

13
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



U. N. A. M.

**SISTEMA DE COLECCION DE POLVOS APLICABLE
A (3) MAQUINAS LIJADORAS DE BANDA
PARA PASTAS DE CLUTCH.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

IVAN JHOEL ONTIVEROS MAZUN

Asesor de Tesis: I. Q. Ariel Samuel Bautista Salgado

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México 1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADEMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N:

Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
Sistema de Colección de Polvos, aplicable a (3) máquinas lijadoras de banda para pastas de clutch.

que presenta el pasante: Iván Jhoel Ontiveros Mazón
con número de cuenta: 8406950-4 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de Octubre de 1993

PRESIDENTE I.Q. Ariel Bautista Salgado

VOCAL I.Q. Elino Pastor Rivera Martínez

SECRETARIO M. en C. Ricardo P. Hernández García

PRIMER SUPLENTE I.Q. Gilberto Attilano Amaya Ventura

SEGUNDO SUPLENTE I.Q. Mg. Elena Gómez Marfán

AGRADECIMIENTOS.

- A mis Padres:

Por que a ellos debo el saber sobreponerme a los problemas y adversidades.

- A Luisa Peña:

Por que SIEMPRE estuvo ahí para apoyarme incondicionalmente en todo.

- A los Cóndores:

Por ser el máximo ganador de campeonatos de Foot-ball en México.

- A los Thundercats:

Por tener excelentes amigos e integrantes.

- Al Ing. Ariel Bautista S.:

Por ser parte integral de la 14ava. generación de Ingeniería Química de la FES-C.

Y a todas aquellas personas que bien o mal tuvieron algo que ver conmigo.

INDICE.

Generalidades	1
I.- Introducción	3
II.- Generalidades sobre Ventilación Industrial	5
2.1 Seguridad y Salud en el área de trabajo	5
2.2 Responsabilidad	9
2.3 Estrategia para el Control de Contaminantes	12
2.3.1 Controles Administrativos	14
2.3.2 Controles Ingenieriles	17
2.3.3 Instrumentos de protección Personal	19
2.4 Componentes de los sistemas de Ventilación Industrial	22
2.5 Deficiencias del Conocimiento actual	24
2.6 Corrientes Espurias de Aire	27
2.7 Selección de un sistema de Ventilación	28
III.- Descripción de Equipos	31
IV. - Especificaciones de Diseño	46
V.- Procesamiento de Datos	52
VI.- Conclusiones	66
VII.- Bibliografía	67
Apéndices.	68

GENERALIDADES.

a) Objetivo

Establecer los requerimientos necesarios para el diseño, fabricación e instalación de un sistema de colección de polvos aplicable a (3) máquinas lijadoras de banda para el rectificado de discos de clutch.

Bajo este principio se determina la necesidad de realizar un estudio ingenieril para evaluar la cantidad y el tipo de contaminantes emitidos al área de trabajo en condiciones normales de operación. Así mismo, indicar las características principales de los equipos y accesorios del sistema de colección.

b) Alcance

El alcance total del presente estudio cubre los siguientes rubros:

1.- Generalidades sobre Ventilación Industrial: En esta etapa se establecerán los puntos básicos de porqué es necesario un sistema de ventilación industrial, y las diferentes consideraciones que deben tomarse en cuenta para desarrollarlo satisfactoriamente.

2.- Descripción de Equipos: Descripción de los equipos y accesorios utilizados en este sistema de ventilación industrial haciendo referencia a Planos de Arreglo General y Detalle en Máquinas Lijadoras.

3.- Especificaciones de Diseño: En este punto se establecerán las condiciones de diseño, materiales a utilizar, levantamiento físico con resultado granulométrico del material a coleccionar, además, se indicarán las especificaciones generales de los principales equipos.

4.- Procesamiento de Datos: Se desarrollará la memoria de cálculo, donde se obtendrán los volúmenes de aire, caídas de presión, diámetro de ductos, selección de equipos y potencia requerida del motor. Así mismo, se dan algunas recomendaciones para el buen funcionamiento y operación de los equipos.

5.- Dibujos del Sistema: Se elaborarán (1) dibujo del arreglo general donde se muestra la información suficiente para la fabricación e instalación del sistema de colección, además, (1) dibujo de detalles de conexión de campanas en las máquinas lijadoras.

I. INTRODUCCION.

La ventilación industrial es el campo donde se aplica la ciencia concierne al control de los contaminantes en el aire para producir condiciones saludables para los trabajadores y un ambiente limpio para la manufactura de productos. Asegurar que la ventilación industrial evitará la entrada de contaminantes en el área de trabajo es ingenuo e inalcanzable. De esta forma, de los puntos a lograr, está la meta de controlar la exposición a los contaminantes con límites preestablecidos. Para completar esta meta debemos ser capaces de describir el movimiento de partículas y gases contaminantes en términos cuantitativos para ser tomados en cuenta. A continuación, se señalan los puntos a considerar:

- a) El espacio y la relación a la cual son generados los contaminantes.
- b) La velocidad de aire en el área de trabajo.
- c) La relación de espacio entre fuente generadora, trabajadores y aberturas a través de las cuales el aire es retirado o introducido.
- d) Límites de exposición (relaciones tiempo-concentración) que define condiciones insalubres.

Uno de los métodos más eficaces utilizados en la industria para la mayor eliminación posible de la generación de contaminantes en el aire, son los sistemas de colección de polvos.

El diseño de éstos dependerá de las necesidades y forma de trabajo tanto de máquinas como de operarios, aunado a esto los requerimientos establecidos por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y Secretaría de Trabajo son los

puntos básicos con los cuales debe cumplir el sistema de colección de polvos.

Desafortunadamente el usuario se ve envuelto en la mayoría de los casos, en conflictos debido a la falta de comunicación de estas dos dependencias gubernamentales.

El diseño de sistemas de ventilación industrial requiere la toma de decisiones en diferentes etapas:

- (1) Identificar los contaminantes y entender su efecto sobre la salud.
- (2) Elegir los límites de exposición máximos para ser utilizados como criterio de diseño y estándares para juzgar el desarrollo de los sistemas.
- (3) Diseño de "campana" y seleccionar la razón de flujo volumétrico del aire de descarga, recirculación de aire, y reposición de aire.
- (4) Diseño del sistema de ductos, selección del ventilador, y tabular el costo de operación.
- (5) Seleccionar el equipo limpiador de gas para remover los contaminantes antes de descargar al ambiente o recircular al área de trabajo.
- (6) Llevar a cabo experimentos de laboratorio de los sistemas de ventilación, probar el sistema completo en campo, y muestrear el aire en las cercanías de la fuente generadora y el trabajador para asegurarse de que es satisfactorio.

II. GENERALIDADES SOBRE VENTILACION INDUSTRIAL.

2.1. SEGURIDAD Y SALUD EN EL AREA DE TRABAJO.

Los riesgos de trabajo siempre han sido asociados con la industria, y como la industria creció durante el siglo XIX también crecieron con ella las enfermedades y accidentes relacionados con la actividad industrial. Al final del siglo XIX y principios del actual, la comprensión o entendimiento de las enfermedades y accidentes laborales incremento también dirigiéndonos a esfuerzos administrativos y tecnológicos para reducir el número de accidentes y enfermedades por cada 100,000 trabajadores. La relación entre ocupación y accidente es inmediata y el reconocimiento de riesgo es obvio. La relación entre ocupación y enfermedad es retardada o lenta, y se complica por medio de fuentes de enfermedades no ocupacionales lo que la hace más difícil de documentar.

Para apreciar el riesgo asociado con esfuerzos humanos, Starr [6] sugirió que era útil categorizar riesgos como voluntario e involuntario. Los *riesgos Voluntarios* son los generados por los individuos por su propia voluntad. Ejemplos de estos son los riesgos asociados con deportes recreacionales y vuelo de aviones particulares. Los *riesgos Involuntarios* son los impuestos a los individuos debido a circunstancias más allá de su control. Ejemplo incluyen riesgos asociados al usar elevadores en edificios altos y aviones comerciales. El tema se vuelve difícil cuando se discute sobre el uso de automóviles particulares debido a que los individuos voluntariamente manejan sus propios automóviles pero existe el riesgo de accidentes causados por otros.

La Fig. (1) muestra variación en los riesgos voluntario e involuntario con el beneficio de personas que se dan cuenta de las fuentes de riesgo. Por primera aproximación el riesgo es tabulado como probabilidad estadística de fatalidad por hora de exposición asociada con la actividad. El beneficio otorgado por cada actividad fue convertido a dólares equivalente como una medida del valor integrado a cada individuo. Para las actividades voluntarias la cantidad de dinero gastado en cada actividad por el promedio individual se consideró ser proporcional a su beneficio. En el caso de actividades involuntarias, la contribución de la actividad al ingreso anual del individuo fue considerado ser proporcional a su beneficio. Mientras las aproximaciones utilizadas por Starr son superficiales, parece ser que la gran diferencia entre riesgos voluntario e involuntario sugieren que los individuos aceptan mayores riesgos en actividades voluntarias pero esperan riesgos menores en actividades involuntarias. Los riesgos asociados con la mayoría de los empleos se consideran involuntarios y el público espera que estos riesgos no sean mayores que aquellos eventos de ocurrencia natural.

Los riesgos para el personal de mantenimiento son particularmente altos. Mientras se adoptan procedimientos seguros para los mantenimientos programados, los operadores realizan reparaciones de emergencia frecuentes después de paros inesperados en líneas o fallas en equipos. Para lograr estas reparaciones, los controles de seguridad y procedimientos establecidos son algunas veces ignorados. Los operarios se encuentran bajo altos riesgos, a menos que se tomen alternativas de seguridad con mecanismos similares. Debido

a las condiciones adversas bajo las cuales estas reparaciones deben llevarse a cabo y la presión de los supervisores para reanudar producción, es frecuente que ocurran errores involuntarios.

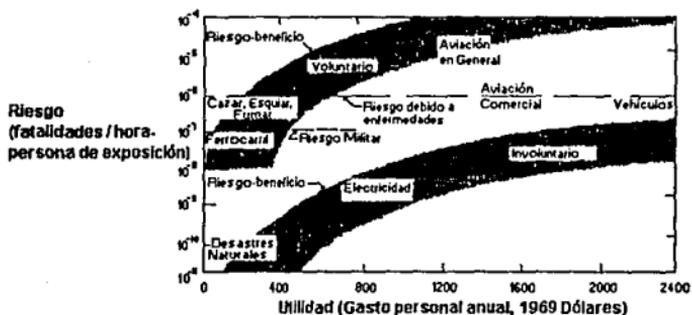


Fig. 1 Riesgo contra utilidad para varios tipos de actividades voluntarias e involuntarias.

Las enfermedades y accidentes ocupacionales pueden ser listadas en orden de importancia como sigue:

- (1) Enfermedad pulmonar (cáncer pulmonar, pneumoconiosis, y asma).
- (2) Accidentes musculares (desviación de la columna, artritis, y síndrome de túnel del carpo).

- (3) Cánceres en general (diferentes a cáncer pulmonar).
- (4) Muertes traumáticas, amputaciones, fracturas y pérdidas de ojo.
- (5) Enfermedades cardiovasculares (infarto cardiaco, hipertensión, choque).
- (6) Esterilidad.
- (7) Enfermedades neurotóxicas.
- (8) Pérdida del oído.
- (9) Problemas dermatológicos (dermatosis, quemaduras, contusiones y laceraciones).
- (10) Desordenes psicológicos.

La enfermedad laboral es difícil de definir debido a tres razones. Primero, muchas enfermedades laborales son indistinguibles de enfermedades no laborales. Segundo, no siempre es reconocido la relación entre enfermedad y ambiente laboral. Por último, muchas enfermedades tienen largos períodos latentes y ocurren después de que ha cesado la exposición laboral o que el trabajador ha cambiado de empleo o se ha retirado. La última razón es el factor de mayor problema para inhibir la tasa de riesgo real. Enfermedades serias tales como problemas respiratorios o neurológicos y cánceres no son generalmente considerados en enfermedades de trabajo.

La información sobre enfermedades laborales nubla el importante hecho de que estas enfermedades son prevenibles, que los trabajadores en algunas industrias tienen riesgos desproporcionados y que una vez que se ha identificado una enfermedad laboral deben ser adoptados controles para reducir riesgos. Los tres pasos siguientes proveen un mejoramiento en la salud en el área de trabajo y

procedimientos de seguridad:

- (1) Identificar el accidente y los agentes causantes.
- (2) Seleccionar estrategias preventivas.
- (3) Decidir prevenir accidentes.

Los pasos 1 y 2 son técnicos y requieren especialistas. El paso 3 es administrativo e involucra gerentes, empleados y oficiales elegidos. Dependiendo de la severidad de los accidentes, este paso puede ser realizado antes de los accidentes, de esta forma, son identificados en su totalidad y se desarrollan controles preventivos.

La presencia de sustancias tóxicas en el aire del área de trabajo es uno de los muchos peligros a los cuales están expuestos los trabajadores. Es uno de los peligros más dañinos debido a que afecta a los trabajadores en trabajos aparentemente no riesgosos por el simple hecho de estar en las proximidades a la fuente de contaminación. A diferencia de la contaminación de freático con sus largos períodos de limpieza, los contaminantes del aire pueden ser removidos casi inmediatamente con la sencilla eliminación de su fuente generadora.

2.2. RESPONSABILIDAD.

En la sección previa el riesgo se discutió en términos de accidentes a individuos. Los ingenieros deben estar prevenidos de otro tipo de riesgo en los cuales incurren al diseñar productos cuyo cumplimiento o falta del mismo puede causar accidentes a otros. En el caso de tales accidentes, el ingeniero debe ser responsable, esto es, legalmente ligado a recibir buenas pérdidas o daños por el

otro partido. Los ingenieros deberían estar enterados de dos tipos de responsabilidad *negligencia* y *estricta responsabilidad*.

Literalmente hablando, *negligencia* es el descuido al utilizar una cantidad razonable de cuidado cuando resulta en accidente o daño a otro. La negligencia estándar se concentra en si el ingeniero fue cuidadoso, prudentemente entrenado y propiamente supervisado. La ley común de la negligencia existe si el demandante puede probar "la violación del estatuto el cual pretende proteger a la clase de personas a la cual pertenece el demandante en contra del daño en el tipo de riesgo que fue sucitado". La responsabilidad debida a la negligencia requiere que el demandante demuestre que existe relación entre la violación y el accidente.

