

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA INSTALAR UN COLECTOR DE POLVOS
EN UNA FABRICA DE ARTICULOS DE MADERA

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
PRESENTA: Pablo Héctor Genina Cervantes

México, D.F.

1966

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

Jurado asignado:

Presidente Prof. Eduardo Rojo y de Regil

Vocal Prof. José Francisco Guerra Recasens

Secretario Prof. Ernesto Perez Santana

Primer Suplente Prof. Alejandro Ifiguez Hernández

Segundo Suplente Prof. Rodolfo Torres Barrera

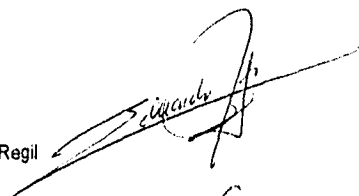
Sitio donde se desarrolló el tema.

Taller de carpintería "San Agustín"

Manufacturas Genina.

Asesor del Tema:

Eduardo Rojo y de Regil



Sustentante:

Pablo Héctor Genina Cervantes



I N D I C E

INTRODUCCION	7
--------------	---

CAPITULOS

I.- PROCESO DE FABRICACION

<i>Materias primas</i>	12
Maderas	12
Triplays	14
Laminados	14
Recubrimientos	14
Herrajes	18
Empaques y Embalajes	19
<i>Descripción del proceso de fabricación</i>	20
Preparación	20
Labrado	24
Armado	26
Terminado	26

II.- GENERACION DE POLVO

<i>Clasificaciones de los polvos</i>	28
<i>Propiedades del polvo</i>	28
<i>Riesgos potenciales</i>	32
<i>Fuentes generadoras de polvo</i>	41

III.- ANALISIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES

<i>Mecanismos de colección</i>	58
<i>Equipos de colección</i>	60
<i>Cámaras de gravedad</i>	60
<i>Separadores de impacto</i>	60
<i>Ciclones*</i>	62
<i>Lavadoras</i>	70
<i>Filtros</i>	84

IV.- DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS ADECUADA.

<i>Colector de ciclón</i>	92
Descripción general del equipo	92
Descripción general del proceso de colección	93
Instalación y operación del sistema	97
Procedimiento de limpieza y mantenimiento	98
<i>Colector de bolsas</i>	101
Descripción general del equipo	101
Descripción general del proceso de colección	103
Instalación y operación del sistema	103
Procedimiento de limpieza y mantenimiento	105

V.- ESTUDIO ECONOMICO

<i>Estudio de Mercado</i>	108
Colector de ciclón	109
Colector de bolsas	111
<i>Estudio de Factibilidad económica</i>	113.
Colector de ciclón	113
Colector de bolsas	114

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

APENDICE A Normatividad

APENDICE B Hojas de datos de los equipos y cotizaciones de estos.

DEDICATORIAS

A quien todo debemos, por quien vivimos y somos, y a ti madre mía por todos los favores recibidos, como una ínfima muestra de agradecimiento en comparación al infinito amor que me han dado sin el cual, la presente no hubiera existido, gracias Señor, gracias madre.

A mis padres y colegas Próspero y Rosa María que con su amor, paciencia y esperanza me han apoyado cotidianamente con su testimonio de lucha permanente hasta este momento tan importante de mi vida profesional, como el mínimo presente en retribución por todo lo que me han dado sin merecerlo, con mucho cariño.

A mis hermanos, Pepe, Víctor y Ala que luego de mis padres han sido el apoyo fundamental de la familia, esperando sea esta un incentivo más en la consecución de todos nuestros futuros objetivos.

A mis tíos Laura y Marcos Sanchez, a Alan McDougall y a "todos los sobrinos" que con su ejemplo de tenacidad, fe, esperanza, caridad y amor nos abrieron el corazón y nos enseñaron una gran parte de todo lo que falta por hacer para cumplir la voluntad de nuestro padre, con enorme aprecio.

A mis abuelitos Pepe y Giuseppe, a mi abuelita Bertha y en especial a Lolita que con sus oraciones y enseñanzas me ayudaron a conocer la bondad de la vida.

A mis tías, Mireya, Delia, Carolina y Cleria y a mi tío Octavio que con su ejemplo me han fortalecido para alcanzar esta meta, de igual forma a todos mis primos que siempre me han apoyado. En especial a mi primo Juan Antonio cuya ayuda en la preparación de la presente fue decisiva, a mis padrinos y primos José Alberto y Octavio.

A mis padrinos Juan y Susana que siempre me han apoyado como un hijo. Gracias por su amor y comprensión.

A mis maestros todos, a mis compañeros y amigos de la facultad en general por toda la ayuda y enseñanzas que me brindaron durante toda mi preparación, en especial a:

Mtro. Héctor Bolívar, Alberto Bremauntz, Enrique Chavez, Ernesto Perez, Rodolfo Torres y Roberto Enriquez.

Como un pequeño agradecimiento a todos mis amigos de ultramar, en especial a las familias: Molandrino, Perón, Cosentino y Klaus. A Bernardo y Elisa y familia, a Liri y familia, Agathe y en fin a todos aquellos que nos ayudaron durante una de nuestras mejores etapas y experiencias de nuestra vida, y que siempre - hasta el día de hoy - estuvieron presentes y fueron una motivación definitiva en la consecución de la presente, como testimonio de que la distancia no hace sino aumentar la fuerza de unión entre los amigos.

INTRODUCCION

El presente estudio tiene como origen el satisfacer la necesidad de colección de los polvos generados en una planta productora de muebles así como de todas aquellas derivadas a la principal y que a continuación se mencionan, entre otras tenemos: Necesidades operativas, estas se refieren principalmente al hecho de poder moverse sin dificultad a través de las instalaciones sin que los polvos producidos al no ser colectados ni removidos temporalmente se acumulen en los alrededores de la fuente productora representando un obstáculo al tránsito de los trabajadores, pudiendo utilizar las distintas máquinas con similar facilidad y evitar así posibles riesgos de accidentes en el manejo de la maquinaria o bien deficiencias en el trabajo y terminación de los productos al no utilizar al máximo las máquinas. Continuando con otro tipo de necesidades tenemos a las sanitarias las cuales se refieren al hecho de contar con un medio ambiente laboral limpio y sano es un requisito indispensable para la obtención de buenos resultados en su sentido más amplio, además se encuentra contemplado en la constitución en su artículo 123 así como en la ley federal del trabajo, normas y reglamentos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca su carencia puede producir entre otras muchas consecuencias algunos accidentes y enfermedades de trabajo que afectan principalmente a las vías respiratorias, gastrointestinales, ojos y piel las cuales pueden ser parciales, temporales o permanentes.

Con respecto a la necesidad de disminución de riesgos potenciales se tiene que, dentro de los principales riesgos que se presentan son los de explosión, de accidentes en general y de incendio. Los de incendio son los más importantes puesto que de diversas formas se encuentran presentes continuamente los factores que son indispensables e iniciadores de un incendio, el combustible que en este caso es el polvo y las fuentes ígneas como las parillas eléctricas en las que se calientan

sus alimentos los trabajadores y que alcanzan elevadas temperaturas. los sistemas de conducción de energía eléctrica, pudiéndose presentar una falla que provocara una chispa o bien que algún trabajador o persona cualquiera provocara la fuente como es al fumar a pesar de que se tiene prohibido hacerlo en el interior del local en todo momento. Al no tenerse controlado y confinado todo el desperdicio de madera y al trabajarse con solventes provenientes de las pinturas utilizadas en el terminado de los artículos es sumamente fácil que se pueda presentar un incendio.

Con respecto a los accidentes en general, estos se pueden presentar cuando al no estar confinado y controlado el polvo producido y al estar en contacto con algunos otros elementos como agua de limpieza pudiera producirse un resbalón y consecuentemente un golpe para el trabajador o bien al estorbarle en su trabajo con las máquinas se pudiera lastimar con ellas mismas.

El riesgo de explosión es mucho menor que los dos anteriores puesto que las condiciones para que se presente son mucho más difíciles de conseguir ya que al estar con una gran ventilación es casi imposible que ocurriera además de que a pesar de no haber un sofisticado sistema de colección si se realiza cotidianamente la limpieza y así se remueve el polvo por lo que nunca se alcanza la concentración necesaria para que se produzca la explosión.

En cuanto a la necesidad de productividad se tiene que en el momento en el que se mejoran las condiciones de trabajo en cuanto a que se tenga un aire limpio para respirar que no les cause ningún tipo de molestia en las vías respiratorias mediante el control y confinamiento del polvo se aumentará el rendimiento y productividad de los trabajadores obteniéndose resultados favorables a corto plazo y mucho más evidentes a largo plazo al no tener problemas de enfermedades de trabajo por esta causa. Aunado a lo anterior también se espera aumentar la calidad de los productos terminados puesto que al encontrarse muy cerca las áreas de producción y terminado esta última presenta problemas de contaminación mismos que se verían reducidos a un mínimo con lo cual disminuiría la cantidad de arreglos que se efectúan de las piezas que se ven afectados con la contaminación del polvo y así se podría producir más y mejor en el mismo tiempo.

Por otro lado se tiene la necesidad ecológica misma que en la actualidad nos indica que el aspecto ecológico de cualquier fuente de contaminantes es de suma importancia de tal forma que su control, manejo y confinamiento son previstos en diferentes leyes y normas y han sido elevados a rangos constitucionales a través de la respectiva secretaría de estado, así en el caso que nos ocupa, al disminuir la emisión al ambiente de los polvos producidos al tenerse controlados y facilitar su manejo y disposición final se cumplirá con las disposiciones legales al respecto evitándose de esta manera cualquier tipo de sanción que pudiera presentarse y que perjudicaría finalmente a la empresa.

Una vez analizado y mencionado las principales necesidades que se presentan se puede proceder al planteamiento del problema para lo cual es indispensable reconocer la situación actual misma que nos indica que no existe un verdadero sistema de colección de polvos, lo único con lo que se cuenta es con cestos que se colocan abajo de la parte donde más se expulsa el polvo y así reciben los polvos que caen dentro de ellos para posteriormente vaciar dichos recipientes a los tambores de 200 litros que luego se depositarán en el camión de basura. Aquellos polvos que son expulsados fuera del alcance de captación de los cestos y que se depositan en el piso son removidos posteriormente por los trabajadores mediante las operaciones cotidianas de limpieza y también son colocados en los tambores. Por lo anterior se presentan una gran cantidad de problemas previamente mencionados que son consecuencias de una casi total carencia de colección de los polvos además de las potenciales consecuencias de los mismos, accidentes, riesgos, enfermedades. Aunado a todo esto existen también planes para un aumento representativo en la producción aumentando de igual forma los problemas y sus respectivas consecuencias por lo que es imprescindible instalar a la brevedad posible un sistema de colección que disminuya al máximo los actuales problemas y que además cuente con la capacidad necesaria para afrontar futuros incrementos en la colección del polvo. Por otro lado el sistema debe cumplir determinados requisitos en muchos otros aspectos diferentes del sólo hecho de colección tales como:

económicos, legales, operativos, mismos que a posteriormente mencionaremos más detalladamente

Una vez que se ha determinado y planteado el problema se procede a exponer algunas soluciones propuestas, dentro de las cuales están: instalar un sistema de colección compuesto por un colector de ciclón que de servicio a las máquinas que por su servicio y gran uso son las que producen la mayor cantidad de polvos y biruta como son el torno, cepillo, sierra circular, trompo y canteadora y de un colector de bolsas para las otras máquinas que por su localización y uso no producen una gran cantidad de polvos como son la lijadora, sierra cinta, taladro, escoplo y router, así mismo se mencionan algunas otras opciones en cuanto al aumento de unidades de colección y modificación con respecto a la colocación de las máquinas a los colectores debido esto principalmente al aumento en la generación del polvo al aumentarse la producción.

Las soluciones propuestas cumplen una gran cantidad de condiciones de todo tipo haciéndolo de una manera que promediada y en comparación con otras opciones resultan no sólo viables sino las mejores, así son viables prácticamente puesto que tienen una sobrada capacidad de colección de tal forma que cubren no sólo las necesidades inmediatas sino futuros aumento de las mismas, además están basadas en experiencias favorables previas, es decir, no se corre gran riesgo en cuanto a su funcionalidad pudiéndose constatar lo anterior con las visitas realizadas a instalaciones similares y de mayor capacidad como lo fueron a la maderería La "Nueva Reforma" en la colonia portales y la fábrica de muebles "SAMU" en el estado de México, aunado a esta experiencia se cuenta también con el conocimiento de los sistemas propuestos a través de una visita a una feria internacional de maquinaria para artículos de madera en general y en donde se constató la efectividad de los colectores además de conocerse a los principales productores de los mismos, de igual forma se cuenta con una enorme experiencia en cuanto al manejo en general del negocio puesto que este tiene ya 25 años de existencia, así con todo este acervo de conocimientos del problema se puede tomar la decisión sin tanto riesgo. La solución también es económicamente viable puesto que el costo se encuentra dentro de la capacidad financiera de la empresa y su amortización es casi inmediata por las ventajas y mejoras que simultáneamente producirá, mientras

que sus costos de operación y mantenimiento son mínimos, en cuanto a su operación y mantenimiento es sumamente accesible ya que no presenta ningún trabajo su instalación y la disponibilidad de refacciones es buena sin embargo se propone comprar aquellas partes que pudieran verse afectadas en un corto plazo de tal forma que no ocasionaran el paro inmediato del sistema ante una falla repentina y así permitirnos una operación continua mientras se consiguen sus refacciones, además por la simplicidad del sistema se puede disponer de servicio y refacciones similares en el país lo que aumenta aún más la facilidad de operación del mismo. Finalmente una vez que han expuesto las distintas soluciones posibles se mencionan los principales objetivos que persigue la tesis los cuales son producto y por lo mismo parte fundamental de las soluciones y así dentro de estos tenemos:

- Realizar un estudio técnico-económico para solucionar el problema de la colección de polvos en la fábrica de productos de madera " San Agustín " y terminar con todos los problemas derivados de la carencia del sistema colector compuesto por uno o varios colectores de bolsas y ciclón mediante su instalación.
- Recopilar la mayor cantidad de información posible al respecto como es la capacidad actual y futura de la fábrica, conocer los diferentes colectores que sean aptos para solucionar el problema así como un estudio económico de los mismos tratando de respaldar las conclusiones favorables del estudio mediante experiencias previas favorables, es decir, instalaciones funcionales favorablemente actuales de tal manera que el presente estudio aporte verdaderamente las suficientes herramientas para su materialización y consecución así de su objetivo.
- Conocer el estado actual de la colección de polvos y de todos los problemas que ocasiona su carencia así como las necesidades que surjan para solucionar el problema y los beneficios que produciría su instalación como el aumento de la calidad de los productos que a su vez producirá un aumento en las ventas y esto al final un mejor posicionamiento de la fábrica en el mercado de tal forma que se pueda evaluar ampliamente la viabilidad costo-beneficio del proyecto y así poder definir un posición ya sea favorable o no al respecto.

CAPITULO I.- PROCESO DE FABRICACION.

Materias primas.

Maderas

Pino.

Esta madera representa el 75 % del consumo actual puesto que desde hace más de 8 años se inició el cambio de maderas - por el alto costo, poca disponibilidad y futuros problemas - semipreciosas como el cedro y caoba que representaban el 99 % a maderas más accesibles como el pino.

Características.¹

Es de color amarillo con diferentes tonalidades dependiendo de la beta que son generalmente tonos vivos cafés, verdes y grises, tiene una gran cantidad de nudos color café oscuro lo que le imparte particularidad especial. No es dura, con poca porosidad y buena resistencia, presenta una gran versatilidad en su uso, en nuestro país hay bastante en el Norte en Chihuahua y Durango principalmente además se consigue en todas cantidades importada de Estados Unidos y Canadá.

Se vende en diferentes presentaciones como:

Tablones de 10 y 12 pulgadas de ancho por 8 pies de largo con diferentes groesos y calidades siendo estos últimos de 3/4 , 1 , 1 1/2 , 2 pulgadas y de primera, segunda y tercera calidad.

También se encuentra la llamada tableta que es de aproximadamente de 3 a 5 pies de largo y de 4 a 6 pulgadas de ancho y de 3/4 de pulgadas de espesor con la diferencia de ser ésta siempre de tercera clase.

¹ Las presentaciones comerciales mencionadas son aquellas que se consumen regularmente en la elaboración de los muebles, además de éstas existen otras de diferentes dimensiones y que se destinan para otros usos como es el de la construcción y embalaje, así tenemos las vigas, polines, estibas y cimbra. Datos obtenidos de los directamente del proveedor. Grupo Maderero Par Leo y del fabricante. Taller de carpintería San Agustín.

Cedro rojo.²

El cedro rojo representa el 25% aproximadamente del consumo. Esta madera es semi preciosa originaria del sureste mexicano, Chiapas y Quintana Roo es como su nombre lo indica, rojizo claro, con beta angosta y muy poca porosidad, no es muy dura y también muy versátil para trabajar, de gran resistencia y poco peso.

Se compra en las siguientes presentaciones:

Tablas de 2 a 6 pies de largo con anchos de 3 a 10 pulgadas y espesores de 1,2 y 3 pulgadas. de grueso y sólo de primera calidad.

Caoba.³

Esta madera se utiliza sólo como sustituto del cedro puesto que es de mucho mejor calidad al ser preciosa y en franca extinción por lo que su costo es mucho mayor, es similar al cedro rojo, solo un poco más oscura, más dura y fuerte, de beta más cerrada y presentan un mínimo de nudos.

² Estas maderas se usan en menor escala que el pino dado su alto precio, por lo cual las presentaciones usadas son menores que en el caso del pino, y se destina principalmente a la elaboración de artículos con mayor valor agregado, es decir, con mayor trabajo artesanal de carpintería, como es el torneado. Datos obtenidos directamente del proveedor. Maderas Tzalam. y del fabricante. Taller de carpintería San Agustín

³ Ibid.

Triplays⁴

El triplay es el nombre en inglés y se debe a que es una conglomeración de varias capas de madera sencillas de 1 a 3 milímetros cada una, dependiendo del grueso final y en donde una o dos, según la calidad del material de las capas son de acabado, es decir, que deben ser de la madera a que se refiere el nombre y de primera calidad.

Estos son también de las maderas mencionadas anteriormente y su consumo es similar en cantidad al del total de la madera.

Se compra en hojas de 1.22 mts de ancho y 2.44 mts de largo con espesores de 3,6,9,12,18 milímetros principalmente.

Laminados.⁵

Estos son usados esporádicamente y son de muy distintas variedades, principalmente están hechos de una pasta de desperdicio de madera casi pulverizada y pegamento y en la cara "buena" el terminado que se requiera, caoba, cedro, pino, melamina entre otros.

Su costo es mucho mayor que el triplay - si está terminada - si no, es menor, sin embargo son de inferior calidad en todos aspectos y se destinan principalmente para otros fines diferentes al triplay.

Recubrimientos.

Estos son principalmente pinturas, tintas y solventes.

⁴ Estas materias primas tienen una enorme importancia en la elaboración de cualquier artículo de madera cuyas dimensiones sean mayores a las de las tablas de madera usadas, es decir, de 30 cm de ancho en adelante y también menores en cuanto al espesor de las mismas. Los triplays y aglomerados tienen una gran resistencia estructural diferenciándose principalmente en que los segundos son de una pasta de aserrín, viruta y pegamento y recubiertos de una capa de melamina por lo que ya está terminada la superficie a utilizar mientras que en el caso de los triplay no.

⁵ Ibid 4

Pinturas

Estas se componen principalmente de dos diferentes capas de aplicación independientemente del compuesto de que esten fabricadas, la primera es el sellador y la segunda al terminado las dos son transparentes pudiendo ser la última brillante, mate o semimate.

Poliuretano.⁶

Se utiliza principalmente pintura hecha a base de poliuretano que al ser un polímero está formado por el polímero en sí y su catalizador mezclándose estos en relación de dos a uno respectivamente pudiendo variar las proporciones dependiendo de las necesidades que se requiera en cuanto a la velocidad de secado, que optimamente es de por lo menos 12 horas al final de las cuales se obtiene una película uniforme muy resistente al impacto, temperatura y sus cambios, a la humedad, etc. Se utilizan dos compuestos principalmente, uno llamado sellador que sirve de base al terminado, el sellador cubre a los poros de la madera absorbiéndose una parte en ella, lo que protege a la madera de la humedad principalmente. El terminado como su nombre lo indica es la capa final que se le da al artículo, existen una gran variedad de terminados, utilizándose principalmente brillante, mate y semimate siempre transparente y esporádicamente de un color determinado.

⁶ Se utilizan pinturas hechas a base de poliuretano ya que presentan enormes ventajas con respecto a las de piroxilina como son la dureza, acabado, facilidad de aplicación y mínima proporción de solventes además su precio es similar, la única desventaja que presenta es el secado que es tardado. Datos proporcionados por el proveedor. Acabados Químicos Mexicanos y por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

Nitrocelulosa o piroxilina.⁷

Esta se usa esporádicamente y a diferencia de la anterior no es un polímero, la proporción de solvente que utiliza es mucho mayor y por las actuales leyes en materia ambiental no se recomienda mucho su uso, tiene poca resistencia al impacto pero cubre muy bien y se absorbe muy bien, consta también de una primera capa de sellador y posteriormente una de terminado siendo este de muy buena calidad, es de mayor costo, versatilidad y fácil reparación.

Tintas.⁸

Estas a diferencia de las pinturas permiten ver el poro y la beta de la madera, utilizan como vehículo aceites industriales lo que permite un secado mucho más lento y homogéneo y por lo mismo más fácil de manejar y aplicar que las de base alcohol aunque su absorción en la madera es menor. También se utilizan tintas preparadas en base a las anteriores pero solo que añadiéndoles algunas otras tintas y pinturas para obtener el color deseado, se usan principalmente el color caoba, negro y vino.

Solventes.

Estos se utilizan para disolver según se necesite a las pinturas y las tintas para facilitar la aplicación de las mismas con la pistola de aire son principalmente thinner para las pinturas y gasolina para las tintas.

⁷ Estas pinturas se utilizan esporádicamente sólo bajo indicación expresa del cliente o bien cuando el productor la recomienda para determinados acabados en muebles finos como es el de "muñeca" ya que este material presenta ésta ventaja sobre el de poliuretano con el cual no se puede realizar dicha técnica. Datos proporcionados por el proveedor. Comercial Mexicana de Pinturas, y por el productor Taller de carpintería San Agustín.

⁸ Las tintas se utilizan para impartirle a la madera un color determinado de tal forma que conserve su textura natural y así junto con el color de la madera se obtiene el color final que no es el de la tinta sola, aquí es importante señalar que se utiliza generalmente el pigmento con base de aceite lo cual hace más fácil su aplicación ya que su secado es más lento mientras que en el caso de aquellos con base de alcohol y agua es mucho más rápido lo que en un mueble grande puede causar una variación sustancial en su terminado final puesto que no se alcanza a secar todo el mueble por parte del trabajador, también es importante mencionar que se utilizan tintas de una probada y buena calidad ya que con el paso del tiempo en varios años puede cambiar la tonalidad de los pigmentos si no son de dicha calidad. Datos proporcionados por el proveedor. Sherwin Williams de México y del productor. Taller de carpintería San Agustín.

Thinner

Este se utiliza para facilitar la aplicación por pistola de aire de las pinturas y para lavar y limpiar la pistola de aplicación.

Gasolina

Esta se utiliza principalmente como solvente de las tintas y para lavar maquinaria.

Pegamentos⁹

Se utilizan principalmente de dos tipos, pegamento especial para madera de la marca Resistol 850 o su similar, este pegamento es soluble en agua de gran resistencia y versatilidad con una viscosidad pequeña y buena resistencia al impacto y poco tiempo de secado. El segundo es el pegamento de contacto marca resistol 5000 o similar que es soluble en solventes como el thinner e insoluble en agua, con gran resistencia al impacto y elasticidad de poca viscosidad, este pegamento se utiliza para adherir papeles y algunos otros aditamentos a la madera ya que tiene un gran poder de adhesión.

⁹ Los pegamentos utilizados deben de procurarse de una calidad buena y estable, condiable por ello sin importar que existan otras marcas previamente probadas y que no han dado los mejores resultados se utiliza Resistol, esto es muy importante ya que con un mal pegamento se puede despegar las piezas que no lleven clavos y aún aquellas que los tengan deteriorandose así el producto. Datos proporcionados por el proveedor. Industrias Resistol y del productor Taller de carpintería San Agustín.

Abrasivos ¹⁰

Estos se conocen popularmente con el nombre de "lijas" y hay de dos tipos principales. Las que tienen base de sustentación de papel o cartón y aquellas cuya base es de tela vulcanizada. Las primeras se utilizan para pulir en la lijadora de disco durante el proceso de fabricación en la carpintería y a mano principalmente después de la capa de sellador previo a la capa de terminado. Las de tela se utilizan para la lijadora de banda y para los rodillos. Ambos tipos de lijas se clasifican principalmente por el tamaño del grano del material abrasivo y van desde el número 40 o menos que son los más grandes, es decir se utilizan para remover las partículas más grandes, hasta el 400 o más que son los más finos, en general se utiliza para carpintería la lija del grano número 40, 50 y 80 y para pintura del 180.

Herrajes.¹¹

Clavos: Estos son principalmente los herrajes más usados y de distintas medidas, 3/4 , 1, 1 1/2 , 2 pulgadas todos sin cabeza.

Bisagras.

Estas son de 1 1/2 pulgadas de perno remachado en bruto y latonadas.

Rodajas.

Son de bola de 1 1/2 pulgadas con espiga.

