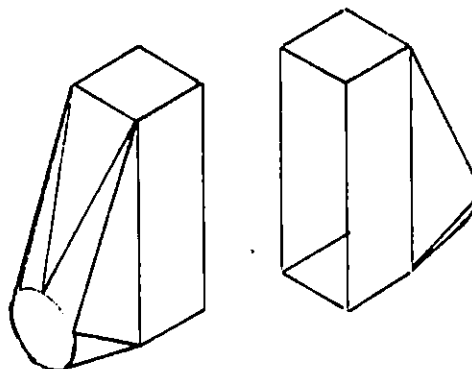


fig. 3-25.  
Detalle de  
campana exterior

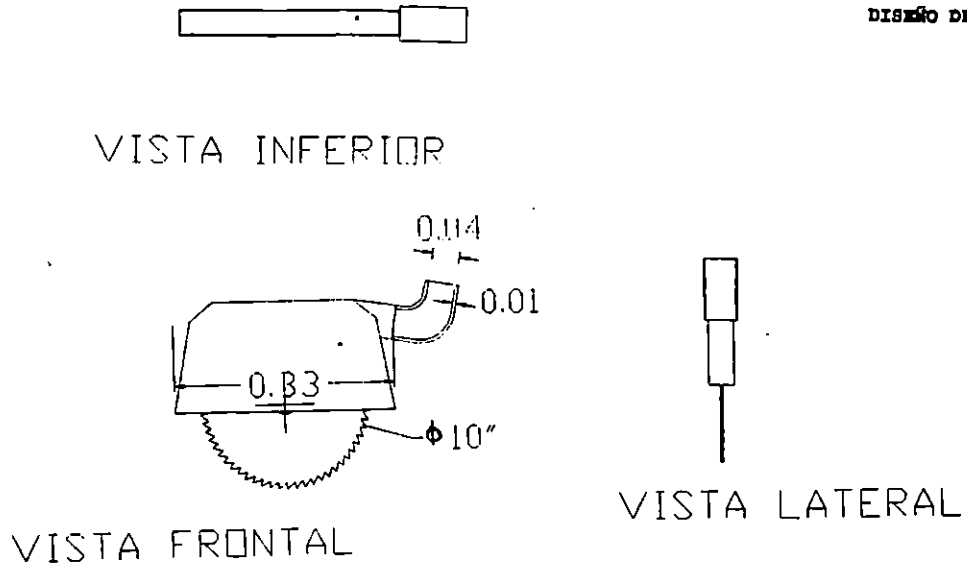


fig. 3-26. Detalle de campana encerrada

La velocidad de captura se determina en base a las dimensiones físicas y caudales a manejar que se tienen como limitantes del sistema.

$$Q = V.A \Rightarrow V = \frac{Q}{A_{\text{efect.}}} = \frac{70}{(13 \times 15)/144} \approx 520 \text{ fpm}$$

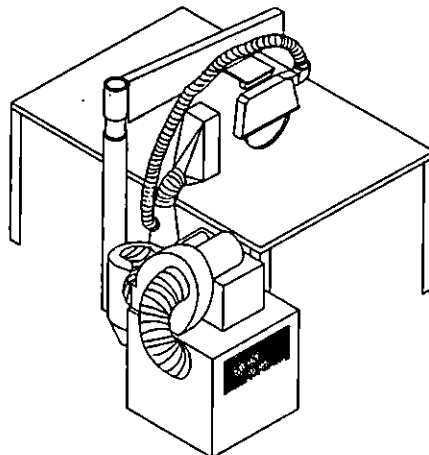
$$Q = V.A \Rightarrow V = \frac{Q}{A_{\text{efect.}}} = \frac{430}{(4.5 \times 12)/144} \approx 1150 \text{ fpm}$$

donde:

Q : caudal a extraer

V : velocidad de captura

A : área de la abertura para una velocidad de captura efectiva

fig. 3-27.  
Sistema a  
instalar

## 3.3.5.2 HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES

Elemento 1-2

2. De acuerdo al item 2 en el elemento 1-2 (fig. 3-27), las consideraciones del caudal a extraer (fig. 3-23), para una sierra circular de brazo, son de

$$Q = 500 \text{ cfm, como caudal total}$$

Para el elemento de captación del tipo encerrado se tendrá que extraer 70 cfm.

3. De la fig.3-23, la velocidad mínima en el ducto es de 4000 fpm. La velocidad de captura, será de:  $520 + 4000 = 4520$  fpm

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.  $\approx 1.68$  pulg.

diámetro comercial ajustable = 2 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{2}{12} \right]^2 = 0.0218 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{70 \text{ cfm}}{0.0218 \text{ p}^2} = 3211 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 3204 p/min  $\Rightarrow$  VP = 0.64

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características de la campana se puede considerar similar a la campana normalizada para esmeril por el forma de encerrar el proceso  $\Rightarrow$  VP = 0.65

21. Distancia de ducto recto entre la campana y la transición de acople.

22. De la fig. 3-5,  $H_r \approx 0.168$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

Elemento 3-4

2. De la fig.3-23, para el elemento de captación de tipo exterior se tendrá que extraer 430 cfm.

3. De la fig. 3-23, la velocidad mínima en el ducto es de 4000 fpm. La velocidad de captura, será tomando en cuenta las disposiciones a crear al cerrar el equipo, será de:

$$1150 + 4000 = 5150 \text{ fpm}$$

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.  $\approx 3.91$  pulg  
diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{4}{12} \right]^2 = 0.087 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{350 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 4010.7 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 4005 p/min  $\Rightarrow$  VP = 1.00

15. De la figura 3-5, de acuerdo a las características de la campana a  $30^\circ$ ,  $\theta = 60^\circ \Rightarrow$  VP = 0.17

21. Distancia de ducto recto entre la campana y la transición de acople.

22. De la fig. 3-6,  $H_f \approx 0.0698$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 4-5 (Transición de acople)

El caudal a transportar será la suma de los dos tramos anteriores, es decir que a partir de este elemento se manejará el caudal total del sistema.

3. De la fig. 3-23, la velocidad mínima en el ducto es de 4,000 fpm.

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.  $\approx 4.787$  pulg  
diámetro comercial ajustable = 6 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{6}{12} \right]^2 = 0.196 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \gg \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{500 \text{ cfm}}{0.196 \text{ p}^2} = 2546.47 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 2533 p/min  $\gg$  VP = 0.40

21. Distancia de ducto recto entre la campana y la transición de acople.

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 5-6 (Colector centrífugo)

El caudal a transportar será el mismo que en el tramo anterior ya que es descarga total en un ducto.

4. El ducto actual no se verá modificado en esta alternativa, teniendo el mismo diámetro que en tramo anterior.

19. Para diseño, se calculará en base a la máxima pérdida que se experimenta en un sistema de ventilación localizada por el acople de un colector centrífugo  $\approx 1.5$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

#### Elemento 6-7 (Acople del colector al ventilador)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el colector y el ventilador

22. La fig. 3-6, para las mismas condiciones de caudal, diámetro y velocidad se tiene  $H_f \approx 0.043$

32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.



HOJA DE CALCULO 6

HOJA DE CALCULO . METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD

NOMBRE DEL SISTEMA : SIERRA DE BRAZO

NUMERAL									
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO		1-2	3-4	4-5	5-6	6-7	8-9	10-11
2	CADAL MINIMO DE CONTROL	CFR	70	430	500	500	500	500	500
3	VELOCIDAD MINIMA DE TRANSPORTE	PPH	4520	5150	4000	4000	4000	4000	4000
4	DIAMETRO DEL DUCTO	PULG	2	4	6	6	6	6	6
5	AREA DEL DUCTO	P <sup>2</sup>	0.02182	0.08727	0.19635	0.19635	0.19635	0.19635	0.19635
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO	PPH	3208.56	4927.43	2546.47	2546.47	2546.47	2546.47	2546.47
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO	"v.g.	0.64	1.51	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
8	AREA DE LA PEREJIZA	P <sup>2</sup>							
9	VELOCIDAD DE LA PEREJIZA	PPH							
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L	"v.g.							
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA REND fig. A								
12	FACTOR DE ACCELERACION	0 o 1							
13	PERDIDA EN EL PLENUM POR V.P 11 + 12								
14	S.P. DEL PLENUM	10 x 13							
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRADA fig. A		0.65	0.17			0.49		
16	FACTOR DE ACCELERACION	0 o 1	1	1					
17	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 15 + 16		1.65	1.17			0.49		
18	PERDIDA EN LA ENTRADA DEL DUCTO 7 + 17		1.054	1.7667			0.196		
19	OTRAS PERDIDAS	"v.g.				1.5			
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 14 + 18 + 19		1.054	1.7667		1.5	0.196		
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO	P	3.33	1.5	0.5		2	2.5	1
22	FACTOR DE FRICCION (HF)	fig. B	0.16858	0.0696	0.0447		0.0447	0.0447	0.0447
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P.	21 + 22	0.54137	0.1047	0.0224		0.0894	0.11175	0.0447
24	No. DE Codos a 90°								
25	PERDIDA DE Codos POR V.P.	24 x f.p.							
26	No de ENTRADAS								
27	PERDIDA POR ENTRADA POR V.P.	26 x f.p.							
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES								
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P.	23 + 25 + 27	0.54137	0.1047	0.0224	0	0.0894	0.11175	0.0447
30	PERDIDA DEL DUCTO	7 + 29	0.35928	0.1581	0.00096	0	0.03376	0.0447	0.01788
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P.	20 + 30	1.41528	1.9248	0.00096	1.5	0.23176	0.0447	0.01788
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA	"v.g.	-1.4153	-3.3401	-3.349	-4.849	-3.5808	-4.8937	

CALCULO F.S.P. =

4.512 "v.g.

FACTORES DE PERDIDA  
Codos a 90°

R/O	FACTOR
CORNE VIVO	1.25
1.5	0.39
2.0	0.27
2.5	0.22
Codos a 60°	2/3 PERDIDA
Codos a 45°	1/2 PERDIDA

FACTORES DE PERDIDA  
ENTRADA DE RAMALES

ANGULO	FACTOR
15°	0.09
30°	0.18
45°	0.28
60°	0.44
90°	1.00

Elemento 8-9 (Acople del colector al ventilador)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el colector y el ventilador.
22. De la fig. 3-6,  $H_f = 0.043$
32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

Elemento 10-11 (Acople del ventilador al recipiente final)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el recipiente final del contaminante.
22. De la fig. 3-6,  $H_f = 0.043$

## 3.3.5.3 CONCLUSION

El acople del ducto de 2" se hará al elemento existente, para la colocación de la campana exterior fija se tendrá que tener la ubicación exacta de la sierra en su tope del carro o brazo, para poder fijar está de manera que cuando se junten está cubra la acción de corte de la sierra y el elemento existente de captación, como el párametro que se ha tenido para su dimensionamiento.

Es necesario para este equipo incorporar un ventilador que sea capaz de vencer 4.512 "s.p., para 500 cfm, del tipo centrífugo de aletas radiales.

EMPRESA: ALUMINIO

## 3.3.6.0 PULIDORAS MANUALES

El área de Aluminio del PIDB, cuenta con dos equipos de pulido que trabajan de manera alterna y son básicamente un eje giratorio en pedestal con un extremo en acople de faja a un motor y el otro con un adaptador redondo para los diferentes tamaños de moldes o accesorios que se elaboran. El operario realiza la actividad de pulido de cada pieza en un tiempo aproximado de 1 minuto, de forma

directa sin protección (guantes, delantal, mangas, filtro ni anteojos). De acuerdo a los valores detectados en el monitoreo ambiental y al nivel respiratorio del operario, durante la actividad, requieren de medidas de control y/o eliminación para la alta densidad de partículas sólidas y ruido que se experimenta.

El diseño de campanas de extracción local para las pulidoras manuales, está basado en el principio de rodear de mejor manera posible, el acople del eje para las piezas (este puede variar de diámetro, de acuerdo a la pieza que se va a trabajar). La adaptación de las campanas a la pieza, se deberá realizar por el mismo operario de manera que no obstruya la actividad. Al igual que las demás maquinas de corte de carpintería, el material (el aluminio es reciclable), será recogido para posterior utilización, por medio de la disposición de incluir un depósito final.

El cálculo del sistema de extracción para la pulidora manual, determinará la presión estática a vencer por un extractor centrífugo de aletas radiales colocado en la línea de succión del contaminante.

Datos:

Diametro máximo de pieza : 12.0"

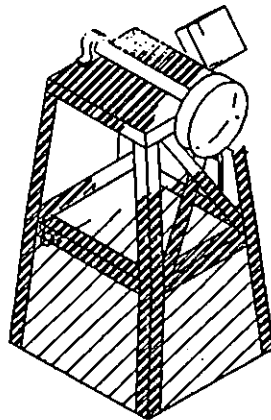


fig. 3-28.  
Disposiciones del  
sistema actual

### 3.3.6.1 DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCION

Para el diseño del elemento de captación se considerará el diametro maximo de la pieza a pulir, la posición del operario y las características propias del contaminante de mayor densidad en el ambiente próximo (polvo de aluminio).

La ventilación local de la pulidora se realizará por medio de dos elementos de captación, los cuales se podrán ajustar para los

usos que se den. La forma física de los elementos (fig. 3-29), es básicamente dos conchas de lámina que rodean la rueda giratoria, y así la pieza, con brazos de ducto flexible de aluminio, para evitar la adhesión del contaminante.

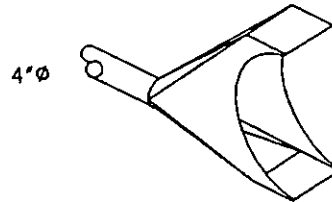


fig. 3-29  
detalle de la  
campana

Del capítulo I, para el cálculo de caudal se toma en cuenta la proximidad de la campana a la fuente, que es aproximadamente de 1 3/4" (juego permitido para ajuste de las campanas o menor), para partículas de contaminante de forma esferoidal. La velocidad de captura para cada campana, de acuerdo a la tabla 3-2, es de 2,000 fpm para operaciones de corte.

$$Q = 4 X^2 \times V = 4 [(1.75)/12]^2 \times 2000 = 170 \text{ cfm}$$

Para el área efectiva de las campanas, se tendrá que el diámetro interior debe ser de 12"

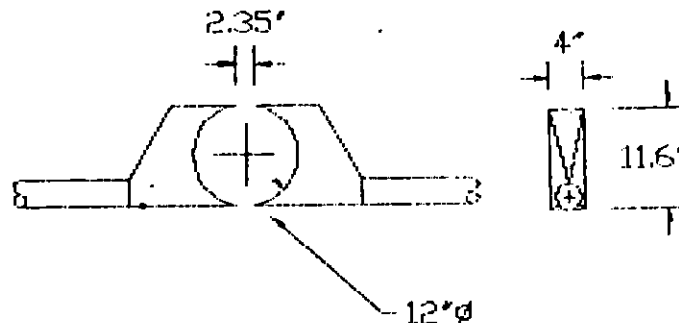


fig. 3-30  
dimensiones  
de la campana

Para lo anterior, se tendrá un caudal de extracción en el sistema total de 340 cfm.

La velocidad de transporte en el ducto, de acuerdo a la tabla 3-3, para polvos industriales, 4000 fpm.

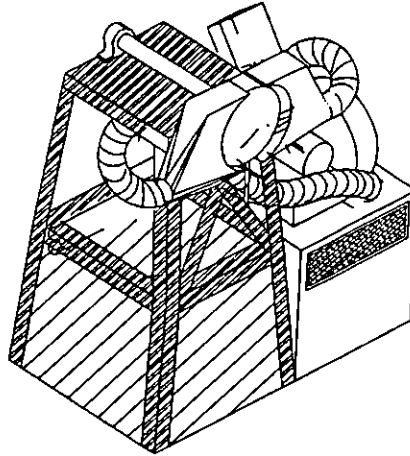


fig. 3-31 Disposición  
el sistema de  
extracción localizada

### 3.3.6.2. HOJA DE CALCULO. DESARROLLO DE NUMERALES

#### Elemento 1-2

2. De acuerdo al item 2 en el elemento 1-2 (fig. 3-31), las consideraciones del caudal a extraer (fig. 3-32), para una campana de 12" de diametro,

$$Q = 170 \text{ cfm}$$

3. De la fig.3-32, la velocidad mínima en el ducto es de 4,000 fpm. La velocidad de captura, será tomando en cuenta las disposiciones a crear al cerrar el equipo, será de

$$2000 + 3500 = 6000 \text{ fpm}$$

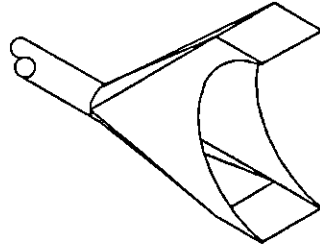
4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de captura y el caudal a extraer.  $d = 2.27$  pulg.  
diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

5. Por definición,

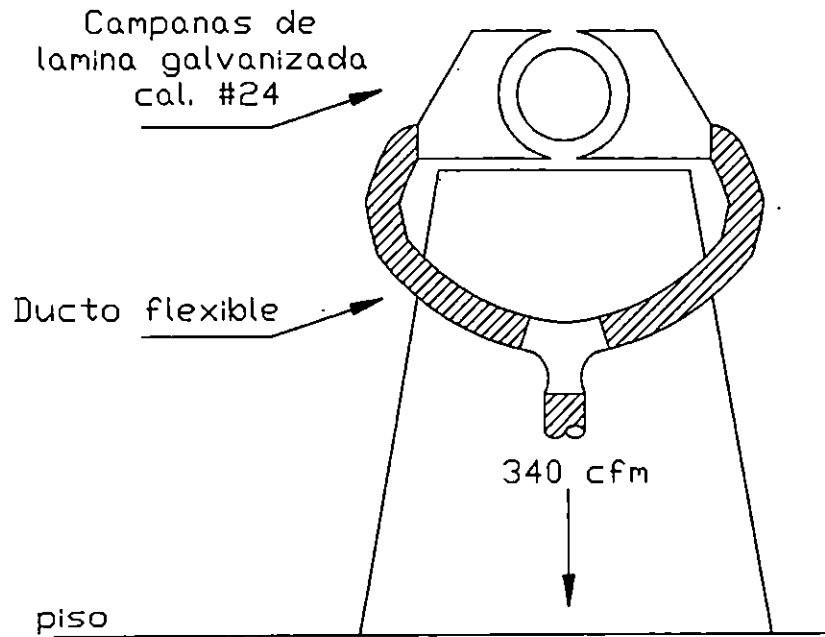
$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{4}{12} \right]^2 = 0.087 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{170 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 1948.05 \text{ p/min}$$



DETALLE DE LA CAMPANA



Velocidad mínima del ducto = 4000 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

PULIDORAS MANUALES

FECHA: 010793

FIGURA 3-32

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 1921 p/min »  
VP = 0.23

15. De la figura 3-1, de acuerdo a las características aproximadas de la campana con ,  $\theta = 30^\circ$  » VP = 0.16

21. Distancia de ducto entre la campana y la transición de acople.

22. De la fig. 3-5,  $H_f = 0.102$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

#### Elemento 2-3 (Acople de las dos campanas)

El caudal a transportar será el doble que en el tramo anterior ya que es descarga total en una transición.

$$Q = 340 \text{ cfm}$$

3. De la fig.3-32, la velocidad mínima en el ducto es de 4,000 fpm.

4. El diámetro del ducto será determinado por la relación que existe entre la velocidad de transporte y el caudal a extraer. ~  
3.94 pulg.

diámetro comercial ajustable = 4 pulg.

5. Por definición,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{4}{12} \right]^2 = 0.087 \text{ p}^2$$

6. La velocidad que experimenta el contaminante bajo estas condiciones es:

$$Q = V * A \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{340 \text{ cfm}}{0.087 \text{ p}^2} = 3896.1 \text{ p/min}$$

7. De la tabla 3-1, Velocidad próxima menor, 3883 p/min »  
VP = 0.94

21. Distancia de la transición de acople.

22. De la fig. 3-5,  $H_f = 0.071$

32. La presión acumulativa resultante del elemento 1-2, es negativa por ser una presión menor que la atmosférica o de succión para el ventilador.

HOJA DE CALCULO 7

HOJA DE CALCULO . METODO DE LA PRESION DE VELOCIDAD

NOMBRE DEL SISTEMA : PULIDORA

MINERAL					
1	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO DEL DUCTO		1-2	2-3	3-4
2	CAUDAL RINIFO DE CONTROL	CFR	170	340	340
3	VELOCIDAD RINIFA DE TRANSPORTE	FPR	6000	4000	4000
4	DIAMETRO DEL DUCTO	FULB	6	4	4
5	AREA DEL DUCTO	F <sup>2</sup>	0.08727	0.08727	0.08727
6	VELOCIDAD ACTUAL DEL DUCTO	FPR	1948.05	3896.1	3896.1
7	PRESION DE LA VELOCIDAD DEL DUCTO	%v.g.	0.23	0.94	0.94
8	AREA DE LA RENBIA	F <sup>2</sup>			
9	VELOCIDAD DE LA RENBIA	FPR			
10	PRESION DE LA VELOCIDAD DE L	%v.g.			
11	FACTOR DE PERDIDA EN LA RENB fig. A				
12	FACTOR DE ACELERACION	0 o 1			
13	PERDIDA EN EL PLENIN POR V.P 11 + 12				
14	S.P. DEL PLENIN	10 o 13			
15	FACTOR DE PERDIDA EN LA ENTRABA fig. A		0.16		
16	FACTOR DE ACELERACION	0 o 1	1		
17	PERDIDA EN LA ENTRABA DEL DUCTO 15 + 16		1.16		
18	PERDIDA EN LA ENTRABA DEL DUCTO 7 + 17		0.2668		
19	OTRAS PERDIDAS	%v.g.			
20	PRESION ESTATICA DE LA CAMPANA 14 + 18 + 19		0.2668		
21	LONGITUD DE DUCTO RECTO	F	4	0.656	3
22	FACTOR DE FRICCION (NF)	fig. B	0.102	0.071	0.071
23	PERDIDA POR FRICCION POR V.P.	21 + 22	0.408	0.04658	0.213
24	No. DE COROS A 90°				
25	PERDIDA DE COROS POR V.P.	24 + f.p.			
26	No DE ENTRABAS				
27	PERDIDA POR ENTRABA POR V.P.	26 + f.p.			
28	FACTORES DE PERDIDA POR AJUSTES ESPECIALES				
29	PERDIDA POR EL DUCTO POR V.P.	23 + 25 + 27	0.408	0.04658	0.213
30	PERDIDA DEL DUCTO	7 + 29	0.09384	0.04378	0.20022
31	PERDIDA DEL DUCTO DE S.P.	20 + 30	0.36064	0.04378	0.20022
32	PRESION ESTATICA ACUMULATIVA	%v.g.	-0.3606	-0.4064	-0.6064

CALCULO F.S.P.=

0.437 %v.g.

FACTORES DE PERDIDA COROS A 90 °		FACTORES DE PERDIDA ENTRABA DE BANAJES	
R/D	FACTOR	ANGULO	FACTOR
CRUCE VIVO	1.25	15°	0.09
1.3	0.39	30°	0.18
2.0	0.27	45°	0.28
2.5	0.22	60°	0.44
COROS A 60 °	2/3 PERDIDA	90°	1.00
COROS A 45 °	1/2 PERDIDA		



Elemento 3-4 (Acople de la transición al ventilador)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre la transición y el ventilador
22. De la fig. 3-5, para las mismas condiciones de caudal, diámetro y velocidad se tiene  $H_f = 0.071$
32. La pérdida de este elemento es acumulada a la del elemento anterior, para ser vencida por el ventilador.

Elemento 5-6 (Acople del ventilador al recipiente final)

Para una misma sección de ducto, se tiene:

21. Distancia de ducto recto entre el ventilador y el recipiente final del contaminante.
22. De la fig. 3-5,  $H_f = 0.071$

## 3.3.6.3 CONCLUSION

Es necesario incorporar el sistema de extracción localizada evitar la polución de contaminante al ambiente. Es necesario para este equipo incorporar un ventilador que sea capaz de vencer 0.637 "s.p., para 370 cfm, del tipo centrífugo de aletas radiales. Además incorporar de manera inmediata equipo de protección al operario de está área.

## 3.4.0.0 SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL. PRINCIPIOS DE DISEÑO

La implementación de los sistemas de ventilación general en las empresas de Aluminio, Carpintería y Fundición, estan basados en las hipotesis que implica el acondicionamiento de ventilación general en una área industrial, como un método de control (reducción/dilución) de la concentración del contaminante, y no de eliminación del mismo, lo que implica que grandes cantidades de aire se muevan dentro del área para poder diluir la contaminación.

La presión térmica que se experimenta en las diferentes empresas del PIDB, hace de manera urgente la implementación de un sistema de ventilación general, sin que este sea la solución de la contaminación industrial, como se indica en los cálculos de la ventilación localizada.

Los métodos más usados en el cálculo de caudal de ventilación corresponden a aproximaciones con parámetros editados para

ambientes diferentes a lo que en los países latinoamericanos en general, se observan, tomando en cuenta limpieza de áreas, programas de higiene y seguridad industrial y mantenimiento de equipo de producción (ver capítulo V).

El método recomendado es el cálculo de carga térmica, ya que este dependerá de las presiones térmicas propias del ambiente a ventilar. Esto implica conocer: materiales de construcción del edificio y sus factores de transferencia de calor, cantidad de personas y carga de equipos o fuentes de calor (Watts) en hora picos, párametros climatológicos de la zona de estudio y medidas de particiones, paredes y área del local; para después calcular la carga térmica del local. Los cfm requeridos serán la suma de los cfm requeridos para vencer la carga sensible y los cfm requeridos para vencer la carga latente resultante, como lo indica el manual de Carrier:

$$\text{CFM/calor efectivo sensible} = \frac{\text{ERSH}}{1.08 (\text{Trm} - \text{Tadp})}$$

$$\text{CFM/calor efectivo latente} = \frac{\text{ERLH}}{0.68 (\text{Wrm} - \text{Wadp})}$$

donde:

- ERSH: Calor sensible efectivo del ambiente
- ERLH: Calor latente efectivo del ambiente
- Trm: Temperatura actual del ambiente
- Tadp: Temperatura requerida en el ambiente
- Wrm: Humedad contenida en el ambiente
- Wadp: Humedad requerida en el ambiente

### 3.4.1.0 CRITERIOS DE DISEÑO

Las siguientes figuras esquematizan los lugares donde se deben colocar inyectores y/o extractores

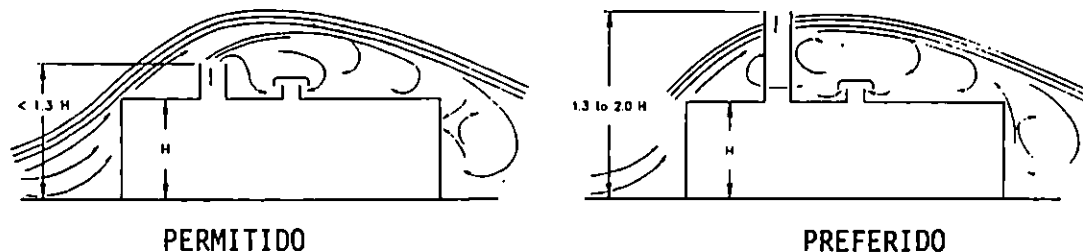
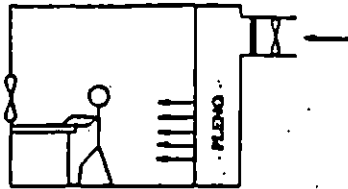
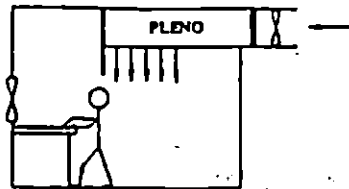


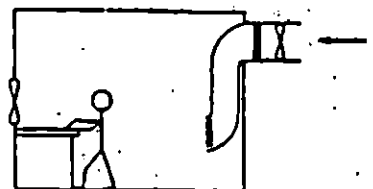
Fig. 3-33 ENTRADAS Y SALIDAS DE AIRE EN EDIFICIOS



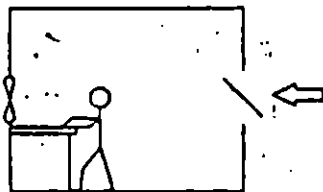
ENTRADA DE AIRE ÓPTIMA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 1,0 MÍNIMO



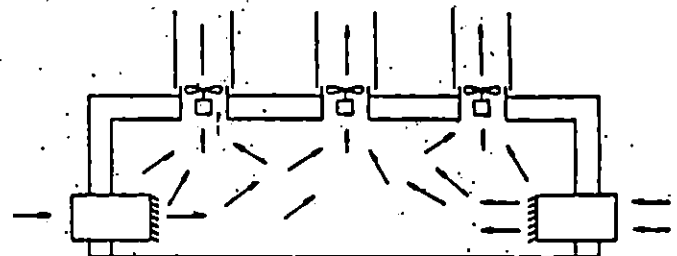
ENTRADA DE AIRE ÓPTIMA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 1,0 MÍNIMO



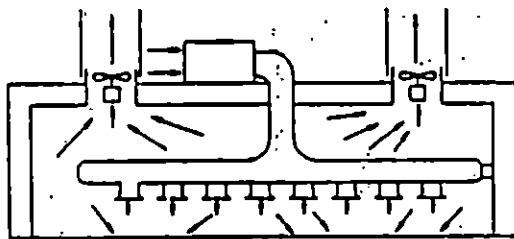
ENTRADA DE AIRE ÓPTIMA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 1,5 MÍNIMO



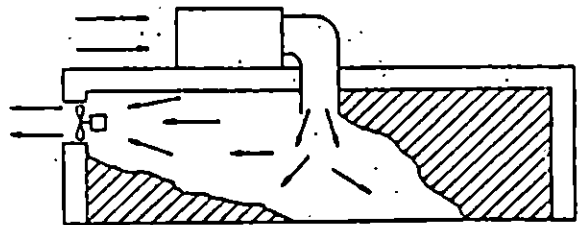
ENTRADA DE AIRE CORRECTA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 2,5 MÍNIMO



CORRECTO  
K = 2 A 5  
REF. 2.2



BUENO  
K = 1,5 A 2  
REF. 2.2



MALO  
K = 5 A 10  
REF. 2.2

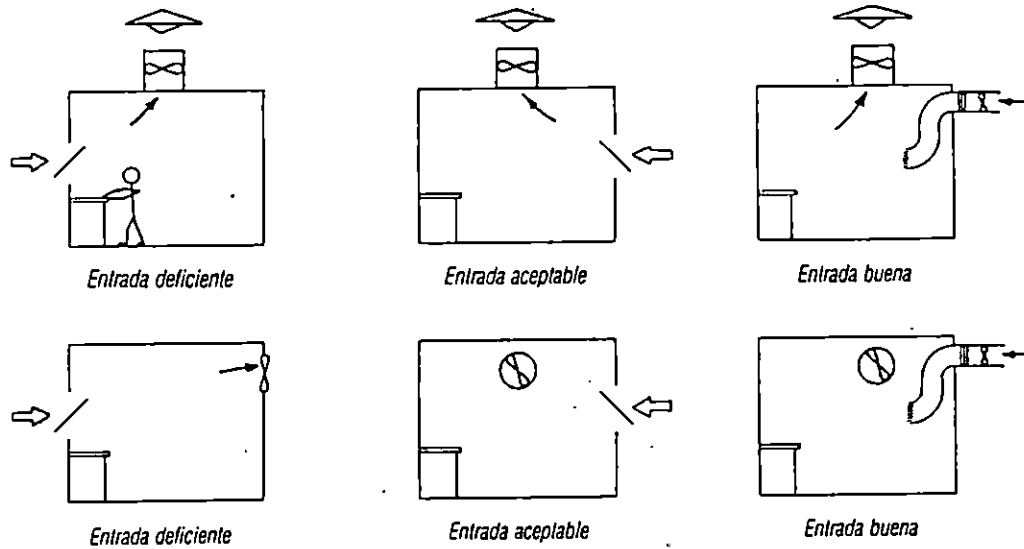
NOTA: LOS VALORES DE K INDICADOS TIENEN SOLO EN CUENTA LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL AIRE, Y SON ORIENTATIVOS. PARA ELEGIR EL VALOR DE K A EMPLEAR EN LA ECUACIÓN DEBE TENERSE TAMBIEN EN CUENTA EL NÚMERO Y SITUACIÓN DE LOS TRABAJADORES, EL FOCO DE CONTAMINANTE Y LA TOXICIDAD DEL MISMO.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

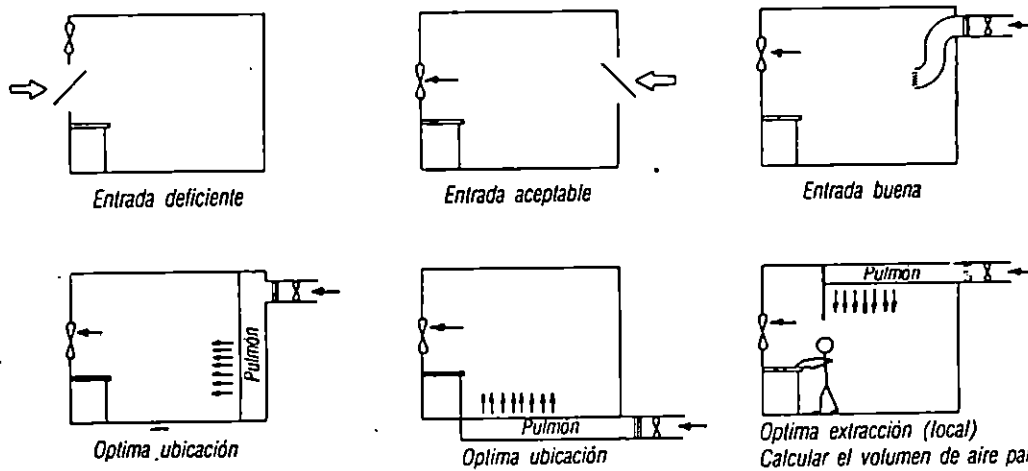
VALORES DE K PARA DISTINTAS  
ENTRADAS Y SALIDAS DE AIRE

FECHA: 010793

FIGURA 3-34



UBICACIONES DEFICIENTES DEL VENTILADOR



UBICACIONES BUENAS DEL VENTILADOR

Optima extracción (local)  
Calcular el volumen de aire para  
cada 0,28 m<sup>3</sup> de cabina por  
cada 0,1 m<sup>2</sup> de superficie libre.  
Optima entrada de aire

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

CALSIFICACION DE UBICACIONES  
ENTRADAS Y SALIDAS DE AIRE

FECHA: 010793

FIGURA 3-35

## 3.5.0.0 DISEÑOS DE SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL EN EL PIDB

## 3.5.1.0 HOJA DE CALCULO DE CARGA TERMICA

Los factores empleados en las hojas de cálculo de carga térmica de cada empresa, son los datos especificados en el Manual de Carrier para una latitud Norte de 14°, para el mes de Junio. El factor de la actividad que se desarrolla, demanda 200 Btu/hr para una ganancia de calor sensible y 144 Btu/hr para la ganancia de calor latente.

Los equipos eléctricos han sido considerados, de acuerdo a la potencia que generan en calor. Para el horno de Fundición, se ha considerado tanto el calor sensible que genera como el latente, por un factor que involucra la temperatura que alcanza en sus alrededores.

## 3.5.2.0 CALCULOS DE CAUDAL

EMPRESA: FUNDICION AREA NORTE (UBICACION DEL HORNO)

ERSH = 62,342.63 Btu/hr  
 Trm = 93.2 °F (34.0 °C)  
 Tadv = 77.0 °F (25.0 °C)  
 ERLH = 27,092.85 Btu/hr  
 Wrm = 169 gr de humedad/lb de aire seco (HR = 72 %)  
 Wadv = 69 gr de humedad/lb de aire seco (HR = 50 %)

$$CFM = \frac{62,342.63}{1.08 (93.2 - 77)} = 3,563.25$$

$$CFM = \frac{27,092.85}{0.68 (169 - 69)} = 398.42$$

CFM total 3,961.67

EMPRESA: FUNDICION AREA SUR

ERSH = 28,632.52 Btu/hr  
 Trm = 89.6 °F (32.0 °C)  
 Tadv = 77.0 °F (25.0 °C)  
 ERLH = 10,668.85 Btu/hr  
 Wrm = 140 gr de humedad/lb de aire seco (HR = 65 %)  
 Wadv = 69 gr de humedad/lb de aire seco (HR = 50 %)

$$\text{CFM} = \frac{28,632.52}{1.08 (89.6 - 77)} = 2,104.10$$

$$\text{CFM} = \frac{10,668.85}{0.68 (140 - 69)} = 220.17$$

$$\text{CFM total} \quad \quad \quad \underline{2,324.27}$$

## EMPRESA: CARPINTERIA AREA NORTE

$$\text{ERSH} = 30,055.15 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{Trm} = 82.4 \text{ }^\circ\text{F} \quad (28.0 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\text{Tadp} = 77.0 \text{ }^\circ\text{F} \quad (25.0 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\text{ERLH} = 28,946.69 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{Wrm} = 92 \text{ gr de humedad/lb de aire seco (HR} = 55 \text{ \%)}$$

$$\text{Wadp} = 69 \text{ gr de humedad/lb de aire seco (HR} = 50 \text{ \%)}$$

$$\text{CFM} = \frac{30,055.15}{1.08 (82.4 - 77)} = 5,153.50$$

$$\text{CFM} = \frac{28,946.69}{0.68 (92 - 69)} = 1,850.87$$

$$\text{CFM total} \quad \quad \quad \underline{7,004.30}$$

## EMPRESA: CARPINTERIA AREA SUR

$$\text{ERSH} = 21,637.62 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{Trm} = 82.4 \text{ }^\circ\text{F} \quad (32.0 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\text{Tadp} = 77.0 \text{ }^\circ\text{F} \quad (25.0 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\text{ERLH} = 20,223.23 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{Wrm} = 103 \text{ gr de humedad/lb de aire seco (HR} = 62 \text{ \%)}$$

$$\text{Wadp} = 69 \text{ gr de humedad/lb de aire seco (HR} = 50 \text{ \%)}$$

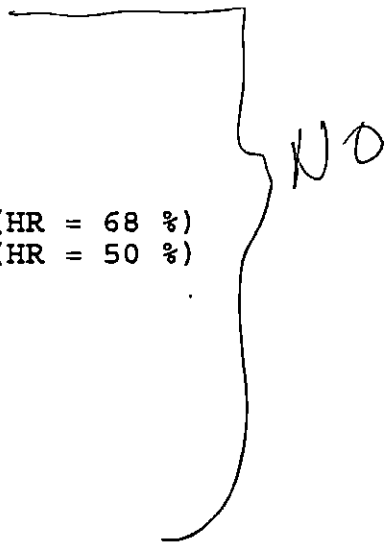
$$\text{CFM} = \frac{21,637.62}{1.08 (82.4 - 77)} = 3,710.15$$

$$CFM = \frac{20,223.23}{0.68 (103 - 69)} = 874.70$$

$$CFM \text{ total} \quad \underline{\quad\quad\quad} = 4,585.85$$

EMPRESA: ALUMINIO

- ERSH = 54,762.83 Btu/hr
- Trm = 86.0 °F (30.0 °C)
- Tadp = 77.0 °F (25.0 °C)
- ERLH = 20,383.43 Btu/hr
- Wrm = 132 gr de humedad/lb de aire seco (HR = 68 %)
- Wadp = 69 gr de humedad/lb de aire seco (HR = 50 %)



$$CFM = \frac{54,762.83}{1.08 (86.0 - 77)} = 5,634.00$$

$$CFM = \frac{20,383.43}{0.68 (132 - 69)} = 476.00$$

$$CFM \text{ total} \quad \underline{\quad\quad\quad} = 6,110.00$$

3.5.3.0 UBICACION DE EQUIPOS

3.5.3.1 EMPRESA: FUNDICION

El caudal total a inyectar viene dado por el cálculo anterior, es decir:

$$\begin{aligned} \text{Caudal total} &= \text{CFM total de Fundición área norte} + \\ &\quad \text{CFM total de Fundición área Sur} \\ &= 7,200.00 \text{ cfm} \end{aligned}$$

Debido a puertas y ventanas, la ventilación natural se estima de un 30% del caudal total,

$$\text{Caudal a inyectar} = 5,000 \text{ cfm}$$

El control de contaminación en el área requiere una presurización del ambiente, por lo que el aire a extraer es 10% más que el que ingresa.

$$\text{Caudal a extraer} = 5,500 \text{ cfm}$$

Para el ingreso del aire se dispondrán de dos inyectores iguales, colocados en las orientaciones Norte y uno en la orientación Sur de la empresa. El inyector de aire Norte, deberá colocarse cerca de la campana de extracción para mover el aire caliente que se retenga, además ayudar así al extractor del ducto.

Para la extracción de aire se dispondrán de dos equipos, ubicados sobre el techo a desnivel de lámina, sobre bases de lámina.

Los equipos a instalar (ver secc. 3.0.0.0 cap.III), requerirán filtros de polvo tanto para inyección de aire como para la extracción. Los inyectores deberán estar en la pared a una altura mínima de 9.0 p del nivel suelo (3.00 mts). La ubicación de los equipos se indica en planos 8/11 y 9/11, y detalles de instalación en plano 11/11.

### 3.5.3.2 EMPRESA: CARPINTERIA

El caudal total a inyectar viene dado por el cálculo anterior, es decir:

$$\begin{aligned} \text{Caudal total} &= \text{CFM total de Fundición área norte} + \\ &\quad \text{CFM total de Fundición área Sur} \\ &\approx 11,580.00 \text{ cfm} \end{aligned}$$

Debido a puertas, ventanas y la pared de malla ciclón en la orientación Norte, la ventilación natural se estima de un 70% del caudal total,

$$\text{Caudal a inyectar} \approx 3,400 \text{ cfm}$$

El control de contaminación en el área requiere una presurización del ambiente, por lo que el aire a extraer es 10% más que el que ingresa.

$$\text{Caudal a extraer} \approx 3,800 \text{ cfm}$$

Para el ingreso del aire se dispondrá de un inyector, colocado en la orientación Sur de la empresa.

Para la extracción de aire se dispondrán de dos equipos, ubicados sobre el techo a desnivel de lámina, sobre bases de lámina.

Los equipos a instalar (ver secc. 3.0.0.0 cap.III), requerirán filtros de polvo tanto para inyección de aire como para la extracción. Los inyectores deberán estar en la pared a una altura mínima de 9.0 p del nivel suelo (3.00 mts). La ubicación de los equipos se indica en planos 8/11 y 9/11, y detalles de instalación en plano 11/11.



## 3.5.3.3 EMPRESA: ALUMINIO

El caudal total a inyectar viene dado por el cálculo anterior, es decir:

$$\begin{aligned}\text{Caudal total} &= \text{CFM total de Fundición área norte} + \\ &\quad \text{CFM total de Fundición área Sur} \\ &= 6,110.00 \text{ cfm}\end{aligned}$$

La ventilación natural se considerará nula al carecer de pasillos de circulación, ya que toda el área se ocupa como bodega

$$\text{Caudal a inyectar} = 6,000 \text{ cfm}$$

El control de contaminación en el área requiere una presurización del ambiente, por lo que el aire a extraer es 10% más que el que ingresa.

$$\text{Caudal a extraer} = 6,600 \text{ cfm}$$

Para el ingreso del aire se dispondrán de dos inyectores iguales, colocados en las orientaciones Norte y uno en la orientación Sur de la empresa. El inyector de aire Norte, deberá colocarse lo más alejado que se pueda del área de pulidoras para evitar corrientes cruzadas que interfieran con la captación del sistema de ventilación localizada, y situarlo cerca al área de repujado y crear allí un flujo de aire que reduzca la presión térmica

Para la extracción de aire se dispondrán de dos equipos, ubicados sobre el techo a desnivel de lámina, sobre bases de lámina.

Los equipos a instalar (ver secc. 3.0.0.0 cap.III), requerirán filtros de polvo tanto para inyección de aire como para la extracción. Los inyectores deberán estar en la pared a una altura mínima de 9.0 p del nivel suelo (3.00 mts). La ubicación de los equipos se indica en planos 8/11 y 9/11, y detalles de instalación en plano 11/11.

