



Reporte Final de Estadía

Gustavo Lopez Juarez

SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE HUMOS Y GASES EN
EL ÁREA DE SOLDADURA



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Ingeniería En Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial
Ing. Juan Carlos Rodríguez Escareño

Nombre del Asesor Académico
Ing. Julio Cesar Rodríguez López

Jefe de Carrera
Ing. Gonzalo Malagón Gonzalez

Nombre del Alumno
Gustavo Lopez Juarez

Cuitláhuac, Ver., a 18 de Abril de 2018

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 <i>Estado del Arte</i>	5
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	5
1.3 <i>Objetivos</i>	5
1.4 <i>Definición de variables</i>	6
1.5 <i>Hipótesis</i>	6
1.6 <i>Justificación del Proyecto</i>	6
1.7 <i>Limitaciones y Alcances</i>	6
1.8 <i>La Empresa (Human Factor Del Norte)</i>	7
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	9
<i>Sistema de extracción</i>	9
<i>Sistema de depuración</i>	11
<i>Separación de inercia: Ciclón</i>	12
<i>Separador filtrante: filtro de mangas</i>	19
<i>Ventiladores</i>	23
<i>Ventiladores axiales</i>	23
<i>Ventiladores centrífugos</i>	24
<i>Sistema de extracción</i>	25
<i>Diseño de las campanas</i>	27
<i>Campanas de procesos confinados</i>	27
<i>A que se le denomina soldadura:</i>	34
<i>Tipos de soldadura</i>	34
<i>Soldadura por arco eléctrico manual con electrodo metálico revestido</i>	35
<i>Soldadura por arco sumergido</i>	36
<i>La Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular:</i>	38
<i>Soldadura por arco eléctrico con alambre sólido y gas:</i>	40
<i>Soldadura por arco eléctrico con el electrodo de tungsteno y gas</i>	43

Soldadura de puntos por resistencia R.S.W.....	45
<i>Daños a la salud provocados por el proceso de soldadura.....</i>	<i>47</i>
Gases y vapores	47
Efectos a la Salud a Corto Plazo	48
Efectos a la Salud a Largo Plazo	49
Calor.....	50
Ruido.....	51
Lesiones Musculo esqueléticas	51
Maquinaria peligrosa	52
Equipo de protección, para los procesos de soldadura	52
Monitoreo medico.....	53
Capacitación	53
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO	54
<i>Diseño para ductos.....</i>	<i>55</i>
<i>Perdidas de fricción dinámica.....</i>	<i>56</i>
<i>Pérdida total en ductos y accesorios en vp.....</i>	<i>58</i>
<i>Diseño de filtro.....</i>	<i>60</i>
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	63
4.1 Resultados.....	63
4.2 Trabajos Futuros	63
4.3 Recomendaciones	63
ANEXOS	65
BIBLIOGRAFÍA.....	70

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por estar conmigo en esta travesía de aproximadamente de 4 años. Gracias a su buenos consejos y apoyo incondicional que me brindaron. Por no dejarme que me diera por vencido, ya que en algunos momentos creí que ya no seguiría adelante con esto, porque no veía salida, los momentos me sobrepasaban. Gracias a mi familia y profesores que siempre tuvieron las palabras adecuadas para que recupera el aliento y siguiera en esta lucha constante. Hoy veo estos esfuerzos dando fruto. Me llevo una gran lección de esto, llegue a la conclusión que todos necesitamos de otros, y no es porque no podemos nosotros con las adversidades, pero en equipo siempre es mejor. Hay momentos que no está en nuestras manos ayudar o cambiar algo, por el simple hecho que depende de otras personas y eso nos llega a frustrar porque es como si estuviéramos atados. De mi perspectiva todo está unido en forma de cadena. Estoy satisfecho con todas las personas que de una u otra forma me enseñó algo nuevo, independientemente del sector educativo ya que estuve rodeado de excelentes compañeros y amigos que de alguna u otra forma hicieron que esta carrera tuviera otra perspectiva más adecuada. Para concluir este logro no solamente es mío, ya que pensar esto, es muy injusto y egoísta. Este esfuerzo es parte del trabajo que hicieron todos mis profesores a lo largo de la carrera, ya que ellos hicieron un buen trabajo impartiendo sus materias adecuadamente y de la forma en que alumnos comprendieran cada tema impartido en el aula de clases y es aquí donde el esfuerzo de ellos se ve reflejado. Sin duda el motor de esto fue mi familia que no dejo que me diera por vencido, ya que ellos fueron factor muy importante en este proyecto que comenzó aproximadamente 4 años, lo único que me queda decir a todas las personas que contribuyeron a esto es gracias por todo el apoyo otorgado.

RESUMEN

En la presente tesis trata sobre la investigación de un sistema de extracción localizada de humos y gases provenientes del proceso de soldadura en la planta Amvian, ya que dicha planta es identificada en el ramo automotriz como una planta de producción y componentes (PPC) siendo parte del grupo de industrias metalmecánica. Teniendo clientes potenciales como General Motors de Mexico y LEAR corporation entre otros. Por lo cual dicha planta tiene como proyecto un sistema de extracción para lograr un control de las emisiones de material particulado y contaminantes desprendidos del proceso de soldadura. Por lo cual busca evitar sanciones o perder certificaciones con las que cuenta y sobre todo evitar enfermedades profesionales a su personal.

Teniendo como objetivo en esta tesis presentar un diseño de extracción localizada para humos y gases, como solución. Teniendo como impacto disminuir la contaminación que se encuentra dentro de la nave industrial. Ya que dicha contaminación es surgida a que la planta tuvo un crecimiento del casi 60% en los últimos 9 meses. Lo cual este crecimiento fue muy acelerado, ya que Amvian cuenta con aproximadamente 4 años de estar laborando, por lo que arroja algunos de fices en la planta debido a su crecimiento y uno muy notorio es la gran acumulación de humo. Ya que el sistema de extracción con el que cuenta, ya no es lo suficiente mente capaz para poder extraer este humo que se acumula.

Lo cual ha provocado incertidumbre en el personal que labora en este lugar. ya que para ellos es molesto estar respirando todos los gases y humos provenientes del proceso de soldadura, he incluso muchos han presentado malestar a causa de esto. Lo cual se realizara un diseño de extracción localizada para humos y gases de soldadura en el área de ensamble ya que es aquí donde se origina la causa. Teniendo en cuenta la aplicación de normas que nos permitan obtener altas eficiencias de operación, control y retención de la concentración de contaminantes. Disminuyendo de esta manera las enfermedades profesionales, garantizando un excelente ambiente de trabajo.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Amvian es una empresa que está formada por 15 áreas en cargadas de ensamblar diversas partes para el ramo automotriz, en las cuales algunas de ellas son para el ensamblé de respaldos asientos frontales y traseros, donde los frontales están constituidos en 3 partes

- 2 vías (son asientos sencillos, que la única función es de moverse en dos direcciones adelante y hacia atrás)
- 4 vías (Este asiento está compuesto por dos motores, que brindan un poco más de comodidad al cliente, su función es deslizarse adelante, atrás y la inclinación del respaldo)
- 6 vías (Este asiento es el de lujo, por así llamarlo. Está compuesto por 3 motores, cuya función es deslizarse delante y atrás, inclinación del respaldo, por ultimo subir o bajar el asiento. En cualquiera de las tres versiones se ensamblan el asiento derecho como el izquierdo.

Se fabrican otras partes del ramo automotriz, que son envidas el extranjero o alguna parte de la república. Teniendo clientes potenciales como como General Motors de Mexico y LEAR corporatation.

Amvian es una empresa que produce aproximadamente el 80% de sus partes lo que la identifica como una planta PPC (planta producción componentes) teniendo pocos proveedores los cuales son:

- Brose
- Fisher dynamics
- Bosch
- Mepepsa

Debido a la demanda que tiene d sus productos en los últimos meses tuvo un crecimiento acelerado, lo cual fue muy notorio en la planta, ya que llego equipo nuevo para su línea de producción. Teniendo como el área de ensamble y prensas

las más importantes, ya que es ahí donde se troquelan y sueldan las diferentes partes de piezas que se producen. Provocando que en distintas áreas haya de fices, siendo el área de soldadura el más notorio ya que en dicha área a falta de un correcto sistema de extracción de humo, ha provocado que el personal de la fábrica haya empezado a quejarse por el riesgo que presenta para su salud. Debido que el proceso de soldadura desprende químicos que son mortales para las personas.

El sistema de extracción que cuenta la planta ya no es el adecuado, debido al crecimiento que tiene la empresa. Cuyo sistema no logra extraer el exceso de humo y gas desprendidos del sistema de soldadura. Entonces cuando en cada turno de 12 hrs llega el punto más alto de productividad, los extractores quedan obsoletos, provocando que la planta abra lo que son las puertas de emergencia en el área de soldadura con el área de embarques, así de esta forma se logra combatir con el humo.

A raíz de esto amvian anuncio el nuevo proyecto a plantear el diseño de un sistema de ventilación para extraer los humos, polvos y gases producidos durante el proceso. El cumplimiento de esta necesidad es el principal objetivo del presente proyecto de tesis.

1.1 Estado del Arte

Los procesos y procedimientos de trabajo empleados Debido a la masiva utilización desde el siglo XIX de las estructuras metálicas en el ámbito industrial para la construcción de todo tipo de instalaciones y equipos, las labores y trabajos de soldadura ha cobrado cada vez más importancia. Desde entonces se han logrado espectaculares avances tecnológicos que han ido perfeccionando los resultados, hasta llegar a nuestros días en los que se han consolidado procedimientos de soldadura muy diversos (MIG,MAG,TIG, Laser, Plasma, haz de electrones, etc.) La razón de este trabajo es evitar la inhalación de los contaminantes como humo y polvos del proceso de soldadura y desbastes respectivamente, que causan enfermedades ocupacionales en el operador y en el personal, con graves consecuencias como lesiones permanentes y hasta incluso la muerte, todo esto sino se controla la emisión de contaminantes en el ambiente de trabajo.

1.2 Planteamiento del Problema

¿Cuál es el problema, que presenta el área de soldadura y Ensamble?

En estas áreas el mayor problema que presenta es el exceso de humo, polvo y gases provenientes del proceso de soldadura. Causando molestias en los empleados que trabajan en estas dos áreas, incluso afectando a otros trabajadores de otras áreas. Los cuales han sufrido afectaciones a su salud presentando síntomas como escalofríos, sed, fiebre, dolores musculares, dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, cansancio, náusea, y un sabor metálico en la boca he incluso sangrado de la nariz.

1.3 Objetivos

Implementar una investigación acerca de los sistemas de ventilación y extracción de humo, que ayude como una propuesta a implementar en el área de soldadura. Ya que es ahí donde se origina el humo y los gases que afectan al trabajador de la Fabrica metalmecánica.

1.4 Definición de variables

Variables	Indicadores	Valores finales	Tipo de variable
Consumo de Soldadura	Amp	mm	Continua
Sistemas por inhalacion de humo	Escala analoga conforme a los sistomas presentados	leve moderado severo	Ordinal
Jornadas de trabajo	Tiempo	Hrs	Continua
Quejas del personal	Elementos tangibles integridad responsabilidad empatia	Satisfecha Insatisfecha	Nominal

1.5 Hipótesis

En la presente tesis de investigación hace referencia al estudio de un sistema de extracción localizada. Teniendo en cuenta que un sistema de extracción mecánica debe dimensionarse para eliminar la cantidad de aire que debe evacuarse. El sistema debe funcionar toda vez que se requiera evacuar el aire.

1.6 Justificación del Proyecto

Esta investigación surgió por la acumulación de humo, surgido del proceso de soldadura que hay en la fabrica. Que por consecuencia perjudica a todo personal que labora en esta industria. Por ende, se pretende crear un diseño de extracción localizada que extraiga polvo o partículas ligeras que floten en el aire, o que emitan calor, olores, vapores, gases o humo, en cantidades tales que sean irritantes o dañinos para la salud o la seguridad de todo el personal que labore en esta empresa.

1.7 Limitaciones y Alcances

El periodo de tiempo de recolección de información comprende aproximadamente cuatro meses de duración a partir del 5 de Enero al 15 de Abril. Dicha investigación

será única y exclusivamente enfocada en el área de soldadura, lugar donde se encuentran los equipos. Por lo que se hará un estudio de investigación, para determinar, donde podrían quedar los equipos de ventilación y extracción de humo y gases provocados por los distintos tipos de soldadura que hay en el área.

Limitaciones

- Acceso restringido a documentación o información de las máquinas.
- El funcionamiento del diseño de extracción, no es automatizado.

Alcances

- Exclusivo al área de soldadura
- El proyecto es solamente de investigación.

1.8 La Empresa (Human Factor Del Norte)

Historia de la empresa:

Human Factor es una empresa que inicia sus operaciones en la ciudad de Saltillo, en el estado de Coahuila, México, de acuerdo a su desarrollo es una empresa consolidada con impulso e iniciativa, que ofrece soluciones efectivas en el área de inspección de calidad y outsourcing a diferentes empresas a nivel nacional e internacional.

Es una empresa que ofrece flexibilidad, economía y calidad en sus servicios a los diferentes clientes que tiene, de acuerdo a su cultura de trabajo ofrece a sus clientes servicios que cumplan con los estándares de calidad, por lo que están certificados bajo la Norma ISO 9001 2008

Misión

Contribuir al éxito de nuestros clientes al proveerles los servicios de inspección de calidad y outsourcing, demostrando eficiencia, calidad y respeto en nuestro trabajo.

Vision:

Consolidarnos como empresa líder en nuestro ramo, desarrollando nuestro capital humano y proveedores para así lograr una satisfacción total de nuestros clientes.

Objetivo:

En Human Factor nuestro principal compromiso es satisfacer los requerimientos de nuestros clientes en los servicios de inspección, sorteo, re trabajo y outsourcing, a través del constante desarrollo de nuestros colaboradores y proveedores, buscando siempre la mejora continua.