¹⁰ 10 En cuanto a los abrasivos, se aplica el principio de calidad similar a la nota anterior puesto que aquellas de mala calidad, simplemente no son convenientes para su uso, se desgastan fácilmente, en contacto con sólo la humedad se despegan, sin embargo, con respecto a las lijas de banda de la fábrica FANDELI anteriormente se conseguía una cuyo pegamento era soluble al agua lo que facilitaba su unión mientras que ahora que son vulcanizadas y por lo mismo impermeables al agua no hay otra forma de unirlos más que con otros tipos de unión con pegamento de contacto lo que al final disminuye mucho su vida útil incrementando así su costo. Datos proporcionados por el proveedor. Fábrica Nacional de Lijas, y por el productor Taller de carpintería San Agustín.

¹¹ Por los "Herrajes" se les conoce a un gran número de productos hechos a base de metal de los cuales sólo se mencionan aquellos que se usan más, se cuenta con un gran número de proveedores de los mismos y las variaciones de calidad entre uno y otro no es muy grande por lo que salvo especialidades lo que hace la diferencia entre ellos son factores como precio, crédito, tiempo de entrega y en general servicio. Datos obtenidos del productor. Taller de carpintería San Agustín.

Tornillos

Estos son de diferentes clases y medidas como

Tornillo para madera de cabeza plana de 5 x 17 normal y latonado,

3 x 13 8 x 32 principalmente.

Tornillo mecánico de cabeza de gota y plana de 1/4 x 1 1/2 pulgadas entre otros.

Tornillo allen mecánico: de 2 1/2 y 1 1/2 por 1/4 pulgadas principalmente

Correderas para cajón.

Son estándar de 36 centímetros de longitud.

Resbalones.

Son de rodillos.

Atriles.

Son de alambre de 3/16 pulgadas y alambón de 3/8 de pulgada.

Empaques y embalajes.

Se utiliza principalmente cajas de cartón, papel periódico, papel de china, bolsas de polietileno y poliburbuja de polietileno.

Descripción del proceso de fabricación

Preparación

Marcado

Es aquí en donde inicia realmente la fabricación del mueble, en esta etapa se selecciona el material a utilizar separando aquel que no cumpla con los parámetros de calidad establecidos y con las especificaciones y características del mueble a que será destinado, como son: nudos, color, dimensiones, hilo¹² de la madera, torsión, y estado en general de la madera. El marcado se realiza una vez hecha la selección del material y para realizarlo se hace uso de plantillas previa y especialmente fabricadas para ello en su mayoría hechas de triplay de tal forma que sean fáciles de reproducir, de manejar y sobre todo que no se deterioren fácilmente. El marcado se realiza principalmente para piezas pequeñas o bien de forma muy característica y también para aprovechar al máximo la madera al poder acomodar las diferentes tipos de piezas en las tablas previo su corte.

¹² Debe entenderse por hilo a la agrupación de los poros de la madera en determinada dirección, generalmente se localiza fácilmente en las tablas por que existen determinados poros cuya pigmentación es más acentuada, cuando existen dos hilos con sentidos opuestos entre sí, se dice que la madera está encontrada lo que la hace difícil de trabajar puesto que al someterla a la acción de cualquier herramienta o proceso, la mitad irá en un sentido y la otra en el opuesto ocasionando serios problemas por lo que es necesario su remoción. Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PRODUCCION DE UN MUEBLE EN GENERAL¹³

PR	CANTEADO	CEPILLADO	MARCADO
EP			
AR			
A			
DO	ABIERTO	TROZADO	CORTADO
LA		TORNEADO	
BRA			
DO		PULIDO	
AR		PERFORADO	
MA		ENSAMBLADO	
DO		RECTIFICADO	
		SELLADO	TEÑIDO
A			
CA		RESANADO	
BA			
DO		TERMINADO	

¹³ Este diagrama demuestra el curso y variaciones principales de el que sufre la madera durante todo su trayecto en la producción de un artículo en general. Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

Canteado y cepillado.¹⁴

Esta etapa consiste en rectificar los cantos de las tablas para que posteriormente dicho canto se coloque del lado de la guía de la sierra y que el corte de esta sea lo mejor posible en cuanto a la rectitud del mismo.

El canteado se realiza ya que muchas veces el material viene en "bruto" y tiene muchas imperfecciones por lo que no se recomienda cortarlo en ese estado, generalmente los proveedores de madera brindan dicho servicio, el canteado consiste en hacer pasar a la tabla colocando uno de sus cantos sobre la plataforma de la máquina canteadora que debe estar previamente ajustada de acuerdo a nuestras necesidades sobre todo de inclinación y espesor - qué tanto rebajará la navaja - de la canteada, una vez colocada la tabla se deslizará sobre dicha superficie ayudándose de la guía de la canteadora y se hará pasar encima de las cuchillas continuando su paso a la otra superficie de la canteadora de tal forma que las pequeñas imperfecciones que pudiera tener la tabla previamente a la canteada se reduzcan al mínimo.

En cuanto al cepillado, este consiste en hacer pasar a la tabla dentro del cepillo - previamente fijado el espesor de corte - deslizando sobre la superficie del mismo y poniéndola en contacto con las cuchillas recibiendo la tabla sobre la superficie posterior del cepillo, de hecho el cepillado es similar al canteado pero con respecto a la parte más ancha de la tabla. El cepillado se realiza principalmente para calibrar el espesor de la madera y ajustarlo a nuestras necesidades removiendo al mismo tiempo las imperfecciones de la tabla que vengan de la maderería dejando limpia la superficie.

¹⁴ Esta parte de la preparación no siempre se realiza por parte del productor ya que puede ser llevada a cabo por el proveedor de madera a petición expresa del cliente o bien existen piezas que no es necesario someterlas como son las de torneado. Datos proporcionados por el productor, Taller de carpintería San Agustín.

Cortado y trozado.¹⁵

Esta etapa consiste en "abrir" la madera, es decir, cortar una tabla de las dimensiones estándar en las que la manda la maderería a las requeridas, principalmente en cuanto a la parte longitudinal de la tabla y se realiza haciendo pasar la tabla sobre la cubierta de la sierra previamente preparada - la guía, en cuanto a la distancia entre ella y el disco que será la misma a la cual se abrirá la madera y el disco en cuanto al tamaño del espesor de la madera que se hará pasar siendo siempre algunos milímetros mayor para que se pueda efectuar el corte en un sólo paso - ayudándose de la guía y deslizando la tabla a través del disco de la sierra hasta cortar la tabla totalmente, recordando que para esto es muy importante usar una careta protectora, guantes y una paleta de cortado.

El trozado consiste en hacer pasar una tabla por su parte más ancha a través de la sierra ayudándose generalmente de una guía y se usa principalmente para ajustar a una medida determinada las tablas que se "abrieron" previamente.

El trozado se realiza en la sierra circular mientras que el cortado se puede realizar en esta misma y bien en la sierra cinta principalmente en piezas con formas circulares por ser mucho más fácil y seguro realizarlo así.

Estas operaciones se realizan en diferentes tipos de sierras como son la sierra cinta, circular, radial, manual, caladora. Datos proporcionados por el fabricante. Taller de carpintería San Agustín.¹⁵

Rebajado

Este proceso consiste en disminuir el espesor de una tabla previamente habilitada y es similar al cortado únicamente que se realiza en el Trompo, el corte se hace horizontalmente a diferencia de la sierra que es verticalmente y se hace principalmente para aquellas tablas cuyas dimensiones deben ser pequeñas por lo que no es recomendable o bien no es posible hacerlo en la sierra circular, también se realiza para impartir a la tabla una figura determinada, "pecho de paloma", "medio vocal", "machi-hembrado", entre otros.

Labrado.

Perforación, torneado, pulido, especificación.

Perforación.

Este proceso consiste en oradar al material produciendo cavidades generalmente circulares de diferentes diámetros y profundidades dependiendo de las necesidades que se tenga, se realiza principalmente en el taladro y en el escoplo siendo el primero en dirección vertical y el segundo horizontal utilizándose como herramienta de corte las brocas.

En el caso del router este no solo sirve para perforar sino también para dar una determinada forma al material y utiliza fresas al igual que el trompo, de estas máquinas las hay tanto manuales como fijas.

Torneado

Este proceso consiste en someter a la madera a la acción cortante de las cuchillas del torno - si es automático¹⁶ - o bien del formón del tornero - si es manual - siempre girando la madera entre los ejes del torno, de tal manera que se le da la forma deseada obteniéndose siempre figuras circulares en la mayoría de los casos y helicoidales con trompos especiales.

Pulido

Este proceso consiste en someter a la madera a la acción abrasiva de la lija la que elimina las pequeñas imperfecciones que pudiera haber sufrido en las anteriores etapas valiéndose para ello de máquinas especiales, las pulidoras que son principalmente de banda, circulares o de disco y sus variaciones así como algunas adaptaciones en taladros y escoplos según se requiera.

Un factor sumamente importante en el caso del pulido lo determina el grano o grosor de la lija ya que de él depende el acabado de la madera, su denominación se da en orden progresivo comenzando por el número 20 o menor hasta el 400 o más utilizándose las primeras para reducir mucho la madera y las últimas para darle una terzura muy fina. El pulido se realiza también a mano antes de pintarse y sobre todo después de la capa de sellador con el fin de serrar los poros de la madera y así obtener el mejor terminado posible.

¹⁶ Los tornos automáticos son aquellos que una vez ajustados los parámetros para trabajar como son las plantillas, topes, velocidades de carro y giro, presión, filo y profundidad de la cuchilla, palpadores, trabajan con sólo apretar el botón de avance, el tornero lo único que hace es alimentarlo y pulir. Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

Armado

Esta etapa como su nombre lo indica consiste en unir las diferentes piezas - previamente preparadas - que integran el producto, lo más representativo de la etapa es que se deben de preparar las uniones de las piezas y una vez hecho esto, unir las con resistol, herrajes y espigas

Especificación.

Esta parte del proceso consiste en realizar por parte del trabajador especializado una serie de ajustes previos y posteriores al armado tales como cortes muy pequeños, pulidos, perforaciones, rebajes similares y lo que lo caracteriza y diferencia de las demás etapas es que en su mayoría los hace a mano utilizando herramienta especial para ello como son: formones, escofinas, entre otros.

Los ajustes son realizados en las piezas del artículo que lo requiera por ejemplo: sobrantes de las piezas torneadas y sobre todo en las partes de unión, cavidades y protuberancias de conexión, cajas y espigas.

Terminado

El proceso de pintado se realiza una vez concluido todo el proceso de realización del artículo desde el marcado hasta su armado y especificación y se divide en dos etapas, previamente a iniciar el pintado, se revisa el artículo para localizar algún defecto de fabricación en cuyo caso se procede a componer, si no existe tal defecto entonces se inicia el pintado tiñendo o no el artículo del color que sea necesario previamente preparado, una vez realizado esto se deja secar y se continua con la primera etapa que se le denomina de "sellador"¹⁷ por la pintura que se aplica y cuyo fin principal es el de sellar los poros de la madera afin de evitar la absorción de humedad del medio por parte de

¹⁷ El sellador es una pintura que tiene como función penetrar el poro virgen de la madera y extraer las partículas finas como polvo y después crear una capa casi impermeable de tal forma que permita el paso de la humedad de la madera hacia afuera pero impida el paso de la misma hacia adentro, es muy importante que el sellador sea de la misma naturaleza que el terminado porque de lo contrario se corre el riesgo que no se pueda terminar el producto. Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

la madera y para lo cual tiene ciertos componentes que penetran los poros y extraen las principales impurezas que pudieran tener, una vez hecho esto se realiza el resanado del artículo colocando el resane del color del cual vaya a ser terminado en aquellas partes que lo requieran, colocándose generalmente en las cavidades de la madera como son los nudos, una vez realizado esto, se procede a pulir el artículo utilizando una lija de agua generalmente del grano número 180 pudiendo aumentar según se requiera la terzura o no del artículo, una vez pulido se procede a la segunda y última etapa que es la del terminado propiamente dicho y que consiste en aplicar al artículo - previamente limpio del polvo producido durante su pulido - la capa de pintura final que generalmente es un barniz transparente brillante aunque puede ser mate y de diferentes colores, una vez aplicada dicha capa se deja secar el artículo en un lugar adecuado limpio de polvos puesto que la pintura tarda en secar aproximadamente de 1 a 2 horas y se obtiene su fraguado luego de 12 horas.

Cabe hacer la aclaración que por la naturaleza de las pinturas utilizadas que son poliuretanos requieren de un determinado tiempo de secado por lo que entre la primera etapa de sellador y la segunda de terminado se debe de dejar secar aproximadamente unas 5 horas, también es importante mencionar que las condiciones climatológicas como son humedad y temperatura tanto alta como baja así como las posibles variaciones en la composición de la mezcla entre compuesto y catalizados tanto en el sellador como en el terminado pueden hacer variar el comportamiento normal de la pintura por lo que entre menores variaciones se realicen mejor será el terminado del artículo.

CAPITULO II.- GENERACION DE POLVO

*Clasificación del aserrín como polvo*¹⁸

Los polvos se clasifican en dos grupos principales, los polvos orgánicos e inorgánicos, los primeros a su vez se dividen en naturales y en sintéticos mientras que los segundos en silíceos y no silíceos.

Los orgánicos Naturales son aquellos provenientes de maderas, algodón, plumas de aves, hongos, bacterias, lana, en el presente caso, el aserrín pertenece a este grupo.

*Propiedades del aserrín como polvo.*¹⁹

A continuación se mencionará solamente el tamaño de partícula puesto que ésta propiedad es la más representativa y por lo mismo más importante en cuanto la capacidad del equipo de colección requerido ya que en el caso que nos ocupa, las partículas producidas son de tales dimensiones que permiten utilizar equipos sencillos para su colección ya que todas son mayores a 5 micras que es el rango mínimo de los equipos, las demás propiedades son: peso, superficie específica, eléctricas, sónicas y ópticas, entre otras y no representan mayor problema para la colección del aserrín ya que los equipos cubren sobradamente las necesidades que producen dichas propiedades.

¹⁸ Existen otras clasificaciones del polvo basadas en diferentes aspectos como el tamaño de partícula, así tenemos al polvo total y el respirable, con respecto a esta clasificación el aserrín es respirable por lo que no la tomamos en cuenta. Rosa Lidia García Ortega, Prevención y control de polvos industriales, Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 1974.

¹⁹ Dentro de las propiedades del aserrín se encuentran muchas otras como el peso y la sedimentación de la partícula que no tomamos en cuenta por no ser indispensables para el presente estudio ya que la capacidad de los equipos comerciales que se mencionan posteriormente sobrepasa cualquier Ingerencia que dichas propiedades pudieran tener además que están contempladas en los diseños de dichos equipos. J. L. García Montserrat, Las explosiones de polvo, así como sus formas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 1979.

Tamaño de partículas

El polvo se compone de una gama enorme de diferentes tamaños de partículas que van generalmente desde 2000 micrones hasta fracciones de micrón en el caso del aserrín los tamaños de partícula siempre son mayores a las 10 micras en adelante

A continuación se muestra la tabla I con diferentes ordenes de magnitud, con lo cual se puede apreciar mejor el tamaño de las diferentes partículas.

Tabla I	Ordenes de magnitud
Concepto	Orden de magnitud
Ancho de una hoja de papel	100 micras
Límite de la visibilidad humana	> 10 "
Humos	< 1 "
Humos de tabaco	< 0.3 "

El tamaño de la partícula es muy importante puesto que de ello puede depender el posible daño que cause al trabajador ya que si es lo suficientemente grande podrá retenerse en última instancia en el tracto respiratorio sin causar mayor problema que una irritación pudiéndose eliminar fácilmente con diferentes tipos de filtros y hasta con una simple mascarilla de protección mientras que si no es así, si es muy pequeña puede provocar grandes problemas de salud ya que se podrá depositar en los alveolos pulmonares haciéndose muy difícil su extracción, por ejemplo, el humo del cigarro, por lo que los sistemas de protección deberán ser más sofisticados para detenerlos.

Enseguida se presenta la Tabla II con los diferentes tamaños de partícula que se producen

TABLA II TAMAÑO DE PARTICULA DEL ASERRIN

ORIGEN	TAMAÑO
POLVO DE LA SIERRA	> 50 micras
POLVO DE TORNEADO GRUESO	> 100 "
POLVO DE TORNEADO FINO	> 10 "
POLVO DE PULIDO EN TORNO	> 10 "
POLVO DE PULIDO EN PULIDORA	> 10 "
POLVO DE PULIDO EN TALADRO	> 10 "
POLVO DE CORTADO EN TROMPO	> 50 "
POLVO DE CEPILLADO Y CANTEADO	> 100 "

En nuestro caso el polvo que se produce es en todos los casos lo suficientemente grande como para poder quedar retenido en la nariz, sin embargo la concentración del mismo puede llegar a ser muy alta lo que puede provocar una gran irritación.

Riesgos potenciales del aserrín

Riesgos en la salud.

A continuación se presenta los posibles riesgos asociados con el manejo del aserrín dependiendo de la vía de entrada al organismo o contacto con el mismo. Debido a la propiedad de absorber la humedad al ocurrir un contacto con el cuerpo, el aserrín puede producir una irritación leve de la piel, ojos y vías respiratorias, al resecar estos tejidos. Estas irritaciones son de corta duración y generalmente desaparecen tan pronto como la humedad es restaurada en las áreas resacas.

Irritación de los ojos.²⁰

Esta se produce cuando existe una alta concentración del aserrín en el área de trabajo o bien cuando alguna partícula de mayor tamaño entra en el ojo ocasionando una irritación leve consistente en el enrojecimiento del ojo y que desaparece totalmente en pocas horas.

Por lo anterior se recomienda que los empleados usen goggles contra polvo como precaución contra la irritación mecánica ocasionada por el polvo de aserrín sobre todo aquellos que se encuentran en las zonas de alta concentración como es el torno, el cepillo, la sierra, el trompo y la pulidora y también en donde el tiempo de exposición tenga que ser elevado.

Irritación de la piel.²¹

Esta es mínima y consiste en experimentar irritaciones leves en la piel similares a la resequeidad producida por el invierno. Esta casi no se produce puesto que las partes del cuerpo expuestas son mínimas ya que usan uniforme, principalmente las manos porque se usan

²⁰ Este riesgo es alto sobre todo en las máquinas cortantes ya que el comportamiento de la máquina se conoce y una falla de la misma es difícil que ocurra en cambio el de la madera es mucho menos predecible porque su apariencia externa puede ser muy diferente de su naturaleza interna, así es muy común la expulsión de grandes astillas de madera las cuales en su mayoría son inofensivas usando el equipo adecuado de seguridad, si no se usa pueden ser muy peligrosas. Datos proporcionados por el productor, Taller de carpintería San Agustín.

²¹ Esta irritación se produce y es fuerte en la etapa de terminado del producto en la cual se tiene contacto con solventes como el Thinner, gasolina, abrasivos, resanes y las diferentes pinturas en general por lo que es indispensable el uso de guantes protectores. Datos proporcionados por el productor, Taller de carpintería San Agustín.

constantemente de tal forma que se remueve el aserrín y así la acumulación es mínima. El tratamiento de las áreas afectadas con cremas o lociones para restaurar la humedad es efectivo para eliminar esta irritación.

Irritación de las vías respiratorias.²²

La exposición prolongada a concentraciones visibles de polvo puede producir irritación de nariz y garganta debido al efecto secante del aserrín. Este también es un efecto pasajero, se desaparece cuando se restituye la humedad en las áreas afectadas.

Al ser relativamente grandes las partículas de aserrín, aún las más pequeñas, son retenidas en la mucosa nasal por lo que no llegan a producir ninguna inflamación en los pulmones, además en el caso de la mucosa nasal, el único efecto que causa es un aumento en la secreción del moco donde quedan atrapadas y al no existir acumulación por ser removidas diariamente sus efectos son reversibles.

También se puede producir una ligera irritación de la garganta por la resequedad que provoca la deshidratación del aserrín y cuyos efectos son pequeñas molestias siendo también reversibles.

Por todo lo anterior, se recomienda el uso de mascarillas contra el polvo sobre todo, para aquellos trabajadores que se encuentran expuestos a largos períodos y en las máquinas que producen una mayor cantidad de polvo fino como es el torno y la pulidora.

²² En el caso de los torneros, estos pueden desarrollar enfermedades crónicas como sinusitis a lo largo de varios años ya que la concentración de polvo a la cual están expuestos es muy alta ya que generalmente están en un lugar reducido, casi confinado, sin mucha ventilación por las necesidades específicas operativas del torno, para evitar esto se recomienda la rotación del personal en el trabajo. En el área de pintura es donde se producen la mayor parte de los riesgos a estas vías debido al uso de solventes por lo que es indispensable el uso de mascarilla en la etapa de terminado del producto, lo más recomendable es contar con una caseta de pintura que tenga extractores de aire para que la concentración a la que estén expuestos los pintores sea la menor posible. Datos obtenidos del productor, Taller de carpintería San Agustín.

Irritación en vías gastrointestinales

Esta es muy difícil que se produzca por las características que presenta el aserrín siendo accidental la causa más probable en el caso de que sucediera. en tal situación no provoca mayor problema que una irritación en el tracto digestivo y estómago pudiendo ser de baja a mayor intensidad pero siempre mostrando efectos reversibles

Riesgos de accidentes de trabajo.²³

Estos se refieren principalmente a aquellos accidentes que pueden presentarse cuando el aserrín es un factor determinante en el accidente existiendo innumerables ejemplos al respecto aunque principalmente se distinguen dos tipos. cuando el aserrín impide la operación adecuada de las máquinas de tal forma que el operador se lastime con la respectiva máquina y cuando el aserrín impide el tránsito seguro dentro de las instalaciones pudiéndose producir resbalones y caídas o bien al obstruir el manejo seguro de diferentes objetos, generalmente tablas de madera durante el proceso de fabricación, en todos los anteriores casos siempre la presencia del aserrín es debida a la carencia o insuficiencia de colección del mismo acumulándose fuera de los recipientes colectores. Estos riesgos son muy importantes porque al manejar maquinaria peligrosa los posibles accidentes que se presenten son casi siempre de considerable magnitud siendo parecido en el caso de una caída o resbalón. Los daños generados por un accidente de esta índole son muchos, el daño físico del trabajador, disminución de la producción por el tiempo que se ausenta el trabajador en su recuperación, aumento en la cuota del seguro social del trabajador al aumentar el riesgo de accidentes, las pérdidas que se presenten de material y daños a la maquinaria en el momento que suceda el accidente, entre otros. Por lo anterior es indispensable tener un riguroso control de la emisión del aserrín mediante su colección con equipos especiales para ello.

²³ Los principales accidentes de trabajo que se presentan con el aserrín consisten en caídas y resbalones que se producen cuando después de la limpieza del centro de trabajo en la cual se utiliza agua, los restos de esta que no se han secado al combinarse con el aserrín que está esparcido en el piso crea una superficie sumamente resbalosa y al mismo tiempo al encontrarse la maquinaria, madera y bancos de trabajo esto aumenta la peligrosidad de golpearse en la caída. Datos obtenidos del productor. Taller de carpintería San Agustín.

Riesgos de explosión e incendio ²⁴

La liberación de energía generada por la oxidación muy rápida del polvo de cualquier sustancia mezclada en el aire en las proporciones adecuadas en un lugar cerrado originará una " Explosión de Polvo ". Una explosión de polvo puede definirse como la combustión rápida de una nube de polvo en el aire, durante la cual se genera calor a una velocidad mayor que la velocidad con la que se disipa. Normalmente el volumen permanece constante ocasionando por consiguiente una elevación súbita de la presión que se traduce en una explosión, que ocasiona la destrucción del equipo y frecuentemente de toda la planta.

Este hecho también se aplica a las partículas cargadas y a ciertos metales, si se les pulveriza; entre ellos el magnesio, el aluminio, el bronce de aluminio, el zinc y otros. Los materiales combustibles en forma de polvo o granos muy finos arden rápidamente debido a que el material no puede transmitir el calor a otros puntos, es decir que el material no puede transportar el calor lejos de la fuente, y con esto se producen más vapores combustibles.

La concentración de polvo, el tamaño de las partículas y del espacio donde se encuentran combinados tienen relación directa con la fuerza de la explosión.

²⁴ Aunque es muy raro que ocurra un incendio en una carpintería o maderería por las medidas de precaución que se toman, cuando se llegan a producir se deben en su mayoría a fallas en el sistema eléctrico, un corto circuito y cuando no hay gente trabajando que impida la propagación del mismo, también puede ser en el área de pintura en la que con los solventes y pinturas altamente inflamables una vez iniciado el fuego es difícil de parar, con respecto al riesgo de explosión, este es casi imposible que se presente en instalaciones pequeñas. Michael Schnippenkoetter Warnholtz, Programa de control de polvos para una planta de pañales desechables, Tesis para licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 1974.

Distribución de los tamaños de las partículas.

El tamaño de la partícula es un factor determinante en el grado de explosividad de los polvos. Cuanto menor sea la partícula del material oxidable, tanto más fácil se produce una explosión. Debido a que la oxidación es una función de la superficie específica, explosividad debe variar aproximadamente en razón inversa al diámetro de la partícula. Esto se ejemplifica cualitativamente con el polvo de celulosa etlílica para moldear; la inflamabilidad relativa del polvo que pasa por tamiz de malla de 35 hilos es más o menos de 3, la del polvo de malla de 48 hilos es de 10, la de 65 es de 24, la del 150 de 70 y la del polvo de 270 es de 90. La finura no sólo hace variar la inflamabilidad relativa, sino que también aumenta la mínima concentración explosiva. La presión máxima desarrollada, por una concentración explosiva crece según disminuye el tamaño de partícula, y de ordinario el efecto se hace notable cuando las partículas son menores que las que pasan un tamiz de 100 hilos.