Estricta responsabilidad es una frase del campo de la seguridad del producto de consumo y se refiere a la responsabilidad de vendedores por daños producidos por productos vendidos por ellos que contienen *defectos de diseño*.

Cualquiera que venda un producto en condiciones defectuosas que sea razonablemente peligroso para usuarios o consumidores o su propiedad es sujeto de responsabilidad por daños físicos provocados al último usuario o consumidor o su propiedad si

- (a) el vendedor está comprometido en el negocio a vender tales productos, y
- (b) se espera que el producto alcance al usuario o consumidor sin cambio substancial bajo las condiciones en las cuales fue vendido.

La estricta responsabilidad aplica si:

- (a) el vendedor ha ejercido todos los cuidados posibles en la preparación y venta del producto, y/o

(b) el usuario ó consumidor no ha comprado el producto a partir de una relación contractual con el vendedor.

La principal consecuencia bajo la cual la estricta responsabilidad se lleva a cabo es ya sea, si existe o no un efecto, directo o indirecto. Puede ser establecido que si un defecto existe, el fabricante generalmente tiene responsabilidad civil. Un demandante necesita únicamente una prueba de las siguientes:

(a) el producto fue defectuoso.

(b) el defecto se presentó cuando el producto cambio de dueño.

(c) el defecto dio origen a un accidente.

Los fabricantes deben conocer todos los requerimientos, estándares, y códigos que han sido impuestos por estatutos, caracterizados por las agencias gubernamentales, y publicados por asociaciones técnicas e industriales. Los estándares que proporcionan la información necesaria deben suponerse de ser una guía de referencia, desafortunadamente, éstos algunas veces son contradictorios, omiten detalles específicos, y pueden ser tan sencillos como para denominárseles inútiles. Individuos responsables no diseñan productos que son intencionalmente defectuosos, pero son directamente responsables por técnicas inadecuadas de las cuales no están concientes, pero las cuales son conocidas por expertos en la rama, si tales deficiencias causan daños a personas o propiedades y pueden ser evitadas.

2.3. ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE CONTAMINANTES.

Definiremos *contaminantes* como los materiales en el aire que son dañinos para la salud humana. Este material puede ser gas o vapor, o puede ser una suspensión de partículas sólidas o líquidas. Gases o vapores, o mezclas de ambos, serán denominados como gas debido a que su ecuación de estado puede ser descrita por medio de la ecuación del gas ideal con aceptable veracidad. Las partículas en la atmósfera son subdivididas en diferentes categorías. Es importante entender estas categorías y recordar sus nombres.

Un *aerosol* consiste de partículas en el aire que se mantienen en suspensión por un tiempo considerablemente largo.

Un *aglomerado* es un conjunto de pequeñas partículas las cuales captan otras partículas más pequeñas.

Partículas gruesas son aquellas caracterizadas por tamaños mayores a 2 μm .

Polvo es una suspensión de partículas sólidas formadas por medio de procesos de reducción de tamaño las cuales están caracterizadas por tamaños generalmente mayores a 1 μm .

Fibras son partículas en el aire las cuales tienen una relaciones ancho/largo ó largo/ancho de 10 o más.

Partículas finas son aquellas caracterizadas con tamaños menores a 2 μm .

Niebla es un aerosol de partículas líquidas que van desde 1 a 100 μm de diámetro.

Humo es una suspensión de partículas sólidas sublimadas a partir de vapores generados por medio de procesos exotérmicos; las partículas son generalmente menores a 1 μm en diámetro.

Partículas inhalables son definidas por la Agencia de Protección Ambiental (APA) como aquellas caracterizadas por tamaños menores a 10 μm .

Partículas inspirables son definidas por la Conferencia Americana de Gobierno e Industria de la Higiene (CAGIH) como aquellas que son dañinas cuando se depositan en cualquier parte entre los bronquios y la región de intercambio de gas.

Neblina es un aerosol de partículas líquidas generalmente entre 10 y 100 μm .

Núcleos son conjunto de partículas que actúan por la condensación de vapor.

Partículas primarias son mayores de 1 μm y son emitidas directamente a la atmósfera por el hombre en forma de sólidos y vapores que condensan.

Lluvia son gotas de agua caracterizada por diámetros mayores a 1000 μm .

Partículas respirables son definidas por CAGIH como aquellas que son dañinas y pueden ser transportadas hacia la región de intercambio de gas en el pulmón. En la práctica general, partículas respirables son aquellas caracterizadas por tamaños menores a 2 μm .

Partículas secundarias empiezan como núcleos de corta vida (partículas menores a 0.1 μm) que crecen por medio de procesos de aglomeración y coagulación.

Smog es un aerosol producido por medio de reacciones atmosféricas fotoquímicas.

Humo es un aerosol asociado con la combustión compuesto de partículas sólidas o líquidas generalmente menores a 1 μm de diámetro.

Spray es un aerosol de partículas líquidas mayores a 100 μm .

Submicrón son partículas las cuales se caracterizan por tamaños menores a 1 μm .

Existen varias maneras para evitar que tóxicos químicos o biológicos contaminen el aire en el área de trabajo. En muchos casos puede no ser necesario instalar un sistema de ventilación industrial. Es útil agrupar estos métodos en tres categorías principales, cada uno de los cuales puede ser subdividido.

- (1) Controles administrativos
- (2) Controles ingenieriles
- (3) Accesorios de protección personal

2.3.1 Controles Administrativos.

(1a) Prácticas Laborales

Son las decisiones tomadas por Gerencia para especificar el uso de ciertas herramientas y procedimientos. Tal es el caso de equipo eléctrico de alto voltaje, en donde se debe tener el material y/o herramientas básicas necesarias para poder llevar a cabo una práctica de este tipo o en caso necesario el mantenimiento o reparación de emergencia; la limpieza de sitios de desperdicios tóxicos, manejo de materiales radioactivos.

(1b) Sistema de etiquetado y prevención

Se describen instrucciones directamente a los contenedores de los productos indicando sus toxicidades y métodos para ser utilizados. Algunos ejemplos incluyen etiquetas en contenedores y hojas de datos técnicos del manejo del material.

(1c) Educación

Involucra la información acerca de los peligros asociados con un producto o proceso que pueden no ser inmediatamente notorio y el cual requiere cierto grado de instrucción. Un ejemplo es el entrenamiento y certificación de trabajadores los cuales utilizan determinados químicos agrícolas y donde es indispensable la capacitación del personal sobre la forma de trabajo de estas sustancias; así como llevar a cabo simulacros para actuar en emergencias.

(1d) Prácticas de disposición de desperdicios

Son procedimientos para ser seguidos en el manejo de materiales peligrosos evitando que entren en áreas de trabajo o contaminando el aseo de los trabajadores.

(1e) Monitoreo ambiental

Involucra el análisis de muestras de aire tomadas en el área de trabajo para asegurar que la concentración de ciertos componentes se encuentra en estándares aceptables. El monitoreo nos predispone a anticipar peligros y previene daños a la salud. Un ejemplo es el monitoreo de la concentración de partículas de plomo en el aire en plantas que funden vidrio.

(1f) *Asignación de horario*

Es la regulación de tiempo a la cual un trabajador está expuesto en condiciones de alto riesgo, de esta forma el tiempo promedio de exposición se encuentra en límites aceptables. Ejemplos de esta práctica se lleva a cabo en las industrias de vidrio y metal donde los trabajadores rotan entre lugares de alta y moderada temperatura durante la jornada de trabajo.

(1g) *Vigilancia Médica*

Involucra monitoreo y el chequeo rutinario de los trabajadores con el propósito de detectar síntomas médicos no saludables o hipersensitividad. Un ejemplo es el monitoreo de plomo en la sangre de los trabajadores empleados en la manufactura de fundición de vidrio.

(1h) *Aseo*

Involucra un arreglo de procedimientos obvios de limpieza y recolección. Por ejemplo, remover recipientes vacíos del área de trabajo para evitar que los vapores contaminen dicha área.

(1i) *Eliminación de polvo*

Involucra prácticas para minimizar el polvo generado en almacenes, bolsas de desechos. Ejemplos involucran el uso de agentes húmedos, rompevientos o encierros.

(1j) *Mantenimiento*

Es la inspección programada, reparación y reemplazo de componentes de un proceso para evitar fallas que puedan resultar como emisores de contaminantes.

(1k) Saneación

Es la aplicación de prácticas de higiene para reducir la oportunidad de inhalación o ingestión de materiales peligrosos. La saneación involucra desalojar ropa de trabajo antes de entrar a áreas alimenticias.

(1m) Gerencia General

Se refiere a la existencia de estructuras organizacionables que conceden a ciertos individuos la autoridad para realizar cambios. Este departamento es el encargado de elaborar junto con los delegados de área los controles, capacitación sobre riesgos y manejo de materiales peligrosos.

2.3.2 Controles Ingenieriles

(2a) Eliminación

Es la total remoción de la fuente de contaminación. Por ejemplo, reemplazar bases solventes con bases acuosas para eliminar la emisión de hidrocarburos en el secado final.

(2b) Sustitución

Es el reemplazo de una sustancia tóxica por una sustancia de menor toxicidad. Por ejemplo, reemplazar benceno por tolueno, reemplazar fibra de asbesto por fibra de vidrio.

(2c) Separo

Requiere colocar una cubierta impermeable sobre una fuente de contaminación o colocar materiales en un lugar apartado en la planta. Por ejemplo, instalar cuartos de limpieza para operaciones que requieran un ambiente

extremadamente puro.

(2d) Encierro

Un encierro es una frontera física rodeando las cercanías de todo el proceso y reduciendo sustancialmente el escape de contaminantes hacia el área de trabajo. Por ejemplo, el uso de válvulas de cuchilla para descargar a una tolva hacia un recipiente cerrado con un sistema de filtros de ventilación en vez de hacer el vaciado directo de la tolva a un recipiente abierto.

(2e) Un cambio de proceso

Involucra una nueva máquina o proceso que reduzca la emisión de contaminantes. Por ejemplo, reemplazar los hornos atmosféricos por hornos de vacío.

(2f) Cambio de producto

En algunos casos cambiando el producto puede reducir las emisiones al área de trabajo. Por ejemplo, el componente de una máquina que tiene que ser reforzada por medio de soportes soldados puede ser rediseñada por un vaciado sencillo o por forja, para eliminar de esta forma las emisiones producidas por la soldadura.

(2g) Ventilación industrial

Es la instalación de una entrada configurada y un movedor de aire para modificar el aire en los alrededores del proceso, capturar contaminantes y prevenir su transferencia al área de trabajo.

2.3.3 Instrumentos de Protección Personal.

Una gran variedad de respiradores cubriendo partes de la cara pueden remover partículas, gas y vapores contaminantes del aire inhalado por los trabajadores. *Máscaras sencillas* (Fig.2) pueden evitar molestias debidas a polvo. *Medias-máscaras* que cubran la boca y la nariz evitan gases y vapores por medio de adsorbedores localizados en la máscara del tipo retenedores de cuerda. *Máscara de cara completa* cubre la cara totalmente (boca, nariz y ojos) con un sello fuerte y firme remueven los contaminantes por medio de adsorbedores de cartucho montados en la máscara así mismo como protector de ojos (Fig.3). Finalmente, *aire autónomo* (A.A.) consistente en respiradores máscara de cara completa con un cargador de aire independiente se utilizan en ambientes altamente contaminantes. Alternativamente, el aire puede ser suministrado a una máscara de cara completa a través de conexiones a un probador externo de aire. No es esencial que cada una de estas tres estrategias de control y sus subdivisiones sean independientes, pero en vez de que los individuos carguen con la tarea de reducir los contaminantes al área de trabajo se debe considerar todos los métodos posibles para eliminar la transferencia de contaminantes al área de trabajo antes de elegir el método más económico y efectivo.



Fig. 2 Protector sencillo polvo/niebla

Seleccionar una estrategia de control es un acto colectivo que requiere la participación de la Gerencia, Ingeniería, trabajadores y profesionales de la salud.



Fig. 3 Respiradores de media-máscara y máscara completa.

2.4. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE VENTILACION INDUSTRIAL

La función de un sistema de ventilación industrial es evitar que los contaminantes entren al aire en la zona de trabajo. Existen muchas formas de lograr esta meta. La Fig.(4) muestra los componentes básicos de un sistema de ventilación industrial. Todos los sistemas de ventilación industrial contienen alguno sino es que todos los componentes mostrados a continuación.

(1) Fuente Generadora

Gases contaminantes, vapores y partículas son generados por actividades industriales. La relación y propiedades físicas de los contaminantes tienen que ser descritas cuantitativamente.

(2) Campana

Es la entrada configurada para captar contaminantes de la fuente generadora.

(3) Ductos y conexiones

Un sistema de ramal de ductos que conecta a las campanas con el equipo movedor de aire.

(4) Accesorio removedor de contaminantes o limpiador de aire

Puede ser necesario remover los contaminantes del aire colectado. Si las concentraciones de contaminantes en el aire colectado exceden los estándares ambientales o si el aire colectado se recircula, será necesario un accesorio removedor.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE COLECCION BASICO

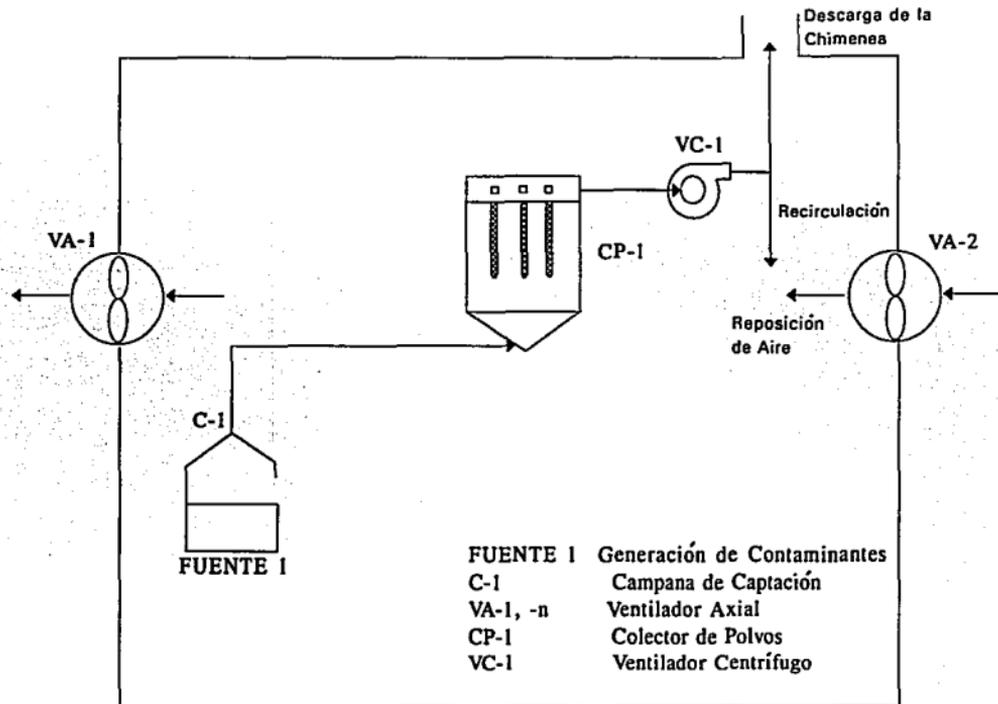


Fig. 4.