## HOJA DE CALCULO 8

FECHA : 06-Oct-93  
 CLIENTE : FUNDICION  
 NOTA : AREA NORTE

=====

FACTOR BTU/HR

## CARGA SOLAR POR VIDRIO

VIDRIO	:	32.28	X	40.00	X	1.00	=	1291.20	N
VIDRIO	:	0.00	X	14.00	X	0.00	=	0.00	S
VIDRIO	:	0.00	X	155.00	X	1.00	=	0.00	E
VIDRIO	:	0.00	X	155.00	X	0.60	=	0.00	O
SKYLIGHT	:	0.00	X	243.00	X	1.00	=	0.00	NE

## CARGA SOLAR Y TRANS. POR PARED

PARED	:	272.44	X	9.00	X	0.34	=	833.67	N
PARED	:	359.48	X	11.53	X	0.34	=	1409.23	S
PARED	:	0.00	X	10.50	X	0.34	=	0.00	E
PARED	:	0.00	X	18.47	X	0.34	=	0.00	O
TECHO-SOL:		0.00	X	0.00	X	0.34	=	0.00	NE
TECHO-SOM:		0.00	X	0.00	X	0.34	=	0.00	SE

## GANANCIA POR TRANSMISION

VIDRIO/TO:		32.28	X	20.00	X	1.13	=	729.53
PARTICION:		314.00	X	18.00	X	0.26	=	1473.26
CIELO	:	984.00	X	37.00	X	0.36	=	13106.88
FISO	:	0.00	X	13.00	X	0.26	=	0.00
INFILTRAC:		202.70	X	20.00	X	1.09	=	4418.86

## CARGA SENSIBLE

PERSONAS	:		=	5	X	200	=	1000.00
MOTORES	:	HP	=	0	X	2545	=	0.00
LUCE	:	WATTS	=	1200	X	3.4	=	4080.00
OTRAS	:	-----	=	0	X	3.4	=	0.00
GAN. ADIC:	:	-----	=	10000	X	3.4	=	34000.00

						SEB TOTAL=	62342.63
STORAGE	:	PIX 2	X		X	=	0.00
						FACT SEG =	
		CARGA SENSIBLE				KRSH	= 62342.63

## CARGA LATENTE

INFILTRAC:		202.7	X	68	X	0.68	=	9372.85
PERSONAS	:	-----	=	5	X	144	=	720.00
VAPOR	:	LB/HR	X	0	X	1050	=	0.00
OTRAS	:	-----	=	0	X	1	=	0.00
GAN. ADIC:	:	-----	=	5000	X	3.4	=	17000.00

						SEB TOTAL=	27092.85
						FACT SEG =	
		CARGA LATENTE				ERLH	= 27092.85

## HOJA DE CALCULO 9

FECHA : 06-Oct-93  
 CLIENTE : FUNDICION  
 NOTA : AREA SUR

=====

FACTOR BTU/HR

## CARGA SOLAR POR VIDRIO

VIDRIO :	0.00 X	40.00 X	1.00 =	0.00 N
VIDRIO :	16.14 X	14.00 X	0.00 =	0.00 S
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	1.00 =	0.00 E
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	0.60 =	0.00 O
SKYLIGHT :	0.00 X	243.00 X	1.00 =	0.00 NE

## CARGA SOLAR Y TRANS. POR PARED

PARED :	0.00 X	9.00 X	0.34 =	0.00 N
PARED :	288.58 X	11.53 X	0.34 =	1131.29 S
PARED :	0.00 X	10.50 X	0.34 =	0.00 E
PARED :	359.48 X	18.47 X	0.34 =	2257.46 O
TECHO-SOL:	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 NE
TECHO-SOM:	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 SE

## GANANCIA POR TRANSMISION

VIDRIO/TO:	16.14 X	20.00 X	1.13 =	364.76
PARTICION:	314.80 X	18.00 X	0.26 =	1473.26
CIELO :	984.00 X	37.00 X	0.36 =	13106.88
PISO :	0.00 X	18.00 X	0.26 =	0.00
INFILTRAC:	202.70 X	20.00 X	1.09 =	4418.86

## CARGA SENSIBLE

PERSONAS :	=	9 X	200 =	1800.00	
MOTORES :	HP	=	0 X	2545 =	0.00
LUCES :	WATTS	=	1200 X	3.4 =	4080.00
OTRAS :	-----	=	0 X	3.4 =	0.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00	

SUB TOTAL= 28632.52

STORAGE : PIX 2 X X = 0.00

FACT SRG =

CARGA SENSIBLE ERSH = 28632.52

## CARGA LATENTE

INFILTRAC:	202.7 X	68 X	0.68 =	9372.85
PERSONAS :-----	=	9 X	144 =	1296.00
VAPOR : LB/HR	X	0 X	1050 =	0.00
OTRAS :-----	=	0 X	1 =	0.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00

SUB TOTAL= 10668.85

FACT SRG =

CARGA LATENTE ERLH = 10668.85

=====

HOJA DE CALCULO 10

FECHA : 06-Oct-93  
 CLIENTE : CARPINTERIA  
 NOTA : AREA NORTE

=====

FACTOR BTU/HR

CARGA SOLAR POR VIDRIO

VIDRIO :	0.00 X	40.00 X	1.00 =	0.00 N
VIDRIO :	0.00 X	14.00 X	0.00 =	0.00 S
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	1.00 =	0.00 E
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	0.60 =	0.00 O
SKYLIGHT :	0.00 X	243.00 X	1.00 =	0.00 NE

CARGA SOLAR Y TRANS. POR PARED

PARED :	271.15 X	9.00 X	0.34 =	829.72 N
PARED :	0.00 X	11.53 X	0.34 =	0.00 S
PARED :	0.00 X	10.50 X	0.34 =	0.00 E
PARED :	0.00 X	18.47 X	0.34 =	0.00 O
TECHO-SOL:	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 NE
TECHO-SOM:	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 SE

GANANCIA POR TRANSMISION

VIDRIO/TO:	0.00 X	20.00 X	1.13 =	0.00
PARTICION:	834.11 X	18.00 X	0.26 =	3903.63
CIELO :	1144.36 X	37.00 X	0.36 =	15242.88
PISO :	0.00 X	18.00 X	0.26 =	0.00
INFILTRAC:	247.29 X	20.00 X	1.09 =	5390.92

CARGA SENSIBLE

PERSONAS :	=	18 X	200 =	3600.00
MOTORES :	HP =	0 X	2545 =	0.00
LOCKS :	WATTS =	320 X	3.4 =	1088.00
OTRAS :	----- =	0 X	3.4 =	0.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00

			SUB TOTAL=	30055.15
STORAGE :	PIE 2 X	X	=	0.00
			FACT SEG =	
	CARGA SENSIBLE		ERSH =	30055.15

-----

CARGA LATENTE

INFILTRAC:	247.29 X	68 X	0.68 =	11434.69
PERSONAS :-----	=	18 X	144 =	2592.00
VAPOR :LB/HR X		0 X	1050 =	0.00
OTRAS :-----	=	20 X	746 =	14920.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00

			SUB TOTAL=	28946.69
			FACT SEG =	
	CARGA LATENTE		ERLE =	28946.69

-----

HOJA DE CALCULO 11

FECHA : 26-Oct-93  
 CLIENTE : CARPINTERIA  
 NOTA : AREA SUR

=====

FACTOR BTU/HR

CARGA SOLAR POR VIDRIO

VIDRIO :	0.00 X	40.00 X	1.00 =	0.00 N
VIDRIO :	27.11 X	14.00 X	0.00 =	0.00 S
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	1.00 =	0.00 E
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	0.60 =	0.00 O
SKYLIGHT :	0.00 X	243.00 X	1.00 =	0.00 NE

CARGA SOLAR Y TRANS. POR PARED

PARED :	0.00 X	9.00 X	0.34 =	0.00 N
PARED :	317.21 X	11.53 X	0.34 =	1243.53 S
PARED :	0.00 X	10.50 X	0.34 =	0.00 E
PARED :	0.00 X	10.47 X	0.34 =	0.00 O
TECHO-SOL :	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 NE
TECHO-SOM :	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 SE

GANANCIA POR TRANSMISION

VIDRIO/TO :	27.11 X	20.00 X	1.13 =	612.69
PARTICION :	500.50 X	10.00 X	0.26 =	2716.75
CIRLO :	714.46 X	37.00 X	0.36 =	9516.66
PISO :	0.00 X	10.00 X	0.26 =	0.00
INFILTRAC :	167.89 X	20.00 X	1.09 =	3660.00

CARGA SENSIBLE

PERSONAS :	=	14 X	200 =	2800.00
MOTORES :	HP =	0 X	2545 =	0.00
LOCKS :	WATTS =	320 X	3.4 =	1088.00
OTRAS :	----- =	0 X	3.4 =	0.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00

			SUB TOTAL=	21637.62
STORAGE :	PIE 2 X	X	=	0.00
			FACT SEG =	
	CARGA SENSIBLE		ERSH =	21637.62

-----

CARGA LATENTE

INFILTRAC :	167.89 X	60 X	0.68 =	7763.23
PERSONAS :-----	=	14 X	144 =	2016.00
VAPOR :	LB/HR X	0 X	1050 =	0.00
OTRAS :	----- =	14 X	746 =	10444.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00

			SUB TOTAL=	20223.23
			FACT SEG =	
	CARGA LATENTE		RELEH =	20223.23

-----

HOJA DE CALCULO 12

FECHA : 06-Oct-93  
 CLIENTE : ALUMINIO  
 NOTA : TCDA EL AREA

-----  
 FACTOR STU/HR

CARGA SOLAR POR VIDRIO

VIDRIO :	53.02 X	40.00 X	1.00 =	2120.80 N
VIDRIO :	60.25 X	14.00 X	0.20 =	0.00 S
VIDRIO :	2.00 X	155.00 X	1.00 =	0.00 E
VIDRIO :	0.00 X	155.00 X	0.60 =	0.00 O
SKYLIGHT :	0.00 X	243.00 X	1.00 =	0.00 NE

CARGA SOLAR Y TRANS. POR PARED

PARED :	231.04 X	9.00 X	0.34 =	706.98 N
PARED :	256.08 X	11.53 X	0.34 =	1003.88 S
PARED :	0.00 X	10.50 X	0.34 =	0.00 E
PARED :	501.85 X	18.47 X	0.34 =	3151.52 O
TECNO-SOL:	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 NE
TECNO-SOM:	0.00 X	0.00 X	0.34 =	0.00 SE

GANANCIA POR TRANSMISION

VIDRIO/TO:	113.28 X	20.00 X	1.13 =	2560.13
PARTICION:	644.52 X	18.00 X	0.26 =	3016.35
CIELO :	1874.60 X	37.00 X	0.36 =	24969.67
PISO :	0.00 X	18.00 X	0.26 =	0.00
INFILTRAC:	338.05 X	20.00 X	1.09 =	7369.49

CARGA SENSIBLE

PERSONAS :	=	33 X	200 =	6600.00	
MOTORES :	HP	=	0 X	2545 =	0.00
LUCES :	WATTS	=	960 X	3.4 =	3264.00
OTRAS :	-----	=	0 X	3.4 =	0.00
GAN. ADIC:	-----	=	0 X	3.4 =	0.00

SUB TOTAL= 54762.83

STORAGE : PIE 2 X X = 0.00

FACT SEG =

CARGA SENSIBLE RESH = 54762.83

-----  
 CARGA LATENTE

INFILTRAC:	338.05 X	60 X	0.68 =	15631.43
PERSONAS :-----	=	33 X	144 =	4752.00
VAPOR : LB/HR	I	0 X	1050 =	0.00
OTRAS :-----	=	0 X	746 =	0.00
GAN. ADIC:-----	=	0 X	3.4 =	0.00

SUB TOTAL= 20383.43

FACT SEG =

CARGA LATENTE RELE = 20383.43

-----

CAPITULO IV  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

## INTRODUCCION

La necesidad de implementar o mejorar un programa de Higiene Industrial en las empresas de Carpintería, Aluminio y Fundición del PIDB, es comprobada con el monitoreo ambiental, realizado en la etapa II de este trabajo. Este programa de Higiene Industrial conduce hacia una mejor y mayor productividad, ya que se crea el ambiente limpio y se educa al operador al uso de equipo de protección.

Las acciones que ayudarán a hacer realidad este plan de operaciones han sido propuestas en ese mismo capítulo. El capítulo III, propone diseños de sistemas de ventilación. Cabe aclarar que los diseños propuestos pueden ser modificados, respetando los caudales de aire estipulados en este documento.

En el presente capítulo, se desarrolla un análisis que justifica la implementación del sistema propuesto, bajo el punto de vista la salud y el bienestar de los trabajadores y áreas vecinas al centro de trabajo, y como efecto de esto, un mayor rendimiento laboral vrs. los costos de los sistemas propuestos.



#### 4.0.0.0. OBJETIVO GENERAL.

Establecer la factibilidad técnica, económica y social de implementar el sistema de Ventilación localizada y General propuesto, que de servicio a las empresas de Aluminio, Fundición y Carpintería, ubicadas en el Polígono Industrial Don Bosco, que sirvan de referencia para la implementación de sistemas de ventilación a cualquier empresa.

#### 4.1.0.0 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1 - Conocer la etiología de enfermedades ocupacionales, efectos de exposición.

2 - Definir los aspectos económicos del diseño de los sistemas.

3 - Evaluar los aspectos económicos y sociales de la implementación de un Sistema de Ventilación Mecánica.

#### 4.2.0.0 DEFINICION DEL PROBLEMA.

- Se desconoce en el país, hasta el momento, los importes de implementación de un diseño de Ventilación Mecánica (localizada y General), que controle, en base a valores TLV, contaminantes aereos en el ambiente de trabajo, ya que los sistemas de ventilación que dan servicio a Empresas Salvadoreñas son diseñados (o copiados) en países extranjeros, e instalados sin considerar una medición de contaminación en el área de trabajo.

#### 4.2.1.0 HIPOTESIS.

1 - Que de conformidad con el Art. 265 del Código de Trabajo, todo patrono debe adoptar y poner en práctica medidas adecuadas de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo, para proteger la vida, la salud y la integridad Corporal de los trabajadores.

2 - Que de acuerdo con el Art. 266 del mismo Código todo trabajador está obligado a cumplir con las normas y recomendaciones técnicas sobre seguridad e higiene que en materia laboral se emitan.<sup>1</sup>

3 - LA LEY DE RIESGOS PROFESIONALES, dada el 24 de Mayo de 1956 y publicada en el Diario Oficial No 115, Tomo 171, de fecha 20 de Junio de 1956, en la que se contemplan las tendencias modernas en materia de Riesgos Profesionales, ampliando en muchos aspectos su campo de aplicación a mayor número de trabajadores, que se encontraban expuestos a sufrir la consecuencia de los riesgos profesionales.<sup>2</sup>

#### 4.3.0.0 FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO

Se ha determinado, en base a un estudio realizado por encargados de Producción de las diferentes empresas del Poligono Industrial Don Bosco, que el operario promedio se desempeña dentro de su área de trabajo, en un 80% de su capacidad, en las primeras horas de la mañana; reduciéndose este indice a un 50 - 60% de efectividad por la tarde.

Dicho estudio revela que el trabajador promedio, labora al día un promedio de 6 1/2 horas efectivas al día, lo que involucra el costo que para la empresa representa. Las razones de estos indices son variadas, sin embargo hay algunas que se pueden catalogar de fijas. Este es el caso de las condiciones de las temperaturas que se citan en el monitoreo ambiental.

#### 4.4.0.0 INVESTIGACION DEL MERCADO

##### 4.4.1.0 ANALISIS DE LA DEMANDA

Para el análisis de la factibilidad de este proyecto se tendrá que definir exactamente que es un servicio social encaminado hacia la conservación de salud de los operarios y creación de un ambiente agradable, aunque se desconoce la incidencia directa que estos parámetros representen en los niveles de rendimiento, haciendo difícil cuantificar a corto plazo los ingresos que la inversión genera en la productividad en

1 REGLAMENTO GENERAL sobre seguridad e higiene en los Centros de Trabajo. Ministerio del Trabajo.

2 MANUAL DE EVALUACION POR RIESGOS PROFESIONALES Y COMUNES EN EL ISSS, 1982

las empresas, disponiendo recursos necesarios para la viabilidad y factibilidad del proyecto de diseño. Ante este hecho, se establece como hipótesis, que la salud es un bien del hombre y que debe ser protegida. Este derecho es reconocido Internacionalmente, y prueba objetiva de ello, son los compromisos, que los diferentes gobiernos del mundo, han suscrito para que el ambiente de trabajo, sea más agradable, más sano; y, así, más productivo.

En El Salvador no existe regulación por ningún organismo gubernamental o privado, de sistemas de ventilación de ningún tipo. El Ministerio del Trabajo determina las areas requeridas de aberturas en la obra civil de ventilación (1/6 del área), no importando la generación de contaminantes que se den, ni la velocidad u orientación que el viento tenga en determinado lugar o altitud. Por lo que resulta casi imposible verificar la cantidad de estragos que la contaminación aerea produce al operario de una empresa y a los ambientes vecinos.

Sin embargo, en un esfuerzo por cuantificar los daños que se producen, a causa de una inadecuada Ventilación Industrial, se transcribe en anexo la recopilación de costos en consultas de una muestra de 2,428 casos atendidos por el Instituto Salvadoreño del Seguro Social, en la cual el 17% es afectado por patologías agravadas por contaminación aerea de distintas formas (Anexo 5)

La teoría expuesta por H. W. Heinrich, en 1,927 <sup>3</sup>, sostiene que este costo directo es para el patrono un costo multiplicado por cuatro, en la famosa relación de 4:1, y tomando estos casos como riesgos en el trabajo, se puede decir:

costo directo x 4 = costo de la empresa/patrono

¢ 5,671,408.00 x 4 = ¢ 22,685,632.00

En consideración de los datos anteriores, se puede proyectar, para el período 1992 - 1997, los siguientes indicadores de gasto directo, considerando un incremento anual del 10%, basando esto en las condiciones siguientes:

- 1- Incremento de la actividad fabril
- 2- Complejidad de los procesos de producción
- 3- Automatización de etapas del proceso
- 4- Aumento en Inversiones, junto al proceso de reconstrucción, enmarcado en el proceso de paz, desde 1991

En base a la hipótesis anterior, expuesta en la tabla siguiente, recoge los ingresos/ahorro que pueden producirse mediante la ejecución de un buen programa de Seguridad Industrial, que involucre ventilación, iluminación y uso de equipo de protección.

3 Seguridad Industrial, H. W. Heinrich [1927]

Tabla 4-1 PROYECCION DE GASTO DIRECTO (EMPRESA) POR RIESGO EN  
ELTRABAJO (PERSONAL) <sup>4</sup>

AÑO	MONTO POR RIESGO	= INGRESO/AHORRO EMPRESAS DEL PAIS AFILIADAS AL ISSS
1992	¢ 22,685,632.00	= ¢ 22,685,632.00
1993	¢ 22,685,632.00	x 1.1 = ¢ 24,954,195.00
1994	¢ 24,954,195.00	x 1.1 = ¢ 27,449,615.00
1995	¢ 27,449,615.00	x 1.1 = ¢ 30,194,576.00
1996	¢ 30,194,576.00	x 1.1 = ¢ 33,214,034.00
1997	¢ 33,214,034.00	x 1.1 = ¢ 36,535,437.00

#### 4.4.2.0 ANALISIS DE LA OFERTA

A pesar de la incipienca en el ramo de la Ventilación Industrial, en el sector Productivo, se podría decir que existe cierto intento en mejorar las condiciones ambientales de las plantas Industriales, y entre otras medidas, las empresas han emprendido programas para:

1- Ventilación General, con el objetivo de mover el aire en el ambiente de trabajo

2- Aliviar temperaturas, que de acuerdo a nuestro clima no son adecuadas higrométricamente hablando.

Lo anterior resuelto en la mayoría de los casos debidos a presiones sindicales y/o quejas en general.

Pero no se han preocupado por:

1 - Controlar y/o eliminar los niveles de contaminantes dentro de plantas industriales o puestos de trabajo

2 - La ergonometría en los puestos de trabajo

3 - La eliminación de residuos tóxicos, y

4 - Cumplir normas idealmente trazadas para los procesos de producción.

<sup>4</sup> Sección de Medicina del Trabajo, ISSS 1992

Lo anterior es avalado por condiciones como las siguientes:

1- Legislación inadecuada, sobre la Higiene Industrial, en especial la ventilación aprovechada en zonas de trabajo.

2- Falta de capacitación a operarios o jefes de personal o de planta.

3- El no reconocimiento, de tipo económico, por parte del empresario, de lo que una deficiente Higiene Industrial produce a la productividad, al afectar la salud del operario.

4- La implementación en el país, de proyectos industriales, con tecnología que a la época resultan atrasados (adaptación de sistemas extranjeros, donaciones).

Entonces, en consideración de los factores que condicionan la oferta de este tipo de servicio, se considera para el PIBD, una inversión progresiva que responda a las necesidades de los usuarios.

#### 4.5.0.0 ENFERMEDADES OCUPACIONALES

##### 4.5.1.0 FACTORES AMBIENTALES O PRODUCTORES DE "STRESSES"

Los diversos factores o stress (presiones) ambientales que pueden causar enfermedad, deterioro de la salud, malestar o ineficiencia significativos en los trabajadores pueden clasificarse como químicos, físicos, biológicos o ergonómicos.

**Peligros químicos.** Surgen de una excesiva concentración en el aire de nieblas, vapores, gases o sólidos en forma de polvos o humos. Además del peligro de su inhalación, muchos de estos materiales pueden actuar como irritantes de la piel o pueden resultar tóxicos por absorción a través de ella.

**Peligros físicos.** Incluyen niveles excesivos de radiaciones electromagnéticas e ionizantes, ruido (sonido desagradable), vibración, temperaturas y presiones extremas. Variaciones en la temperatura que superen los 1.1 grados por debajo, o los 1.6 grados por encima de la temperatura normal de 37.6 °C (37.0 °C temperatura bucal) menoscaban el rendimiento del individuo.

**Peligros biológicos.** Incluyen insectos, hongos, mohos y contaminación bacteriana de clase sanitarios y domésticos como el agua potable, eliminación de residuos industriales y aguas servidas, manejo de alimentos e higiene personal. (Los peligros químicos y biológicos se superponen).

**Peligros ergonómicos.** Incluyen herramientas o lugares de trabajo mal diseñados. Operaciones de levantamiento y alcance inadecuadas, condiciones visuales deficientes o movimientos repetidos en posiciones incómodas pueden ser causa de accidentes en el ambiente de trabajo. El diseño de las herramientas y del trabajo a realizar para que se adapten al hombre, debe ser de importancia primordial. Es necesaria la aplicación inteligente de los principios de la ingeniería y biomecánica para eliminar los peligros de este tipo.

#### 4.5.2.0 FORMA DE PENETRACION DE AGENTES NOCIVOS

La penetración se puede llevar a cabo por formas o vías:

- Inhalación; que incluye a todos aquellos contaminantes de aire que puedan ser inhalados directamente hasta los pulmones y clasificarse por sus características físicas en gases, vapores y sustancias partículas, es decir, polvos, emanaciones irritantes, humos, aerosoles y nieblas. Esta vía de penetración es muy importante debido a la rapidez con que la sustancia tóxica puede ser absorbida por los pulmones, pasar a la corriente sanguínea y alcanzar el cerebro.

- Absorción por piel; algunas sustancias se absorben a través de las aberturas para los folículos pilosos y otras disuelven las grasas y aceites de la piel, como los compuestos orgánicos con plomo.

- Ingestión; en el lugar de trabajo las personas pueden ingerir inadvertidamente sustancias químicas peligrosas, siendo absorbidos a través del tracto gastrointestinal y pasar así a la sangre.

#### 4.5.3.0 TIPOS DE CONTAMINANTES TRANSMITIDOS POR EL AIRE.

##### 4.5.3.1 ESTADOS DE LA MATERIA.

Los polvos son partículas sólidas generadas por manipuleo, trituración, molienda, impactos rápidos, detonación y decrepitación (ruptura por calentamiento) de materiales orgánicos o inorgánicos como piedras, minerales, metales, carbón, madera y granos.

El término polvo se usa en la industria para describir partículas sólidas suspendidas en el aire, cuyo tamaño oscila entre 0.1 y 25.0 micrómetros. Un micrómetro = 0.0001 centímetro. Las partículas de tamaño mayor de 5 micrómetros generalmente no

permanecen suspendidas en el aire el tiempo como para provocar problemas por inhalación.

El polvo puede llegar al aire a partir de distintas fuentes; por ejemplo, en ocasiones en que se maneja un material pulverulento, como cuando el óxido de plomo se vuelca en un mezclador o cuando se espolvorea talco sobre algún producto. Cuando los materiales sólidos se reducen a trozos pequeños por molienda, trituración, detonación, agitación o barrenado, la acción mecánica de los aparatos de molienda o agitación proporciona energía suficiente para dispersar el polvo.

#### 4.5.3.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

Para evaluar en forma adecuada las exposiciones al polvo se necesita conocer la composición química, el tamaño de las partículas, la concentración en aire, forma de dispersión y muchos otros factores que se describen a continuación.

Aunque en el caso de los gases la concentración que llega a los alvéolos es aproximadamente la misma que en el aire respirado, este no es el caso para aerosoles o partículas de polvo. Las partículas más grandes, de más de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico pueden depositarse por gravedad e impacto en los conductos mayores antes de alcanzar a los alvolos más pequeños, adonde llegar no sólo las partículas.

Una persona con vista normal pueden detectar partículas de polvo de hasta 50 micrómetros de diámetro. Las de menor tamaño suspendidas en el aire pueden observarse a simple vista sólo cuando una luz intensa es reflejada por ellos. Las partículas de polvo de tamaño respirable (menos de 10 micrómetros), no se observan sin la ayuda del microscópio, pero pueden ser persibidas como una bruma.

La mayoría de los polvos industriales consisten en partículas de tamaño muy variable, con amplio predominio de las más pequeñas. En consecuencia (salvo algunas excepciones) cuando cerca de una operación polvorienta, el polvo es visible en el aire, posiblemente están presentes muchas más partículas que las persibidas.

Un proceso que produce el polvo lo suficientemente fino como para permanecer suspendido en el aire durante el tiempo necesario para ser inhalado, debe ser considerado peligroso hasta que se demuestre lo contrario.

Entre la concentración de un contaminante atmosférico y la duración de la exposición y la dosis del agente peligroso en el sitio crítico del organismo no existe una relación simple de uno a uno. Para una magnitud dada de la exposición atmosférica de un contaminante particulado potencialmente tóxico, el peligro resultante puede variar entre un nivel insignificante a uno de gran gravedad, dependiendo del tamaño de las partículas inhaladas y de otros factores que determinan su destino en el tracto respiratorio.

#### 4.5.3.3 HUMOS METALICOS.

Se forman cuando un sólido volatilizado se condensa en el aire frío. Las partículas sólidas que se forman constituyen una emanación extremadamente fina, generalmente menor de 1.0 micrómetros de diámetro. En la mayoría de los casos, el vapor caliente reacciona con el aire para formar un óxido.

Los gases y vapores no son humos, aunque con frecuencia estos términos se usan erróneamente en forma indistinta.

Soldaduras, metalizados y otras operaciones que incluyen vapores de metales fundidos son capaces de producir humos que en ciertas condiciones pueden ser peligrosos.

La soldadura de arco volatiliza vapor del metal que se condensa como metal o su óxido, en el aire que rodea el arco. Además la cobertura de varilla se volatiliza parcialmente. Debido a que estos humos son muy finos, son inhalados fácilmente.

Los pigmentos de hierro en los pulmones no parecen provocar enfermedad o incapacidad. Su presencia es demostrada por la observación con rayos X de los pulmones y puede llegar a un diagnóstico erróneo de silicosis.

Otros humos tóxicos, como los formados cuando se sueldan estructuras pintadas con aluminio o metales galvanizados, pueden producir con bastante rapidez síntomas graves de toxicidad, a menos que estos humos se controlen con una buena extracción local o el soldador esta protegido por un equipo de protección respiratoria.

Afortunadamente, muchas de las operaciones de soldaduras no requieren de temperaturas tan altas como para volatilizar una cantidad apreciable de plomo. Sin embargo, el plomo fundido en el crisol se oxida en su superficie por contacto con el aire. Si este óxido, con frecuencia llamado escoria, se dispersa mecánicamente en el aire, puede constituir un grave peligro de envenenamiento por plomo.

En las operaciones en que el polvo del plomo puede estar presente en el aire, como en soldaduras o en la fabricación de baterías de plomo, la prevención del envenenamiento ocupacional es en gran parte un problema de orden y limpieza escrupulosos para evitar que el óxido de plomo se disperse en el aire. Para controlar el peligro, se acostumbra encerrar los crisoles de fusión, cajas de escoria y operaciones similares y ventilarlas adecuadamente.

#### 4.5.3.4 HUMOS CARBONOSOS.

Existen tipos de humos constituídos por partículas de carbón u hollín menores de 0.1 micrómetros de tamaño que resultan de la combustión incompleta de materiales carbonosos como carbón o petróleo. Este tipo de humo generalmente contiene gotitas de



líquido, así como partículas secas. El del tabaco, por ejemplo, es húmedo y esta formado por diminutas gotas de alquitrán.

#### 4.5.3.5 AEROSOLES.

Son gotitas de líquidos o partículas sólidas de un tamaño suficientemente pequeño que permanecen dispersas en el aire durante un período prolongado.

#### 4.5.3.6 NIEBLAS.

Están formadas por gotitas de líquidos en suspensión generadas por la condensación de líquidos desde su fase vapor o por la dispersión de su estado líquido, ya sea por salpicaduras, espumas o pulverizaciones. Niebla es el término aplicado a un líquido finamente dividido en suspensión en atmósfera. Ejemplos son la niebla de aceite producida en las operaciones de corte y molienda, nieblas formadas en galvanoplastia, nieblas o alcalinas, originadas en operaciones de decapaje, nieblas por pulverización de pinturas y la condensación de vapor de agua que forma neblinas o lluvia.

#### 4.5.3.7 GASES.

Son fluidos uniformes que se expanden hasta ocupar el espacio o recinto en el cual están contenidos. Los gases constituyen un estado de la materia en la cual las molculas no están restringidas por fuerzas cohesivas. Ejemplos son los gases de la soldadura de arco, gases de los motores de combustión interna y el aire.

#### 4.5.3.8 VAPORES.

Son forma volátiles de sustancias que normalmente, a temperatura y presión ambientales, se encuentran en el estado sólido o líquido. La evaporación es el proceso por el cual un líquido pasa al estado de vapor y se mezcla con la atmósfera circundante. Los solventes con bajo punto de ebullición se

volatilizan fácilmente a temperatura ambiente.

El profesional de prevención de accidentes deber detectar los contaminantes del aire que existen, como gas, polvo, niebla o vapor en el lugar de trabajo. Al evaluar el grado de exposición, la concentración del contaminante del aire medida se deber comparar con los límites que aparecen en las normas publicadas sobre niveles de exposición.

#### 4.5.4.0 ETIOLOGIA DE LA ENFERMEDADES OCUPACIONALES

En contraste con alguna de las clásicas enfermedades contagiosas en las que un agente específico provoca una enfermedad determinada, la etiología de las enfermedades ocupacionales es muy compleja, con frecuencia existen múltiples factores causales químicos y físicos. Aunque un agente infeccioso tenga una característica patognomónica (específica de la enfermedad), puede no existir una relación única aparente con el agente que provoca el stress cuando están involucradas exposiciones crónicas a factores químicos y físicos. En las enfermedades causadas por microorganismos vivos usualmente existe un período corto y definido entre la invasión del huésped y el desarrollo de la enfermedad. En contraste con estos períodos de incubación cortos, los agentes físicos y químicos usualmente requieren períodos largos para desarrollar los efectos observables de la enfermedad ocupacional. Sin embargo, existen excepciones notables en relación con sustancias que producen reacciones alérgicas y/o broncoespasmos, así como con sustancias que inducen rápidamente otros efectos nocivos agudos.

#### 4.5.5.0 ESTADISTICAS

La mayoría de las enfermedades infecciosas con frecuencia se diagnostican correctamente y el número de casos y muertes se enumeran con facilidad. En contraste, el número de muertes debidas a enfermedades ocupacionales crónicas sólo puede ser demostrado mediante la aplicación de métodos estadísticos. El estado sanitario de una población determinada ha sido medido clásicamente en términos de ausencia de enfermedad. En el futuro, para establecer correctamente el estado sanitario sera necesario desarrollar más y mejores medidas de control ambiental en las zonas de trabajo.

Al interrogar a pacientes con padecimientos pulmonares, hay que insistir en que una parte creciente de la población está expuesta

a materiales potencialmente tóxicos para el pulmón. Por tanto, deben obtenerse los antecedentes personales y ocupacionales con detalles de la exposición que se haya tenido con factores de riesgo.

En la tabla 4-2, se listan diversas enfermedades ocupacionales contempladas dentro del Manual de Evaluación por Riesgos Ocupacionales y Comunes del Instituto Salvadoreño del Seguro Social

#### 4.6.0.0 ASPECTOS ECONOMICOS DEL DISEÑO

Para la implementación de los sistemas de ventilación diseñados en el capítulo III, se requiere asignar una cantidad de recursos que se clasifican en dos rubros: adquisición e instalación de los sistemas, y los requeridos para la operación y mantenimiento de los mismos. Los primeros constituyen la inversión fija, mientras los segundos integran el capital de trabajo o de operación.

NOTA: Todos los equipos y accesorios (filtros), se consideran artículos de importación por no existir en plaza.

#### 4.6.1.0 INVERSIONES FIJAS

En la tabla 4-3, se listan los gastos de inversión de los sistemas propuestos. Para equipos o accesorios a importar se han considerado los gastos de flete e introducción a un cambio de \$1.00 = 8.80. Cualquier cambio monetario al implementar el sistema modificar los valores. Los materiales en plaza fueron cotizados en diferentes establecimientos, de manera que los valores pueden, así mismo, variar al momento de la implementación.

Se considera, además como rubro de inversión fija la capacitación o adiestramiento del uso de los sistemas, en lo concerniente a limpieza de motores, ductos, recipientes finales y filtros; así como, el concientizar al operario en lo importante que es el uso de estos sistemas, para su salud y demás personas.

#### 4.6.2.0 CAPITAL DE TRABAJO O DE OPERACION

El capital de trabajo lo constituyen los gastos que requieren la operación y mantenimiento de los motores y limpieza de accesorios. Estos gastos han sido considerados de la siguiente manera:

TABLA 4-3

## ALUMINIO

Sinónimos: ninguno

Descripción: Metal maleable, blanco azulado

Contaminación: Metal muy usado

## Concentración máx. permisible:

- Humo de aluminio: 15 mg/m<sup>3</sup> de aire (no confirmado)
- Oxido de aluminio: 50 millones de partículas/pie cúbico en aire (no confirmado)

## Tóxicidad:

Absorción: inhalación

Patología: se ha descrito la fibrosis pulmonar (aluminosis)

## Signos y síntomas:

- Anorexia
- Deficiencia respiratoria
- Tos seca
- Respiración dolorosa
- Dolor epigástrico
- Linfocitosis relativa
- Disminución de la capacidad vital

## Rayos X

## Test de diagnóstico:

- Sombras focales en vértices
- Trauma bronquial reforzado en los lóbulos medio y superior de los pulmones
- Densidades modulares
- Ocasionalmente, focos confluentes de fibrosis

Tratamiento: Sintomático y de fortalecimiento general

Secuelas: Fibrosis pulmonar lentamente progresiva

**Medidas preventivas:**

- Ventilación adecuada
- Reconocimiento médico anual del personal expuesto, incluyendo exploración radiológica del tórax.

**MADERA**

**Sinónimos:** ninguno

**Descripción:** Trozos fibrosos, duros, de árboles y arbusto

**Contaminación:** Maderaje, Carpintería, Ebanistería

**Concentración máx. permisible:**  
No hay nada establecido

**Tóxicidad:**

**Absorción:** inhalación

**Patología:** Sensibilizador (Alérgeno)

**Signos y síntomas:**

- Conjuntivitis
- Eczema
- Síntomas de la fiebre de heno
- Asma bronquial
- Puede presentar una irritación en la piel primaria

**Test de diagnóstico:** Los test de contacto pueden ser positivos

**Tratamiento:** Sintomático y de fortalecimiento general

**Secuelas:** La sensibilización puede ser permanente

**Medidas preventivas:**

- Ventilación adecuada
- Retirar de la exposición a los empleados que se hayan sensibilizado.

## MONOXIDO DE CARBONO

Sinónimos: ninguno

Descripción: Gas incoloro, inodoro, inflamable

Contaminación: Combustión incompleta de materiales carbonosos

Concentración máx. permisible:  
100 ppm en aire

## Toxicidad:

Absorción: inhalación

Patología: Forma Carboxihemoglobina y, por tanto, anoxia en los tejidos

## Signos y síntomas:

- Carboxihemoglobina por debajo del 10% , ninguno
- Carboxihemoglobina entre 10 y 30%:
  - . dolor de cabeza
  - . somnolencia
  - . lasitud
  - . náuseas y vómitos
  - . velocidad respiratoria aumentada
- Carboxihemoglobina entre 30 y 40%:
  - . los mismos síntomas descritos antes
  - . disminución de la visión
  - . disminución de la presión sanguínea
  - . incoordinación muscular
- Carboxihemoglobina entre 40 y 60%:
  - . los mismos síntomas descritos, más:
  - . debilidad generalizada
  - . confusión mental
- Carboxihemoglobina entre 60% y más:
  - . inconsciencia
  - . convulsiones
  - . muerte

## Test de diagnóstico:

- Carboxihemoglobina desde 10%, en adelante:
  - . la hemoglobina puede estar aumentada
  - . el electrocardiograma puede presentar taquicardia visual y alteraciones del espacio ST

el electroencefalograma puede mostrar descargas epileptoides difusas y focales que después desaparecen.

**Tratamiento:**

- Oxígeno y respiración artificial
- Sintomático y de fortalecimiento general
- Estrecha vigilancia durante 24 horas de los pacientes que han llegado a estar inconscientes.

**Secuelas:** Se puede presentar bronconeumonía en la intoxicación grave.

La pérdida del sentido de orientación y de la memoria y la inestabilidad emocional pueden persistir durante varias semanas. La incapacidad permanente es rara y no se ha conseguido en pacientes que hayan estado inconscientes durante menos de 3 horas. Sensibilización puede ser permanente

**Medidas preventivas:**

- Ventilación adecuada
- Mascarilla con adsorbente químicos o corriente de aire.
- Reconocimiento periódico de la atmósfera donde se sospeche la existencia de monóxido de carbono.

Motores: revisión cada tres meses  
Ductos: limpieza cada seis meses  
Filtros: limpieza cada dos meses

La operación es básicamente el rubro de gasto de electricidad, la cual ha sido considerada.

El rubro capacitación que se incluye como gasto fijo, plantea tópicos básicos de mantenimiento, pero no se considera la variante de tener dentro de la planta un responsable de mantenimiento que realice un plan de revisión y limpieza tal como el planteado, no necesitando el servicio por una empresa externa. En cualquiera de los dos casos, se recomienda respetar los períodos de revisión y limpieza para optimizar resultados.

#### 4.6.3.0 IMPREVISTOS Y VARIOS

Cubren posibles contingencias no previstas al elaborar el diseño, por ejemplo: ampliaciones físicas o de inmuebles, aumento de personal, fluctuaciones de producción e inflación. Se estima un 10% del total del presupuesto como margen para prevenir posibles eventualidades en la implementación y operación de los sistemas.

#### 4.7.0.0 EVALUACION ECONOMICA

Para que un proyecto sea satisfactorio debe estar ampliamente justificado desde el punto de vista empresarial y social, es decir, debe proveerse una rentabilidad atractiva que justifique la canalización de recursos hacia el mismo, o bien debe existir una justificación muy clara de los beneficios sociales esperados frente a los costos de inversión y de operación de un proyecto.

El término inversión, significa un compromiso concreto de recursos de capital para la inversión de algún beneficio a lo largo de un período de tiempo razonable.

#### 4.8.0.0 EVALUACION SOCIAL

La evaluación social tiene por objeto determinar si los beneficios esperados del mismo justifican el empleo de los recursos necesarios para su realización y operación posterior, es decir, que existe una justificación muy clara de los beneficios sociales



esperados frente a los costos de inversión y operación del proyecto.

Para la evaluación social del proyecto se toma en consideración los efectos beneficiarios de este para la sociedad, específicamente áreas de trabajo industrial.

Se estableció el presente proyecto de diseño como un servicio netamente social (secc. 3.1.0.0), y se hizo una proyección del ahorro que se tendría al eliminar o controlar contaminantes aéreos que no creen o alteren enfermedades en los operarios (T.4-2). Cabe aclarar que debido a la falta de regularización de sistemas de salud ocupacional que existe en el país, estos datos no son oficiales sino una estimación.

Las dificultades que en el país se presentan al no poder darles seguimiento a estos casos, son reflejadas en el PIDB, ya que para 1993, los empleados del PIDB tienen escazamente un año de ser cotizantes del ISSS, por lo que las estadísticas de control sobre hospitalizados, emergencias o consulta externa no existen. Otro factor importante de señalar es la insalubridad, malos hábitos y vicios, a que se han visto expuestos los operarios de las diferentes empresas, lo que imposibilita deslizar cualquier patología presentada (ya sea esta en aparato respiratorio, piel y/o sistema nervioso), en los ambientes de trabajo de condiciones externas al mismo.

Esto imposibilita el realizar un análisis similar al de la tabla 4-1, pero que se puede cuantificar el beneficio que se obtendrá en la implementación al reducir, o no alterar, síntomas de enfermedades al operario.

T. 4-3 TABLA DE PRESUPUESTO DEL DISEÑO

SISTEMA: VENTILACION LOCALIZADA						
		COSTOS DE INVERSION FIJA			COSTOS DE INVERSION DE CAPITAL	
N° PARTIDA	PARTIDA	EQ. Y MAT. INSTALACION	MANO DE OBRA INSTALACION	CAPACITACION	ELECTRICIDAD (ANUAL)	MANTENIMIENTO (ANUAL)
1.00	HORNO DE FUNDICION	4,470.08	475.00		6,404.26	600.00
2.00	SIERRA CIRCULAR DE MESA	3,571.28	500.00		3,202.13	600.00
3.00	SIERRA DE CINTA	4,601.88	500.00		9,606.39	600.00
4.00	CEPILLO	1,688.18	500.00		533.69	600.00
5.00	SIERRA DE BRAZO	3,596.38	500.00		755.62	600.00
6.00	PULIDORA MANUAL	3,584.23	500.00		3,202.13	500.00
				2,000.00		
SUB TOTAL VENT. LOCALIZADA		21,512.03	2,975.00	2,000.00	23,704.22	3,500.00
SISTEMA: VENTILACION GENERAL						
		COSTOS DE INVERSION FIJA			COSTOS DE INVERSION DE CAPITAL	
N° PARTIDA	PARTIDA	EQ. Y MAT. INSTALACION	MANO DE OBRA INSTALACION	CAPACITACION	ELECTRICIDAD (ANUAL)	MANTENIMIENTO (ANUAL)
7.00	EMPRESA: FUNDICION	13,015.00	700.00		533.69	500.00
8.00	EMPRESA: CARPINTERIA	8,645.00	700.00		1,601.07	500.00
9.00	EMPRESA: ALUMINIO	13,379.00	850.00		1,601.07	500.00
				1,000.00		
SUB TOTAL VENT. GENERAL		35,039.00	2,250.00	1,000.00	3,735.83	1,500.00
IMPREVISTOS		5,655.10	522.50	300.00	2,744.01	500.00
TOTAL DE LOS SISTEMAS		62,206.13	5,747.50	3,300.00	30,184.06	5,500.00

NOTA: TODAS LAS CIFRAS EN COLONES

ESPECIFICACIONES TECNICAS  
DE INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA  
DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS

## 4.9.0.0 OBJETIVO GENERAL:

Normar las capacidades, el suministro, instalación, montaje y puesta en marcha de los equipos de Ventilación Industrial, que dará servicio a equipo diverso en las diferentes Empresas del Poligono Industrial Don Bosco, ubicado en los terrenos de la Ex-Policia de Hacienda, comunidades Iberia y Satelites.

## 4.9.1.0 CONDICIONES DE DISEÑO:

La implementación del sistema en cuestión obedece a las siguientes condiciones:

## CONDICIONES EXTERIORES

temperatura exterior promedio (BS)	93.0 °F ( 34.0 °C)
temperatura exterior promedio (BH)	76.0 °F ( 24.4 °C)
elevación sobre el nivel del mar	2460 p snm (760 mts)

## CONDICIONES A GENERAR

caudal de ventilación	dependerá del sistema a implementar, el cual satisface la extracción del material con que se trabaje
-----------------------	--

## 4.9.2.0 ALCANCE DE LA OBRA

De acuerdo a este documento, el contratista será el responsable del suministro y/o instalación, montaje, entrega, puesta en marcha y pruebas de los sistemas de extracción localizada y general a instalarse, cuyos componentes básicos son los siguientes:

- a) Elemento de Captación o Campana
- b) Sistema de distribución de aire (Ductos)
- c) Elementos de recolección de contaminantes (Filtros de aire y/o colectores)
- d) Ventilador en línea
- e) Ventilador axial de inyección
- f) ventilador gravitario de extracción
- g) Depósito final
- h) Controles de accionamiento
- i) Material varios de instalación

#### 4.9.3.0 CALIDAD DE EQUIPOS Y MATERIALES

Todos los equipos y materiales por utilizarse en esta obra, deberán ser libres de defecto e imperfecciones, de fabricación reciente, sin uso previo, que cumplan con lo especificado en tabla de requerimientos, con certificación de fábrica y aprobados para el uso que se pretende.

#### 4.9.4.0 PLANOS

Los planos de Diseño indican las localizaciones de los equipos, las trayectorias de los sistemas de distribución de aire (ductos), la forma de instalar cada accesorio de recolección de contaminante, así como los materiales a utilizar. El instalador deberá presentar al supervisor planos de taller de la sujeción de Equipos y ductería, de tal manera que se respete las localizaciones ya indicadas.

Cualquier accesorio, material o trabajo no indicado en los planos pero mencionado en las especificaciones o viceversa, que sea necesario para completar el trabajo en todo aspecto y alistarlos para operación, aún no apareciendo especificado y/o mostrado en los planos, será suplido, transportado e instalado por el contratista.

Los planos indican las dimensiones requeridas y apropiadas de acuerdo a los cálculos del diseño, tomando en cuenta el espacio físico a disposición, sugiriendo rutas apropiadas para adaptarse a estructuras y evitar obstrucciones. Sin embargo será el instalador el que deba acomodarse a la estructura del equipo, evitando obstrucciones y respetando los espacios libres para las otras operaciones de trabajo. En caso de tener cambios que impliquen costo adicional al proyecto, no se efectuarán hasta obtener la aprobación por escrito de la supervisión.

Modificaciones menores pueden ser efectuadas para ajustar el diseño propio del fabricante al proyecto, previamente sometidas a la revisión y/o aprobación del supervisor, de tal manera de definir si son o no sujetos de costo adicional.

El contratista presentará, en un período máximo de diez días a partir de finalizada la instalación y realizadas las pruebas de funcionamiento, dos juegos completos de heliocopias de todos los planos de las instalaciones de los equipos y diagrama de conexión como finalmente fueron construidos, para su revisión y aprobación por parte de la supervisión, los cuales deberán ser devueltos firmados y sellados.

#### 4.9.5.0 CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS

La capacidad de los equipos y características de los mismos se detallan en el capítulo III de este documento. El suministrador, deberá incluir en su cotización los catálogos técnicos del fabricante mostrando el modelo que está ofertando y que cumplan con las capacidades y características mínimas requeridas de acuerdo a las especificaciones de este documento y planos de Diseño.