El aumento de la extensión superficial de los trozos más pequeños brinda también una mayor oportunidad para el libre desprendimiento de los vapores combustibles y para su ignición, lo que tiene como resultado una combustión más rápida incluso hasta llegar al punto de explosión del polvo.

Las partículas pequeñas son químicamente más activas que los conglomerados mayores a causa de su mayor área de superficie por unidad de masa.

Una explosión de polvo se acompaña de producción de presión cuyo grado depende de la concentración y del tamaño de partícula. La presión aumenta rápidamente según la concentración hasta alcanzar un máximo.

Las presiones de explosión rara vez pasan de 7 kg/cm². Se alcanzan presiones máximas con concentraciones mucho mayores que la mínima explosiva, la velocidad del aumento de presión depende del recinto en que se efectúa la explosión. En un espacio cerrado no son raras las velocidades de 70 m/cm por segundo.

Composición de la mezcla

a) Concentración explosiva

Como sucede con los gases y vapores inflamables, hay un límite de concentración de polvo por debajo del cual no hace explosión una mezcla de polvo y aire. Mediante experimentos en pequeña escala se ha determinado el límite inferior de explosividad de muchos polvos. En general los polvos oxidables son los más inflamables y se consideran polvos de explosividad potencial, aunque la explosión no se produzca en una atmósfera que no contenga una concentración de oxígeno suficiente. La inflamabilidad de un polvo depende de la composición, el tamaño de partícula y la concentración.

Los materiales en forma de polvo con tendencia a inflamarse o explotar bajo condiciones favorables pueden ser orgánicos e inorgánicos y entre los más comunes están: el azúcar, polvo de carbón, polvo de papel, cocoa, cereales, corcho, aserrín, resinas, plásticos, magnesio, aluminio, azufre, hule, jabón, etc.

b) Inflamabilidad relativa

Las explosiones por polvos son ocasionados por temperaturas excesivamente altas, por arco eléctrico a llama; sucede con frecuencia que una nube de polvo se puede inflamar más fácilmente por un medio que por otro. Que se produzcan la explosión o no, depende del medio primario que se emplea para separar el polvo por asentamiento, de las propiedades del material y de la cantidad de aire de que se disponga. Por esto se suelen expresar los límites de explosividad en relación con el medio de ignición empleado y no se pueden aplicar absolutamente a las circunstancias que prevalezcan en operaciones industriales. Para clasificar la explosividad de los polvos se ha ideado un método llamado de "inflamabilidad relativa" que es el porcentaje en peso de polvo inerte (por lo general tierra de batán calcinada) que necesita una mezcla de polvo inflamable. Cuanto mayor es el porcentaje de material inerte que se requiere, tanto mayor es la inflamabilidad del polvo.

c) Concentración de Oxígeno

La concentración de oxígeno en el ambiente de trabajo influye para que se produzca una explosión de polvo. Se pueden prevenir las explosiones de ciertos polvos metálicos diluyendo el aire de conductos y receptáculos con dióxido de carbono o con nitrógeno, éste último es preferible, especialmente con polvos de magnesio. Sin embargo, se ha de tener cuidado, pues una atmósfera deficiente en oxígeno puede perjudicar a los trabajadores. Cuando se producen incendios con metales calientes que arden con facilidad, tanto el dióxido de carbono como el nitrógeno reaccionan con el metal en combustión y continúa vigorosamente el incendio aunque sea muy baja la concentración de oxígeno. Esto ocurre con el circonio, el magnesio y las aleaciones de este metal.

Por regla general, hasta los polvos orgánicos más inflamables, como los de resina de acetato de celulosa, no causan explosión cuando la concentración de oxígeno es de 5% o menos, y con la mayoría de los polvos orgánicos que se encuentran en la industria no puede haber explosión si la concentración de oxígeno es de menos de 10%.

Normatividad.²⁵

Este aspecto tiene una gran importancia en la actualidad puesto que de no cumplirse con las normas que regulan la emisión de contaminantes a la atmósfera así como aquellas que controlan que las condiciones a las que están expuestos los trabajadores sean seguras en todos aspectos la empresa puede enfrentar diferentes tipos de sanciones desde una simple multa hasta la suspensión indefinida y cierre total de la planta dependiendo de la magnitud de la infracción. En nuestro país se cuenta con dos tipos de normatividad, la primera está orientada a mantener un medio ambiente limpio y sano fuera de los límites físicos de la industria en cuestión y así garantizar que la industria no representa un gran peligro o riesgo para la población en general. La autoridad encargada de regular y controlar y hacer que se respete las normas es la SEMARNAP.

²⁵ En nuestro país todavía no existe una cultura, una conciencia de respeto a la normatividad industrial siendo las autoridades competentes las primeras en infringirla además de que un problema muy grave es el hecho de que la normatividad está hecha a semejanza de las legislaciones existentes en países mucho más avanzados y con mayores recursos económicos por lo que es muy difícil cumplir cabalmente con la misma. Datos obtenidos del productor. Taller de carpintería San Agustín.²⁵

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social es la dependencia gubernamental que realiza funciones similares a la anterior secretaria sólo que ella se enfoca a la protección de la salud de los trabajadores dentro de la empresa mediante un ambiente laboral saludable e higiénico que no dañe o lesiones ni represente un fuerte riesgo a la integridad física, mental y emocional de los empleados.

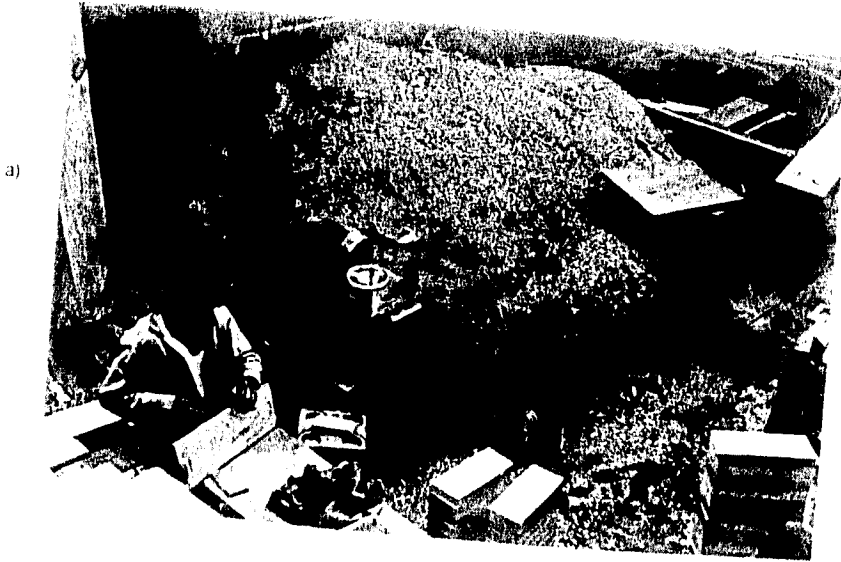
También se cuenta con la presencia de la Secretaría de salud y del Instituto Mexicano del Seguro Social que realizan periódicamente inspecciones para vigilar que se cumplan con las condiciones indispensables de seguridad e higiene y así no exponer a graves riesgos a los trabajadores ni a la comunidad.

Los aspectos más representativos así como sus nombres y claves de localización se encuentran en el apéndice A.



Acumulación de aserrín por carecer de un sistema colector eficiente²⁶.

²⁶ La acumulación del aserrín se produjo por un retraso en la recolección del mismo por parte de el camión de basura y corresponde a 3 semanas de trabajo regular.
Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.



a) y b) La acumulación del aserrín es un factor de incendio y explosión ²⁷.

²⁷ ibid.



a) Vista de la acumulación excesiva de aserrín lo cual es un factor de riesgo de accidentes de trabajo muy importante²⁸.

²⁸ En las ilustraciones se puede observar el estorbo tan grande que representa el aserrín para el libre y seguro tránsito de los trabajadores en la fábrica así como la mezcla del aserrín con agua de lluvia lo que representa un riesgo muy alto en accidentes de trabajo. Datos porporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

Fuentes generadoras de polvo

La generación de polvo se debe a los procesos mecánicos a los que se somete a la materia prima durante su transformación hasta el artículo deseado. Los mecanismos de generación del polvo más representativos son aquellos que consisten en poner en contacto violento a la madera con cualquier herramienta de corte y dependiendo de la velocidad y dirección en la que se mueva la herramienta así como de la naturaleza de la misma, del estado de la madera y de la profundidad de la incisión del corte será el tamaño del polvo generado así dentro de estos tenemos:

Fuentes primarias.

Estas son aquellas operaciones unitarias que generan polvo a partir de la transformación de la materia prima durante el proceso de fabricación. Es decir corresponden a los equipos de proceso que por su diseño generan polvo ambiental al manejar polvo de aserrín.

En la fabricación de los muebles se encuentran un gran número de fuentes primarias como son:

Sierra: circular, cinta, radial, caladora y trompo.

Todas estas sierras son grandes generadoras de polvo no tanto por el hecho de cortar ya que los discos y cintas son relativamente pequeños, esto con el fin de aprovechar al máximo la madera y no desperdiciar, sino por el hecho de que se usan mucho, es decir, al servir para preparar las piezas del mueble a partir de las tablas en bruto, se necesita un gran número de cortes. El tamaño del polvo generado por las sierras depende del área de contacto y filo del diente y del estado de la madera, en especial de su humedad así como de su naturaleza en particular puesto que existen diferentes tipos de maderas dependiendo del árbol de donde provienen existiendo algunas muy porosas que se astillan mucho y producen mucho polvo como es la caobilla y otras como el pino que si bien es porosa no se astilla demasiado, este polvo generalmente se precipita dentro de la

base de sustentación de la sierra aunque una pequeña parte es expulsada por el mismo movimiento de la sierra

La sierra circular

Esta es la más usada y común de todas, su elemento de corte es un disco calado que tiene en dichas caladuras a los dientes, dependiendo del tipo de trabajo a realizar y del tipo de material y tamaño a usar existen discos de diferentes tamaños y tipos, desde 10 centímetros hasta de 200 centímetros siendo los más comunes y objeto de este estudio de 25 y 30 centímetros la cantidad de dientes, forma y disposición también es un factor importante variando desde un disco con 80 o 100 dientes²⁹ para cortes finos evitando así al máximo astillar la madera muy usados en el corte de triplay hasta de 40 o menos dientes usados generalmente para trozar madera, sin embargo la cantidad de madera que es cortada para una misma área de corte es la misma variando únicamente de un tipo a otro de sierra el tamaño de la astilla, la velocidad y sobre todo facilidad de corte, así entre mayor número de dientes tenga un disco mayor área de contacto de corte tendrá aunque forzosamente disminuirá el tamaño del diente y el corte será más fino aunque más lento, en caso contrario, entre menor sea el número de dientes serán estos más grandes, será más fácil cortar y de mayor tamaño las astillas.

Sierra radial.

Es similar a la circular su única variación es que la base de sustentación del disco no está fija y se encuentra en la parte superior de la mesa por lo que presenta la gran ventaja que lo que se mueve en este caso es la sierra como tal y en los tres ejes X, Y, y Z mientras que en la circular la

²⁹ La mayoría de las herramientas cortantes utilizan en la actualidad los instrumentos de corte con

filos o en su totalidad aleaciones mucho más resistentes y duras como son las de carburo de silicio y tungsteno, de esta forma el corte que se produce es de mucho mejor calidad, la velocidad del mismo es mayor y su durabilidad también, además al ser removible por estar en forma de pastillas el mantenimiento de las herramientas y en general de la máquina es mayor y más fácil con lo cual al final aumenta la capacidad de corte. Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

sierra se mueve en dos ejes y está fija con respecto a la mesa teniéndose entonces que mover las tablas para lograr los mismos cortes, sin embargo las sierras radiales son pequeñas en comparación a las circulares

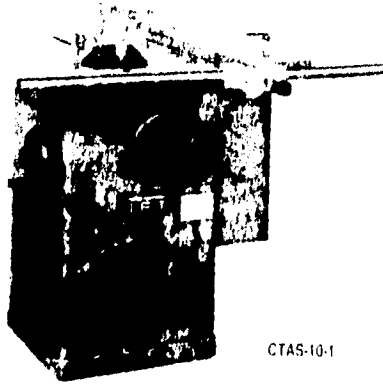
Sierra cinta:

Esta sierra toma su nombre por el hecho de que el medio cortante en lugar de estar dispuesto en un disco está colocado en forma de una pequeña cinta o listón de metal formando una banda y que gira entre dos grandes poleas, de igual forma que las anteriores, existen diferentes tipos de dientes, número de dientes por pulgada, y calibres del metal según sea el trabajo al cual se someterá, sin embargo esta sierra a diferencia de las anteriores gira a mucho menor velocidad, sus dientes son sumamente delgados pero tienen una enorme flexibilidad, se usa generalmente para cortes que sigan trayectorias curvas y produce menor aserrín además de que no lo avienta lejos de la misma sierra como la circular.

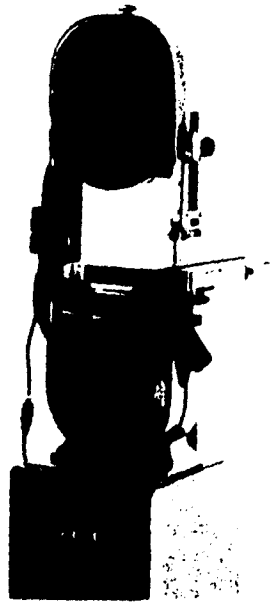
La sierra caladora:³⁰

Esta sierra es una variación de la cinta, generalmente son manuales aunque existen fijas de banco, la variación con la cinta es que sus cuchillas no son en forma de banda sino son pequeñas y su movimiento de corte es vertical de arriba a abajo pero con una gran velocidad, mientras que en la cinta son un gran número de dientes en un periodo lento aquí son un número pequeño de dientes pero con un gran número de repeticiones, se utiliza principalmente para hacer cortes también curvos o rectos pero sobre todo en lugares en donde no se pueden utilizar ninguna de las demás sierras por las características y limitaciones de espacio que se tengan, la cantidad de aserrín producido también es poca y cae en el sitio donde se trabaja por lo que es fácil de recuperar.

³⁰ La sierra caladora es una herramienta muy especializada por lo que si no se utiliza frecuentemente con ella se recomienda adquirir una manual de trabajo pesado ya que de esta forma el importe de su depreciación y amortización es completamente sustentable se tiene mucho dinero invertido sin usar y no una de banco de mayor capacidad y muy costosa. Datos proporcionados por el productor. Taller de carpintería San Agustín.



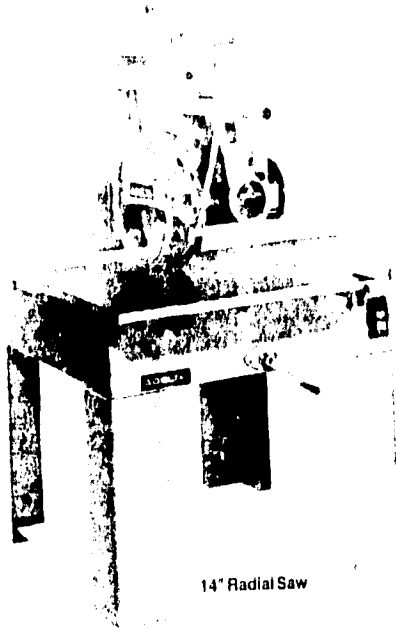
CTAS-10-1



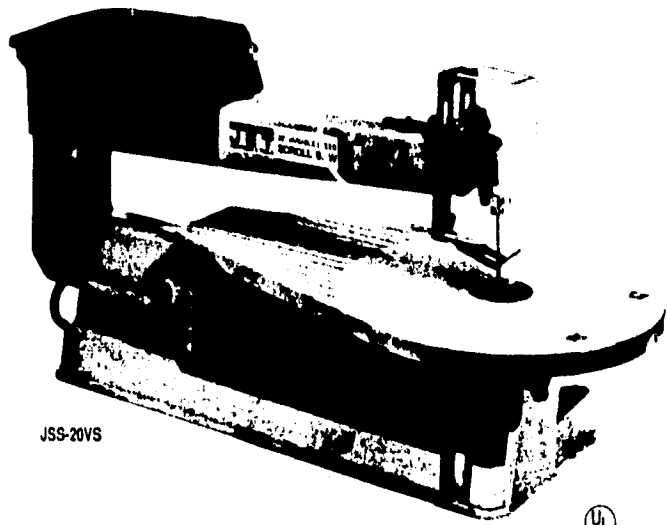
a) Sierra circular³¹ y b) Sierra cinta³²

³¹ Datos obtenidos por el productor. Taller de carpintería San Agustín.

³² Datos proporcionados por el fabricante. JET Equipment & Tools. Auburn WA USA.



14" Radial Saw



JSS-20VS

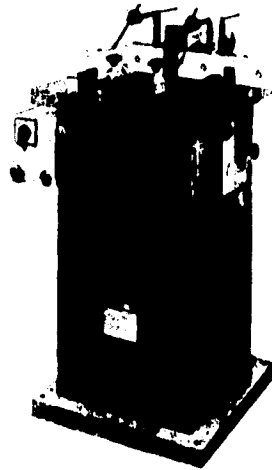


a) Sierra radial y b) Sierra caladora³³

³³ Datos proporcionados por el fabricante. Delta Industrial Machinery. Pittsburgh. USA

Trompo³⁴

Todo lo anterior es aplicable al trompo lo único que cambia en este es la dirección de rotación que en las sierras es perpendicular al plano mientras que en el trompo es paralela, también en el caso del trompo, este utiliza menores dimensiones de discos ya que las dimensiones de madera que son sujetas a la acción del trompo son mucho menores que la sierra y su uso es mixto, es decir, se usa tanto para preparar como en el caso de las sierras como para labrar la madera utilizando para ello cuchillas especiales y es en estos casos cuando la producción de polvo es mayor puesto que el área de contacto con la madera es mayor, el problema que presenta el trompo en comparación a las sierras es que por la dirección en la que gira, el polvo sale en su mayoría expulsado fuera de la base en de sustentación por lo que para su recolección se necesita poner algunos deflectores que desvían la trayectoria del polvo y así se deposite en algún depósito especial.



Trompo³⁵

³⁴ Actualmente se encuentran a disposición de los productores de muebles trompos mucho más sofisticados que tienen una mayor capacidad y versatilidad de operación, una de las grandes ventajas que presentan es que el árbol que sujeta la cuchilla tiene mayor movilidad, específicamente en el eje X-Y por lo que ahora se puede inclinar y así no es necesario utilizar y desarrollar plantillas especiales de corte lo que redundaría en un enorme ahorro de tiempo. Datos proporcionados por el productor. Taller de Carpintería San Agustín.

³⁵ *ibid*

Cepillo y canteadora

En estas máquinas se genera el polvo de igual manera que en las sierras poniendo en contacto a la madera con la cuchilla, lo único que cambia es el tamaño de la cuchilla que es mucho mayor sólo que la profundidad del corte es mucho menor, mientras que en la sierra la profundidad puede ir de unos cuantos milímetros a 12 o más centímetros, en la canteadora y el cepillo es sólo de algunos milímetros o menos.

En el caso del cepillo,³⁶ la producción de polvo es mucho mayor, es de lo más representativo puesto que es la máquina que regula el espesor de las tablas antes o después de pasar a la sierra, por lo que la totalidad de la materia prima se somete a su acción. Esta es la fuente principal productora de polvo, sin embargo, la mayor parte del polvo que produce es de gran tamaño por lo que no representa un gran problema su control, el polvo producido sale expulsado hacia adelante en la misma dirección en la que se desliza la madera a través de la máquina y es recolectado en algún recipiente hecho para ello o bien posteriormente depositado en otro sitio de acopio de polvo, esto en el caso de no contar con sistemas de recolección automáticos.

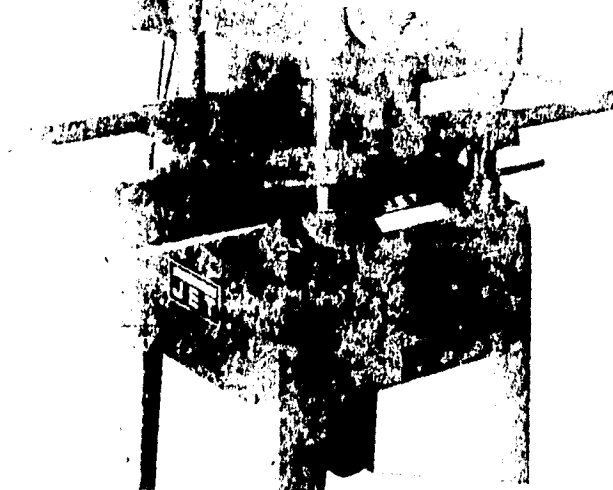
³⁶ La mayoría de los cepillos que existen cuentan con un rodillo que sujeta las cuchillas y que es recto lo que representa una gran resistencia al corte de la madera por lo que es necesario el uso de por lo menos tres cuchillas, otros tienen cuatro, estas cuchillas son rectas también y se pueden afilar constantemente, sin embargo en los últimos tiempos se ha desarrollado otro sistema que utiliza cuchillas helicoidales lo cual presenta mucho menor resistencia al corte ya que en lugar de ser total en el recto, en el helicoidal es parcial con lo cual se obtiene una mucho mejor calidad de corte, aumenta la productividad, disminuye el servicio de mantenimiento y la vida útil de la máquina en general. Estas cuchillas sin embargo no son afilables ya que son desechables pero como utilizan una cantidad mínima de material y además tienen su filo recubierto electroquímicamente de una aleación de metales muy dura, así su costo total al final es similar a las rectas, sin embargo como esto es un desarrollo tecnológico al final el costo de la máquina es mucho mayor que los convencionales. Datos proporcionados por el fabricante. Machine Casadei. Rimini Italia.

³⁷ op sit 31

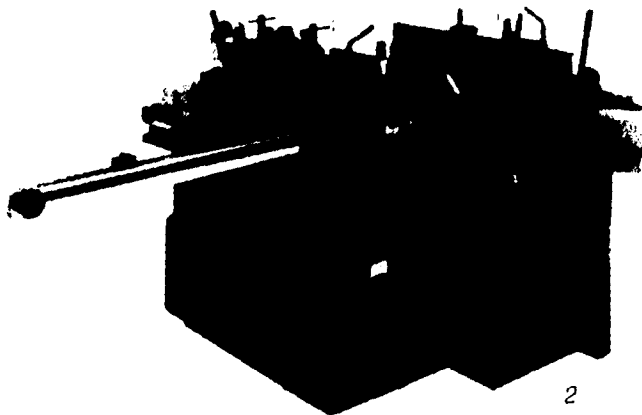
En cuanto a la canteadora esta se utiliza en menor proporción al cepillo ademas que la diferencia de este último la proporción de madera que tiene contacto es mucho menor, mientras que en el cepillo son hasta de 50 cm en la canteadora es sólo de hasta 10 cm. El polvo que produce se precipita la mayoría y se deposita en algún recipiente especial o bien se recoge mecánicamente después si no se cuenta con algún colector que lo haga automáticamente, el polvo que produce es en su mayor parte de grandes proporciones aunque existe también uno fino que es la menor parte y que generalmente pasa al aire ambiental para posteriormente depositarse.

Taladro, Escoplo, Router, y Torno.

Los dos primeros son similares en cuanto a el uso al que son destinados y que es el de realizar diversas perforaciones en la madera pudiendo ser estas desde unos cuantos milímetros hasta algunos centímetros, la herramienta de corte que utilizan son las brocas que son de " gusano " hasta 25 mm y mayores a esta medida son de " manita ", dependiendo el trabajo a realizar y el material será la velocidad de corte, generalmente es alta con diámetros pequeños y baja con diámetros mayores, también se pueden utilizar para pulir adaptándose para ello un rodillo especial que aloje a la banda en vez de la broca, el polvo que producen en general no es muy fino salvo en el caso de pulir, sin embargo en general es relativamente pequeño el problema que podría presentar su manejo puesto que casi siempre se deposita en el sitio de perforación pudiendo ser removido mecánicamente, la principal diferencia entre el escoplo y el taladro es que el primero tiene su base de sustentación paralela al plano mientras que el taladro es perpendicular.



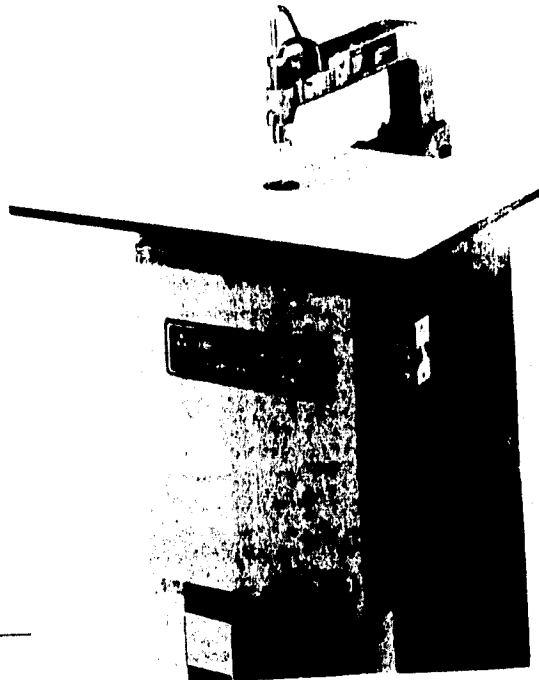
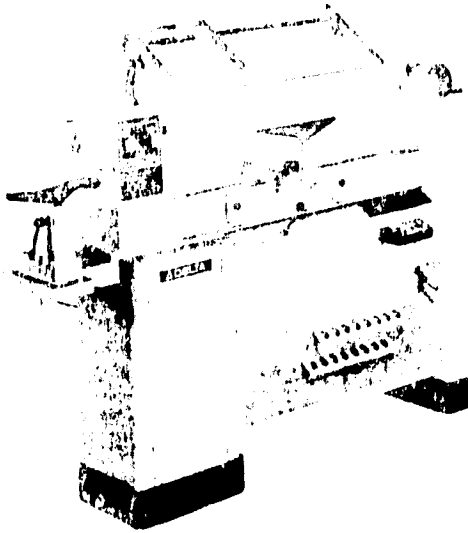
b) Máquina combinada cepillo, canteadora y escoplo³⁹



³⁸ op sit 31

³⁹ Datos proporcionados por el productor Machine CASADEI, Rimini, Italia.