Proceso que se realiza en la empresa:

Servicio de consultoria y Suministro de personal a empresas privadas

- ✓ **Sorteo e inspección de calidad y retrabajos:** sorteo de materiales, inspecciones finales, retrabajos especializados. De acuerdo a su cultura de trabajo es la flexibilidad que permite a HF adecuarse a las necesidades de sorteo de materiales, inspección final y retrabajos a un costo razonable.
- ✓ **Outsourcing:** Resuelve necesidades de personal en línea de producción, para el mejor enfoque de los objetivos organizacionales, sin desviar recursos excesivos en la administración del personal operativo.
- ✓ **Reclutamiento de personal:** operativo, administrativo, y ejecutivo de acuerdo al perfil solicitado por los clientes.
- ✓ **Aplicación e interpretación de evaluaciones:** psicométricas para la selección del personal

Administración: de las obligaciones patronales (IMSS, INFONAVIT, etc.) y responsabilidad social con el contrato.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

La construcción de un sistema de extracción localizada de humos y polvos producto de la soldadura, corte y pulido es la forma más eficiente y flexible de extraer el aire contaminado que tanto la ventilación general no consigue captarlos y que por el contrario requieren grandes caudales generando altos niveles de ruido e incrementando los costos de instalación. Con el sistema de extracción de campana, se evitará extraer grandes cantidades de aire y sobre todo el contaminante se extienda por todo el lugar de trabajo, además que puede ser construido sin inconvenientes de repuesto o disponibilidad de los equipos. En algunas industrias metalmeccánicas han adoptado por este tipo de extracción por ser las más rentable y factible que garantiza la seguridad del trabajador, convirtiéndolo en el mejor sistema de protección para este tipo de proceso. Es importante que la empresa garantice un ambiente laboral seguro para su personal libre de riesgos y contaminación.

Sistema de extracción

Cabe de mencionar que los riesgos que pueden producir accidentes y, sobre todo, que estén expuestos los trabajadores que trabajan en lugares o áreas donde se involucran trabajos de soldadura existen físicos mecánicos (cortes, caídas, quemaduras, proyecciones), físicos no mecánicos, químicos (humo metálico y gases)

En 1999 un artículo publicado en la revista internacional The Lancet por el doctor Manolls Kogevinas del Instituto de Investigación médica de Barcelona, revela que, en un estudio realizado en 12 países, en una población de 15.000 personas, entre los 15 y 44 años, reveló que entre el 10 y el 15% de los casos de asma en los países industrializados se debe a factores laborales. Adicionalmente, la tasa de crecimiento del asma es de un 2% anual, llegando en la actualidad a que 1 de cada 5 personas padecen esta enfermedad.

Los soldadores padecen asma principalmente por el material particulado que se desprende en los procesos de soldadura y corte, no obstante, la solidificación de

Sistema de extracción de humos y gases en el área de soldadura

sustancias suspendidas aporta para el desarrollo de esta patología y de otras aún más comunes entre ellos como la EPOC (Enfermedad Obstructiva Crónica), que se define como una obstrucción crónica de los bronquios y que puede desencadenar enfisema y cáncer de pulmón.

A continuación, se presenta una tabla (tabla 1) de las enfermedades más comunes en los soldadores relacionadas con los contaminantes típicos de los humos de soldadura y los procesos de corte o afilado de electrodos.

Enfermedades Contaminantes	Irritación tracto Respiratorio	Neumocoelosis	Asma	Hipoxia Celular	Daños en Otros Organos	Enfermedad Especifica del Material	Cáncer	Agente Teratogeno	Agente Radiactivo
Acroleína	X								
Aluminio	X	X	X						
Amlanto	X	X					X		
Anhidrido carbónico					X	X			
Antimonio	X	X			X	X			
Bario	X	X			X	X			
Berilio	X	X			X	X	X		
Cadmio	X				X	X	X	X	
Cloruros	X		X						
Cobalto	X	X	X				X		
Cobre	X	X			X	X			
Colofonia	X		X						
Cromo	X		X		X	X	X		
Dióxido de nitrógeno	X		X		X	X			
Estaño	X	X							
Fluoruros	X		X			X			
Formaldehído	X		X				X		
Fosgeno	X								
Isocianatos	X		X				X		
Hierro	X	X							
Manganeso	X				X	X			
Monóxido de carbono				X	X	X		X	
Monóxido de nitrógeno	X			X					
Níquel	X		X				X		
Ozono	X		X		X	X			

Tabla 1 Enfermedades más comunes de soldadores

Sistema de depuración.

Los sistemas de depuración constan de un sistema de captación de gases y de los sistemas de separación que pueden ser por vía seca o por vía húmeda, en los que se produce la separación de las partículas de la corriente gaseosa para luego ser evacuados al ambiente (figura 1).

Disposición general de un sistema de captación, depuración y evacuación.

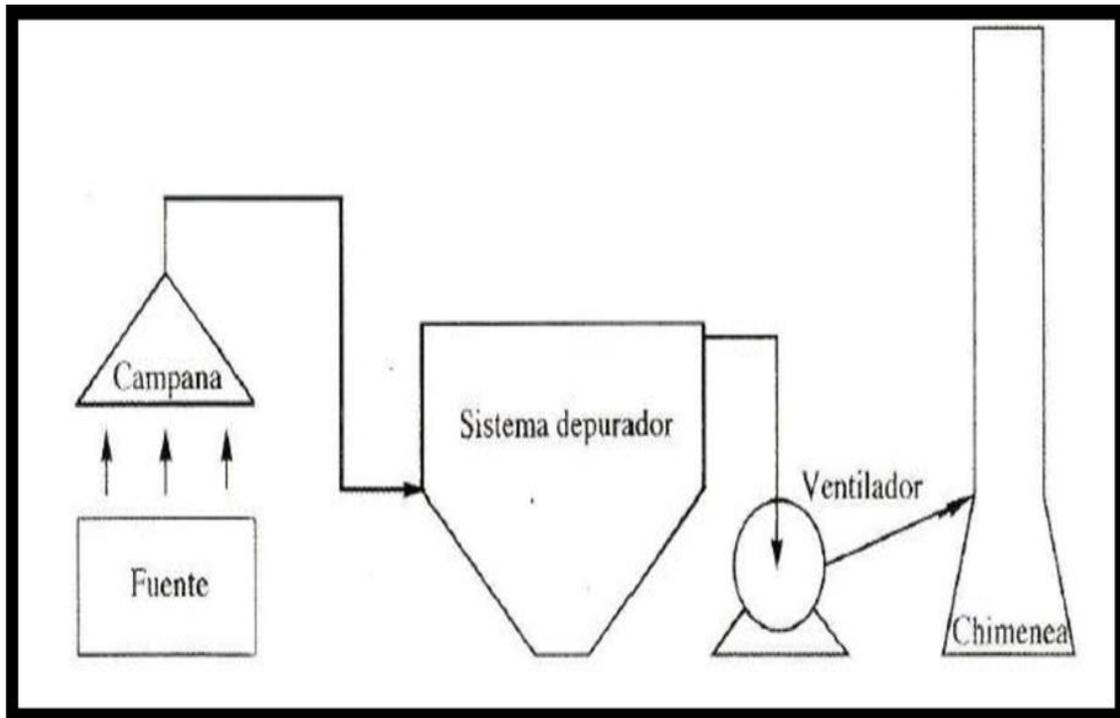


Figura 1. Sistema de captación, depuración y evacuación.

Para una adecuada selección el factor más importante a considerar es el tamaño de las partículas a depurar, que pueden tener cualquier forma, pero se le considera como el diámetro de la esfera que ocuparía el mismo volumen y se presenta por **dp**. También se utiliza para representar el tamaño de la partícula el diámetro aerodinámico, que es el diámetro de una partícula esférica de densidad arbitraria de 1 g/cm³ que se comporta en una corriente de aire de la misma forma que la partícula real.

En general, las partículas en el aire se presenta tamaños e intervalo de 0.001 a 500 μm , con la mayor parte de ella, aproximadamente el 75% en masa, comprendidas en un intervalo de 0.1 a 10 μm . Las partiuclas de tamaño inferior condensan debido a colisiones ya que tiene un comportamiento similar a las moléculas gaseosas. El equipo a seleccionar en esta tesis será capaz de eliminar estas partículas ver (tabla 2).

FACTOR	CONSIDERACIONES
GENERAL	Eficacia de captura Limitaciones legales Costo inicial Tiempo de vida y valor residual Costos de operación y mantenimiento Requisitos de potencia Peso y requisitos de espacio Material de construcción Fiabilidad Garantías del equipo y del fabricante
GAS PORTADOR	Temperatura Presión Humedad Densidad Viscosidad Punto de rocío de materias condensables Corrosividad Inflamabilidad Toxicidad
PROCESO	Caudal y velocidad del gas Concentración de contaminantes Variabilidad de caudales, temperatura, etc.
CONTAMINANTE (GASEOSO)	Corrosividad Inflamabilidad Toxicidad Reactividad
CONTAMINANTE (PARTICULADO)	Distribución de tamaños de partícula Forma de las partículas Tendencia a la aglomeración Corrosividad Abrasividad Pegajosidad Inflamabilidad Toxicidad Resistividad eléctrica Reactividad

Tabla 2 Factores a considerar

Separación de inercia: Ciclón

Los ciclones se utilizan como predeterminado en la depuración de gases para reducir la cantidad de polvo que entra al sistema. Desde el punto de vista de la depuración de gases para reducir la cantidad de polvo que entra al sistema. Desde el punto de vista de producción, los ciclones por si mismos no suelen ser adecuados para cumplir la normativa de emisiones, pero pueden ser indispensables para

adecuar la corriente a tratar para el buen funcionamiento de otros equipos como los filtros de mangas o los precipitadores electrostáticos.

A través de la rápida rotación del flujo de aire, las partículas son desplazadas por acción de la fuerza centrífuga hacia las paredes del ciclón, lo que permite que las partículas más pesadas se desprendan del flujo de aire siendo impulsadas hacia la pared donde se juntan entre si y forman aglomerados que sedimentan y son eliminados por el punto de salida inferior del ciclón ver (figura 2).

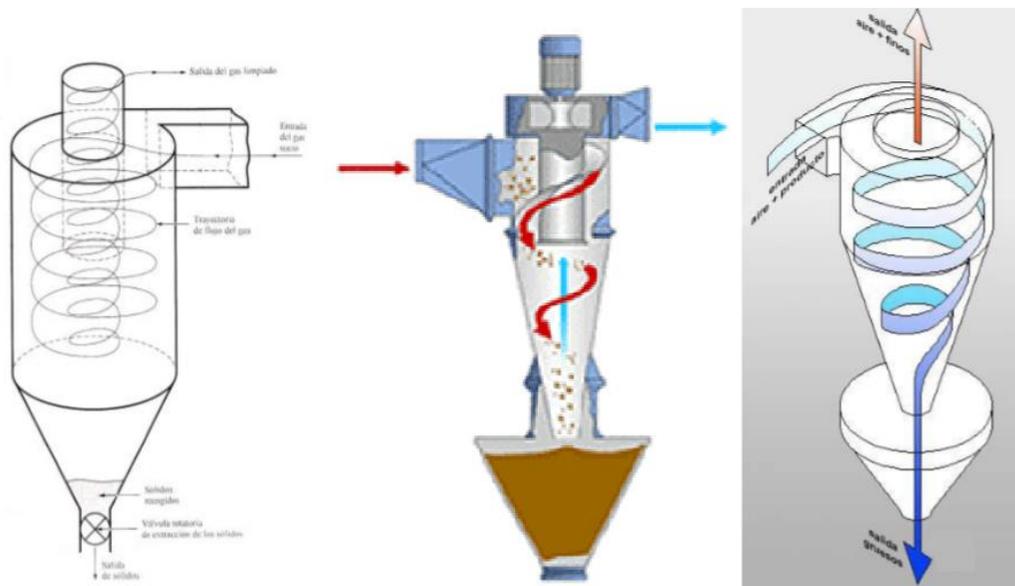


figura 2. Recolección de partículas del ciclón

En la base del ciclón, el gas se vuelve moviéndose en espiral hacia arriba y saliendo por la parte superior del equipo. En ocasiones se utiliza una configuración de multiciclón, que consiste en un conjunto de ciclones de pequeño diámetro y elevada altura funcionando en paralelo.

Los ciclones se utilizan para la eliminación de partículas, fundamentalmente las primarias de tamaño superior a 10 μm de diámetro aerodinámico. No obstante, se diseñan ciclones de alta eficiencia con aplicaciones para la eliminación de PM10 y

PM 2.5. Con el sistema de multiciclón se puede separar partículas entre 2 y 5 μm . Si la corriente a tratar contiene partículas de tamaño a tamaño 200 μm . Otros dispositivos como los inerciales podrían resultar eficaces y presentan menos problemas de abrasión.

Los ciclones se clasifican según su eficacia en convencionales, de alta eficacia y alto rendimiento. Ver (figura 3) se muestran los valores típicos de eficacia en función del tamaño de la partícula.

	Eficacia (%)		
	Convencional	Alta eficacia	Alto rendimiento
PM	70-90	80-99	80-99
PM ₁₀	30-90	60-95	10-40
PM _{2.5}	0-40	20-70	0-10

De EPA Hoja de datos.

Figura 3. Eficacia de los ciclones

La eficacia global del ciclón depende de las características de las partículas y del diseño del equipo.

Ciclones de alta eficiencia: Los ciclones de alta eficiencia están diseñados para alcanzar mayor remoción de las partículas pequeñas que los ciclones convencionales, pueden remover partículas de 5 μm . Con eficiencias hasta del 90%, pudiendo alcanzar mayores eficiencias con partículas más grandes. Tienen mayores caídas de presión, lo cual requiere de mayores costos de energía para mover el gas sucio a través del ciclón. Por lo general, el diseño del ciclo está determinado por una limitación especificada de caída de presión, en lugar de cumplir con alguna eficiencia de control específica.