(5) *Removedor de aire* (ventilador)

El aire es jalado hacia una campana por medio de un removedor de aire el cual es generalmente un ventilador. El ventilador puede estar encima o atrás del aparato removedor de contaminantes.

(6) *Chimenea*

Una chimenea expulsa aire a la atmósfera y evita que vuelva a entrar al área de trabajo.

(7) *Recirculación*

Todo o una porción del aire colectado puede ser recirculado a la área de trabajo. El aire recirculado debe de estar limpio.

(8) *Reposición de aire*

Aire del exterior introducido al área de trabajo es lo que se conoce como reposición de aire. La temperatura y humedad de esta reposición de aire deben de ser controlados.

(9) *Aire de descarga*

Puede ser necesario descargar una porción del aire en el área.

2.5. DEFICIENCIAS DEL CONOCIMIENTO ACTUAL

Existen seis deficiencias básicas en nuestra comprensión de como diseñar un sistema de ventilación industrial que satisfaga los estándares de cumplimiento.

(1) Incapacidad para predecir la concentración de contaminantes a capturar.

- (2) Incapacidad para predecir el cumplimiento de un diseño nuevo fuera de un diseño convencional.
- (3) Efecto de corrientes y ráfagas en el área de trabajo.
- (4) Incapacidad para generalizar diseños aceptables.
- (5) Fuentes contaminantes nuevas o inusuales.
- (6) Concepto de la velocidad de captura.

Todas estas deficiencias provienen de un fundamento corto y sencillo -la incapacidad de describir el movimiento de contaminantes a partir de su fuente de origen a la entrada del sistema de ventilación-.

1. Predicción de la Concentración

Textos, manuales y guías, etc., proporcionan información descriptiva ventajosa pero información cuantitativa limitada acerca de los sistemas de ventilación para operaciones industriales específicas, es decir, puede llevarse a cabo un nuevo diseño de un sistema de ventilación por medio de la documentación existente sobre sistemas actuales, sin embargo, nada de esta información proporcionará valores reales de volúmenes de captura. Tan útil como es, no existe ninguna posibilidad de que los diseñadores puedan estimar la concentración de contaminantes en puntos elegidos en la vecindad de la fuente generadora y trabajador.

2. Fuera de Diseño Convencional

Rara vez es construido u operado un sistema exactamente como se planeó. Prácticamente consideraciones o decisiones administrativas frecuentemente

surgen con necesidades de las dimensiones del sistema o la razón de flujo volumétrico.

3. Corrientes y Ráfagas

Corrientes espurias de aire en el área de trabajo interactúan con la velocidad de campo producido por el sistema de ventilación y afecta su desarrollo. De la misma forma, ráfagas se suscitan como aire pasando alrededor del cuerpo del trabajador, piezas de trabajo, herramientas, mesa de trabajo, estructuras, etc. Una región de baja velocidad, flujo de recirculación es una región en la cual la concentración de contaminantes puede ser alta. Debido a que las corrientes y ráfagas se presentan comúnmente en las operaciones industriales, es ingenuo diseñar un sistema como si no existieran éstas o multiplicar ciertos parámetros de diseño por factores de seguridad.

4. Generalización

Aún si el diseño del control de la concentración de contaminantes es exitoso y satisface las normas establecidas, actualmente no hay escala tal para asegurar el éxito de un diseño de mayor o menor tamaño. Es imposible conocer en cuanto la razón de flujo volumétrico aumenta o disminuye.

5. Fuentes Contaminantes Nuevas o Inusuales

Literatura profesional contiene gran información de diseños que han demostrado ser exitosos. Desafortunadamente, es raro que uno esté tratando con un proceso industrial que sea idéntico a otro para el cual el sistema de ventilación fue publicado. En el mejor de los casos puede ser posible seleccionar un sistema de ventilación similar, pero no idéntico a la operación industrial necesaria.

6. Velocidad de Captura

Por muchos años "campanas" han sido diseñadas utilizando el concepto de velocidad de captura. La CAGIH define velocidad de captura como la "velocidad del aire en cualquier punto enfrente de la campana o en cualquier abertura necesaria de campana para vencer corrientes de aire contrarias y capturar el aire contaminado en ese punto forzándolo a fluir dentro de la campana." No hay forma de postular valores de velocidades de captura para vapores y partículas producidas por diferentes operaciones industriales.

2.6. CORRIENTES ESPURIAS DE AIRE

La consideración teórica de sistemas de ventilación está basada frecuentemente en suponer que los alrededores del proceso es un cuerpo de aire inmóvil. Cada área de trabajo contiene equipo y trabajadores laborando que producen corrientes de aire. La forma en la que los diseñadores manejan estas corrientes depende de la estrategia de ventilación adoptada ya sea local o general. Corrientes espurias de aire son producidas por lo siguiente:

- (a) Movimiento de trabajadores y maquinaria en las vecindades de la fuente generadora de contaminación.
- (b) Estela de aire caliente elevándose de la superficie de maquinaria caliente o vapores emanados de líquidos volátiles.
- (c) Propulsión de aire proveniente de ventiladores de enfriamiento entre maquinaria, puertas y ventanas, ventiladores personales, o calentadores y

turbinas de aire de sistemas de calentadores o enfriadores de edificios.

Otros factores que afectan el movimiento de contaminantes son paredes, separaciones, superficies de maquinaria, cribas e instalaciones. En algunos casos, los impedimentos pueden ser eliminados, pero para la mayoría deben ser incorporados desde el principio en el diseño del sistema de ventilación.

2.7. SELECCION DE UN SISTEMA DE VENTILACION

Cuando se selecciona un sistema de ventilación, uno nunca debe pasar por alto el paso correctivo más obvio -modificar el proceso para generar menores cantidades de contaminantes y llevar a cabo acciones para evitar el ingreso de los contaminantes al área de trabajo-. Las prácticas industriales no son sacrosantas, costos operacionales y exposición a contaminantes pueden frecuentemente ser reducidos simultáneamente por medio de la modificación del proceso o eligiendo diferentes materias primas. Por ejemplo, preguntas tales como las siguientes deben ser realizadas antes de empezar cualquier diseño. ¿Pueden las corrientes de aire descargadas por maquinaria ser dirigidas hacia cualquier parte?. ¿Puede la descarga de equipo neumático ser dirigida hacia cualquier parte? ¿Puede ser utilizado un líquido de menor volatilidad? ¿Puede su temperatura ser reducida para disminuir la emisión de vapor? ¿Puede el tipo de lubricante o su razón de flujo ser cambiada para reducir la producción de niebla para máquinas cortadoras y troqueladoras de metal?

Una vez que se han eliminado todas las oportunidades para reducir la generación de contaminantes, el sistema de ventilación puede ser diseñado. De

una gran extensión la elección de un sistema de ventilación está regida por como se genera la emisión. Si existen muchas fuentes de emisión y están distribuidas a lo largo del proceso, tal como polvo generado en un cantera o vapores generados durante la fundición de metal, la emisión se denomina *fugitiva* y tiene que ser controlada de una en una. Si las emisiones son generadas en puntos bien definidos en el proceso, se les conoce como fuentes emisoras y pueden ser controladas más fácilmente.

En el campo, campana de ventilación industrial es una frase genérica para homogenizar entradas configuradas de aire a través de las cuales aire contaminado es succionado. La palabra denota la función a ser desarrollada en vez de cualquier configuración geométrica particular. La siguiente tabla resume las dos clases generales de sistemas de ventilación -general y local- y subdivisiones en sistemas de ventilación local.

- Ventilación General o Dilución -

Recolección de aire de la campana área de trabajo y su reemplazo con una mezcla seleccionada de reposición de aire fresco o una porción de aire limpio recolectado del área de trabajo.

-Ventilación Local -

Recolección de aire y contaminantes de una región cercana al punto generador.

Encierro .- Una habitación que virtualmente encierre a la fuente.

Ejemplos: Campana de laboratorio, puesto de fumigación molineras, etc.

Campana Receptora .- Una cámara que colecte contaminantes debido a su movimiento intrínseco. Este tipo de campana mueve una mínima cantidad de aire.

Ejemplos: Campana Canopy sobre una fuente generadora caliente, campanas de reja de cocina, etc.

Campana Exterior .- Una única configuración de entrada de aire puesta en cercana proximidad de una fuente de contaminación. Campanas exteriores también se les conoce como campanas de captura.

Ejemplos: Chimeneas laterales, etc.

Clasificación de Sistemas de Ventilación.

III. DESCRIPCION DE EQUIPOS.

Haciendo referencia a los componentes del Sistema de Ventilación Industrial (SVI) utilizados para la captación de polvos contaminantes en las tres máquinas lijadoras de banda, procederemos a dar una breve descripción de los mismos (Figs. 5 y 5A):

- 1) *Fuente Generadora*: Tres máquinas lijadoras de banda para pastas de clutch automotriz. Con características y capacidades individuales (ver Apéndice I "plano de Arreglo General").
- 2) *Campana*: Nueve campanas (tres por máquina) diseñadas conforme al mejor arreglo posible dependiendo de las dimensiones y características de cada lijadora de banda (ver Apéndice I "plano de Detalle de Campanas").
- 3) *Ductos y Conexiones*: Sistema de ductería para la interconexión de las 3 campanas por máquina a un ramal principal que unifique a las nueve. Cabe hacer notar que cada injerto involucrará un aumento en el diámetro resultante de la unión; ésto, con la finalidad de mantener constante la velocidad de transporte a

través de todo el ramal.

En cada máquina lijadora se está colocando una manguera adicional de aspiración (unida al ramal por máquina) para recolectar las partículas que no hayan sido extraídas por cualquiera de las tres campanas.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE COLECCION UTILIZADO

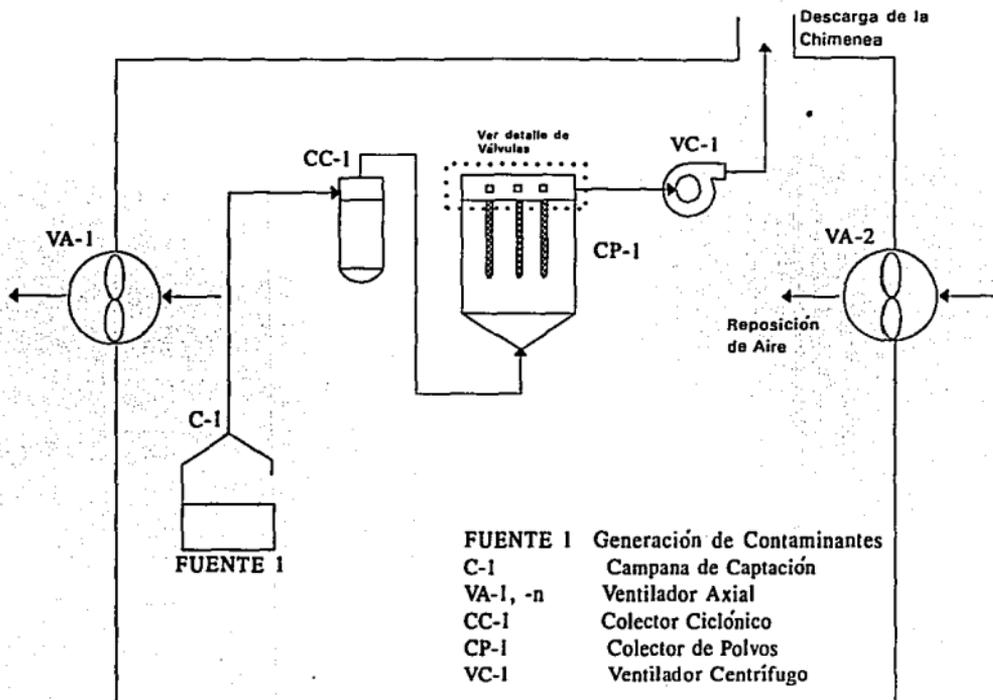


Fig. 5

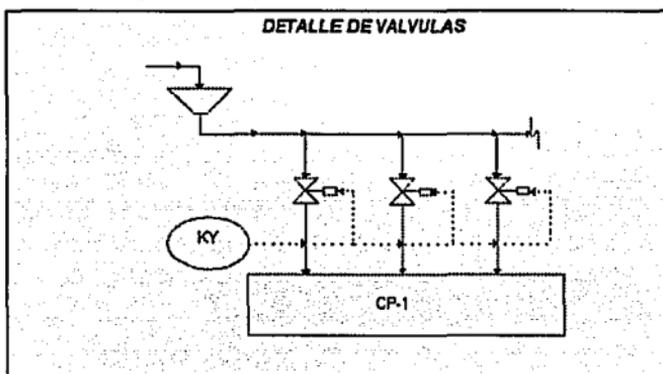


Fig. 5A

En la parte superior del ramal principal, se colocará un ramal adicional con espigas de inyección de aire. Esto con el objeto de ayudar al transporte de los contaminantes a través de ductos creando turbulencia dentro de él y evitando así acumulación del material a captar en el ramal principal.