#### 4.9.6.0 VENTILADORES

##### 4.9.6.1 CENTRIFUGOS

Los ventiladores a ser usados en los distintos equipos, en las empresas de Carpintería y Aluminio, serán centrífugos con aletas radiales según capacidad detallada en el capítulo III de este documento. Podrán usarse donde se requiera bolsa de recolección de polvo.

La carcasa será de lámina calibre 16 soldada. El impulsor será de aluminio fundido a troquel, balanceado, de limpieza en el movimiento de rotación horaria, del tipo paleta. La descarga se podrá hacer en siete direcciones de acuerdo a las necesidades de espacio especificado en los planos de diseño.

##### 4.9.6.2 AXIALES

El ventilador que dará servicio en el sistema de extracción del horno de fundición, deberá ser del tipo tuboaxial, para ser instalado en línea en ducto de extracción. Deberá ser capaz de operar con temperaturas de 200 °F, con cojinetes de bola permanentemente lubricados y aletas de aluminio.

Los ventiladores que darán servicio de ventilación General a las áreas de Aluminio, Carpintería y Fundición deberán ser instalados a 7 pies por lo menos del alcance del personal. Serán de aletas de aluminio, con rotación reversible para proporcionar mejores condiciones de extracción si así fuese necesario.

#### 4.9.6.3 DE TURBINA

Estos darán servicio de extracción en las areas antes mencionadas, instalandolos sobre el techo. Deberán ser construidos de lámina galvanizada, con aletas de costillas para darle mayor resistencia.

#### 4.9.7.0 SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE

##### 4.9.7.1 DUCTOS

Los ductos de extracción, para el horno de fundición deberán ser construidos de lámina lisa galvanizada; la cual será fabricada bajo norma ASTM -525; tipo G-90; con recubrimiento de zinc de 0.90 onzas/p<sup>2</sup>.

Las uniones entre ducto, accesorio (ya sea este el ventilador o plenum de filtro), y ducto, deberán ser herméticas y sin filos exteriores, del mismo material y calibre usado en el ducto. Las caras de los ductos llevarán dobleces diagonales para obtener mayor rigidez en la construcción de los mismos.

Las uniones entre ventiladores y ductos se harán por medio de conexiones flexibles, construidas con tela de lona de peso aproximado de 20 onzas/yarda cuadrada; y lámina galvanizada calibre 22 así: 4" de lámina; 4" de lona; 4" de lámina. El acople entre plenum de filtro y ductos se hará en forma directa por dos secciones de angulo de 1/8" de espesor, colocados al rostro interno del ducto y fijado por medio de tornillos, tanto en la parte horizontal del plenum como en la parte interna del ducto, tal y como se indica en el plano de diseño.

Los ductos en los sistemas de extracción localizada del area de Carpintería, serán de material de PVC flexible y con adaptadores de acero.

Los ductos en los sistemas de extracción localizada del area de Aluminio para pulidoras, deberán ser construidos de aluminio, bajo la norma NFPA 90A y 90B para clase "0" de clasificación de conducción de fuego, sin aislamiento. Deberán poder ser instalados en cualquier posición, para ser adaptados manualmente por el operario de acuerdo a la posición que requiera para vencer obstaculos que no fueran considerados en este documento o en los planos de diseño, y que fueran encontrados en la obra al momento de la instalación. El acople del ducto al elemento de captación, así como a los demás accesorios, se hará con arandelas de presión de acero inoxidable y pernos de 1/4".

#### 4.9.8.0 FILTROS

Los filtros de los ductos de extracción en el horno de fundición serán de media eficiencia recomendados para fundiciones de aleaciones blandas, lavables, capaces de soportar hasta 350 °F. Se instalarán entre la campana y el ventilador, en un marco de lámina galvanizada de alta resistencia, de forma tal que se permita retirarlo para su limpieza.

Los filtros de ventilación de los recipientes de recolección del area de carpintería, deben ser lavables, con un espesor de 1" (25 mm), de tipo permanente, para manejar velocidades del aire, arriba de 500 fpm. Capaz de remover el 90% de las partículas (por peso) tal como polvo o polen. Serán acoplados de forma directa en la superficie de los depósitos, en un marco del mismo material del deposito y asegurado por medio de tornillos.

#### 4.9.9.0 MOTORES, FAJAS Y POLEAS

Los motores serán eléctricos, ventilados fuera del flujo de aire y de los contaminantes, para operar con energía eléctrica monofásica o trifásica a 208/230 o 460 según se especifica en este documento, 60 Hz y tipo de alta eficiencia, con factor de servicio de 1.15 , velocidad máxima de 1300 rpm.

Los acoples de los motores a los diferentes ejes de los impulsores, se harán por medio de fajas y poleas de tipo ajustable, las cuales permitirán regular la velocidad del ventilador y el flujo de aire, para cumplir con los requerimientos de ventilación.

#### 4.9.10.0 SOPORTES

Los soportes de los ventiladores de extracción localizada se harán sobre los depósitos finales, por medio de pernos de 1/4", con arandelas de presión. Se colocará secciones de plancha de neolai como amortiguador.

Los inyectores axiales serán colocados en huecos especificados en los planos de diseño y de las dimensiones especificadas. Se trabajará con anclas expansibles para mayor seguridad.

Los ventiladores de turbina serán instalados sobre el techo de las areas a tratar, por medio de estructuras de angulo soldado y anclado a las estructuras del techo.



CAPITULO V

ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA

PARA EL DISEÑO DE VENTILACION

DE UN SISTEMA

## INTRODUCCION

Al igual que en el capítulo I, en esta sección también se presenta un algoritmo del método básico del Diseño de Sistemas de Ventilación Industrial para situaciones industriales diversas.

La utilización de un proceso ordenado y adecuado para realizar cálculos de diseño, determina la calidad de la información que se obtenga. Desde luego, la utilización de un método, para principiantes, debe ser recomendado y comprobado por otros diseñadores o entidades especializadas.

En esta sección, se explica el método a seguir por el diseñador principiante, respaldado por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), máxima autoridad en lo que a ventilación Industrial se refiere. Esta información se encuentra editada en el Manual de Ventilación Industrial 1992, a las cuales se les han realizado modificaciones o variantes para adecuarlas a las necesidades o espacios donde se requieran en nuestro medio, tomando en consideración consultas en otras fuentes, siendo estas bibliograficas como a especialistas en el área en el país.

### 5.0.0.0 OBJETIVO

Proponer un proceso ó método simplificado a seguir, para poder abordar el diseño de Sistemas de Ventilación en cualquier ambiente Industrial, con el fin de reducir (o eliminar), el riesgo de contraer o agravar enfermedades de índole profesional derivadas de los contaminantes aereos, procurando ergonometría, para así mejorar las condiciones de operación de las máquinas y evitar la propagación de residuos de contaminates industriales en las areas ecológicas vecinas.

### 5.1.0.0 DESCRIPCION DEL METODO

#### 5.1.1.0 PROCESO BASICO

Consiste en la toma de datos que obligan al diseño o rediseño de los sistemas de ventilación de un área Industrial. Este proceso es común, para el diseño de ventilación localizada o general.

Básicamente la metodología comprende las siguientes etapas:

1 - **Conocimiento del flujo del proceso productivo**, ya sea por medio del control estadístico para etapas normales y críticas o de mayor demanda, y si estas no se pudieran tomar, por medio de estimaciones del encargado de la planta.

2 - **Investigación de los materiales o productos utilizados en el proceso productivo**, estos pueden ser también las materias primas o terminadas que se elaboren en la planta.

3 - **Uso de la encuesta**, o datos estadísticos, para determinar:

- . la frecuencia de ausentismos en el área de trabajo,
- . las causas comunes de dichos ausentismos,
- . las patologías presentadas como causa de ausentismos
- . las fuentes de dichas patologías
- . las medidas que se toman o se han tomado hasta el momento para su conexión o control.

4 - **Medición de los niveles de contaminación**, en tres puntos específicos.

a) fuente o foco, que incluye la máquina o herramientas que produce el contaminante, así como hornos, o productos de origen químico que participen del producto final.

b) receptor, esta medida se hace a la altura de la nariz del operador, con el fin de detectar el flujo de contaminación, ya sea auditiva (>80 dB), respiratoria y bucal. La contaminación se absorbe por estas tres vías así como la cutánea, la cual es medida si el operario trabaja el producto o piezas sin la protección de guantes o mangas en brazos.

c) en el medio, la cual se hace a una distancia de 3 o 4 mts. entre el operador y la zona de polución del contaminante.

La generación de contaminante puede ser de origen sólido, líquido y gaseoso. Los instrumentos más usados en los monitoreos de tipo Industrial son, en nuestro medio:

- contador de partículas sólidas
- medidores vapores y gases, que pueden ser tubos colorimétricos
- medidores de ruidos, que dan medidas puntuales de ruidos o sonidos no agradables.

- sicrometro, para la medida de temperaturas de bulbo seco y humedad relativa. Está es recomendada hacerse cada hora, con tres datos para promediar, en primeras horas de la tarde y en tiempos de verano. Si no se pueden tener estos datos por medios directos, se puede consultar el servicio metereológico, al cual se le especifica la localización geográfica del área en estudio, y la hora estimada de mayor temperatura registrada, para calculos aproximados de temperatura y humedad en el ambiente.

Las tomas de datos de partículas sólidas tienen una duración de media a una hora como promedio. Las mediciones de gases tienen la misma duración, con la diferencia que los resultados no son inmediatos, sino hasta analizarlos en laboratorio. En el país FIPRO (fundación industrial de prevención de riesgos operacionales), CEL (Comisión ejecutiva del Río Lempa), y el ISSS, cuentan con equipo de toma de muestras y personal calificado para realizar estas operaciones, sin contar en el país con equipo de analisis de los datos, como se explica en el anexo 5-1 . Sin embargo, se recomienda consultarlos.

5 - **Comparación de los resultados obtenidos**, durante el monitoreo ambiental con los datos de los valores límites de tolerancia editados por la OSHA (apendice A). Los datos TLV a comparar serán previamente multiplicados por su respectivo factor máximo de desviación (tábla 1-2, cap. I)

T. 5-1

ppm mayor que	mg/m hasta	factor máx de desviación
-	1	3
1	10	2
10	100	1.5
100	1000	1.25
1000	-	1

*Copia de  
folia*

6 - **Interpretación de los resultados**, de acuerdo al paso anterior, se tendrá en consideración que:

a) Si los valores medidos en el foco (y/o receptor), son mayores o iguales que los valores TLV, la recomendación de ventilación Industrial es de caracter localizado.

b) Si los valores medidos en el foco (y/o receptor), no sobrepasan los valores de comparación TLV, pero los medidos en el ambiente si los sobrepasan, se habria que tomar en cuenta un diseño de ventilación General, sólo si:

- el contaminante que se produce, tiene un valor mayor o igual que 100 ppm

- la generación y evaluación del contaminante se produce en una manera uniforme dentro de la planta, y en flujos relativamente bajos o por períodos cortos de tiempo durante la jornada laboral.

- el trabajador se encuentra alejado del foco lo suficiente como para que a nivel respiratorio se tenga una medida de contaminación igual a la del contaminante.

#### 5.2.0.0 METODO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VENTILACION INDUSTRIAL (LOCALIZADA)

Escencialmente un sistema de ventilación localizada se compone de cuatro elementos básicos: la campana , el sistema de ductos, succión de filtraje y el ventilador. El aire es descargado usualmente a la atmósfera, cuando la descarga no permite reflujos a las areas de trabajo o son descargadas en forma de chimenea, siempre procurando que la dilución que se provoca no dañe el medio ambiente. El uso de recipientes cerrados, para guardar material que permite reciclaje, son de uso reducido pero conveniente para muchas medianas, pequeñas y micro empresas, por que además permite la limpieza de área de trabajo.

Los pasos a seguir para para el diseño de Ventilación Industrial se describen a continuación:

1 - **Geometría del elemento de Captación.** Una vez determinada la fuente generadora de contaminante, se escogerá la geometría del elemento de captación, la cual estará basada en la información de diseño, para operaciones industriales comunes, contenida en el capítulo 10 del Manual de Ventilación (apendice C). Procesos que no esten contenidas en dicho material, serán diseñados en base a formulas desarrolladas en capitulos anteriores.

2 - **Cálculo del caudal de aire mínimo de control.** Este depende de la geometría escogida en el paso anterior de elementos de captación especificos o por la velocidad de captura recomendada, de acuerdo a la operación industrial que se realice (ver tabla 3-1, cap.III). Los datos de diseño del capítulo 10 del Manual de Ventilación Industrial, están respaldados por características observadas en aparatos de ventilación.

3 - **Determinación de la velocidad mínima de traslado.** Esto corresponde a la velocidad, que de acuerdo a sus características físicas, se requiere para mover el contaminante en el ducto. El Manual de Ventilación incluye esta información en la misma sección antes mencionada. De manera general si el contaminante es de origen gaseoso o vapor, la velocidad en el ducto se encuentra en el rango de 1,500 a 2,000 pies/min. Para contaminantes sólidos, la

velocidad mínima, es comunmente recomendada, entre 3,500 a 4,500 pies/min.

**4 - Dimensionamiento del Conducto.** En ventilación como en Aire Acondicionado, se recominada, en la medida de lo posible usar ducto redondo para optimizar la energía en el motor, y el movimiento del aire en el conducto. El tamaño del ducto redondo es escogido para cubrir la velocidad mínima requerida en un ducto, así como el caudal ya determinado en el paso 2.

La dimensión máxima del ducto es obtenida al dividir el caudal por la velocidad mínima (paso 3). Escogido el diámetro normalizado del ducto, se tienen dos criterios: (1) diámetro comercial próximo menor o (2) diámetro comercial próximo mayor. El primero necesitará un motor con más potencia que la opción dos, implicando más gastos de operación. Por lo tanto el criterio a escoger es sobredimensionar el ducto para reducir pérdidas.

Con el dato anterior, se recalculará la velocidad real en el ducto.

**5 - Merms de Energía.** Calcular las pérdidas de energía que producirá la geometría del elemento de captación, los tramos de ducto recto, codos, transiciones, ciclones y/o filtros; los cuales deben ser determinados por medio de ecuaciones, graficos o tablas. Una vez se tenga definida la trayectoria del ducto de acuerdo a espacios determinados por el jefe de planta o por conveniencias del diseñador, se tabulan las diferentes pérdidas, las cuales deben ser vencidas por el motor del ventilador a seleccionar.

**6 - Selección del Ventilador.** Para ventilación localizada el tipo centrífugo de aspas radiales es el recomendable. La selección del ventilador depende de la presión que tenga que vencer, de acuerdo al paso 5; y a la cantidad de aire a manejar (ver apendice B).

**7 - Consideraciones de condiciones de trabajo.** El espacio físico a utilizar en la instalación del sistema de ventilación localizada para máquinas o areas de proceso indicadas, tiene que crearse, de manera que al mismo tiempo que se aprovecha para el equipo, la ergonometría, o en último caso la comodidad del operario quede satisfecha para mayor productividad. En el mercado existen diferentes tipos de material de ductos flexibles, el cual se acomoda a cualquier sistema y el diámetro que se requiera. Los más indicados son los de PVC, y los de aluminio con aros metálicos, los cuales se acomodad a la actividad a realizar.

**8 - Acoplamientos.** Los acoples (fuelles) en los ventiladores se deben hacer a la entrada y salida del aire, con tela impermeable (lona), para amortiguar la velocidad y ruido del motor.

**9 - Depósitos.** Se recomienda la implementación de depósitos de material de extracción, con el propósito de no descargar el

material extraído al área de trabajo, y aprovechar este material en reciclado, dependiendo de la materia prima. Las dimensiones serán las necesarias para recolectar el material cortado o procesado en media jornada de trabajo, o volumen que se estime conveniente. En este documento se ha trabajado con depósitos de madera de 8,000 pulg<sup>3</sup> (20 x 20 x 20 pulg), con el propósito de ilustración, incluyéndoles secciones de respiración con filtro para polvos con una eficiencia del 60 o 70 %.

Se requerirá que el encargado de la limpieza o desalojo de estos depósitos, utilice equipo de protección debido al contacto directo que se tiene con el contaminante.

### 2.3.0.0 METODO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL

Para implementar un sistema de ventilación general en un área industrial, se tiene que tener en cuenta que es un método de control (reducción) de la concentración del contaminante, y no de eliminación del mismo, lo que implica que grandes cantidades de aire se muevan dentro del área para poder diluir la contaminación. Los pasos a seguir para el diseño de Ventilación General se describen a continuación:

1 - **Cálculo de caudal para ventilación.** El primer paso es determinar el volumen de aire requerido en CFM (cubic feet per minute), para ventilar o enfriar un área. Existen varios métodos basados en la experiencia de campo y aceptados en prácticas industriales. En nuestro país no existen datos numericos emitidos por el estado, en relación a la ventilación mecánica, por lo que se trabajará con normalizaciones americanas.

#### a). Método del rango de cambios de aire

Uno de los métodos más comunmente usado es calcular el volumen de aire basado en cambios completos de aire dentro del local en un período de tiempo. este método es más efectivo en edificaciones pequeñas o cuartos sencillos.

La fórmula para calcular un volumen de aire en cfm es:

$$\text{volumen en CFM} = \frac{\text{Dimensión del local en pies cúbicos}}{\text{Cambios de aire en minutos}}$$

Ejemplo: Una panadería de 60.0 p de longitud por 20.0 p de ancho tiene 15.0 p de altura hasta el cielo, y requiere un cambio completo de aire cada 2 minutos (2 min. por cambio de aire). El volumen de aire requerido en cfm, será:

$$\text{cfm} = \frac{60 \times 20 \times 15 \text{ p}^3}{2 \text{ min}} = 9,000 \text{ p}^3/\text{min.}$$

### b). Método de CFM por p<sup>2</sup> por área de piso

Este método de calcular el caudal de ventilación en cfm, es más rentable para áreas largas, tales como salas de conferencias o auditorium, comedores, teatros y gimnasios. El volumen de aire es determinado al multiplicar el total de p<sup>2</sup> del área por un parámetro de cfm por p<sup>2</sup>. Normalmente de 2 a 10 cfm por p<sup>2</sup> pueden ser usados, sin embargo, de 3 a 4 cfm es aceptado generalmente como un mínimo de ventilación en verano. Este método de cálculo puede producir insatisfacción en muchos casos donde existen un control de distribución de aire y velocidad. Este método puede ser usado sólo cuando los cálculos sean basados en experiencias y probados en sistemas con ductos de distribución o extracción de aire.

Ejemplo: Una área de comedor tiene 150.0 p de longitud por 50.0 p de ancho con 18.0 p de cielo. Se especifican 4 cfm por p<sup>2</sup>.

$$\text{CFM} = 150 \times 50 \times 4 = 30,000 \text{ p}^3/\text{min.}$$

### c). Método de la Velocidad del aire

Este método puede ser efectivo para ventilación de confort. Esta basado en el suministro de aire para crear una brisa que provee satisfacción al personal durante la época de verano. Los cfm requeridos están calculados para multiplicar el área (L x A) a ser enfriada, por la velocidad deseada de acuerdo a la longitud del edificio (T.5-2)

Existen limitaciones prácticas en la mayoría de edificios que son ventilados por este método: los cielos falsos no deben exceder los 12.0 p, para mantener las velocidades de aire al nivel de piso; el espacio debe estar libre de particiones, fuentes de calor (máquinas), o barreras que obstaculicen el flujo de aire; contar con suficiente área de abertura naturales en puertas y ventanas.

La fórmula es:

$$\text{volumen en CFM} = \text{ancho} \times \text{largo} \times \text{velocidad}/\text{long.edificio}$$

Ejemplo: Una planta ensambladora tiene 30.0 p de ancho y 10.0 p de altura de cielo, y 150.0 p de long.. la velocidad es de 200 p/min.

$$\text{CFM} = 30 \times 10 \times 200 = 60,000 \text{ p}^3/\text{min}$$



d). **Método de la carga térmica**

Este método es el menos usado, debido a lo complejo que resulta su cálculo. Para esto debemos conocer: materiales de construcción del edificio y sus factores de transferencia de calor, cantidad de personas y carga de equipos o fuentes de calor (Watts) en hora picos, párametros climatológicos de la zona de estudio y medidas de particiones, paredes y área del local; para después calcular la carga térmica del local. Los cfm requeridos serán la suma de los cfm requeridos para vencer la carga latente y los cfm requeridos para vencer la carga sensible resultante, así:

$$\text{CFM/calor efectivo latente} = \frac{\text{BTU/carga latente}}{0.68 (W_{rm} - W_{adp})}$$

$$\text{CFM/calor efectivo sensible} = \frac{\text{BTU/carga sensible}}{1.08 (T_{rm} - T_{adp})}$$

Ejemplo: referirse a los cálculos de PIDB, cap. III

2 - **Consideraciones de ubicación de equipos.** De acuerdo al área del local a ventilar, se deben situar inyectores y extractores para el movimiento del aire. Se pueden tener las siguientes variantes como referencia:

a) La fig. 5.1 y 5.2, se muestran disposiciones típicas recomendadas de entradas y salidas de aire, en las cuales son necesarios ventiladores que muevan el aire.

b) Se puede, en base a los caudales a suministrar, tener la posibilidad de ingresar el aire de inyección por entradas en paredes y aprovechar salidas de puertas en forma natural, para minimizar la cantidad de equipos, o su capacidad. Como se menciona en el cap. anterior, el artículo 14, del "Reglamento General sobre Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo", especifica que las áreas de ventanas y puertas que ventilan un área deben ser por lo menos, 1/6 de la superficie del piso. Colocando la extracción en la parte alta del edificio para no contaminar áreas vecinas y aprovechar el movimiento del aire caliente. esto significa un ahorro en operación y mantenimiento. Siempre es necesario, revisar el movimiento de aire de extracción para evitar reflujos.

3 - **Filtrado.** Todo sistema de Inyección o Extracción, debe ser preferiblemente filtrado, para evitar el ingreso de polvos al ambiente de trabajo y no contaminar el aire de extracción. Para esto es necesario tener en cuenta la caída de presión que un plenum de filtros ocasiona de acuerdo a la eficiencia que estos presenten, y los accesorios de acoples al ventilador. Si se colocan ductos en

los sistemas, es necesario calcular las caídas de presión que estos incluyen en su trayecto (codos, transiciones, etc.), que el ventilador debe ser capaz de vencer.

4 - Disposición de Rejillas de Extracción o Suministro. Si el área a ventilar requiere la instalación de ductos, se dispondrán rejillas en tramos de cada 6.6 p ( $\approx$  2 mts.), para tener total control del ambiente.

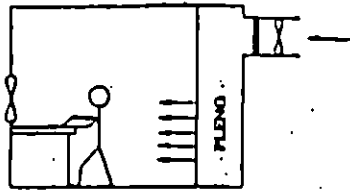
T. 5-1 RANGOS DE CAMBIOS DE AIRE PARA DIVERSAS INSTALACIONES. VENTILACION GENERAL

ESPACIO A VENTILAR	MINUTOS POR CAMBIO DE AIRE	ESPACIO A VENTILAR	MINUTOS POR CAMBIO DE AIRE
Salas de Conferencias	3-10	Cocinas	1-3
Auditorios/Teatros	3-8	Laboratorios	1-5
Panaderías	1-3	Lavanderías	1-3
Bancos	3-10	Cuartos de Lockers	2-8
Bares	2-5	Venta de Máquinas	3-5
Cabellerizas	10-15	Talleres de Máquinas Herramientas	2-3
Salas de Belleza	2-5	Oficinas	2-8
Cuartos de Calderas	2-4	Áreas de empaque	2-5
Corredores de Boliches	2-8	Áreas de Tratamientos c/aleaciones	1-5
Iglesias	3-10	Áreas de Impresiones	3-8
Corredores/Salas	6-20	Cuartos de Proyección	1-3
Lecherías	2-5	Cuartos de Recreación	2-8
Dormitorios	5-8	Restaurantes	3-10
Áreas de Secado de ropa	1-5	Salas de Descanso	4-8
Cuartos de máquinas	1-3	Salones de Clases	5-10
Fábricas	6-10	Bodegas/Áreas de Ventas	5-8
Funciones	1-5	Baños/Lavatórios	2-5
Áreas de Reparaciones de autos	3-10	Cuartos de esquila	1-5
Gimnasios	2-10	Bodegas/Aticos	3-10
Cuartos Sauna	1-2	Salas de Ventas/Vestibulos	3-10

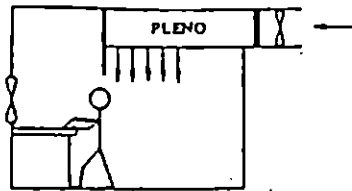
NOTA: El valor menor indica los cambios de aire requeridos para el local en estudio, sin contar con cargas de equipos adic. ocupación.  
Este va necesitando más aire al ir cambiando su carga térmica.  
El valor mayor indica los cambios de aire necesarios para una ventilación adecuada.

T. 5-2

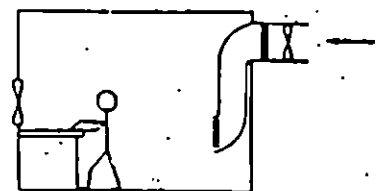
LONGITUD DEL EDIFICIO	VELOCIDAD DEL AIRE
hasta 100.0 p	150.0 P/MIN
100.0 a 200.0 p	200.0 P/MIN
200.0 a 300.0 p	250.0 P/MIN
300.0 p o más	250.0 P/MIN



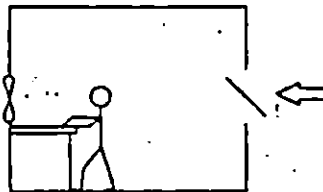
ENTRADA DE AIRE ÓPTIMA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 1,0 MÍNIMO



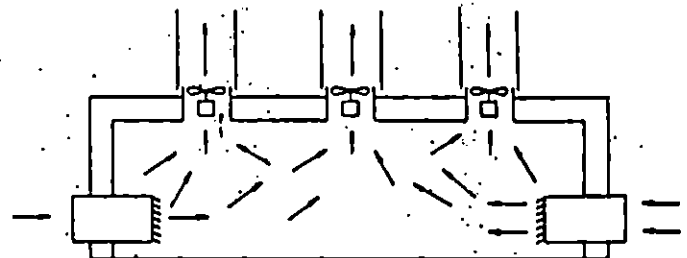
ENTRADA DE AIRE ÓPTIMA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 1,0 MÍNIMO



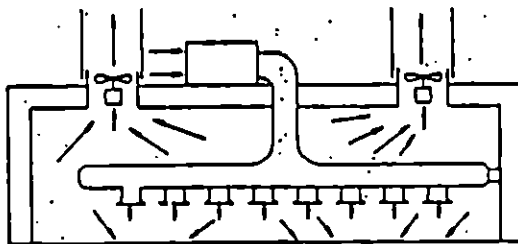
ENTRADA DE AIRE ÓPTIMA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 1,5 MÍNIMO



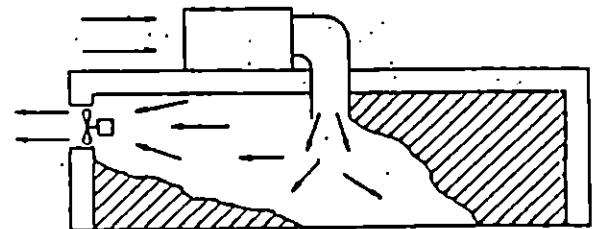
ENTRADA DE AIRE CORRECTA  
EXTRACCIÓN ÓPTIMA  
K = 2,5 MÍNIMO



CORRECTO  
K = 2 A 5  
REF. 2.2



BUENO  
K = 1,5 A 2  
REF. 2.2.



MALO  
K = 5 A 10  
REF. 2.2

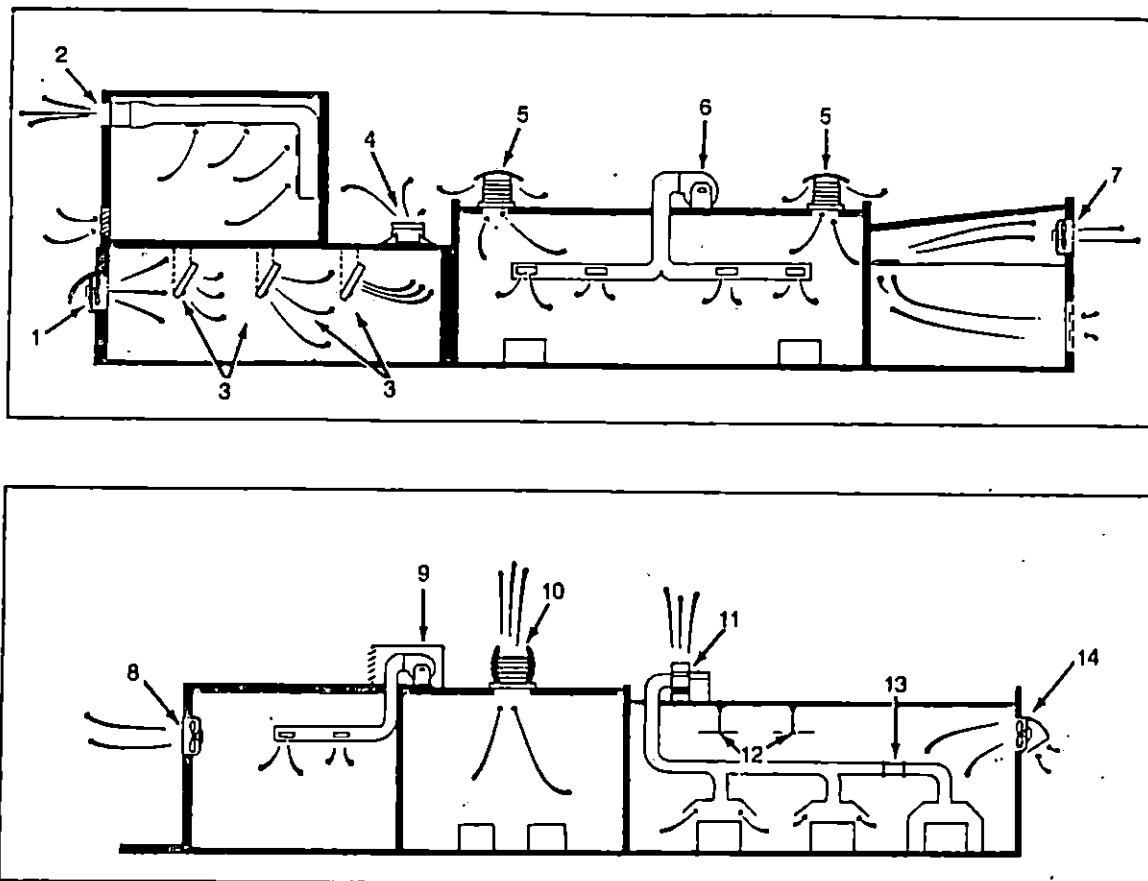
NOTA: LOS VALORES DE K INDICADOS TIENEN SOLO EN CUENTA LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL AIRE, Y SON ORIENTATIVOS. PARA ELEGIR EL VALOR DE K A EMPLEAR EN LA ECUACIÓN DEBE TENERSE TAMBIEN EN CUENTA EL NÚMERO Y SITUACIÓN DE LOS TRABAJADORES, EL FOCO DE CONTAMINANTE Y LA TOXICIDAD DEL MISMO.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

VALORES DE K SUGERIDOS PARA DISTINTAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL AIRE

FECHA: 110993

FIGURA 5-1



TIPOS DE VENTILADORES

1. Ventilador de propela usado para suministrar aire
2. Soplador centrífugo en línea con ducto para aire limpio
3. Circulador para enfriamiento por rendija
4. Ventilador de tiro vertical para extracción lejos del edificio
5. Ventilador de tiro descendente para extracción general
6. Soplador centrífugo para suministrar aire fresco
7. Ventilador de extracción usado en el cielo falso
8. Ventilador de extracción cuando un sistema de aire acondicionado no es requerido.
9. Soplador curvado hacia adelante usado en calefacción y aire acondicionado
10. Ventilador de tiro vertical para extracción de aire caliente.
11. Soplador centrífugo de aletas radiales en sistema de extracción.
12. Ventiladores de cielo del tipo Industrial para circulación del aire.
13. Ventilador tuboaxial en línea para extraer en cabina de pintura
14. Ventilador de propela para suministrar aire siendo extraído de un soplador

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

UBICACIONES DE EQUIPO  
PARA DISTINTAS ENTRADAS  
Y SALIDAS DEL AIRE

FECHA: 110993

FIGURA 5-2

ANEXO .1  
TERMINOLOGIA UTILIZADA

Las unidades empleadas en los cálculos están en el Sistema Inglés.

- Absorbente:** un material que tiene afinidad a ciertas sustancias al extraerlas en forma líquida o gaseosa, incluyendo cambios químicos y físicos durante el proceso.
- Adsorbente:** un material que tiene la habilidad de retener moléculas líquidas, sólidas o gaseosas en su superficie sin alterar las características físicas o químicas durante el proceso.
- Aerosol:** un compuesto de pequeñas partículas, sólidas o líquidas, suspendidas en el aire. El diámetro de las partículas puede variar desde 100 a 0.01 o menos micrones, polvo, humo, niebla.
- Aire, ambiente:** generalmente, el aire que rodea un objeto.
- Aire, exterior:** aire del exterior al espacio tratado
- Baffle:** especie de pared o superficie que produce deflexión de fluidos
- Calor:** forma de energía que es transferida por diferencia de temperaturas.
- CFM:** [Cubic feet per Minute], caudal de aire de ventilación, en pies cúbicos por minuto
- Damper:** regulador del flujo de aire, regularmente una compuerta o persiana de lámina galvanizada
- Decibel:** unidad usada en acústica que expresa la relación entre dos cantidades de poder.
- Densidad:** relación de la masa de un espécimen por el volumen del mismo
- Efecto de chimenea:** tendencia del aire o gas en un ducto u otro pasaje vertical, de elevarse cuando esta caliente por diferencia de densidades.
- Extractor:** ventilador usado para sacar aire por succión
- Filtros:** es un aparato de limpieza del aire que remueve las partículas livianas suspendidas en un atmósfera normal antes de ingresar a un área específica. Rango usual: cargas superiores de 3 gramos por cien pies (0.003 granos por pies cúbico). Para ambientes más cargados se recomienda el uso de colectores de polvo.

Fluido: gas, vapor o líquido.

Fpm: [Feet per Minute], velocidad lineal, expresada en pies por minuto

FSP: [Fan Static Pressure], presión estática a vencer por el ventilador, en pulgadas de columna de agua.

Limpiador de aire: Una aparato diseñado con el propósito de remover las impurezas del ambiente tales como polvo, gases, vapores y humos. (Los limpiadores de aire incluyen lavadores, filtros, precipitadores electrostáticos)

PPM: [partes por millón], partes en volumen de gas o vapor por millón de partes en volumen de aire a 68 °F(20 °C) y 29.92 pulg. de columna de mercurio (101.325 Kpa, 760 mm de Hg).

Pulg.w.g.: [Inches of Water Column], unidades de presión en pulgadas de columna de agua.

Velocidad de captura: velocidad del aire en un punto cualquiera frente a la boca de la campana, que es necesaria para superar las corrientes de aire opuestas a la campana.

Velocidad en el ducto: velocidad del aire en la sección del conducto, cuando en la corriente de aire existen partículas sólidas, la velocidad mínima requerida para que el aire las arrastre.

Velocidad en el plenum: velocidad de aire en el plenum la cual no debe ser mayor que la mitad de la velocidad en las rendijas, para mejor distribución del aire en las mismas.

Velocidad en la rendija: velocidad en las aberturas de una campana de tipo rendija, su función primaria es la distribución del aire en la boca de la campana.

Ventilador: aparato que mueve el aire comprimiendolo por medio de un rodete o hojas.

ANEXO 2

ENCUESTAS DE HIGIENE INDUSTRIAL



Respetable Sr.(a)

La presente encuesta que se le presenta, forma parte del trabajo de graduación: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION INDUSTRIAL PARA EL POLIGONO DON BOSCO"; Por lo que el diseñador del trabajo que lo está desarrollando solicita su valiosa colaboración en el sentido de contestar cada una de las preguntas que se presentan.

Por la ayuda que proporcione se le agradece de antemano.

UBICACION DE LA EMPRESA:

CARGO QUE DESEMPEÑA : Encargado de Producción

1. Qué cantidad de trabajadores laboran en la empresa?

HOMBRES 3

MUJERES \_\_\_\_\_

MENORES 12

TOTAL 15

Número de Turnos \_\_\_\_\_ Jornada diaria promedio 8 (horas)

2. Qué tipo de trabajadores laboran en su empresa?

Eventuales ( )

Permanentes ( X )

3. Qué períodos de producción tiene la empresa?

Todo el año ( X )

Temporada de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

4. Le Vende productos a personas Extranjeras?

SI \_\_\_\_\_ NO X

5. Qué cantidad aproximada les vende?

Toda la producción ( )

La mitad de la producción ( )

La cuarta parte de la producción ( )

6. A causa de que existe ausentismo en la empresa?

Alcoholismo ( ) Irresponsabilidad ( )

Gripes ( X ) Otros (Explique)

---

---

7. Qué productos laboran el la empresa?

Materias primas ( )

Producto Terminado ( X )

Ambos ( )

8. Qué materia prima o productos se utilizan en la elaboración de estos productos ?

Polvillo de madera ( ) Thin ( X )

Polvillo de Aluminio ( ) Pintura ( X )

Gases tóxicos ( ) Pega ( )

Humos de Hidrocarburos ( X ) Aserrín ( )

9. Han sufrido accidentes en esta empresa?

SI NO X

10. Qué tipos de accidentes se han dado con mayor frecuencia?

a) Intoxicaciones ( ) d) Incendios ( )

b) Cortaduras ( ) e) Explosiones ( )



16. Dónde almacenan las materias primas y productos terminados?

Galeras (  ) Bodegas Especiales ( )  
Dormitorios ( ) Pasillos ( )

17. Recibe visitas de inspección de alguna Institución?

SI  NO

18. Qué Institución los visitan?

ISSS (  ) CAESS ( )  
Bomberos ( ) Cruz Roja ( )  
Ministerio de trabajo (  ) Ninguna ( )

19. Les proporcionan algún tipo de recomendación para su Empresa?

SI  NO

20. Ponen en práctica las recomendaciones que les dan?

SI  NO

Si su respuesta es NO, porqué?

-Considerarlos ridículos ( )  
-Por no adecuarse a la empresa ( )  
-Por falta de recursos económicos ( )  
-Por no aceptarla los trabajadores ( )

21. Qué conocimiento tiene de lo que es higiene y seguridad Industrial?

Nada	( )	Algún	( X )
Poco	( )	Mucho	( )

22. Estaría dispuesto a poner en práctica una guía para la prevención de Accidentes y enfermedades en su empresa?

NO \_\_\_\_\_

SI   X   \_\_\_\_\_

-Por falta de conocimiento de lo que es una guía.

-Por el bienestar de sus trabajadores.

-Porque consideran que la empresa es pequeña.

-Por el bienestar de la Empresa.

-Porque no le interesa el bienestar de los trabajadores.

-Por el bienestar de la comunidad.

-Todos los anteriores.

-Porque se ahorraría un gasto.

-Todos los anteriores.

Respetable Sr.(a)

La presente encuesta que se le presenta, forma parte del trabajo de graduación: " PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION INDUSTRIAL PARA EL POLIGONO DON BOSCO"; Por lo que el diseñador del trabajo que lo está desarrollando solicita su valiosa colaboración en el sentido de contestar cada una de las preguntas que se presentan.

Por la ayuda que proporcione se le agradece de antemano.

UBICACION DE LA EMPRESA:

*Final Aeropuerto*

CARGO QUE DESEMPEÑA :

*Empleado*

1. Qué cantidad de trabajadores laboran en la empresa?

HOMBRES 15

MUJERES 1

MENORES 15

TOTAL 31

Número de Turnos 1 Jornada diaria promedio 8 (horas)

2. Qué tipo de trabajadores laboran en su empresa?

Eventuales ( )

Permanentes ( X )

3. Qué períodos de producción tiene la empresa?

Todo el año ( X )

Temporada de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

4. Le Vende productos a personas Extranjeras?

SI \_\_\_\_\_ NO

5. Qué cantidad aproximada les vende?

Toda la producción ( )

La mitad de la producción ( )

La cuarta parte de la producción ( )

6. A causa de que existe ausentismo en la empresa?

Alcoholismo ( ) Irresponsabilidad ( )

Gripes ( ) Otros (Explique)

---

---

7. Qué productos laboran en la empresa?

Materias primas ( )

Producto Terminado ( X )

Ambos ( )

8. Qué materia prima o productos se utilizan en la elaboración de estos productos ?

Polvillo de madera ( X ) Thinex ( X )

Polvillo de Aluminio ( ) Pintura ( X )

Gases tóxicos ( ) Pega ( X )

Humos de Hidrocarburos ( ) Aserrín ( X )

9. Han sufrido accidentes en esta empresa?

SI

~~NO~~

10. Qué tipos de accidentes se han dado con mayor frecuencia?

a) Intoxicaciones ( ) d) Incendios ( )

b) Cortaduras ( ) e) Explosiones ( )

c) Quemaduras ( )

11. En caso de accidentes o enfermedad grave a que Institución acude?

ISSS ( X ) Cruz Roja ( )  
Hospitales ( ) Clínicas ( )

12. Cuenta la empresa con botiquín de primeros Auxilios?

SI  X  NO \_\_\_\_\_

13. Con qué medicamentos cuentan en su botiquín?

Agua Oxigenada ( X ) Unguento para quemaduras ( )  
Alcohol ( X ) Analgésicos ( X )  
Merthiolate ( X ) Otros  
Gasas y Esparadrapo ( X )

14. Qué equipos de protección proporcionan a sus trabajadores?

Mascarillas ( X ) Gorros ( )  
Guantes ( ) Anteojos ( X )  
Delantales ( ) Tapones Auditivos ( )  
Botas ( ) ninguno ( )

15. Qué medios de protección tiene la empresa?

Extintores ( X ) Pilas con agua ( )  
Mangueras ( ) Salidas de Emergencia ( )  
Barriles con Arena ( ) Ninguno de los anteriores ( )



16. Dónde almacenan las materias primas y productos terminados?

~~Galerías~~ (X) Bodegas Especiales ( )  
Dormitorios ( ) Pasillos ( )

17. Recibe visitas de inspección de alguna Institución?

SI ~~\_\_\_\_\_~~ NO \_\_\_\_\_

18. Qué Institución los visitan?

ISSS (X) CAESS (X)  
Bomberos (X) Cruz Roja (X)  
Ministerio de trabajo Ninguna ( )  
( )

19. Les proporcionan algún tipo de recomendación para su Empresa?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

20. Ponen en práctica las recomendaciones que les dan?

SI ~~\_\_\_\_\_~~ NO \_\_\_\_\_

Si su respuesta es NO, porqué?

-Considerarlos ridículos ( )  
-Por no adecuarse a la empresa ( )  
-Por falta de recursos económicos ( )  
-Por no aceptarla los trabajadores ( )

21. Qué conocimiento tiene de lo que es higiene y seguridad Industrial?

Nada ( ) Algún ( )  
Poco ( ) Mucho ( )

22. Estaría dispuesto a poner en práctica una guía para la  
prevención de Accidentes y enfermedades en su empresa?

NO \_\_\_\_\_

SI  \_\_\_\_\_

-Por falta de conocimiento de  
lo que es una guía.

-Por el bienestar de  
sus trabajadores.

-Porque consideran que la em-  
presa es pequeña.

-Por el bienestar de  
la Empresa.

-Porque no le interesa el bie-  
nestar de los trabajadores.

-Por el bienestar de  
la comunidad.

-Todos los anteriores.

-Porque se ahorraría  
un gasto.

-Todos los anteriores.

Respetable Sr.(a)

La presente encuesta que se le presenta, forma parte del trabajo de graduación: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION INDUSTRIAL PARA EL POLIGONO DON BOSCO"; Por lo que el diseñador del trabajo que lo está desarrollando solicita su valiosa colaboración en el sentido de contestar cada una de las preguntas que se presentan.

Por la ayuda que proporcione se le agradece de antemano.

UBICACION DE LA EMPRESA:

CARGO QUE DESEMPEÑA : Encargado producción

1. Qué cantidad de trabajadores laboran en la empresa?

HOMBRES 15  
MUJERES 1  
MENORES 17  
TOTAL 33

Número de Turnos 1 Jornada diaria promedio 8 (horas)

2. Qué tipo de trabajadores laboran en su empresa?

Eventuales ( )  
Permanentes ( X )

3. Qué períodos de producción tiene la empresa?

Todo el año ( X )  
Temporada de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

4. Le Vende productos a personas Extranjeras?

SI Honduras NO \_\_\_\_\_

5. Qué cantidad aproximada les vende?

Toda la producción ( )

La mitad de la producción ( )

La cuarta parte de la producción ( X )

6. A causa de que existe ausentismo en la empresa?

Alcoholismo ( ) Irresponsabilidad ( )

Gripes ( ) Otros (Explique)

*Hay otros motivos de ausentismo*

---

---

7. Qué productos laboran el la empresa?

Materias primas ( )

Producto Terminado ( X )

Ambos ( )

8. Qué materia prima o productos se utilizan en la elaboración de estos productos ?

Polvillo de madera ( ) Thin ( )

*Alumina*  
Polvillo de Aluminio ( X ) Pintura ( )

Gases tóxicos ( ) Pega ( )

Humos de Hidrocarburos ( ) Aserrín ( )

9. Han sufrido accidentes en esta empresa?

SI ✓

NO

10. Qué tipos de accidentes se han dado con mayor frecuencia?

a) Intoxicaciones ( ) d) Incendios ( )

b) Cortaduras ( X ) e) Explosiones ( )

c) Quemaduras ( )

11. En caso de accidentes o enfermedad grave a que Institución acude?

ISSS ( X ) Cruz Roja ( )  
Hospitales ( ) Clínicas ( )

12. Cuenta la empresa con botiquín de primeros Auxilios?

SI  X  NO \_\_\_\_\_

13. Con qué medicamentos cuentan en su botiquín?

Agua Oxigenada ( X ) Unguento para quemaduras ( X )  
Alcohol ( X ) Analgésicos ( X )  
Merthiolate ( X ) Otros  
Gasas y Esparadrappo ( X )

14. Qué equipos de protección proporcionan a sus trabajadores?

Mascarillas ( X ) Gorros ( )  
Guantes ( X ) Anteojos ( X )  
Delantales ( ) Tapones Auditivos ( )  
Botas ( ) ninguno ( )

15. Qué medios de protección tiene la empresa?

Extintores ( ) Pilas con agua ( )  
Mangueras ( ) Salidas de Emergencia ( )  
Barriles con Arena ( ) Ninguno de los anteriores ( )

16. Dónde almacenan las materias primas y productos terminados?

Galeras ( ) Bodegas Especiales ( )

Dormitorios (X) Pasillos ( )

17. Recibe visitas de inspección de alguna Institución?

SI \_\_\_\_\_ NO NO

18. Qué Institución los visitan?

ISSS ( ) CAESS ( )

Bomberos (X) Cruz Roja ( )

Ministerio de trabajo ( ) Ninguna ( )

19. Les proporcionan algún tipo de recomendación para su Empresa?

SI SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

20. Ponen en práctica las recomendaciones que les dan?

SI SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si su respuesta es NO, porqué?