Ciclones de alta capacidad: los ciclones de alta capacidad están garantizados solamente para mover partículas mayores de 20 μm . aunque he cierto grado ocurra la colección de partículas más pequeña.

Separador por vía húmeda: Los lavadores Venturi utilizan el conocido efecto del mismo nombre para conseguir una buena dispersión del agua en la corriente de gas y de esta manera aun mentar las posibilidades de impacto de las partículas en suspensión con las gotas de agua. Se los usa en la depuración de contaminantes gaseosos y con partículas de diámetro menor de 2.5 μm . Cuando se requiere una eficiencia de depuración elevada, pudiendo alcanzar eficiencias de un 95%.

El sistema está formado por dos partes bien diferenciadas: el Venturi y el separador de gotas. El venturi es un canal rectangular que converge en un estrechamiento y diverge después al diámetro original, ver (figura 4)

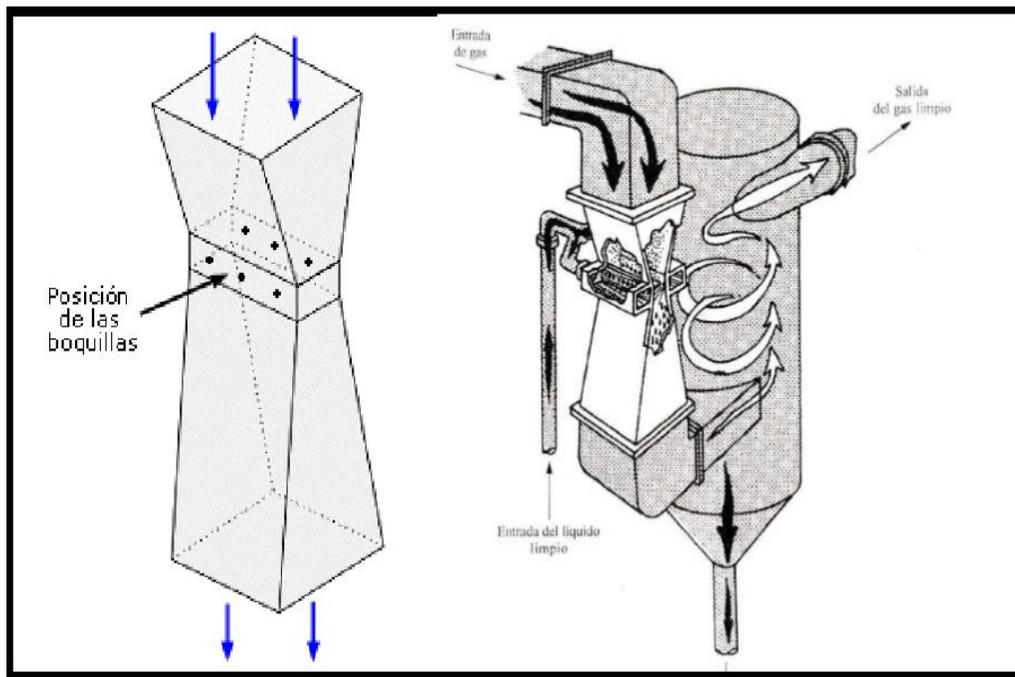


figura 4. Lavador Venturi

En la zona de convergencia el gas es acelerado de forma que en la garganta alcanza grandes velocidades (50 – 180m/s). en la garganta el gas se pone en contacto con el agua, que se introduce por pequeños orificios distribuidos en la

pared, a una presión de 2 – 3 bar. El gas a elevada velocidad atomiza el líquido inyectado y acelera las gotas produciendo el impacto de las gotas se aproxima a la del gas, la probabilidad de impacto disminuye. Para conseguir elevadas eficacias es necesaria una velocidad relativa elevada entre el gas y las gotas atomizadas, por lo que la mayor parte de la eliminación por impacto se produce en los primeros centímetros de la selección divergente. El resto de longitud de la zona divergente es necesario para la recuperación de la presión, pero no influye sobre la eficacia de captación ver (figura 5).

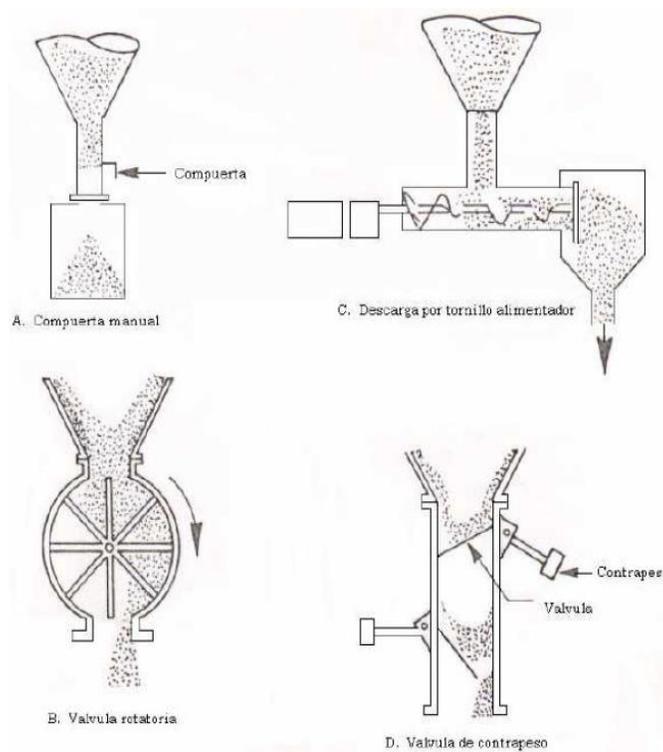


figura 5. Sistema de descarga de un ciclo

Separador eléctrico: Precipitador electroestático

Los precipitadores eléctricos son equipos de recolección de partículas de polvo y gotas mediante la acción de un campo eléctrico intenso sobre las partículas previamente cargadas. El proceso de precipitación consta de tres etapas fundamentales:

- Carga electrostática de las partículas
- Recolección de partículas sobre las placas del precipitador
- Evacuación del material recolectado

Los precipitadores electrostáticos están especialmente indicados en los casos que requieran una elevada eficacia de tratamiento de grandes caudales de gases con partículas pequeñas y con temperaturas elevadas hasta 700 °C. la pérdida de carga de la corriente gaseosa es muy pequeña en comparación con la de otros equipos, situándose en torno a 2-12 mm. De columna de agua. Por el contrario, los costes son elevados y la operación es compleja. Estos son los equipos que se utilizan hoy en día. Los equipos actuales presentan una eficacia de captación del 99%. (ver figura 6, muestra el principio básico de operación)

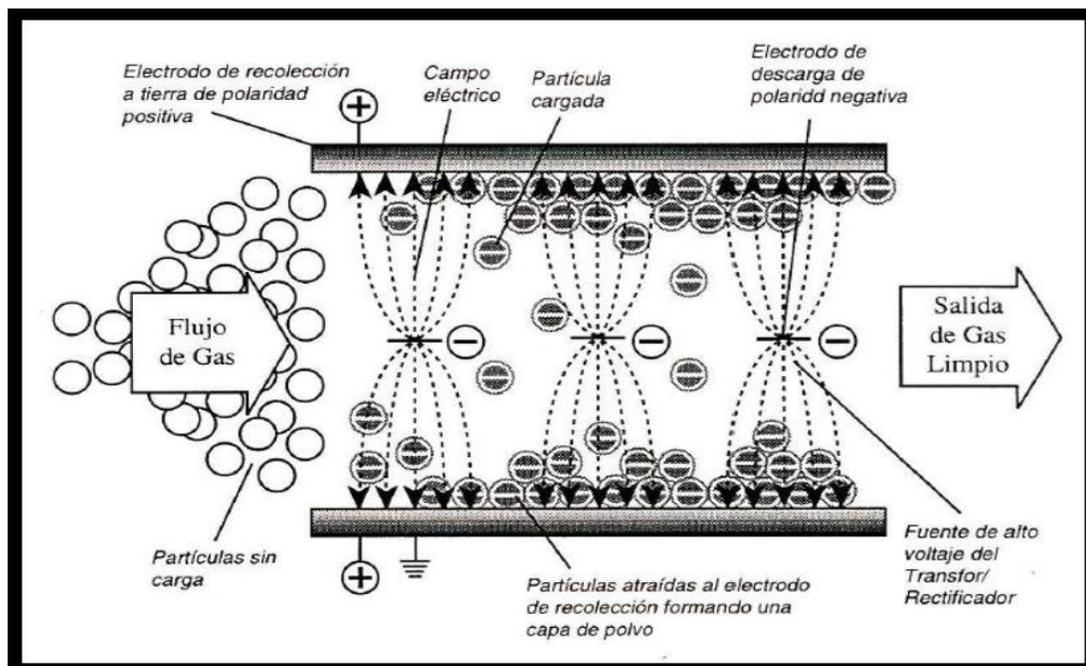


Figura 6. Principio básico de operación

El principio de ionización es la base del funcionamiento de un pez, es decir, las partículas que pasan a través de las placas se ven afectadas por un campo eléctrico, lo que hace que estas se carguen eléctricamente. Los gases pasan por el interior de una cámara, lugar donde se crea el campo electrostático formado por electrodos de

descarga (negativo) y electrodos colectores (positivo); ambos electrodos son de placas de cobre. Cuando pasa el gas por las placas, este se carga negativamente debido al principio de ionización, y es atraído a los electrodos colectores debido a su diferente carga eléctrica.

El electrodo de emisión puede ser un hilo fino metálico (0.13 – 0.83 cm.) o un cable enrollado o tubo con púas. Estos electrodos se sitúan en el interior de un tubo cilíndrico o entre placas que constituyen el electrodo de precipitación. Al aplicar corriente continua de alto voltaje sobre el fino alambre se produce descargas eléctricas locales. En estos choques se originan nuevos electrones nuevos electrodos libres, lo que ocasiona que el proceso de ionización se multiplique ver (figura 7). Con el electrodo emisor sometido a un potencial negativo, los iones se desplazan hacia el electrodo de precipitación.

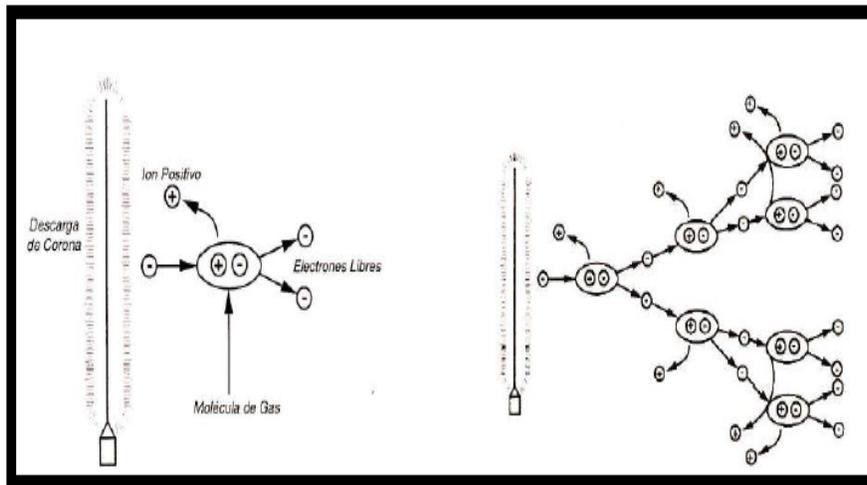


figura 7. Generación corona

Separador filtrante: filtro de mangas

Los filtros de manga son estructuras metálicas cerradas en cuyo interior se disponen elementos filtrantes textiles en posición vertical (Figura 8).

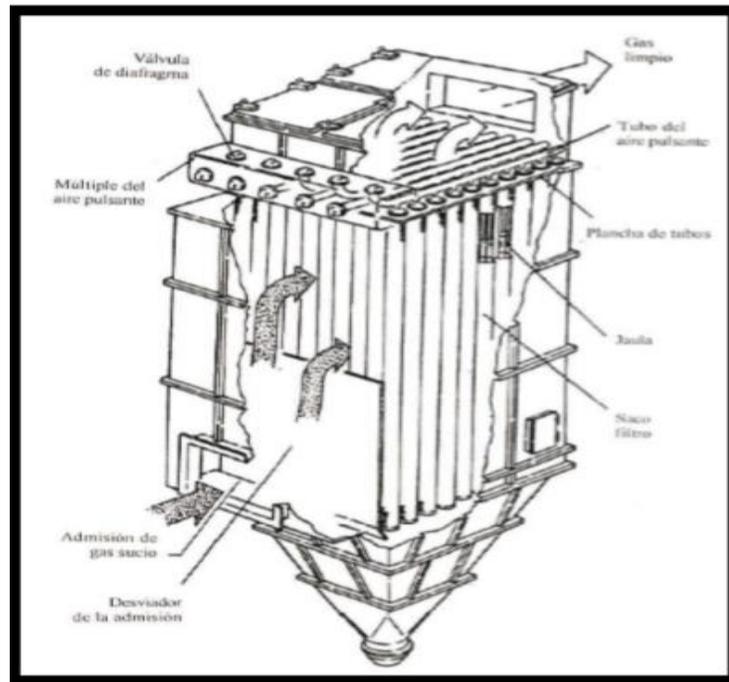


Figura 8. Filtro de mangas

Según su diseño puede adoptar forma tubular, y se denomina mangas, o formas rectangulares. Se monta sobre una cámara que termina en su parte inferior en una tolva de recogida partículas. El aire cargado de sólidos es forzado a pasar a través del material textil, sobre el que se forma una capa de polvo. La filtración de una capa de polvo primaria en la superficie de las mangas y una acumulación de partículas de polvo en el interior del material filtrante.