- 4) **Colector Ciclónico:** Tradicionalmente, los ciclones son utilizados para remover partículas gruesas y tienen aplicaciones dentro

de calentadores de carbón, entradas a turbinas de gas militares para helicópteros, limpiadores de aire de entrada para motores diesel en la construcción de vehículos, etc. Los ciclones se utilizan también en la tecnología del polvo, en donde uno está interesado en incrementar la concentración de partículas en una corriente de aire. Los ciclones utilizados para este propósito se denominan *concentradores*. Como regla general los ciclones no pueden remover partículas muy pequeñas sin embargo pueden ser diseñados para hacerlo.

Los principales tipos de colectores ciclónicos son los de *flujo-directo* y *flujo-inverso*. En los primeros, es necesario drenar el aire para remover las partículas que migran radialmente hacia el exterior. Si se utiliza como un concentrador, drenar aire transporta partículas corrientes abajo al siguiente paso en el proceso, es decir, el aire acarreará polvo a la siguiente etapa. Si se utiliza como un aparato limpiador de aire, drenar aire reduce la cantidad de aire limpio disponible para su uso. Si se monta un ciclón de flujo inverso con una tolva cónica por debajo de la descarga, no es necesario drenar aire para remover las partículas. Las partículas que migran radialmente hacia el

exterior golpean las paredes del ciclón y caen hacia la tolva donde pueden ser extraídas en otro momento como en un proceso batch o pueden ser removidas continuamente por válvulas en la misma. Es por esto, que el ciclón elegido es de flujo-inverso.

Como se ha comentado para nuestro diseño en específico la función de este equipo es remover las partículas de mayor tamaño logrando de esta forma prolongar y eficientar el rendimiento del colector de polvos. Otra de sus funciones es la de eliminador de chispa, evitando así quemar las bolsas del colector.

La Fig. (8) muestra un colector ciclónico tipo *flujo-inverso*. Los colectores ciclónicos pueden ser fabricados de materiales no costosos para capturar aerosoles a alta temperatura o partículas líquidas. Los ciclones no tienen partes móviles y pueden tener una caída de presión moderada.

El diseño del mismo dependerá del tamaño y volumen de las partículas contaminantes en el aire.

CICLON DE FLUJO INVERSO

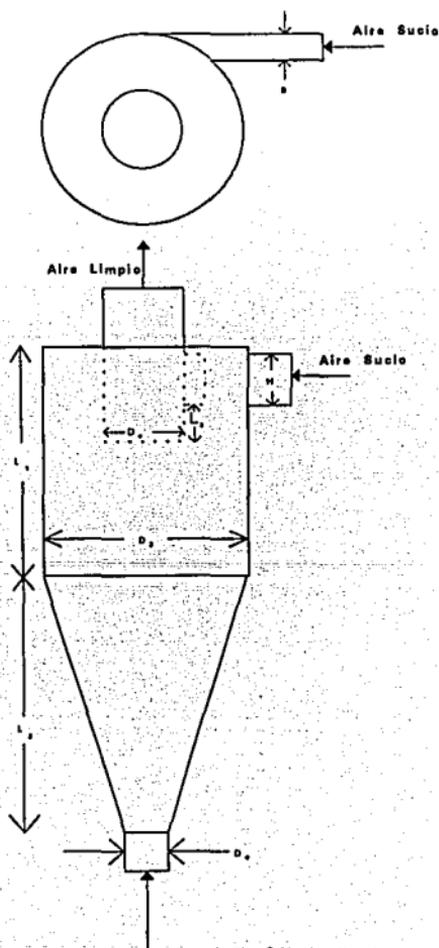


Fig. 6

5) *Colector de Polvos*: La función de este equipo es la de remover en su totalidad a los contaminantes captados en el área de trabajo. Los diferentes tipos de colectores de polvo son los siguientes: *Sacudido manual, mecánico, neumático y tipo Torit*. Los dos primeros, utilizan el principio de captación de contaminantes por dentro de los medios filtrantes (bolsas), es decir, la entrada a ambos es por la parte inferior del colector y las bolsas se encuentran abiertas por este extremo y cerradas por el extremo contrario, lo que provoca que los contaminantes queden atrapados por dentro de las bolsas. La forma de remoción de los contaminantes se basa en tratar de sacudir las bolsas manualmente (sacudido manual) por medio de una manivela exterior unida a las diferentes hileras de bolsas. En el sacudido mecánico, la limpieza es similar al primero pero con la diferencia de que en éste se cuenta con una serie de resortes que al sentir movimiento en la manivela se opondrán a él e irán sacudiendo las bolsas. El colector tipo Torit o de Gabinete tiene el ventilador integrado en su parte superior y utiliza bolsas tipo sobre para la colección de contaminantes. La principal deficiencia de estos tres colectores radica en que no se pueden utilizar para volúmenes grandes o constantes

debido a que sería imposible para los operarios estar accionando la manivela cada instante, en el caso del Torit, se tendría que realizar el cambio de sobres a cada momento, debido a que no tienen ninguna forma de sacudido. Es por esto que se eligió el colector con sacudido neumático que a continuación se describe:

La captación será por medio de filtros tipo bolsa de poliéster afelpado acomodadas en un arreglo cuadrado de 8 x 8 (64 bolsas totales). Este tipo de colector es de sacudido neumático (*pulse-jet*), es decir, cada hilera de ocho bolsas recibirá una cantidad determinada de aire en forma de soplo por la parte superior de la bolsa, realizando de esta forma la limpieza de las mismas; la secuencia de inyección de aire está regida por medio de un programador secuencial, válvulas solenoides y de diafragma.

Los colectores del tipo *Pulse-jet* (Fig. 7) es un método que emplea aire comprimido a alta presión (de 60 a 120 psi), con o sin venturi, para sacudir las bolsas energícamente. Este método genera una onda de choque que viaja a la parte inferior de la bolsa, separando el polvo del medio filtrante. Normalmente, este método es utilizado en conjunto con un medio filtrante de fieltro. La

duración de limpieza es el tiempo que dura el pulso de aire, generalmente este pulso dura una fracción de segundos.

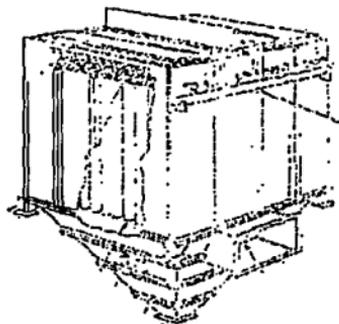


Fig. 7 Colector Pulse-Jet.

La configuración normal tiene la bolsa cerrada en el fondo y abierta en el extremo superior. Se utiliza una canastilla metálica por dentro de la bolsa para evitar que se colapse. En el modo normal de operación, el gas contaminado entra a la tolva y continúa hacia las bolsas. El polvo es colectado en el exterior de las bolsas y el gas

limpio sale a través de la parte superior de las bolsas y del colector. Usualmente una hilera de bolsas es limpiada simultáneamente por la introducción de aire comprimido en la parte superior de cada bolsa. De esta forma la onda de choque creada separa el polvo del exterior de la bolsa y lo dirige a la tolva. Es frecuentemente utilizada la continua descarga del polvo de la tolva. La importancia del venturi para proveer una embestida de aire secundario para limpieza está siendo cuestionada, y algunos sistemas de pulsos de aire operan con sólo el múltiple de aire comprimido y sin venturios sobre cada bolsa. Debe remarcarse que este sistema no tiene partes móviles y permite la remoción de las bolsas por la parte limpia del colector, ya que las bolsas están detenidas generalmente en la parte superior de las mismas.

El diseño del mismo dependerá del volumen y tipo de partículas a colectar. Para este diseño el primer punto que se debe considerar es la Relación de Filtración (R_f), éste es un factor que depende del tipo de material a captar; tipo de aplicación, es decir, si es material es de colección, para lavado, etc.; de la temperatura; tamaño de partícula y carga de polvo. Estos datos están tabulados y/o graficados para su selección en [2]

(Relación de Filtración). El Area de Filtración Requerida (AFR) es la que nos determina el área mínima necesaria total para lograr la colección adecuada, ésta se determina a partir de la relación del flujo volumétrico total (Q_T) y Rf. Este valor deberá ajustarse a un determinado número de bolsas con diámetros y longitudes comerciales, para que por medio de la suma de áreas individuales se cubra el AFR.

6) *Ventilador Centrifugo*: En nuestro caso, este equipo tiene como función principal la de captar y transportar el volumen predeterminado de contaminates y aire a través de los cinco puntos anteriores, su selección dependerá también del volumen a transportar y de la caída de presión a través de todo el sistema de colección, incluyendo la chimenea de descarga.

Ventiladores de aspas no son usados para mover aire en ductos; son convenientes sin embargo, en situaciones que requieren una presión estática pequeña, como en el caso de condensadores enfriados por aire y sistemas de extracción de descarga libre.

Los ventiladores centrífugos son usados extensamente en trabajos de calefacción, ventilación

y aire acondicionado (CVAA) debido a su capacidad para mover aire eficientemente contra una presión. El empuje o movimiento de una rueda ventiladora centrífuga, está ilustrado en la Fig. (8). La rotación es siempre la misma y con ángulo de 90° con respecto al eje. El movimiento impartido por la forma de la aleta varía considerablemente dependiendo del diseño. Una aleta plana radial como se ilustra en la Fig. (8), se usa muy poco en tabajos CVAA. Se usa eficientemente para extracción de humos que contengan mugre, grasa o ácidos y en el manejo de materiales abrasivos y polvo.

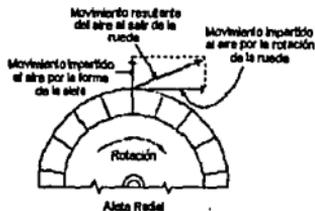


Fig. 8 Ventilador de Aletas Radiales.

El ventilador típico para calefacción y aire acondicionado tiene una rueda de muchas aletas curvadas hacia adelante. Mueve grandes volúmenes de aire para aplicaciones donde se necesitan pocas revoluciones y presiones medianas, lo que cubre la mayoría de las instalaciones residenciales y comerciales pequeñas. Son más pequeños y se consideran relativamente silenciosos de modo que son universalmente usados en equipos integrales de calefacción y enfriamiento.

La rueda de aletas inclinada hacia atrás, tiene las aletas dirigidas en el sentido contrario a la rotación. Estas pueden ser curvadas también. Estas ruedas ventiladoras son resistentes, de alta velocidad y de bajo nivel de ruido, con la característica de que no se sobrecargan. Su eficiencia mecánica es alta y requiere poca potencia.

Una variación de la aleta inclinada hacia adelante o inclinada hacia atrás, es la rueda tipo "airfoil" con unas pocas aletas de perfil aerodinámico. Esta aumenta su presión estática para usos en sistemas de alta presión, pero manteniendo una velocidad y consumo relativamente bajos. Las aletas con perfil

aerodinámico y las ruedas son muy costosas de fabricar y por consiguiente son usadas en equipos grandes solamente.

La gran caída de presión generada en este sistema y la abrasión del material a coleccionar, fueron las razones que nos llevaron a elegir un ventilador con aleta plana radial reforzado (Fig. 9).



Fig. 9

7) *Chimenea*: Este es el último punto utilizado en este sistema, la función de la chimenea es la de expulsar aire libre de contaminantes a la atmósfera. Su dimensión generalmente estará regida por la velocidad de transporte en ductos y recomendaciones del manual de ventilación, sin embargo, existe la polémica generada por SEDESOL y Secretaría del Trabajo en cuanto a la velocidad recomendada para puertos de muestreo, cantidad de captación y nivel de ruido respectivamente.

IV. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.

a) Bases de Diseño:

- 1.- Para la selección de los equipos y el dimensionamiento de la red de ductos del sistema de colección, se están considerando (3) tomas en cada lijadora tipo banda, de las cuales trabajarán (6) al mismo tiempo, es decir, (2) máquinas únicamente cualesquiera que éstas sean.
- 2.- Los cálculos de los volúmenes a considerar en cada toma, se realizarán conforme a las recomendaciones que proporciona el Manual de Ventilación de la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists".
- 3.- Conforme a dicho Manual de Ventilación, la velocidad de captura para la condición de dispersión de generación activa, considerando ésta de alta toxicidad de contaminantes, será de 2000 P.P.M.
- 4.- Así mismo, se recomienda manejar velocidades de transporte a través de ductos de 4500 P.P.M. (mínimo).
- 5.- El equipo deberá diseñarse para un nivel de ruido de 85 dB como máximo, para un operador expuesto a él por un periodo de 8 horas continuas.

b) Materiales de Construcción:

- 1.- Conforme a la sección 8 de [1], se utilizarán ductos de acero al carbón Cal. 14, codos y bifurcaciones en Cal. 11.

- 2.- La construcción del colector de polvos deberá ser robusta, para resistir presiones de vacío de 20" C.A., el espesor de lámina del mismo deberá ser como mínimo Cal. 12 de acero al carbón rolado en frío.
- 3.- El ventilador centrífugo deberá construirse de los espesores adecuados los cuales se definirán una vez conocidas las condiciones de operación para el mismo.
- 4.- Se deberá considerar a la descarga de la tolva del colector de polvos y del ciclón, válvulas rotatorias con sello hermético.
- 5.- Se deberá utilizar motores eléctricos, totalmente cerrados con ventilación exterior.
- 6.- El equipo eléctrico a considerar deberá cumplir los siguientes requerimientos:
Tensión Plena.- Para motores de 10 H.P. y menores; combinación de arrancador con interruptor termomagnético, estación de botones arrancar-parar y luces piloto.
Tensión Reducida.- Para motores de 15 H.P. y mayores; combinación de arrancador con interruptor termomagnético tipo autotransformador, estación de botones arrancar-parar y luces piloto.
En ambos casos el control deberá ser 110 Volts.
- 7.- Se deberá usar conductores eléctricos y el calibre mínimo de éstos será Cal. 14; los mismos irán dentro de tubería Conduit de pared gruesa galvanizada de $\frac{3}{4}"\varnothing$ (mínimo).

c) Levantamiento Físico:

Como resultado del levantamiento físico realizado a la planta, los puntos a alcanzar fueron los siguientes:

- 1.- Se verificaron las condiciones de operación de las lijadoras, con el objeto de ver la forma de trabajo por parte de los operarios y la cantidad de contaminantes a la que están expuestos.
- 2.- Se consideraron también los espacios libres para instalación de los equipos, fabricación de ductos, barandales, etc.
- 3.- Se eligió el área para la instalación de los equipos en una zona donde exista un buen acceso para su operación y mantenimiento.

d) Resultado Granulométrico de Muestras.