-Considerarlos ridículos ( )

-Por no adecuarse a la empresa ( )

-Por falta de recursos económicos ( )

-Por no aceptarla los trabajadores ( )

21. Qué conocimiento tiene de lo que es higiene y seguridad Industrial?

Nada	( )	Algún	( X )
Poco	( )	Mucho	( )

22. Estaría dispuesto a poner en práctica una guía para la prevención de Accidentes y enfermedades en su empresa?

NO \_\_\_\_\_

SI SI \_\_\_\_\_

-Por falta de conocimiento de lo que es una guía.

-Por el bienestar de sus trabajadores.

-Porque consideran que la empresa es pequeña.

-Por el bienestar de la Empresa.

-Porque no le interesa el bienestar de los trabajadores.

-Por el bienestar de la comunidad.

-Todos los anteriores.

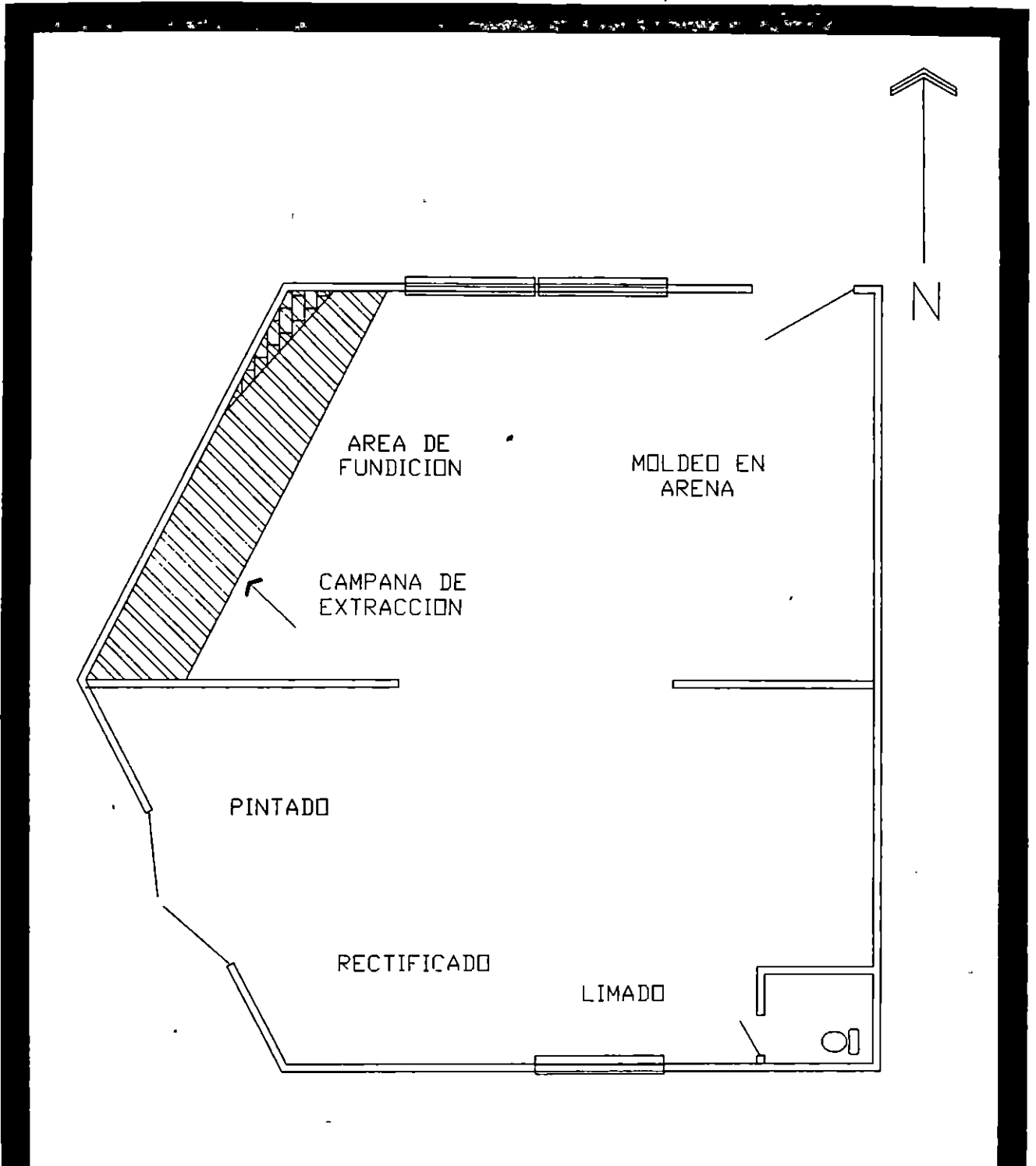
-Porque se ahorraría un gasto.

-Todos los anteriores.

EMPRESAS EN ESTUDIO

PLANTAS ARQUITECTONICAS DE LAS



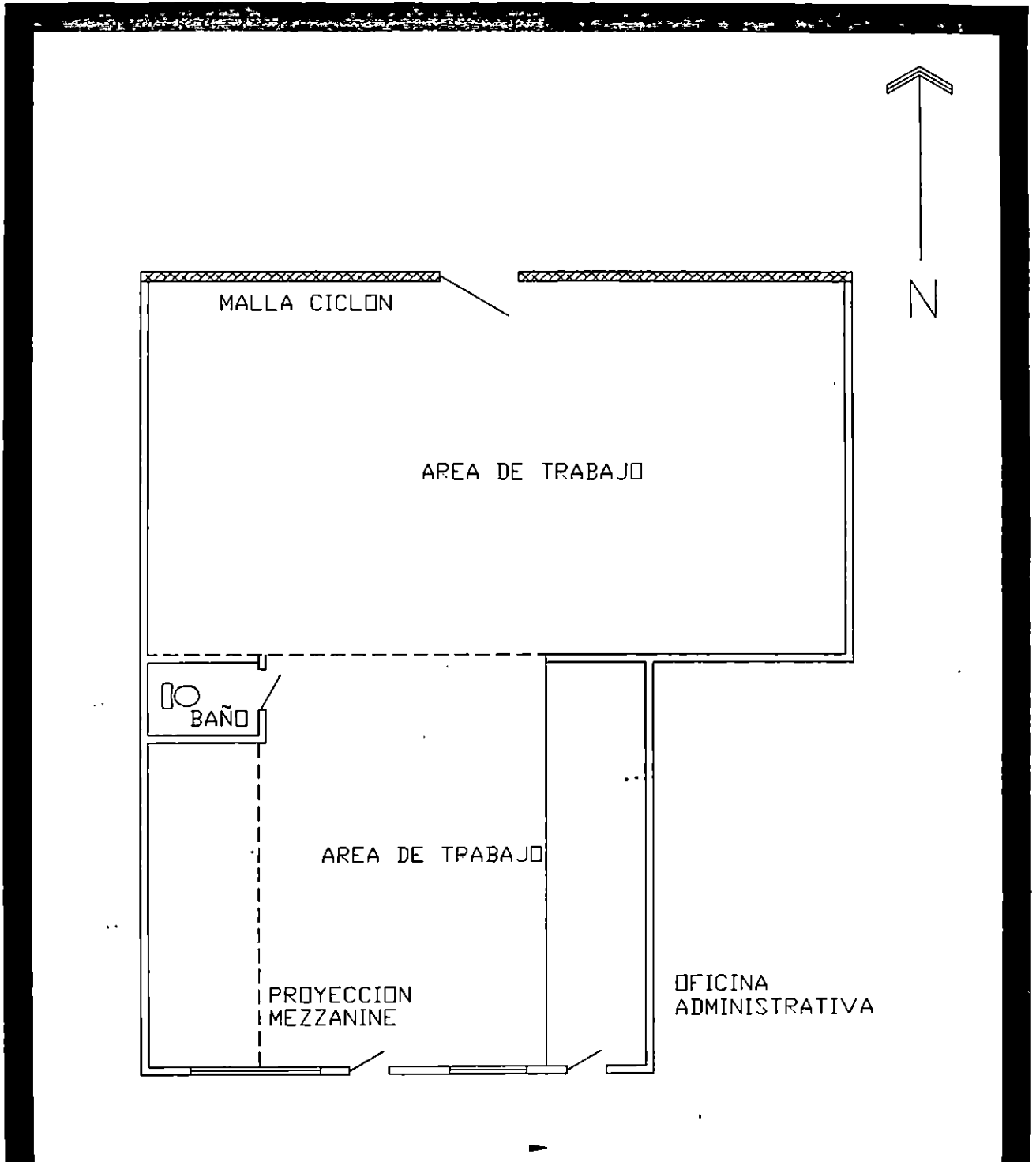


PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

PLANTA ARQUITECTONICA  
EMPRESA:

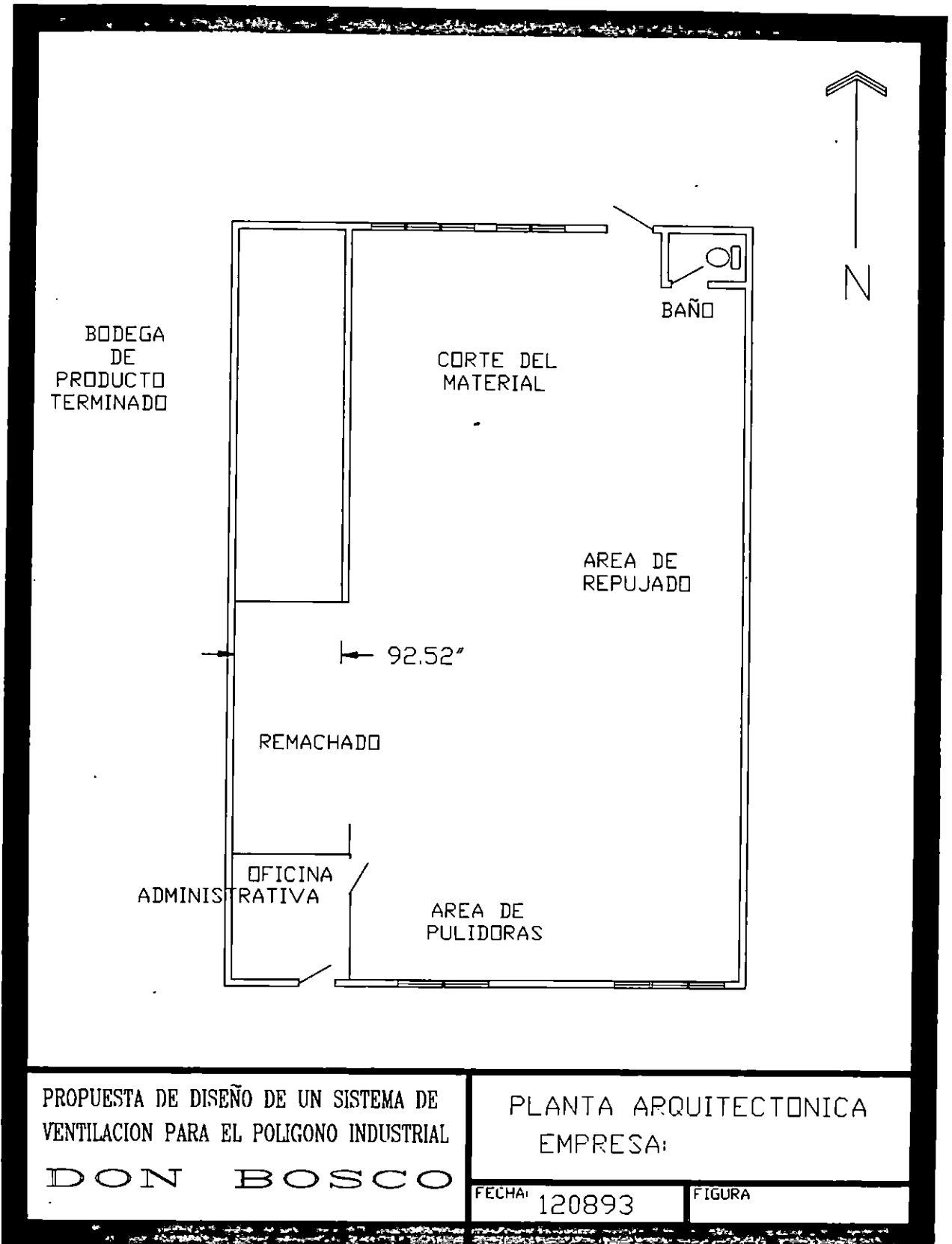
FELHA: 120893

FIGURA



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO

PLANTA APOUITECTONICA EMPRESA:  
FECHA: 120893 FIGURA



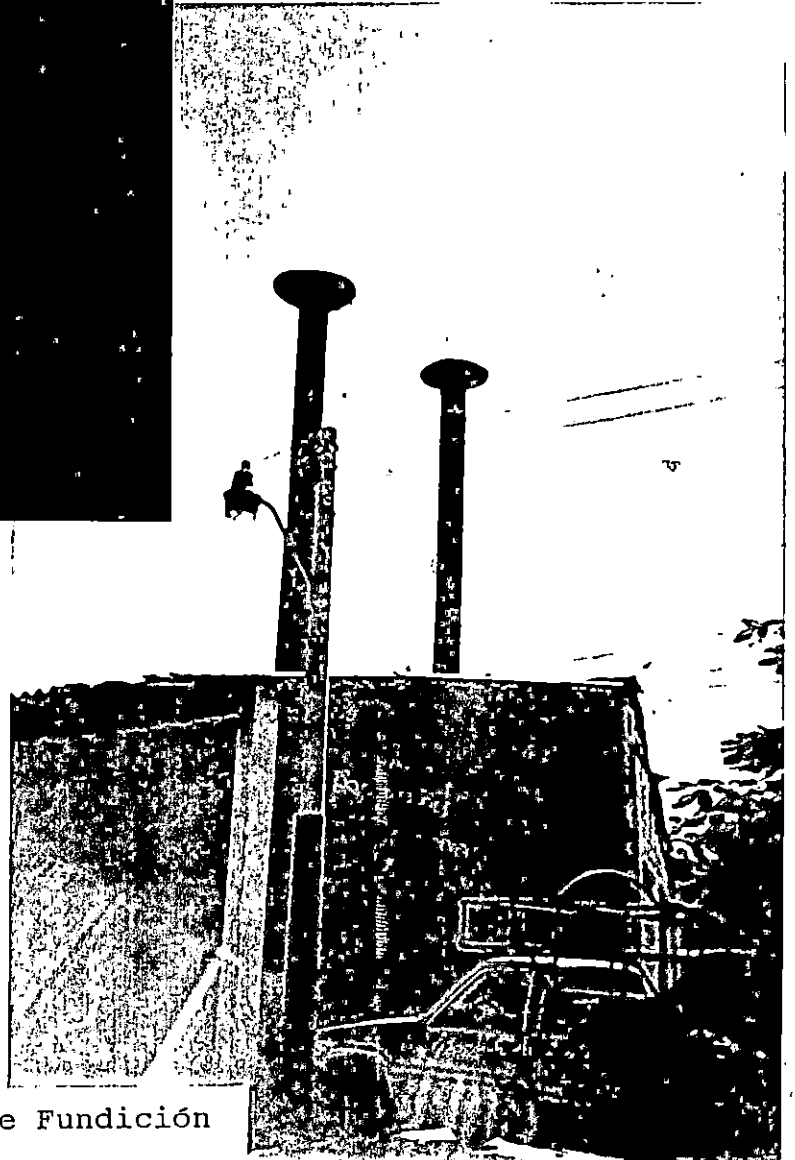
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
**DON BOSCO**

PLANTA ARQUITECTONICA EMPRESA:  
FECHA: 120893 FIGURA

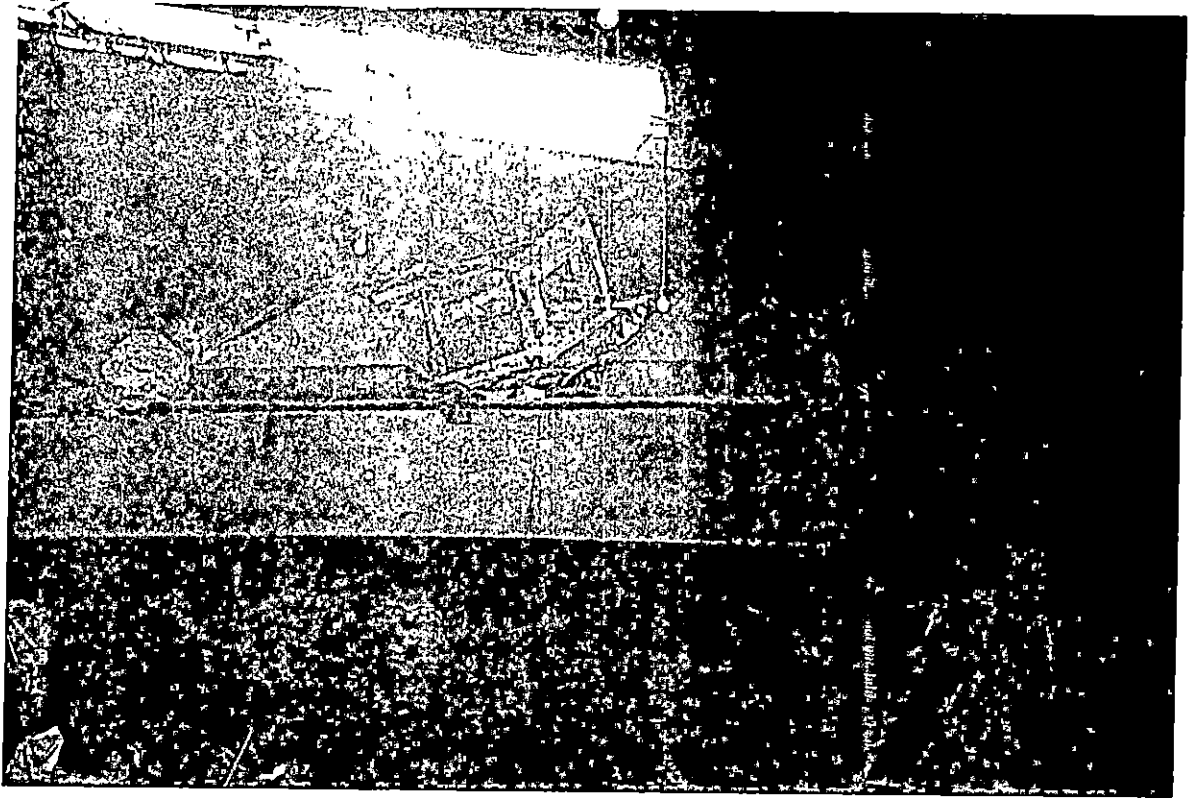
ANEXO 4  
INSTALACIONES ACTUALES  
POLIGONO DON BOSCO



Vista interior de Techo. Sin ventilación  
y poca iluminación  
Empresa: Fundición



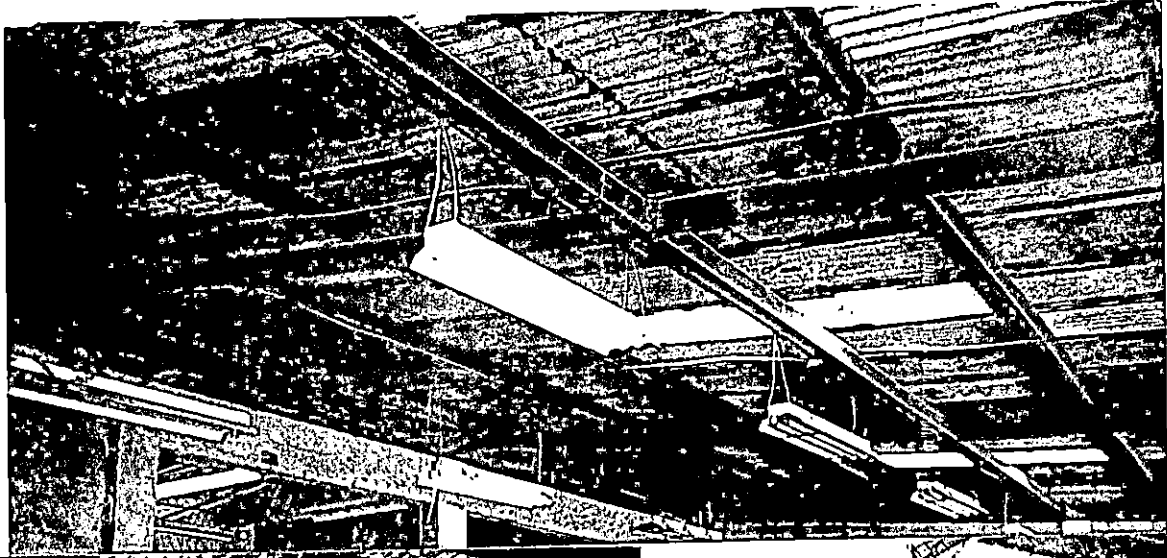
Ductos de Extracción. Hornos de Fundición  
Empresa: Fundición



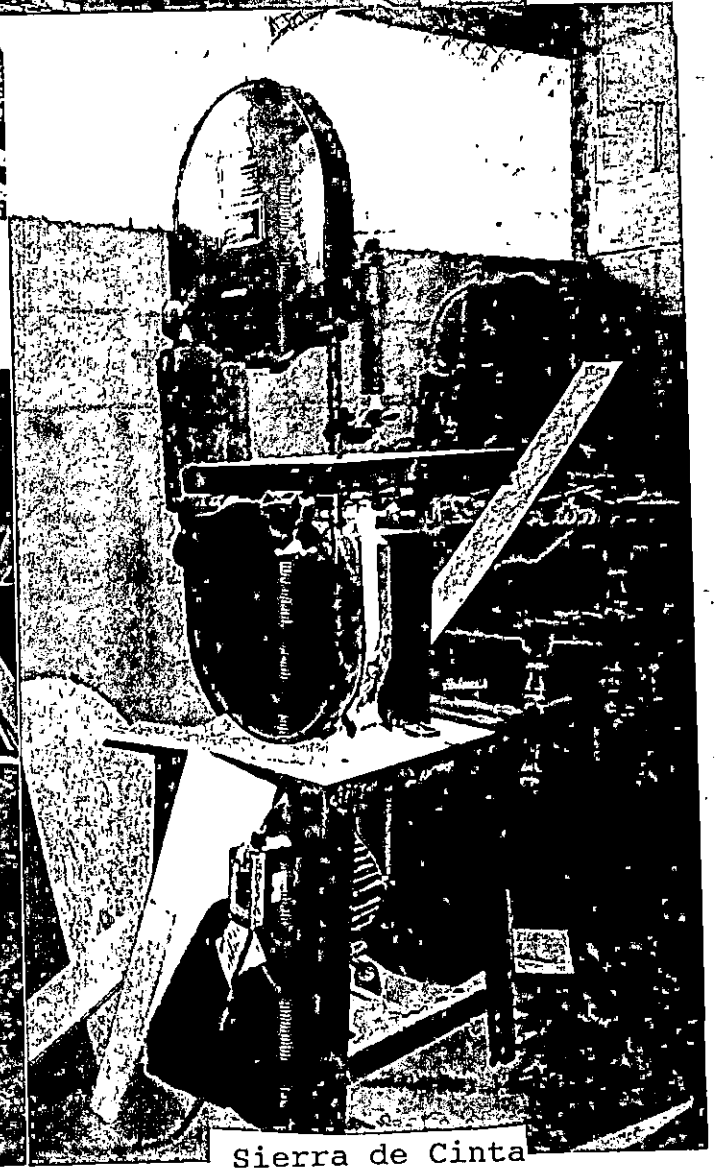
Campana de Extracción. Horno de Fundición



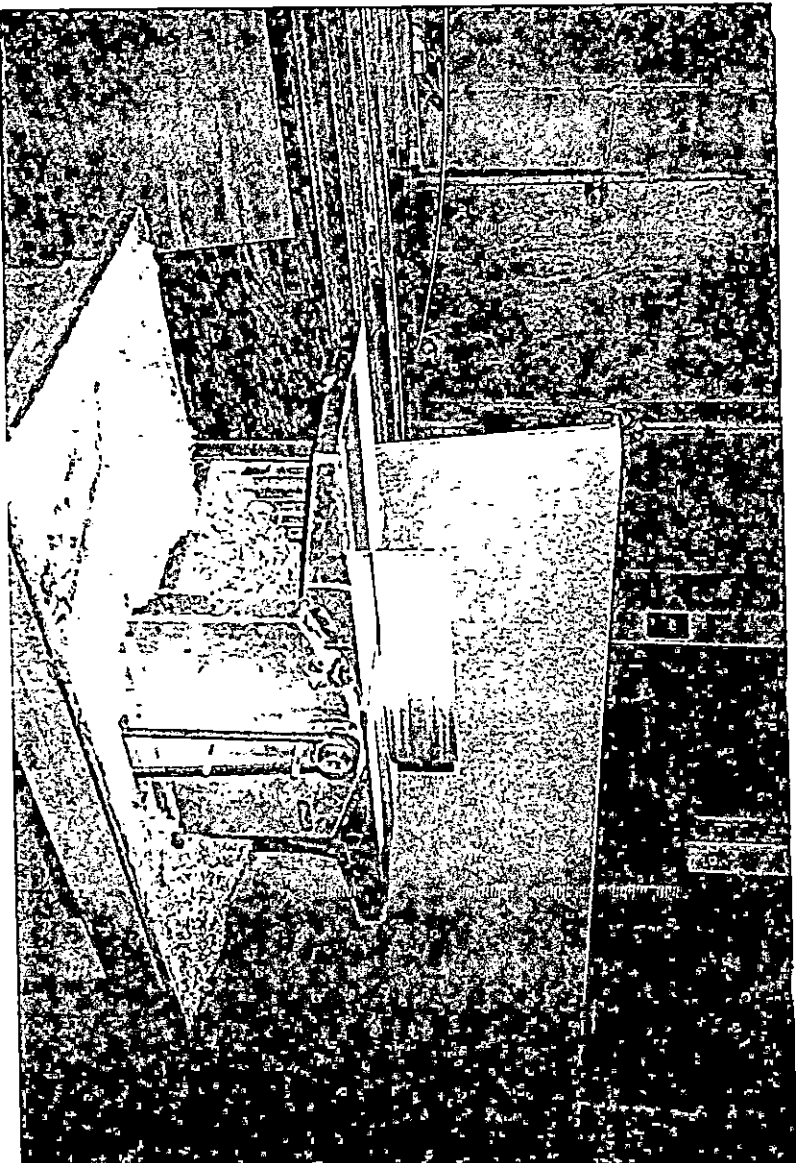
Area de moldeo en arena. Proxima al área Horno de Fundición



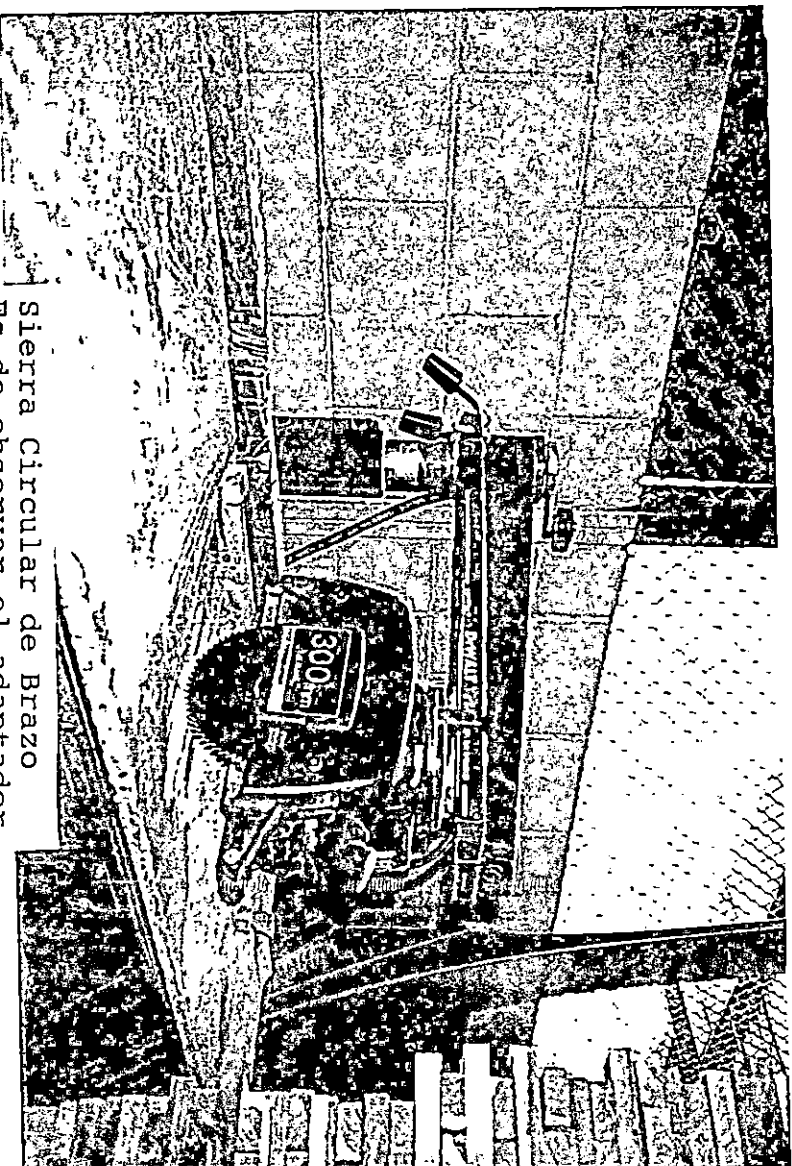
Sierra Circular de Mesa



Sierra de Cinta

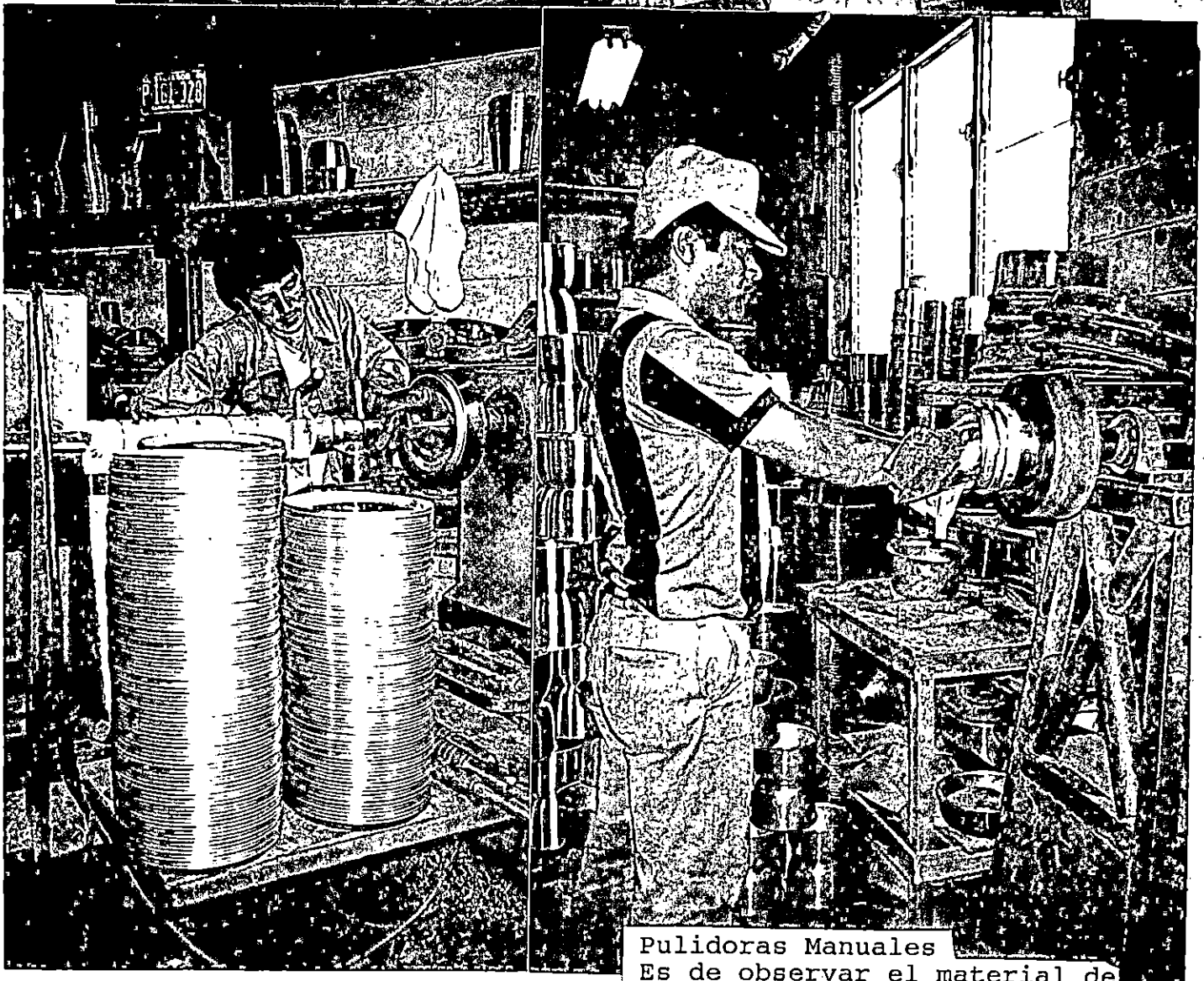
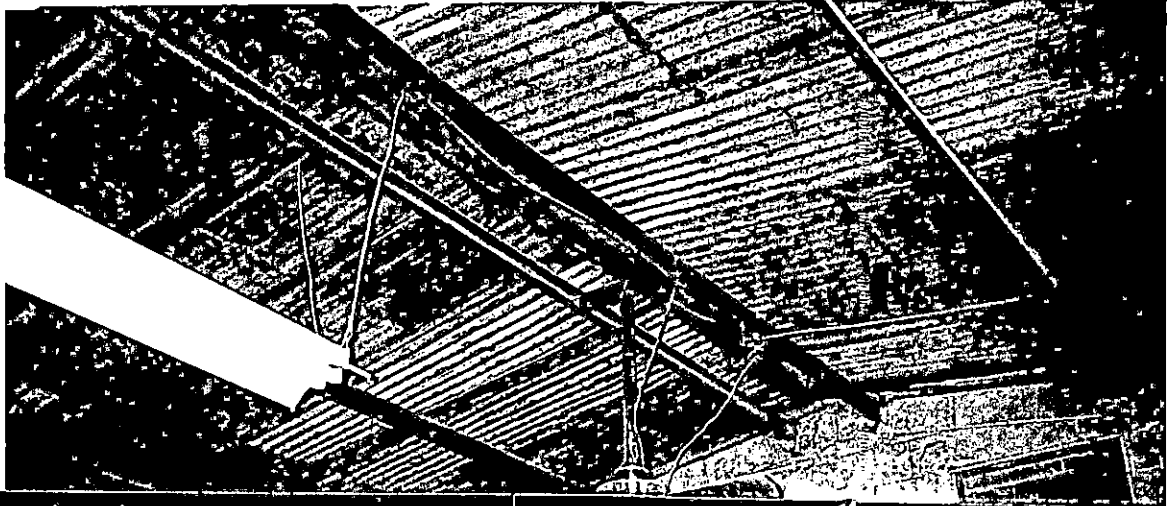


Cepillo



Sierra Circular de Brazo  
Es de observar el adaptador  
de extracción en la campana  
del fabricante





Area de Repujado

Pulidoras Manuales  
Es de observar el material de  
desbaste en el suelo, y la  
proximidad de el operario  
sin protección

**COSTOS PROFESIONALES CAUSADOS POR PATOLOGIAS  
AGRAVADAS POR CONTAMIANATES AEREOS, ESPECIFICAMENTE  
EN APARATO RESPIRATORIO, PIEL Y SISTEMA NERVIOSO  
(1992)**

Hospitalizados que requieren cama (dias sub-sidio por incapacidad temporal)	¢ 352,097.00
Consulta media externa	¢ 1,618,573.00
Consulta de emergencia	¢ 55,424.00
Pensión por incapacidad permanente	¢ 91,860.00
Pensión por muerte (viudez)	¢ 956,039.00
Pensión por muerte (orfandad)	¢ 1,542,195.00
<hr/>	
Gasto total	¢ 4,616,188.00
Gasto directo x 4	¢ 18,464,752.00

\* Estos datos son tomados de una muestra de 2,917 casos registrados por el Departamento de Medicina del Trabajo del Instituto del Seguro Social en 1992, del cual el 17% corresponde la enunciado.

ANEXO 6

DETALLE DE COSTOS DE  
LOS SISTEMAS DE VENTILACION  
A INSTALAR EN EL P.I.D.B.

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
LOCALIZADA

DETALLE: HORNO DE FUNDICION  
SISTEMA: 3,000 CFM  
FECHA: 25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P. TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
1.00	UN	VENTILADOR AXIAL DE 3,000 CFM (1.609 "v.g.)	3,905.00	3,905.00
1.00	UN	FILTRO PARA HORNO	34.10	34.10
MATERIAL EN PLAZA				
12.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	21.60
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	UN	GPAS/CABLE TELEFONICO	0.19	2.28
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
1.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	109.40
1.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	50.00
2.00	LB	ALAMBRE GALV.	3.15	6.30
1.00	UN	BROCA/HIERRO	4.60	4.60
27.00	P <sup>2</sup>	LANINA GALV #24	2.70	72.90
12.00	P	LONA PARA FUELLE	3.40	40.80
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
10.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	1.50
10.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	8.00
10.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESIDM	0.20	2.00
5.00	UN	ANCLA 3/8 X2	4.50	22.50
40.00	P	ANGULO DE HIERRO 1 1/2 X 1/8	2.95	118.00
2.00	LB	ELECTRODO	16.00	32.00
0.25	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	11.00
0.25	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	10.00
15.00	UN	RENACHE	0.10	1.50
TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION			c	4,470.00

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
LOCALIZADA

DETALLE: SIERRA CIRCULAR  
SISTEMA: 350 CFM  
FECHA: 25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P.TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
1.00	UN	VENTILADOR CENTRIFUGO DE 350 CFM (4.60 "v.g.)	3,014.00	3,014.00
MATERIAL EN PLAZA				
12.00	P	CABLE VULCAM 14 - 2 LINEAS	1.80	21.60
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	UN	GPAS/CABLE TELEFONICO	0.19	2.28
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
1.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	109.40
1.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	50.00
2.00	LB	ALAMBRE GALV.	3.15	6.30
1.00	UN	BROCA/MADERA	3.10	3.10
27.00	P <sup>2</sup>	LANINA GALV #24	2.70	72.90
6.00	P	LONA PARA FUELLE	3.40	20.40
0.13	GL	PEGA BLANCA	49.00	6.37
4.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	18.16
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
15.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	2.25
10.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	8.00
10.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	2.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	RENACHE	0.10	1.00
6.00	NTS	REDSTAS DE PINO	15.00	90.00
1.50	NTS <sup>2</sup>	PLAWOOD DE 1/2"	35.00	52.50
25.00	UN	CLAVOS PARA MADERA 1"	0.10	2.50
10.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 4"	6.10	61.00
TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION			€	3,571.28

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
LOCALIZADA

DETALLE: SIERRA DE CINTA  
SISTEMA: 700 CFM  
FECHA: 25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P.TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
1.00	UN	VENTILADOR CENTRIFUGO DE 700 CFM (5.68 "v.g.)	4,026.00	4,026.00
MATERIAL EN PLAZA				
12.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	21.60
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	UN	GPAS/CABLE TELEFONICO	0.19	2.28
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
1.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	109.40
1.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	50.00
2.00	LB	ALAMBRE GALV.	3.15	6.30
1.00	UN	BROCA/HIERRO	4.60	4.60
1.00	UN	BROCA/MADERA	3.10	3.10
27.00	P2	LAMINA GALV #24	2.70	72.90
6.00	P	LONA PARA FUELLE	3.49	20.94
0.13	GL	PEGA BLANCA	49.00	6.37
4.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	18.16
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
20.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	3.00
10.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	8.00
10.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	2.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	REMACHE	0.10	1.00
6.00	NTS	REOSTAS DE PINO	15.00	90.00
1.50	NTS2	PLAMOD DE 1/2"	35.00	52.50
25.00	UN	CLAVOS PARA MADERA 1"	0.10	2.50
5.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 4"	6.10	30.50
5.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 6"	8.75	43.75
TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION			6	4,601.88

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
LOCALIZADA

DETALLE: CEPILLADORA  
SISTEMA: 350 CFM  
FECHA: 25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P.TOTAL
		MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR		
1.00	UN	VENTILADOR CENTRIFUGO DE 350 CFM (2.80 "v.g.)	1,142.35	1,142.35
		MATERIAL EN PLAZA		
12.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	21.60
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	UN	SPAS/CABLE TELEFONICO	0.19	2.28
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
1.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	109.40
1.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	50.00
2.00	LB	ALAMBRE GALV.	3.15	6.30
1.00	UN	BROCA/MADERA	3.10	3.10
27.00	Pz	LANINA GALV #24	2.70	72.90
6.00	P	LOMA PARA FUELLE	3.40	20.40
0.13	GL	PEGA BLANCA	49.00	6.37
4.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	18.16
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
20.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	3.00
10.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	8.00
10.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	2.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	REMACHE	0.10	1.00
6.00	NTS	REGISTAS DE PINO	15.00	90.00
1.50	NTS	PLAWOOD DE 1/2"	35.00	52.50
25.00	UN	CLAVOS PARA MADERA 1"	0.10	2.50
8.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 4"	6.10	48.80
TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION			c	1,688.18

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
LOCALIZADA

DETALLE: SIERRA DE BRAZO

SISTEMA: 500 CFM

FECHA: 25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P. TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
1.00	UN	VENTILADOR CENTRIFUGO DE 500 CFM (4.50 "v.g.)	3,008.50	3,008.50
MATERIAL EN PLAZA				
12.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	21.60
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	UN	GPAS/CABLE TELEFONICO	0.19	2.28
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
1.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	109.40
1.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	50.00
2.00	LB	ALAMBRE GALV.	3.15	6.30
1.00	UN	BROCA/HIERRO	4.60	4.60
1.00	UN	BROCA/MADERA	3.10	3.10
27.00	P <sup>2</sup>	LAMINA GALV #24	2.70	72.90
6.00	P	LONA PARA FUELLE	3.40	20.40
0.13	GL	PEGA BLANCA	49.00	6.37
4.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	18.16
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
10.00	UN	TORNILLO GOLDSO #8 X 3/4	0.15	1.50
10.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	8.00
10.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	2.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	REMACHE	0.10	1.00
6.00	NTS	REDSTAS DE PIND	15.00	90.00
1.50	NTS <sup>2</sup>	PLANOOD DE 1/2"	35.00	52.50
25.00	UN	CLAVOS PARA MADERA 1"	0.10	2.50
3.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 2"	4.50	13.50
5.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 4"	6.10	30.50
5.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 6"	8.75	43.75
TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION			€	3,596.38



MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
LOCALIZADA

DETALLE: PULIDORA MANUAL  
SISTEMA: 340 CFM  
FECHA: 25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P.TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
1.00	UN	VENTILADOR CENTRIFUGO DE 340 CFM (0.65 "v.g.)	3,014.00	3,014.00
MATERIAL EN PLAZA				
12.00	P	CABLE VULCAM 14 - 2 LINEAS	1.80	21.60
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	UN	GPAS/CABLE TELEFONICO	0.19	2.28
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
1.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	109.40
1.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	50.00
2.00	LB	ALAMBRE GALV.	3.15	6.30
1.00	UN	BROCA/MADERA	3.10	3.10
27.00	P2	LAMINA GALV #24	2.70	72.90
6.00	P	LONA PARA FUELLE	3.40	20.40
0.13	GL	PEGA BLANCA	49.00	6.37
4.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	18.16
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
20.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	3.00
10.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	8.00
10.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	2.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERNEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	REMACHE	0.10	1.00
6.00	NTS	REOSTAS DE PINO	15.00	90.00
1.50	NTS2	PLAQUED DE 1/2"	35.00	52.50
25.00	UN	CLAVOS PARA MADERA 1"	0.10	2.50
12.00	P	DUCTO FLEXIBLE DE 4"	6.10	73.20
TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION			€	3,584.23

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
GENERAL

EMPRESA: FUNDICION  
SISTEMA:  
FECHA:

25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P.TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
2.00	UN	VENTILADOR AXIAL DE 2,500 CFM (Ø.16 "v.g.)	3,336.00	6,672.00
2.00	UN	EXTRACTOR GRAVITATORIO DE 30" DE DIAMETRO (Ø.16 "v.g.)	2,750.00	5,500.00
MATERIAL EN PLAZA				
30.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	54.00
2.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	7.00
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
4.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	437.60
4.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	200.00
4.00	UN	BROCA/HIERRO	3.50	14.00
12.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	54.48
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
30.00	UN	TORNILLO GOLDSO Ø8 X 3/4	0.15	4.50
15.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	12.00
15.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESSION	0.20	3.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	REMACHE	0.10	1.00
0.25	PLANCHA	MEDLAI PARA TOPES	125.00	31.25

TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION

€ 13,014.85

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
GENERAL

EMPRESA: CARPINTERIA

SISTEMA:

FECHA:

25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P.TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
1.00	UN	VENTILADOR AXIAL DE 3,400 CFM (0.16 "v.g.)	2,490.15	2,490.15
2.00	UN	EXTRACTOR GRAVITATORIO DE 30" DE DIAMETRO (0.16 "v.g.)	2,750.00	5,500.00
MATERIAL EN PLAZA				
18.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	32.40
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
3.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	328.20
3.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	150.00
3.00	UN	BROCA/HIERRO	3.50	10.50
12.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	54.48
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
30.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	4.50
15.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	12.00
15.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	3.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	RENACHE	0.10	1.00
0.25	PLANCHA	NEOLAI PARA TOPES	125.00	31.25

TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION

e 8,645.00

MATERIALES SISTEMA DE VENTILACION  
GENERAL

EMPRESA: ALUMINIO  
SISTEMA:  
FECHA:

25-Oct-93

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	P. TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO A IMPORTAR				
2.00	UN	VENTILADOR AXIAL DE 3,000 CFM (0.16 "v.g.)	3,530.50	7,061.00
2.00	UN	EXTRACTOR GRAVITATORIO DE 30" DE DIAMETRO (0.16 "v.g.)	2,750.00	5,500.00
MATERIAL EN PLAZA				
24.00	P	CABLE VULCAN 14 - 2 LINEAS	1.80	43.20
1.00	UN	CINTA AISLANTE	3.50	3.50
12.00	P	POLIDUCTO 1/2"	0.25	3.00
4.00	UN	RELAY DE BOBINA	109.40	437.60
4.00	UN	TRANSFORMADOR 24 VOLT.	50.00	200.00
1.00	UN	BROCA/HIERRO	3.50	3.50
12.00	P	FILTRO DURALAST	4.54	54.48
1.00	UN	SIERRA	10.10	10.10
30.00	UN	TORNILLO GOLOSO #8 X 3/4	0.15	4.50
15.00	UN	PERNO Y TUERCA 1/4	0.80	12.00
15.00	UN	ARANDELA PLANA Y DE PRESION	0.20	3.00
0.13	GL	PINTURA ANTICORROSIVA 1/4 GAL.	44.00	5.72
0.13	GL	IMPERMEABILIZANTE	40.00	5.20
10.00	UN	REMACHE	0.10	1.00
0.25	PLANCHA	NEDLAI PARA TOPES	125.00	31.25

TOTAL EQ. Y MAT. DE INSTALACION

€ 13,379.05

## BIBLIOGRAFIA.

- 1- Ventilación Industrial 1992. Industrial Ventilation 1992 21st. Edition American Conference of governmental Industrial Hygienists.
- 2- Burges, William A.; Ellenbecker, Michael J.; Treitman, Robert D. 1989 [Ventilación para el Control del Ambiente de Trabajo] Ventilation for Control of the Work Enviroment.
- ③- Pérez Polo, Pedro (1992). Curso sobre Ventilación Industrial Fundación Industrial de Prevención de Riesgos Ocupacionales. FIPRO 17 - 21 Agosto. San Salvador. El Salvador.
- 4- Mequiston, Faye C. y Parker, Jerald D. (1988) [ Analisis y Diseño de Calentamiento, Ventilación y Aire Acondicionado] Heating. Ventilating and Air Conditioning Analysis and Design. 3rd. Edition.
- ⑤- Haddad, Ricardo y Otros. (1970). Curso de Higiene y Seguridad Industrial. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador. 6-18 Abril. San Salvador. El Salvador.
- 6- Bloomfield, J.J. (1964). Introducción a la Higiene Industrial Editorial Reverti S. S. 2ª Edición. México.
- 7- Romero Alvergue, Mario; Saprissa Villalta, Roberto; Sánchez de Tinetti, Noemí (1982). Manual de Evaluaciones por Riesgos Profesionales y Comunes en el I.S.S.S.. Talleres del I.S.S.S.. San Salvador. El Salvador.
- 8- Heinrich, H.W. (1927). [Seguridad Industrial]. Industrial S e c u r i t y
- 9- Robb, Louis A. (1981) Diccionario para Ingenieros. Compañía Editorial Continental, S.A. 21ª Edición. México

APENDICE A

APENDICE A  
VALORES UMBRALES LIMITES

Sustancia	ppm <sup>a</sup>	mg·m <sup>3</sup> b		
Acetato de isopropilo	250	950		
Acetato de metilo	200	610		
Acetato de metil-Cellosolve. Piel	25	120		
acetato de n-propilo	200	840		
Acetona	1.000	2.400		
Acetonitrilo	40	70		
Acido acético	10	25		
Acido fórmico	5	9		
Acido fosfórico	—	1		
Acido nítrico	2	5		
Acido oxálico	—	1		
Acido picrico. Piel	—	0,1		
Acido sulfúrico	—	1		
Acilamida. Piel	—	0,3		
Acrilato de etilo. Piel	25	100		
Acrilato de metilo. Piel	10	35		
Acritonitrilo. Piel	20	45		
Acroleína	0,1	0,25		
** Alcanfor	2	—		
Alcohol alílico. Piel	2	5		
Alcohol butílico	100	300		
Alcohol sec-butílico	150	450		
Alcohol ter-butílico	100	300		
Alcohol etílico (etanol)	1.000	1.900		
Alcohol furfúrico	50	200		
Alcohol isoxantílico	100	300		
Alcohol isobutílico	100	300		
Alcohol isopropílico	400	980		
Alcohol metil amílico, ver metilisobutylcarbinol	—	—		
Alcohol metílico (metanol)	200	260		
Alcohol propargílico. Piel	1	—		
Alcohol propílico	200	500		
Aldehído acético	200	360		
T-Aldehído cloroacético	1	3		
Aldehído cralónico	2	6		
Alquitrán de hulla, volátiles de (fracción soluble en benceno) antraceno, BaP, fenantreno, acridina, criseno, pireno	—	0,2		
Aldrin. Piel	—	0,25		
Algodón, polvo-crudo	—	1		
2-Aminoetanol, ver etanolamina	—	—		
2-Aminopiridina	0,5	2		
** Amoniaco	50	35		
Anhidrido acético	5	20		
Anhidrido ftálico	2	12		
Anhidrido maleico	0,25	1		
Anilina. Piel	5	19		
Anisidina (isómeros o-p). Piel	—	0,5		
Antimonio y sus compuestos (como Sb)	—	0,5		
Anil (alla-nalil- liourea)	—	0,3		
Arsénico y sus compuestos (como As)	—	0,5		
Arseniato de calcio	—	1		
Arseniato de plomo	—	0,15		
Arsina	0,05	0,2		
Azinfos-metil. Piel	—	0,2		
Bario, compuestos solubles	—	0,5		
p-Benzquinona, ver Quinona	—	—		
Bifenilo, ver Difenilo	—	—		
Bisfenol A, ver éter diglicidílico	—	—		
Bromo	0,1	0,7		
Bromoforno Piel	0,5	5		
Bromuro de etilo	200	890		
Bromuro de hidrógeno	3	10		
T-Bromuro de metilo. Piel	20	80		
Butadieno (1-3 butadieno)	1.000	2.200		
Butanotiol, ver Butil mercaptán	—	—		
2-Butanona	200	590		
T-Butilamina. Piel	5	15		
* Butilmercaptán	10	35		
p-ter-Butiltolueno	10	60		
2-Butoxielanol (Butil-Cellosolve). Piel	50	240		
Canfeno clorado. Piel	—	0,5		
Carbaril (Sevin <sup>®</sup> )	—	5		
Ceteno	0,5	0,9		
Cianuro (como CN). Piel	—	5		
Cianuro de hidrógeno. Piel	10	11		
Cianuro de vinilo, ver acritonitrilo	—	—		
Ciclohexano	300	1.050		
Ciclohexanol	50	200		
Ciclohexanona	50	200		
Ciclohexeno	300	1.015		
Ciclopentadieno	75	200		
Clordane Piel	—	0,5		
* Cloro	1	3		
** Cloroacetoleno (cloruro de tetracloro)	0,05	0,3		
Clorobenceno (monoclorobenceno)	75	350		
1,2-Clorobenciliden-malononitrilo	0,05	0,4		
Clorobromocetano	200	1.050		
2 Cloro-1,3 butadieno, ver cloropreno	—	—		
Clordifenilo (42 % de cloro). Piel	—	1		
Clordifenilo (54 % de cloro). Piel	—	0,5		
1-Cloro-2,3-epoxipropano, ver epíclorhidrina	—	—		
2-Cloroetanol, ver etileno-clorhidrina	—	—		
Cloroetileno, ver cloruro de vinilo	—	—		
T-Cloroformo (triclorometano)	50	240		
1-Cloro-1-nitropropano	20	100		
Cloropirrina	0,1	0,7		
Cloropreno (2-cloro-1,3-butadieno) Piel	25	90		
Cloruro de alilo	1	3		
Cloruro de bencilo	1	5		
Cloruro de etilideno, ver 1,1-dicloroetano	—	—		
Cloruro de etilo	1.000	2.600		
Cloruro de vinilo	200	510		
T-Cloruro de hidrógeno	5	7		
Cloruro de zinc, humos metálicos	—	1		
Cebalho, humos y polvos metálicos	—	0,1		
Cobre, humos metálicos	—	0,1		
Polvos y neblas	—	1		
Crag <sup>®</sup> , herbicida	—	15		
Cresol (todos los isómeros) Piel	5	22		
T-Cromato de ter-butilo (como CrO <sub>3</sub> ). Piel	—	0,1		
Cromo, sales crómicas y cromosas, solubles (como Cr)	—	0,5		
Metals y sales insolubles	—	1		
Camfeno. Piel	50	245		
2,4-D	—	10		

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

APENDICE A  
VALORES UMBRALES LIMITES  
(TLV)

Sustancia	ppm <sup>a</sup>	mg/m <sup>3</sup> <sup>b</sup>
DDT, Piel	—	1
DDVP, ver Dicloruros	—	—
Decaborano, Piel	0.05	0.3
Demeton <sup>®</sup> , Piel	—	0.1
Destilados de petróleo (alta)	500	2 000
Oracetona alcohol (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona)	50	240
1,2 Diaminoetano, ver etilendiamina	—	—
Diazometano	0.2	0.4
Diborano	0.1	0.1
T-1,2 Dibromoetano	20	145
T-o-Diclorobenceno	50	300
p-Diclorobenceno	75	450
Diclorodifluorometano	1 000	4 950
1,3-Dicloro-5-5-dimetilhidantoina	—	0.2
1,1-Dicloroetano	100	400
1,2-Dicloroetileno	200	790
Diclorometano, ver cloruro de metileno	—	—
Dicloromonofluorometano	1 000	4 200
T-1,1-Dicloro-1-nitroetano	10	60
1,2-Dicloropropano, ver dicloruro de propileno	—	—
Diclorotetrafluoroetano	1 000	7 000
Dicloruro de acetileno, ver 1,2-dicloroetileno	—	—
Dicloruro de etileno, ver 1,2 dicloroetano	—	—
Dicloruro de propileno	75	350
Diclorvos (DDVP), Piel	—	1
Dieldrin, Piel	—	0.25
Dietilamina	25	75
Dietilaminoetanol, Piel	10	50
Difenilo	0.2	1
Difluoruro dibrometano	100	660
Difluoruro de oxígeno	0.05	0.1
Dihidroxibenceno, ver Hidroquinona	—	—
Diisobutilcetona	50	290
Diisocianato de difenilmetileno, ver metileno bisfenil isocianato	—	—
T-Diisocianato de 2-4 tolueno	0.02	0.14
Diisopropilamina, Piel	5	20
Dimetoximetano, ver metilal	—	—
Dimetilacetamida, Piel	10	35
Dimetilamina	10	18
Dimetilaminobenceno, ver xilideno	—	—
Dimetilnitroamina	—	—
(N-dimetil anilina), Piel	5	25
Dimetilbenceno, ver xileno	—	—
Dimetilformamida, Piel	10	30
2,6-Dimetilheptanona, ver diisobutilcetona	—	—
1,1-Dimetilhidrazina, Piel	0.5	1
Dinitrobenenceno (todos los isómeros), Piel	—	1
Dinitro-o-cresol, Piel	—	0.2
Dinitrotolueno, Piel	—	1.5
Dioxano (dióxido de etilo), Piel	100	360
Dióxido de azufre	5	13
Dióxido de carbono	5 000	9 000
Dióxido de cloro	0.1	0.3

Dióxido de nitrógeno	5	9
Dióxido de titanio	—	15
Disulfuro de alilo y propilo	2	12
Endrin, Piel	—	0.1
Epiclorhidrina, Piel	5	19
EPN, Piel	—	0.5
1,2-Epoxipropano, ver óxido de propileno	—	—
2,3-Epoxi-1-propanol, ver glicidol	—	—
Estano (compuestos inorgánicos, excepto óxidos)	—	2
Estaño (compuestos orgánicos)	—	0.1
Estibina	0.1	0.5
Estireno	100	450
Estricnina	—	0.15
Etaclorin, ver etilmercaptán	—	—
Etanolamina	3	6
2-Etoxietanol, Piel	200	740
T-Eter alilglicidílico	10	45
Eter n-butilglicidílico	50	220
T-Eter dicloroetilico, Piel	15	60
Eter dietílico, ver éter etílico	—	—
T-Eter diglicidílico	0.5	24
Eter etílico	400	1 200
Eter fenílico, vapor	1	7
Eter fenílico-bifenilo (mezcla vapor)	1	7
Eter fenilglicidílico	10	60
Eter metílico del dipropilenglicol, Piel	100	600
Eter monometílico del acetato de etilenglicol, ver acetato de metil Cellosolve	—	—
Eter monoetilico del etilenglicol, ver 2-etoxietanol	—	—
Eter isopropílico	500	2 100
Eter isopropil-glicidílico	50	200
Etilamina	10	45
Etil sec-amilcetona (5-metil-3-heptanona)	25	100
Etilbenceno	100	450
Etilbutilcetona (3 heptanona)	50	200
Etilclorhidrina, Piel	5	20
Etilendiamina	10	45
T-Etilenglicol dimitrato y/o nitroglicerina, Piel	0.2	1
Etilenimina, Piel	0.5	2
T-Etilmercaptán	10	45
N-Etimortolina, Piel	20	90
p-Fenilendiamina, Piel	—	—
Feniletileno, ver estireno	—	—
Fenilhidrazina, Piel	5	20
Fenol, Piel	5	20
Feruloin	—	—
Ferrovandio, polvo	—	—
Fluoroacetato de sodio (1080), Piel	—	0.5
Flúor	0.1	0.4
Fluorotriclorometano	1 000	5 000
Fluoruro (como F)	—	—
Fluoruro de perclorato	3	100
Fluoruro de sulfuro	5	20
Formiato de etilo	100	400
Formiato de metilo	100	400
Fosforin Mevinghos <sup>®</sup> , Piel	—	—
Fostina	0.3	1.2

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

APENDICE A  
VALORES UMBRALES LIMITES  
(TLV)





Sustancia	ppm <sup>a</sup>	mg/m <sup>3</sup> b
Quinona	0.1	0.4
RDX, Piel	—	1.5
Rodio metal, humos metálicos y polvos (como Rh)	—	0.1
Salas solubles	—	0.001
Ronnel	—	10
Rotenona (comercial)	—	5
Selenio, compuestos (como Se)	—	0.2
Seleniuro de hidrógeno	0.05	0.2
Silicato de etilo	100	850
* Stoddard, solvente	500	2 950
Sulfamato de amonio (Ammale)	—	15
Sulfato de dimetilo, Piel	1	5
Systox, ver Demelón	—	—
2,4,5 T	—	10
Talio (compuestos solubles), Piel. Como Tl	—	0.1
Tantalio	—	5
TEDP, Piel	—	0.2
Teluro	—	0.1
TEPP, Piel	—	0.05
T-Terfenilos	1	9
1,1,1,2-Tetracloro-2,2 difluoroetano	500	4 170
1,1,2,2-Tetracloro-1,2 difluoroetano	500	4 170
1,1,2,2. Tetracloroetano, Piel	5	35
Tetracloroetileno, ver percloroetileno	—	—
Tetraclorometano, ver tetracloruro de carbono	—	—
Tetracloronaftaleno, Piel	—	2
Tetrahidrofurano	200	590
Tetrametilsuccinonitrilo, Piel	0.5	3
Tetranitrometano	1	8

Tetrito (2,4,6-trinitrofenilmetilnitramina)		
Piel	—	1.5
Tetroxido de osmio	—	0.002
Triam	—	5
o-Toluidina Piel	5	22
Toxaleno, ver canfeno clorado	—	—
Trementina	100	560
1,1,1, Tricloroetano, ver metilcloroforno	—	—
1,1,2-Tricloroetano Piel	10	45
Triclorometano, ver cloroforno	—	—
Tricloronaftaleno, Piel	—	5
1,2,3-Tricloropropano	50	300
1,1,2 Tricloro-1,2,3, Infiluocetano	1 (100)	7 600
Tricloruro de lóstoro	0.5	3
Tricilamina	25	100
Trifluoromonobromometano	1,000	6 100
T-Trifluoruro de boro	1	3
T-Trifluoruro de cloro	0.1	0.4
Trifluoruro de nitrógeno	10	29
2,4,6-Trinitrofenol, ver ácido picrico	—	—
2,4,6, Trinitrofenilmetilnitramina, ver tetrito	—	—
Trinitrotolueno Piel	—	1.5
Uranio (compuestos solubles)	—	0.05
Uranio (compuestos insolubles)	—	0.25
T-Vandio	—	—
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> polvo	—	0.5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> humos metálicos	—	0.1
Vinilbenceno, ver estireno	—	—
Viniltolueno	100	480
Waxlarina	—	0.1
Xileno (xilol)	100	435
Xilidina Piel	5	25
Ytrio	—	1
Zirconio, compuestos (como Zr)	—	5

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

APENDICE A  
VALORES UMBRALES LIMITES  
(TLV)

APENDICE B

APENDICE B

TIPOS DE VENTILADORES Y SUS CARACTERISTICAS

## TIPOS DE VENTILADORES

Existen dos tipos básicos de ventiladores caracterizados por el patrón de flujo que generan a través del Impulsor o Rodete. Estos tipos son llamados flujo axial y flujo centrífugo. Varios tipos de estos son descritos a continuación. También se mencionan su uso primario, características y limitaciones.

## FLUJO AXIAL

El ventilador de flujo axial es el más antiguo y el aparato más simple de mover aire. El flujo de aire circula paralelo al eje del ventilador. Estos ventiladores son comunmente conocidos como circuladores de aire, ventiladores de propela, ventiladores tuboaxial, ventiladores axiales de techo, y ventiladores industriales de techo.

### CIRCULADORES DE AIRE

Este tipo de ventilador tiene una propela con dos o más aletas normalmente conectadas a un motor eléctrico y tienen una carcaza protectora para el impulsor rotativo. Los impulsores pueden ser hechos de acero, plástico o aluminio. El ensamble del impulsor, protección y motor es soportada por un marco o base que permite que el ventilador pueda ser montado en el piso, suspendido del cielo o instalados en una ventana.

### USO PRIMARIO

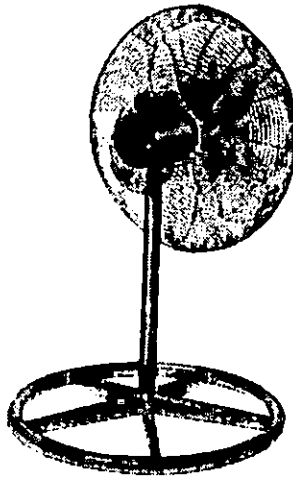
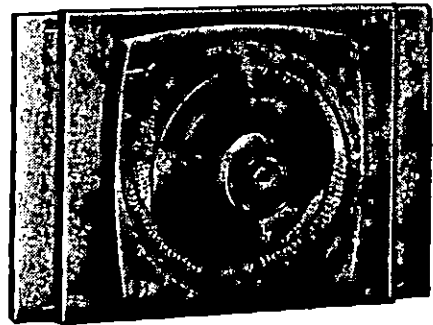
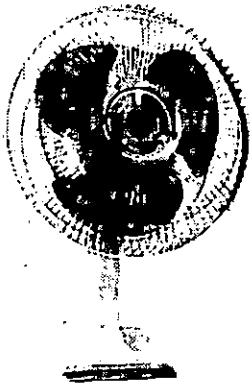
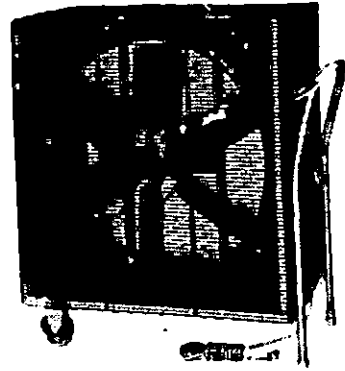
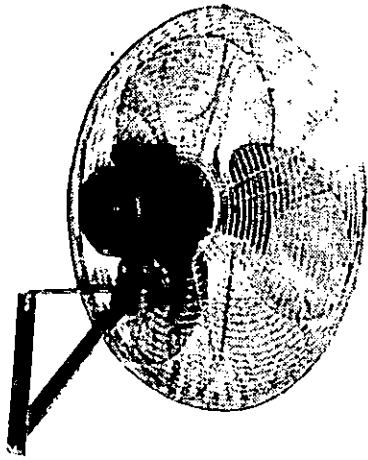
Los circuladores de aire tienen el uso primario en personas proveiendo de un alivio de calor al enfriar la temperatura humana.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Los circuladores de aire proveen gran volumen de aire con requerimientos minimos de potencia y operan en aplicaciones de descarga libre (sin ducto). Son livianos y de fácil manejo para la instalación.

### LIMITACIONES

No pueden operar contra caídas de presión. No son diseñados para instalaciones de ducto o para manejar partículas o para aire caliente.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

VENTILADORES AXIALES  
CIRCULADORES DE AIRE

FECHA: 110993

FIGURA B-1

## VENTILADORES DE PROPELA

Un ventilador de propela consiste en dos o más aletas montadas de forma exacta dentro del orificio o panel de venturi de una carcaza. El impulsor puede estar conectado directamente a un motor eléctrico (normalmente de los tipos totalmente encerrados) o a través de fajas por un sistema de poleas. Los soportes o carcazas del panel, motor y fajas están hechos de acero mientras el impulsor puede estar hecho de plástico, aluminio o acero dependiendo del tamaño, velocidad y calidad del aire a manejar.

### USO PRIMARIO

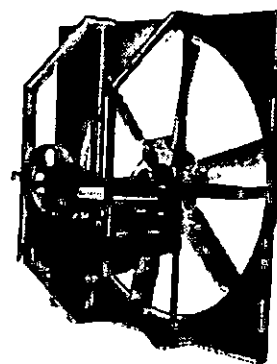
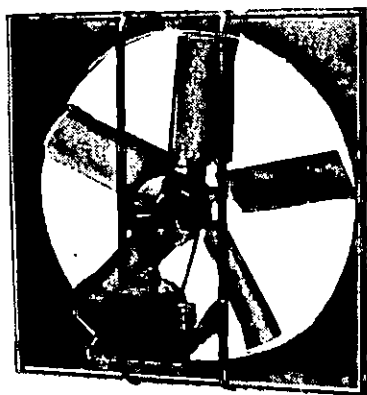
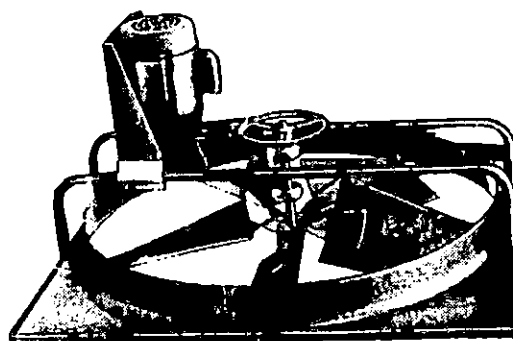
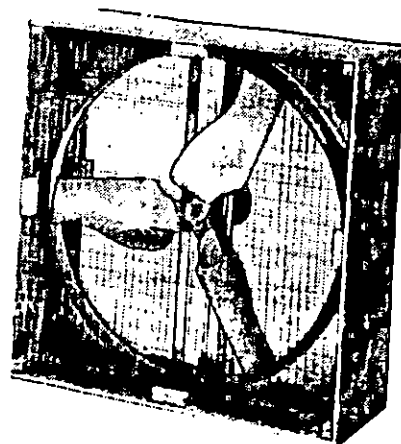
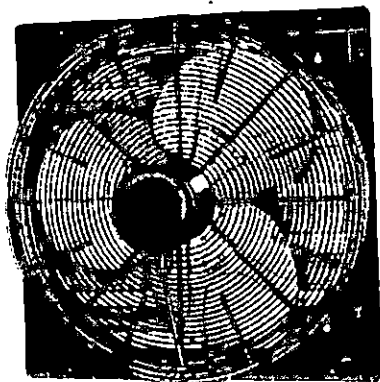
Son usados generalmente para ventilación general en edificaciones de comercio, industria y agricultura. Estos remueven calor, humo y polvo, y pueden suministrar aire fresco para fábricas, fundiciones, estacionamientos, tiendas, etc. cuando son usados en aplicaciones de agricultura tales como granjas o viveros, pueden extraer olores y humos o sólo enfriar el área.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Los ventiladores de propela proveen un gran volumen o suministran aire contra una pequeña presión estática (SP), normalmente hasta 3/4" de columna de agua. Algunos ventiladores industriales pueden trabajar hasta con 1" SP. Para el volumen de aire que suministran, son muy livianos. Estos son normalmente montados verticalmente en la pared, salvo algunos modelos que son diseñados para ser montados horizontalmente. Estos son muy usados con cubierta que protege cuando el ventilador no está en operación para prevenir las condiciones externas de clima.

### LIMITACIONES

No están diseñados para vencer presiones altas o instalaciones de ducto; no están disponibles para manejar material o mover aire caliente.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

VENTILADORES AXIALES  
DE PROPELA

FECHA: 110993

FIGURA B-2



## VENTILADORES AXIALES DE POTENCIA DE TECHO

El aire es movido por este aparato básicamente por un ventilador de propela, construido con una carcaza para protección en su colocación a la interperie. Normalmente se instala horizontalmente en la superficie del techo en la parte más alta montado sobre una base. Algunos modelos estan diseñados para ser montados en la pared. Se pueden encontrar con carcaza redonda, cuadrada, o rectangular y construida de aluminio o lámina galvanizada. Con el uso de los de tiro vertical, el patrón de flujo de aire debe ser orientado lejos de la superficie de instalación; o bien, con el de tiro bajo el aire es orientado en la cercanias de su instalación. La calidad del aire a manejar y su efecto en la superficie, deberá ser evaluado en el uso de estos anteriores. Todos los modelos son disponibles con acoples directo o por faja.

### USO PRIMARIO

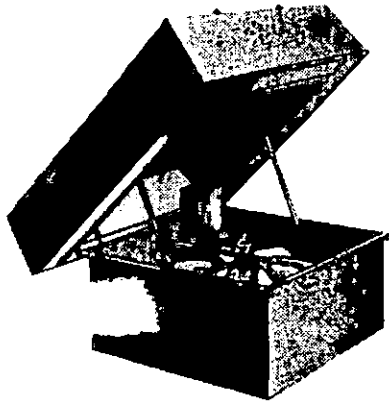
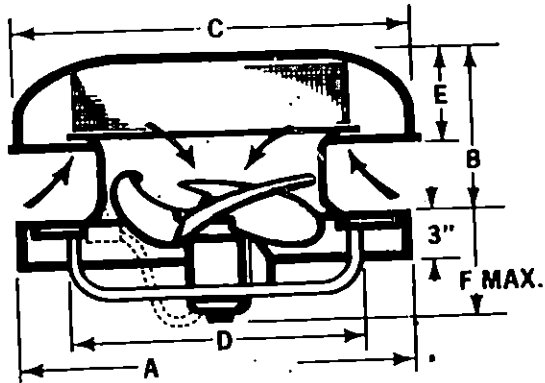
Pueden ser usados en ventilación general en edificios industriales y comerciales, como ventiladores de extracción para remover aire caliente, y como ventiladores de inyección para suministrar aire fresco. Estos pueden reemplazar el aire extraido por otro equipo tales como ventiladores de propela o centrífugos. Las dimensiones pueden ser desde la extracción de un cuarto sencillo hasta areas abiertas de tipo industrial. Estos son usados generalmente con regulador (damper), que cierra el equipo a la interperie si este no esta en servicio.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Como un ventilador de propela, los ventiladores axiales son requeridos para manejar grandes volúmenes de aire, ya sea para limpieza o inyección, con presiones bajas. Estos pueden ser usados también, efectivamente, con pequeños tramos de ducto donde la presión del sistema no exceda los 3/4" de columna de agua. El simple diseño axial, es de costos más bajos que cualquier otro tipo de diseño. Los costos de operación son mínimos permitiendo manejar un gran flujo de aire con poca demanda de potencia al motor.

### LIMITACIONES

Los motores y cojinetes son colocados en la corriente de aire y son expuestos a limitaciones de temperatura. Para el mismo diámetro del impulsor, estos ventiladores son más ruidosos que los ventiladores centrífugos moviendo el mismo caudal de aire.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

VENTILADORES AXIALES  
 DE POTENCIA DE TECHO

FECHA: 110993

FIGURA B-3

## VENTILADORES DE TUBO-AXIAL

Estos ventiladores consisten en un impulsor montado en un tubo corto o ducto redondo. Estos pueden ser acople directo con el motor en la corriente de aire, o acoplados por faja cuando el motor está fuera del tubo y las poleas del ventilador y faja(s) estan localizadas fuera de la corriente del flujo de aire. la carcasa está hecha de acero y normalmente un flange para montaje en su extremo. El impulsor tiene dos o más aletas hechas de acero, hierro fundido, plástico, o pueden ser construidas de aluminio.

### USO PRIMARIO

Son usados en sistemas de ductos a baja presión para suministrar o remover (extracción) de aire y humos. Aplicaciones típicas incluyen extracción en cabinas de pintura, extracción en limpieza de tanques de solventes, extracción general para humos.

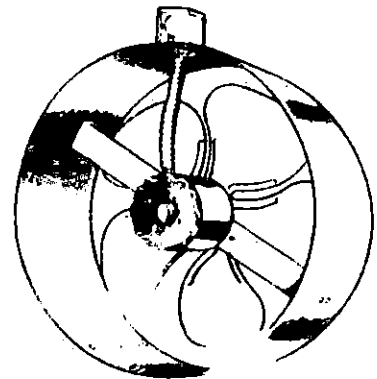
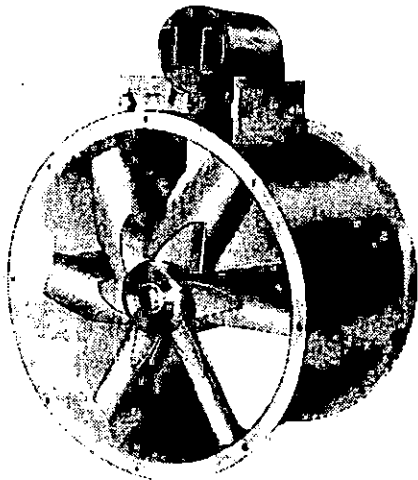
### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Son ideales para instalaciones con ducto donde el espacio sea limitado; tanto en posición vertical como horizontal, venciendo hasta 1"SP. Deben ser ubicados al final o principio de la trayectoria del ducto para impulsar o succionar el aire respectivamente. También pueden usarse en sistemas con ducto donde se requiera incrementar la velocidad del flujo de aire.

### LIMITACIONES

Para un caudal y presión estática baja establecidos, estos son ruidosos si los consideramos con los ventiladores centrífugos. No son recomendados para manejar materiales ni temperaturas superiores a 200°F.

NOTA : Una variación del diseño de los ventiladores tubo-axiales, son los ventiladores con desviadores axiales. El flujo de aire atravieza los desviadores guías montados dentro del tubo, el centro de la propela es grande y tiene aletas cortas. Sirve al igual que un tuboaxial pero diseñado para trabajos con alta presión estática (hasta 4" de columna de agua).



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

VENTILADORES. AXIALES  
TUBOAXIAL

FECHA: 110993

FIGURA B-4

## VENTILADORES DE CIELO. COMERCIALES/INDUSTRIALES

Los ventiladores de cielo consisten en una propela con tres o más aletas conectada en directo con un motor eléctrico y suspendida por un vástago del cielo. Son colocados desde 7 a 45 p sobre el nivel de piso, con una altura óptima de aproximadamente de 20 p. Sobre este punto, el volumen total de aire y la cobertura del área decrese. El diámetro de la propela varia desde 36 a 60" y son construidas de acero o aluminio, tienen cojinetes de bola y el motor tiene una velocidad máxima de 240 a 400 rpm. Los controles de velocidad son de estado sólido y deben ser usados para regular la velocidad del motor y el volumen de aire resultante.

### USO PRIMARIO

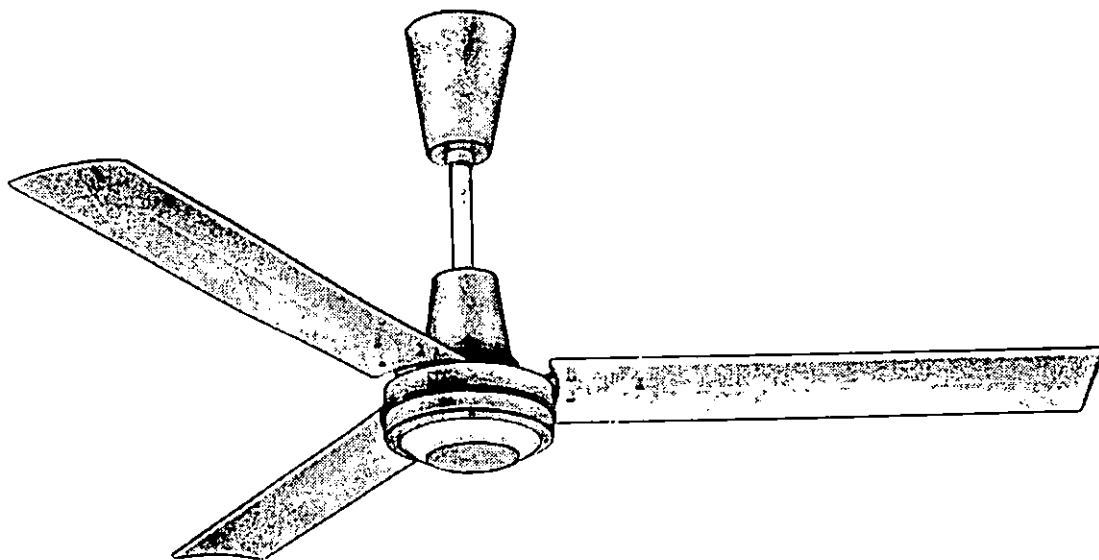
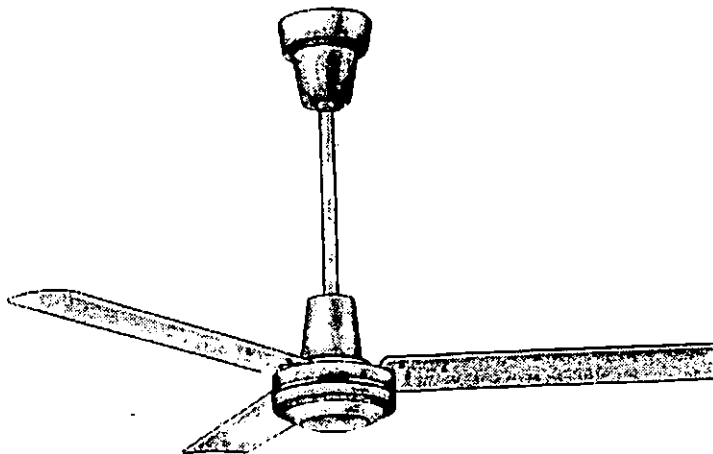
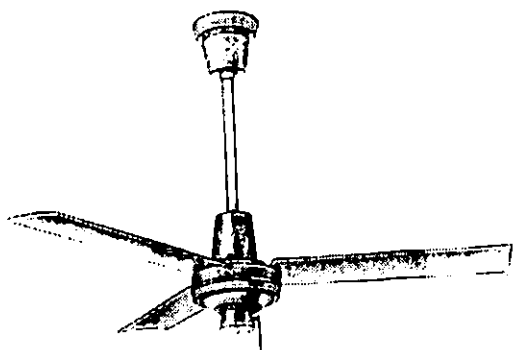
Son usados en invierno para empujar e igualar las temperaturas del cielo y el piso. en verano, estos ventiladores son usados para la circulación de aire, para mejorar el nivel de temperatura para las personas.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Los ventiladores de estilo decorativos de cielo con paleta delgada para se usados en aplicaciones residenciales y comerciales pequeñas. El ventilador de cielo industrial tiene un motor de mayor potencia y aspas en el cotorno para generar una gran velocidad en el aire. Esto es requiere mayor espacio, areas abiertas generalmente encontradas en edificios industriales y comerciales. Las altas velocidades son necesarias para proveer un efecto de enfriamiento en verano. Estos ventiladores reducen la necesidad del termostato en el nivel de piso, tanto para equipos de calefacción como de enfriamiento.

### LIMITACIONES

Para cuando operan en verano, donde la temperatura en el entre cielo es considerablemente alta, los ventiladores de cielo deben usarse en combinación con un extractor u otro sistema de enfriamiento. Los ventiladores de cielo industriales generalmente poseen un costo de adquisición alto, por lo que no se recomienda usarlos en sistemas residenciales.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

VENTILADORES AXIALES  
DE CIELO  
COMERCIALES/INDUSTRIALES

FECHA: 110993

FIGURA B-5

## FLUJO CENTRIFUGO

Ventiladores centrífugos, frecuentemente referidos como soplador, tiene un rodete con múltiples aletas rotando dentro de una carcasa. La acción centrífuga del rodete crea un vacío relativo el cual causa que el aire entre en la carcasa a través de una o más aberturas circulares (entradas simples o entradas dobles), paralelas al eje del ventilador por medio de espacios entre las aletas del rodete. El aire es descargado en un ángulo de 90° dentro de la carcasa y forzado a salir en la abertura de descarga. Estos tipos sopladores son conocidos por su configuración de rueda: curvados hacia adelante, inclinados hacia atrás y de aletas radiales. Hay también tipos especiales conocidos como centrífugos en línea y de centrífugos de potencia de techo.

### CURVADOS HACIA ATRAS

Como el nombre lo indica, las aletas del rodete están inclinadas en sentido de la dirección de rotación (45°). Existen dos diseños básicos de aletas: la aleta delgada y simple. Estos sopladores son disponibles con ancho simple o rodetes de doble ancho. Cada configuración puede ser en acople directo o por medio de fajas. La carcasa y los soportes del motor son normalmente fabricados de acero. El rodete es disponible en acero o aluminio.

### USO PRIMARIO

Son usados en muchas de las aplicaciones de los curvados hacia atrás. Estos pueden ser usados en sistemas de calefacción o aire acondicionado donde se encuentran altas presiones. Los sistemas de ducto largos y complejos que requieren mover un volumen de aire que sólo manejan estos sopladores. Se pueden usar en aire acondicionado, calefacción o sistemas de ventilación en donde se requiera el uso de desviadores y controladores del flujo de aire, cambiando los requerimientos de presión.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

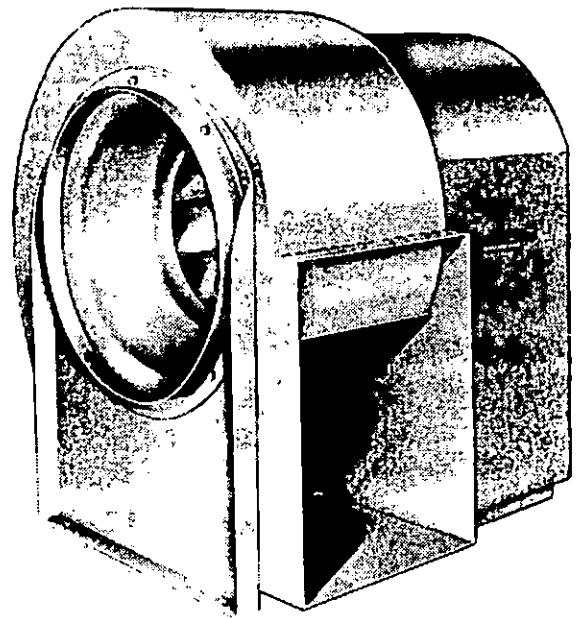
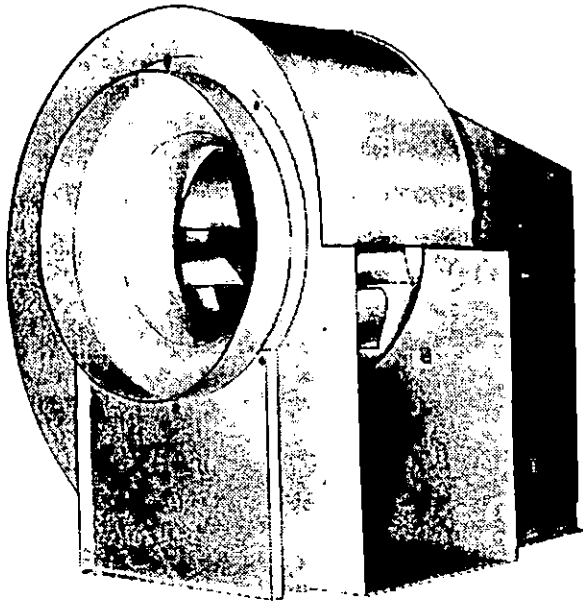
Estos sopladores son usados en instalaciones con ducto para operar contra sistemas de alta presión, requiriendo rapidez en el

rodete, construcción sólida del rodete, y altos niveles de ruido. Los ventiladores de rodete con aletas planas curvadas hacia atrás, pueden manejar polvos ligeros y contaminantes. Las aspas aerodinámicas son más eficientes (más cfm por velocidad y potencia), especialmente en rodetes de diámetro grande, y son usados principalmente para aplicaciones de limpieza de aire. El motor no puede sobrecargarse en una velocidad del rodete y a una presión estática dadas.

#### LIMITACIONES

Los sopladores de doble entrada tienen los cojinetes en el flujo del aire y no son diseñados para altas temperaturas o aplicaciones con partículas. Para altos volúmenes, los requerimientos de presión son bajos. Estos ventiladores tienen un costo superior a los curvados hacia adelante.





PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

VENTILADORES CENTRIFUGOS  
CURVADOS HACIA ATRAS

FECHA: 110993

FIGURA B-6

## CURVADOS HACIA ADELANTE

El término "jaula de ardilla" ha sido usado frecuentemente para describir el rodete de los centrífugos curvados hacia adelante. Sus aletas múltiples han sido combadas hacia la dirección de rotación. Los de diseño de ancho simple tienen una entrada circular. Los de diseño de ancho doble están diseñados para grandes volúmenes y tienen dos entradas simples con dos rodetes conectados. Son usados sobre un soplador de doble entrada para permitir la entrada del aire al rodete desde cualquiera de los lados. La configuración de los sopladores puede ser de acople directo o dirigidos por faja. Los soportes de la carcasa y el motor son fabricados normalmente de acero y el rodete es disponible en acero y aluminio.

### USO PRIMARIO

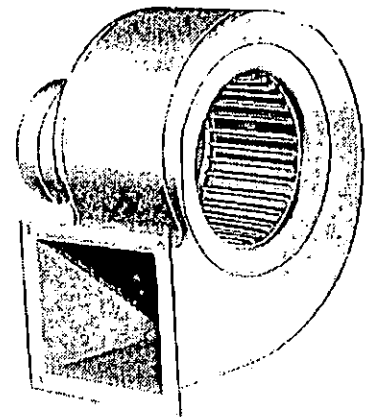
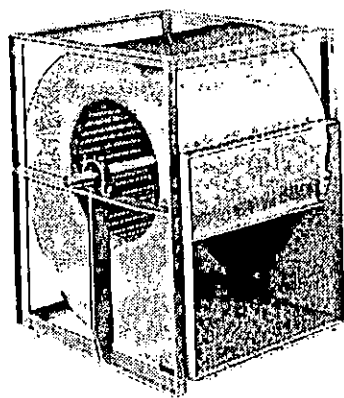
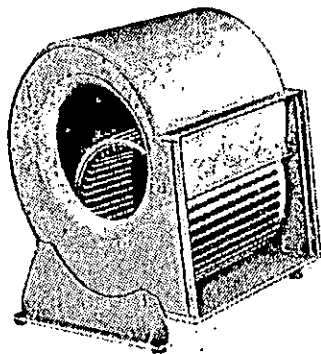
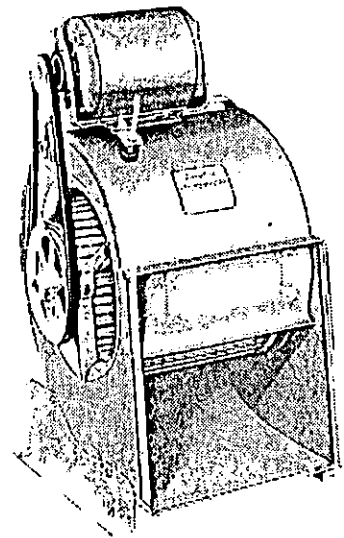
Los de rodete de doble ancho y carcasa de doble entrada (DWDI), son encontrados en muchas aplicaciones de aire limpio especialmente en hornos de calefacción. Estos son localizados dentro de un plenum cerrado, o gabinete para dirigir el aire dentro de los serpentines de calefacción y de enfriamiento. Escuelas, hospitales como oficinas y edificios similares usan este diseño de soplador en sus sistemas de aire acondicionado y calefacción de volumen constante. Los de ancho simple y sopladores de entrada simple (SWSI), pueden ser usados en sistemas de ducto para ventilación general. Ellos pueden suministrar un volumen constante de aire fresco de reemplazamiento o de extracción de aire caliente. Los sopladores pequeños son normalmente de motores en acople directo por un motor monofásico de inducción y son usados para colocar accesorios de equipos de enfriamiento para oficinas y gabinetes eléctricos y electrónicos. Para estufas de madera, equipos portátiles de ventilación y sopladores del tipo inducido para estufas de alta eficiencia son también el uso popular para este tipo de ventilador.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Son diseñados para uso de un sistema de ducto o para un plenum cerrado, donde grandes volúmenes de aire son requeridos desde presión baja a moderada. Comparados con los otros tipos de ventiladores centrífugos para una misma dimensión operarán a más baja velocidades para producir la misma cantidad de aire. Velocidades menores reducen los costos de fabricación y el nivel de ruido por el ventilador.