La captación y depuración de partículas presenta una problemática muy diversa en los distintos procesos industriales que generan emisiones a la atmósfera. La recuperación de productos en polvo del gas de descarga es vital para cualquier industria para evitar los problemas de polución o aumentar el rendimiento de la

planta Los filtros de mangas son uno de los equipos más representativos de la separación sólido-gas mediante un medio poroso: aparecen en todos aquellos procesos en los que sea necesaria la eliminación de partículas sólidas de una corriente gaseosa. Eliminan las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido. La eliminación de polvo o de las pequeñas gotas que arrastra un gas puede ser necesaria bien por motivos de contaminación, para acondicionar las características de un gas a las tolerables para su emisión a la atmósfera, bien como necesidad de un proceso para depurar una corriente gaseosa intermedia en un proceso de fabricación. En ocasiones el condicionante de la separación será un factor de seguridad, ya que algunos productos en estado de partículas muy finas forman mezclas explosivas con el aire. Los filtros de mangas son capaces de recoger altas cargas de partículas resultantes de procesos industriales de muy diversos sectores, tales como: cemento, yeso, cerámica, caucho, química, petroquímica, siderúrgica, automovilística, cal, minera, amianto, aluminio, hierro, coque, silicatos, almidón, carbón, anilina, fibras, granos, etc.

La unidad básica de un filtro de tela es la fibra y los poros de éstas son más grandes en general que las partículas que se van a colectar, y la recolección ocurre como resultado de la operación de varios mecanismos. Existen tres posibilidades de colección:

- La fibra intercepta directamente las partículas cuando la trayectoria del flujo que contiene la partícula pasa la mitad de la partícula del diámetro del filtro
- Las partículas sufren un impacto cuando la partícula tiene fuerza suficiente para permanecer en curso cuando la trayectoria del flujo se desvía en derredor de la partícula.
- Las partículas de tamaños más pequeños hacen contacto con la fibra del filtro como resultado de su propio movimiento al azar (movimiento browniano) en la corriente de gas y otras se ponen en contacto como resultado de la atracción electrostática.

Con el tiempo, se forma una costra, la cual incrementa la eficiencia de los filtros, pero disminuye la velocidad de flujo. Por consiguiente, la maraña del filtro se tiene que remover a intervalos mediante agitación de la tela o al invertir el flujo de aire, o ambos.

La recogida de polvo o eliminación de partículas dispersas en gases se efectúa para finalidades tan diversas como:

- Control de la contaminación del aire.
- Reducción del coste de mantenimiento de los equipos.
- Eliminación de peligros para la salud o para la seguridad.
- Mejora de la calidad del producto.
- Recuperación de productos valiosos.
- Recogida de productos en polvo.

La característica principal que diferencia unos tipos de filtros de mangas de otros es la forma en que se lleve a cabo su limpieza. Esto además condiciona que los filtros sean continuos o discontinuos. - continuos: la limpieza se realiza sin que cese el paso del aire por el filtro - discontinuos: es necesario aislar temporalmente la bolsa de la corriente de aire. Según este criterio, se tienen tres tipos principales de filtros de mangas:

- Por sacudida: se realiza cuando existe la posibilidad de suspender el servicio del filtro durante un corto periodo de tiempo. Por tanto, exige un funcionamiento discontinuo con un ciclo de filtración y otro de limpieza. El tipo más barato y sencillo consiste en un cierto número de bolsas reunidas en el interior de una carcasa. Funciona con una velocidad aproximada de 0,01 m/s a través de la bolsa filtrante. La limpieza se puede llevar a cabo manualmente para unidades pequeñas.
- Existe también una versión más complicada y robusta que incluye un mecanismo automático de agitación para la limpieza de las telas que puede funcionar por métodos mecánicos, vibratorios o de pulsación. Las bolsas

están sujetas a un soporte mecánico conectado a un sistema capaz de emitir sacudidas o vibraciones mediante un motor eléctrico. Al ser el tejido más grueso, se pueden utilizar velocidades frontales más elevadas, de hasta 0,02 m/s, y permite el funcionamiento en condiciones más severas que las admisibles en el caso anterior.

- Por sacudida y aire inverso: se emplea para conseguir un funcionamiento en continuo, para ello los elementos filtrantes deben encontrarse distribuidos entre dos o más cámaras independientes, cada una de las cuales dispone de su propio sistema de sacudida y de una entrada de aire limpio. El aire entra en las mangas en sentido contrario por medio de un ventilador que fuerza el flujo, de fuera a dentro, lo que favorece la separación de la torta.
- Por aire inverso: existen muchos dispositivos diferentes pero el mecanismo habitual de limpieza consiste en la introducción, en contracorriente y durante un breve periodo de tiempo de un chorro de aire a alta presión mediante una tobera conectada a una red de aire comprimido. La velocidad frontal alcanza aproximadamente 0,05 m/s y es posible tratar altas concentraciones de polvo con elevadas eficacias. Mediante este tipo de filtro se pueden tratar mezclas de difícil separación en una unidad compacta y económica. Este mecanismo de limpieza se denomina también de chorros pulsantes o 'jet pulse' y es más eficaz que las anteriores.
- La limpieza se efectúa mediante impulsos de aire comprimido a través de un programador de ciclos con variación regulable de tiempo y pausa. Para una correcta efectividad en un sistema de filtración de polvo hay que tener en cuenta las características del polvo a tratar, grado de humedad, temperatura, espacio disponible y otros factores específicos.

La elección del tejido filtrante depende del tipo de polvo a retener y el nivel de emisión deseado. Existe una gama de tipos y calidades específicas para cada caso, que permiten trabajar a temperaturas de hasta 500 °C. Para seleccionar el tipo de manga necesaria se considera:

- Ser resistente química y térmicamente al polvo y al gas
- Que la torta se desprenda fácilmente • que la manga recoja el polvo de manera eficiente
- Que sea resistente a la abrasión ocasionada por el polvo el caudal y la velocidad del gas

El tamaño de las partículas a separar por los filtros de mangas será entre 2 y 30 μm . Sin embargo, no es usual disponer de medios filtrantes con poros tan pequeños como para retener las partículas que transporta el gas, debido a que los diámetros de éstas son extraordinariamente pequeños. Por tanto, la filtración no comienza a efectuarse de manera efectiva hasta que no se han acumulado una cierta cantidad de partículas sobre la superficie de la bolsa en forma de torta filtrante.

Ventiladores

Para mover el aire a través de una extracción localizada o un sistema de ventilación general de un local es necesario aportar energía para vencer las pérdidas de carga del sistema. En la gran mayoría de los casos el aporte de energía proviene de máquinas denominadas ventiladores, aunque, en algunos casos, la ventilación se puede realizar por convección natural sin el uso de los ventiladores. Los ventiladores son las máquinas más usadas para producir el movimiento del aire en la industria. Su funcionamiento se basa en la entrega de energía mecánica al aire a través de un rotor que gira a alta velocidad y que incrementa la energía cinética del fluido, que luego se transforma parcialmente en presión estática. Se dividen en dos grandes grupos: los ventiladores axiales y los ventiladores centrífugos.

Ventiladores axiales

En los ventiladores axiales, el movimiento del flujo a través del rotor, con álabes o palas de distintas formas, se realiza conservando la dirección del eje de éste (figura 9).

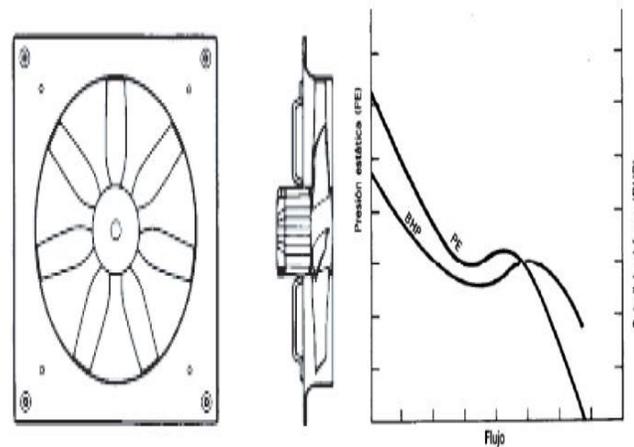


Figura 9. Comportamiento de un ventilador axial

Se usan para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos; como la resistencia al flujo es muy baja, se requiere generar una presión estática pequeña, del orden de los 5 a 25 milímetros de columna de agua (mmcda). Debido a esto, la principal aplicación de los ventiladores axiales se encuentra en el campo de la ventilación general y se los conoce con el nombre de extractores o inyectores de aire. Sin embargo, este tipo de ventiladores, cuando se los construye con álabes en forma de perfil de ala y de paso variable, llegan a generar alturas de presión estáticas del orden de los 300 milímetros de columna de agua (mmcda) y se los usa en aplicaciones diversas.

Ventiladores centrífugos

En estos ventiladores el aire ingresa en dirección paralela al eje del rotor, por la boca de aspiración, y la descarga se realiza tangencialmente al rotor, es decir que el aire cambia de dirección noventa grados (90°) (figura 10).

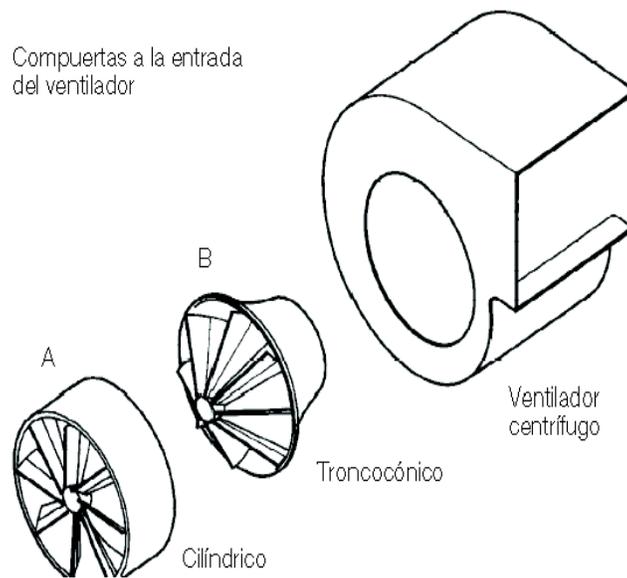


Figura 10. Comportamiento de un ventilador centrífugo

Este tipo de ventiladores desarrolla presiones mucho mayores que los ventiladores axiales, alcanzando presiones de hasta 1500 milímetros de columna de agua (mmcda) y son los empleados, mayormente, en los sistemas de ventilación localizada. El principio de funcionamiento de los ventiladores centrífugos es el mismo de las bombas centrífugas. Están constituidos por un rotor que posee una serie de paletas o álabes, de diversas formas y curvaturas, que giran aproximadamente entre 200 y 5000 rpm dentro de una caja o envoltura.

Sistema de extracción

Se denomina campana de captación o campana al elemento de ingreso del aire al sistema de conductos de ventilación. El término campana se usa en un sentido amplio, incluyendo cualquier abertura de succión independientemente de su forma o tamaño, que permite que el aire ingrese al sistema de conductos. La función esencial de la campana es, entonces, crear un flujo de aire que capture eficazmente al contaminante y lo transporte hacia ella.

Las campanas se proyectan tendiendo a lograr la máxima eficiencia aerodinámica en la captación del contaminante, es decir tratando de crear la velocidad necesaria en el área de contaminación, con la menor caudal y el mínimo consumo de energía. Para ello es conveniente, en la medida de lo posible, la colocación de pantallas o el encerramiento de procesos con el fin de encauzar el aire.

Los procesos controlados por las campanas pueden ser procesos llamados procesos fríos, también conocidos como fuentes frías, o procesos con liberación de calor o calientes, también denominados fuentes calientes. En los procesos fríos los contaminantes emitidos por la fuente son llevados en direcciones aleatorias por las corrientes del aire existentes en los locales. En los procesos calientes se libera la energía térmica que genera un movimiento ascendente del aire, por disminución de su densidad, que arrastra al calor o a los contaminantes químicos.

Efectos de inercia: Los gases y vapores no presentan una inercia significativa. Lo mismo ocurre con las partículas pequeñas de polvo, de diámetro igual o inferior a 20 micrómetros (que incluye los polvos respirables). Este tipo de materiales se mueve si lo hace el aire que les rodea. En este caso, la campana debe generar una velocidad de control o captura suficiente para controlar el movimiento del aire que arrastra a los contaminantes y, al mismo tiempo, vencer el efecto de las corrientes de aire producidas en el local por otras causas, como movimiento de personas, de vehículos, corrientes convectivas, etc.

Efectos de la densidad: Con frecuencia la ubicación de las campanas se decide, erróneamente, sobre la base de suponer que los contaminantes químicos son “más pesados “que el aire. En la mayor parte de las aplicaciones relacionadas con los riesgos para la salud, este criterio es de poco valor (ver ecuación1). Las partículas de polvo, los vapores y los gases que pueden representar un riesgo para la salud tienen un comportamiento similar al aire, y no se mueven apreciablemente hacia arriba o hacia abajo a causa de densidad propia, sino que son arrastradas por las corrientes de aire. Por lo tanto, el movimiento habitual del aire asegura una dispersión uniforme de los contaminantes.

Diseño de las campanas

El tipo de campana a emplear dependerá de las características físicas de la fuente de contaminación, del mecanismo de generación del contaminante y de la posición relativa del equipo y del trabajador.

Los pasos para el diseño de una campana son: - Determinar la ubicación respecto al proceso. - Determinar la forma y tamaño. - Determinar el caudal de aspiración.

Respecto a los dos primeros items, las ecuaciones 2.2 y 2.3 ilustran algunos principios básicos del proyecto.

A fin de obtener las ecuaciones de cálculo de los caudales que deben aspirar en las cabinas, éstas se clasifican en los siguientes tipos:

a) Campanas de procesos confinados b) Cabinas c) Campanas exteriores d) Campanas receptoras

Es muy importante clasificar de manera adecuada la campana a proyectar, para poder calcular adecuadamente el caudal que debe ser aspirado. La extracción de este caudal se logra, generalmente, mediante el uso de un ventilador.