El análisis granulométrico debe realizarse con el propósito de determinar el buen funcionamiento de los (2) equipos de colección. Una vez hecho éste, debe elaborarse el mismo análisis periódicamente con la finalidad de asegurar el buen funcionamiento de los equipos. No llevar a cabo los análisis correspondientes tendrá repercusiones en la vida útil del colector de polvos principalmente, debido a la rápida saturación de las bolsas y de esta forma desgaste prematuro de las mismas; esta consecuencia será fatal también para el desgaste de las aspas del ventilador, debido a la posible infiltración de partículas a través de las bolsas; y por ende, la contaminación de la atmósfera generada por el aire expulsado por la chimenea.

Se analizaron (2) muestras de polvos una de ellas fue tomada a la descarga del colector ciclónico y la otra a la descarga del colector de polvos. Los resultados de dicho análisis, se anexan en el Apéndice II.

A continuación se efectúa la descripción de los equipos mencionados. Los cálculos de la obtención de estos valores se describen en los puntos subsiguientes:

Especificaciones Generales:

Con el objetivo de que el sistema diseñado trabaje a las condiciones establecidas, a continuación se proporciona el resumen aplicable a las especificaciones generales para cada uno de los equipos principales y accesorios complementarios:

1.- Colector de Polvos:

- Volumen Total : 6581 PCMA
- Temperatura : 30°C (86°F)
- Tipo de Polvos : Asbesto, Fibra de vidrio, Rebabas metálicas y Oxidos metálicos
- Carga de Polvos : 3-5 Gr./SCF (Estimado).
- Tamaño de Partícula : 3 micras y mayores.
- Area de Fil. Requerida : 755 pies².
- Relación Aire/Tela Requerida : 8.75:1
- Caída de Presión : 6"C.A
- Tipo de Colector : De bolsas, sacudido neumático con

aire pulsado.

- Material de Construcción : Lámina rolada en frío de acero al carbón.
- Número de Bolsas y Tamaño : (64) de 4¼" Ø * 10' de largo.
- Material de las Bolsas : Poliéster afelpado, 16 oz/yd²
- Tipo de Descarga : Válvula rotatoria hermética.

2.- Colector Ciclónico:

- Volumen Total : 6581 PCMA.
- Caída de Presión : 1.5"C.A.
- Diámetro : 50"
- Tipo de Ciclón : Alta eficiencia.
- Material de Construcción : Lámina rolada en frío de acero al carbón.
- Tipo de Descarga : Válvula rotatoria hermética.

3.- Ventilador Centrifugo:

- Volumen Total : 6581 PCMA.
- Temperatura : 30°C (86°F)
- Caída de Presión Total : 20.0"C.A. (STD).
- Tipo de Ventilador : Centrifugo, uso rudo, aspas planas radiales reforzadas.
- Material de Construcción : Placa y lámina de acero al carbón.

- Marca de Ventilador	: Champion Blower o equivalente
- Tamaño y Clase	: H35 LS - I.
- Arreglo	: 1 B.C. (base canal).
- Potencia Requerida	: 35.39 B.H.P.
- Motor Suministrado	: 40 H.P - 4P - TCCVE.
- Velocidad de Operación	: 2730 R.P.M.
- Altitud de Operación	: 7347' S.N.M.
- Accesorios Requeridos	: 1) Compuerta de aspas paralelas a la descarga. 2) Brida en descarga. 3) Junta flexible en succ. 4) Registro de inspección. 5) Base canal con rieles tensores. 6) Cople dren. 7) Cubre bandas. 8) Cuble flecha. 9) Transmisión de poleas y bandas.

4.- Ductos y Conexos:

Se deberá utilizar lámina rolada en frío Cal. 14 para ductos y Cal. 11 para codos y bifurcaciones, en los diámetros y longitudes que se indican en los planos.

V. PROCESAMIENTO DE DATOS

En base a lo descrito anteriormente y abordando las ecuaciones por separado, se mencionan a continuación los Datos de Diseño y la Memoria de Cálculo correspondiente:

a) Datos de Diseño:

- Temperatura : 30°C (86°F)
- Altitud de la Zona : 7347' S.N.M.
- Presión Barométrica : 23.07"Hg
- Tipo de Polvos : Asbesto, Fibra de vidrio, Rebabas metálicas
y Oxidos metálicos
- Tamaño de Partícula : 3 micras y mayores.
- Carga de Polvos : 3-5 Gr./SCF (Estimado).
- Area de Aplicación : Zona de rectificado de discos (lijadoras tipo
banda).
- Número de Máquinas : Tres (3).
- Identificación de Máquinas : Máquina 1: MARZICA.
Máquina 2: SANDYA.
Máquina 3: SICMA.
- Número de tomas por Máquina : Tres (3).
- Velocidad de Captura : 2000 P.P.M.
- Velocidad de Transporte : 4500 P.P.M. (diseño).
- Energía Eléctrica Disponible : 1F-3F/60C/110V-440V.

b) Memoria de Cálculo:

Ecuaciones Base

$$\text{Area} = (\pi \cdot \varnothing^2) / 4 \cdot 144 [=] \text{pies}^2$$

$$VP = \left(\frac{V}{1096.7} \right)^2 \cdot \rho_A \quad \text{para condiciones reales}$$

$$VP = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \quad \text{para condiciones estándar}$$

$$Q = V \cdot A [=] \text{pies}^3 / \text{min (PCMA)}$$

1.- Densidad del Aire y Factor de Corrección:

$$\rho_{D.F.} = \text{densidad del aire (std)} \cdot \text{Factor de corrección por altitud} \cdot \text{Factor de corrección por temperatura}$$

$$= 0.075 \cdot \frac{23.07}{29.92} \cdot \frac{530}{546} = 0.056 \text{ lb / pie}^3$$

$$\therefore Fc = \frac{0.075}{0.056} = 1.34$$

2.- Volumen de aire a manejar

Máquinas 1 y 3:

- Campana Principal -

conforme a la sección 3, Fig. 3.11 y tabla 3.1 [1], se tiene:

$$Q_1 = 3.7 \text{ L Vc X}$$

donde: $L = \text{largo de la campana} = 36'' (3')$.

$V_c = \text{velocidad de captura} = 2000 \text{ P.P.M.}$

$X = \text{punto de generación} = 1'' (0.083)$.

$$Q_1 = 3.7 \cdot 3 \cdot 2000 \cdot 0.083 = \underline{1843 \text{ PCMA}}$$

- Campana Superior -

conforme a la sección 3, Fig. 3.11 y tabla 3.1 [1], se tiene:

$$Q_1 = 2.6 L V_c X$$

donde: $L = \text{largo de la campana} = 36'' (3')$.

$V_c = \text{velocidad de captura} = 2000 \text{ P.P.M.}$

$X = \text{punto de generación} = 1'' (0.083)$.

$$Q_2 = 2.6 \cdot 3 \cdot 2000 \cdot 0.083 = \underline{1295 \text{ PCMA}}$$

- Campana Inferior -

utilizando la sección 3, Fig. 3.11 y tabla 3.1 [1], se tiene:

$$Q_3 = 2.6 L V_c X$$

donde: $L = 36'' (3')$.

$V_c = 2000 \text{ P.P.M.}$

$X = 5/8'' (0.052)$.

$$Q_3 = 2.6 \cdot 3 \cdot 2000 \cdot 0.052 = \underline{811 \text{ PCMA}}$$

Máquina 2:

- Campana Principal -

$$Q_7 = 3.7 L Vc X$$

donde: $L = 24'' (2')$.

$$Vc = 2000 \text{ P.P.M.}$$

$$X = 1'' (0.083')$$

$$Q_7 = 3.7 * 2 * 2000 * 0.083 = \underline{1228 \text{ PCMA}}$$

- Campana Superior -

$$Q_8 = 2.6 L Vc X$$

donde: $L = 24'' (2')$

$$Vc = 2000 \text{ P.P.M.}$$

$$X = 1'' (0.083')$$

$$Q_8 = 2.6 * 2 * 2000 * 0.083 = \underline{863 \text{ PCMA}}$$

- Campana Inferior -

$$Q_9 = 2.6 L Vc X$$

donde: $L = 24'' (2')$

$$Vc = 2000 \text{ P.P.M.}$$

$$X = 5/8'' (0.052')$$

$$Q_9 = 2.6 * 2 * 2000 * 0.052 = \underline{541 \text{ PCMA}}$$

Resumiendo, se tiene:

Máquinas 1 y 3:

Campana Principal: $Q_1 = 1843$ PCMA

Campana Superior: $Q_2 = 1295$ PCMA

Campana Inferior: $Q_3 = 811$ PCMA

Volumen Total por Máquina: $Q_6 = \underline{3949}$ PCMA.

Máquina 2:

Campana Principal: $Q_7 = 1228$ PCMA

Campana Superior: $Q_8 = 863$ PCMA

Campana Inferior: $Q_9 = 541$ PCMA

Volumen Total: $Q_{11} = \underline{2632}$ PCMA

Volumen por unión de (2) Máquinas ($Q_6 + Q_{11}$): $Q_{12} = \underline{6581}$ PCMA

Volumen por unión de (3) Máquinas ($2Q_6 + Q_{11}$): $Q_{14} = \underline{10530}$
PCMA

Por lo tanto, el volumen total de aire con polvos a manejar será de **6581 PCMA**; debido a que las condiciones de operación de la planta sólo demandan el uso de (2) máquinas a la vez.

3.- Determinación de diámetros de ductos:

Máquinas 1 y 3:

- Campana Principal -

$$Q_1 = 1843 \text{ PCMA, con } V_T = 4500 \text{ P.P.M.}$$

$$A_1 = 1843 / 4500 = 0.410 \text{ pies}^2$$

$$\varnothing_1 = (0.410 * 4 / \pi)^{1/2} = 0.722 \text{ pies} \approx \underline{8.5"}$$

- Campana Superior -

$$Q_2 = 1295 \text{ PCMA, con } V_T = 4500 \text{ P.P.M.}$$

$$A_2 = 1249 / 4500 = 0.288 \text{ pies}^2$$

$$\varnothing_2 = (0.288 * 4 / \pi)^{1/2} = 0.605 \text{ pies} \approx \underline{7.0"}$$

- Campana Inferior -

$$Q_3 = 811 \text{ PCMA, con } V_T = 4500 \text{ P.P.M.}$$

$$A_3 = 811 / 4500 = 0.180 \text{ pies}^2$$

$$\varnothing_3 = (0.180 * 4 / \pi)^{1/2} = 0.479 \text{ pies} \approx \underline{5.5"}$$

- Unión de Ductos ($Q_1 + Q_2$) = Q_4

$$Q_4 = 3138 \text{ PCMA, con } V_T = 4500 \text{ P.P.M.}$$

$$A_4 = 3138 / 4500 = 0.697 \text{ pies}^2$$

$$\varnothing_4 = (0.697 * 4 / \pi)^{1/2} = 0.942 \text{ pies} \approx \underline{11.0"}$$

- Unión de Ductos ($Q_3 + Q_4$) = Q_6

$Q_6 = 3949$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_6 = 3949 / 4500 = 0.878$ pies²

$\varnothing_6 = (0.878 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 1.057$ pies \approx 12.5"

Máquina 2:

- Campana Principal -

$Q_7 = 1228$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_7 = 1228 / 4500 = 0.273$ pies²

$\varnothing_7 = (0.273 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 0.590$ pies \approx 7.0"

- Campana Superior -

$Q_8 = 863$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_8 = 863 / 4500 = 0.192$ pies²

$\varnothing_8 = (0.192 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 0.494$ pies \approx 6.0"

- Campana Inferior -

$Q_9 = 541$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_9 = 541 / 4500 = 0.120$ pies²

$\varnothing_9 = (0.120 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 0.391$ pies \approx 4.5"

- Unión de Ductos ($Q_8 + Q_9$) = Q_{10}

$Q_{10} = 1404$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_{10} = 1404 / 4500 = 0.393$ pies²

$\varnothing_{10} = (0.393 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 0.707$ pies \approx 8.5"

- Unión de Ductos ($Q_7 + Q_{10}$) = Q_{11}

$Q_{11} = 2632$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_{11} = 2632 / 4500 = 0.585$ pies

$\varnothing_{11} = (0.585 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 0.863$ pies \approx 10.5"

- Unión de (2) Máquinas ($Q_8 + Q_{11}$) = Q_{12}

$Q_{12} = 6581$ PCMA, con $V_T = 4500$ P.P.M.

$A_{12} = 6581 / 4500 = 1.426$ pies²

$\varnothing_{12} = (1.426 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 1.364$ pies \approx 16.5"

Ducto desde la salida del colector al ventilador y descarga de este; es

decir, $Q_{12} = Q_{13}$

$Q_{13} = 6581$ PCMA, con $V_T = 3500$ P.P.M.

$A_{13} = 6581 / 3500 = 1.880$ pies²

$\varnothing_{13} = (1.880 \cdot 4 / \pi)^{1/2} = 1.547$ pies \approx 18.5"

4.- Caída de Presión Total del Sistema:

$$SP_T = SP_D + SP_B + SP_C + SP_{MS}$$

donde:

SP_D = caída de presión a través de ductos.

SP_B = caída de presión a través de campana.

SP_C = caída de presión a través del colector y ciclón.

SP_{MS} = margen de seguridad, de 5% al 10% de la suma de las otras caídas de presión.

SP_D : (La mayor caída de presión en ductos, será siempre la utilizada para el diseño de los equipos). Ver Apéndice III.

$$SP_D / 100' = \left[\frac{(V / 1000)^{1.9}}{d^{1.22}} \right] * 2.74$$

$$V [=] \text{ P.P.M. } ; \quad d [=]$$

pígs.