Torno coprador recto⁴⁰



Router vertical⁴¹

⁴⁰ V 33

⁴¹ ibid

Router ⁴²

Esta máquina es similar en su funcionamiento básico al trompo, taladro y el escoplo, la principal diferencia es la muy alta velocidad a la que gira desde 5000 hasta 20000 rpm además las herramientas de corte que utiliza son fresas que pueden ser similares a las del trompo con la diferencia de que tienen un vástago que es el que se introduce al chuck para girar y no son huecas como en el trompo, su principal función es la de acabado dándole determinadas figuras de la fresa a la madera en particular los cantos y en algunos casos de preparación sobre todo para realizar algunas ranuras especiales, la producción de polvo que genera es considerablemente mayor a la del taladro y el escoplo y no mucho mayor que a la del trompo ya que el área de contacto de las cuchillas es mucho mayor y también la cantidad de madera que se ve sujeta a su acción, además por la gran velocidad a la que trabaja es indispensable trabajar con goggles de seguridad y colocar deflectores para recolectar el polvo producido el cual una vez precipitado es removido mecánicamente y una pequeña parte se va a la atmósfera por lo que también es recomendable trabajar con mascarilla.

⁴² Los routers convencionales tienen el árbol que sujeta al herramienta cortante en la parte superior a la mesa de trabajo del mismo router sobre la cual se coloca la madera a trabajar montada sobre una plantilla que seguirá el palpador en la parte inferior de la mesa y dicha información se transmite electrónicamente a la cortadora que reproduce la figura captada, la fuerza motriz de la mesa y palpadores es neumática por lo que es indispensable para su funcionamiento contar con una compresora con gran capacidad mientras que la del motor es eléctrica. La actual generación de routers presenta un cambio radical en el funcionamiento en el cual se invierten las posiciones, la herramienta cortante está en la parte inferior de la mesa de trabajo junto con el palpador lo que facilita en mucho su funcionamiento además de que aumenta la seguridad del trabajador. Datos obtenidos por los fabricantes. SCM Rimini Italia.

Torno ⁴³

Con respecto al torno, este si es una fuente muy grande de polvo ya que la cantidad que produce es muy grande puesto que en el se producen siempre figuras inscritas en la circunferencia máxima de labrado, es decir, hay una gran cantidad de madera que tiene que ser removida a fin de darle la forma deseada a la pieza y posteriormente se pule la pieza, el tamaño de las partículas es grande en su mayoría aunque también se produce polvo fino que pasa al aire del ambiente los tornos giran a gran velocidad aproximadamente entre 1000 y 5000 rpm y perpendicularmente al plano de corte de las cuchillas en dirección de las manecillas del reloj por lo que el aserrín que producen se deposita en su mayor parte en la parte posterior del torno recogiéndose mecánicamente si no se cuenta con algún colector automático, por lo que es indispensable tanto el uso de careta o goggles de seguridad como de mascarilla para respirar, además en la industria del mueble se utiliza mucho el torno por lo que es junto con el cepillo las principales fuentes productoras de polvo.

⁴³ El torno es junto con la sierra y el cepillo el corazón de cualquier industria productora de muebles, su importancia es vital y su posesión o no marca enormemente la diferencia entre uno y otro, los hay desde los más simples hechizos manuales hasta los completamente automáticos y computarizados que trabajan a base de control numérico. Utilizan copiadores hidráulicos muy sensibles y se dividen en dos clases principalmente, los rectos y los helicoidales o salomónicos, los primeros son más sencillos, sólo cuentan con una o dos cuchillas en una sola dirección mientras que el segundo cuenta con una cuchilla adicional que gira y que al combinarse con una muy lenta velocidad tanto de giro de los centros y del carro produce el torneado salomónico, esto último es lo que hace la diferencia con respecto al primero, los tornos por lo general son muy caros por lo que se debe pensar antes de comprarlos en una amortización de 3 a 5 años, su vida útil en general es de unos 20 años con un regular mantenimiento. Datos obtenidos del productor, Locatelli Machine, Milano, Italia.

Pulidoras de disco, banda manuales, de tambor⁴⁴

Todas estas pulidoras producen un polvo mucho más fino que todas las fuentes vistas anteriormente, por lo que provoca mucho más problema su control y colección al pasar dicho polvo al aire ambiental, sin embargo la ventaja que presentan es que su uso es para terminado por lo que a pesar de que sea extensivo a todas las partes del producto la cantidad de polvo producido por producto es mucho menor que en las otras fuentes, el tamaño del polvo dependerá del grosor del grano de la lija que se mide desde el grano número 10 que es sumamente grueso hasta la 500 que es sumamente fino aunque los estándares más usados son del 50 al 120, su movimiento puede ser paralelo al plano o bien perpendicular a este y como no trabajan a una gran velocidad no lo transportan a gran distancia sin embargo generalmente se recomienda colocar un equipo colector de tal forma que se impida que se vaya a la atmósfera, al operador se le hace necesario el uso de mascarilla y goggles para evitar el contacto con ojos y nariz.

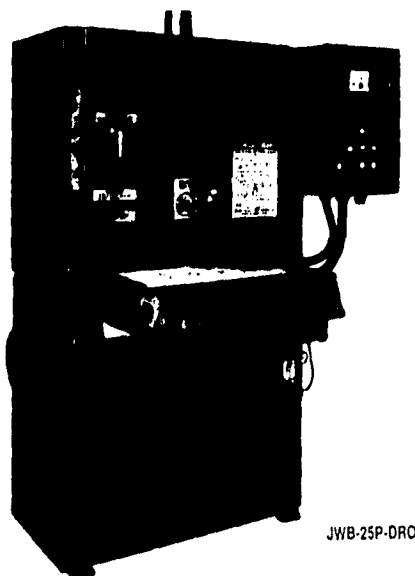
Las diferencias que existen entre ellas son principalmente las siguientes:

la de disco como su nombre lo indica es una lijadora que tiene un disco sobre el cual se coloca la lija y que generalmente tiene de base papel su rotación generalmente es similar a las manecillas del reloj aunque puede ser indistinta, la mayor parte del polvo se deposita generalmente abajo de la lijadora, la superficie de madera que se pone en contacto con la lijadora es generalmente pequeña, la de banda como su nombre lo indica es una banda de lija montada sobre tela y que gira igual que la de disco y generalmente están unidas en esta la superficie de madera que entra en contacto con la lija es mucho mayor y la dirección de contacto es diferente, el polvo que produce también se deposita al final de la banda de donde se remueve mecánicamente si no se cuenta con algún dispositivo automático que lo haga, existe una pequeña parte del polvo más fino que pasa al aire atmosférico.

⁴⁴ Estas pulidoras se destinan para piezas y superficies planas, para aquellas curvas se realiza el pulido en su mayoría en su maquinación, en el torno manualmente por parte del operador y aquellas piezas no torneadas se utilizan aditamentos especiales como son rodillos con hule espuma que permita a la lija acoplarse mejor a la superficie curva. Datos proporcionados por el productor, Taller de carpintería San Agustín.

En cuanto a las minúsculas su producción es muy pequeña y muchas cuentan con pocas o ninguna de polvo que producen aunque existe una pequeña parte que pasa a la atmósfera realmente es muy pequeño el volumen con respecto a las anteriores. en el caso de las de tambor¹⁵ estas son mucho mayores y toman su nombre por el hecho de contener un compartimento especial que sirve para captar y depositar el polvo, su funcionamiento se basa en el principio de las de banda de hecho son varias de banda integradas

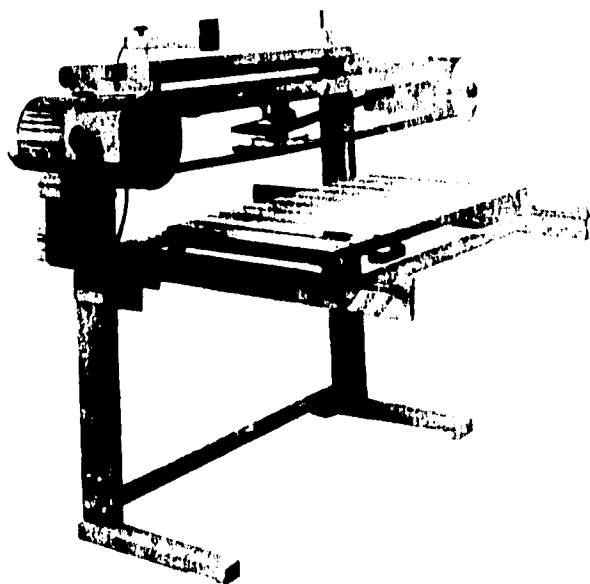
Pulidora de tambor¹⁶



¹⁵ Las pulidoras de tambor son mucho más sofisticadas que las otras pulidoras ya que presentan una mayor facilidad de empleo para las superficies planas a las que están destinadas al poderse regular el contacto con el objetivo, en ellas al contar con alimentación automática mediante una banda, el trabajador sólo tiene que colocar la pieza sobre la banda, además su acción es igual en todos los puntos de su extensión mientras que en las otras en general el trabajador es el que sostiene el artículo lo que aumenta su riesgo demasiado y además la calidad de terminado es al albedrío y experiencia del trabajador, cuentan también con sus propios compartimentos colectores de polvos lo que ayuda al control de los mismos, por todo lo anterior su costo es mucho mayor que las demás. Datos proporcionados por el fabricante. STETON Capri Italia.

¹⁶ V 31

a) Pulidora de banda y disco⁴⁷ y b) Pulidora de banda⁴⁸



⁴⁷ V 33

⁴⁸ ibid

Capacidad requerida.

La capacidad necesaria para coleccionar el polvo que se produce en el proceso de fabricaci3n del mueble en general est1 determinada principalmente por dos factores que son la carga del material y el tama1o de las partculas producidas, adem1s tambi3n influyen otros como son, las condiciones de humedad de la madera, las condiciones climatol3gicas presentes, la cantidad de m1quinas a las cuales se conectar1 el coleccionador, la localizaci3n de las mismas entre muchas otras lo que al final ser1 determinante en la elecci3n del tipo de coleccionador a utilizarse.

Carga de trabajo:

Este es un factor cuyo valor puede variar hasta un m1nimo cuando no existe trabajo hasta un m1ximo para el cual debe estar dise1ado el coleccionador y arriba del cual se acumular1 todo aquel material que no sea arrastrado por el coleccionador, sin embargo se trabaja en un rango promedio. Por lo anterior, mediante mediciones pr1cticas realizadas en un extenso periodo de tiempo se han obtenido los siguientes resultados.

MAQUINA	RESIDUO	# TAMBORES/SEMANA ⁴⁹
Cepillo	Viruta	12
Canteadora	Viruta	4
Torno	Viruta/aserr1n	12
Sierra circular	aserr1n	3
Sierra cinta	aserr1n	0.25
Trompo	aserr1n	2
Pulidora	aserr1n	1.25
Router	aserr1n	0.25
Escoplo	aserr1n	0.25
TOTAL		35

⁴⁹Datos proporcionados por el productor. Taller de carpinter1a San Agust1n. Manufacturas Gen1na.

Se debe también prever un posible aumento en la producción de tal forma que el equipo que se seleccione cuente siempre con una determinada holgura que nos permita absorber sin mayores problemas los futuros aumentos, en el presente estudio al estar ya diseñados los equipos podría aumentar la capacidad instalada mediante la instalación de más unidades o bien la ampliación de la capacidad mediante un nuevo equipo de mayor capacidad o bien modificaciones a los ya existentes que permitan aumentarla.

Tamaño de partícula:

Este factor es muy importante puesto que de él dependerá los medios que utilice el colector para evitar que escape a su acción, esto principalmente para las partículas muy pequeñas ya que para las grandes el problema que se pudiera presentar es que fueran tan grandes que no las pudiera coleccionar sin embargo esto es casi imposible que suceda puesto que el colector se conecta a aquellas máquinas cuyos desechos no son de gran tamaño, en el caso de las partículas muy finas, estas se encuentran dentro del rango de colección de los colectores comerciales cuyas bolsas coleccionan partículas mayores a 5 micras de diámetro, así con las herramientas de corte que se cuenta y con los abrasivos disponibles no se producen partículas menores a 5 micras o en el caso que se produzcan no son representativas en cuanto a su cantidad en comparación a lo que se produce.

Con todo lo anterior, podemos observar que los colectores de bolsas o ciclón existentes en el mercado tienen una sobrada capacidad para los requerimientos presentes y aquellos previsibles como se puede observar en el siguiente capítulo.

CAPITULO III.- ANALISIS DE COLECTORES

A continuación se darán las bases teóricas del proceso de colección de polvo en general así como de los diferentes equipos utilizados en ella haciéndose énfasis en los del tipo de ciclón y de bolsas que son los más aptos para solucionar el problema objeto de la presente

Propósitos de la colección.

El proceso de coleccionar el polvo producido en la elaboración de muebles persigue entre muchos otros objetivos, principalmente:

- Control de la emisión de polvo.
- Eliminar riesgos de enfermedades.
- Calidad del producto

Mecanismos de colección.

La separación del polvo requiere dos cosas principalmente y que son:

- La aplicación de una fuerza que produzca un diferencial del movimiento entre la partícula y el gas
y
- Un tiempo de retención suficiente para que la partícula migre del gas a la superficie coleccionadora.

Las principales operaciones en la colección del polvo y que se realizan progresivamente independientemente del mecanismo que se lleve a cabo el proceso son:

- Separación del polvo de la corriente de gas mediante el depósito del polvo en una superficie de colección
- Retención de los depósitos en la superficie
- Remoción de los depósitos de la superficie para recuperación y disposición para su posterior procesamiento

Existen también algunas alternativas que pueden usarse previo al sistema de colección para aumentar la eficiencia del mismo y que son el método acústico y agregar agua a la corriente del gas, estos métodos actúan aumentando los núcleos del material facilitando así los efectos de los subsecuentes mecanismos sobre el polvo y poder separarlo más fácilmente.

La eficiencia del colector es el concepto con el cual se define la capacidad en general para coleccionar las partículas sólidas del polvo y la diferencia aritmética entre la unidad y la eficiencia es aquella parte del polvo que no es coleccionado.

En todos los equipos colectores se presentan todos los mecanismos de colección simultáneamente y su importancia relativa dependerá de las características del gas y la partícula, la geometría del equipo y el patrón de flujo.

La dificultad del tratamiento teórico del proceso de colección por la enorme variedad de polvos y condiciones prácticas así como la imposibilidad de controlar la mayoría de las variables que se presentan en el mismo así como de la medición de las mismas por carecer del equipo y técnicas necesarias para el proceso de laboratorio, se ha simplificado mediante una gran cantidad de suposiciones e incertidumbres, por lo que el diseño de los equipos existentes se basa principalmente en el conocimiento empírico o semi empírico, únicamente para casos muy particulares con filtros fibrosos y granulares de camas con un patrón de flujo dado y conocimiento de las condiciones de operación y del polvo así como de su composición se ha podido adaptar a laboratorio llevándose a cabo los consecuentes estudios.

Cámaras de gravedad⁵⁰

Estos equipos son los más simples y antiguos y remueven partículas mayores a 43 micras. su principio de acción se basa en reducir la velocidad de la partícula a fin de que la acción de la fuerza de gravedad impida su salida. en el caso de aumentar el rango del tamaño de partículas sujetas al equipo, este tiene que aumentarse excesivamente.

En general son largas y pueden colocarse horizontal o verticalmente con la entrada en un extremo y la salida en el opuesto. en su interior se colocan una gran cantidad de deflectores que desvían la dirección del flujo y disminuyen la velocidad del mismo, se necesita que esta sea menor a 3 m/s. La caída de presión que producen es pequeña y no se recomiendan para polvos corrosivos.

Generalmente se utilizan como equipos prelimpiadores - que quiten las partículas más grandes - a otros de mayor eficiencia.

Separadores de impacto⁵¹

Es un colector que basa su funcionamiento en los efectos de la inercia sobre las partículas al impactarse estas en el medio que atraviesa el patrón de flujo que sigue la corriente de polvo. La caída de presión que se produce va de 0.25 a 0.4 kilopascáles o de 0.1 a 1.5 pulgadas de agua. Sirve para coleccionar partículas mayores de 10 a 20 micras, son más adaptables a ductos y fluidos ya existentes y se les pueden adaptar dispositivos vibradores a determinados intervalos de tiempo, los principales mecanismos de colección que se presentan son la depositación inercial y la intercepción del flujo.

⁵⁰ Perry Robert H. Green Don. Perry's Chemical Engineer's Handbook U.S.A. 1986. 20-82

⁵¹ ibid

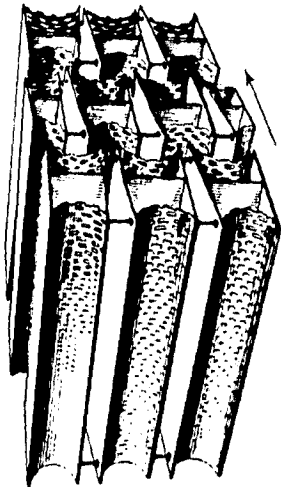
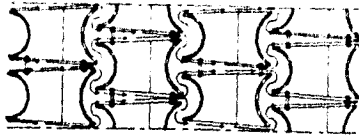
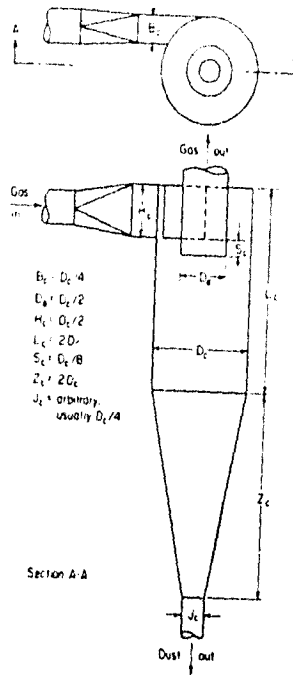


Diagrama de un separador de impacto y⁵²
del movimiento del aire dentro de el.

⁵² ibid

⁵³ op cit pp 20-84



Proporciones de un ciclón⁵³

Ciclones.⁵⁴

Estos equipos son los más comunes y su funcionamiento consiste en hacer pasar la corriente de gas a través de una cámara cónica o cilíndrica para después salir por una apertura central, debido a la inercia las partículas se mueven en la pared exterior del colector y finalmente caen en receptáculo. Consiste de una cámara en donde la aceleración de la gravedad se substituye por la fuerza centrífuga y que en condiciones normales va de 5 veces la fuerza de la gravedad en los de grandes diámetros y poca resistencia hasta 2500 veces la fuerza de gravedad en los chicos y de alta resistencia. Su entrada generalmente es de forma rectangular.

Es de los más económicos en inversión y operación, su mayor limitante es que a menos que sea muy pequeño su eficiencia para colectar partículas menores de 5 micras es baja, se usa principalmente para colectar partículas mayores de 200 micras con una eficiencia mayor del 98 % con partículas de 0.1 a 2 micras por el efecto de floculación y presenta mayor abrasión que las cámaras de gravedad, es utilizado para altas concentraciones de polvo de más de 230 g/metro cúbico, se utiliza para remover sólido y líquido del gas y ha sido operado hasta a 1000 grados centígrados y presiones de hasta 500 atmósferas.

Patrón de flujo.⁵⁵

Presenta doble vórtice con las respectivas espirales del gas: la ascendente interna y la descendente externa. Cuando el gas entra al ciclón se redistribuye su velocidad así su componente tangencial se incrementa y el radial decrece como lo podemos observar en la expresión

$V_t = r \exp - n$ con $n = 1$ cuando no existe fricción, teórico

con $n = 0.5$ a 0.7 para diferentes radios

V_t = velocidad tangencial r = radio del ciclón

⁵⁴ op sit pp 20-83

⁵⁵ ibid

y de esta manera la velocidad espiral puede alcanzar varias veces la velocidad interna promedio, la velocidad en la pared tiende a cero mientras que la tangencial es alta, la velocidad radial va hacia el centro en todo el ciclón y en el centro es hacia afuera, al existir dos espirales se producen dos eddy pero son chicos en comparación a la velocidad espiral por lo que se desprecian.

Caidas de presión.⁵⁶

Las pérdidas por fricción y las caídas de presión se expresan en términos de cabeza velocidad basada en la entrada del ciclón y se expresa en pulgadas de agua y su densidad como

$$h_{vi} = 0.0030 r V_c \exp 2$$

donde: h_{vi} = pérdidas por fricción (pulgadas de agua)

r = densidad (libras/ pie cúbico)

V_c = velocidad promedio de entrada del gas (pies/ seg)

En general no existe ninguna correlación de la caída de presión AP para los ciclones, sinembargo las pérdidas por fricción varían de 1 a 20 cabezas velocidad a la entrada dependiendo la geometría.

A mayor rugosidad de la pared, la fricción aumenta sinembargo, las pérdidas por fricción no son representativas para el total, la fricción de la pared aparentemente reduce la intensidad del vórtice pero aumenta la caída de presión AP.

⁵⁶ ibid

Eficiencia de colección ⁵⁷

La eficiencia teórica de un colector es un concepto mediante el cual se evalúa la capacidad de colección del colector y su expresión es.

$$E = (D_p / D_{pc}) \exp 2 / 1 + (D_p / D_{pc}) \exp 2$$

con $D_p = ((9mBc / 2\pi NcVc (\rho_s - \rho)) \exp 0.5$

E = Eficiencia

D_{pc} = diámetro de las partículas que corresponden a una eficiencia de colección del 50 % (metros)

D_p = diámetro de las partículas en general (metros)

N_e = Número efectivo de vueltas hechas por la corriente de gas en el ciclón.

m = Viscosidad (poises)

B_c = Ancho de la parte rectangular de la entrada del ciclón (metros)

V_c = Velocidad promedio de entrada de la corriente de gas (metros/segundo)

El concepto de diámetro crítico está enfocado a predecir el diámetro del 50 % de las partículas que son separadas con el 100 % de eficiencia.

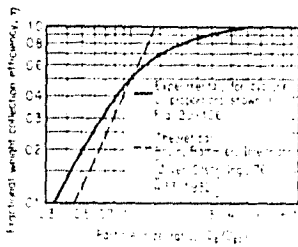
Cabe aclarar que no existen ecuaciones teóricas fundamentales aceptadas así que las anteriores son aproximaciones con respecto al patrón de flujo de la partícula en el ciclón.

Estas ecuaciones se basan en que la corriente de aire da un determinado número de vueltas en la parte de la espiral a una velocidad constante igual a la velocidad promedio a la de la entrada del ciclón sin turbulencia o mezclado y que sigue la ley de stokes gráfica I para un tamaño dado, sin embargo como el polvo está compuesto por partículas de muy diversos tamaños es necesario realizar la gráfica I para cada tamaño de partícula y de acuerdo a la proporción del total que ocupe la partícula realizar una gráfica como la gráfica II.

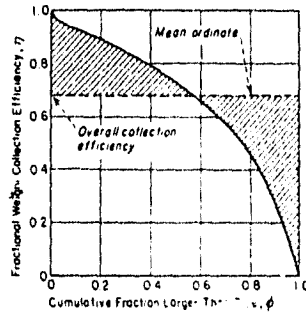
⁵⁷ op cit pp 20-86

La eficiencia total es la sumatoria de las eficiencias de cada tamaño de partícula de acuerdo a su fracción del total, si se tiene la distribución de partículas se puede calcular la eficiencia total graficando eficiencia vs diámetro en las ordenadas y abscisas respectivamente obteniéndose la gráfica II.

GRAFICA I ⁵⁸



GRAFICA II ⁵⁹



Eficiencia de separación
de los ciclones

Calculo de la eficiencia
total de un ciclón

⁵⁸ ibid
⁵⁹ ibid

Factores de diseño ⁶⁰

Los ciclones están diseñados específicamente sólo para determinadas caídas de presión en condiciones normales a presión atmosférica, sus limitaciones son las de ventilación con una caída de presión máxima que corresponde a una velocidad de entrada de 6 a 21 metros / segundo y generalmente se diseñan a 15 metros / segundo.

El primer factor de eficiencia a controlar es el diámetro del ciclón, así a un menor diámetro mayor eficiencia pero se necesitan un mayor número para una capacidad determinada y así todos depositaran el polvo en un receptor común, sin embargo lo que se tiene que buscar es un equilibrio entre la eficiencia y la complejidad del equipo, lo común es un ciclón para una capacidad determinada y conectarse más unidades paralelas sólo si la eficiencia no es adecuada para una sola.

Al disminuir el diámetro de salida del ciclón, aumenta la eficiencia y también su AP.

Si la longitud aumenta también la eficiencia, aunque no se tiene información basada en deducciones teóricas acerca de las proporciones que deben guardar las dimensiones de los ciclones la única que existe es netamente empírica.

Es importante que en la entrada se lleve a cabo una transición lenta para evitar un AP excesivo a la cámara del ciclón, lo más común entre los diseñadores en cuanto al ángulo de entrada para obtener la máxima eficiencia es entre 1.6 y 3 veces el diámetro del ciclón, sin embargo se presenta en la siguiente gráfica las proporciones aproximadas que deben guardar las diferentes partes del ciclón. La eficiencia aumenta con un aumento en el gasto del aire siempre y cuando el polvo de entrada este floculado.