El caudal volumétrico de aspiración, se calcula aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A \text{ (m}^3 \text{ / s) (ecu.1)}$$

dónde: v (m / s): velocidad del aire y

A (m²): área de la sección de pasaje del aire a la velocidad v.

Campanas de procesos confinados

Se denominan campanas de procesos confinados a las campanas que encierran, de la forma más completa posible, a los procesos contaminantes que deben controlar. Los confinamientos no son herméticos pues existen aberturas para la entrada o salida de materiales, aberturas de observación, fisuras en los cerramientos, etc., por lo que es necesaria la extracción del aire para el control de la dispersión de los

contaminantes (recordar que, al generar una depresión dentro de los cerramientos, por la aspiración del aire, no se permite el escape de los contaminantes por sus otras aberturas).

Para aplicar la ecuación (1), se considera la velocidad con que el aire pasa a través de las aberturas que presenta el cerramiento, y se la denomina velocidad sobre las aberturas v_{ab} . El área total de aberturas, que se obtiene sumando todas las aberturas parciales que presenta el cerramiento, se denomina $A_{T ab}$. Luego, de (1) resulta:

$$Q = v_{ab} \cdot A_{T ab} \quad (m^3 / s) \quad (ecu.2)$$

Las velocidades sobre las aberturas deben tener magnitudes tales, que superen a las velocidades de escape inducidas por los procesos ubicados dentro de los cerramientos. La bibliografía informa de las velocidades sobre las aberturas, recomendadas en función de las características de los diferentes procesos.

A veces, la velocidad sobre las aberturas se da como un caudal específico (q) expresado como caudal a aspirar dividido por el área total de aberturas:

$$q = Q / A_{T ab} \quad (m^3 / s / m^2) \quad (ecu.3)$$

dónde: $(m^3/s/m^2)$ equivale a (m/s) .

O sea que, conocida el área total de aberturas, el caudal a aspirar (Q) resulta ser:

$$Q = q \cdot A_{T ab} \quad (m^3 / s) \quad (ecu.4)$$

Otra forma de expresar este caudal específico es como caudal a aspirar dividido por el área transversal del equipo considerado, como en el caso de los elevadores de cangilones, para el caso de la cinta transportadora, el caudal específico es dado como caudal a aspirar dividido por la velocidad de la misma.

Este tipo de campanas es el más eficiente porque maneja el menor caudal de aire para lograr el control de la dispersión de los contaminantes.

Las cabinas son recintos que presentan un frente total o parcialmente abierto para acceso. El proceso contaminante se realiza en su interior. Se extrae un caudal de aire suficiente para inducir en el frente de la cabina, una velocidad promedio denominada velocidad en el frente (v_f), del orden de 0,3 a 1,0 m/s, que en general basta para superar la tendencia al escape del aire contaminando, aunque existen casos en donde se requieren velocidades en los frentes de mayor magnitud. Ejemplos: cabinas de laboratorio y de pintura.

La velocidad en el frente de la cabina es función de:

- el proceso a controlar, que determina las condiciones de dispersión de los contaminantes,
- de la toxicidad de estos últimos y
- la magnitud de las velocidades de las corrientes del local, denominadas velocidades erráticas (v_e):

$v_f = F$ (proceso, toxicidad, v_e) (ver Tabla 3)

Condiciones de dispersión del Contaminante	Ejemplos	Velocidad de control (m/s)
I – Liberado casi sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25 – 0,5
II - Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado Intermitente de recipientes; transferencias entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5 – 1,0
III - Generación activa en una zona de rápido movimiento.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras.	1,0 – 2,5
IV - Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desmolde en fundiciones, chorros de aire abrasivos.	2,5 - 10

Tabla 3 Valores recomendados para las velocidades de control

El caudal a aspirar (Q) se obtiene aplicando la ecuación:

$$Q = v \cdot f \cdot A_f \quad (\text{m}^3 / \text{s}) \quad (\text{ecua. 4})$$

Dónde: A_f : área del frente abierto máximo de la cabina y que es igual a:

$$A_f = h \cdot l \quad (\text{m}^2) \quad (\text{ecua.5})$$

Dónde:

h: altura del frente abierto y

l: longitud del frente abierto.

En el caso de tratarse de una cabina con un frente de magnitud variable, para el cálculo del área de entrada se utilizan los valores mayores de la altura o del largo. Este tipo de disposición es muy eficiente. Las paredes de la cabina no sólo reducen la magnitud del caudal a extraer, sino que actúan como pantallas que evitan los efectos adversos directos de las corrientes erráticas del local. La extracción se efectúa por una conexión en la parte superior si el proceso libera calor, para evitar fugas del aire caliente, y en el caso del control de procesos fríos, en la pared opuesta al frente o en el techo de la cabina.

La extracción se efectúa por una conexión en la parte superior si el proceso libera calor, para evitar fugas del aire caliente, y en el caso del control de procesos fríos, en la pared opuesta al frente o en el techo de la cabina (figura 11 y 12).

Sistema de extracción de humos y gases en el área de soldadura

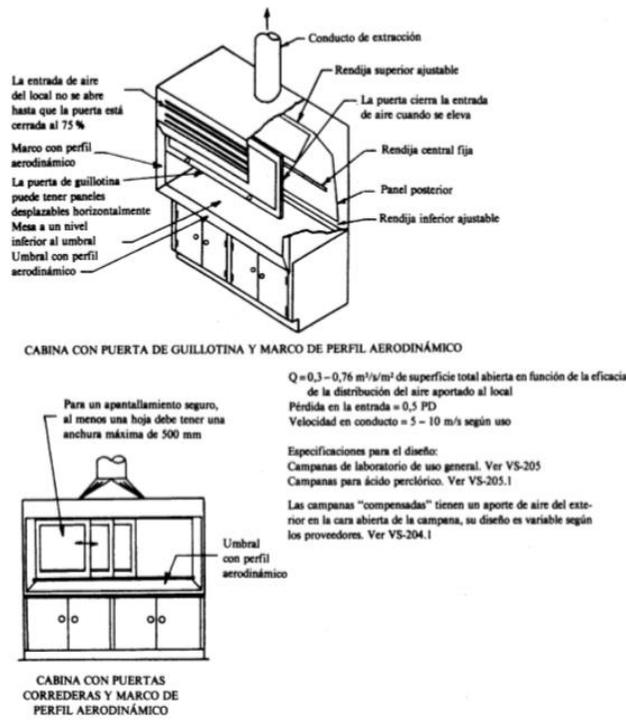
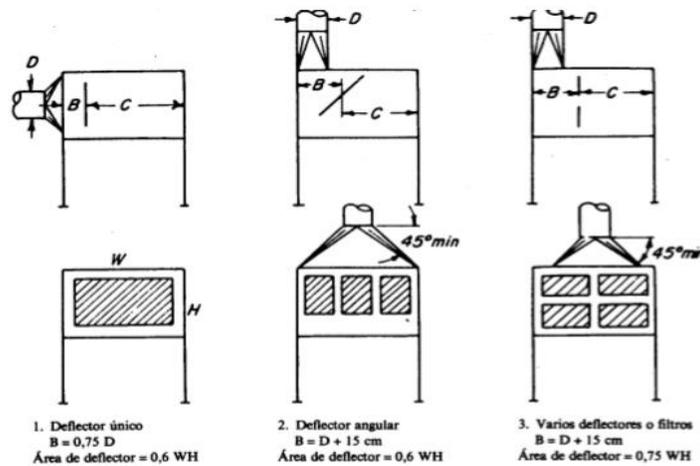


Figura 11. Cabina de laboratorio



Para el área de los filtros ver Nota 2

Datos de diseño para el pintado aerográfico (air spray)
Puede emplearse cualquier combinación de conexiones de conducto y deflectores

W = tamaño de las piezas + 30 cm
 H = tamaño de las piezas + 30 cm
 $C = 0,75 \times$ dimensión mayor de la boca (W ó H)
 $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ de boca para bocas hasta $0,4 \text{ m}^2$
 $= 0,75 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ para bocas de más de $0,4 \text{ m}^2$
Pérdida en la entrada = Deflectores: $1,78 PD_{\text{rendija}} + 0,25 PD_{\text{conducto}}$
Filtros: Resistencia del filtro sucio + $0,25 PD_{\text{conducto}}$
Velocidad en el conducto = 5-15 m/s

Datos de diseño para el pintado sin aire (airless)

$Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ de boca para bocas hasta $0,4 \text{ m}^2$
 $= 0,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ de boca para bocas de más de $0,4 \text{ m}^2$

Figura 12. Dimensiones de cabina

En la siguiente tabla se muestra la determinación del riesgo potencial (tabla4).

Riesgo potencial	Concentración máxima permisible		Punto de inflamación (° C) (ver Apéndice 1)
	Gases o vapores (ppm) (ver Ley 19,587 y sus modificaciones)	Nieblas (mg / m ³)	
A	0 - 10	0 - 0,1	-
B	11 - 100	0,11 - 1	< 40
C	101 - 500	1,1 - 10	40 - 90
D	> 500	> 10	> 90

Tabla 4 determinación de riesgo potencial.

Se muestra tabla de velocidades mínimas de control (m/s) para locales sin corriente de aire (tabla 5)

Clase: riesgo y grado (ver Tablas 2.2 y 2.3)	Cabina		Extracción lateral (ver Figura 2,15) (Nota 1)	Campanas suspendidas (ver Figura 2,13)	
	Un lateral abierto	Dos laterales abiertos		Tres laterales abiertos	Cuatro laterales abiertos
A-1 y A-2 (Nota 2)	0,5	0,75	0,75	No emplear	
A-3 (Nota 2), B-1, B-2 y C-1	0,375	0,50	0,5	0,625	0,875
B-3, C-2 y D-1 (Nota 3)	0,325	0,45	0,375	0,5	0,75
A - 4 (Nota 2) C - 3 y D - 2 (Nota 3)	0,25	0,37	0,25	0,375	0,625
B-4, C-4 y D-3 (Nota 3) y D - 4 : Es suficiente con una adecuada ventilación general.					
Notas: 1. Emplee la relación ancho / longitud para calcular el caudal; ver Tabla 2.6 para el cálculo. 2. No emplee campanas suspendidas cuando el grado de peligrosidad sea A.					

Tabla 5 Velocidad mínima de control

Ver tabla de velocidad de control (m/s) en procesos típicos, con poco movimiento de aire (tabla 6)

Sistema de extracción de humos y gases en el área de soldadura

Operación	Contaminante	Riesgo potencial	Grado de generación	Velocidad de control para extracción lateral (ver Figura 2.15)
Agua caliente hirviendo	Vapor de agua	D	1	0,38 *
Agua caliente no hirviendo	Vapor de agua	D	2	0,25 *
Anodizado de aluminio	Ácidos crómico y sulfúrico	A	1	0,75
Aluminio, abrillantado	Ácidos nítrico y sulfúrico	A	1	0,75
Aluminio, abrillantado	Ácidos nítrico y fosfórico	A	1	0,75
Arranque de cobre	Nieblas alcalinas y de cianuro	C	2	0,38
Arranque de níquel	Vapores nitrosos	A	1	0,75
Cobreado	Nieblas de cianuro	C	2	0,38
Cromado	Ácido crómico	A	1	0,75
Decapado de acero	Ácido clorhídrico	A	2	0,75
Decapado de acero	Ácido sulfúrico	B	1	0,50
Limpieza de metales	Nieblas alcalinas	C	1	0,50
Soluciones salinas(bonderizado)				
Hirviendo	Vapor de agua	D	1	0,38 *
No hirviendo	Vapor de agua	D	2	0,25 *

* Cuando se desee un control completo del agua caliente, trátase como de la clase inmediata superior.

Tabla 6

Tabla para caudal para aspirar (m³/s por m² de tanque) tabla

b / l v _c	≤ 0,10	> 0,10 ≤ 0,25	> 0,25 ≤ 0,50	> 0,50 ≤ 1,00	>1,00 ≤ 2,00
	0,25	I 0,25 II 0,375	0,30 0,45	0,375 0,50	0,45 0,55
0,375	I 0,375 II 0,55	0,45 0,65	0,55 0,75	0,65 0,85	0,75 0,95
0,50	I 0,50 II 0,75	0,625 0,875	0,75 1,00	0,875 1,15	1,00 1,25
0,75	I 0,75 II 1,15	0,95 1,25	1,15 1,52	1,32 1,73	1,52 1,90

Tabla 7 caudal a aspirar

B (m): ancho del tanque, si la captación es de un solo lado; mitad del ancho del tanque, si la captación se hace por ambos lados o siguiendo el eje del tanque.

I (m): largo del tanque

V_c (m/s): velocidad de control.

Caso I: campana de aspiración apantalla o contra una pared

Caso II: campana de aspiración sin pantalla en el centro.

A que se le denomina soldadura:

Es un método que une piezas de metal usando calor, presión o ambas cosas. Existen más de 80 diferentes tipos de procesos asociados con la soldadura. Algunos de los tipos más comunes para soldar incluyen: soldadura al arco, el cual incluye el soldar con varilla (Shielded Metal Arc Welding – SMAW, por su nombre y siglas en inglés), la soldadura al arco en atmósfera de gases de blindaje (Metal Inert Gas – MIG, por su nombre y siglas en inglés), y con arco de tungsteno (Tungsten Inert Gas – TIG, por su nombre y siglas en inglés), la soldadura al arco con plasma (Plasma Arc Welding-PAW, por su nombre y siglas en inglés), y la soldadura al arco sumergido (Submerged Arc Welding – SAW, por su nombre y siglas en inglés). Otros procesos de soldadura pueden usar gas oxiacetilénico, corriente eléctrica, láseres, rayos de electrones, fricción, ultrasonidos, reacciones químicas, calor de gases combustibles, y robots.