Diámetro (pígs.)	Volumen (PCMA)	SP/100' ("C.A)	Long. T.R. (pies)	Long.Eq. (pies)	Long.Tot. (pies)	Sp/linea ("C.A)
7.0	1295	5.12	1	-----	1.0	0.051
11.0	3138	2.84	2	1Y30° = 8	10.0	0.284
12.5	3949	2.32	16	1C90° = 30 1C45°	46.0	1.067
16.5	6581	1.52	42	1Y30° = 135 3C90°	177.0	2.690
18.5	6581	0.85	34	2C90° = 84	118.0	1.003

Σ 5.095"C.A

$$\begin{aligned}
 SP_B &= 1.78 VP_a + 0.25 VP_d + VP_d \\
 &= 1.78 (2000/4005)^2 + 0.25 (4500/4005)^2 + (4500/4005)^2 \\
 &= \underline{2.022^\circ\text{C.A}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SP_C &= SP_{\text{colector}} + SP_{\text{cación}} \\
 &= 6.00 + 1.50 \\
 &= \underline{7.50^\circ\text{C.A}}
 \end{aligned}$$

$$SP_{MS} = \underline{0.308^\circ\text{C.A}}$$

$$\begin{aligned}
 SP_T &= 5.095 + 2.022 + 7.50 + 0.308 \\
 &= 14.925^\circ\text{C.A}
 \end{aligned}$$

$$ESP_T = 14.925 \cdot 1.34 = \underline{20.0^\circ\text{C.A}}$$

5.- Selección de Equipos:

- *Relación de Filtración Requerida (RFR).*

$$RFR = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E$$

donde: A = Factor por tipo de material a manejar = 12

B = Factor por tipo de aplicación = 0.9

C = Factor por efecto de temperatura = 0.9

D = Factor por tamaño de partícula = 0.9

E = Factor por carga de polvos = 1.0

$$RFR = 12 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 1.0 = 8.75 \text{ PCM/pies}^2$$

- Area de Filtración Requerida (AFR).

$$AFR = Q_T / RFR = 6581 / 8.75 = 752 \text{ pies}^2 \approx 755 \text{ pies}^2$$

Utilizando un colector de polvos con bolsas de $4\frac{1}{4}" \text{ } \varnothing \cdot 10'$ de largo, se tiene la siguiente relación:

$$AF = (4.75 \cdot \pi \cdot 10) / 12 = 12.44 \text{ pies}^2$$

Por lo tanto el número de bolsas requerido es N_B :

$$N_B = AFR / AF = 755 / 12.44 = 60.7$$

♥ Utilizar un colector de polvos tipo sacudido neumático con (64) bolsas de $4\frac{1}{4}" \text{ } \varnothing \cdot 10'$ de largo nominal.

Con un colector de (64) bolsas se tiene:

$$AF = 12.44 \cdot 64 = 746 \text{ pies}^2$$

$$RF = 6581 / 746 = 8.8 \text{ PCM/pies}^2$$

- Colector Ciclónico.

$$D = [Q / (V \cdot 0.785)]^{1/2}$$

donde: V = velocidad de paso a través del ciclón (500 P.P.M)

$$Q = 6581 \text{ PCMA}$$

$$D = [6581 / (500 \cdot 0.785)]^{1/2} = 4.1 \text{ pies}$$

♣ Utilizar un colector ciclónico de $50" \varnothing$.

- Ventilador Centrifugo.

Seleccionamos el ventilador utilizando las tablas o curvas de comportamiento de [7]; para las siguientes condiciones de operación: $Q = 6581$ PCMA y $SP = 20.0^{\circ}\text{C.A}$. La selección de este equipo a partir de [7] es debido a la gran caída de presión generada a través de todo el sistema. En base a datos proporcionados por el fabricante, los comportamientos de los ventiladores, diseños y características dependerán de Q y SP en cada caso. (Ver Apéndice IV).

- ◆ Utilizando un ventilador con rotor de aspas planas radiales reforzadas, se tiene:

(1) Ventilador tamaño H35 LS, Cl. I, con las siguientes condiciones de operación:

Caída de presión = 20.0°C.A

Volumen (PCM)	R.P.M.	B.H.P.
6554	2676	38.5
6581	2678	38.7
6780	2695	40.2

La potencia a desarrollar del motor será:

$$\text{B.H.PR} = (\text{B.H.Pd} \cdot \text{Fs}) / (\text{Fc} \cdot \text{FFB})$$

donde: $\text{Fs} = \text{factor de servicio} = 1.15$

$\text{FFB} = \text{factor de fricción por bandas} = 0.97$

$\text{Fc} = 1.34$

$$\text{B.H.PR} = (38.7 \cdot 1.15) / (1.34 \cdot 0.97) = 34.24$$

▲ Utilizar motor de 40 H.P. - 4P - TCCVE

5.- Recomendaciones:

Una vez realizada la memoria de cálculo, así como la evaluación y determinación de los equipos considerados como óptimos para el sistema de colección de polvos, procedemos a recomendar o concluir lo siguiente:

- Para el balanceo adecuado del sistema es muy importante la colocación de válvulas de papalote en cada uno de los ramales; de esta forma, se logrará siempre la máxima eficiencia de captación y el máximo aprovechamiento de los equipos principales.
- Se recomienda que periódicamente se les proporcione mantenimiento a las boquillas, ductos y conexos, enfocándose a la limpieza interior de los mismos, la verificación del sellado y estado físico adecuado de juntas y bridas.

- Para la limpieza de los ductos horizontales, deberán colocarse (22) boquillas de inyección de aire comprimido, tamaño 3/8" TTL marca "SPRAYING SYSTEMS Co.", con una capacidad requerida de 2.1 SCFM a 50 PSIG por cada boquilla.
- Para la limpieza al final de cada jornada de trabajo, se está considerando (1) toma de aspiración por cada máquina, con diámetro de 2", con manguera para aereación y boquilla tipo aspiradora.
- Verificar las condiciones de funcionamiento del motor eléctrico, tanto mecánicas como eléctricas (engrasado de rodamientos, consumo de corriente, etc.).
- Una recomendación importante es checar que la transmisión de bandas sea la indicada, así como su estado físico. Esto es con el propósito de evitar sobre cargas al motor y una baja eficiencia de operación del ventilador. Una mala selección de transmisión ocasionará variación en la velocidad inducida (ventilador), con la consecuencia de forzar innecesariamente el equipo y mala captación de contaminantes.
- Para cualquier duda o aclaración consultar [1] y solicitar información a los distintos fabricantes.

VI. CONCLUSIONES.

Por medio del presente trabajo podemos remarcar los problemas de contaminación ambiental que se suscitan en una planta. Nos proporciona también una idea más clara sobre el diseño de un Sistema de Ventilación Industrial. Sin embargo, como lo vimos desde el inicio es imposible diseñar un sistema general de colección de polvos, ya que esto implicaría que se trabajara únicamente con maquinaria del mismo tipo, tamaño, capacidad, etc.; que las condiciones de trabajo fueran las mismas, que fueran los mismo operarios, que se operara en áreas de trabajo iguales con la misma distribución y espaciamiento entre equipos y que las condiciones atmosféricas y climatológicas fueran exactamente iguales en una planta que en otra. Lo que nos lleva a una sóla conclusión, NO es posible realizar un Sistema de Ventilación Industrial que aplique con buenos resultados en una planta y que esperemos que funcione con la misma eficiencia en otra que produzca lo mismo que la primera.

Este Sistema de Colección de Polvos, actualmente trabaja con resultados excelentes en la Planta de Duramax, S.A. de C.V.

Por lo que podemos concluir con orgullo que los objetivos del tema se cumplieron favorablemente.

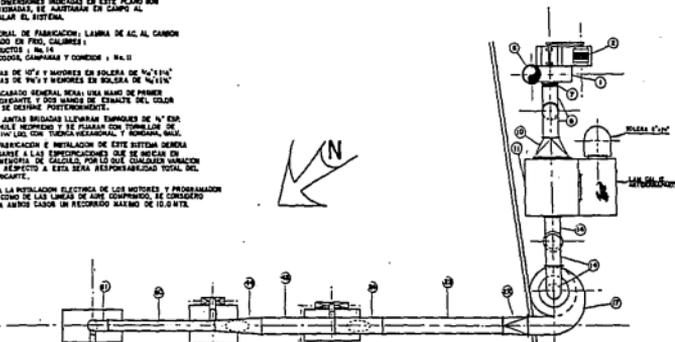
VII. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Industrial Ventilation. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 20th Edition.
- 2.- Fan engineering. Buffalo Forge Company. 7th Edition.
- 3.- Guide for Air to Clutch, Ratios for Pulse Jet, Dust Collectors. Air Engineering.
- 4.- Design of Industrial Ventilation Systems. J. L. Alden & J. M. Kane. Industrial Press Inc. 5th Edition U.S.A. 1985.
- 5.- Chemical Engineering Handbook. R. H. Perry & D. W. Green. 6th Edition U.S.A. 1984.
- 6.- Starr, C., Social Benefits Versus Technological Risk, Science. U.S.A. 1969.
- 7.- Industrial Exhausters. Champion Blower & Forge Inc. No. Cat. IE 100 9-82.
- 8.- Air Pollution Control Equipment. L. Theodore & A. J. Buonicore. Prentice Hall. U.S.A. 1982.
- 9.- Handbook of Air Pollution Technology. S. Calvert & H. M. Englund. Wiley Interscience. U.S.A. 1984.
- 10.- Handbook of Ventilation for Contaminant Control. H. J. McDermontt. Arbor Science Publishers Inc. U.S.A. 1982.
- 11.- Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1^a Edición en Español. México, 1987.

APENDICE I.

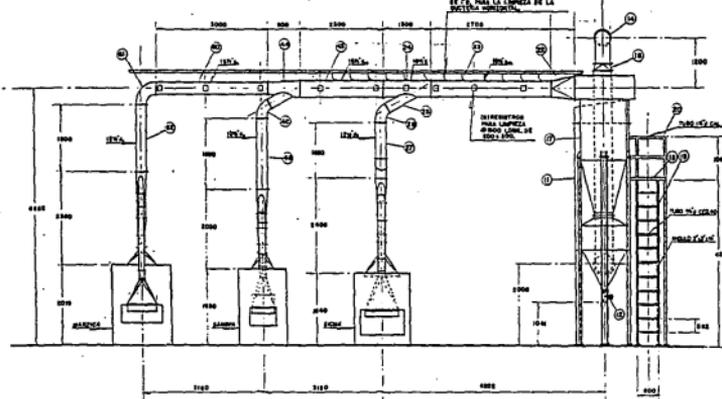
NOTAS GENERALES

- 1.- LAS DIMENSIONES INDICADAS EN ESTE PLANO SON APROXIMADAS, SE AJUSTARAN EN CAMPO AL MECANICAL DEL SISTEMA.
- 2.- MATERIAL DE FABRICACION: LAMINA DE AC. AL CARBON PULIDO EN FRO, CALIBRES: EN CUBIETA 1 No. 14 EN CUBETA, CAMPANAS Y CONECTOR 1 No. 11
- 3.- BOMBAS DE V.V. Y MOTORES DE POLICIA DE 1/2 HP. BOMBAS DE V.V. Y MOTORES DE POLICIA DE 1/2 HP. ACABADO GENERAL SEÑAL UNA MANO DE PUNTERO INTERMEDIAS Y DOS MANOS DE TRABAJO DEL COLOR QUE SE DETERMINE POSTERIORMENTE.
- 4.- LAS ZONAS INDICADAS CON PUNTEROS DE N.º 100 DE HOLE MEDIDAS Y SE PUNTERAN CON TORNILLO DE VAINA Y UN CON TORNILLO VESICULAR Y BORNAL, N.º 10.
- 5.- LA PLACACION Y INSTALACION DE ESTE SISTEMA DEBEA AJUSTARSE A LAS DIMENSIONES QUE SE MUESTRAN EN LOS DISEÑOS DE CALIDAD, POR LO QUE CUALQUIER MODIFICACION CON RESPECTO A ESTA DEBE RESPONDERSE TOTAL DEL FABRICANTE.
- 6.- PARA LA INSTALACION ELECTRICA DE LOS MOTORES Y PROGRAMACION ASÍ COMO DE LAS LINEAS DE AIRE COMPRIMIDO, SE CONSIDERA PARA AMBOS CASOS UN RECORRIDO MAXIMO DE 10.0 MTS.

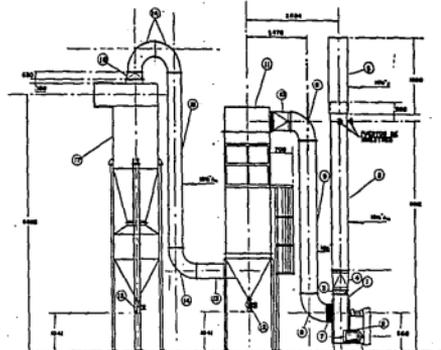


PLANTA

SEI SOBRES TALL 50" PARA UN VOLUMEN DE 12.000 PPM PARA UN CARGA DE 100 KG. PARA LA CUBETA DE LA BOMBAS DE V.V.



ELEVACION



VISTA "A-A"

DATOS DE DISEÑO

VOLUMEN DE AIRE CON POLVOS: 4.681 M³ MIN.
 TEMPERATURA: 15.0°C (60°F)
 TIPO DE POLVOS: MATERIAL DE VIDRIO, VIDRIOS Y VIDRIO
 TIPO DE PARTICULAS: 1.5 MICRAS Y MOTORES
 CARGA DE POLVOS: 1.0 KG/CM² (4.0 LB/CM²)
 CARGA DE PRESION DEL SISTEMA: 1.0 CA (10.3)
 AREA DE FILTRACION REQUERIDA: 4.76 M²
 EFICIENCIA DE COLECCION: 90 - 95%
 RELACION DE FILTRACION REQUERIDA: 4.76 M²
 AREA DE FILTRACION REQUERIDA: 1.15 M²
 CANTIDAD DE AIRE COMPRIMIDO: 11.5 SCFM (326 M³)
 PRESION DE AIRE COMPRIMIDO: 10.0 SCFM (326 M³)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CUBETA	M ²	1.15	1.00	1.15
2	CAMPANA	M ²	1.15	1.00	1.15
3	CONECTOR	M ²	1.15	1.00	1.15
4	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
5	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
6	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
7	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
8	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
9	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
10	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
11	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
12	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
13	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
14	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
15	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
16	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
17	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
18	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
19	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15
20	DUCTO	M ²	1.15	1.00	1.15



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE CIENCIAS SUPERIORES CUATITLÁN

ASPECTO GENERAL SISTEMA DE COLECCION DE POLVOS EN AREA DE LIADGRAS.