El aumento de la velocidad del gas puede causar defloculación así que la eficiencia disminuye o permanece igual, también algunas variaciones en las proporciones del diseño que aumentan la eficiencia con polvos dispersos pueden disminuir la eficiencia con la floculación.

A mayor velocidad mayor eficiencia.

⁶⁰ op sit pp 20-87

Ciclones en serie,⁶¹ se utilizan por diversas razones, entre ellas

- Cuando la distribución de partículas es muy amplia, desde partículas menores a 10 y 15 micras y abrasivas
- el polvo es altamente floculante antes o en el mismo ciclón
- el polvo es uniforme y la eficiencia de la segunda etapa no es muy pequeña que la de la primera
- la operación es crítica y es necesario como respaldo tener una segunda y tercera etapas.
- A mayor carga del polvo en el aire aumenta la AP y la eficiencia, ej. con 460 g/m³ el AP es la mitad que si no tuviera ninguna carga.

Equipos comerciales.⁶²

- Ciclones simples, hay un extenso surtido y variedades con todo tipo de entradas y dimensiones.
- Multiciclón, tiene aspas en la parte superior, se usa para cenizas de los quemadores usados para producir vapor, es de fierro resistente a la corrosión.
- Ducon. Se utiliza para sólidos fluidizados de la industria petrolera y metalúrgica, está construido con acero inoxidable y recubierto de cerámica para darle mayor resistencia.
- Van Tanageran. Requiere usar el doble eddy para aumentar la eficiencia y por eso usa un by pass de la parte superior a la cónica del ciclón. Está hecho de acero inoxidable y aleaciones y tiene muchas aplicaciones.
- Syrocco. Tipo D tiene una salida que puede cambiarse para aumentar o disminuir la eficiencia con su correspondiente aumento y disminución de AP está fabricado de aleaciones y fierro el cono para soportar la corrosión. Existen muchos tamaños para muchas aplicaciones.

⁶¹ ibid

⁶² op sit pp 20-88

Dustex. Tiene muchos ciclones paralelos de 5 pulgadas de diámetro y se usa donde la carga no sea mayor a 23 g/m³

Existen ciclones de un solo flujo para la salida del gas y sólidos siendo en la misma parte y sirven de concentradores del sólido.

Un 5 y 20% del gas de entrada se descarga a la periferia y el gas limpio pasa axialmente. El polvo concentrado entra en un ciclón normal para su separación final.

Ciclón a contra flujo. En este ciclón el gas entra por abajo y viaja ascendentemente mientras que el gas limpio hace lo opuesto llevándose el polvo, se puede introducir el gas limpio con aspas o jet lateralmente y puede ser 100% limpio, parcialmente limpio o parte del sucio.

Rotor & Flow. Aumenta la eficiencia para partículas menores a 5 micras pudiéndose comparar con un scrubber de alta eficiencia.

Todos los anteriores equipos se pueden apreciar a continuación en la siguiente ilustración.

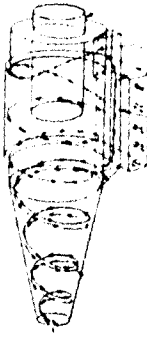
Ciclones comerciales a) Duclone. b) Sirocco tipo D. c) Van Tongeren. d) Multiciclón. e) Dustex⁶³



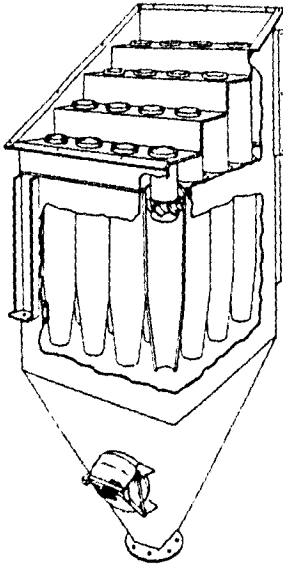
(a)



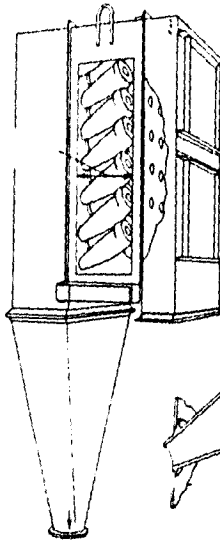
(b)



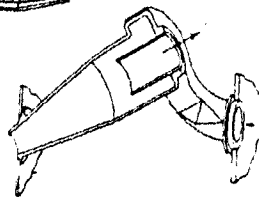
(c)



(d)



(e)



(f)

⁶³ op sit pp 20-85

Lavadoras mecánicas ⁶⁴

En principio son similares en cuanto a su eficiencia con respecto a los ciclones solo que ocupan menos espacio y considerando que en algunas instalaciones se necesitan poner bastantes, puede ser importante dicha diferencia de tamaño. La fuerza centrífuga y sus limpiadores son mayores que el ciclón pero su turbulencia y la menor cantidad de aire lo compensa. Se debe tener cuidado al usarse con polvos abrasivos porque los costos de mantenimiento para balancear el rotor pueden ser altos.

Lavadoras de partículas con agua ⁶⁵

Wet film: forman una película en el interior de las superficies, previniendo el aire de reentrada y que se lleva al polvo depositado, el líquido se introduce al gas como spray y las gotas del líquido son las principales colectores del polvo.

Dependiendo de las condiciones de operación y su diseño se pueden usar polvos finos y gruesos y siguen los mismos principios de la colección, siendo el principal mecanismo de colección la deposición inercial, el flow line es mínimo en las partículas finas, la difusión es también mínimo en las partículas mayores a 0.1 micras que son las más importantes, la fuerza de gravedad es inefectiva por las altas velocidades y el corto tiempo de residencia.

La deposición electrostática no es aconsejable excepto en los casos en donde el polvo o el agua o los dos sean cargados por una corriente externa para aumentar la eficiencia, sin embargo lo más importante en la colección es el mojado del polvo.

Los lavadoras cuentan con dos partes principales:

- Etapa de contacto donde se genera el spray y la corriente de polvo se pone en contacto con el y
- etapa de separación: donde el spray y el polvo depositado se separan del gas limpio.

⁶⁴ op cit pp 20-89

⁶⁵ ibid

Estas dos etapas pueden ser separados o físicamente combinados y se debe tratar que la de contacto se realice un buen contacto entre el espray y el polvo.

El espray se genera por el mismo flujo de gas en contacto con el líquido por orificios para el espray con atomización neumática o por presión y un generador mecánico de espray.

La separación se acompleta con los separadores inerciales que generalmente son ciclones o de contacto de varias formas, si está bien diseñados podrán remover todas las gotas de líquido producido en el scrubber pero la reentrada del líquido puede darse por un diseño reducido o una sobre carga.

Equipos comerciales.

Scrubber de condensación.⁶⁶

La eficiencia de los scrubbers puede aumentar con la simultánea condensación del vapor de agua en la corriente de gas. El efecto de la condensación actúa por dos mecanismos diferentes:

- Depositación de partículas en las gotas de agua fría y otras superficies como resultado del flujo de Stefan.
- Condensación del vapor de agua como núcleos que aumenta los tamaños de partículas y los hacen más fácil de colectar por la deposición inercial en gotas.

Los dos mecanismos pueden actuar simultáneamente pero en el caso de la condensación, se debe esperar el tiempo suficiente para que crezcan las gotas antes del contacto líquido-gas para lo cual se recomienda que el scrubber tenga una sección previa de acondicionamiento.

En el caso del flujo de Stefan se puede inducir el scrubber, poniendo en contacto a las corrientes caliente y húmeda del gas con agua fría suficiente que lleva al gas abajo de su punto de rocío, cualquier método práctico para inducir la condensación en las partículas ayudará al método de separación en el mecanismo del flujo de Stefan.

⁶⁶ op sit pp 20-92

En un estimado un scrubber con condensación consume 1/3 de la fuerza que utiliza uno convencional de alta energía

Separación de entrada⁶⁷

El separador de entrada es una parte crítica en el scrubber ya que la eficiencia de este depende en la remoción del spray de la corriente del gas. Los sprays generados en el scrubber son lo suficientemente grandes en los tamaños de gotas que pueden ser removidos por un apropiado diseño de separador inercial. La colección primaria del spray es rara vez la limitante en el diseño del separador pero el problema de reentrada es el común. Así en los lavadoras es esencial que el separador de entrada no sea objeto de bloqueos por los depósitos sólidos y que si estos ocurren sea fácil de limpiar. Los ciclones tienen más ventajas en este aspecto y son ampliamente usados con venturis contactores, pero no pueden usarse íntegramente con scrubbers de otras configuraciones los cuales pueden ser más convenientemente alimentados con otras formas de separadores de impacto, así que el diseño del separador es importante y la causa más común de la reentrada son las altas velocidades del gas y no hay datos para saber las capacidades de manejo en los separadores así que se estila sobrediseñarlos como forma para reducir costos.

Lavadoras con venturi⁶⁸

- Su diseño es de los más comunes, ha sido estandarizado y fabricado por muchas compañías.
- Los hay de baja y alta energía siendo estos últimos los más comunes.
- Son de varios orificios actualmente, no son más eficientes que el poder de contacto que otros pero por su simplicidad y flexibilidad se usan mucho, también como absorbedores de gases relativamente solubles.
- Utilizan un flujo hacia descendente del gas con tres partes:

⁶⁷ ibid
⁶⁸ op cit pp 20-93

Pared fluidizada para evitar concentración de polvo en la junta húmeda

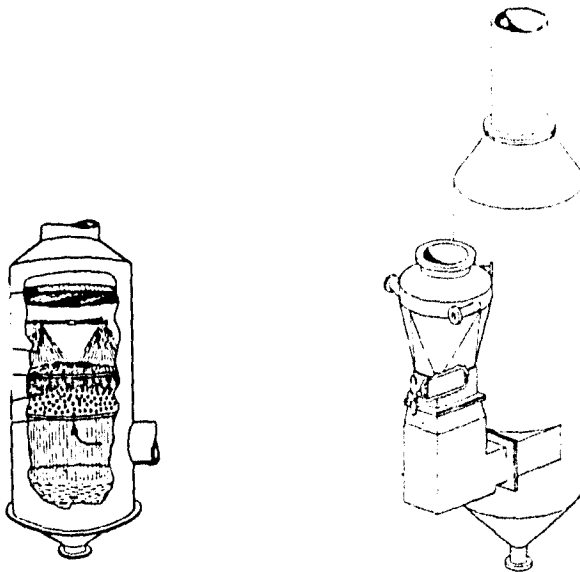
Variación de los orificios para cambiar la caída de presión

Codo fluidizado localizado abajo del venturi y antes del separador de entrada para evitar su desgaste por partículas abrasivas.

- El separador de entrada generalmente es de ciclón

- La garganta está recubierta de material refractario para evitar la corrosión y se controla manual o automáticamente para conservar la misma Caída de presión con cambios del flujo de gas como se puede observar en la siguiente ilustración.

Scrubber Venturi⁶⁹



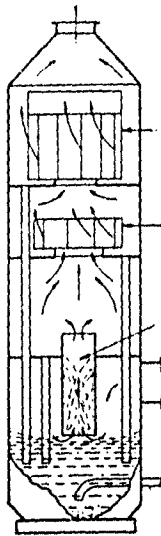
Lavadora de camas móviles⁷⁰

⁶⁹ V. 70

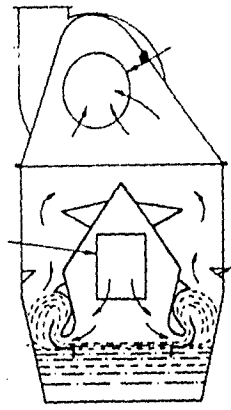
⁷⁰ op sit pp 20-96

Auto spray scrubber⁷¹

- Es una categoría de scrubber de gas atomizado en donde la zona de contacto gas-líquido se forma por un tubo o ducto de otra forma.
- La corriente de gas entra a alta velocidad en el atomizador del líquido de igual forma que en el venturi sólo que el líquido se alimenta primero en el contactador y luego es recirculado de el separador de entrada por gravedad con una bomba como el venturi
- Hay muchos comerciales con diferentes tubos de formas de contacto
- Hay de alta y baja energía siendo este último el más usado mientras que el primero es más complicado y de poca flexibilidad
- Su principal ventaja es la eliminación de la bomba de recirculación del líquido de mojado.



(a)



(b)

Auto spray scrubber⁷²

⁷¹ V. 70

⁷² op cit pp 20-94

Torres de platos⁷³

- Son a contracorriente con el gas y el líquido en diferentes platos
- Son similares a las usadas en absorción y se usan en operaciones en las cuales el gas debe ser simultáneamente absorbido con la remoción del polvo excepto en algunos casos en donde se presentan efectos de la condensación
- La contracorriente no es significativa para la colección
- Los tipos de platos son variados, los impactos en el plato no controlan el mecanismo de colección
- El plato de impacto se usa para la colección del polvo aunque los principales cuerpos son las gotas producidas por el líquido y el gas que fluye a través de las perforaciones y alrededor de los baffles
- La etapa slot tiene el efecto de un venturi contactador, las charolas de válvulas constituyen múltiples autoajustables orificios que permiten mantener constante la presión para un gran número de variaciones del flujo de gas aunque las variaciones de presión que suceden en un plato deben ser limitadas así que las torres diseñadas para un alto poder de contacto deben tener muchos platos.
- Las torres están sujetas a taparse y fallar mucho más que el venturi que tiene mucho más pasajes para el gas y el líquido.

Lavadoras de camas empacadas⁷⁴

- También se usan para absorción de gas, sólo que se pueden tapar por depósitos de sólidos insolubles siendo el empaque como los anillos rahiing que colocados al azar son los más afectados
- El empaque ordenado es mejor para la colección

⁷³ ibid
⁷⁴ V 70

- Cuando el gas y el sólido tienen que ser colectados se recomienda usar primero un scrubber venturi o similar para colectar el sólido antes del scrubber absorbedor empacado para el gas
- Son construidos horizontal o verticalmente, estos últimos se les conoce como "torres empacasa" y usan flujos a contracorriente aunque también en la misma corriente.
- Los empaques son grandes porque sirven para colectar el sólido excepto cuando este es muy grande. Cuando el polvo es fino, el empaque sirve para producir una turbulencia en el flujo y así se ayuda a la deposición del polvo en las gotas.
- Operar las torres abajo del punto de inundación con la mayoría del líquido fluyendo en pequeñas películas y formaciones de spray produce una eficiencia de colección un poco menor que el tipo venturi operando con el mismo poder de contacto.

Lavadoras de camas móviles.⁷⁵

- Tienen una o más camas con esferas de baja densidad que se pueden mover entre los contenedores de arriba y abajo, son de una pulgada de diámetro de plástico como propileno rellenas o vacías
- El flujo es a contra corriente y los empaques están fluidizados por la corriente ascendente del gas, el movimiento del empaque es para evitar la inundación y tapado de la cama.
- Fueron desarrolladas primero para la absorción de gas de corrientes que tenían sólidos
- El empaque es grande para que sirva como un balanco efectivo para la deposición del polvo fino, también sirve como promotor de la turbulencia mientras que los sólidos son colectados por las gotas de agua.
- La caída de presión se aumenta con el aumento de la velocidad del gas, la proporción gas/líquido, el espesor de la cama, la densidad del empaque y el número de camas en serie.

⁷⁵ op cit 20-94

- Experimentalmente se ha demostrado que su eficiencia depende sólo de la caída de presión y no de la velocidad del gas, el espesor de la cama, la densidad del empaque y el número de camas en serie

- También es menos eficiente que el venturi a una caída de presión dada sin apoyo científico

Lavadoras de spray ⁷⁶

- Es una cámara vacía en donde la corriente de gas entra en contacto con las gotas del líquido que produce un orificio de spray. Lo normal es que el gas ascienda entre un gran número de orificios de spray y se pueden hacer horizontal o verticalmente
- Tiene muy baja presión y casi todo, solo una pequeña parte del poder de contacto se produce por la corriente de líquido.
- El óptimo poder de contacto se obtiene convinando presión del líquido y el flujo, la mayoría son de baja energía.
- Para coleccionar partículas finas se requiere una alta proporción líquido-agua, flujo de líquido o ambos.
- Limpieza en los orificios es un trabajo de mantenimiento común.
- Separador de entrada es necesario para prevenir una sobrecarga del spray en la salida del gas.

Lavadoras de ciclón. ⁷⁷

- Su cámara principal es igual que en la forma de los ciclones que se usan para separación de entrada, sin embargo los arreglos para el contacto líquido-gas son por medio de atomizadores del tipo spray.
- Los hay con un árbol axial en que se localizan los orificios del spray y hay otros que donde los orificios están en la pared del ciclón y que descargan hacia el centro, este permite limpiar los orificios más fácilmente para su mantenimiento, en este caso el contacto líquido-gas se termina de realizar por las aspas del remolino con la energía proveniente de la corriente de gas en forma de calda de presión.
- Las aspas del remolino también sirven como las charolas en una torre de charolas.

⁷⁶ op sit 20-94

⁷⁷ ibid

- Para aumentar el poder de contacto se puede proveer usando aspas y remolinos adicionales en serie como se muestra en la siguiente ilustración.

Lavadoras con eyector venturi.⁷⁸

-Tiene flujo paralelo gas-agua

- El agua se esparce por orificios de spray y por un jet y sirve tanto para mojar el gas como para moverlo así que no se necesita un ventilador ya que el poder necesario es suministrado por la bomba que manda el agua a los agujeros del eyector.

- El agua debe ser suministrada suficientemente a volumen y presión para dar el suficiente poder de contacto y sacar el polvo para la operación de colección.

- El eyector se considera como una bomba de gas pero no es muy eficiente así que la energía disipada que no se aprovecha en el bombeo sirve para el contacto líquido-agua.

- La energía que equivale a cualquier presión de gas en el scrubber no es parte del poder de contacto.

- Se usa comúnmente como absorvedor de gas pero su combinación de la presión de agua y flujo son suficientes para proveer los requerimientos del transporte del gas pero no para un suficiente poder de contacto para dar una eficiencia alta en partículas submicróticas.

-Existen otros que han sido usados para mayores niveles de poder de contacto, en uno el agua caliente que sale de los orificios una parte se flashea a vapor aumentando la energía mecánica disponible para la colección.

- Otros utilizan dos tipos de orificios, para gas y para agua en aire comprimido y vapor y la mayor parte de la energía para atomizar el líquido y coleccionar se deriva de el aire o vapor comprimidos, en algunos otros parte de el draft es suministrado por un ventilador como se muestra en la siguiente ilustración.

⁷⁸ op sit 20-95

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Lavadoras mecánicas ⁷⁹

Se les conoce a todos aquellos en donde un motor mecánico provee la fuerza motriz que produce un fino spray y el contacto gas-líquido como en otro tipo de lavadoras las gotas son el principal cuerpo de colección para las partículas del polvo

El rotor actúa como productor de turbulencia. Se necesita un separador de entrada para prevenir el retorno del spray. Los principales problemas de mantenimiento son el desbalanceo del rotor por la sedimentación de partículas y la corrosión de partículas grandes. Las principales y típicas comerciales son esencialmente ventiladores con aspersores de agua.

En algunos casos el rotor tiene aspas en el ventilador para aumentar la presión del gas, su velocidad estará entre 350 a 750 rpm

- El desintegrador es de alta energía para coleccionar partículas finas y principalmente se usa para limpiar los polvos de hornos de gas después de remover las partículas grandes por un scrubber primario, sin embargo han sido ampliamente sustituidos por el tipo venturi.
- En los povos de quemadores para el mismo poder de contacto el desintegrador es similar en eficiencia que el venturi y otros de gas atomizado con spray como se muestra en la siguiente ilustración.

Lavadoras de camas de fibras. ⁸⁰

Estos sistemas se usan para contacto líquido-gas en flujo paralelo, aquí los dos mecanismos de colección: Depositación de las partículas sobre las gotas y la filtración, depositación sobre fibras se realizan.

Si solo la niebla está presente, pequeñas fibras son suficientes pero si hay partículas sólidas el uso

⁷⁹ ibid

⁸⁰ op cit 20-96

de fibras está limitado por la tendencia de las camas a taparse. Para la colección de partículas, las camas deben estar hechas de fibras grandes con una alta fracción vacía para minimizar dicha tendencia a taparse. La cama debe ser hecha de metal o fibra plástica en forma de costura tejida, muchas capas de pantalla o fibras empacadas al azar. Sin embargo la cama debe tener suficiente estabilidad dimensional de forma que no se compacte durante la operación.

En experimentos se ha visto que un scrubber hecho con camas de fibras para la misma caída de presión y el mismo polvo ha dado mejores eficiencias que el tipo venturi.

También hecho con empaque de lana metálica al azar ha dado mejor resultado que el de orificios. Sin embargo tiene pocas ventajas en la colección de partículas submicróticas presumiblemente por el mayor tamaño de las fibras que lo hace bueno para el servicio de colección de partículas mayores.

A pesar de su potencial para aumentar su eficiencia de colección no tiene mucha aceptación comercial por la tendencia a taparse, su uso principal es en pequeñas unidades como las tomas de aire en limpiadores de motores para los cuales es fácil remover las camas para limpiarlas constantemente.

Lavadoras eléctricamente alimentados.⁸¹

Estos son el resultado de intentos para aplicar la deposición electrostática cargando las partículas del polvo, las gotas de agua o ambos con el objetivo de combinar un colector de alta eficiencia en colección de partículas finas y un moderado consumo de poder característico del precipitador electrostático.

Existen otros tipos que son los precipitadores eléctricos húmedos.

⁸¹ ibid

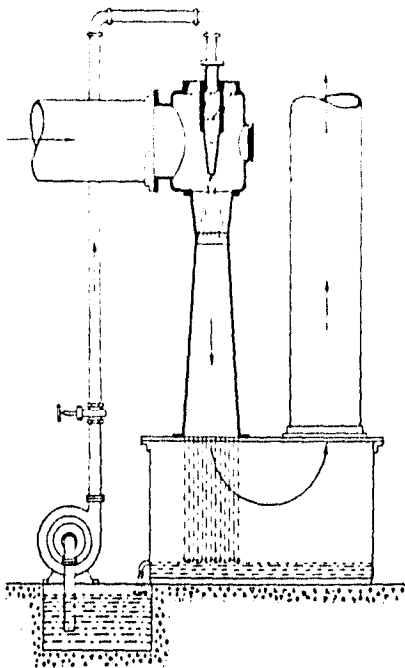


FIG. 20-121 Ejector-venturi scrubber (Schutte & Koerting Division, Ametek Inc.)

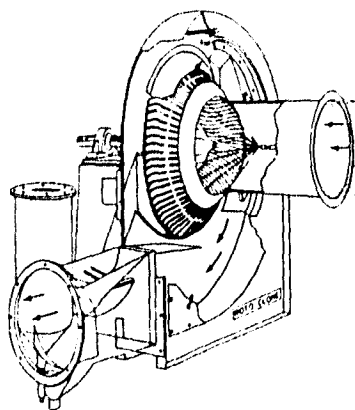


FIG. 20-122 Mechanical scrubber (American Air Filter Co., Inc.)

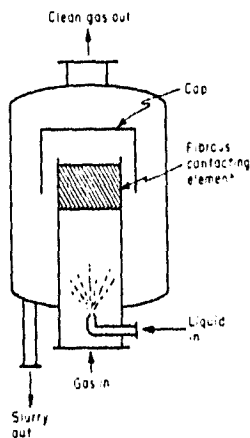


FIG. 20-124 Fibrous scrubber (Jana and Porter, U.S. Patent 3,370,401, 1967)

a) Lavadora con ejector venturi. b) Lavadora mecánico. c) Lavadora con camas de fibra⁸²

⁸²V. 83

Lavadora de platos de contacto⁸³

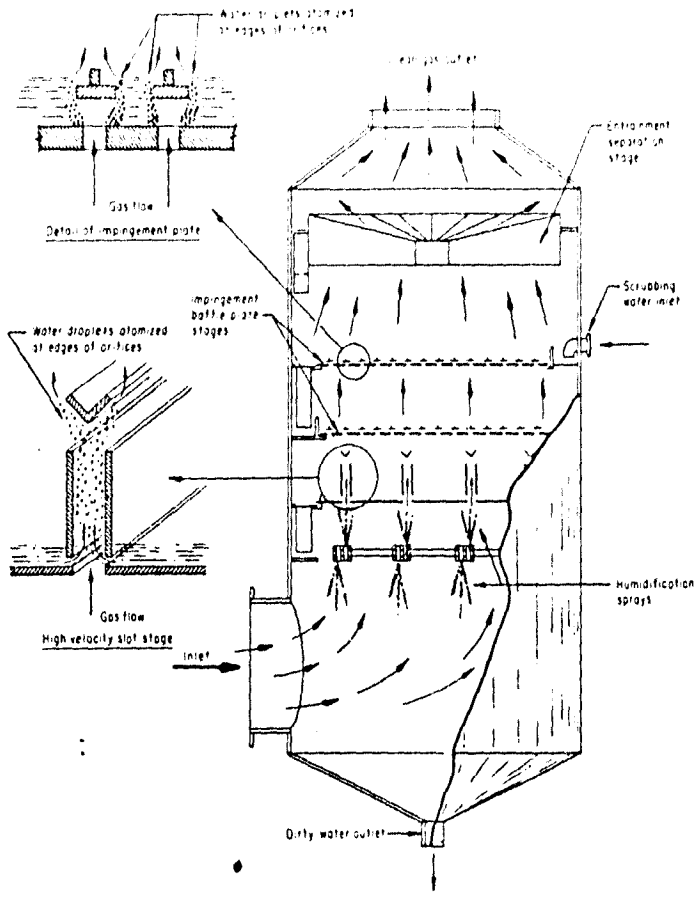


FIG. 10-118 Impingement plate scrubber - Peabody Engineering Corp.