Tipos de soldadura

Soldadura por arco eléctrico: Es un proceso de soldadura, donde la unión es producida por el calor generado por un arco eléctrico, con o sin aplicación de presión y con o sin metal de aporte. La energía eléctrica se transforma en energía térmica, pudiendo llegar esta energía hasta una temperatura de aprox. 4 000°C. La energía eléctrica es el flujo de electrones a través de un circuito cerrado. Cuando ocurre una pequeña ruptura dentro de cualquier parte, o apertura del circuito, los electrones se

mueven a gran velocidad y saltan a través del espacio libre entre los dos terminales, 1,5 - 3 mm produciendo una chispa eléctrica, con la suficiente presión o voltaje para hacer fluir los electrones continuamente. A través de esta apertura, se forma el arco eléctrico, fundiéndose el metal a medida que se avanza. El arco eléctrico es, por lo tanto, un flujo continuo de electrones a través de un medio gaseoso, que genera luz y calor (figura 13).

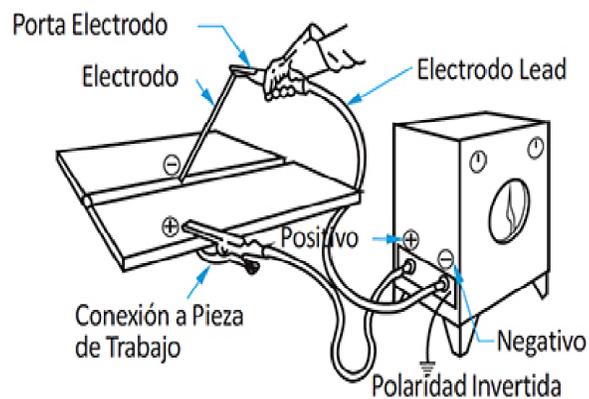


figura 13. Soldadura por arco eléctrico

Soldadura por arco eléctrico manual con electrodo metálico revestido

La soldadura por arco eléctrico manual con electrodo revestido o simplemente “Soldadura Eléctrica”, como la conocemos en nuestro medio, es un proceso de unión por fusión de piezas metálicas. Para lograr la unión, se concentra el calor de un arco eléctrico establecido entre los bordes de las piezas a soldar y una varilla metálica, llamada electrodo, produciéndose una zona de fusión que, al solidificarse, forma la unión permanente. Principio de funcionamiento de la soldadura por arco eléctrico (figura 14)

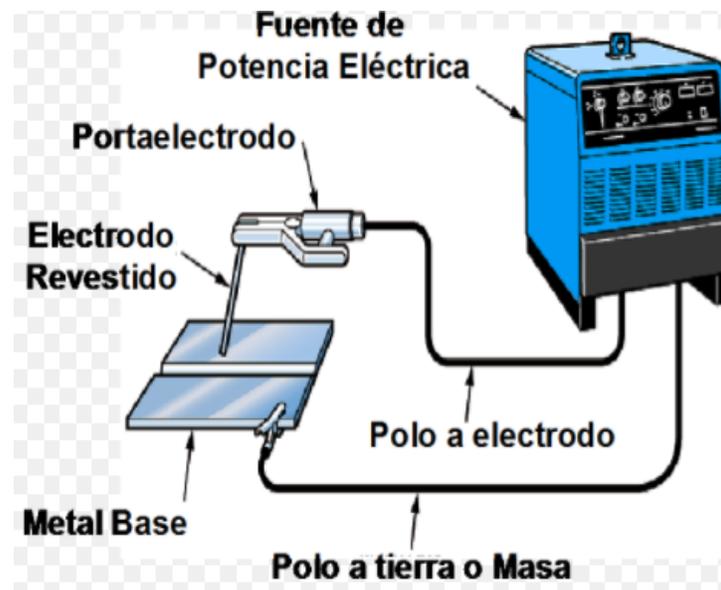


figura 14. Soldadura por arco eléctrico revestido

Soldadura por arco sumergido

En sus fundamentos físicos es similar a la soldadura de arco eléctrico manual. En su operación, el electrodo es reemplazado por un alambre desnudo que, a medida que se consume, es alimentado mediante un mecanismo automático. El arco es cubierto y protegido por un polvo granular y fusible, conocido como fundente o flujo, el mismo que es un compuesto de silicatos y minerales. El fundente cumple el mismo papel que el revestimiento de los electrodos, desde el punto de vista físico y metalúrgico. Físicamente, haciendo que la escoria proteja al baño de soldadura de la acción de los gases atmosféricos, formando un cordón libre de poros e impidiendo una pérdida de calor demasiado rápida. Metalúrgicamente, impidiendo pérdidas de elementos de aleación, compensando o agregándolos al metal depositado.

El arco eléctrico que se forma produce el calor necesario para fundir el metal base, el alambre y el flujo, que cae por gravedad cubriendo la zona de soldadura. Como el arco es invisible por estar cubierto, el proceso se denomina Soldadura por Arco Sumergido, no observándose durante la operación de soldar ni el arco, ni chispas o gases. El alambre es alimentado desde un rollo.

Las características ventajosas del proceso por arco sumergido son:

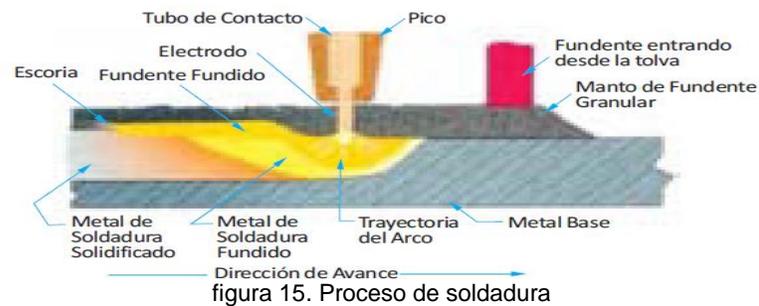
- Alta deposición de metal.
- Penetración profunda.
- Cordones de buen acabado.
- Soldadura de calidad a prueba de rayos X.
- Escoria de fácil remoción.
- Aplicable a un amplio rango de espesores

La soldadura se realiza en las posiciones plana y horizontal. El proceso se emplea para soldar aceros al carbono, aceros de baja aleación y alta resistencia, aceros templados y enfriados por inmersión y en muchos tipos de aceros inoxidable. También se aplica para recubrimientos duros y reconstrucción de piezas. Son soldables espesores desde el calibre 1/16 hasta 1/2 pulg. sin preparación de bordes; y con preparación de bordes en multipases, con un apropiado diseño de la junta y sin refuerzo, El espesor máximo es prácticamente ilimitado. En sus fundamentos físicos es similar a la soldadura de arco eléctrico manual. En su operación, el electrodo es reemplazado por un alambre desnudo que, a medida que se consume, es alimentado mediante un mecanismo automático. El arco es cubierto y protegido por un polvo granular y fusible, conocido como fundente o flujo, el mismo que es un compuesto de silicatos y minerales.

El fundente cumple el mismo papel que el revestimiento de los electrodos, desde el punto de vista físico y metalúrgico. Físicamente, haciendo que la escoria proteja al baño de soldadura de la acción de los gases atmosféricos, formando un cordón libre de poros e impidiendo una pérdida de calor demasiado rápida. Metalúrgicamente, impidiendo pérdidas de elementos de aleación, compensando o agregándolos al arco eléctrico que se forma produce el calor necesario para fundir el metal base, el alambre y el flujo, que cae por gravedad cubriendo la zona de soldadura (figura15).



Fig. 15



La Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular:

Es un proceso de soldadura, en el que la fusión se logra mediante un arco producido entre un electrodo tubular (alambre consumible) y la pieza. La protección se obtiene de un fundente contenido dentro del alambre tubular. Protección adicional de un gas suministrado externamente no es necesaria en la (figura 16) se muestra el proceso, donde se observa el alambre con núcleo de flujo, la envoltura de gas protector, el arco, el metal de soldar y la protección con la escoria. El proceso puede ser semiautomático o automático, siendo el método semiautomático el de mayor aplicación.

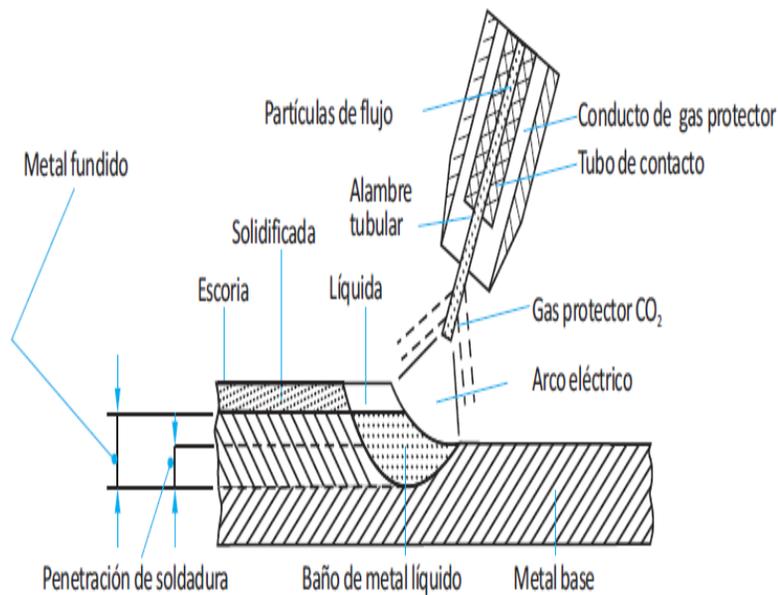


figura 16. Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular

Con la “protección exterior de gas”, las ventajas del proceso son:

- Soldaduras suaves y sanas.
- Penetración profunda.
- Buenas propiedades para radiografía.

Sin la protección exterior del gas ofrece las siguientes ventajas:

- Eliminación del gas externo de protección.
- Penetración moderada.
- Posibilidad de soldar en corriente de aire.
- Metal depositado de alta calidad.

Tiene las siguientes características:

- El operador puede ver el arco. La soldadura es posible en todas las posiciones lo que depende del diámetro del alambre empleado.
- Se puede hacer cualquier tipo de junta en función al espesor de plancha.

El gas de protección. El gas protector desaloja el aire alrededor del arco, previniendo la contaminación por oxígeno e hidrógeno de la atmósfera.

Alambre: Hay que seleccionar el tipo de alambre tubular de acuerdo a la aleación, composición y nivel de resistencia del metal base a soldarse. Están disponibles

varios diámetros para permitir la soldadura en diferentes posiciones. Los alambres están disponibles en carretes y bobinas y están empaquetados en recipientes especiales para protegerlos de la humedad.

Soldadura por arco eléctrico con alambre sólido y gas:

En la soldadura por Arco Metálico con Gas, conocida como Proceso MIG/MAG, la fusión es producida por un arco que se establece entre el extremo del alambre aportado continuamente y la pieza a soldar. La protección se obtiene íntegramente de los gases suministrados simultáneamente con el metal de aporte. Existen dos clasificaciones en este proceso, las cuales son en función del tipo de gas protector:

- MIG: El cual emplea protección de un gas inerte puro, (helio, argón, etc.). Para metal no ferroso.
- MAG: El cual hace uso de dióxido de carbono, CO_2 , o mezcla de CO_2 + Argón como gas protector. Para metal ferroso.

La tarea, que cumplen los gases protectores arriba mencionados, es la de proteger al arco, al baño de fusión y al material de aporte contra el peligroso acceso de los gases de la atmósfera. Este proceso de soldadura se muestra en al (figura 17). En ella se señala el alambre, la protección gaseosa, el arco y el metal depositado. El proceso puede ser semiautomático o automático, siendo el método semiautomático el de mayor aplicación.

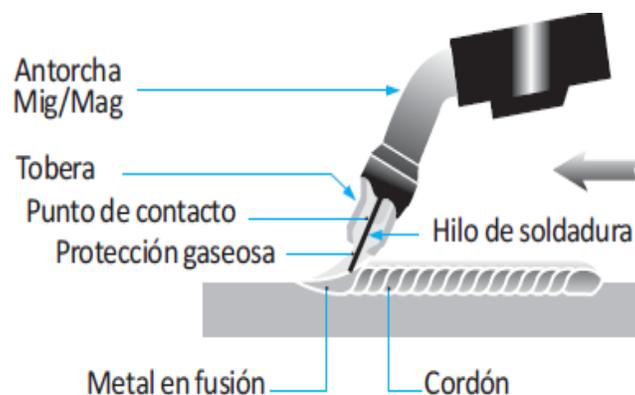


figura 17. Representación esquemática de la soldadura con CO_2

El tipo de transferencia del alambre de aporte a través del arco depende del valor de la corriente. A bajas corrientes, la transferencia se realiza por grandes glóbulos o gotas (cortocircuito, globular). Cuando la corriente aumenta y se usa 80% de Argón, estas gotas se reducen progresivamente hasta que, a una determinada corriente que depende del material y del diámetro del alambre, la transferencia se efectúa en finas gotitas o por pulverización (Spray).

Características del proceso:

- Excelente calidad de soldadura en casi todos los metales y aleaciones empleados por la industria.
- Mínima limpieza después de soldar.
- Arco y baño fundido claramente visibles para el soldador.
- Fácil trabajo en todas las posiciones, lo que depende del diámetro del alambre y de las variables del proceso.
- Alta velocidad de trabajo.
- Exento de escoria.
- Cuando se hace uso de, es para soldar aceros al carbono y aceros de baja aleación, empleando el alambre adecuado.
- Cuando se hace uso de argón o helio (MIG), es para soldar sólo material no ferroso, aluminio-cobremagnesio, acerowox, etc.