DURAMAX, S.A. DE C.V.
 CALLE 1000 No. 10
 P.O. BOX 1000

APENDICE II.



CENTRO DE CONTROL TOTAL DE CALIDADES, S. A. DE C. V.

PUEBLA No. 282 COL. ROMA 08700 MEXICO, D.F.
APOD. POSTAL 8-983 08600 MEXICO, D.F.

TELS: 525-4010 525-1402 207-6495 FAX: 207-8150
207-6817 525-2018 208-0123

ALIMENTOS • BEBIDAS • MEDICAMENTOS • COSMÉTICOS • AGROINDUSTRIA
DESARROLLO DE PRODUCTOS • INDUSTRIA QUÍMICA EN GENERAL

REF: 4433-91

O. T. 57811

Muy señores nuestros:

A continuación se servirán encontrar los resultados de las determinaciones efectuadas a una muestra identificada como MUESTRA # 2, enviada por Ustedes a este Centro para su estudio.

F.O. 2636
MUESTRA # 2

GRANULOMETRIA:

Retenido en la Malla No. 10	0.0 %
Retenido en la Malla No. 20	0.4 %
Retenido en la Malla No. 50	20.8 %
Retenido en la Malla No. 100	28.0 %
Retenido en la Malla No. 150	6.0 %
Retenido en la Malla No. 200	6.0 %
Que pasa al fondo	38.8 %

Esperando que los resultados obtenidos les sean de utilidad, nos es grato saludarlos.

Atentamente
CENTRO DE CONTROL

Ing. José Carlos Alvarez Rivero.
O.F.D. Margarita Medina Bustamante.



CENTRO DE CONTROL TOTAL DE CALIDADES, S. A. DE C. V.

PUEBLA No. 282 COL. ROMA 08700 MEXICO, D. F.
APOD. POSTAL 8-983 08600 MEXICO, D. F.

TELE: 525-4010 525-1402 207-6495 FAX: 207-8150
207-8617 525-2018 206-0123

ALIMENTOS • BEBIDAS • MEDICAMENTOS • COSMÉTICOS • AGROINDUSTRIA
DESARROLLO DE PRODUCTOS • INDUSTRIA QUIMICA EN GENERAL

REF: 4453-71

O.T. 57811

Muy señores nuestros:

A continuación se servirán encontrar los resultados de las determinaciones efectuadas a una muestra identificada como MUESTRA # 1, enviada por Ustedes a este Centro para su estudio.

F.O. 2636
MUESTRA # 1

GRANULOMETRIA:

Retenido en la Malla No. 10	0.0 X
Retenido en la Malla No. 20	0.8 X
Retenido en la Malla No. 50	12.0 X
Retenido en la Malla No. 100	30.0 X
Retenido en la Malla No. 150	8.0 X
Retenido en la Malla No. 200	12.0 X
Que pasa al fondo	37.2 X

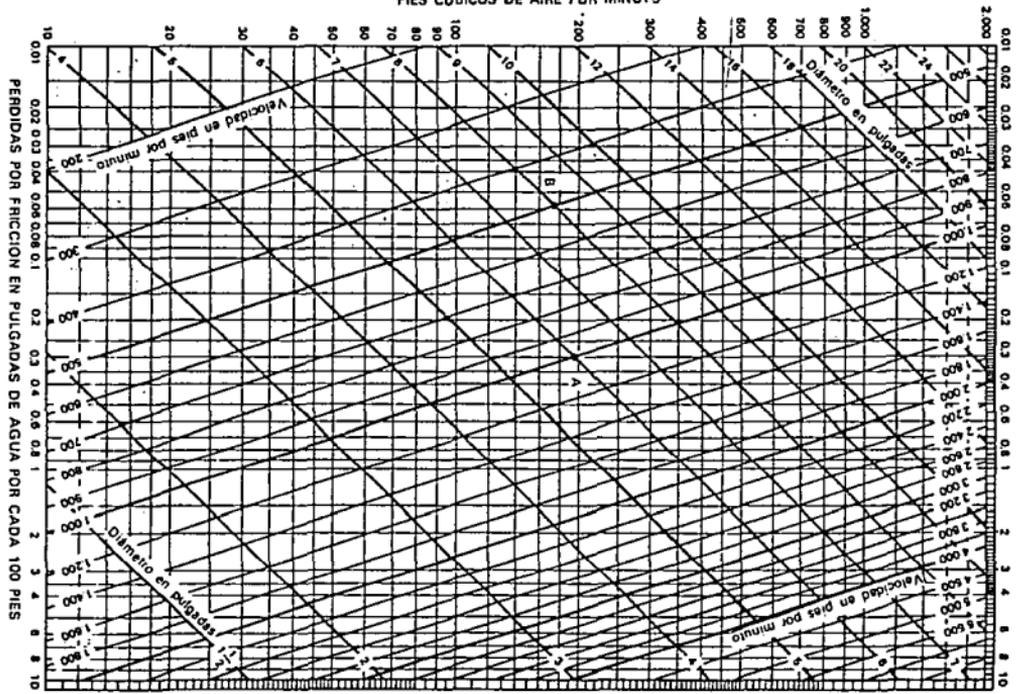
Esperando que los resultados obtenidos les sean de utilidad, nos es grato saludarles.

Atentamente
CENTRO DE CONTROL

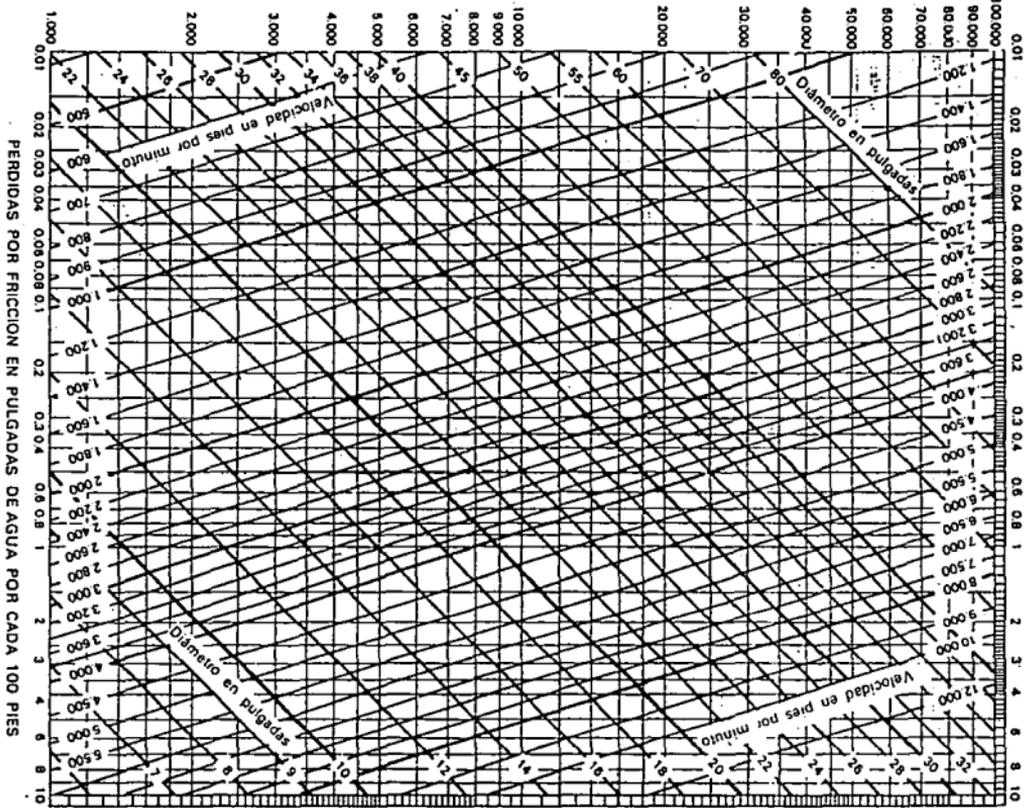
Ing. José Carlos Alvarez Rivero.
D.F.D. Margarita Medina Bustamante.

APENDICE III.

PIES CUBICOS DE AIRE POR MINUTO



PIES CUBICOS DE AIRE POR MINUTO



APENDICE IV.

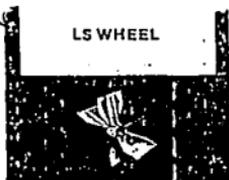


PERFORMANCE DATA

LS WHEEL



WHEEL	2 1/2" DIA.	6.41 x RPM = TIPSPEED
OUTLET	1 1/2" x 1 1/4" O.D.	1.13 SQ. FT. INSIDE
INLET	1 1/2" O.S. DA.	1.14 SQ. FT. INSIDE



SHADED AREA OF TABLES REQUIRE EXTRA HEAVY SHAFT & BEARINGS

VOLUME CFM	OUTLET VEL. FPM	STATIC PRESSURE																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
1130	1000	580	0.33	798	0.71	971	1.13	1121	1.68	1254	2.24	1373	3.06	1483	3.74	1585	4.73	1682	5.51
1356	1200	591	0.46	802	0.82	976	1.28	1122	1.76	1253	2.40	1374	3.06	1483	3.74	1585	4.73	1682	5.51
1582	1400	608	0.47	820	0.84	986	1.28	1131	1.99	1255	2.50	1374	3.20	1484	4.02	1521	5.49	1617	6.58
1808	1600	629	0.56	850	1.06	996	1.62	1138	2.22	1262	2.84	1377	3.42	1484	4.00	1586	4.91	1682	5.79
2034	1800	652	0.67	843	1.19	1008	1.80	1140	2.44	1273	3.12	1385	3.83	1490	4.48	1588	5.14	1683	5.94
2260	2000	677	0.79	862	1.36	1019	1.98	1160	2.67	1284	3.39	1396	4.15	1499	4.93	1596	5.69	1688	6.41
2486	2200	700	0.93	883	1.53	1032	2.18	1171	2.91	1295	3.68	1407	4.48	1510	5.30	1606	6.15	1676	7.02
2712	2400	733	1.08	905	1.74	1051	2.43	1181	3.16	1306	3.98	1418	4.82	1521	5.69	1617	6.58	1707	7.50
2938	2600	765	1.24	929	1.96	1071	2.69	1197	3.46	1316	4.29	1429	5.18	1533	6.09	1629	7.03	1718	7.99
3164	2800	797	1.46	954	2.21	1093	2.97	1216	3.79	1329	4.63	1439	5.55	1543	6.51	1639	7.49	1720	8.44
3390	3000	832	1.70	980	2.47	1118	3.29	1237	4.14	1347	5.02	1451	5.94	1553	6.94	1650	7.97	1740	9.02
3616	3200	867	1.95	1006	2.76	1140	3.63	1258	4.51	1367	5.94	1468	6.90	1565	7.98	1660	8.96	1751	9.94
3842	3400	903	2.24	1038	3.08	1165	4.01	1281	4.92	1387	6.89	1487	7.89	1580	8.89	1671	8.96	1761	10.1
4068	3600	940	2.56	1069	3.43	1191	4.40	1304	5.37	1409	6.95	1506	7.90	1599	8.96	1686	9.53	1772	10.7
4294	3800	977	2.91	1101	3.81	1217	4.81	1329	5.89	1432	6.97	1528	7.95	1618	9.06	1703	10.2	1787	11.3
4520	4000	1015	3.28	1135	4.23	1246	5.26	1354	6.36	1455	7.97	1550	8.51	1639	9.58	1724	10.9	1803	12.0
4746	4200	1054	3.72	1169	4.69	1274	5.74	1381	7.49	1480	8.01	1573	9.16	1663	10.3	1744	11.4	1824	12.4
4972	4400	1092	4.18	1204	5.19	1308	6.27	1407	8.04	1509	8.68	1596	9.84	1683	11.0	1764	12.3	1844	13.4
5198	4600	1130	4.66	1239	5.73	1340	6.84	1436	9.04	1531	9.30	1621	10.6	1706	11.8	1788	13.0	1866	14.4
5424	4800	1168	5.16	1276	6.32	1373	7.45	1468	8.67	1557	9.97	1646	11.3	1730	12.6	1811	13.8	1888	15.4
5650	5000	1207	5.68	1313	6.94	1408	8.01	1497	9.36	1589	10.3	1672	12.1	1755	13.4	1834	14.8	1910	16.1
5876	5200	1246	6.21	1349	7.61	1442	8.82	1529	10.1	1614	11.5	1698	12.9	1780	14.3	1858	15.7	1933	17.1
6102	5400	1285	6.75	1387	8.33	1476	9.58	1562	10.9	1644	12.3	1725	13.7	1806	15.2	1883	16.7	1956	18.1
6328	5600	1325	7.30	1425	9.10	1512	10.4	1595	11.7	1675	13.1	1754	14.6	1832	16.1	1908	17.7	1981	19.2
6554	5800	1365	7.86	1463	9.82	1551	11.2	1629	12.6	1707	14.0	1784	15.6	1862	17.1	1934	18.6	2006	20.3
6780	6000	1405	8.43	1502	10.55	1589	11.8	1664	13.6	1760	15.0	1834	16.5	1907	18.1	1980	19.8	2032	21.5
7006	6200	1445	9.01	1541	11.7	1621	13.1	1699	14.6	1773	16.0	1844	17.6	1917	19.2	1987	20.9	2058	22.6
7232	6400	1485	9.60	1580	12.4	1659	14.2	1734	15.6	1807	17.1	1878	18.1	1947	20.4	2016	22.1	2084	23.8
7458	6600	1525	10.20	1619	13.2	1698	15.2	1770	16.7	1841	18.5	1911	19.4	1978	21.6	2045	23.3	2111	25.1