*Filtros.*⁸⁴

Comunmente son llamados *filtros de bolsas* o *casas de bolsas*

Son colectores en los cuales el polvo es removido de la corriente del gas haciendo pasar el polvo a través de una bolsa de un determinado material como lana, membrana porosa. Estos tipos son de superficie en los cuales el polvo se colecta en las fibras de la superficie del medio filtrante y el mismo polvo se convierte en el medio efectivo filtrante.

Los poros generalmente son varias veces más grandes que las partículas de polvo por lo que la eficiencia de colección es baja hasta que se forma la película sobre los poros. Durante este período inicial la depositación de partículas se presenta principalmente por un flujo inercial, difusional y por gravedad, una vez que esta ya establecida la película de polvo, el tamizado es probablemente el mecanismo dominante de depositación, la penetración es usualmente extremadamente baja excepto durante el ciclo de limpieza y sólo limitadas y adicionales partículas permanecen por la influencia de la eficiencia de colección por el diseño de los filtros.

El diseño de los filtros está relacionado principalmente con las velocidades de filtración de gas, caída de presión y los ciclos de limpieza de los filtros.

Debido a su alta eficiencia de colección de todo tipo y tamaño de partículas los filtros han sido usados para colección de polvos finos y humos por más de 100 años. Su principal limitación son los límites de temperatura de los materiales de que son fabricados. El límite superior para fibras naturales es de aproximadamente 90 grados Celcius.

Su principal desarrollo en su tecnología hecho desde 1945 ha sido el de filtros fabricados a base de fibras de vidrio y sintéticas cuyos rangos de temperatura son hasta de 230 a 260 grados Celcius sin embargo las capacidades de las fibras disponibles para resistir las altas temperaturas todavía son la principal limitación de su aplicación.

⁸⁴ op cit pp 20-98

sin embargo las capacidades de las fibras disponibles para resistir las altas temperaturas todavía son la principal limitación de su aplicación

Tipos de filtros ⁸⁵

Actualmente los filtros se clasifican en tres tipos diferentes de acuerdo al método de limpieza usado y son:

- limpieza por agitación
- limpieza a contraflujo
- limpieza a contrapulso

Los basados en la limpieza por agitación son los primeros que utilizaron bolsas. Los de bolsas con fondo abierto son más seguros que las aberturas en el tubo que separa la cámara baja de entrada del gas sucio. Los soportes de la bolsa desde los cuales las bolsas son sostenidas están conectados al mecanismo de agitación. El flujo de gas sucio es ascendente dentro de la bolsa y el polvo se colecciona sobre la superficie interna. Cuando la caída de presión alcanza su límite superior como resultado de la acumulación de polvo el flujo de gas se para y el agitador comienza a operar agitando bruscamente la bolsa. El polvo descargado cae dentro del receptor de polvo localizado abajo del tubo que sujeta la bolsa. Si el filtro es operado constantemente debe ser construido con muchos compartimientos de tal manera que los compartimientos individuales puedan ser secuencialmente desconectados de la línea para su limpieza mientras los otros compartimientos continúan en operación.

Los filtros con agitación están disponibles como unidades comerciales estándares, aunque las grandes casas de bolsas para servicio pesado son comúnmente diseñadas y fabricadas especialmente. Las bolsas circulares u ovaladas usadas en las unidades estándares generalmente

⁸⁵ op cit pp 20-99

son de 12 a 20 centímetros de diámetro y de 2.5 a 5 metros de largo. Las grandes casas de bolsas para trabajo pesado pueden usar bolsas de más de 30 centímetros de diámetro y 9 metros de largo. Las bolsas deben ser tejidas para soportar la flexión y estiramientos en la agitación. El tejido puede ser hecho de fibras naturales como algodón o lana o fibras sintéticas. La fibra de vidrio o fibra mineral son generalmente muy frágiles para su limpieza por agitación y son generalmente usadas en los filtros con limpieza a contra flujo.

En pequeñas unidades la agitación de las bolsas puede ser realizada manualmente pero la agitación mecánica es generalmente producida para unidades más grandes. La operación completamente automática puede realizarse colocándose un reloj, un motor para la agitación y válvulas de descarga operadas mecánicamente o con aire. Las unidades pequeñas abajo de 1000 pies cuadrados de área de contacto, están disponibles completamente ensambladas como filtros unitarios, las unidades grandes están construidas para secciones rectangulares emparejadas estandarizadas, cada sección contiene en orden de 1000 a 2000 pies cuadrados de tela y están ensambladas de manera que formen una sola casa de filtros. En esta forma el filtro puede ser dividido así que una o más secciones a un mismo tiempo pueden ser desconectadas del servicio para su agitación o mantenimiento general. Una capacidad adicional puede ser provista posteriormente añadiendo más secciones. Normalmente los filtros están hechos como casas rectangulares para la economía de la agitación pero las casas cilíndricas están disponibles cuando se requiere mayor fortaleza para el servicio de presión y vacío. Los filtros de agitación ordinarios pueden ser agitados cada cuarto de hora hasta 8 horas dependiendo del servicio. Un manómetro conectado a través del filtro es muy útil determinando cuando el filtro debe ser sacudido. Los filtros totalmente automáticos pueden ser sacudidos con una frecuencia de hasta cada 2 minutos pero el mantenimiento de las bolsas será reducido grandemente si el tiempo entre la sacudida puede ser aumentado hasta 15 o 20 minutos sin producirse una excesiva caída de presión. La limpieza puede realizarse automáticamente por un switch de presión diferencial. Es esencial que el flujo de gas a través del filtro sea detenido durante la agitación de forma que permita al polvo caer y ser removido. Con el polvo muy fino podrá ser necesario igualar la presión a través de la tela. En la práctica esto

puede realizarse sin interrupción de la operación cortando una sección del servicio a la vez como se ve en la siguiente ilustración. En los filtros automáticos esta operación involucra el cerrado de los rociadores agitando las unidades del filtro ya sea neumáticamente o mecánicamente, algunas veces con la adición de la limpieza a contra flujo a través del filtro y finalmente reabriendo los rociadores. Para los filtros automáticos operados con aire comprimido esta operación puede tomar sólo de 2 a 10 segundos, para los filtros mecánicos ordinarios equipados para control automático la operación puede tomar hasta 3 minutos.

Una área mayor de tela y una velocidad reducida de filtración aportan una reducción substancial de la frecuencia de agitación y del uso de las bolsas. Consecuentemente es generalmente económico ser conservador en la especificación del área de tela. Los filtros de limpieza por agitación son generalmente operados a velocidades de filtración de 0.3 a 2.5 metros / minuto y a una presión de 0.5 a 1.5 kilopascales. Para cada polvo fino o altas concentraciones de polvo, las velocidades de filtración no debería de exceder de 1 metro / minuto. para humos finos y polvos en instalaciones de servicio pesado las velocidades de 0.3 a 0.6 metros / minuto han sido grandemente aceptado bajo la base de la experiencia de operación.

Los prelimpiadores de ciclón son algunas veces usados para reducir la carga de polvo en el filtro o para remover las cenizas grandes y calientes u otros materiales que puedan dañar las bolsas, sin embargo reduciendo la carga de polvo en el filtro no significa que debe reducir la presión ya que el incremento de K_2 producido por la reducción en el tamaño promedio de partícula puede ser compensado por el decrecimiento en la carga de polvo de la bolsa.

En la operación de filtrado es esencial que el gas sea capturado abajo de su punto de rocío para evitar el vapor de condensación sobre las bolsas y resultando en el tapado de los poros de las bolsas. Sin embargo los filtros han sido usados exitosamente en atmósferas de vapor como las encontradas en los secadores de vacío, en tales casos la causa es generalmente presa del vapor.

Los filtros de limpieza por contraflujo son generalmente similares a los de limpieza por agitación excepto por la eliminación del agitador. Después que el flujo de gas sucio ha parado, un ventilador

es usado para forzar al gas limpio a pasar a través de las bolsas del lado del gas limpio. Este flujo de gas parcialmente colapsa las bolsas y descarga el polvo colectado el cual cae al colector de polvos. Los anillos son usualmente puestos dentro de las bolsas a intervalos a través de la longitud para prevenir el colapso completo lo cual podría obstruir la caída del polvo descargado. La principal aplicación de la limpieza por contra flujo está en las unidades que usan bolsas de fibra de vidrio para la colección a temperaturas mayores de 150 grados Celcius. El colapso y el reinflado de las bolsas puede ser hecho suficientemente delicado para evitar poner excesiva tensión sobre las bolsas de fibra de vidrio. Como los filtros con agitación los compartimientos de las casas de bolsas son desconectados secuencialmente para la limpieza de las bolsas. El gas usado para la limpieza por contraflujo es comunmente suministrado en cantidad necesaria para dar una velocidad superficial a través de las bolsas de 0.5 a 0.6 metros / minuto la cual es del mismo rango de las velocidades de filtración frecuentemente usadas.

En los filtros de pulsos de reversa frecuentemente denominados como filtros de retrojet las bolsas del filtro forman una manga que es diseñada por una jaula de alambre la cual es usualmente cilindrica. La jaula soporta la bolsa sobre el lado del gas limpio y el polvo es colectado en el lado de la bolsa, un orificio de venturi se localiza en la salida del gas limpio desde la bolsa. Para la limpieza un jet de aire de alta velocidad es dirigido a través del orificio del venturi y dentro de la bolsa induciendo el flujo de gas limpio a entrar a la bolsa y a fluir a través de la bolsa para el lado del gas sucio. El jet de alta velocidad es liberado repentinamente, un pulso corto con duración típica de 100 microsegundos o menos desde la línea de aire comprimido por una válvula solenoide. El pulso de aire y gas limpio expande la bolsa y descarga el polvo colectado. El tejido de las bolsas es limpiado en una secuencia de tiempo por una operación programada de las valvulas solenoide. La presión del pulso es suficiente para descargar el polvo sin el cese del flujo de gas a través del filtro. Ha sido una práctica común limpiar las bolsas en operación sin parar el flujo de gas sucio dentro del filtro y los filtros de bolsas de retropulso han sido construidos sin divisiones dentro de multiples compartimientos. Sin embargo las investigaciones y experiencias han mostrado que la limpieza en

operación de los filtros de retropulso una gran fracción del polvo descargado de la bolsa que es limpiada puede redepositarse en las bolsas vecinas más que caer en el colector. Como resultado hay un crecimiento en la tendencia de desconectar durante la limpieza de los filtros de retro pulso. La casa de bolsas se divide en secciones de tal manera que el plenum del gas de salida sirva en las bolsas en una sección que pueda ser cerrada y separada de las del gas limpio más allá de parar el flujo de gas de entrada a través de las bolsas. En el lado del gas sucio de el tubo las bolsas de la sección son separadas por divisiones de las secciones vecinas donde la filtración continúa. Las secciones del filtro son limpiadas en rotación como en los filtros de agitación y de retroflujo. Algunos productores están usando relativamente aire de baja presión 100 kilopascales hasta 690 kilopascales y están eliminando los tubos de ventun para la introducción del aire limpio. Otros han eliminado los agujeros separados de jet localizados en las bolsas individuales y usan un solo jet para inyectar el pulso dentro del plenum del gas de salida.

Los filtros de retropulso son típicamente operados a velocidades más altas de filtración proporciones aire / tela que los de agitación o de retroflujo diseñados para el mismo servicio. Las velocidades de filtración pueden variar de 1 a 4.5 metros / minutos dependiendo del polvo que sea colectado pero la mayoría de los polvos comunes usan un rango de velocidad de 1.2 a 2.5 metros / minutos. La frecuencia de limpieza también depende de la naturaleza y concentración del polvo, con intervalos entre los pulsos variando de 2 a 15 minutos.

La acción de limpieza por el pulso es tan efectiva que las capas de polvo puede ser completamente removidas de la superficie de la bolsa. Consecuentemente la bolsa por sí misma debe servir como el principal medio del filtro por lo menos como una parte substancial del ciclo de filtración. Las bolsas tejidas son inadecuadas para tal servicio y el fieltro de varios tipos debe ser usado. La mayor parte del polvo es removido de las hileras de la superficie pero el fieltro asegura que una inadecuada eficiencia de colección es mantenida hasta que las hileras de polvo se ha formado.

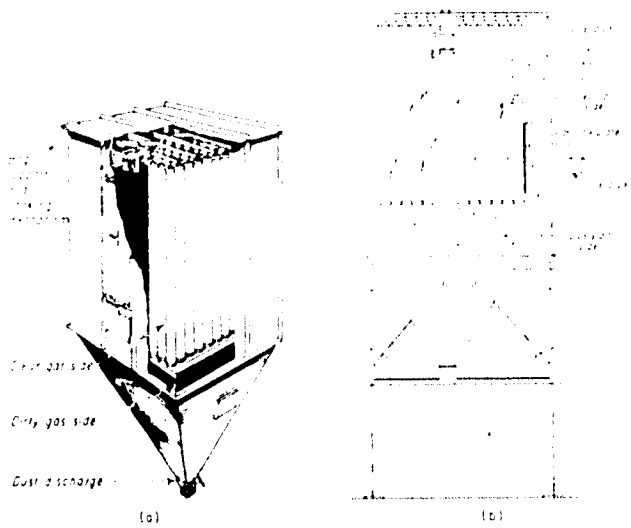


FIG. 20-126 Typical shaker-type fabric filters: (a) Buell-Nurblo (cutaway view); (b) Wheelabrator-Frye Inc. (sectional view).

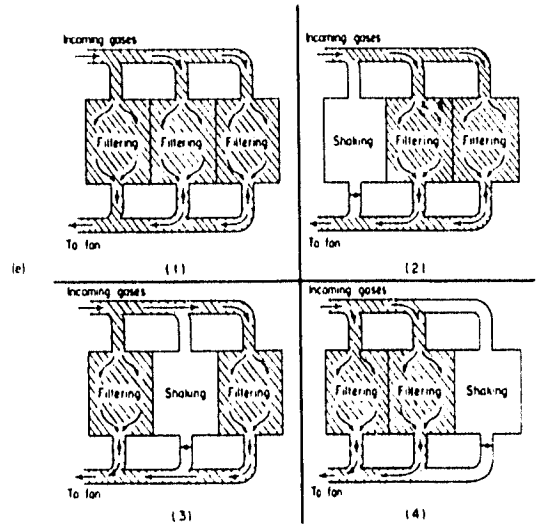


FIG. 20-127 Three-compartment bag filter at various stages in the cleaning cycle. (Wheelabrator-Frye Inc.)

a) Típico filtro con agitación.⁸⁶ b) Secuencia de limpieza de un filtro de tres compartimentos.⁸⁷

⁸⁶ op cit pp 20-100
⁸⁷ ibid

CAPITULO IV. SELECCION DE LA ALTERNATIVA MAS ADECUADA Y SU DESCRIPCION GENERAL.

En el transcurso del capitulo mencionaremos las dos opciones propuestas como las mejores soluciones al problema de colección basándonos en las necesidades particulares. Estos son el colector de ciclón y el de bolsas, se tratarán sus principales ventajas y desventajas así como su descripción general tomando en cuenta aspectos como su funcionamiento y mantenimiento.

Para la colección del polvo producido por la sierra circular, la canteadora, la pulidora de banda y disco, trompo y el cepillo por la cercanía que existe entre las máquinas y por ser el cepillo el que representa de dichas máquinas la mayor carga junto con la sierra circular se propone el uso del colector de ciclón ya que este al igual que las anteriores máquinas es semifijo, es decir, permite pequeños movimientos de posicionamiento para su servicio pero durante su operación permanece fijo así de esta manera se lleva a cabo la instalación también semifija de las tomas de succión de las máquinas, y las tuberías que conducen el polvo hasta el ciclón y el receptáculo final, además el ciclón es el colector que tiene mayor capacidad de succión y por lo mismo puede dar el servicio de colección a todas las máquinas antes mencionadas sin ningún problema de escases. Además estas máquinas producen aserrín con un espectro amplio de tamaño de partículas aunque en su mayoría es grande, de esta manera, el ciclón separará mejor en sus dos etapas el polvo más grande en la primera y el fino quedará retenido en la segunda etapa. Como una opción paralela al ciclón se puede instalar un colector de ocho bolsas con la misma capacidad, sin embargo este colector utiliza un espacio mucho mayor por lo que no es posible su instalación además de que el trabajo de limpieza así como en general de mantenimiento que presenta este colector son mucho mayores. Para el caso del torno que es la segunda fuente más importante de emisión de polvo y que se encuentra separado del resto de las máquinas así como para el router, la sierra cinta, los taladros y el escoplo los cuales tienen una mínima emisión de polvo se propone instalar colectores de 4

bolsas para cada caso aunque para el segundo el colector este sobrado en capacidad por mucho, puede servir como de respaldo en el caso de falla del colector del torno y por la flexibilidad y movilidad de estos colectores de igual forma para respaldar al ciclón en caso de falla de este o paro temporal por mantenimiento siendo escaso uno sólo y similar con los dos simultáneamente conectados, la diferencia en precio del colector de dos bolsas que pudiera ser suficiente para el segundo servicio con respecto al propuesto de cuatro bolsas no es mayor del 40% disminuyendo dicho diferencial en el caso de los costos de operación y mantenimiento.

Colector de ciclón¹⁸

A continuación se presenta los diferentes modelos que ofrece el proveedor Delta así como sus datos técnicos con sus características principales y los diferentes accesorios con que cuentan.

Descripción general del equipo.

El equipo cuenta con un motor de 7 1/2 caballos de potencia y un flujo de aire que va de 1780 a 2400 pies cúbicos por minuto lo que le permite dar el servicio necesario de 4 a 7 u 8 máquinas simultáneamente y con una longitud de tubería y conexiones que va de 210 a 400 pies.

La bolsa da 400% más eficiencia en la remoción del polvo en comparación con las de algodón estándar y remueve el 99.9% de las partículas mayores de 5 micras.

Los motores están totalmente aislados para protegerlos de los daños que pudieran producirles determinados polvos y están provistos de un ventilador interno que sirve para enfriarlos y así alargar la vida de los mismos.

¹⁸ Datos proporcionados por el proveedor. Delta International Machinery Corp. Pittsburgh USA.

El equipo utiliza ductos estandar de 8 pulgadas de diámetro y es fácilmente adaptable a las conexiones existentes de la mayoría de las máquinas para madera. además cuenta con su propia estructura metálica que facilita la autolimpieza de la bolsa filtrante la cual cuenta con una banda helastica con un seguro de fleje autoajustable de fácil operación y que sirve para fijarla al tambor receptor del polvo

Dentro de los accesorios con los que cuenta el equipo estan las plataformas rodantes para soportar los tambores así como estos últimos también y un sinúmero de conexiones, ductos y adaptaciones a diferentes máquinas y necesidades.

Las aspas radiales del ventilador son de aluminio lo que le permite llevar a cabo su autolimpieza además disminuye el riesgo de fuego que pudieran presentar las partículas abrasivas.

Los tambores receptores del polvo son metálicos evitando de esta manera que se vean afectados por un imprevisto y que se esparsa el polvo recolectado como puede suceder con los sistemas que utilizan bolsas de plástico.

Descripción de la operación de colección⁸⁹.

El equipo provee el servicio de colección a través de un proceso de dos etapas, en la primera el ciclón impulsado por el motor, succiona el polvo producido por la máquina y que es transportado por el aire y separa las partículas más grandes las cuales se depositan en el fondo del tambor receptor, estas partículas no pueden pasar a la segunda etapa puesto que su peso es tal que la atracción gravitacional que sufren les impide ser succionadas por el ciclón a dicha etapa a la cual son conducidas las más pequeñas que forman el polvo fino el cual posteriormente se colecta en un filtro de bolsa aquí las primeras se acumulan momentáneamente en la superficie interna de la bolsa mientras que las demás se depositan en el tambor colector obteniéndose así una eficiencia del 99.9% para partículas mayores a 5 micras puesto que es muy difícil encontrar partículas de polvo de madera menores a dicho tamaño una vez que ha sucedido esto, el aire limpio sale a través de la bolsa y pasa al atmosférico.

⁸⁹ ibid

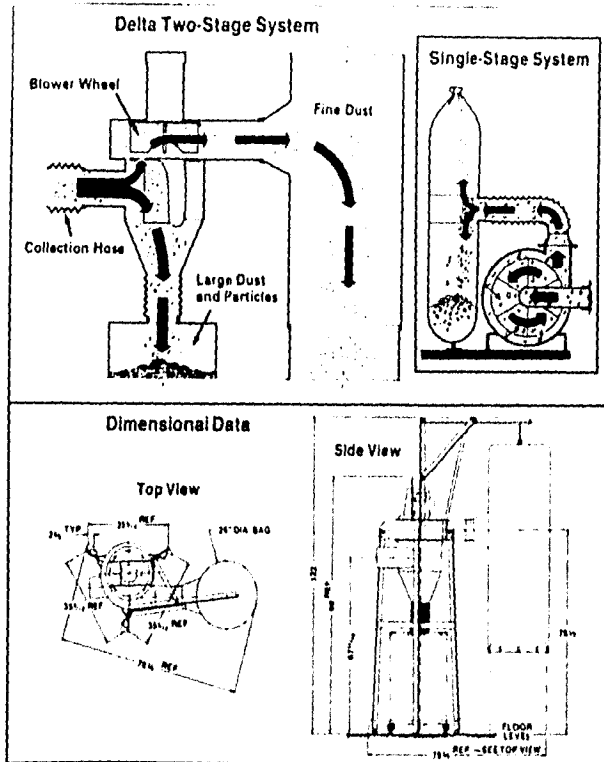
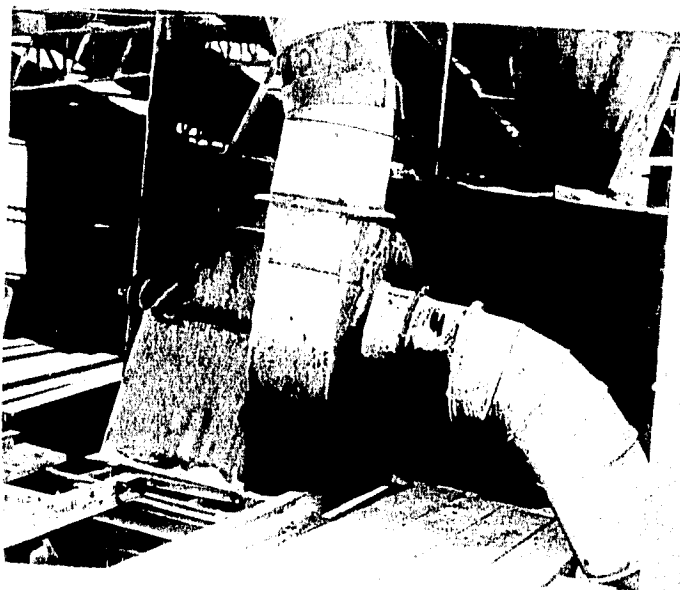


Diagrama del proceso de colección en un ciclón en general.⁹⁰

⁹⁰ ibid



a) Extractor axial⁹¹

⁹¹ El equipo proporciona una enorme capacidad de succión, aproximadamente 20,000 pies por minuto, el dato de la presión no fué proporcionado. Se encuentra colocado en el tren de colección a unos 10 metros antes que los ciclones y a 5 metros de desnivel entre los mismos, consta de un motor de 25 caballos de potencia y su diámetro externo es de aproximadamente 1.5 metros.

Datos proporcionados por la Maderería La Nueva Reforma. Municipio Libre 120 Col. Portales México D.F.



Instalación de extracción de polvos en una carpintería⁹²

⁹² Las tolvas son de aproximadamente 50 metros cúbicos de capacidad lo que le da una autonomía de un mes suficiente para que se descarguen. Son de lámina de hierro con una estructura de metal externa muy fuerte. Están colocadas a 8 metros de altura del nivel del piso y se encuentran al final del sistema de colección, en su parte superior tienen las entradas para las boquillas de los ciclones. Cuentan en la parte inferior con dos escotillas para la descarga del aserrín, las cuales se remueven una vez que se ha colocado abajo de las tolvas el camión que recibirá el material, una vez descargada se sierra nuevamente y el camión retira el material.

Datos proporcionados por la Maderería la Nueva Reforma. Patriotismo 120 Col. Portales México D.F.