## LIMITACIONES

Muchos ventiladores curvados hacia adelante tienen los cojinetes autoalineantes o el motor en el flujo de aire. Ambos están sujetos a limitaciones de temperatura y contaminantes encontrados en la corriente de aire. El perfil del aspa puede fácilmente acumular depósitos de polvo y material que puede causar vibración y desbalancear el rodete. Estos sopladores no son normalmente usados en aplicación de alta presión. Los requerimientos de potencia en el motor se incrementan rápidamente con un incremento de volumen y velocidad y pueden requerir un motor más grande.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

VENTILADORES CENTRIFUGOS  
CURVADOS HACIA ADELANTE

FECHA: 110993

FIGURA B-7

## ALETAS RADIALES

Este tipo de soplador esta frecuentemente referido como un ventilador de rodete de paleta, porque las aspas delgadas estan en una posición de 90° con la dirección de rotación. El rodete tiende a ser autolimpiable y es normalmente construido de material de calibre pesado, acero o aleaciones de aluminio, dependiendo del material a transportar. Estos pueden ser de configuración de ancho simple y entrada simple (SWSI), y son disponibles en acople directo o por fajas.

### USO PRIMARIO

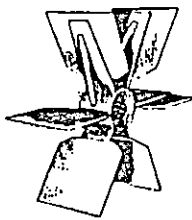
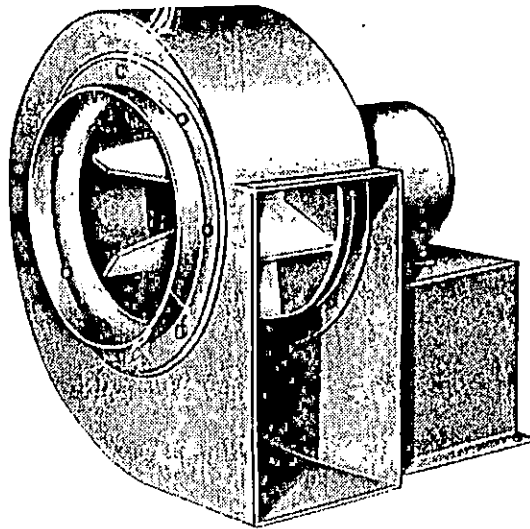
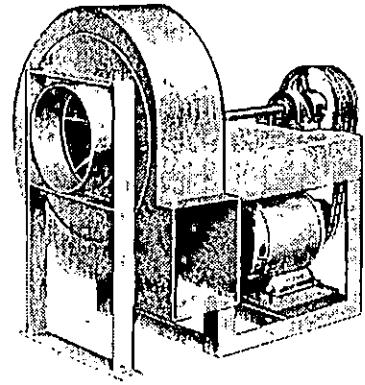
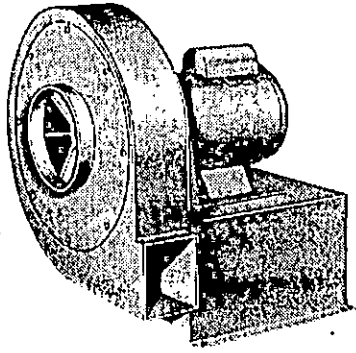
Son usados en plantas manufactureras, fundiciones, ingenios y en carpinterías. Las aplicaciones típicas incluyen: control del aire disperso en el llenado de sacos, incineradores y colectores mecánicos de polvo; aire de suministro para sistemas de soldadura de superficies por combustión; inyección de inducción para calderas de llantas; recirculación de hidrocarburos; extracción de humos en campanas. Estos tipos de material requieren de los diferentes diseños disponibles de rodetes:

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Los sopladores de aletas radiales son instalados para mover pequeños volúmenes de aire con altas presiones. Estos son usados en aplicaciones de manejo de material, en el cual el aire pasa a través del ventilador conteniendo contaminantes y así es transportado. De los tres tipos de ventiladores, los tipos radial tienen la más alta rapidez y requieren una construcción rígida para operar contra las altas presiones. El rodete y el ancho de la carcasa son de acople exacto para un diámetro dado de rodete.

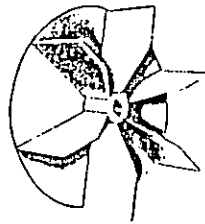
### LIMITACIONES

El diseño del rodete y las velocidades de operación producen un ventilador extremadamente ruidoso. A bajas presiones, el volumen de aire es bajo y el requerimiento de potencia crece al crecer el volumen. Este tipo de soplador es difícil de construir y operar. El uso de los sopladores radiales, está limitado en el ambiente de la industria y no es recomendable para ventilación general o aplicaciones de aire acondicionado.



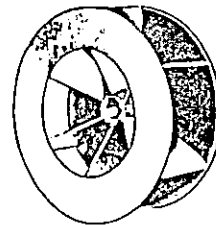
TIPO ABIERTO

para manejar material grueso,  
abrasivo, pegajoso o polvos pesados



CON CHAPA TRASEPA

para manejar virutas de madera,  
papel cortado, nota de telas,  
lana, cuerda o materiales  
fibrosos.



CON CHAPA TRASERA  
Y CORONA

para manejar materiales granudos,  
aserrin, granos, polvo, metales  
fibrosos, aire y vapores de  
tipo industriales.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

VENTILADORES CENTRIFUGOS  
RADIALES

FECHA: 110993

FIGURA B-8

## VENTILADORES CENTRIFUGOS EN LINEA

Estos ventiladores consisten de un rodete centrífugo montado en un pequeño tubo redondo o cuadrado con una entrada en uno de los lados y una salida con desviadores guías en el otro. Estos pueden ser acoplados en directo o por medio de fajas donde el motor estará afuera del flujo de aire. La carcaza puede estar construida de acero o aluminio con un flange para ser montado. El rodete puede ser hecho de acero, fundición de hierro, o aluminio.

### USO PRIMARIO

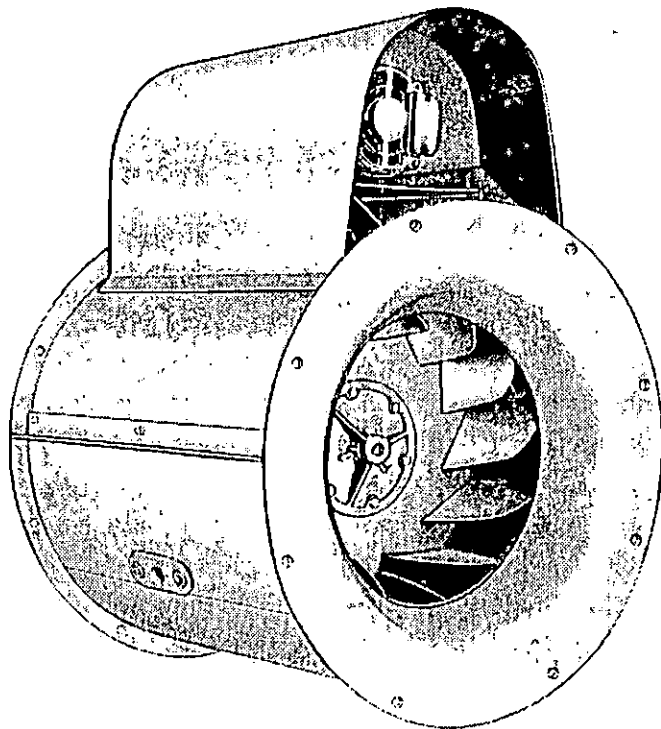
Son usados en sistemas de ductos de baja a mediana presión, para inyectar o extraer aire o humos donde las presiones altas son encontradas al permitir largos tramos de ducto, con filtros, o rendijas (rejillas) de alta presión. Otros usos, incluyen los sistemas de calefacción general o aire acondicionado en edificios grandes y/o fábricas.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Es ideal para instalaciones de ducto donde el espacio a ventilar. Estos se pueden instalar en horizontal y vertical. Estos deben de ser ubicados, al final de la trayectoria del ducto para impulsar o succionar el aire en el sistema de ducto. El tipo de rodete centrífugo permite trabajar con presiones hasta de 3" de columna de agua.

### LIMITACIONES

Estos ventiladores no son recomendables para ambientes peligrosos o donde el material pueda obstruir el rodete. La mayoría de los modelos acoplados en directo tienen un rango máximo de temperatura de 120°F y los acoplados por fajas de 200°F.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

VENTILADORES CENTRIFUGOS  
EN LINEA

FECHA: 110993

FIGURA B-9



## VENTILADORES CENTRIFUGOS DE POTENCIA DE TECHO

Este tipo de ventilador tiene un rodete centrífugo con una carcasa para protección en su colocación a la interperie. La carcasa del ventilador mueve el flujo de aire como la de cualquier carcasa de ventilador centrífugo. La mayoría de modelos son normalmente instalados en la superficie del techo, mientras otros son instalados en la pared. Las carcasas circulares con base cuadrada son construidas de aluminio o lámina galvanizada. Son comunmente usados en aplicaciones de extracción. El flujo puede ser de tiro vertical o de tiro bajo. Los modelos son disponibles con acoples directo o por faja.

### USO PRIMARIO

Pueden ser usados en la extracción de aire caliente y grasa, en aplicaciones de cocinas comerciales. Otros usos, son en campanas de extracción industriales y de laboratorio, donde el aire viciado, caliente o polvo se encuentren presentes. Los ventiladores de tiro bajo, empujan el aire limpio en aplicaciones como escuelas, oficinas, tiendas de venta, librerías, iglesias, etc. Son normalmente instalados con un regulador en aplicaciones de aire limpio, pero no en donde las altas temperaturas o grasa, le obstruyan su función.

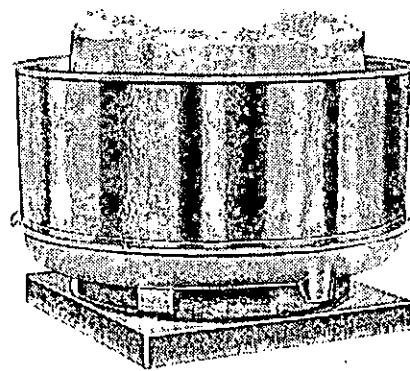
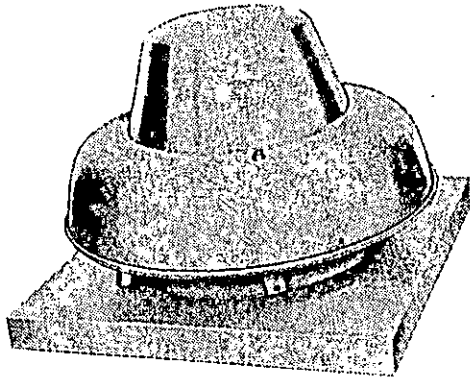
### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

El motor y los cojinetes son aislados de la corriente de aire. Esto permite su uso en aplicaciones e instalaciones donde el aire es contaminado con suciedades o grasa. Operan grandes presiones hasta un máximo de 2" de columna de agua, lo que permite la instalación de ducto y filtros para grasa. Poseen aletas curvadas hacia atrás y por lo tanto características similares a los sopladores con aletas curvadas hacia atrás. Están diseñados para trabajar con temperaturas de hasta 300°F con tubos de enfriamiento en el motor en el compartimiento de las poleas. Los ventiladores centrífugos tienen cojinetes de bola autoalineantes, y una pantalla exterior para pajaros como característica común.

### LIMITACIONES

APENDICE B

Para bajas presiones y grandes cantidades de aire, los ventiladores centrífugos requieren mayor potencia del motor que los ventiladores axiales, los que los hace tener un costos de adquisición y de operación mayor.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

VENTILADORES CENTRIFUGOS  
DE POTENCIA DE TECHO

FECHA: 110993

FIGURA B-10

## VENTILADORES DE TURBINA

Están diseñados para remover el aire caliente en verano y la humedad en el invierno, creando una brisa al elevarse el aire del ambiente.

### USO PRIMARIO

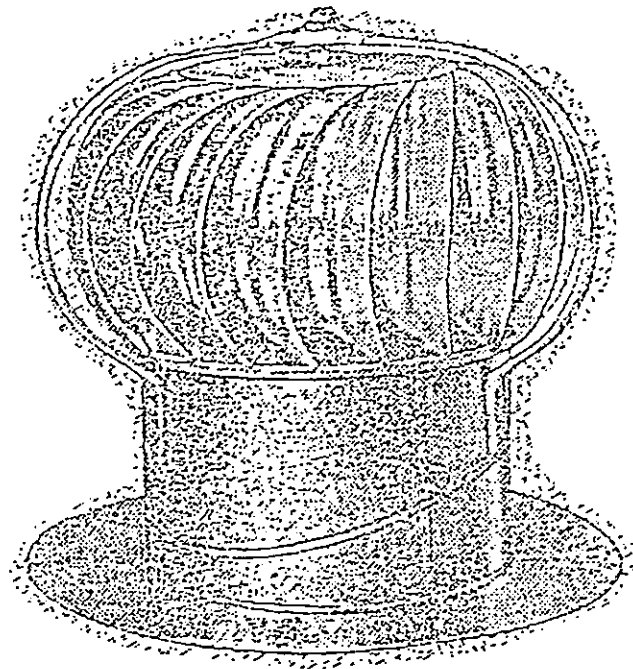
Extraer el aire caliente o humedad que se cree en los ambientes, así como impedir que la radiación que calienta los tejados, influya en el ambiente de trabajo. Son usados en areas industriales o comerciales donde se tenga generación de aire caliente tales como: fundiciones, teatros, escuelas, areas de empaque, etc.

### CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Construidos con resistente lámina galvanizada, con aspas de costilla para adicionar fuerza. Se fabrican en diámetros de 4" a 36", con o sin base incorporada, y con soportes internos o externos para mayor fuerza y alineamiento en la turbina. Su mayor característica de ser silenciosos, como los costos de adquisición y de operación (no requieren electricidad al carecer de motor) los hace tener una gran demanda.

### LIMITACIONES

No son confiables en la capacidad a extraer, ya que dependen del flujo de calor producido en el área o de la velocidad del viento en la zona. Su instalación es recomendada en areas abiertas, y sin contaminación de grasa ya que esto obstruye el movimiento de la turbina. No tiene aplicación en sistemas de ducto.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

VENTILADORES  
DE TURBINA

FECHA: 110993

FIGURA B-11

APENDICE C

DISEÑO DE OPERACIONES ESPECIFICAS

## I. CONTROL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXTRACCION.

Ningún sistema local de extracción está libre de fallas. Su funcionamiento necesita ser controlado, y de vez en cuando, es necesario algún trabajo de mantenimiento. Demasiado a menudo un sistema bien diseñado e instalado en forma apropiada, presenta problemas con el andar del tiempo. Quizá los colectores no se han limpiado regularmente, o los conductos se han tapado parcialmente con el material depositado o quizá las campanas están melladas o erosionadas. Es posible que, al ampliar la planta, se hayan hecho agregados al sistema existente, tornandó ineficaz a la campana original. Esta anomalía no es rara y a menudo pasa inadvertida.

El sistema debe probarse cuando es nuevo y está limpio, registrando todas las lecturas, de manera que puedan servir como referencias cuando posteriormente durante la operación regular del sistema, se hagan otros controles.

A menudo, los sistemas de extracción local se emplean para prevenir un peligro de incendio o para la salud, su finalidad es mantener la seguridad de las personas. Por consiguiente, el profesional de prevención de accidentes (y el higienista industrial, si la planta lo tiene) tiene la responsabilidad de comprobar si los sistemas de extracción funcionan correctamente. Para ello puede disponer de equipos para pruebas sencillas que resultarán ilustrativas. Primero: empleando un simple tubo en U o manómetro de agua con los orificios de prueba permanentemente situados en los ramales de los conductos, en la entrada y salida de los interceptores de polvo, en los accesos a los ventiladores, etc., podrá medir la presión estática o "succión". La comparación con medidas anteriores permitirá saber si ha habido algún inconveniente. Segundo, con un sencillo tubo de humo, puede seguir la corriente de aire en las campanas y mostrar visualmente si el aire contaminado es eliminado o no del ambiente de trabajo.

Los registros de la presión estática deben ser conservados y pueden complementarse con los datos de las pruebas complementarse con los datos de las pruebas de velocidad de los ventiladores y del peso del material recogido en los interceptores de polvo, según sea necesario.

II. SISTEMAS DE EXTRACCION DE BAJO VOLUMEN Y ALTA VELOCIDAD.

Un sistema de extracción de bajo volumen y alta velocidad está diseñado y es operado para producir elevadas velocidades de captura en los puntos en que se origina el contaminante. Las campanas para bajos volúmenes y altas velocidades pueden ser usadas para lograr efectividad en el control de contaminantes o para captar contaminantes producidos con una alta velocidad inicial. Estas campanas tienen un tamaño pequeño y deben ser colocadas muy cerca del punto donde se origina el contaminante. Requieren un volumen de extracción relativamente pequeño para conseguir el control buscado pero, para que esto suceda, deben producir velocidades de captura superiores a la velocidad de liberación del contaminante. Cuando una campana de esta clase se usa en una operación mínima requerida para evitar la exposición del operario a concentraciones superiores a los límites, deberá ser determinada midiendo esa exposición para cada diseño de campana y cada operación.

El sistema de extracción de bajos volúmenes y altas velocidades es una forma especial de extracción que se aplica para controlar el polvo producido por las herramientas portátiles manuales y por las operaciones de maquinado. El efecto se consigue aspirando el aire directamente en el punto en que se forma el polvo, empleando campanas fabricadas a medida y colocadas muy próximas al punto. Las velocidades de captura son relativamente altas, pero el volumen extraído es bajo. Para lograr flexibilidad con las herramientas portátiles se emplean mangueras de plástico livianas de diámetro pequeño, con lo que se consiguen velocidades muy altas en el conducto. Este procedimiento permite la aplicación de la extracción local a ese tipo de herramientas que de otra manera, si se les controlase mediante los métodos convencionales, requerirían, comparativamente, grandes volúmenes de aire y también grandes conductos.

Esta técnica tiene una variedad de aplicaciones, aunque su uso no es común. El polvo producido durante la perforación de rocas se ha controlado mediante el empleo de barrenos huecos de acero con perforaciones en las brocas, adecuadas para la extracción. El aire es extraído ya sea mediante una turbina del tamaño generalmente empleado en las aspiradoras industriales o mediante un venturi operado por el aire expulsado por la herramienta neumática. Para ayudar a controlar el polvo de grafito en las operaciones convencionales de maquinado, se ha aplicado el método empleando conexiones flexibles a un sistema central de vacío. Para ello se usó una manguera flexible de 1 a 2 pulg de diámetro, con una campana sencilla de extracción colocada directamente en la herramienta de corte. En una aplicación similar para el maquinado del berilio, descrita por Chamberlin en su artículo "The Control of Berillium Machining" se empleó un sistema central de vacío con mangueras de 38 mm de diámetro interno. Las campanas de extracción



se hicieron de Lucite u otro material transparente y a medida, para rodear las herramientas de corte y buena parte de la operación. Los volúmenes de extracción variaron de 120 a 150 pies cúbicos por minuto. En otro caso, una compañía fabricante de herramientas desarrolló una máquina lijadora orbital portátil provista de un pequeño conducto de extracción que rodeaba el borde de la placa. Se proveyó un adaptador para conectar este conducto a la manguera flexible de una aspiradora doméstica común.

El polvo es conducido a altas velocidades mediante mangueras flexibles de pequeño diámetro interno que varía de 0.4 a 2 pulg. El aire cargado de polvo pasa por un ciclón colector primario y otro secundario, descargándose después a través de una unidad filtrante de tela. La succión es provista por una turbina centrífuga de varias etapas, capaz de producir una presión estática de unos  $78 \frac{3}{4}$  pulg de mercurio por debajo de la presión atmosférica. El colector de tela puede ser limpiado mediante una simple válvula manual que permite que el aire entre por el lado limpio de la tela, haciendo que ese lado alcance la presión atmosférica. Como el lado con polvo está a una presión muy por debajo de la atmosférica, se establece una rápida corriente de aire a través de la tela, produciéndose la limpieza del filtro y haciendo que el polvo sea recogido en una tolva.

### III. CALCULOS PARA EL DISEÑO

Con la excepción de los sistemas mencionados que se fabrican según el pedido del usuario, los cálculos para el diseño de estos conjuntos son muy empíricos. En la práctica de la ventilación común el aire se considera como incomprensible porque las presiones estáticas varían muy poco con respecto a la presión atmosférica. Sin embargo, en estos sistemas, las presiones extremas requeridas presentan problemas de densidad de aire, comprensibilidad y viscosidad que no se resuelven fácilmente. Con frecuencia tampoco se dispone de los datos de caída de presión para tubos de diámetro pequeño, especialmente tuberías flexibles. Para los fines prácticos, la turbina extractora debe ser elegida para la extracción simultánea máxima (cfm) requerida. La resistencia en la tubería debe mantenerse tan baja como sea posible, el tubo flexible de menos de 1 a 1.5 pulg de diámetro tendría que limitarse a 10 p o menos. Para muchas aplicaciones éste no constituye un problema serio.

La principal consideración a tener en cuenta en la tubería para estos sistemas es la de procurar una configuración interna lisa, de manera de reducir la fricción y, por consiguiente, la pérdida de presión para las altas velocidades que se producen y también para reducir la abrasión. Debe evitarse la cañería roscada común porque el borde de caño o de la conexión macho que es de diámetro menor que la rosca hembra, presenta una discontinuidad que aumenta la fricción y la caída de presión y puede ser un punto de abrasión rápida.

Si se va a usar un sistema de tubos roscados habría que emplear conexiones de hierro fundido y caño tipo Schedule 40, dado que las conexiones de esta clase tienen un diámetro interior igual a la de los caños. Las tuberías de espesor de pared 16 gauge y con diámetros de hasta de 4 pulg y de espesor 14 gauge para diámetros de 5 pulg o más permiten lograr pérdidas de presión menor en la mayoría de los casos. Pueden emplearse conexiones o agarraderas disponibles en el comercio o bien un sistema con uniones tipo enchufe, con los que se eliminan las discontinuidades internas. En todos los casos deben emplearse codos y curvas abiertos.

En los sistemas de extracción de polvo se deben instalar un buen interceptor antes del extractor con el propósito de hacer mínima la erosión de las paletas de precisión y evitar la consiguiente disminución en el rendimiento. El balance final del sistema puede lograrse haciendo variar la longitud y el diámetro de las tuberías flexibles.

Debe hacerse notar que, aunque los datos sean empíricos, estos sistemas requieren el mismo diseño cuidadoso que los más convencionales. deben evitarse los cambios bruscos de dirección, las contracciones y las expansiones y tomar las precauciones necesarias para reducir al máximo las pérdidas de la presión.

#### IV. DISEÑO GEOMETRICO

Un diseño correcto exige generalmente una gran experiencia. Inicialmente, hay que partir del principio de que una campana debe encerrar al máximo el foco contaminante y abrir en el encerramiento, los orificios, si es que las cajas de moldeo son lo suficientemente pequeñas como para ser llevadas por un transportador. La mayor parte del aire extraído debe ser tomada por la parte superior para aprovechar la circulación térmica del aire sobre el metal caliente. Cuando las cajas son tan grandes que deben ser movidas por grúa, una de las pocas soluciones posibles es una campana lateral en el enrejado, donde se hace el desmolde, esto si no es posible encerrar y aislar toda la operación.

En cualquier caso, el transporte de arena debe estar completamente aislado y es necesario proporcionar ventilación en aquellos puntos en que se produce polvo, como son los lugares de transferencia de las cintas transportadoras de arena, molinos y trituradoras, así como también en los sitios en que se cargan y descargan silos.

### 1. LLENADO Y CARGA.

Los datos de cálculo para campanas aplicables a diversas operaciones de carga y llenado, se muestran en las figuras C-1 a la C-3. En estas operaciones, el caudal de extracción necesario es consecuencia del aire al llenarse el recipiente, por lo que si la velocidad de llenado y fuese muy elevada, los caudales pueden ser insuficientes.

### 2. OPERACIONES EN FUNDICIONES.

Las fundiciones presentan muchos problemas en el control del polvo, particularmente en los ambientes de desmolde y limpieza, en el aire que entra a la misma.

Los polvos de algunos de los materiales empleados en el metalizado son explosivos si están finamente divididos y suspendidos en el aire en una concentración crítica. Cuando se intercepta polvo proveniente de operaciones de metalizado, es necesario algunas veces instalar colectores húmedos a continuación de la cabina. (figs. C-4 a C-6).

### 3. EQUIPO DE COCINA

El propósito de la extracción en las cocinas, es el control del calor, humedad, y vapor de grasa, que se genera dentro del área.

Los filtros a instalarse deben ser resistentes a altas temperaturas y el ventilador capaz de vencer los efectos de las altas densidades que se den. (fig. C-7)

### 4. MAQUINAS HERRAMIENTAS

Polvos metálicos y vapores provenientes de las operaciones con maquinas herramientas pueden ser controlados por una combinación de encerramiento en la operación y ventilación localizada. Todo diseño del sistema puede ser acoplado facilmente cuando sea requerido. Para el mantenimiento de la máquina, y ajuste de herramientas, porciones de las campanas serán del tipo desmontable.

Un encerramiento típico de una máquina herramienta requerirá un flujo de extracción de 400 a 500 cfm. En la mayoría de areas de trabajo, el uso de la ventilación general es adecuada para el control del contaminante. (figs. C-8 a C-10)

## 5. CAMPANAS DE EXTRACCION MOVILES

Proveen un control para focos de contaminación en movimiento. Estos estan asociados con ductos flexibles de extracción. (fig. C-11)

## 6. TANQUES DE SUPERFICIE ABIERTA.

Los rangos de ventilación para limpieza y demás operaciones en tanques de superficie abierta, dependen de muchos parámetros que incluyen: material a trabajar, configuración y localización del tanque, y el tipo del sistema de ventialción. En está sección se describen cuatro tipos de campana: campanas encerradas y sobrepuestas, de extracción lateral y de empuje-succión. (figs C-12 a C-14)

## 7. OPERACIONES DE PINTURA

La limpieza y el mantenimiento tanto de rutina como programados son la nacesidad en las cabinas de rociado. Los materiales inflamables, cuando se dejan acumular, aumentan el riesgo de incendio. Además, la pintura en los conductos interrumpe la corriente de aire necesaria. Existen varios productos en el mercado que pueden emplearse para cubrir la parte interior de la cabina y son eficaces para prevenir que el exceso de pintura se pegue a las paredes del recinto. Algunos de ellos son aptos para superficies fácilmente limpiables, que facilitan la eliminación de pintura acumulada.

En algunos casos de pintura en gran escala, se pierde mucho solvente por evaporación de la pintura fresca de las superficies. Si las unidades pintadas se apilan en el taller para que se sequen, los vapores pueden constituir un peligro de incendio o para la salud. Para el secado preliminar de los materiales terminados debería disponerse de un área separada y ventilada antes de enviarlos a las estufas o a los hornos.

Cuando la producción no es grande, el material puede ser dejado en la cabina para su secado previo. En ningún caso debe ser apilado en el frente de la cabina, de manera que el aire cargado de vapores pase del material recién pintado al operario. (figs C-15 a C-19)

## 8. LIMPIEZA Y ACABADO MECANICO DE SUPERFICIE

Esto es generalmente usado para preparación de la superficie para pintura, soldadura y otras operaciones. Las campanas sobre las ruedas de abrasión y corte sirven para un doble propósito: a) proteger al operario del peligro de la desintegración de las ruedas; y, b) permiten eliminar el polvo y los restos que se generan. Muchas de estas ruedas están hechas actualmente con abrasivos artificiales que no contienen sílice libre, eliminando así el peligro de la silicosis. No hay peligro con el polvo de hierro o acero, pero puede convertirse en otra molestia.

Por otra parte, las piezas de fundición que aún no han sido limpiadas, pueden tener arena del molde adherida, que puede ser reducida a polvo, constituyendo así un peligro de silicosis. (figs. C-20 a C-28)

## 9. VENTILACION DE VEHICULOS

Esto se puede lograr con ventilación general o ventilación localizada. El uso de la ventilación general es sólo considerada después de la captura del contaminante directo.

Los rangos de ventilación a vehiculos, son aplicadas bajo las siguientes condiciones:

- Un programa regular de mantenimiento incorporado al motor de combustión interna a través de análisis del nivel de monóxido de Carbono. Este tiene que estar limitado para 1% de motores diesel y 2% para motores de gasolina.

- El período de operación de la máquina no debe exceder el 50% del día de trabajo. (4 horas al día de operación).

- La potencia del motor se no puede exceder 60 hp. (fig. C-29 a C-30)

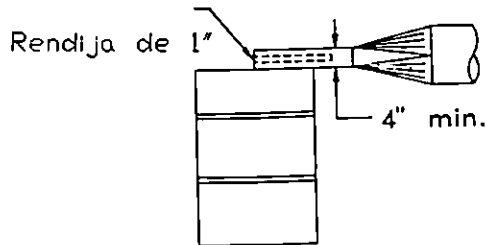
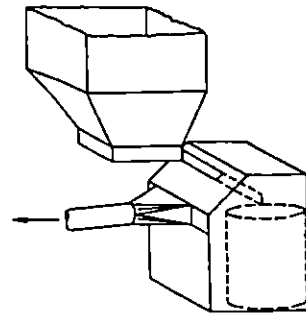
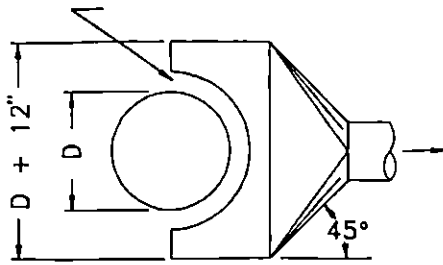
## 10. SOLDADURAS

Para las aplicaciones de la soldadura en espacios cerrados se necesitan campanas extractoras movibles y. Por ejemplo, el estado puede tener un código, cuyo propósito es vigilar las enfermedades ocupacionales, administrado por su departamento de salud y trabajo, mientras que otra institución puede especificar los aspectos del control de incendios, en tanto que la OSHA, que es federal, tiene requerimientos para ambas cosas. Al mismo tiempo, el asegurador contra incendios puede tener exigencias específicas que deben ser cumplidas. Puede también existir una preocupación secundaria en el sentido de reducir el daño total que resultaría de un incendio, incluyendo en éste el perjuicio causado por el agua. El encargado debe conocer bien todas las reglamentaciones que tienen aplicación en su localidad. (figs. C-31 a C-32)

11. TRABAJOS EN MADERA

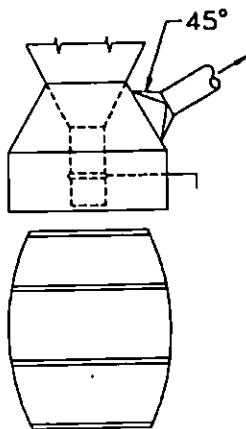
Estos equipos generan grandes cantidades de polvo de madera, viruta y astillas, que tienen una acción abrasiva y cortante. Además de las características tóxicas de algunos tipos de madera y materiales que se usan en estas areas. (fig. C-33 a C-38).

Claro de la campana encerrada

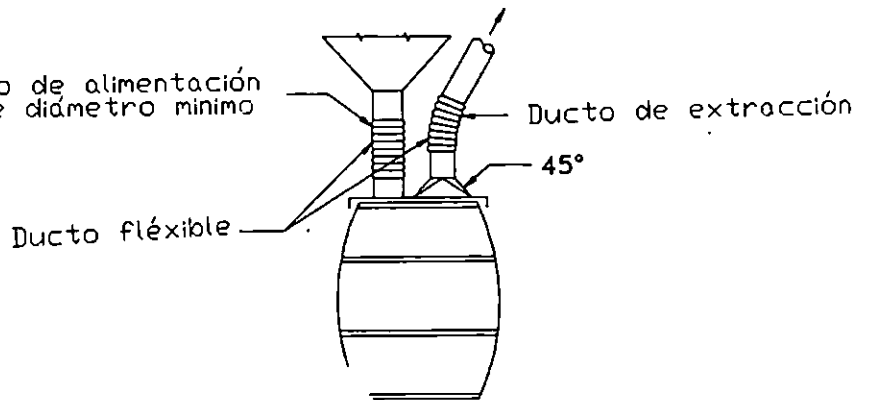


$Q = 150 \text{ cfm/p}^3$  en la superficie del área abierta  
Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min

$Q = 100 \text{ cfm/p}^3$  en el tope del barril  
Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min



Ducto de alimentación  
4" de diámetro mínimo



$Q = 300 - 400 \text{ cfm}$   
Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min

$Q = 50 \text{ cfm} \times \text{diámetro del ducto (p)}$   
Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min

Nota 1: Los desplazamientos provocados por los rangos de alimentación del material, requerirán mayores caudales de extracción

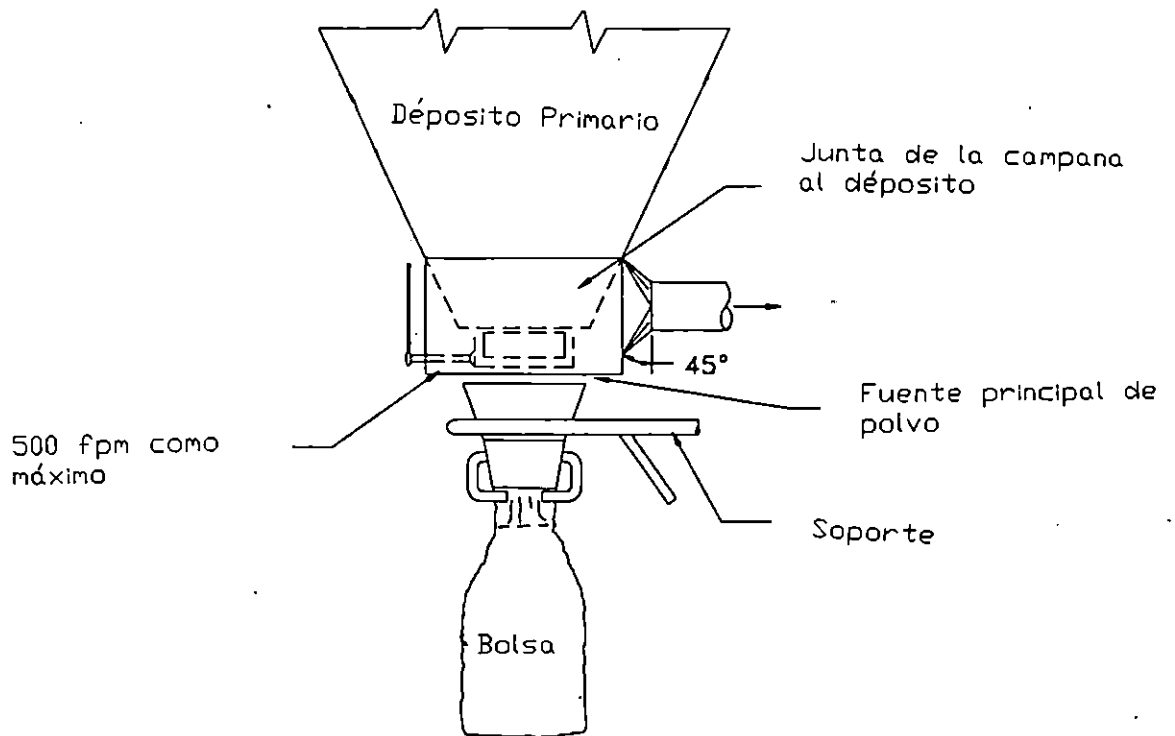
Nota 2: El flujo excesivo de aire puede ocasionar pérdida del material

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

LLENADO DE  
BARRIL

FECHA: 150993

FIGURA C-1



Q = 400 - 500 cfm - polvo no tóxico  
 1000 - 1500 cfm - polvo tóxico  
 Velocidad minima en el ducto = 3500 p/min

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

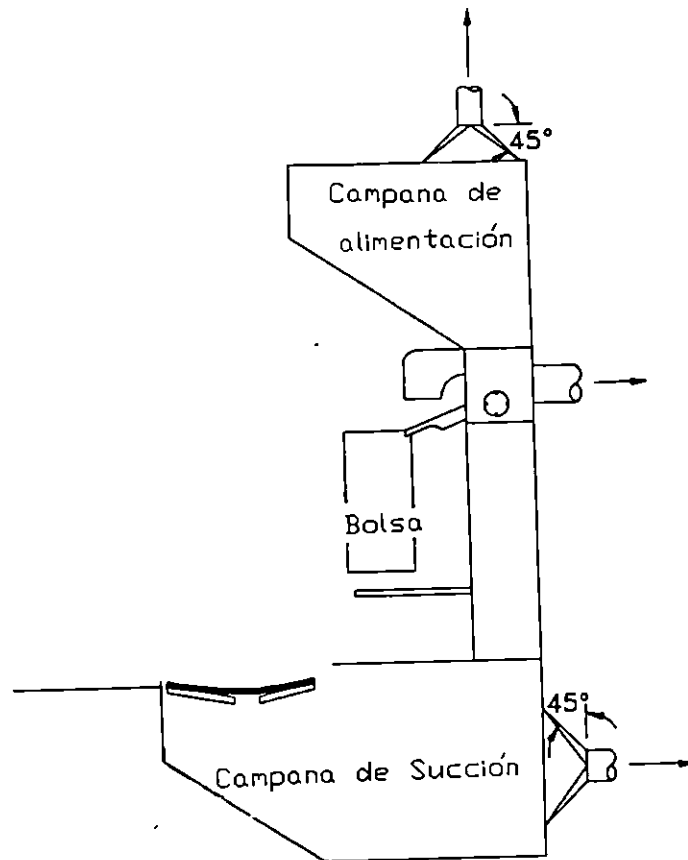
DON BOSCO

LLENADO DE BOLSA

FECHA: 150993

FIGURA C-2





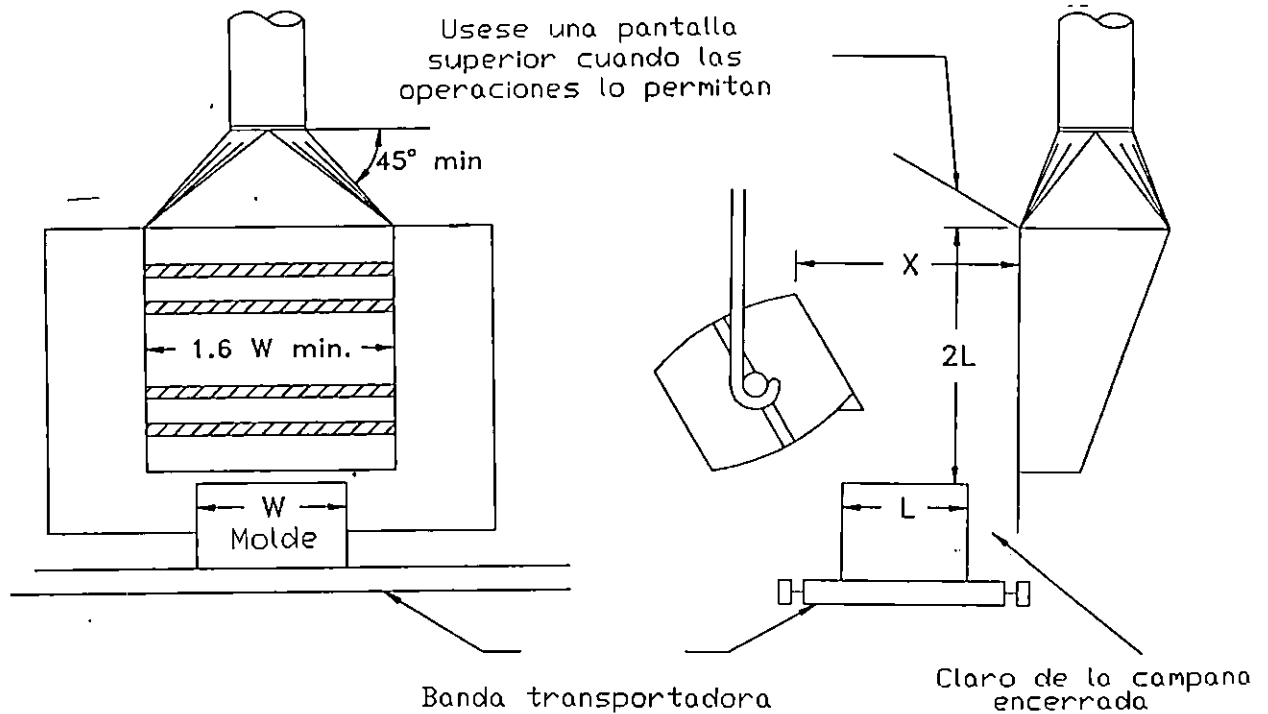
$Q = 500$  cfm por tubo de llenado  
 $Q = 500$  cfm en la campana de alimentación  
 $Q = 950$  cfm en la campana de succión  
 Velocidad minima en el ducto = 3500 p/min

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
**DON BOSCO**

TUBO DE EMPAQUE  
 DE BOLSA

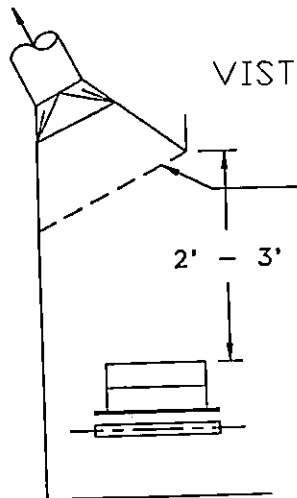
FECHA: 150993

FIGURA C-3



### MOLDES PEQUEÑOS

$Q = 200(10 X^2 + A)$ , donde A es igual al área de la campana  
 Use rendijas para tener una distribución uniforme;  
 el tamaño de las rendijas para 2000 fpm  
 Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min



### VISTA DE UN ENCIERRO PARCIAL

Use rendijas para tener una distribución uniforme;  
 el tamaño de las rendijas para 2000 fpm

Nota:  
 Para moldes largos, y con la misma configuración  
 $Q = 400 \text{ cfm/p}^2$  del área de trabajo

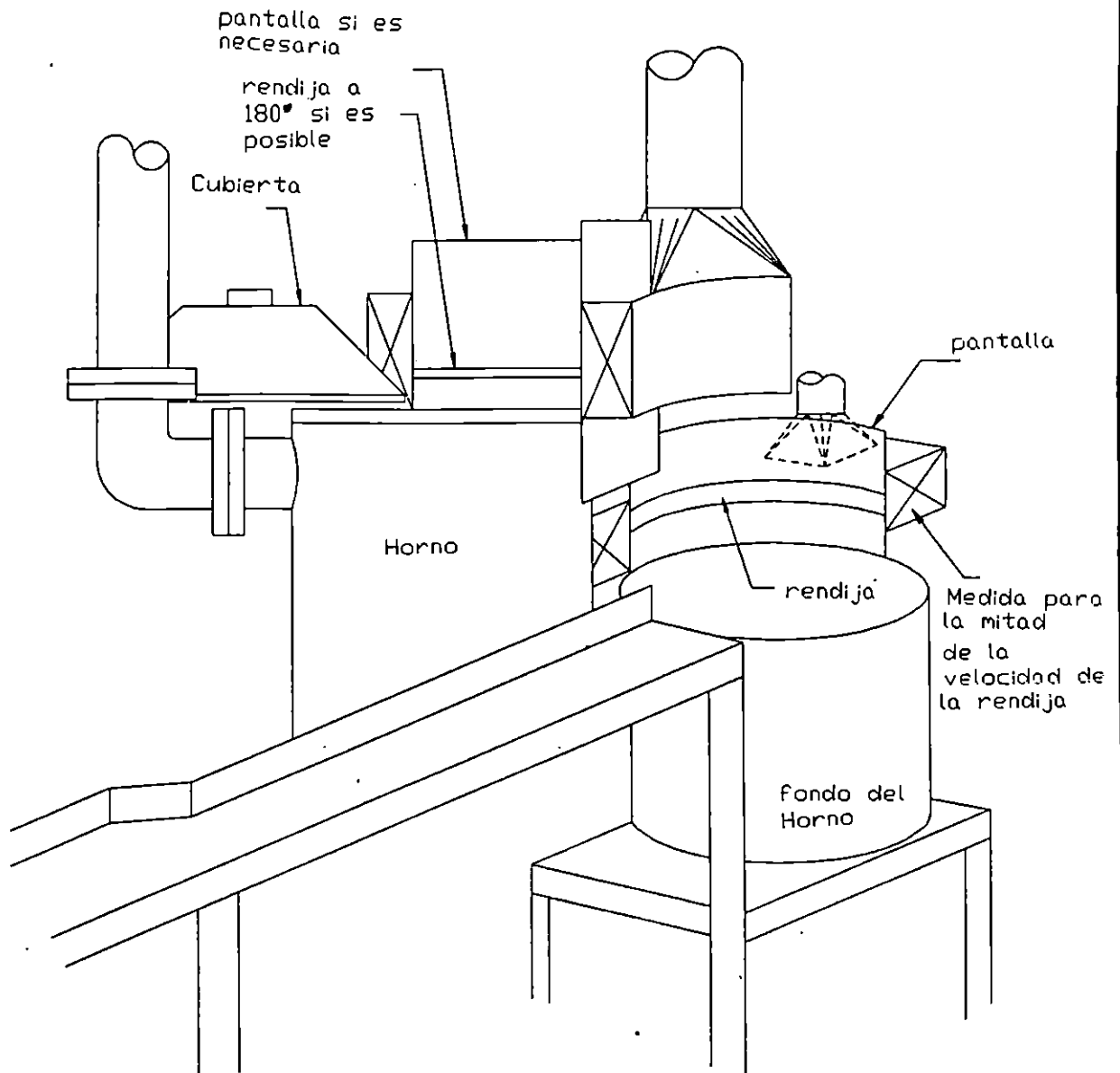
$Q = 200 - 300 \text{ cmf/p}$  de la longitud de la campana

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO

HORNO DE PIVOTE

FECHA: 150993

FIGURA C-4



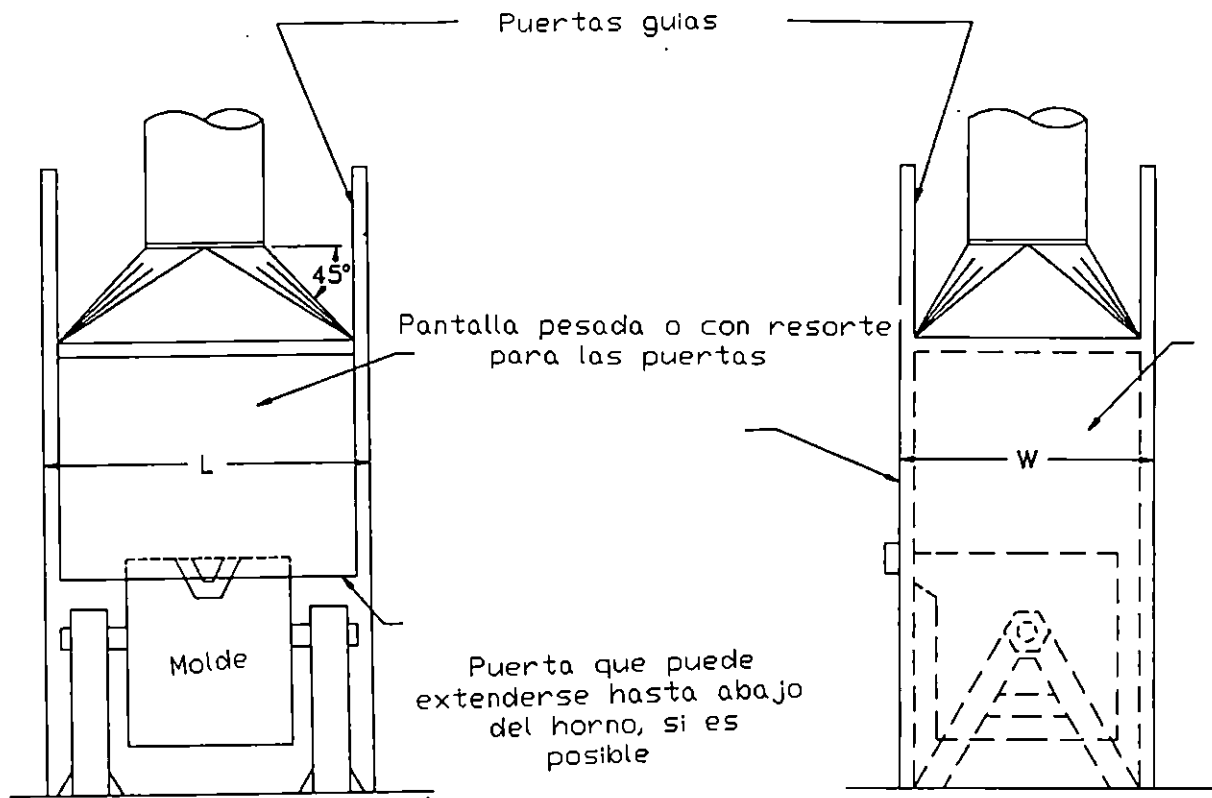
$Q = 175 \text{ cfm/p}^2$  desde la parte superior del horno  
 con rendija curva y pantallas  
 Velocidad en la rendija = 2000 p/min  
 Velocidad mínima en el ducto = 3500 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

HORNO DE PIVOTE PARA  
 MATERIAL ALTAMENTE TOXICO

FECHA: 150993

FIGURA C-5



$Q = 200 LW$ ; pero no menor de  $200 \text{ cfm/p}^2$  en las aberturas con puertas abiertas. Corregida para los productos de combustion y temperatura.