El alimentador del alambre: Es el dispositivo que hace que el alambre pase por el tubo de contacto de la pistola para fundirse en el arco. El alimentador tiene uno o dos pares de rodillos accionados por un motoreductor de velocidad variable. Tienen 1 electroválvula para controlar el paso de gas de protección. Consta de:

- Porta Rollo
- Guía de Alambre
- Rodillo de Arrastre

- Rodillo de Presión y una
- Antorcha o Pistola.
- Los sistemas de alimentación pueden ser:
- De empuje (Push)
- De arrastre (Pull)
- Combinado (Push - Pull)

La antorcha o pistola es el conjunto de cables que sirven para conducir el alambre, la corriente para soldar y el gas protector está dispuesto en forma concéntrica a la guía. La guía de alambre se encuentra en el centro de la boquilla, y el canal de suministro de gas protector está dispuesto en forma concéntrica a la guía. La pistola debe mantenerse bastante cerca del trabajo para controlar el arco apropiadamente y producir una eficiente protección a través del gas protector. Las pistolas pueden ser de diferente diseño: del tipo mango de pistola o con cabezal curvo (cuello de ganso). El tipo cuello de ganso es muy popular para la soldadura con alambres finos, en todas las posiciones; y el tipo mango de pistola se emplea generalmente con alambres más gruesos, en posición plana. Para la soldadura plenamente automática, se suele montar la pistola directamente en el motor de avance del alambre. Las pistolas automáticas tienen enfriamiento por aire o agua, lo que depende de su aplicación.

El gas protector: Desplaza el aire alrededor del arco para evitar la contaminación del metal fundido con gases de la atmósfera. La envoltura protectora de gas debe proteger eficientemente el área del arco para obtener un metal de aporte de buena calidad. El gas protector, para la soldadura por arco metálico a gas normalmente usado, es el argón, helio o una mezcla para metales no-ferrosos; para aceros se emplea CO₂, CO₂ con argón y a veces helio para aceros inoxidable o argón con pequeña cantidad de oxígeno para ciertos aceros y aceros inoxidable.

Alambre de aporte: La composición del alambre para soldadura por arco metálico a gas debe seleccionarse de acuerdo al metal a soldar, a la variación dentro del

proceso MIG/MAG y la atmósfera de protección. Los alambres están disponibles en diferentes diámetros, en carretes. Por lo general, están empaquetados en recipientes especiales para protegerlos del deterioro durante el almacenaje.

Soldadura por arco eléctrico con el electrodo de tungsteno y gas

La soldadura por arco de tungsteno con gas (TIG) es un proceso, en que la fusión es producida por el calor de un arco que se establece entre un electrodo de tungsteno no-consumible y la pieza de trabajo. La protección se obtiene de un gas inerte (argón o helio). Ver (ilustración 18) muestra el esquema del proceso TIG. Ahí se indican el arco, el electrodo de tungsteno y la envoltura protectora de gas sobre la pieza de trabajo. La varilla desnuda de metal de aporte es aplicada manualmente, introduciéndola en el arco y en el baño de fusión, como en el proceso oxi-acetilénico. Se puede o no emplear metal de aporte.



Figura 18. Proceso de soldadura TIG.

Características del proceso:

- Excelente calidad de la soldadura en casi todos los metales y aleaciones empleados por la industria.

- Prácticamente no se requiere ninguna limpieza posterior.
- Arco y baño de fusión son claramente visibles para el soldador.
- No hay metal de aporte que atraviese el arco, de modo que no se producen salpicaduras.
- La soldadura es posible en todas las posiciones.
- No se produce escoria que podría quedarse atrapada en la soldadura.

El proceso TIG puede emplearse para aluminio, magnesio, acero inoxidable, bronce, plata, cobre, níquel y aleaciones, hierro fundido, aceros dulces, aceros aleados, abarcando una amplia gama de espesores de metal. También se emplea para pases de raíz en juntas soldadas de tubos de acero, buscando la mayor eficiencia en primer pase.

Los principales componentes del equipo requerido para el proceso TIG (figura 19) son:

- La máquina de soldar (fuente de poder).
- La pistola y los electrodos de tungsteno.
- Los alambres parametal de relleno.
- El gas protector y controles.

Están disponibles varios accesorios opcionales, que incluyen un pedal para control remoto, permitiendo al soldar controlar la corriente durante la soldadura y pudiendo así efectuar correcciones y llenar cráteres. Así mismo están disponibles sistemas de circulación de agua de enfriamiento para la pistola, un distribuidor para encendido del arco, etc.



figura 19. Equipos y aplicación

Gas de protección: Un gas inerte, sea argón, helio o una mezcla de ambos, protege el arco de los gases perjudiciales de la atmósfera. El argón es más usado, porque es fácil obtenerlo y, siendo más pesado que el helio, proporciona mejor protección a menor grado de presión. Para la soldadura en posición plana y vertical es suficiente un caudal de 15 a 30 pies cúbicos/hora. La posición sobrecabeza requiere un caudal ligeramente mayor.

Los electrodos que se emplean para el proceso TIG son de tungsteno y aleaciones de tungsteno. Tienen un punto de fusión muy elevado (6 170°F) y prácticamente no se consumen. El electrodo no toca el baño fundido. En posición apropiada, el electrodo es sostenido encima de la pieza de trabajo, y es el calor intenso procedente del arco el que mantiene el baño en estado líquido.

Soldadura de puntos por resistencia R.S.W.

La soldadura de punto es ampliamente usada en la industria automotriz (figura 20) y es hecha por medio de robots. -La soldadura por resistencia: no consume metal, dos electrodos de cobre comprimen dos hojas de metal, a través del cual pasa la corriente eléctrica. El calor se genera por el paso de la corriente a través del metal, que por presión produce la unión de las hojas por difusión.



Figura 20. Robots soldando en una línea de ensamble

Precauciones en la ejecución de la soldadura: Otros aspectos importantes a considerar en la práctica, son los siguientes:

Distancia entre puntos o paso. La separación entre puntos de soldadura o paso es la distancia entre los centros de dos puntos adyacentes. Esta distancia ha de ser la necesaria para que, una vez unidas las piezas, el conjunto presente unas condiciones estructurales apropiadas, que no se conseguirían si se aplicasen puntos de soldadura insuficientes. Sin embargo, esta distancia no puede ser todo lo pequeña que se desee, ya que, si los puntos están muy próximos entre sí, durante el proceso de soldadura, se produce una derivación de corriente por el punto ya realizado, disminuyéndose por tanto la cantidad de corriente de soldadura efectiva.

Esta derivación de corriente se denomina efecto Shunt, y conlleva un gasto extra de energía eléctrica que se pierde a través de los puntos próximos, y el riesgo de obtener puntos de soldadura de calidades diferentes según sea mayor o menor el efecto de derivación de corriente. La distancia recomendada entre puntos en la reparación de carrocerías, para que no ocurra este efecto, oscila entre 30 y 40 mm, debiendo respetar como referencia la distancia existente originalmente.

Ciclo de soldadura: La correcta ejecución de un punto de soldadura implica el seguimiento de una serie de pasos o ciclo de soldadura:

- Fase de posicionamiento y bajada (1). Es la operación en la que se produce el acercamiento de los electrodos hasta aprisionar las chapas a soldar, consiguiendo que éstas entren íntimamente en contacto, facilitando la ejecución de la soldadura.
- Fase de soldadura (2). Es la operación por la que se hace pasar la corriente eléctrica a través de las chapas a soldar, produciéndose así el calentamiento las zonas en contacto con los electrodos, para poder ejecutar la posterior forja del punto.
- Fase de mantenimiento o forja (3). Operación posterior a la fase de soldadura, una vez finalizada ésta, en la que se incrementa la presión de los electrodos sobre las chapas, para, aprovechando el calentamiento producido en la zona de unión, conseguir la forja del punto y sus posteriores propiedades mecánicas.
- Fase de cadencia o intervalo (4). Es la operación final del proceso, en la que se produce la reducción de la presión de los electrodos sobre las chapas ya soldadas, permitiendo la retirada de la máquina de soldadura y la vuelta a empezar para ejecutar un nuevo punto.

Daños a la salud provocados por el proceso de soldadura

Gases y vapores

El “humo” de la soldadura es una mezcla de partículas muy finas (vapores) y gases. Muchas de las sustancias en el humo de la soldadura, tales como el cromo, níquel, arsénico, asbesto, manganeso, sílice, berilio, cadmio, óxidos de nitrógeno, fosgeno, acroleína, compuestos de flúor, monóxido de carbono, cobalto, cobre, plomo, ozono, selenio, y cinc pueden ser sumamente tóxicos.

Por lo general, los vapores y gases provienen de:

- El material de base que se está soldado o el material de relleno que se utiliza;

- Los revestimientos y pinturas en el metal que se está soldado, o los revestimientos que cubren el electrodo;
- Gases de protección suministrados por los cilindros;
- Reacciones químicas que son el resultado de la acción de luz ultravioleta del arco, y el calor;
- El proceso y los materiales usados; y
- Contaminantes en el aire, tales como los vapores de los limpiadores y desengrasantes.

Los efectos a la salud causados por las exposiciones a la soldadura varían ampliamente porque los vapores pueden contener muchas sustancias diferentes que se sabe de antemano que son dañinas, dependiendo de los factores enlistados anteriormente. Los componentes individuales del humo de la soldadura pueden afectar muchas partes del cuerpo, incluyendo los pulmones, el corazón, los riñones y el sistema nervioso central. Los soldadores que fuman pueden tener un mayor riesgo de sufrir problemas de salud que los soldadores que no fuman, aunque todos los soldadores están en riesgo. La exposición al humo de la soldadura puede tener efectos a corto y largo plazo en la salud.

Efectos a la Salud a Corto Plazo

- La exposición a gases metálicos (tales como cinc, magnesio, cobre, y óxido de cobre) pueden causar fiebre de los humos metálicos. Los síntomas de la fiebre de los humos metálicos pueden ocurrir de 4 a 12 horas después de estado expuesto, e incluye escalofríos, sed, fiebre, dolores musculares, dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, cansancio, náusea, y un sabor metálico en la boca.
- El humo de la soldadura también puede irritar los ojos, la nariz, el pecho, y las vías respiratorias, y causar tos, dificultad para respirar, falta de aliento, bronquitis, edema pulmonar (líquido en los pulmones) y neumonitis (inflamación de los pulmones). Efectos gastrointestinales, tales como náusea,

pérdida de apetito, vómitos, calambres, y digestión lenta también han sido asociados con la soldadura.

- Algunos componentes de los vapores de la soldadura, tal como el cadmio, pueden ser fatales en poco tiempo. Los gases secundarios que son despedidos por el proceso de la soldadura también pueden ser extremadamente peligrosos. Por ejemplo, la radiación ultravioleta que es despedida al momento de soldar reacciona con el oxígeno y el nitrógeno en el aire para formar ozono y óxidos de nitrógeno. Estos gases son mortales en dosis altas, y pueden causar irritación en la nariz y la garganta, así como enfermedades serias de los pulmones.
- Los rayos ultravioletas que son despedidos al momento de soldar también pueden reaccionar con disolventes de hidrocarburos clorados para formar gas fosgeno. Incluso una cantidad muy pequeña de fosgeno puede ser mortal. Los primeros síntomas de la exposición, tal como mareos, escalofríos, y tos usualmente tardan de cinco a seis horas en aparecer. La soldadura al arco nunca debe realizarse dentro de 200 pies de disolventes o equipo para quitar grasa.

Efectos a la Salud a Largo Plazo

- Estudios han demostrado que los soldadores tienen un mayor riesgo de cáncer del pulmón, y posiblemente cáncere de la laringe y de las vías urinarias. Estos resultados no son sorprendentes en vista de las grandes cantidades de sustancias tóxicas en el humo de la soldadura, incluyendo a los agentes causantes de cáncer tales como el cadmio, níquel, berilio, cromo y arsénico.
- Los soldadores también pueden experimentar una variedad de problemas respiratorios crónicos, incluyendo bronquitis, asma, neumonía, enfisema, neumoconiosis (se refiere a enfermedades relacionadas con el polvo), capacidad disminuida de los pulmones, silicosis causada por la exposición a la sílice), y siderosis, la cual es una enfermedad relacionada con el polvo causada por polvo de óxido de hierro en los pulmones.

- Otros problemas de salud que al parecer están relacionados con la soldadura incluyen: enfermedades del corazón, enfermedades de la piel, pérdida de audición, gastritis crónica (inflamación del estómago), gastroduodenitis (Inflamación del estómago e intestino delgado), y úlceras del estómago e intestino delgado. Los soldadores que están expuestos a metales pesados, tales como el cromo y el níquel también han experimentado daño a los riñones.
- La soldadura también representa riesgos reproductivos para los soldadores. Los estudios han demostrado que el trabajo de soldadura ha tenido efectos adversos en la calidad del esperma, la concepción, y los embarazos entre los soldadores o sus cónyuges. Las posibles causas incluyen exposición a metales tales como el aluminio, cromo, níquel, cadmio, hierro, manganeso y cobre; así como gases tales como nitrosos y ozono; calor; y radiación ionizante usada para inspeccionar las juntas.
- Los soldadores que desempeñan trabajos de soldadura o cortan en superficies cubiertas con aislamiento de asbesto corren el riesgo de contraer asbestosis, cáncer del pulmón, mesotelioma y otras enfermedades relacionadas con los asbestos. Los empleados deben ser capacitados y se les debe proporcionar el equipo protector apropiado antes de soldar cerca de material que contenga asbestos.

Calor

- Las chispas y el calor intenso al momento de soldar pueden causar quemaduras. El contacto con escoria caliente, astillas de metal, chispas y electrodos calientes pueden causar quemaduras y lesiones a los ojos.
- La exposición excesiva al calor puede resultar en estrés por el calor o insolación. Los soldadores deben estar conscientes de los síntomas, tales como cansancio, mareos, pérdida del apetito, náusea, dolor abdominal, e irritabilidad. La ventilación, los protectores, los descansos y tomar abundante agua fría protegerá a los trabajadores de los peligros relacionados con el calor.