Instalación y Operación del sistema

Para la instalación del sistema previamente seleccionado mediante un minucioso estudio del problema de colección y de las diferentes opciones para su solución es preciso localizar el lugar donde será colocado lo que también es un factor muy importante cuando no se cuenta con grandes espacios en la fábrica, el espacio que ocupe el sistema debe tener fácil acceso tanto para su instalación, operación, limpieza y mantenimiento y no debe aumentar actuales riesgos ni crear otros futuros mayores a los actuales además hay que tratar que el uso de ductos, conexiones y accesorios sean los menos posibles a fin de reducir al máximo su costo, también debemos cerciorarnos de que cuente cotidianamente con su alimentación energética en las cantidades y condiciones que necesite de tal forma que no se tengan problemas debidos a esto, en la gran mayoría de los equipos su alimentación energética es eléctrica y a lo que se refiere esta aclaración es al hecho de asegurarse de que sea alimentada en las condiciones que requiere el sistema independientemente de las condiciones de suministro de la red federal por lo que si dichas condiciones fueran diferentes se tendrían que hacer los arreglos necesarios para lograrlo, así si el voltaje o las fases o la intensidad no fueran las indicadas, que fueran menores o mayores en magnitud, se tendría que colocar un regulador que asegurara la continuidad en la calidad de la fuente, esto es muy importante puesto que en nuestro país no contamos con un suministro regular al respecto y de no ser así podríamos dañar el sistema o al menos disminuir su vida útil; se debe tomar muy en cuenta el hecho de que la instalación y puesta en marcha sea llevada a cabo por el proveedor o al menos supervisada por el mismo y que continúe dicha supervisión hasta obtenerse un nivel de confiabilidad lo suficientemente razonable como para que no represente un problema más el equipo, este concepto así como el hecho de exigir por parte del proveedor una garantía determinada deben ser asuntos plenamente discutidos y aclarados previamente a la firma del contrato de compra-venta tanto del bien como del servicio. Una vez hecho lo anterior y una vez instalado el sistema como tal, se inicia la instalación de la ductería de cada una de las máquinas a será conectado teniendo especial cuidado de que las tomas de succión queden abarcando la mayoría del área de expulsión del polvo por parte de la máquina y de esta forma aumentar la

captación del polvo por el sistema, para lo cual es muy recomendable adaptar diversos sostenes de la ductería para que las tomas queden rígidas y fijas y no se vean afectadas con los diferentes movimientos y vibraciones propias de la operación de las máquinas. también se hará necesario colocar diversos deflectores que desvíen la dirección del polvo hacia la toma de succión, dichos deflectores y sostenes y en general todas aquellas adaptaciones que se realicen deben tratarse de hacer lo más sencillo posible y que no vayan a provocar futuros riesgos de accidentes o afecten la operación del sistema. Una vez terminada la instalación de la ductería se procede a probar la eficiencia de colección a diferentes capacidades y se observan los problemas que se tienen y se trata de ajustar y mejorar la operación aunque en general este proceso es paulatino, a lo largo de los días se van componiendo todos esos detalles hasta obtenerse un punto fijo y de buen nivel de eficiencia.

En cuanto a la operación del sistema, esta no consiste más que en encender y arrancar el motor con su switch y en someter a la acción de la colección a aquellas máquinas que estén trabajando a través de las secciones de separación de los ductos para de esta manera aumentar la eficiencia del sistema sobre las máquinas operando. En el caso que se tuviera que desconectar determinada máquina para dar servicio a una nueva, se procedería a realizar lo anteriormente mencionado en cuanto a su instalación y operación con el consecuente paro y reinicio del sistema.

Procedimiento de limpieza y mantenimiento.

Para el primero al ser el sistema centralizado este se facilita mucho ya que sólo se necesita suspender el suministro eléctrico y una vez parado el sistema se sacude cuidadosamente la bolsa del filtro a fin de que las partículas incrustadas en su superficie interna se depositen en el tambor colector inferior una vez realizado esto se desabrocha la bolsa del tambor y se coloca momentáneamente dentro de una bolsa de plástico a fin de que las partículas residuales de polvo queden en esta última mientras el contenido del tambor se deposita en una bolsa de plástico para su posterior confinamiento, posteriormente se desconecta el ducto que une al ciclón con el tambor así como la tapa del tambor y posteriormente depositar su contenido - con cuidado de

no derramar nada al exterior - a una bolsa de plástico resistente para su posterior confinamiento en la basura industrial.

Una vez realizado esto se procede a montar nuevamente la bolsa del filtro así como el ducto del ciclón a sus respectivos tambores independientemente de la limpieza que se hace normalmente para recolectar a las partículas que no hayan sido colectadas por el sistema y se encuentren dispersas en el piso que son una minoría por la probada eficiencia del sistema.

En cuanto al procedimiento de mantenimiento del sistema este debe tratar de ser preventivo y no correctivo, así debe revisarse con una frecuencia de 7 días todo el sistema sabiendo de ante mano que las partes más susceptibles a dañarse son los valeros del motor y flecha así como las aspas del ciclón que pueden desbalancearse aunque su vida útil es muy alta de igual manera que la bolsa del filtro y en general la ductería. Dicha revisión se realiza simultáneamente con la limpieza externa de todo el sistema usando como medio de limpieza aire comprimido y de esta forma se permita observar el grado de desgaste que ha sufrido el equipo. Las conexiones, las tomas de succión, los broches, la estructura en fin, todo el sistema. Es muy recomendable contar con las principales refacciones que se pudieran necesitar a fin de detener al mínimo la operación del sistema en caso de que se presentara un imprevisto pero para evitar tal situación es recomendable cambiarlas previamente del fin de su vida útil así los valeros se recomienda que sea cada 6 meses máximo, la bolsa del filtro cada 3 meses máximo y la ductería en general cada 3 años. Estos estimados pueden variar dependiendo el grado de servicio al que se someta el equipo, entre mayor sea su carga y uso, mayor será su desgaste y menor su vida útil por lo que se anticiparán las fechas de reemplazo mientras que en el caso opuesto sucederá lo contrario aumentándose tales fechas. Con respecto al motor es recomendable darle servicio de limpieza y lubricación cada año y de igual forma a las aspas del rotor del ciclón incluyendo su balanceo.

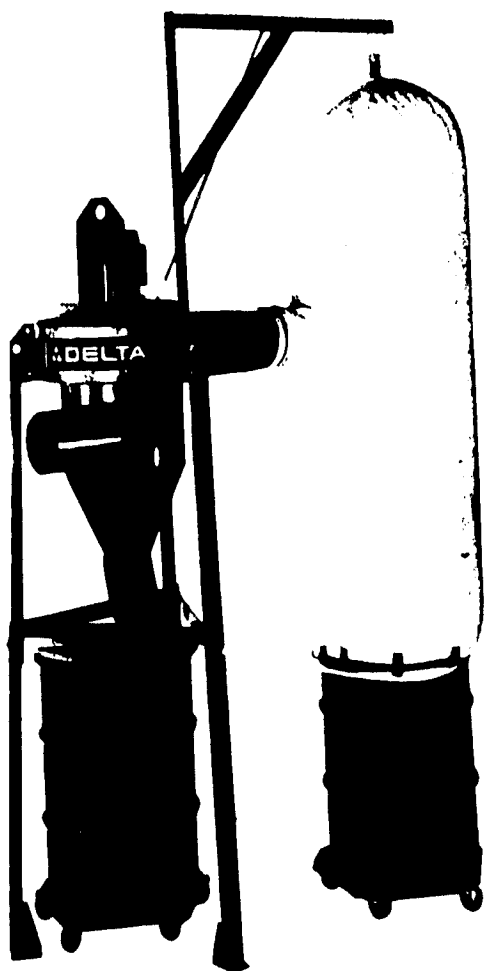


Foto comercial del colector de ciclón Delta de dos etapas.⁹³

⁹³ V.89

Coletores de bolsas³⁴

Descripción general del equipo.

A continuación se describen los conceptos generales de los colectores de bolsas siendo comunes dichos conceptos a todos los colectores variando proporcionalmente unicamente de uno a otro por el número de bolsas que tengan tomándose como base de estudio los colectores de 2,4 y 8 bolsas.

Estos colectores como su nombre lo indica utilizan como medio filtrante una bolsa la cual impide el paso a través de ella de las partículas de polvo mayores a 5 micras y que representan más del 99.9% de las partículas producidas. Al sólo permitir el paso al aire, la bolsa necesita ser lo suficientemente grande como para que no se produzca una gran Δp que disminuya la eficiencia del equipo. El polvo recolectado se deposita en el tambor para su posterior confinamiento y disposición. Existen diferentes tipos de colectores de bolsas sinembargo los que son objeto de estudio en la presente son similares en su funcionamiento, operación, construcción y mantenimiento variando unicamente en el número de bolsas, potencia y flujo, siendo de 2,4 y 8 bolsas respectivamente.

En el apéndice B se anexa una hoja de especificación de los diferentes modelos de colectores de bolsas en donde se encuentran contenidas sus principales características.

El sistema de colectores de polvo es de una sola etapa por lo que todo el polvo se encuentra mezclado, tanto partículas grandes como pequeñas haciéndolo más económico pero menos eficiente.

³⁴ Datos obtenidos del proveedor. JET Equipment & Tools. Auburn USA

Estos colectores poseen un motor construido también sellado para protegerlo del polvo y que tiene un ventilador interno a fin de enfriarlo el motor también está diseñado para trabajo pesado y permanentemente lubricado, los motores se encuentran disponibles tanto monofásicos como trifásicos lo que le da una gran versatilidad pudiéndose obtener de acuerdo al suministro de energía eléctrica disponible

Su estructura es metálica lo que le da mayor resistencia. La estructura permite asegurar las bolsas con broches de presión lo que facilita la limpieza y mantenimiento de las mismas, además se encuentra montado sobre una base que tiene cuatro ruedas lo que le da una gran movilidad y así versatilidad pudiéndose conectar e intercambiar rápidamente a las máquinas que lo requieran.

La estructura además posee tirantes metálicos que sirven para fijar las bolsas superiores permitiendo así una operación segura del sistema, también cuentan con diferentes tomas de succión para las diferentes necesidades y capacidades siendo de 1,2,3 y 5 según se requiera.

Las bolsas que tienen son de 50 micras para el filtro y de 30 para el colector lo que retiene más del 95 % del polvo producido.

Los sistemas cuentan con una gran gama de accesorios, conexiones y ductería en general para su instalación a las diferentes máquinas a que sean destinados lo que le imparte una enorme facilidad de adaptarse a las diferentes necesidades que se pudieran encontrar en la práctica.

Se encuentran disponibles en el mercado de 650, 1200, 1900, 5000 y 5,600 pies cúbicos por minuto de succión con caballos de potencia de 1,2,3,7.5 y 10 respectivamente por lo que prácticamente se cubren las diferentes necesidades que se puedan presentar.

Descripción de la operación de colección⁹⁵

El proceso consta de una única etapa de colección así el polvo que es succionado por el ventilador pasa directamente a las bolsas en donde se separará posteriormente. En la bolsa filtro se retendrán las primeras partículas al incrustarse en sus paredes internas aumentando el poder de filtración y por lo mismo se retendrán un mayor número de partículas. Una vez retenidas las partículas se depositan en el fondo de la bolsa mientras que el aire limpio sale a través de las bolsas. Cuando la bolsa colectora ha retenido un volumen cercano al 50% de su capacidad es necesario suspender la operación del sistema y depositar en la basura o bien otras bolsas todo el material colectado para su posterior disposición.

Instalación y operación del sistema⁹⁶

La instalación de los colectores es más fácil que la del ciclón ya que se requiere solamente de encontrar el lugar adecuado para su colocación, dicho lugar no debe crear ni aumentar riesgos existentes para los trabajadores por lo que debe estar lo suficientemente fácil de acceso para su limpieza y mantenimiento que se realizará varias veces al día y evitar así que se puedan causar accidentes que pongan en riesgo la integridad física de los trabajadores así como que causen un daño al colector. El lugar debe también estar pensado para que se trate de economizar en el número de accesorios y conexiones para el servicio de las máquinas a las que se les de el servicio de colección. Una vez colocado en su lugar el colector, se procede a conectar toda la ductería necesaria para las diferentes máquinas teniendo cuidado de que las uniones entre todas las piezas estén fijadas y sin fugas aumentando así la eficiencia del equipo; para esta operación es importante hacer todas aquellas adaptaciones que sea necesario a fin de que se puedan someter a la acción del colector aquellas máquinas a que esté destinado.

⁹⁵ ibid

⁹⁶ ibid

Finalmente se conecta el colector al suministro eléctrico y se inicia la operación probándose su funcionamiento mediante la succión de polvo fino que pueda salir a través de alguna fuga que existiera por lo que todas aquellas fugas que se encuentren se procede a componer la instalación hasta acabar con ellas

En cuanto a la instalación del suministro eléctrico se realizará un procedimiento similar al anteriormente señalado en el colector de ciclón.

Una vez que se opera normalmente el equipo para lo cual se tendrá que ir haciendo los ajustes necesarios que con el paso del tiempo se conocerán cuáles son, se debe depositar el polvo recolectado cada que se llega al 50% de la capacidad de la bolsa colectora para lo cual se desconecta momentaneamente el equipo y se reconecta posteriormente.

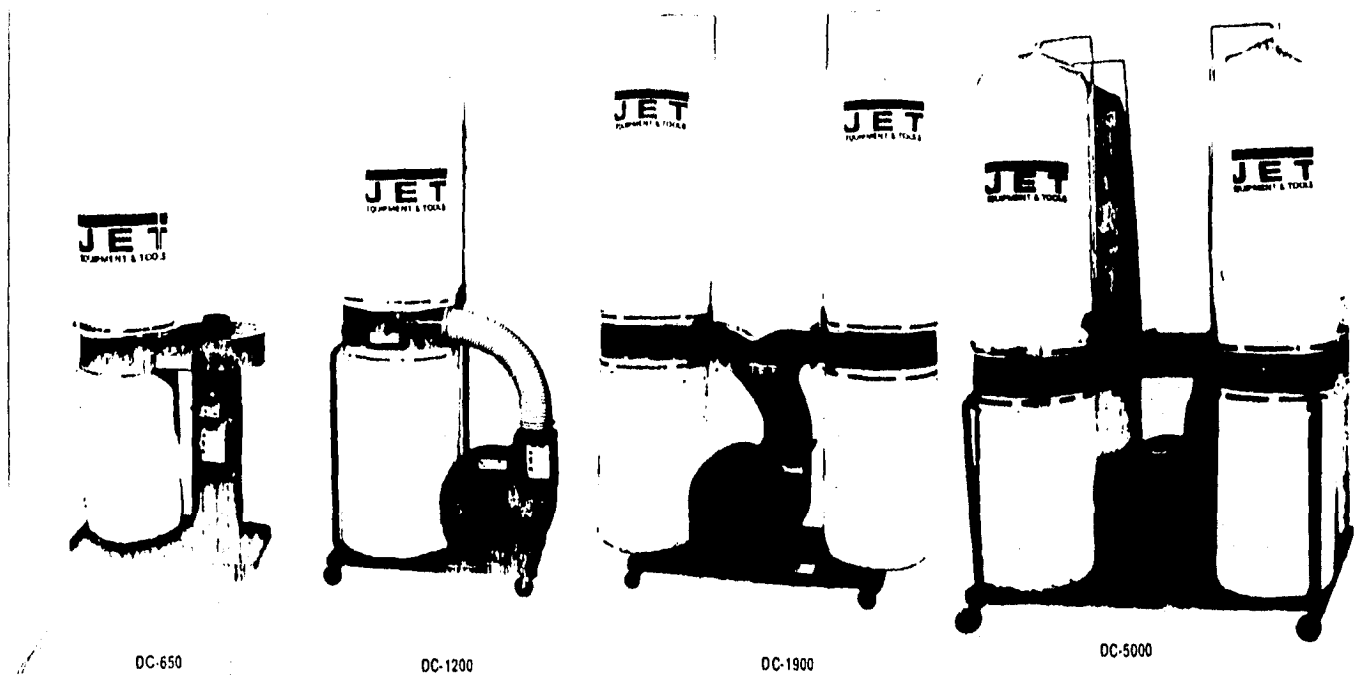


Diagrama de los diferentes modelos de colectores de bolsas de la marca Jet⁹⁷

⁹⁷ ibid

Procedimiento de limpieza y mantenimiento

Para ambos procedimientos se aplican en general similares acciones previamente señaladas en el tipo del ciclón con la única diferencia que en este caso no se cuenta con tambores colectores sino bolsas por lo que el procedimiento es más tardado y al ser más bolsas también se aumentan los riesgos de derramar el polvo colectado al momento de vaciar el contenido de las bolsas colectoras en las otras bolsas de confinamiento y disposición final. En cuanto al mantenimiento este se diferencia en general de manera similar a las diferencias de limpieza antes mencionadas puesto que aumentan el número de bolsas que se tienen que revisar periódicamente aunque por el otro lado disminuye al no existir el ciclón manteniéndose similar en el caso del motor y de las conexiones.

Principales ventajas y desventajas de los colectores de bolsas y de ciclón.

La principal ventaja que presenta el ciclón con respecto al colector de bolsas es que la eficiencia de colección es mucho mayor en el ciclón ya que consta de dos etapas de colección mientras que el de bolsas sólo de una, esto es de suma importancia ya que aún sin tener una gran potencia de succión, con que esta sea lo suficientemente grande como para recoger la mayoría de las partículas la separación es mucho más eficiente puesto que en la primera etapa se depositan las partículas más grandes que son la mayoría del polvo y en la segunda sólo pasan las más pequeñas que son la minoría, con esto se puede utilizar bolsas mucho más cerradas al verse menos saturadas por lo que el aire de salida es casi totalmente puro, en cambio, en el caso del colector de bolsas al ser de una sola etapa se encuentran mezcladas todas las partículas por lo que se necesita mayor área de filtrado y mayor abertura en la tela del filtro para evitar la saturación disminuyendo en general la eficiencia de colección. En cuanto a la capacidad de colección a un tiempo y potencia dados es menor en los colectores de bolsas por el menor volumen que disponen

en comparación al recipiente colector del ciclón. Como consecuencia inmediata está un ahorro de tiempo en el proceso de limpieza y mantenimiento en el caso del ciclón en el que este proceso se realizara una vez que se llegue al nivel previamente fijado por la capacidad del recipiente colector, aproximadamente 15 metros cúbicos que son unos 30 tambores con lo cual podrá realizarse 1 o 2 veces por semana, en cambio en el de bolsas la misma operación se de hará una o más veces al día ya que su capacidad de colección es de máximo 4 tambores.

En cuanto a la versatilidad de los equipos, ésta es mayor en los colectores de bolsas al existir diferentes modelos con diversas capacidades de succión que se pueden adaptar a distintas necesidades lo que le imparte una enorme capacidad de adaptación mientras que en el caso del ciclón sólo se tiene una presentación con una gran capacidad. Esta misma cualidad permite para los colectores de bolsas un escalamiento de la capacidad total de colección mucho más fácil de realizar en todos aspectos que en el caso del ciclón en el que por su presentación un aumento puede ser excesivo y al mismo tiempo esta característica de los colectores de bolsas les imparte una mayor capacidad de respuesta ante un paro o falla imprevista puesto que al tener dos o más colectores y faltar uno de ellos la capacidad de colección no se ve disminuida totalmente y además se puede distribuir en las máquinas que más lo requiera impartándole entonces una enorme flexibilidad al sistema mientras que en el caso del ciclón su capacidad se disminuye totalmente. Con respecto al hecho de que tengan ruedas y sean móviles los colectores de bolsas ayuda a dicha funcionalidad puesto que esto les permite intercambiarse y sustituirse unos por otros cosa que en el caso del ciclón en donde el sistema es casi fijo no se puede.

En cuanto a la capacidad de succión, esta es mucho mayor en el caso de los de bolsas puesto que dependiendo del motor que tengan pueden ser de hasta 5,600 pies cúbicos por minuto mientras que el de ciclón sólo llega a ser de 2,400 por lo que es muy inferior y así puede dar servicio a un mayor número de máquinas el de bolsas a un tiempo dado o bien un mayor poder de succión para un mismo número de máquinas lo que es un factor muy importante en la colección del polvo.

También el que el de ciclón tenga los tanques receptores de metal ayuda a su duración en el tiempo mientras que en el de bolsas estas están sumamente expuestas a pequeños incidentes y en

general al desgaste prematuro mucho más que los tambores de metal. además en un caso de derrame del polvo colectado, este es mucho más difícil que ocurra en los tambores metálicos que en las bolsas las cuales se pueden romper o rasgar. Sin embargo para el caso del ciclón es recomendable fabricar un tanque de almacenamiento con tolva en el fondo para que así se pueda recolectar más fácilmente el polvo colectado para su disposición final y transporte a la basura

CAPITULO V.- ESTUDIO ECONOMICO

A lo largo del presente capítulo se desarrollará lo referente al estudio de mercado y de factibilidad económica en cuanto a la compra, instalación, operación y mantenimiento de los posibles colectores antes mencionados.

Al tratarse de un equipo muy sencillo y poco costoso así como de relativamente fácil adquisición, el presente estudio se limitará a mencionar en general los principales conceptos que lo integran por no requerirse una profundidad mayor.

Estudio de Mercado.⁹⁸

Los equipos colectores de polvo tanto de bolsas como de ciclón están disponibles a gran escala y por lo mismo a bajo precio principalmente en el mercado internacional aunque existen proveedores nacionales que los fabrican aunque a un volumen mucho menor y por ello son fabricados especialmente para cada empresa lo que aumenta mucho su precio, son manufacturados artesanalmente además de que en el caso de los colectores de polvo se presenta el problema de las bolsas filtro que si no son importadas en su mayoría, la tela con la que están hechas sí, existiendo igualmente proveedores nacionales a los cuales les sucede lo comentado anteriormente. Todo lo anterior se debe principalmente a que en nuestro país no existe la cultura de colección de polvos en general a través de sistemas colectores como los de ciclón y de bolsas y menos aún en la industria de la madera llevándose a cabo mecánicamente con palas por lo que el uso de dichos equipos no es común y por lo mismo es más fácil conseguirlos en el extranjero en especial en Estados Unidos en donde la industria de la madera es enorme y se encuentran

⁹⁸ Los datos se encuentran en las cotizaciones obtenidas a empresas especializadas en sistemas de colección de polvos y en el caso de los equipos americanos se obtuvieron directamente de distribuidores, están en el anexo B.

ampliamente difundido el uso de tales equipos, por lo que esta última opción es la más adecuada sin dejar de tomar en cuenta todos los trámites administrativos, aduanales y fiscales que implica su compra directa por parte del usuario final evitando así la utilidad del intermediario distribuidor e introductor del equipo al país, ahora que en el caso de evitarse dichos trámites se puede adquirir el equipo directamente con los diferentes representantes de los productores en el país pagando un poco más.

A continuación se mencionan las diferentes opciones disponibles.

Colector de ciclón.

Modelo 24

Marca Torit

Fabricado en México.

Motor de 7.5 caballos de potencia

Flujo de aire, 3,500 pies cúbicos por minuto

Presión útil, 5.0 pulgadas de agua

Incluye banco de bolsas colectoras \$ 25,000.00

Modelo 30

Marca Veemor

Fabricado en México.

Motor de 10 caballos de potencia

Flujo de aire, 4,000 pies cúbicos por minuto

Presión útil, 6.7 pulgadas de agua

Incluye banco de bolsas colectoras \$ 35,000.00

Modelo 36

Marca Veemor

Fabricado en México

Motor de 25 caballos de potencia

Flujo de aire, 4.000 pies cúbicos por minuto

Presión útil, 6.3 pulgadas de agua

Incluye banco de bolsas colectoras \$ 54,000.00

Los precios no incluyen IVA

Fabricado en U.S.A. marca Delta importado directamente por el consumidor final 1,700 USD
más gastos de envío e instalación, impuestos y derechos aduanales aproximadamente un 50% más

2,600 USD \$ 20,800.00

Comprado el mismo equipo delta directamente con distribuidor en la República Mexicana
aproximadamente 150% más

4,000 USD \$ 32,000.00

Como se puede observar en las cotizaciones anteriores el equipo americano importado
directamente es más económico que el nacional aunque para ello se necesita estar inscrito en el
padrón de importadores y exportadores, que aunque no es algo difícil de realizar podría retrasar la
adquisición en cambio si se hace a través de una empresa importadora cuesta más que el
Mexicano por lo que si no se importa directamente conviene más comprar el mexicano, todo lo

anterior se refiere al ciclón de menor capacidad, ya que para los otros dos ciclones mexicanos su costo se incrementa excesivamente si lo comparamos con una combinación de colectores de bolsas y ciclón americanos.

La desventaja que presentan hasta cierto punto los equipos americanos es la adquisición de refacciones y en general de mantenimiento, sin embargo este impedimento se puede solucionar fácilmente.

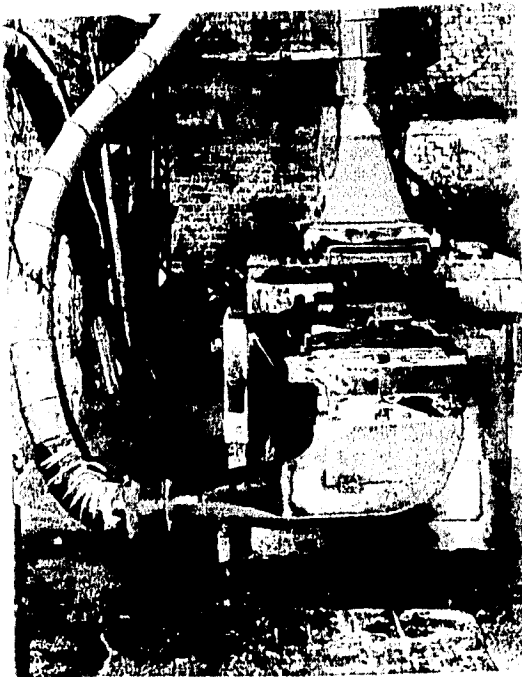
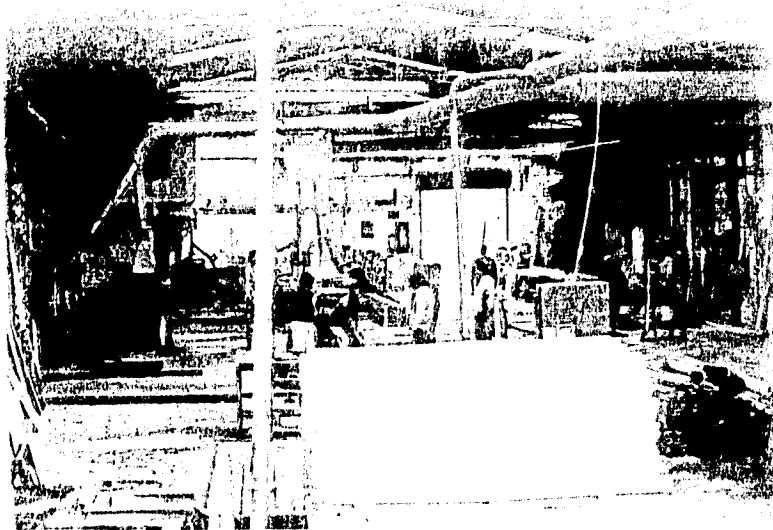
COLECTORES DE BOLSAS

	MEXICO	JET ⁹⁹	JET ¹⁰⁰
650 fcm		3,200	4,800
1,200		5,600	9,000
1,900	30,000	8,000	14,000
5,600	70,000	24,000	40,000

En cuanto a los colectores de bolsas queda plenamente demostrado que la mejor opción es la adquisición del equipo americano directamente o a través de un representante, pero si se va a hacer la compra de los dos equipos conviene más todavía hacerlo directamente, en cuanto al suministro de refacciones y servicio, estos se pueden obtener sin tanto problema en México. Cabe señalar que a pesar de la última devaluación todavía es más económico adquirir los equipos en el extranjero que en nuestro país, lo que nos indica lo mal que estamos.