Velocidad minima en el ducto = 3500 p/min

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

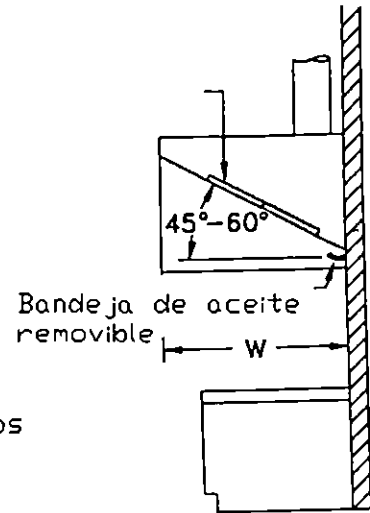
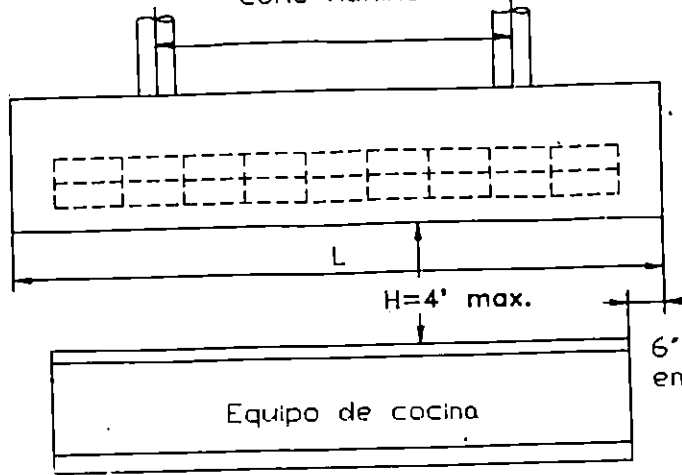
DON BOSCO

ESTACION DE VACIADO

FECHA: 150993

FIGURA C-6

Distancia entre ductos  
6 p entre los centros  
como máximo



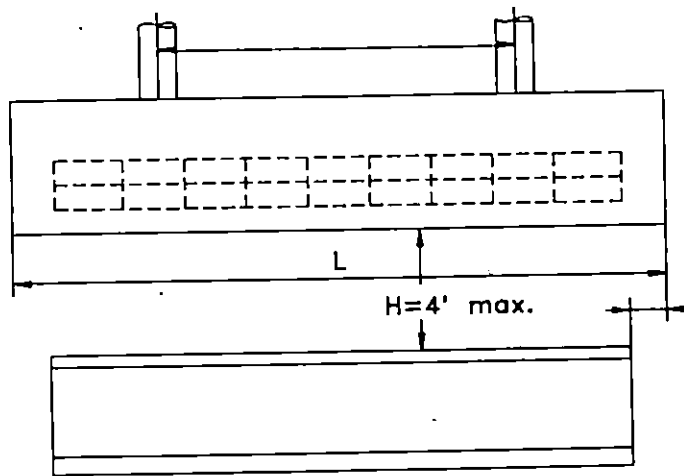
### CAMPANA CONTRA LA PARED

$Q = 80 \text{ cfm/p}^2$  del área de la campana (80 WL)

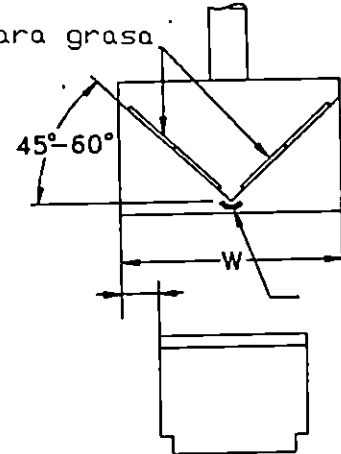
No menos de  $50 \text{ cfm/p}^2$  en el área superficial (50 PH)

$P =$  perímetro de la campana  $= 2W + L$

Velocidad del ducto = 1000 - 4000 fpm, para condiciones satisfactorias



Filtro para grasa



### CAMPANA TIPO ISLA

$Q = 125 \text{ cfm/p}$  del área de la campana (125 WL)

No menos de  $50 \text{ cfm/p}^2$  en el área superficial (50 PH)

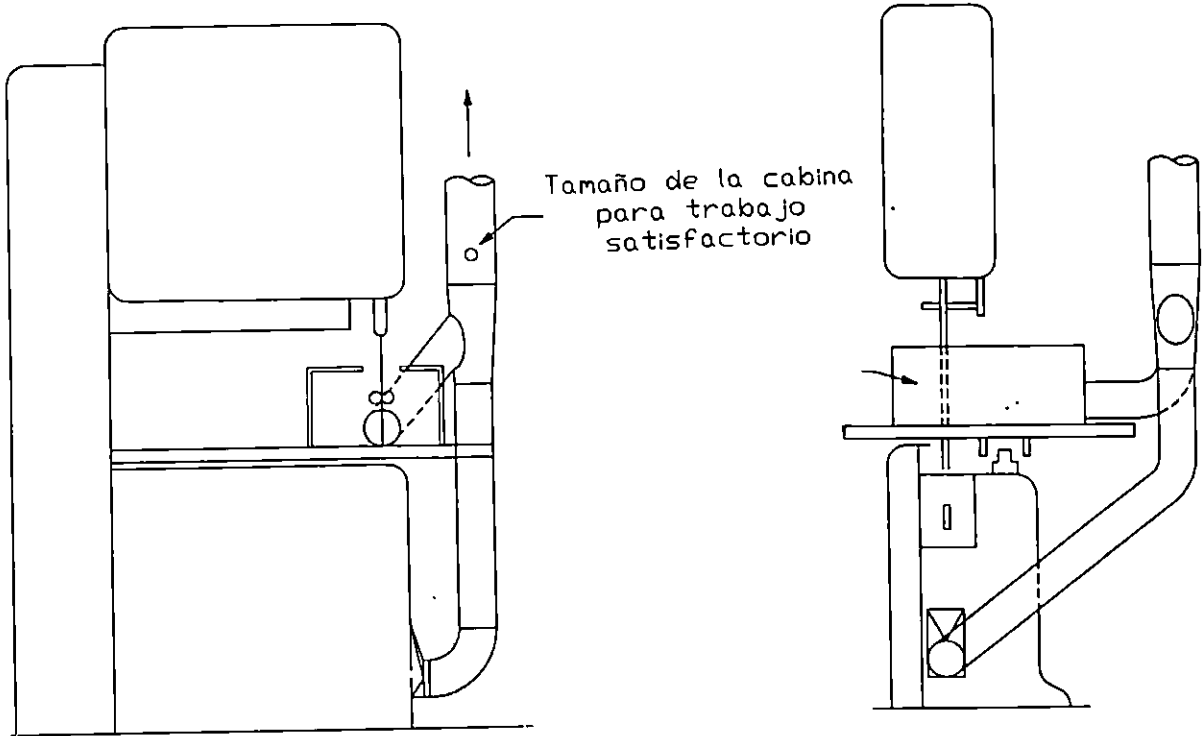
Velocidad del ducto = 1000 - 4000 fpm, para condiciones satisfactorias

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

RANGOS DEL VENTILACION  
PARA CAMPANAS DE COCINA

FECHA: 150993

FIGURA C-7



$Q$  en la cabina =  $225 \text{ cfm/p}^2$  del área abierta  
 $Q$  en la parte inferior =  $350 \text{ cfm}$   
 Velocidad mínima en el ducto =  $4000 \text{ fpm}$

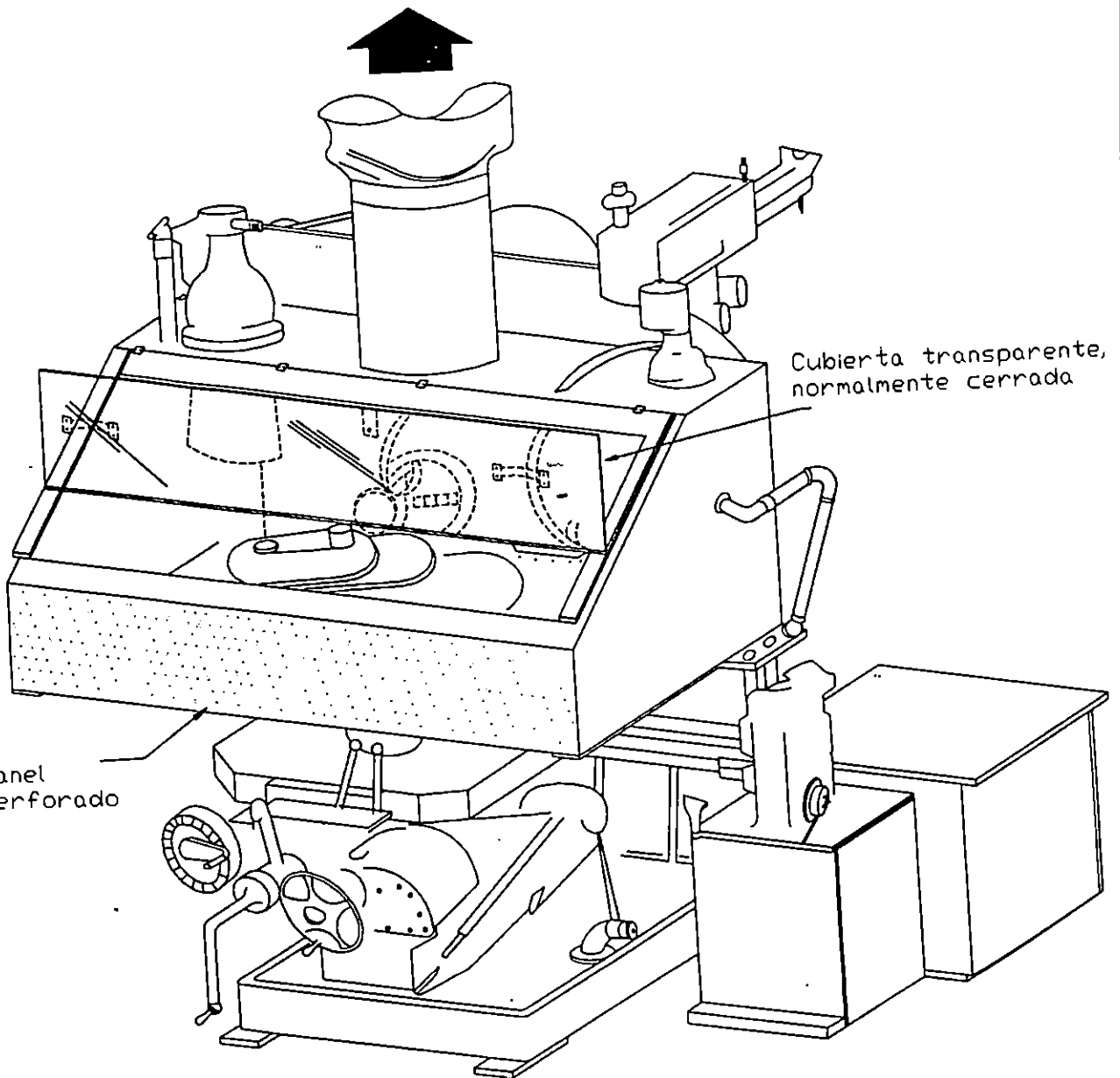
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

CORTADORA DE BANDA

FECHA: 150993

FIGURA C-8



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

FRESA

FECHA: 150993

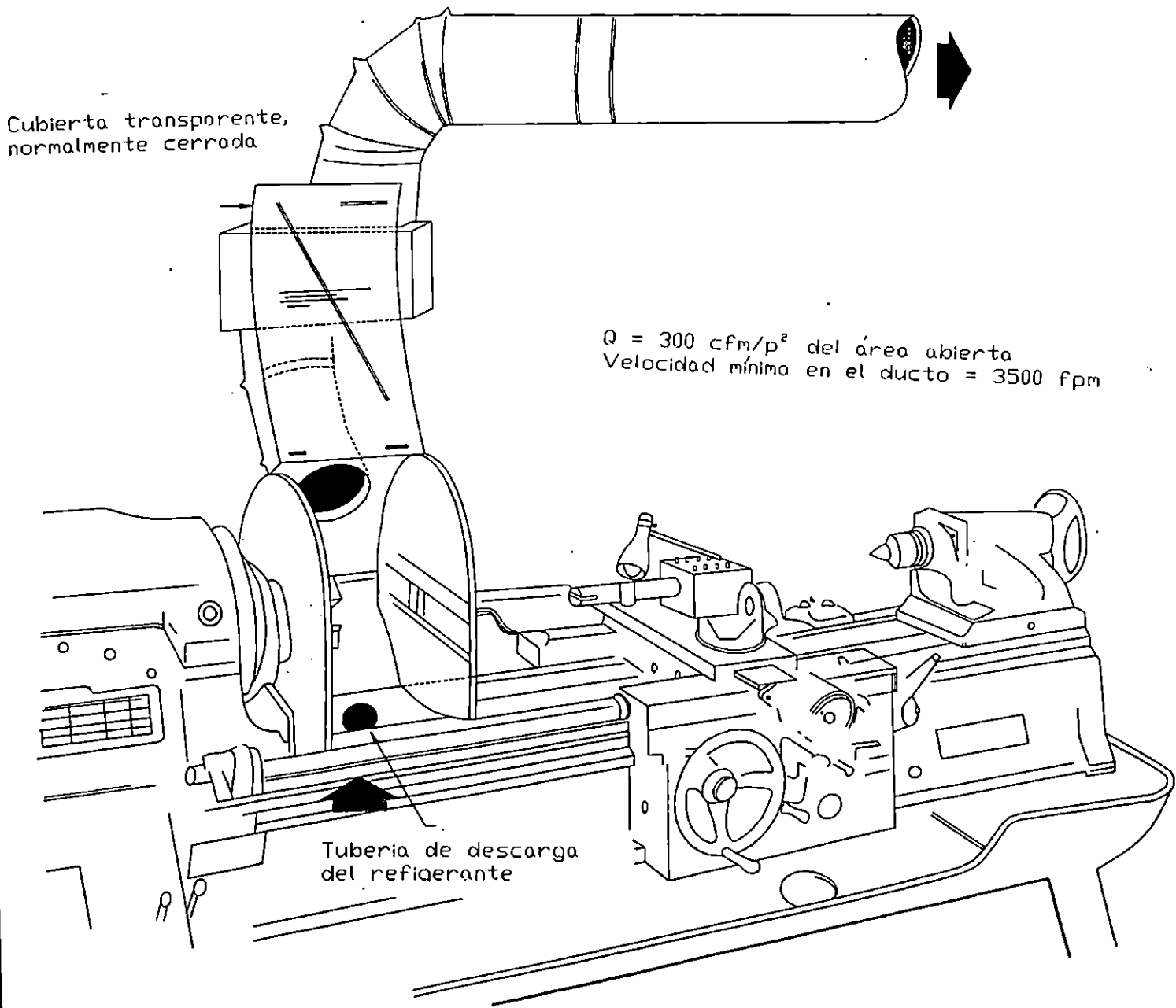
FIGURA C-9

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

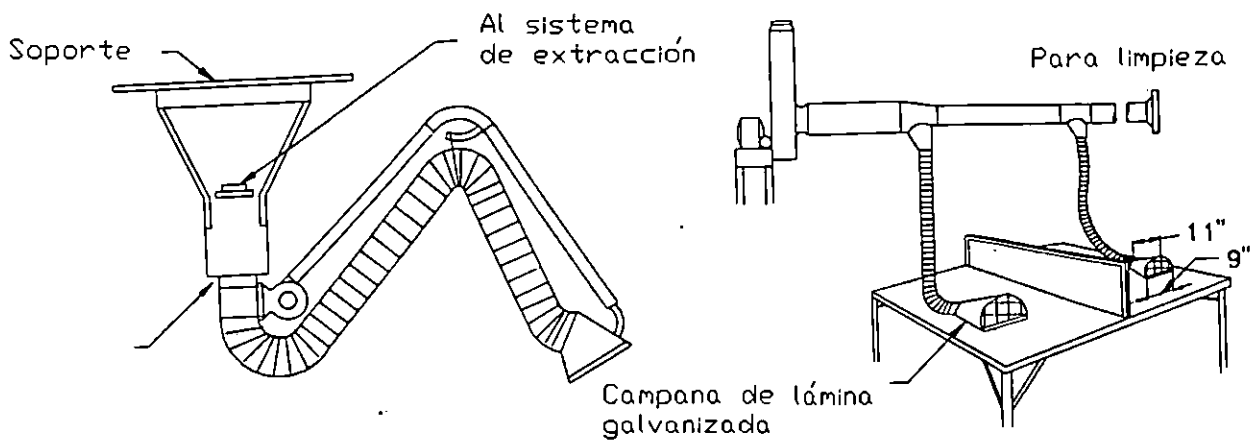
FECHA: 150993

FIGURA C-10

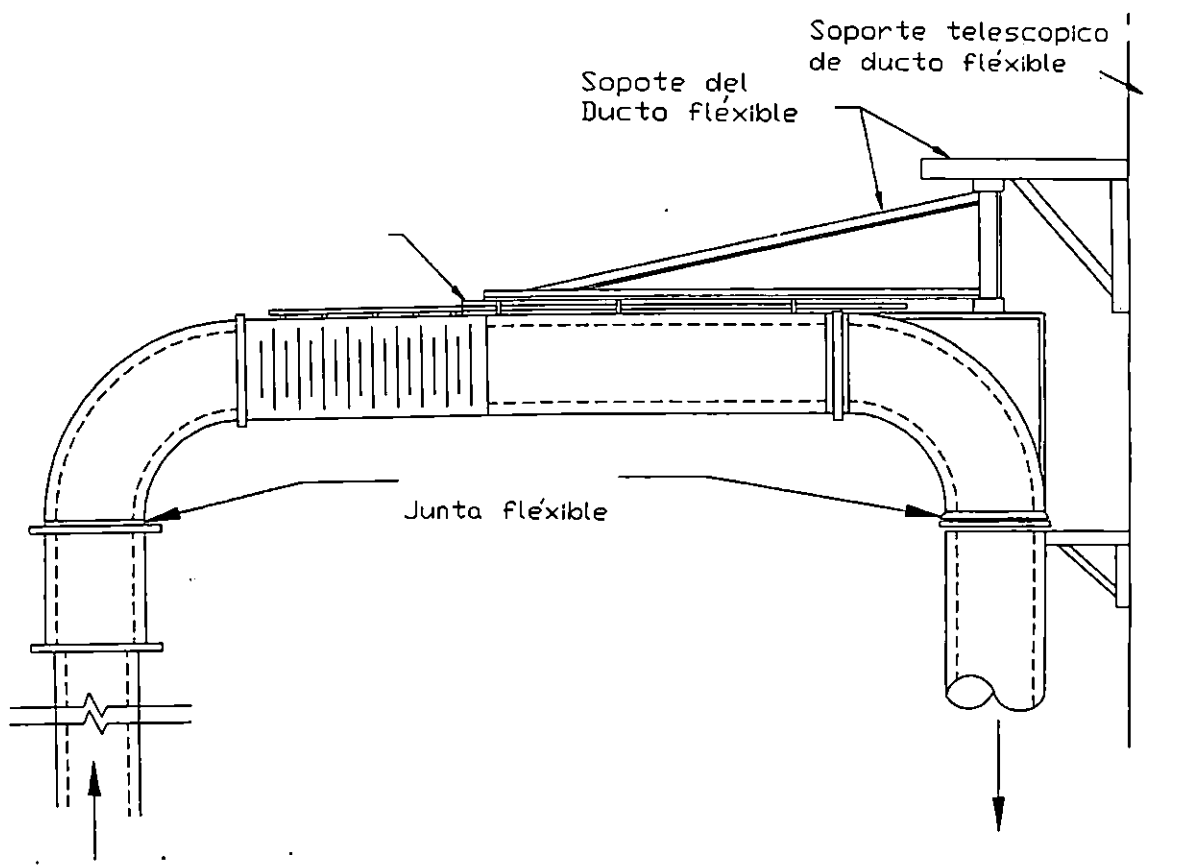
TORNADO







CONEXIONES DE EXTRACCION FLEXIBLE

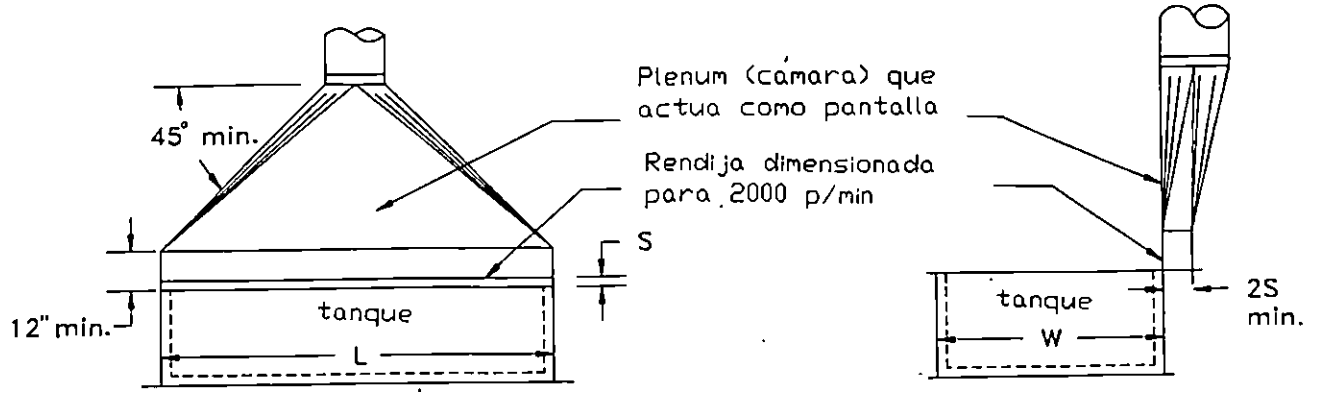


PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO

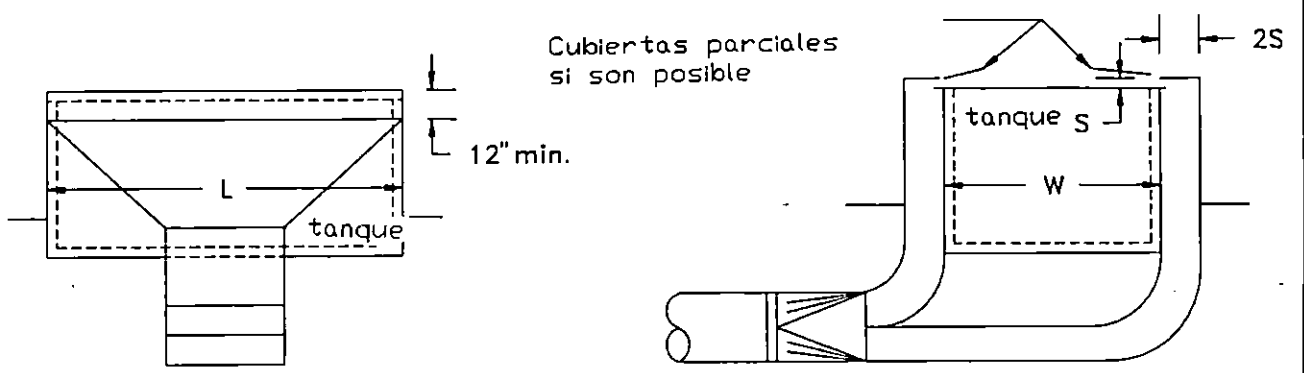
CAMPANAS DE EXTRACCION MOVILES

FECHA: 150993

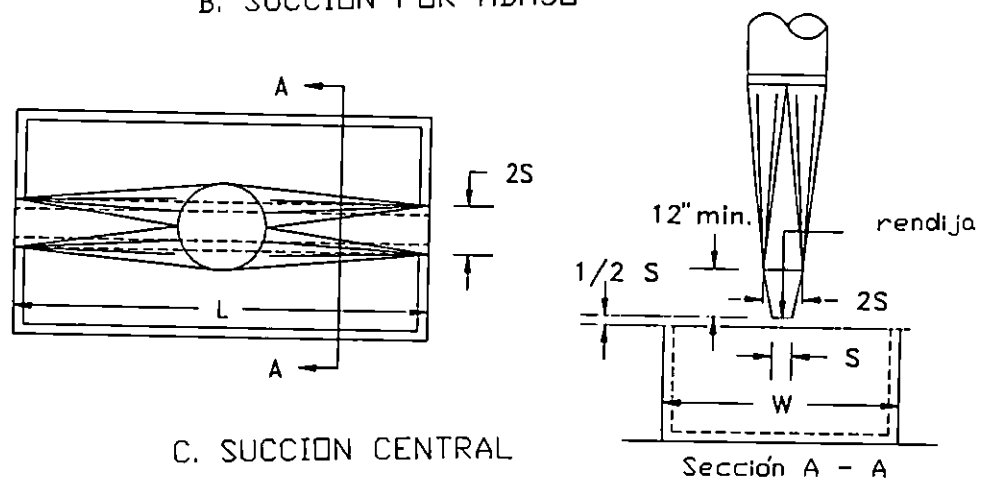
FIGURA C-11



A. SUCCION POR ARRIBA



B. SUCCION POR ABAJO



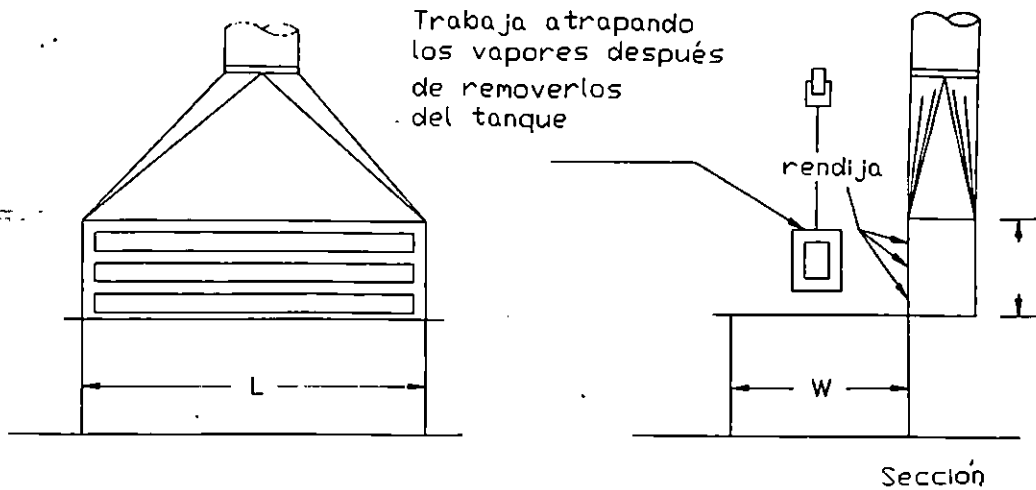
C. SUCCION CENTRAL

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO

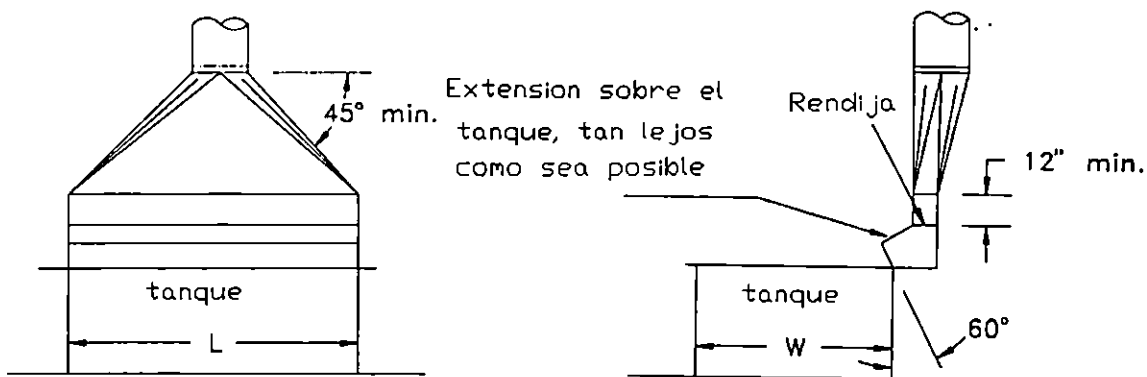
TANQUES DE SUPERFICIE ABIERTA

FECHA: 150993

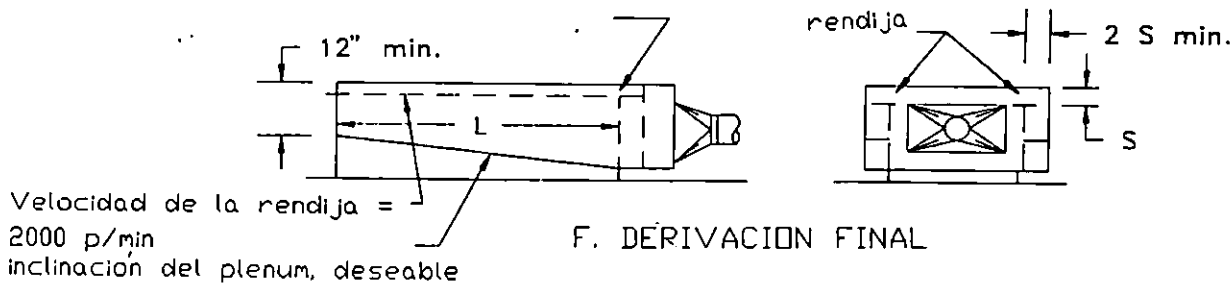
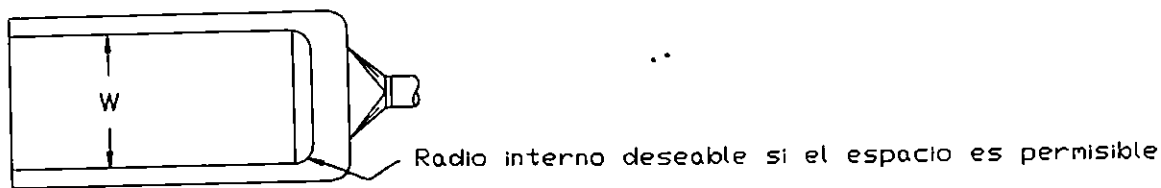
FIGURA C-12



D. TANQUE DE ACIDO PARA LIMPIEZA DE METALES



E. LATERAL



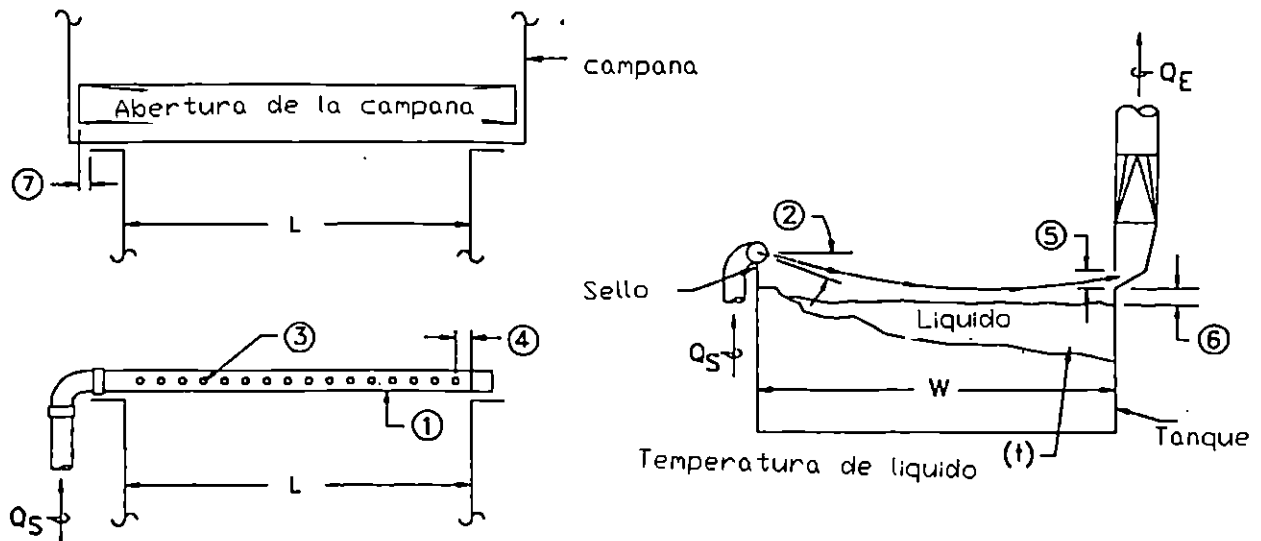
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

TANQUES DE SUPERFICIE ABIERTA

FECHA: 150993

FIGURA C-13



Boquilla de distribución por succión ① - Circular, rectangular o cuadrada. El área transversal de la salida debe ser 3 veces el área total del área de flujo de la boquilla

Angulo de la boquilla ② - 0° a 20° abajo

Abertura de la boquilla ③ - Rendijas de 1/8" a 1/4" o de 3/16" a 1/4" de diámetro los agujeros se ponen espaciados con 3 a 8 medidas de diámetro. Los agujeros exteriores o parte final de las rendijas ④ deben ser colocadas a 1/2" o 1" de la parte o pared interior del tanque

Abertura de extracción ⑤ - Dimensionado para soportar 2000 fpm en la velocidad de la rendija. Los agujeros exteriores de la abertura ⑦ deben ser extendidos a un lado del tanque, incluyendo pantallas.

Superficie de liquido ⑥ - Las partes removibles del tanque no pueden exceder de 8".

Suministro total de empuje  $Q_s = Q_j \times L$  cfm

Flujo de extracción  $Q_E = 75 \text{ cfm/p}^2$  del área superficial del tanque, para  $t < 150 \text{ F}$   
 $= 0.4t + 15 \text{ cfm/p}^2$  del área superficial para  $t > 150$

Area superficial del tanque = L (longitud del tanque) x W (ancho del tanque)

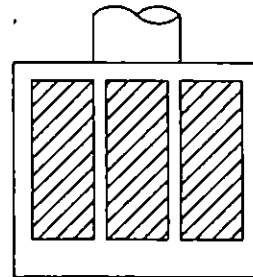
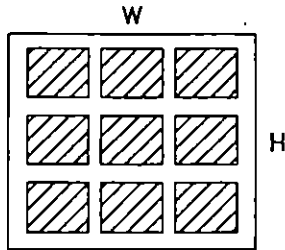
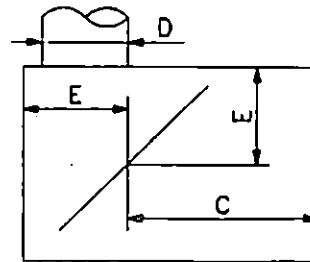
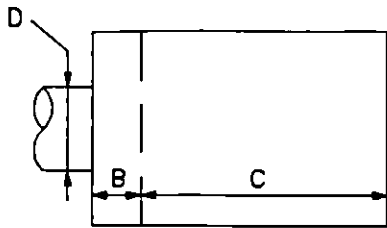
Proceso de diseño : Seleccione la abertura de la boquilla sin sobrepasar los limites y calcular el suministro total de empuje y el caudal de extracción

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

DISEÑO DE CAMPANAS  
 SUCCION-IMPULSO PARA  
 ABERTURAS ARRIBA DE 10'

FECHA: 150993

FIGURA C-14



1. Pantalla divisoria o filtros

$$B = 0.75 D$$

$$\text{Area de la pantalla} = 0.75 W H$$

Para el área del filtro, ver nota 2

2. Pantalla angular

$$E = D + 6''$$

$$\text{Area de la pantalla} = 0.40 W H$$

Para el área del filtro, ver nota 2

Datos de diseño del aire de rociado con pintura

Cualquier combinación de ducto y pantallas pueden ser usados. Largas, cabinas profundas no requieren el uso de pantallas. Consulte los diseños de los fabricantes de cortinas de agua. Use conexiones eléctricas con protección contra explosiones y un ventilador con la misma protección. Las cabinas de rociado electroestáticas requieren ser automáticas, con desconexión para altos voltajes por fallas en la transmisión y polarizado.

Cabina (1) (Operador adentro)

$$W = \text{Dimensión de trabajo} + 6'$$

$$H = \text{Dimensión de trabajo} + 3' \text{ (mínimo} = 7')$$

$$C = \text{Dimensión de trabajo} + 6'$$

$$Q = 100 \text{ cfm/p}^2 \text{ sección transversal de la cabina}$$

Para cabinas profundas 75 cfm/p

El operador necesitará un respirador

certificado por la NIOSH

$$h_e = 1.78 VP + 0.50 VP \text{ (pantallas)}$$

$$h_e = \text{resistencia de filtros sucios} + 0.50 VP \text{ (filtros)}$$

$$\text{Velocidad del Ducto} = 2000 \text{ p/min}$$

Cabina (2) (Operador fuera)

$$W = \text{Dimensión de trabajo} + 2'$$

$$H = \text{Dimensión de trabajo} + 2'$$

$$C = 0.75 \times \text{longitud}$$

$$Q = 100-150 \text{ cfm/p}^2 \text{ del área}$$

abierta, incluyendo las aberturas de transmisión

Corriente de diseño en rociado de pinturas

$$Q = 60 \text{ cfm/p}^2 \text{ a través de la sección de la cabina (1)}$$

$$Q = 60 - 100 \text{ cfm/p}^2 \text{ del área total de la abertura de la cabina (2)}$$

Notas:

1. Los arreglos de pantallas son sólo para distribución de aire
2. Los filtros para atrapar la pintura, son seleccionados para 100-500 p/min, pero consulte al fabricante para más detalles.
3. Para construcción y seguridad consulte a NFPA.

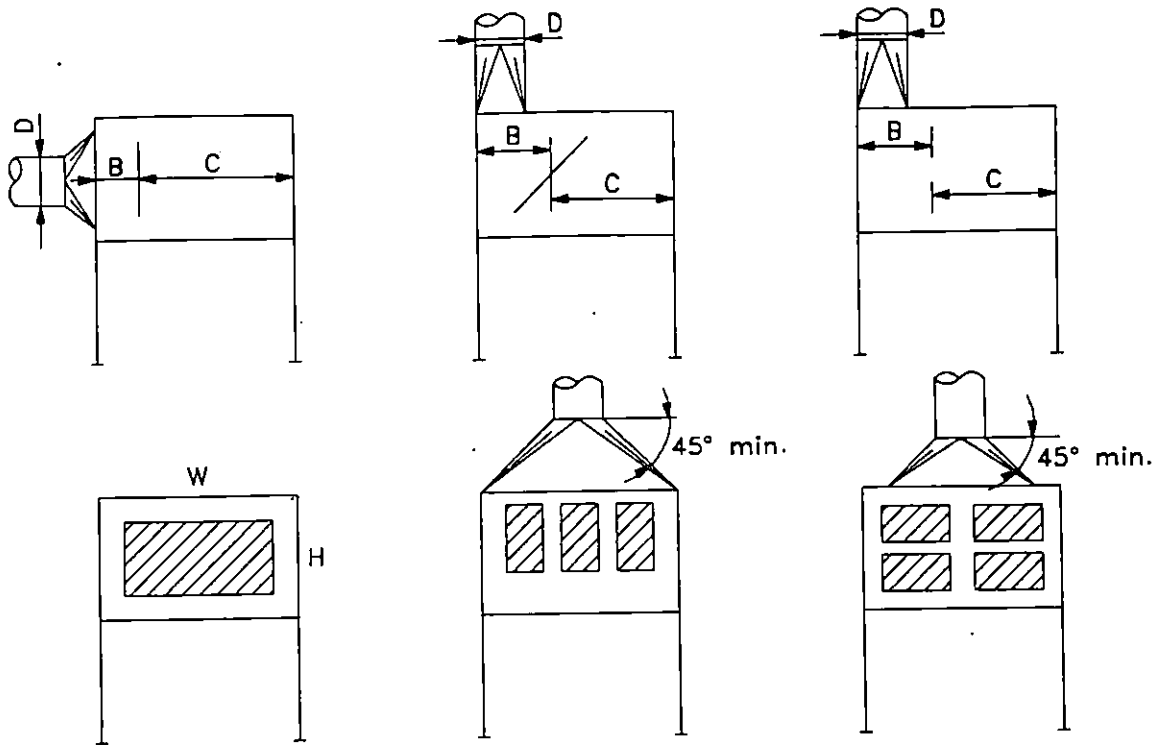
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

CABINA LARGA DE PINTADO .

FECHA: 150993

FIGURA C-15



1. Pantalla solida  
 $B = 0.75 D$   
 Area de pantalla =  $0.60 W H$

2. Pantalla angular  
 $B = D + 6"$   
 Area de pantalla =  $0.60 W H$

3. Pantalla divisoria o filtros  
 $B = D + 6"$   
 Area de pantalla =  $0.75 W H$

#### Datos de diseño del aire de rociado con pintura

Cualquier combinación de ducto y pantallas pueden ser usadas

$W$  = Dimensión de trabajo + 12"

$H$  = Dimensión de trabajo + 12"

$C$  =  $0.75 W$  o  $H$ , la dimensión mayor

$Q$  =  $200 \text{ cfm/p}^2$  ( $200 WH$ ) - para áreas hasta  $4 \text{ p}^2$   
 =  $150 \text{ cfm/p}^2$  - para áreas mayores de  $4 \text{ p}^2$ .

$h_e = 1.78 VP_s + 0.25 VP_d$  (pantallas)

= resistencia para filtros sucios +  $0.25 VP_d$  (filtros)

Velocidad del Ducto =  $2000 \text{ p/min}$

#### Corriente de diseño en rociado con pintura

$Q$  =  $125 \text{ cfm/p}^2$  ( $125 WH$ ) - para áreas hasta  $4 \text{ p}^2$   
 =  $100 \text{ cfm/p}^2$  - para áreas mayores de  $4 \text{ p}^2$

#### Notas:

1. Los arreglos de pantallas mostrados son sólo para distribución de aire
2. Los filtros para atrapar la pintura son seleccionados para 100-500 fpm.
3. Para construcción y seguridad, consulte NFPA.