VOLUME CFM	OUTLET VEL. FPM	STATIC PRESSURE																	
		10		11		12		13		14		15		16		18		20	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
2034	1800	1773	6.87	1859	7.85	1941	8.84	2021	9.84	2097	10.8	2171	11.8	2242	12.9	2310	13.9	2374	15.0
2260	2000	1776	7.14	1860	8.04	1943	9.06	2021	10.1	2097	11.2	2170	12.4	2242	13.5	2310	14.5	2374	15.6
2486	2200	1783	7.82	1866	8.62	1945	9.42	2023	10.4	2098	11.5	2172	12.6	2242	13.8	2310	14.7	2374	16.7
2712	2400	1792	8.44	1873	9.38	1953	10.2	2029	11.1	2102	12.3	2173	13.9	2244	14.1	2310	14.6	2374	16.0
2938	2600	1803	9.07	1885	9.98	1962	11.0	2038	12.0	2109	13.0	2180	14.0	2248	15.0	2310	14.8	2374	16.3
3164	2800	1815	9.52	1895	10.6	1974	11.6	2047	12.7	2118	13.8	2188	14.8	2256	15.9	2310	14.8	2374	16.3
3390	3000	1826	10.1	1907	11.2	1984	12.3	2058	13.4	2129	14.6	2198	15.6	2265	16.9	2310	14.9	2374	16.7
3616	3200	1837	10.7	1918	11.8	1995	13.0	2069	14.1	2141	15.3	2210	16.5	2276	17.8	2310	15.0	2374	17.5
3842	3400	1847	11.3	1928	12.5	2006	13.7	2081	14.9	2152	16.1	2221	17.4	2287	18.6	2310	15.1	2374	18.2
4068	3600	1857	11.9	1938	13.1	2017	14.4	2091	15.6	2162	16.9	2231	18.2	2298	19.2	2310	15.2	2374	18.9
4294	3800	1868	12.5	1949	13.8	2027	15.1	2102	16.8	2173	18.1	2243	19.4	2310	20.4	2310	15.3	2374	19.6
4520	4000	1883	13.2	1961	14.5	2039	15.8	2112	17.2	2184	18.6	2253	20.0	2321	21.4	2440	24.2	2549	27.2
4746	4200	1901	14.0	1975	15.3	2054	16.6	2123	18.0	2195	19.5	2264	20.9	2331	22.3	2459	25.1	2580	28.3
4972	4400	1920	14.9	1994	16.2	2064	17.5	2135	18.9	2206	20.3	2274	21.8	2341	23.3	2470	26.0	2591	29.4
5198	4600	1940	15.7	2013	17.1	2083	18.4	2150	19.8	2221	21.2	2288	22.7	2354	24.3	2489	27.4	2601	30.5
5424	4800	1961	16.6	2032	18.0	2102	19.3	2169	20.8	2240	22.1	2307	23.6	2373	25.3	2490	28.5	2612	31.6
5650	5000	1983	17.5	2053	19.0	2121	20.5	2189	21.5	2256	23.4	2315	24.9	2378	26.4	2501	29.7	2622	33.1
5876	5200	2005	18.5	2075	20.0	2142	21.5	2208	22.5	2274	24.6	2334	26.1	2394	27.6	2514	30.9	2633	34.3
6102	5400	2028	19.6	2097	21.0	2160	22.6	2228	24.2	2291	25.8	2353	27.4	2412	29.0	2529	32.2	2644	35.4
6328	5600	2051	20.7	2120	22.2	2182	23.7	2250	25.6	2312	27.0	2373	28.7	2432	30.2	2548	33.6	2655	36.5
6554	5800	2075	21.9	2143	23.4	2204	24.6	2272	26.6	2334	28.3	2393	30.0	2452	31.5	2567	35.1	2666	37.6
6780	6000	2100	23.1	2166	24.7	2226	26.1	2295	27.9	2356	29.6	2415	31.3	2473	33.1	2586	36.4	2677	38.7
7006	6200	2126	24.5	2192	26.0	2255	27.7	2318	29.3	2378	31.0	2437	32.8	2495	34.6	2606	38.2	2688	40.8
7232	6400	2151	25.8	2217	27.1	2284	29.1	2341	30.8	2401	32.5	2460	34.2	2517	36.1	2627	39.8	2700	42.9
7458	6600	2177	27.2	2243	28.4	2310	30.5	2367	32.3	2426	34.1	2485	35.9	2541	37.6	2648	40.8	2711	45.0
7684	6800	2205	28.1	2268	30.2	2330	31.2	2387	33.2	2446	35.5	2504							

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



PERFORMANCE DATA

WHEEL	2 1/2" DIA.	6.41 x RPM = TIPSPEED
OUTLET	1 1/4" x 1 1/8" O.D.	1.13 SQ. FT. INSIDE
INLET	1 1/4" O.S.	1.14 SQ. FT. INSIDE

H35 LS
LS WHEEL



SHADED AREA OF TABLES REQUIRE EXTRA HEAVY SHAFT & BEARINGS

VOLUME CFM	OUTLET VEL. FPM	STATIC PRESSURE																							
		20		21		22		23		24		25		26		27		28							
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP						
3616	3200	2525	22.7	2584	23.9	2642	25.0	2499	26.2	2754	27.4	2809	28.5	2862	29.7	2915	31.1	2968	32.7						
3842	3400	2535	23.9	2593	25.2	2650	26.4	2706	27.6	2762	28.8	2816	30.2	2869	31.5	2922	32.7	2973	34.0						
4068	3600	2546	25.0	2604	26.4	2660	27.8	2716	29.2	2770	30.6	2824	32.0	2877	33.3	2929	34.6	3008	35.9						
4294	3800	2557	26.1	2615	27.5	2672	28.9	2727	30.4	2781	31.9	2834	34.4	2886	34.9	2937	36.4	3008	37.8						
4520	4000	2569	27.2	2626	28.6	2683	30.1	2738	31.7	2792	33.2	2845	34.7	2897	35.3	2948	37.8	3008	39.4						
4746	4200	2580	28.3	2636	29.8	2694	31.4	2749	32.9	2803	34.5	2856	36.1	2906	37.7	2959	39.3	3008	40.9						
4972	4400	2591	29.4	2649	31.0	2706	32.6	2761	34.2	2815	35.8	2868	37.5	2920	39.1	2970	40.8	3020	42.4						
5198	4600	2601	30.6	2659	32.0	2716	33.9	2772	35.5	2826	37.2	2879	38.8	2931	40.5	2982	42.2	3032	44.0						
5424	4800	2612	31.8	2670	33.5	2727	35.2	2782	36.9	2837	38.6	2890	40.3	2942	42.0	2993	43.6	3043	45.5						
5650	5000	2622	33.1	2680	34.8	2732	36.3	2787	38.2	2842	40.0	2895	41.7	2947	43.5	3000	45.3	3054	47.1						
5876	5200	2633	34.3	2691	36.1	2748	37.8	2803	39.6	2858	41.4	2911	43.2	2963	45.0	3015	46.9	3065	48.7						
6102	5400	2644	35.6	2701	37.4	2758	39.2	2814	41.0	2868	42.9	2922	44.7	2974	46.6	3025	48.5	3075	50.4						
6328	5600	2659	37.0	2714	38.8	2769	40.6	2824	42.5	2879	44.4	2932	46.3	2984	48.2	3036	50.1	3086	52.1						
6554	5800	2675	38.1	2726	40.3	2783	42.1	2838	44.2	2893	46.4	2947	47.8	2999	49.3	3046	51.8	3096	53.8						
6780	6000	2685	40.2	2747	41.9	2799	43.7	2854	45.7	2907	47.5	2963	49.4	3005	51.4	3057	53.1	3107	55.5						
7006	6200	2714	41.8	2766	43.7	2817	45.5	2869	47.3	2918	49.2	2968	51.2	3018	53.1	3067	55.1	3117	57.2						
7232	6400	2733	43.5	2785	45.4	2836	47.3	2886	49.2	2936	51.1	2984	53.0	3033	55.0	3081	57.0	3129	59.1						
7458	6600	2753	45.3	2805	47.2	2856	49.2	2905	51.1	2955	53.1	3002	55.0	3050	57.0	3098	59.0	3144	61.0						
7684	6800	2775	47.1	2826	49.1	2875	51.1	2925	53.1	2973	55.1	3021	57.1	3068	59.1	3115	61.1	3140	63.1						
7910	7000	2797	48.9	2847	51.0	2896	53.0	2945	55.1	2993	57.1	3041	59.2	3087	61.3	3134	63.3	3178	65.4						
8136	7200	2819	50.8	2869	52.9	2918	55.0	2966	57.1	3013	59.2	3061	61.3	3107	63.5	3153	65.6	3198	67.7						
8362	7400	2842	52.8	2891	54.9	2940	57.1	2988	59.2	3034	61.4	3080	63.5	3127	65.7	3172	67.9	3217	70.1						
8588	7600	2864	55.0	2913	57.0	2962	59.1	3009	61.3	3056	63.5	3102	65.7	3147	67.9	3192	70.1	3237	72.5						
8814	7800	2887	57.2	2934	59.2	2984	61.4	3031	63.5	3078	65.8	3124	68.0	3169	70.4	3213	72.6	3257	74.9						
9040	8000	2911	59.5	2959	61.6	3007	63.8	3054	65.9	3100	68.1	3146	70.4	3191	72.8	3235	75.1	3278	77.4						
9266	8200	2935	61.8	2983	64.0	3030	66.2	3077	68.4	3123	70.7	3168	72.9	3213	75.2	3257	77.6	3300	80.0						
9492	8400	2960	64.2	3007	66.5	3054	68.7	3100	71.1	3146	73.3	3191	75.5	3235	77.8	3279	80.2	3322	82.6						
9718	8600	2984	66.7	3031	69.0	3081	71.3	3127	73.5	3173	75.6	3218	78.0	3262	80.6	3304	82.9	3344	85.3						
9944	8800	3010	69.2	3057	71.6	3103	74.0	3148	76.3	3193	78.7	3237	81.1	3281	83.4	3324	85.3	3377	88.2						
10170	9000	3036	71.8	3082	74.3	3128	76.7	3173	79.1	3217	81.5	3261	83.9	3304	86.4	3347	88.8	3390	91.2						
10396	9200	3062	74.4	3108	77.0	3153	79.5	3198	81.4	3242	84.4	3285	86.9	3328	89.3	3371	91.8	3433	94.3						

VOLUME CFM	OUTLET VEL. FPM	STATIC PRESSURE																							
		29		30		31		32		34		36		38		40		42							
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP						
3616	3200	3020	34.3	3072	35.4	3122	37.6	3172	39.3	3249	42.7	3363	46.3	3455	49.9	3545	53.4	3632	56.9						
3842	3400	3023	35.2	3073	36.4	3123	38.1	3173	39.8	3270	43.3	3364	46.9	3456	50.2	3545	54.3	3632	58.1						
4068	3600	3031	37.2	3082	38.5	3129	39.8	3177	41.1	3271	43.9	3365	47.5	3457	51.2	3546	55.0	3633	58.8						
4294	3800	3038	39.2	3088	40.5	3136	41.9	3184	43.3	3278	46.1	3373	49.8	3465	51.9	3548	55.7	3635	59.6						
4520	4000	3047	41.0	3096	42.4	3144	44.0	3192	45.5	3285	48.4	3376	51.3	3465	54.2	3551	57.1	3636	60.3						
4746	4200	3058	42.5	3105	44.2	3154	45.8	3201	47.5	3293	50.7	3384	53.7	3472	56.4	3558	59.8	3642	62.9						
4972	4400	3069	44.1	3118	45.8	3165	47.5	3212	49.2	3303	52.7	3392	56.2	3480	59.4	3566	62.6	3645	65.8						
5198	4600	3081	45.9	3129	47.4	3176	49.2	3223	50.9	3314	54.5	3403	58.1	3489	61.7	3573	65.3	3657	68.6						
5424	4800	3092	47.3	3140	49.1	3188	50.9	3234	52.7	3326	56.3	3414	60.0	3500	63.7	3584	67.5	3666	71.3						
5650	5000	3105	48.9	3153	50.3	3199	52.6	3241	54.6	3337	58.2	3423	61.9	3512	65.8	3595	69.6	3677	73.5						
5876	5200	3115	50.4	3163	52.4	3210	54.6	3257	56.2	3348	60.1	3437	63.9	3523	67.8	3607	71.8	3689	75.8						
6102	5400	3125	52.3	3174	54.2	3221	56.1	3268	58.0	3359	62.0	3448	65.9	3534	69.9	3618	74.0	3700	78.1						
6328	5600	3135	54.0	3184	56.0	3232	57.9	3279	59.9	3371	63.9	3459	67.9	3545	72.0	3629	76.2	3711	80.4						
6554	5800	3146	55.8	3194	57.8	3242	59.8	3289	61.8	3381	65.9	3470	70.0	3557	74.2	3641	78.4	3722	82.7						
6780	6000	3156	57.5	3205	59.6	3253	61.7	3300	63.8	3422	67.9	3481	72.1	3568	76.4	3652	80.7	3734	85.0						
7006	6200	3167	59.3	3215	61.6	3263	63.6	3310	65.7	3432	70.0	3491	74.3	3578	78.6	3663	83.0								
7232	6400	3177	61.1	3226	63.3	3274	65.5	3321	67.6	3442	72.0	3502	76.4	3588	80.9	3673	85.4								
7458	6600	3191	63.1	3237	65.2	3284	67.4	3331	69.6	3453	74.1	3512	78.6	3599	83.2	3683	87.8								
7684	6800	3206	65.2	3252	67.4	3298	69.5	3342	71.7	3463	76.2	3523	80.8	3609	85.5	3694	90.2								
7910	7000	3224	67.5	3267	69.5	3312	71.7	3357	73.9	3484	78.4	3543	83.1	3620	87.8	3704	92.6								
8136	7200	3242	69.8	3282	72.0	3329	74.1	3372	76.2	3499	80.8	3564	85.4	3630	90.2	3715	95.1								
8362	7400	3261	72.2	3305	74.4	3348	76.6	3391	78.8	3518	83.2	3585	87.9	3641	92.6	3725	97.6								
8588	7600	3281	74.7	3324	76.9	3367	79.2	3409	81.4	3542	85.9	3594	90.5	3656	95.3	3736	100.								
8814	7800	3301	77.2	3344	79.5	3386	81.8	3428	84.1	3561															

APENDICE V.

NOMENCLATURA.

Con el objeto de evitar confusiones sobre la nomenclatura utilizada durante el desarrollo de la memoria de cálculo, a continuación indicamos el significado de cada una de estas conforme al orden de aparición:

VP = presión velocidad.

PCMA = pies cúbicos por minuto reales.

P.P.M. = pies por minuto.

"Hg = presión (pulgadas de mercurio).

°C = grados centígrados.

°F = grados Fahrenheit.

'S.N.M. = pies sobre el nivel del mar.

*C.A = pulgadas columna de agua.

B.H.P = potencia al freno requerida.