⁹⁹ Importado directamente por el consumidor final

¹⁰⁰ Comprado a un distribuidor en la República Mexicana



Instalaciones de extracción de polvos en maquinaria de una maderería.¹⁰¹

¹⁰¹ V 96

Estudio de factibilidad económica

Este estudio al igual que el precedente es muy sencillo puesto que sólo se refiere a la compra e instalación, mantenimiento y operación de un sólo equipo por lo que los costos de inversión fija, operación, mantenimiento y depreciación son sumamente bajos y fácilmente amortizados por las utilidades que genera el negocio las cuales son sumamente mayores al importe de los conceptos antes mencionados

Colector de ciclón marca Delta

Inversión fija

Colector de ciclón	20,800.00
Ductería en general	3,000.00
Instalación	2,000.00
Principales refacciones y repuestos	2,200.00
T O T A L	28,000.00

Costos de operación

Mantenimiento. Se considera el 5% de la inversión fija

$$28,000 \times 0.05 = 1,400.00$$

Consumo de energía eléctrica

$$7.5 \text{ HP} = 6 \text{ kW} \times 12 \text{ hrs/día} \times 20 \text{ días/mes} =$$

$$1,440 \text{ kW/mes} \times 0.8 \text{ NP/kW} = 1,160.0 \text{ NP/mes} \times 12 \text{ meses} = 13,920.00$$

Depreciación

Se considera el 10% de la inversión fija por año para ser amortizado en 10 años

$$28,000.00 \times 0.10 = 2,800$$

COSTO TOTAL DE OPERACION \$ 18,120

Colector de bolsas marca Jet Mod 5600

Inversión fija

Colector de bolsas	24,000.00
Ductería en general	3,000.00
Instalación	2,000.00
Principales refacciones y repuestos	2,000.00
T O T A L	31,000.00

Costos de operación

Mantenimiento. Se considera el 5% de la inversión fija

$$31,000 \times 0.05 = 1,550.00$$

Consumo de energía eléctrica

$$10 \text{ HP} = 7.5 \text{ kW} \times 12 \text{ hrs/día} \times 20 \text{ días/mes} =$$

$$1,800 \text{ kW/mes} \times 0.8 \text{ NP/kW} = 1,440.0 \text{ NP/mes} \times 12 \text{ meses} = 17,280.00$$

Depreciación.

Se considera el 10% de la inversión fija por año para ser amortizado en 10 años

$$31,000.00 \times 0.10 = 3,100.00$$

COSTO TOTAL DE OPERACION \$ 20,930.00

En el estudio económico realizado se tiene una combinación de dos colectores, el de ciclón de aproximadamente 3,000 pies cúbicos por minuto y el de bolsas de 5,600 lo que da un total de 8,600 pies la cual es una capacidad sobrada lo que permite aumentos en la carga debidos a aumentos en la producción pero no sólo esto es importante, se cuenta con un sistema de dos etapas, el ciclón lo que da una mayor eficiencia de colección, además los sistemas son intercambiables, es decir, si uno falla, el otro puede suplirlo temporalmente disminuyendo en el peor de los casos su eficiencia de colección al aumentar su carga de trabajo pero esto es mucho mejor que no contar con el

sistema de colección, lo que pasaría si sólo se tuviera un equipo de mayor capacidad. por otro lado, si vemos los precios de los equipos nacionales equiparables son exagerados lo que nos lleva finalmente a proponer como mejor opción la combinación de los equipos antes mencionados. Como se puede apreciar el flujo de efectivo que implica la compra, instalar, operar y mantener los respectivos equipos no representa un desembolso representativo para la empresa y menos cuando se compara con los beneficios que representa su instalación o bien con los costos asociados de no instalarlo por lo que es totalmente no sólo factible sino indispensable su instalación, además la vida útil de los equipos es de más de 8 años por lo que una vez amortizado el equipo el flujo de efectivo que se destina para su pago disminuye fuertemente reduciéndose solamente a los costos de energía eléctrica y de mantenimiento.

Aquí creo que es pertinente hacer un pequeño comentario, la tecnología necesaria para el diseño y producción de estos equipos, ciclones y colectores de bolsas es nada en comparación a muchos otros equipos y tecnologías que se producen en nuestro país, los insumos para producir los equipos son nacionales, no importados, el precio de la mano de obra nacional es mucho más inferior a la de norteamérica y aún más con la devaluación que ha sufrido nuestra moneda incrementando bastante el costo de los equipos extranjeros, los impuestos que se pagan para importar - arancel comercial, derecho de trámite aduanal, iva - al país aunque han bajado todavía son altos por lo que no es nada barato importar. A pesar de todo lo anterior es simplemente inconcebible que salga más del doble de caro el comprar los equipos 100 % nacionales con respecto a los americanos, no es una cuestión de volumen de producción, no es que en E.U.A. se produzcan tantos que baje su costo tanto, tampoco son los altos costos de producción nacionales, lo que pasa es que al estar destinados a empresas fabriles y ser elementos con determinada tecnología y cuyo uso no se ha extendido, entonces el rango de ganancia, de utilidad neta es simplemente altísimo ya que el mercado al que está destinado son empresas que "supuestamente" tienen tal capacidad económica que no les importa gastar tanto, sin embargo, a medida que pase el tiempo, con el marco jurídico y comercial que se ha logrado a través de todos los Tratados de libre comercio que ha celebrado nuestro país, comenzarán a introducirse firmas internacionales con

mucho mayor apoyo de toda índole, económico y tecnológico principalmente y contra las cuales las firmas mexicanas no podrán competir, todo esto sin tomar en cuenta el principal aspecto comercial que es la calidad y en donde en nuestro país estamos muy atrasados, por todo lo anterior, si no cambiamos nuestra manera de pensar y actuar no tendremos más futuro que el de ser simples consumidores de bienes extranjeros, claro, mientras tengamos capacidad de compra.

Finalmente como un argumento más que refuerza el uso e instalación del colector de polvos es el enorme riesgo de las posibles nefastas consecuencias y los gigantescos costos de las mismas que podrían generarse por un incendio o explosión que se presentara por la alta concentración y acumulación de los polvos de madera generada por no contar con el sistema de colección.

La cuantificación de dichos costos es muy significativa y es necesaria llevarla a cabo por parte de peritos expertos y personal de la fábrica contratante para la aceptación de una póliza de seguro al respecto, así se observa que dentro de los principales rubros que se toman en cuenta están, los materiales de los que está hecho el inmueble, las colindancias, los contenidos del inmueble y la responsabilidad civil. Entre más riesgo representen dichos factores, mayor será el monto de las sumas aseguradas y en consecuencia la nómina anual, sucediendo lo mismo con respecto a l importe de los activos que se tengan en el negocio regularmente mientras que pasa a la inversa en cuanto a las medidas de seguridad - que disminuyen los riesgos potenciales - que se puedan tomar, como son el contar con sistemas de extinción de fuego, sensores antifuego y de calor, una buena instalación eléctrica, mantenimiento y supervisión frecuentes, entre otros.

Por otro lado se tiene el enorme costo que representa para la empresa tal vez el salir temporalmente del mercado o incluso hasta desaparecer no sólo por las repercusiones legales, penales, comerciales entre otras, sino por el hecho de tener que suspender sus operaciones de fabricación parcial o totalmente lo que retrasa la venta de los productos y puede dar paso a un mejor posicionamiento de la competencia en el mercado como sustituto del siniestrado.

Por último se encuentra el más importante y costoso de las posibles consecuencias de la materialización de los riesgos que a diferencia de los anteriores es irreparable y se trata de la pérdida de vidas humanas tanto de trabajadores como de terceros.

La forma más usual de tratar de subsanar y resarcir los daños antes expuestos es la contratación de una póliza de seguros y la cual cubre la mayoría de dichos daños y dependiendo del monto asegurado y de muchos otros factores será el importe del pago anual de la misma así por ejemplo, en cuanto al rubro de incendio por una suma aproximada contratada de 500,000 pesos se paga de 4 a 8,000 pesos, por la misma suma pero en responsabilidad civil, aproximadamente la mitad y por lo antes mencionado para el arrendatario en caso de que el inmueble sea arrendado, aprox. una cuarta parte del incendio, por lo que el monto total se podría tener en unos 10 o 12,000 pesos anuales sin olvidar el pago del deducible que es de 1 a 2% de la nómina en caso de utilizar el seguro.

Para el caso de los trabajadores, a estos se les tiene que asegurar por separado y es independiente del seguro del negocio y también no hay que olvidar que ellos se encuentran protegidos por el Seguro Institucional que le brinda el patrón el cual cubrirá los gastos de hospitalización y en su caso dará una indemnización a los deudos. El impacto de los siniestros en el importe del pago bimestral del seguro se ve en el aumento en el grado de riesgo de la empresa lo que hará que ésta pague más o menos dependiendo de la frecuencia y magnitud de los eventos. Debido a todo lo anterior el hecho de contar con un sistema eficiente de colección y control de polvos y emisiones al ambiente aumentará enormemente la seguridad de la empresa y por lo mismo disminuirá de igual forma los riesgos de incendio y explosión y si evaluamos la relación costo beneficio podemos concluir inmediatamente que su positiva resolución en cuanto a la adquisición, instalación y funcionamiento del sistema no sólo es necesaria sino indispensable.

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El taller de carpintería "San Agustín" y Manufacturas "Genina" son empresas con más de 30 años de existencia durante los cuales se han dedicado a la producción en serie de toda clase de artículos de madera, desde juguetes hasta oficinas.

La actual capacidad instalada es considerablemente grande pudiendo ser de hasta 50 personas en sus momentos más ocupados y con un volumen de venta de más de 300,000 pesos mensuales.

Por lo anterior, se desprende que se cuenta con una gran experiencia de todo lo relacionado con la elaboración de los artículos de madera, un gran acervo tecnológico, una gran cantidad de maquinaria y una cartera de clientes establecida, aunado a todo esto lo que es más representativo es el hecho de que se encuentra en un 10% de capacidad potencial por lo que se espera un súbito crecimiento en los próximos meses el cual se estima será sostenido a lo largo de 5 o más años. De esta forma, la instalación de un sistema eficiente de colección de polvo no solamente es necesaria sino indispensable por lo que su cuidadoso estudio es muy importante en la positiva consecución del objetivo.

- Las materias primas utilizadas en la elaboración de los artículos, es madera o derivados de la misma en un 90% por lo que al transformarla al producto terminado se produce una gran cantidad de polvo el cual representa muchos problemas operativos, de salud y riesgos en general a los trabajadores.

- El proceso de fabricación de cualquier artículo producido en las empresas antes mencionadas se compone de cuatro etapas principales que en orden progresivo son: preparado, labrado, armado y terminado. Cada una de las cuales a su vez se compone de diversas operaciones las que se pueden repetir, intercalar y en fin combinar para obtener el artículo deseado y a lo largo de casi todo el proceso se encuentra presente la producción de aserrín por lo que su control es necesario principalmente en aquellas partes del mismo donde se produce más que es en la etapa de preparación.

Los riesgos potenciales que presenta la acumulación del aserrín son muchos, siendo los principales los de accidentes, al obstruir el libre tránsito de los trabajadores en el centro de trabajo, al impedir el correcto manejo de las máquinas y herramientas durante la elaboración de los productos, al combinarse con otros elementos como agua y provocar así un resbalón, son también de enfermedad, para los trabajadores que están durante un periodo prolongado expuestos a altas concentraciones de polvo, son de incendio y explosión al combinarse otros factores como la fuente de ignición, aumento de temperatura, alta concentración y otros más.

- Las implicaciones legales del problema son extensas y en aumento cada día, se encuentra contemplado por diversas instituciones como son la Secretaría de Salud, la STPSI, el IMSS y la SEMARNAP.

Dichas instituciones han realizado determinadas normas que rigen el control en las emisiones de partículas al ambiente mismas que se deben de respetar o de lo contrario las sanciones a que se hacen acreedoras las empresas son muy variadas pudiendo ser desde una mínima hasta la clausura y cierre total de la empresa dependiendo la gravedad de la infracción.

- Las fuentes generadoras de polvo son principalmente las máquinas herramientas como las sierras circular y cinta, el cepillo y canteadora, el torno, pulidora y trompo, todas las cuales no cuentan con ningún sistema de colección del polvo y partículas producidas

- Los equipos de colección de polvos son muchos y muy variados dependiendo del tipo del polvo que se necesite coleccionar, hay desde cámaras de gravedad, separadores de impacto, lavadoras que utilizan al agua como un medio para aumentar el poder de filtrado, filtros y el principal y más usado para el aserrín, los ciclones, los cuales provocan en el polvo un efecto físico que facilita la colección de las partículas más pesadas separándolas de las más finas que se coleccionan posteriormente en bolsas cuyos poros no permiten el paso de partículas mayores de 5 micras quedando de esta forma retenido más del 95% de las partículas.

-El colector de ciclón marca Delta es un ciclón hecho en serie por lo que su funcionamiento está plenamente estudiado con lo cual el umbral de confianza respectivo es sumamente alto, su operación y mantenimiento son muy sencillos y económicamente es el más indicado. El colector de bolsas marca Jet es un colector de una sola etapa, la ventaja que presenta es la enorme capacidad de succión por lo que conbinado con el ciclón Delta constituyen la mejor opción disponible. Como se puede observar en las cotizaciones de los equipos nacionales, estas son sumamente altas por lo que no representa mayor ventaja a las mencionadas anteriormente. Ambos equipos cuentan con una gran capacidad de succión y colección con lo cual en caso de falla de alguno de ellos, el otro lo puede suplir temporalmente mientras se soluciona el problema, pero su conbinación da como resultado no sólo esto sino una mayor eficiencia por lo que esta se considera la mejor opción.

- El estudio de mercado demuestra que la oferta de equipos aunque poca supera en mucho la demanda ya que actualmente y durante mucho tiempo no ha existido la necesidad ni cultura de su instalación por lo que el precio de los equipos está en función no de sus costos de producción - que son muy bajos - sino de la capacidad económica del consumidor final la cual es en su mayoría alta por lo que el precio es similar.

- El estudio de factibilidad económica demuestra que es totalmente viable la adquisición de los equipos por los beneficios inmediatos que ello representa y como muestra práctica al respecto están aquellos que trabajan en los sitios visitados como la Maderera La Eva Reforma en donde con un mucho mayor volumen de aserrín no se tiene casi nada de material no controlado.

Todo lo anterior es común para ambos equipos, el ciclón y el colector de bolsas.

- La carencia del sistema de colección es insostenible para la óptima operación de la fábrica ya que el costo de los riesgos que presenta la acumulación del polvo y aserrín es enorme y comparado con la mínima inversión que representa su instalación ésta se hace aún más inminente.

Por todo lo antes expuesto se recomienda:

- Llevar a cabo la instalación de un sistema integral de colección de polvos que consista de un colector de ciclón marca Delta y unno de bosas marca JET modelo 5600 principalmente así como toda la red de máquinas para las tomas de succión del aserrín y finalmente una tolva de almacenamiento del polvo colectado.

BIBLIOGRAFIA

Air Pollution Manual. American Industrial Hygiene Association

Aries R S and R. D. Newton. Chemical Engineering Cost Estimation. MacGraw Hill Chem. Eng. Series New York 1955

Control Techniques for Particulate Air Pollutants. national Air Pollution Central Administration, Pub No. AP-51, U.S. 1969

Gaceta Ecológica. México 1989. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología Vol. I Num. 1. pag. 2-31

Gaceta Ecológica. México 1990. Secretaría de Desarrollo Social. Vol.II. Num. 12 pag 2-10

Gaceta Ecológica. México 1991. Secretaría de Desarrollo Social. Vol. III. pag 3-17.

García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

García Ortega, Rosa L. 1974. Prevención y control de polvos industriales. Tesis para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

Knowlton J. Kaplan, Reprinted of Air Engineering All about Cyclone Colectors.

Ley Federal del Trabajo. 1995. Secretaría del Trabajo y Previsión Social pag 50-60.

López Ciflerc, J.A. 1970. Normas de prevención y seguridad en las industrias polvosas. Tesis para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México

Magit, P. L., Air Pollution Handbook, Ed. McGraw Hill, 1956

Perry Robert H., Chilton Cecil H., Manual del Ingeniero Químico. Ed. MacGraw Hill, 1986
Sección 20

Sarmiento López, E. A. 1974 Selección de equipo para eliminación de polvos. Tesis para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sargent, G. Dust Collecting Equipment. Chemical Engineering. Jan 1969

APENDICE A

Normatividad

Este aspecto tiene una gran importancia en la actualidad puesto que de no cumplirse con las normas que regulan la emisión de contaminantes a la atmósfera así como aquellas que controlan que las condiciones a las que están expuestos los trabajadores sean seguras en todos aspectos la empresa puede enfrentar diferentes tipos de sanciones desde una simple multa hasta la suspensión indefinida y cierre total de la planta dependiendo de la magnitud de la infracción.

En nuestro país se cuenta con dos tipos de normatividad, la primera está orientada a mantener un medio ambiente limpio y sano fuera de los límites físicos de la industria en cuestión y así garantizar que la industria no representa un gran peligro o riesgo para la población en general. La autoridad encargada de regular y controlar y hacer que se respete las normas es la SEDESOL.

La STPS es la dependencia gubernamental que realiza funciones similares a la anterior secretaria sólo que ella se enfoca a la protección de la salud de los trabajadores dentro de la empresa mediante un ambiente laboral saludable e higiénico que no dañe o lesiones ni represente un fuerte riesgo a la integridad física, mental y emocional de los empleados.

Normas de la Secretaría de Desarrollo Social SEMARNAP

La SEDUE publicó en enero de 1988 en el diario oficial de la federación la ley general del equilibrio ecológicos y protección al ambiente, la cual señala:

Título primero.

En este título se señalan las disposiciones generales que regirán en general a la norma. El capítulo I establece las normas preliminares en cuyo primer artículo fracción VI establece la necesidad de la prevención y control de los contaminantes del aire, agua y suelo. El artículo 3 establece algunas definiciones importantes para el contexto entre las que destacan: ambiente, contaminación, prevención, residuos peligrosos. Mas adelante en el capítulo III se habla de las atribuciones de la secretaría y la coordinación entre las diferentes dependencias y entidades de la administración pública federal cuyo artículo 10 establece que corresponde a la secretaría realizar las acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica generada en las distintas actividades industriales en la zona conurbada al Distrito Federal. El capítulo V se refiere a los instrumentos de política ecológica y en su sección V específicamente de la evaluación del impacto ambiental, el artículo 28 establece que las obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos deberán sujetarse a la autorización previa del gobierno federal por medio de la secretaría y al cumplimiento de los requisitos que se les impongan una vez estudiado el impacto ambiental que pudieran originar. El impacto ambiental será evaluado por la secretaría al tratarse de ciertas materias según el artículo 29 o bien por las entidades federativas y los municipios para las materias no comprendidas en ese artículo. Para la obtención de la autorización a que se refiere el artículo 28 los interesados deberán presentar ante la autoridad correspondiente una manifestación del impacto ambiental así como se estipula en el artículo 32. Una vez evaluada la manifestación del impacto ambiental la secretaría o entidad federal dictará la resolución correspondiente.

Título cuarto.

En su primer capítulo que corresponde a la protección al ambiente, se habla específicamente de la prevención y control de la contaminación atmosférica.

Artículo 110.- Para la protección de la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

I - La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y regiones del país, y

II - Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológicos.

Artículo 111.- Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera la Secretaría expedirá las normas técnicas ecológicas especificando los niveles permisibles de emisión.

Título sexto.

En este título se establecen las medidas de control, de seguridad y de sanciones.

Utilizando como base la Ley mencionada se establece así mismo el reglamento de la Ley General del equilibrio ecológico y la protección del ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Capítulo II.

Este capítulo habla de la emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes fijas. Aquí se inicia una diferenciación entre los diferentes contaminantes emitidos a la atmósfera.

El artículo 16 establece que las emisiones de cualquier tipo, entre las que se mencionan las partículas sólidas, no deben exceder los niveles máximos permisibles.

El artículo 17 define que los responsables de las fuentes fijas estarán obligados a I emplear equipos y sistemas de control II integrar un inventario de emisiones III instalar puntos de muestreo IV medir emisiones V realizar un monitoreo perimetral VI llevar una bitácora de operación VII dar aviso anticipado a la secretaria del inicio de operación de sus procesos y VIII dar aviso a la secretaria en caso de falla de algún equipo de control.

Los artículos 18 y 19 hablan de todo lo relativo al trámite de licencias de funcionamiento

El 20 se refiere a los requisitos de muestreo en caso de que se otorgue la licencia.

El 21 a la obligación del responsable de la fuente fija de remitir una cédula de operación a la secretaria.

Los restantes artículos del capítulo se refieren a algunas especificaciones en relación a la cédula, sus modificaciones, las especificaciones de los ductos y chimeneas y condiciones de seguridad de las plataformas de muestreo.

Capítulo V.

Este capítulo se refiere a las medidas de control, seguridad y sanciones en caso de la falta de cumplimiento de este reglamento.

Una vez establecidas las bases, se dictan las normas específicas que determinan los niveles máximos permisibles de emisión de partículas sólidas y los procedimientos para realizar los muestreos ambientales y calibrar los equipos de muestreo. De esta forma se cuenta con dos normas técnicas ecológicas en materia de control ambiental por contaminación de polvos, expedidas según los siguientes acuerdos:

Acuerdo por el que se expide la norma técnica ecológica NTE-CCAT 009\88 que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Acuerdo por el que se expide la norma técnica ecológica NTE-CCAM-002\91 que establece el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiental y el procedimiento para la calibración del equipo de medición.

Normas de la secretaria del trabajo y previsión social

Los principios básicos que rigen a las diferentes normas relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo provienen de lo que establece el artículo 123 constitucional en sus fracciones XIV y XV que dicen:

Fracción XIV.

Los empresarios serán responsables de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten; por lo tanto, los patrones deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como consecuencia la muerte o simplemente la incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen. Esta responsabilidad subsistirá en el caso que el patrón contarte el trabajo de un intermediario.

Fracción XV.

El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los perceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las máquinas, instrumentos y

materiales de trabajo, así como organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores y del producto de concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán al efecto, las sanciones procedentes en cada caso. Además de que en estos apartados queda perfectamente claro que son los patrones los encargados de la seguridad en los centros de trabajo también en la ley federal del trabajo se estipula lo mismo como vemos en los siguientes títulos:

Título cuarto.

Este título se refiere a los derechos y obligaciones de los trabajadores y patrones. En el primer capítulo fracciones XVI, XVII y XVIII se mencionan las diferentes disposiciones que tienen que cumplir los patrones en materia de seguridad e higiene para prevenir los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales.

Título noveno.

Este trata de los riesgos de trabajo, y en el artículo 512 trata los conceptos de riesgos, accidentes de trabajo, enfermedades profesionales, incapacidades, indemnizaciones, sanciones y establece que se deberán de tomar las medidas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo y lograr que éste se preste en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores. De similar manera se presenta una tabla de enfermedades profesionales donde un apartado se dedica a aquellas derivadas de la inhalación de polvos. Finalmente se encuentra una tabla de valuación de incapacidades debidas a los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales. El artículo 527 se refiere al adiestramiento de los trabajadores relativos a la seguridad e higiene en el trabajo.

Con base en los anteriores estatutos legales nace la necesidad de escribir el reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo mismo que estipula las normas específicas para cumplir con lo establecido en la constitución y la ley federal del trabajo. En el título octavo y su capítulo I sustenta de manera específica la necesidad de adoptar medidas de control cuando los contaminantes rebasan los límites máximos permisibles en los centros de trabajo

Los artículos 136 al 139 se mencionan las diferentes posibles medidas de control.

Cabe mencionar que existe también una norma específica de seguridad para cada factor de riesgo que pudiera existir en la empresa.

Así en lo que se refiere a los contaminantes por polvos se rige por la norma NOM-010-STPS relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

La norma indica: el campo de aplicación, los requerimientos de los patrones y de los trabajadores, los requisitos del reconocimiento, evaluación y control de los contaminantes así como las definiciones de contaminación del ambiente, nivel máximo permisible y polvo respirable. En sus apéndices se define cómo calcular el nivel máximo permisible así como una serie de tablas relativas a los contaminantes más comunes. También se aclaran algunos conceptos básicos para realizar los muestreos de polvo, mismos que ya están considerados en el trabajo.

APENDICE B

Cotizaciones y hojas de datos y especificación de los equipos de ciclón y colectores de bolsas nacionales e importados.