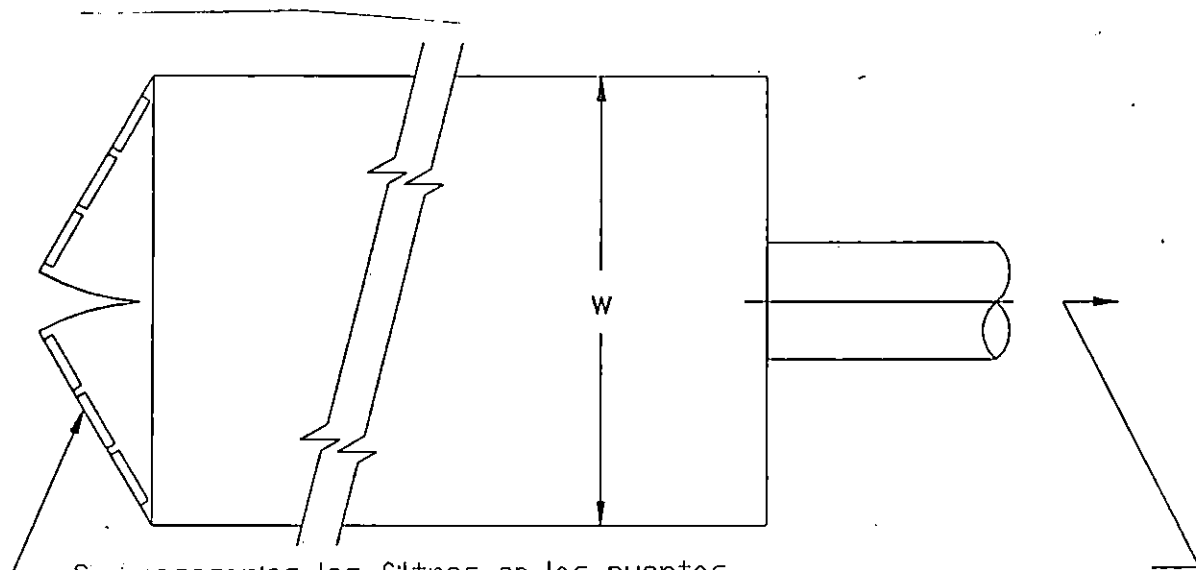
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

CABINA PEQUEÑA  
 DE PINTADO

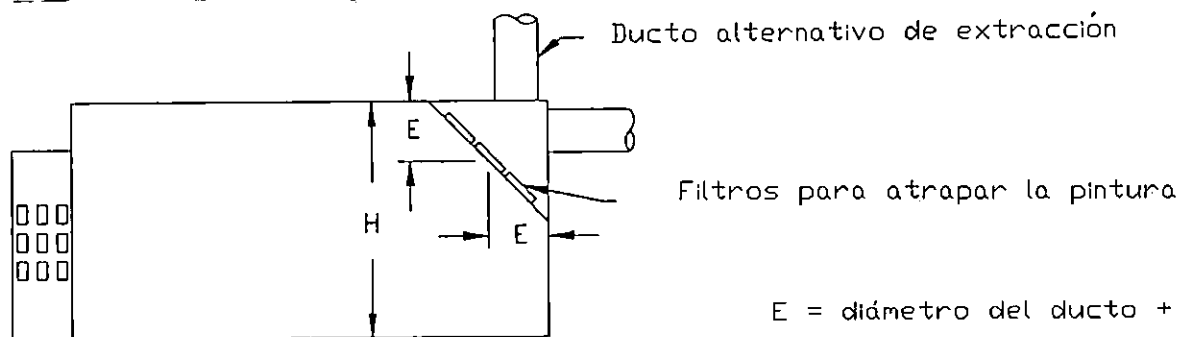
FECHA: 150993

FIGURA C-16



Son necesarios los filtros en las puertas  
 Hacia el extractor o descarga  
 (el ventilador puede tener puerta  
 de inspección)

### VISTA DE PLANTA



$E = \text{diámetro del ducto} + 6"$

### ELEVACION

Instalacion típica de los filtros

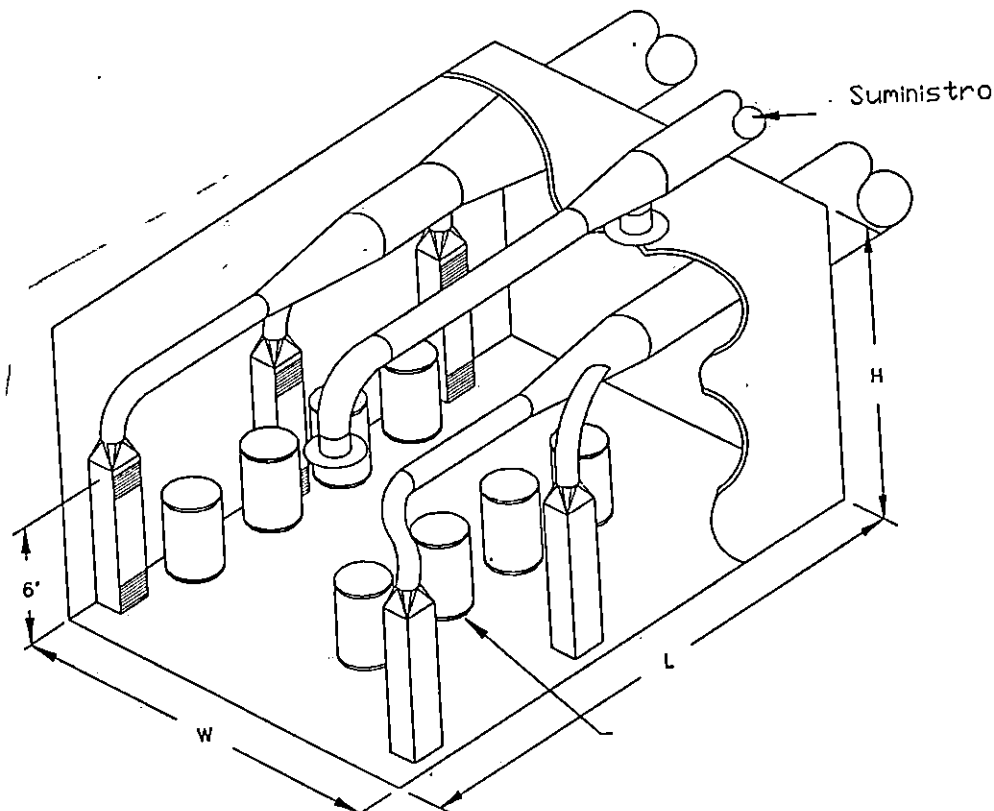
Nota : para corrientes en el pintado por rociado, use  
 $Q = 60 \text{ cfm/p}^2$  de la sección transversal

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

CABINA PARA VEHICULOS  
 PARA PINTADO POR ROCIADO

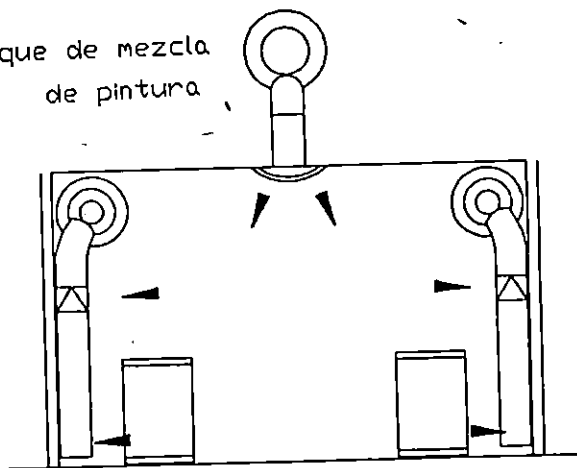
FECHA: 150993

FIGURA C-17



Tanque de mezcla de pintura

$Q \text{ (ext)} = 10 \text{ a } 20 \text{ cambios de aire/ hora}$   
 $Q \text{ (sum)} = 10 \text{ a } 12 \text{ cambios de aire/ hora}$   
 El balance del cuarto ligeramente negativo  
 $Q \text{ (ext)} = 1.05 Q \text{ (sum)}$   
 Pérdida en la entrada =  $1.78 VP + 0.05 VP$   
 Velocidad mínima en el ducto = 2000 p/min  
 Velocidad en la chimenea = 3500 p/min.



Nivel de suelo

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
**DON BOSCO**

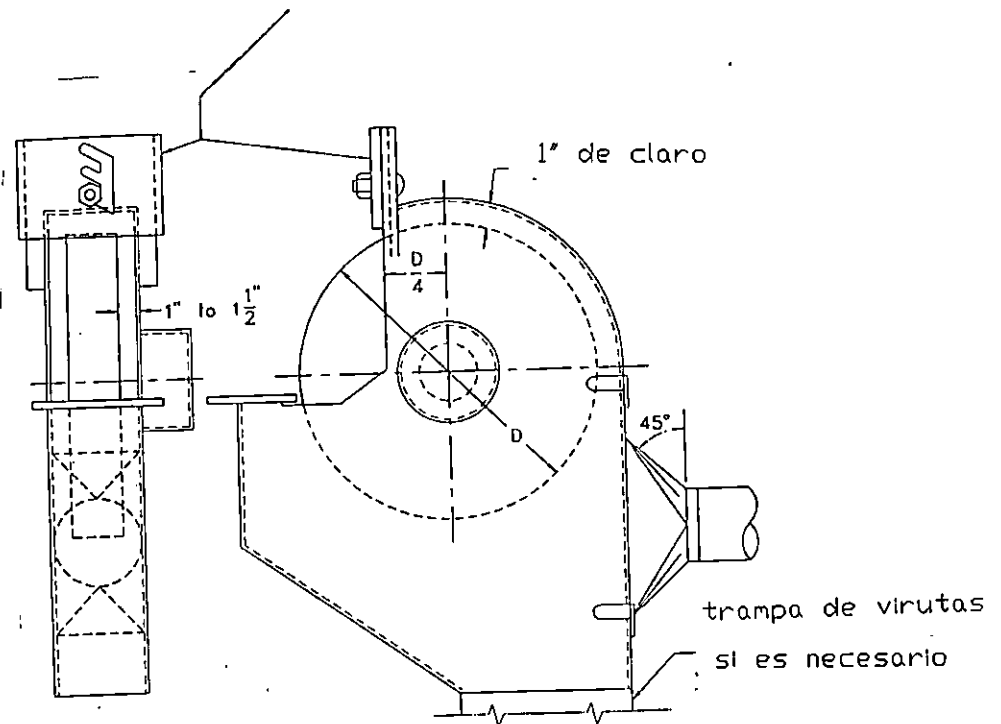
BODEGA DE  
 MEZCLAS DE PINTURAS

FECHA: 150993

FIGURA C-18



soporte ajustable (cuidar de no ajustar al menos a 1/4" del esmeril)



RANGOS DE CAUDALES DE EXTRACCION , cfm

Diametro de la rueda (pulgadas)	Ancho de la rueda (pulgadas)	Para un encierro satisfactorio *	Para un encierro deficiente
Hasta 5	1	220	390
de 5 a 10	1.5	390	610
de 10 a 14	2	500	740
de 14 a 16	2	610	880
de 16 a 20	3	740	1000
de 20 a 24	4	880	1200
de 24 a 30	5	1200	1600
de 30 a 36	6	1600	2000

\* Campana especial y descanso de la herramienta, tal y como se muestra. No mas del 25 % del esmeril expuesto. Velocidad minima en el ducto = 4000 p/min

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

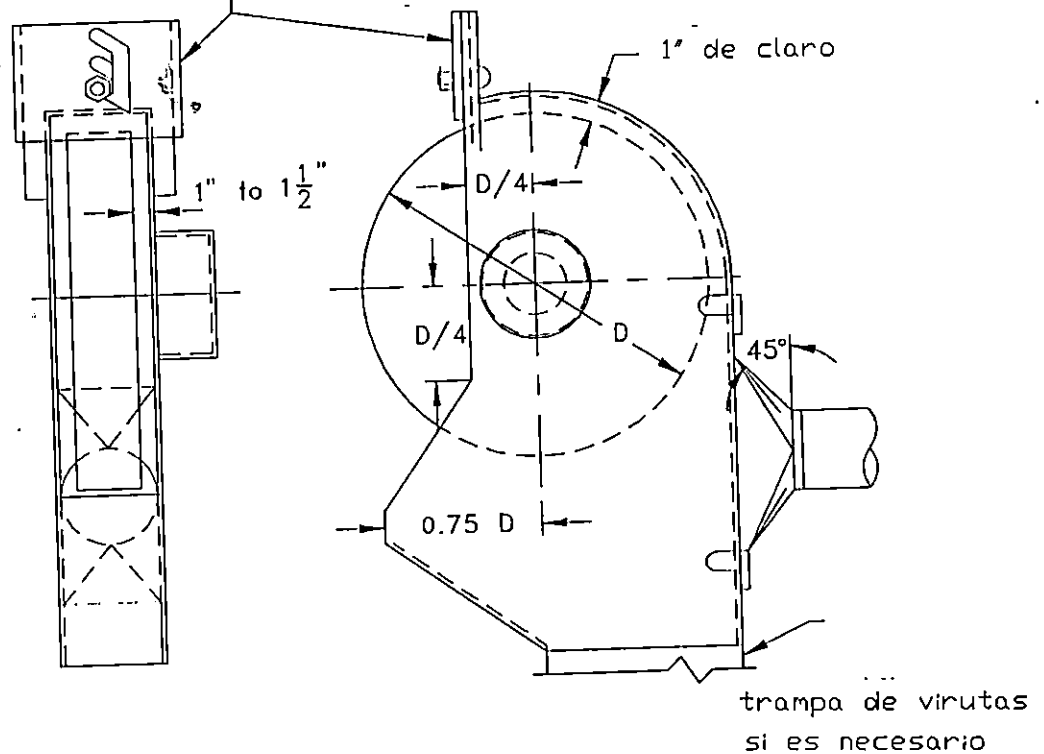
DON BOSCO

CAMPANA PARA ESMERIL CON VELOCIDADES DE SUPERFICIE SOBRE 6,500 P/MIN

FECHA: 150993

FIGURA C-19

soporte ajustable (cuidar de no ajustar al menos a 1/4" del esmeril)



### RANGOS DE CAUDALES DE EXTRACCION , cfm

Diametro de la rueda (pulgadas)	Ancho de la rueda (pulgadas)	Para un encierro satisfactorio *	Para un encierro deficiente
Hasta 5	1	220	220
de 5 a 10	1.5	220	300
de 10 a 14	2	300	500
de 14 a 16	2	390	610
de 16 a 20	3	500	740
de 20 a 24	4	610	880
de 24 a 30	5	880	1200
de 30 a 36	6	1200	1600

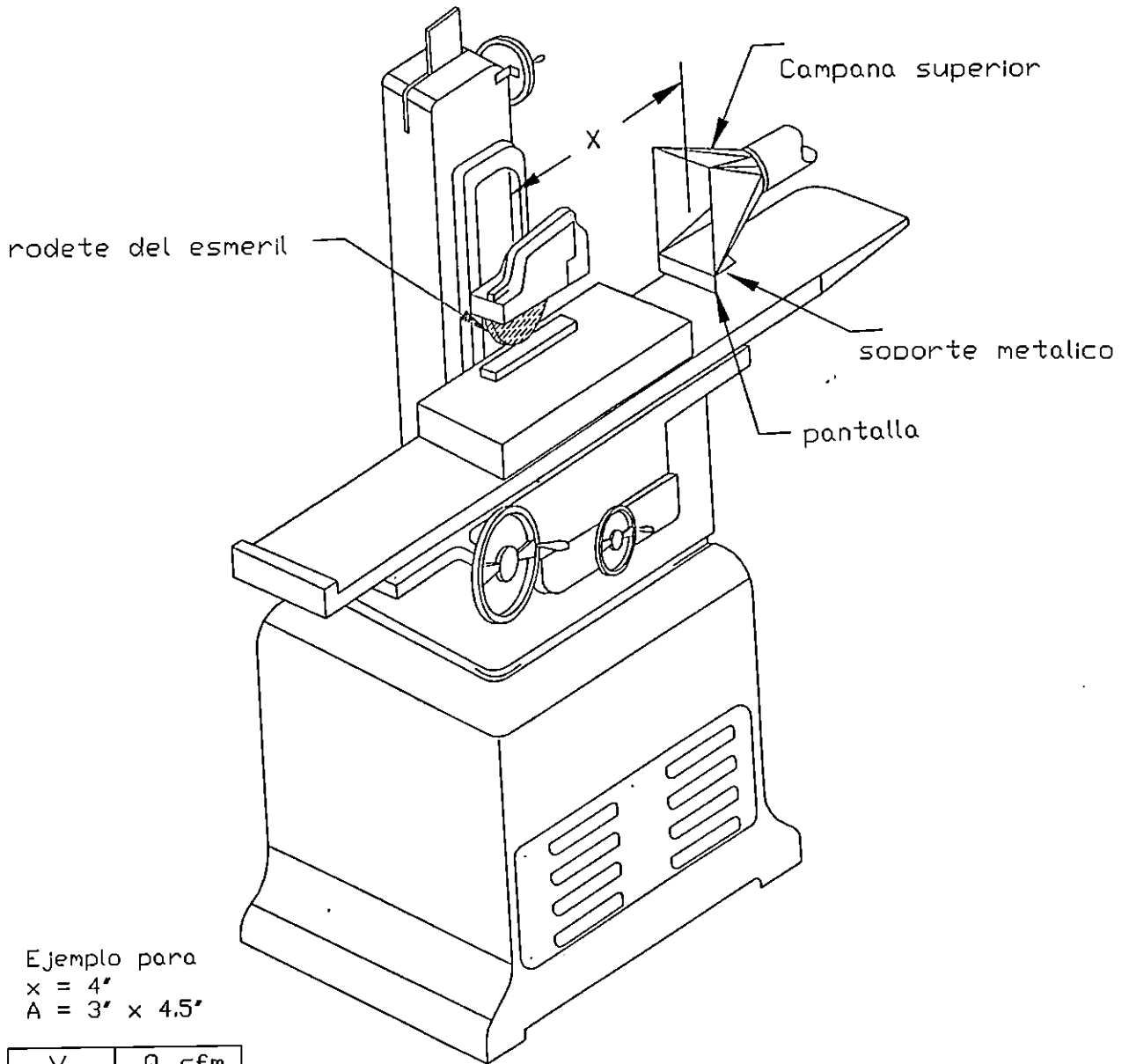
\* Campana especial y descanso de la herramienta, tal y como se muestra.  
 No mas del 25 % del esmeril expuesto.  
 Velocidad minima en el ducto = 4000 p/min

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL DON BOSCO

CAMPANA PARA ESMERIL CON VELOCIDADES DE SUPERFICIE BAJO 6,500 P/MIN

FECHA: 150993

FIGURA C-20



Ejemplo para  
 $x = 4'$   
 $A = 3' \times 4.5'$

$V_s$	$Q$ , cfm
1000	52
2000	100
3000	160
4000	210
5000	260
6000	310
7000	360
8000	420
9000	470
10000	520

$$Q = 0.043 V (10 X + A)$$

Velocidad minima en el ducto = 3500 p/min

$X$  = distancia de la superficie de la campana al centro del esmeril, p

$A$  = Area de la superficie de la campana, p<sup>2</sup>

$V_s$  = Velocidad del esmeril, superficie pie por minuto =  $(D/12) R$

$D$  = diametro en pulgadas

$R$  = rpm del rodete del esmeril

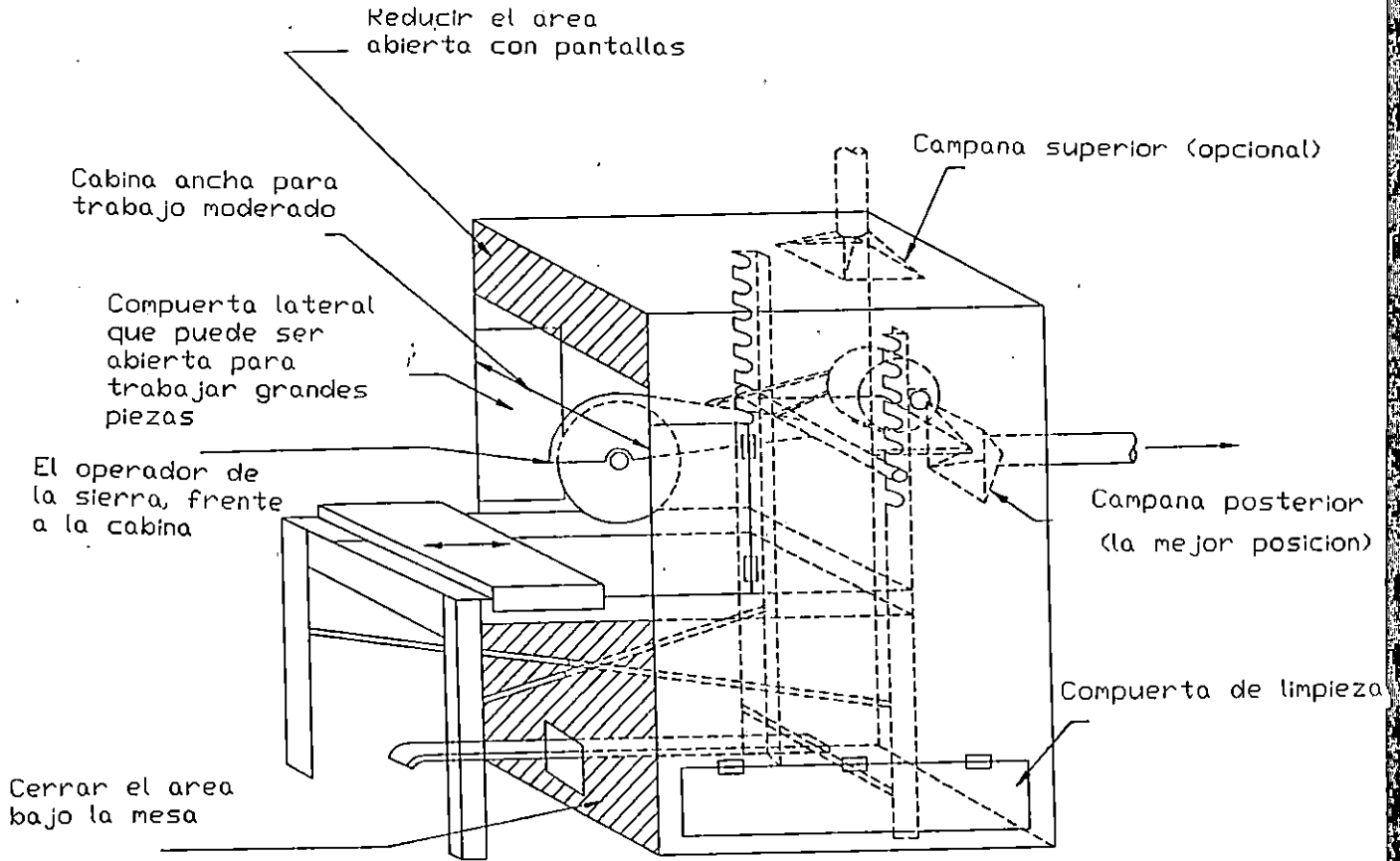
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

SUPERFICIE  
 ESMERILADA

FECHA: 150993

FIGURA C-21



$Q = 250 \text{ cfm/p del area de la superficie abierta}$   
 Velocidad minima en el ducto =  $4000 \text{ p/min}$

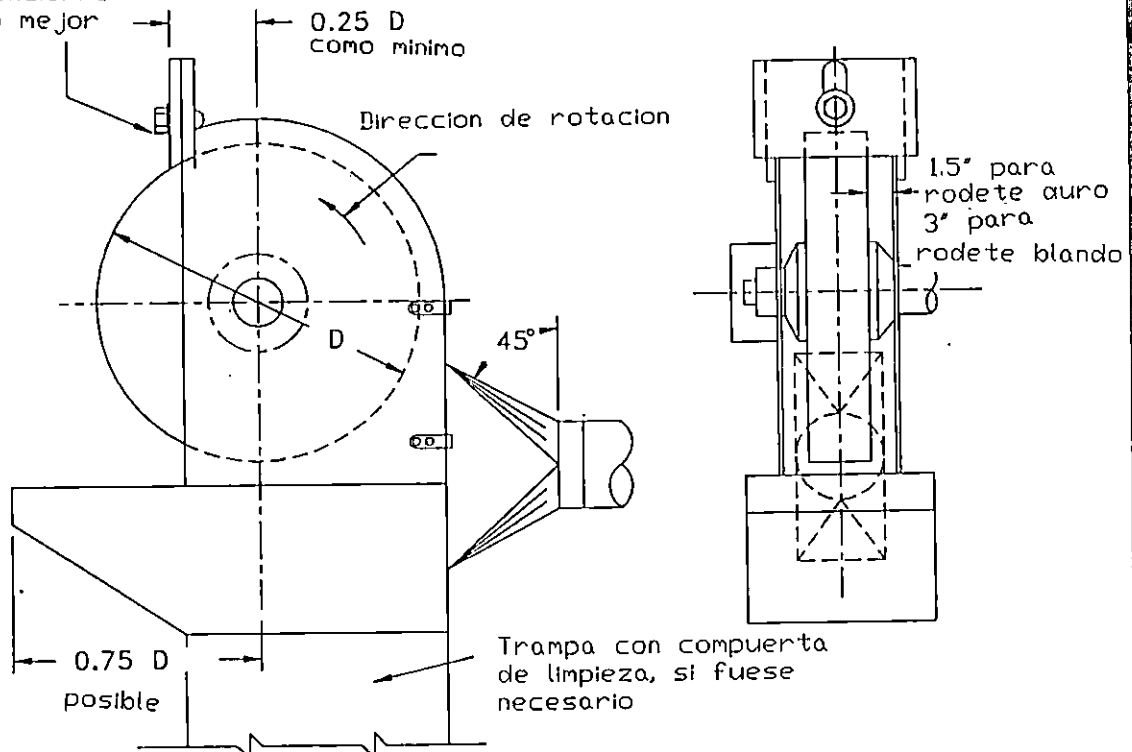
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

SIERRA DE CORTE  
 MATERIALES ABRASIVOS

FECHA: 150993

FIGURA C-22

Soporte ajustable  
cuidar que encierre  
al rodete lo mejor  
posible



Velocidad minima del ducto = 3500 p/min  
4500 p/min, si el material esta humedo o pegajoso

Diametro/rodete pulgadas	Ancho/rodete pulgadas	Rango de Caudal cfm	
		Encierro total *	Encierro parcial
Hasta 9	2	300	400
de 9 a 16	3	500	610
de 16 a 19	4	610	740
de 19 a 24	5	740	1200
de 24 a 30	6	1040	1500
de 30 a 36	6	1200	2000

\* No exceder del 25% de la campana expuesta

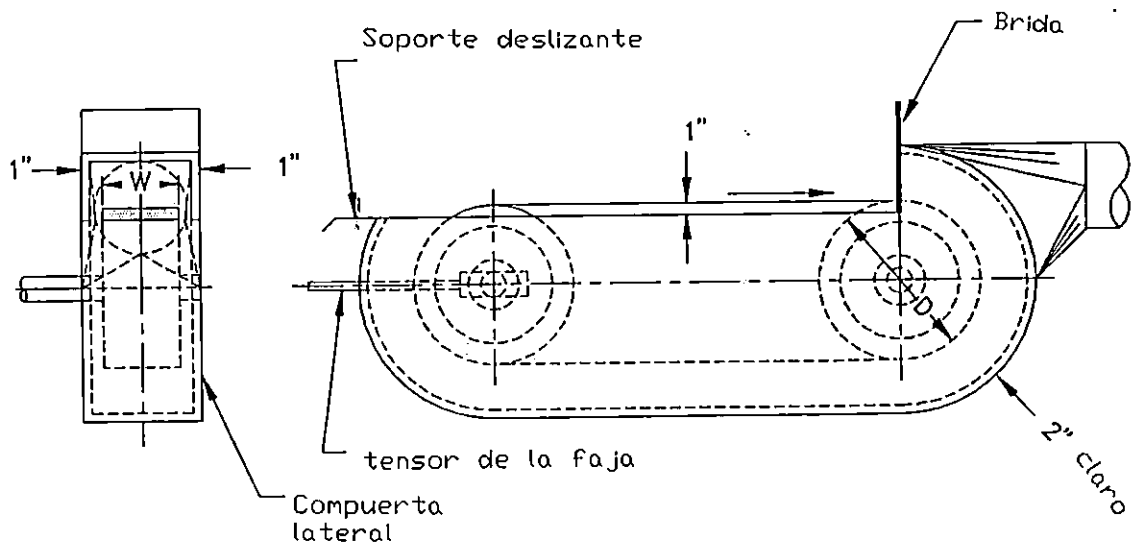
Cuidado: la extracción para materiales ferrosos y no ferrosos, cambia

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

PULIDO Y LUSTRADO  
MANUAL

FECHA: 150993

FIGURA C-23



Ancho de la faja pulgadas	Rango de caudal cfm
Hasta de 3	220
de 3 a 5	300
de 5 a 7	390
de 7 a 9	500
de 9 a 11	610
de 11 a 13	740

Velocidad minima en el ducto = 3500 p/min,  
4500 p/min si el material esta humedo o pegajoso

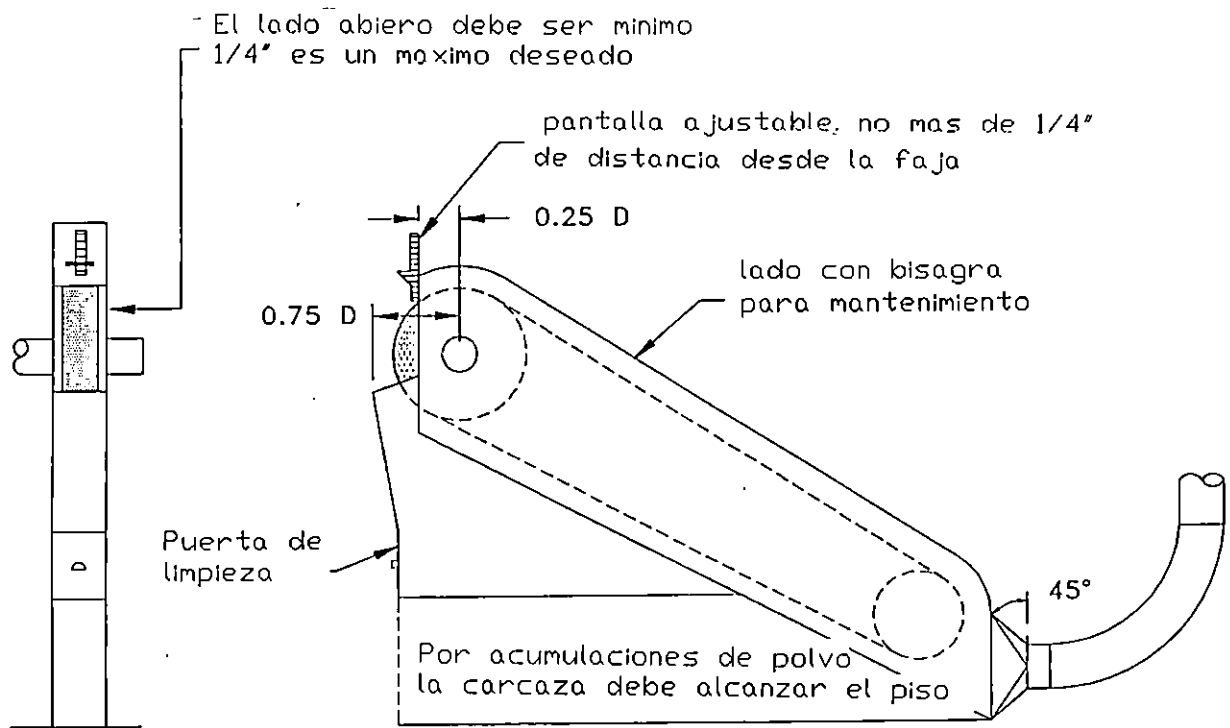
Cuidado: la extraccion para materiales ferrosos y no ferrosos, cambia

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

PULIDORA DE METALES  
DE BANDA

FECHA: 150993

FIGURA C-24



ANCHO/BANDA PULGADAS	RANGO DE FLUJO DE EXTRACCION (cfm)	
	Buen encierro *	Encerrado
1 1/2	220	300
2	390	610
3	500	740
4	610	880
5	880	1200
6	1200	1570

\* La campana se muestra, no más del 25% del rodete expuesto  
 Velocidad mínima en el ducto = 3500 p/min,  
 4500 p/min si está húmedo o pegajoso

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

MAQUINA DESBASTADORA  
 CON SOPORTE DE DESCANSO

FECHA: 150993

FIGURA C-25

Pantallas de ventilacion  
de aire interno

Al sistema de Extraccion

Ventanilla

Puerta con  
filtro de polvo

Guantes plasticos  
para trabajos en  
la cabina

Retorno de material  
en reciclaje

NOTAS:

20 cambios/min

Velocidades menores de 500 fpm en las aberturas

Velocidad minima en el ducto 4000 p/min

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

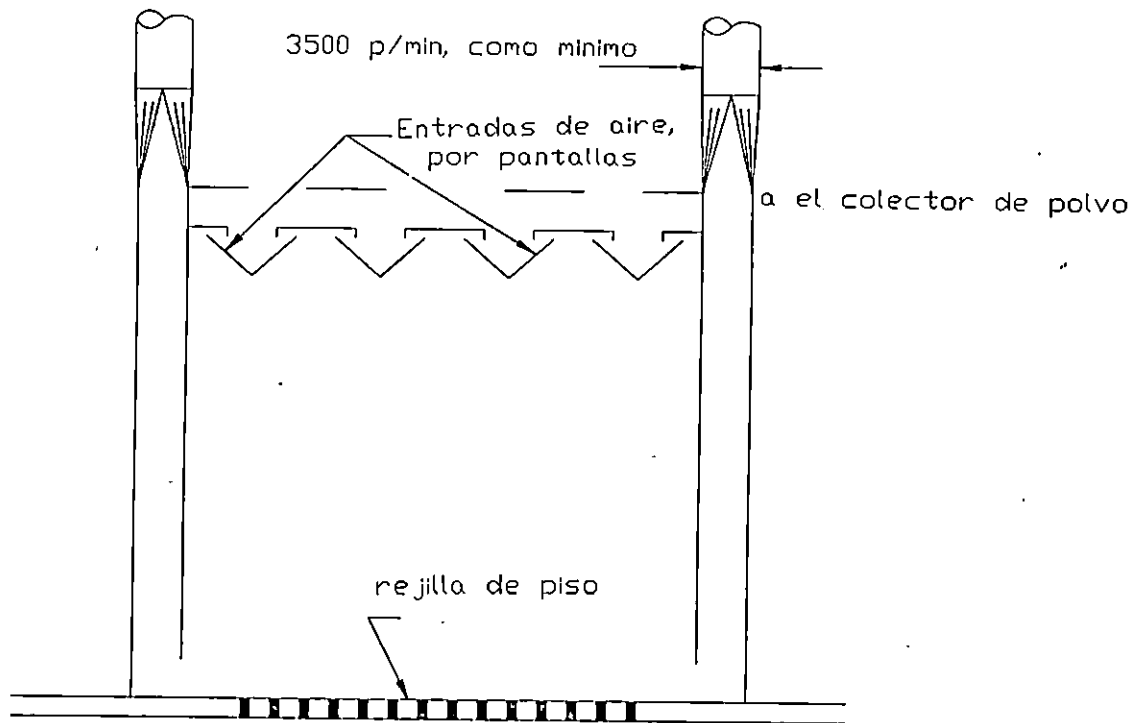
DON BOSCO

CABINA PARA POLVOS  
ABRASIVOS

FECHA: 150993

FIGURA C-26





SECCION TIPICA  
A TRAVES DEL CUARTO

$Q = 60 - 100 \text{ cfm/p}^2$  para corrientes de piso, siendo tipicamente escogido  $80 \text{ cfm/p}^2$   
 $Q = 100 \text{ cfm/p}^2$  para corrientes o traves de paredes

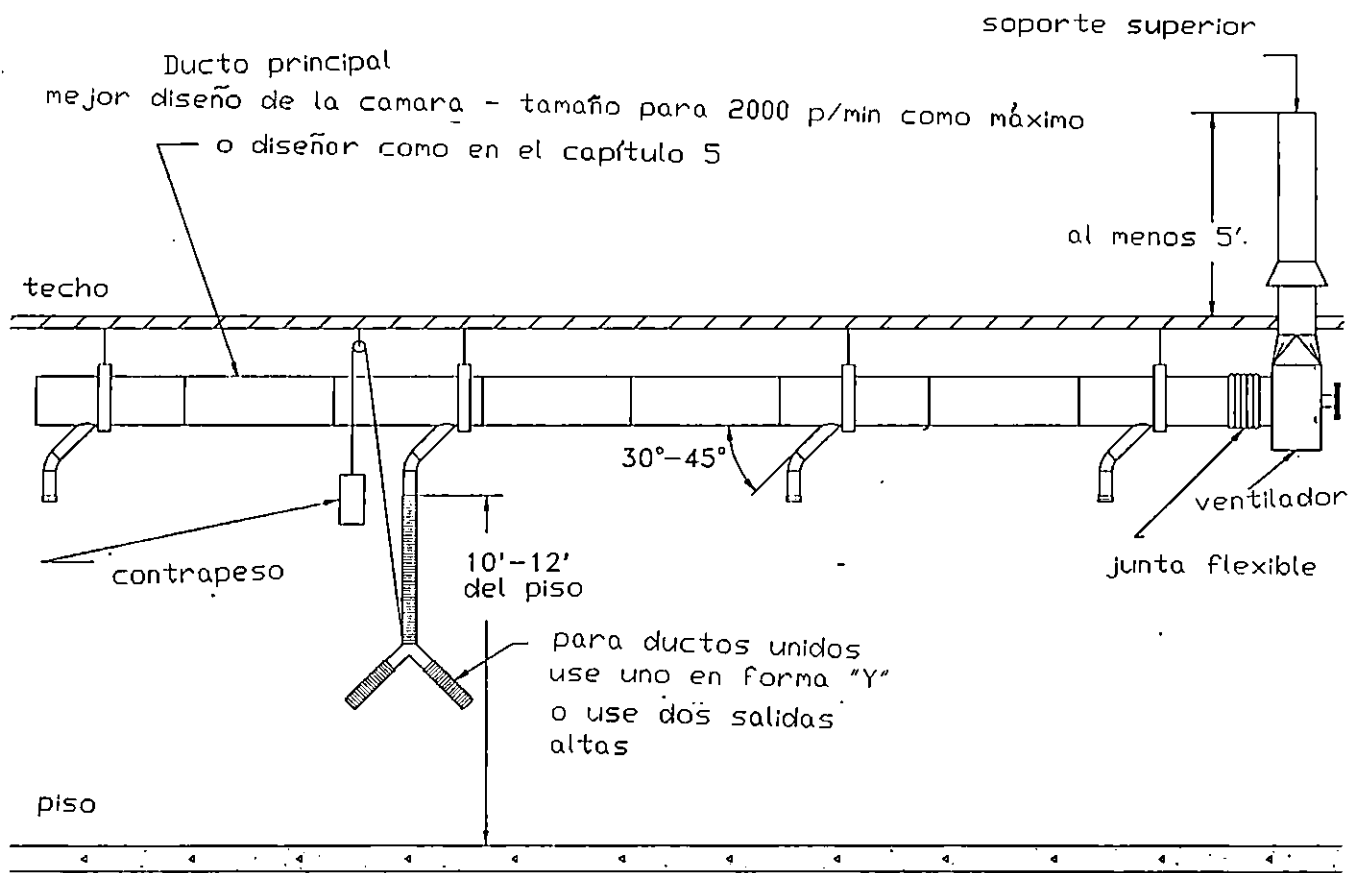
El control de velocidades bajas debe ser usado dependiendo de la toxicidad del contaminante, el objeto abrasivo, y el tamaño del cuarto abrasivo.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
DON BOSCO

CUARTO PARA POLVOS  
ABRASIVOS

FECHA: 150993

FIGURA C-27



Motor del vehiculo (Hp)	cfm/vehiculo	Diametro del ducto flexible	Ramal de coneccion
hasta 200	100	3"	4"
sobre 200	200	4"	4"

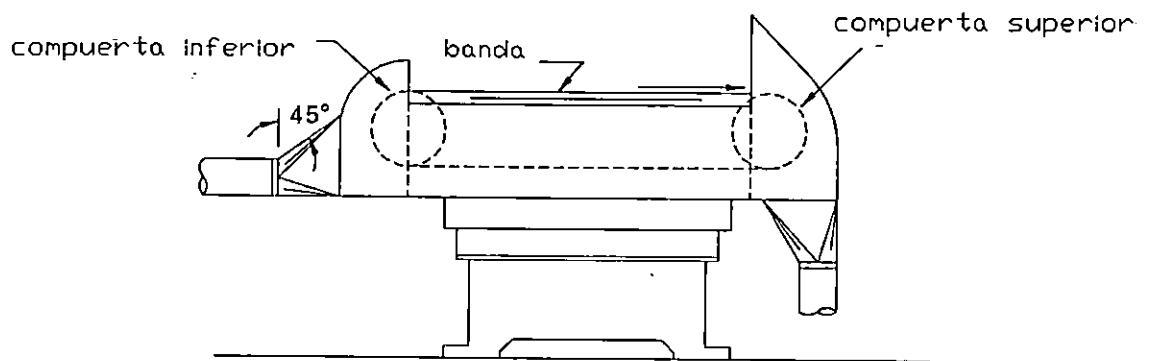
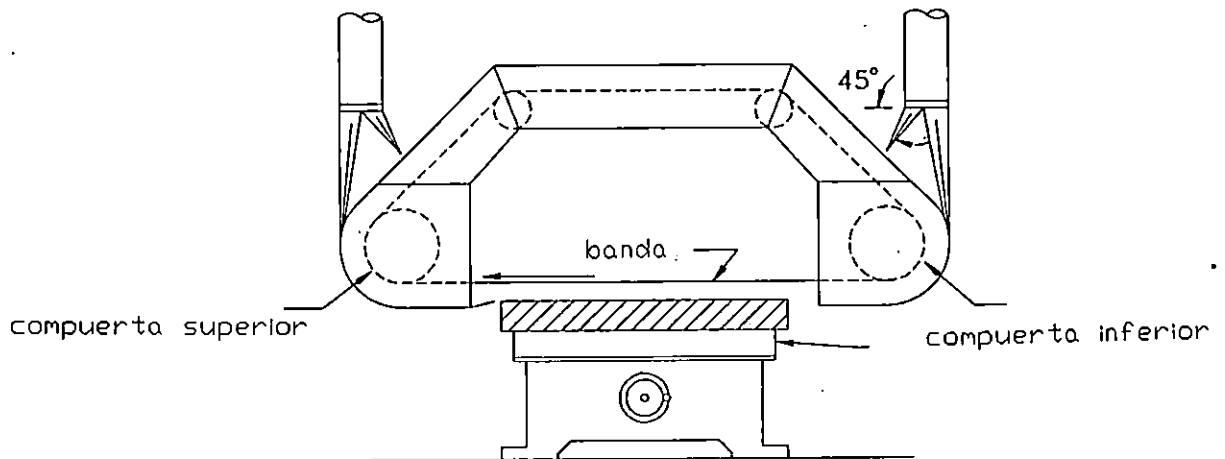
En pruebas con dinamometros  
 Automoviles y camiones ligeros = 350 cfm  
 Camiones pesados = 1200 cfm como minimo

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
 VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL  
 DON BOSCO

VENTILACION EN LO ALTO  
 PARA ESTACIONAMIENTOS

FECHA: 150993

FIGURA C-28



LIJA DE BANDA HORIZONTAL

ANCHO/BANDA PULGADAS	RANGO DE FLUJO DE EXTRACCION (cfm)		
	compuerta superior	compuerta inferior	total
hasta 6	440	350	790
de 6 a 9	550	350	900
de 9 a 14	800	440	1200
arriba de 14	1100	550	1700

Velocidad minima en el ducto = 3500 p/min,

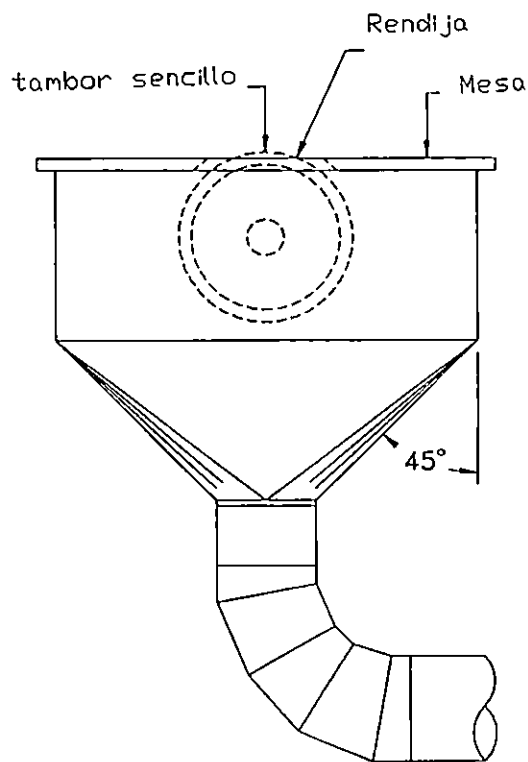
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

LIJA DE BANDA  
HORIZONTAL

FECHA: 150993

FIGURA C-31



Superficie de tambor pulg <sup>2</sup>	Rango de flujo de extraccion cfm
sobre 200 (y menores de 10" de diametro)	350
de 200 a 400	550
de 400 a 700	790
de 700 a 1400	1100
de 1400 a 2400	1400

Velocidad minima del ducto = 3500 fpm

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
VENTILACION PARA EL POLIGONO INDUSTRIAL

DON BOSCO

LIJA DE  
TAMBOR SENCILLO

FECHA: 150993

FIGURA C-32