Ruido

- La exposición a ruidos fuertes puede dañar permanentemente la audición de los soldadores. El ruido también causa estrés y aumentada la presión arterial, y puede contribuir a enfermedades del corazón. Trabajar en ambientes con mucho ruido por largos períodos de tiempo puede hacer que los trabajadores se sientan cansados, nerviosos e irritables.
- El Estándar de Ruido de OSHA, Código 29 de las Regulaciones Federales (29 Code of Federal Regulations – CFR, por su nombre y siglas en inglés) 1910.95, requiere que su empleador evalúe los niveles de ruido para determinar la exposición de los empleados. Si el promedio del nivel de ruido sobrepasa los 85 decibelios por más de 8 horas, los empleadores deben proporcionarles a los empleados una opción gratis de protección para los oídos y exámenes anuales de audición.

Lesiones Musculo esqueléticas

Los soldadores tienen una alta incidencia de quejas musculo esqueléticas, incluyendo lesiones de la espalda, dolor de hombros, tendinitis, reducción de fuerza muscular, síndrome de túnel carpiano, síndrome de Raynaud (también conocido como síndrome de dedo blanco) y enfermedades de las coyunturas en las rodillas. Las posturas al trabajar (especialmente el soldar arriba de la cabeza, las vibraciones, y levantar cosas pesadas) pueden todas contribuir a estas afecciones. Estos problemas se pueden prevenir al aplicar las siguientes técnicas correctas para levantar objetos:

- no trabaje en una sola posición por largos períodos de tiempo,
- mantenga el trabajo a una altura cómoda,
- use un reposapiés cuando esté de pie por largos períodos de tiempo,
- guarde las herramientas y materiales en lugares que sean fáciles de acceder,
y
- minimice las vibraciones.

Maquinaria peligrosa

Todas las máquinas en el área con partes en movimiento deben ser protegidas para prevenir que el cabello, dedos, o ropa del trabajador sean atrapados en la máquina. Al reparar una maquinaria con soldadura, la energía debe ser desconectada, bloqueada, y también debe ser etiquetada para que dicha maquinaria no pueda encenderse accidentalmente.

Equipo de protección, para los procesos de soldadura

El Equipo de Protección Personal (Personal Protective Equipment – PPE, por su nombre y siglas en inglés) siempre debe usarse junto con, pero nunca en vez de, controles de ingeniería y prácticas seguras de trabajo. Protección para los ojos debe ser usada para todas las operaciones de soldadura para proteger los ojos de luz intensa, calor, luz ultravioleta, y chispas que vuelan por el aire. Para la mejor protección, use máscaras o cascos y gafas protectoras. Para evitar que la escoria o partículas entren a los ojos cuando se quite la máscara, incline la cabeza hacia adelante y mantenga los ojos cerrados. Cuando se desempeña soldadura por rayo láser, se debe usar protección especial para los ojos, y se debe tener cuidado con cualquier superficie que sea reflectante debido a que tanto el rayo original como el que es reflejado son extremadamente peligrosos. Los cascos de soldar, gafas protectoras, u otros protectores para los ojos deben tener placas filtrantes o lentes especiales para los empleados que están expuestos a los procesos de soldar o cortar al arco y cuando desempeñan soldadura autógena (oxyfuel gas welding, por su nombre en inglés). La Subsección Q de la 29 CFR 1910 de OSHA requiere que los trabajadores que desempeñan trabajos de soldadura o corte estén protegidos con lentes o placas filtrantes. La ropa protectora que se debe usar durante la soldadura (por soldadores y trabajadores que estén cerca) incluye:

- guantes de puño largo resistentes al fuego
- botas con punta de acero
- máscara
- overoles resistentes al fuego

- gafas de seguridad
- cascos, y
- chaparreras o botas alta

La ropa protectora debe estar hecha de lana, la cual no se enciende con facilidad, o de telas de algodón con tratamiento especial. Las mangas y cuellos deben mantenerse abrochados y los pantalones y camisas no deben tener puños. Capas y cascos también pueden ser requeridos. Tapones para los oídos deben usarse cuando existe la posibilidad de que chispas o salpicaduras calientes entren a los oídos. Debido a que los soldadores trabajan con materiales altamente tóxicos, se deben proporcionar casilleros (lockers, por su nombre en inglés) para guardar la ropa de trabajo aparte de la ropa normal.

Monitoreo medico

Debido a que las emisiones de la soldadura son tan peligrosas, NIOSH recomienda que todos los trabajadores que pudieran estar expuestos a los procesos de la soldadura reciban exámenes médicos por lo menos una vez al año. El médico debe examinar los pulmones, la piel los ojos, el corazón, y la audición, llevar a cabo cualquier otro examen que sea apropiado.

Capacitación

Todos los soldadores deben recibir capacitación sobre el uso seguro del equipo y los procesos, prácticas seguras de trabajo y procedimientos de emergencia

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

En Amvian se propuso un proyecto de extracción localizada de humo y gases, como otros contaminantes que se desprenden del proceso de soldadura. En el área de soldadura, debido que la planta creció en los últimos meses, y su sistema de extracción no alcanza a desalojar el humo que se almacena en la industria (ver figura 21) por lo que se estudió y analizó los componentes adecuados para un sistema de alta disponibilidad. Teniendo en cuenta las normas mexicanas STPS, para un correcto estudio de investigación, ya que no se pasará por alto un proceso inseguro que ponga el riesgo al personal.

Normas de seguridad

- Nom-001-STPS-2008: Edificios, locales e instalaciones.
- Nom-002-STPS-2010: Prevención y protección contra incendios
- Nom-004-STPS-1999: Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
- Nom-027-STPS-2008: Soldadura y corte

Normas de organización

- Nom-017-STPS-2008: Equipo de protección personal
- Nom-018-STPS-2000: Identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas
- Nom-026-STPS-2008: Colores y señales de seguridad



figura 21. Extractores

En la (figura 22) se ve los extractores con los que cuenta la industria. Cuando la fabrica alcanza su punto máximo de productividad en cada turno, esto representa un problema.

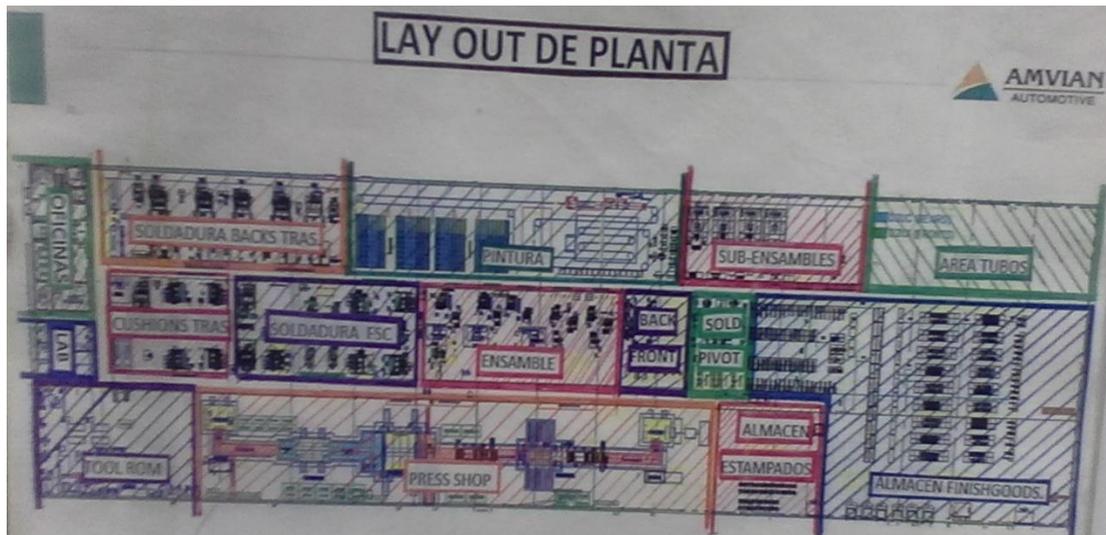


figura 22. Lay Out

En el presente lay out de la planta muestra el nombre y ubicación de cada área. Teniendo en cuenta que el área donde se instalará el sistema de extracción localizada será en el de soldadura. Que es ahí donde se encuentra el mayor número de máquinas.

Diseño para ductos

Para el diseño de los ductos se basará en el formato de cálculo de la ACGIT, con las respectivas formulas propuestas que se presenta a continuación.

Caudal de los diámetros del tubo

$$A_{DUCTO\ ACTUAL} = \frac{Q_{TRAMO}}{V_{DUCTO}}$$

Donde:

A ducto actual= área del ducto, en ft²

Q tramo= Caudal del aire actual del tramo en cfm

V ducto= Velocidad de transporte del ducto, en fpm

$$D_{DUCTO} = \sqrt{\frac{4 * A_{DUCTO}}{\pi}}$$

Donde

D ducto= diámetro calculado, en ft

No siempre se toma en cuenta el diámetro calculado como una opción definitiva. Ya que se tiene que tomar en cuenta las medidas comerciales.

Otro factor a considerar es la velocidad del ducto.

$$V_{DUCTO ACTUAL} = \frac{Q_{ACTUAL DUCTO}}{A_{DUCTO ACTUAL}}$$

Donde:

V ducto actual= velocidad de transporte actual del ducto, en fpm

Q actual ducto= caudal actual del aire en el ducto, en cfm

A ducto actual= área del ducto final seleccionado, en ft²

Pérdidas de fricción dinámica

El cual se basa que las pérdidas por fricción en ductos y campanas. Son proporcionales a la presión dinámica. Los factores de pérdidas de campanas, ductos rectos, codos, derivados y otros elementos son establecidos en términos de presión dinámica (PV)

$$VP_{DISEÑO} = df * \left(\frac{V_{DUCTO ACTUAL}}{4005} \right)^2$$

Donde

Vp diseño= presión dinámica del tramo

Df= factor de corrección de densidad, adimensional

V ducto actual= velocidad actual del ducto

Perdidas en codos de 90°

Los coeficientes de pérdida en uniones de tubería tomados de la ACGIH, para codos de 90 °

$$VP_{\text{CODOS } 90^\circ} = N * \text{Coef. pérdida}$$

Donde:

Vp= pérdida en el codo, adimensional

N= número de accesorios

Perdidas en uniones convergentes cónicas, redondas (Y30°)

Para uniones Y 30° el coeficiente de pérdida varía en función a las áreas y caudales de los ductos. Para determinar las pérdidas en VP

$$VP_{Y 30^\circ} = N * \text{Coef. pérdida}$$

Donde:

Vp= pérdida en la unión Y 30°, adimensional

N= número de accesorios

Perdidas en el difusor cónico redondo:

El coeficiente de pérdida depende de la relación de las áreas de los ductos, así como también del grado de apertura del difusor.

$$VP_{REDUCCIÓN} = N * Coef. pérdida$$

Donde:

Vp= pérdida en la reducción redonda, adimensional

N= número de accesorios

Perdidas en la transición de salida del ventilador.

Para una transición redonda a rectangular, la relación de caudales para ángulos y relación de área. Las pérdidas en Vp de los codos se aplica la siguiente ecuación.

$$VP_{TRANSICIÓN SALIDA} = N * Coef. pérdida$$

Donde:

Vp= pérdida en la transición cuadrada a redonda, adimensional

N= número de partes

Pérdida total en ductos y accesorios en vp

La pérdida total Vpt se determina sumando todas las caídas de presiones por longitudes de ductos y uniones de tuberías de la siguiente manera:

$$VP_{TOTAL} = VP_{TUBERÍA} + VP_{CODOS 90°} + VP_{Y 30°} + VP_{DIFUSOR} + VP_{TRANSICIÓN}$$

Donde

Vp: Vp total es adimensional y representa la pérdida total en Vp de cada de los elementos del cual está formado un ramal.

Perdida estática total en ductos y accesorios

Para determinar la pérdida de presión estática total en los elementos necesarios en el sistema de extracción localizada de soldadura

$$SP_{DUCTOS Y ACCESORIOS} = VP_{DISEÑO} * VP_{TOTAL}$$

Donde:

Sp= pérdida de presión estática en ductos y accesorio, en in. H₂O

Vp diseño= presión dinámica del tramo, en in.H₂O

Vp total= Presión dinámica total del sistema, adimensional.

Calculo del espesor de tubería.

En el caso del diseño del espesor de tuberías para el sistema de soldadura se aplica la ecuación, cual es aplicable para razones de diámetro/espesores superiores a seis.

$$t_m = \frac{PD_0}{2(SE + PY)} + C$$

Donde:

P= presión de diseño, en Kpa

D₀= diámetro interior, en m.

S= límite de influencia, en Kpa

E= factor de calidad para uniones soldadas longitudinales, adimensional.

Y= coeficiente según el material del ducto, adimensional

Para determinar la presión de diseño se considera la presión interna a la cual está sometida la tubería más 10% como factor de seguridad. La presión de diseño se calcula.

$$P = SP + 0.1SP = 1.1SP$$

Donde:

Sp= pérdida depresión estática en ductos y accesorios, en in H₂O

Diseño de filtro

El diseño de filtro se requiere estimar la velocidad de filtración o también llamada relación gas – tela, sin embargo, los fabricantes han desarrollado tablas que permiten la estimación rápida de gas – tela.

Por esta razón se seleccionará para nuestro sistema de limpieza tipo pulse-jet (figura 23) con aire comprimido, el mismo que será seleccionado tomando en cuenta los siguientes parámetros. La siguiente (tabla 8) detalla las características del material.

TIPO	POLIÉSTER (DRACON)
Peso específico (g/cm ³)	1.38
Humedad absorbida (20°C; H.R. 65%)	0.4
Resistencia a la tracción (g/cm ²)	4.5 – 7.5
Alargamiento antes de rotura (%)	12
Temperatura máxima continua (°C)	130 - 135
Temperatura máxima puntual (°C)	140
Resistencia Química	
Ácidos	Buena
Bases	Baja
Oxidante	Excelente
Disolvente	Buena
Hidrólisis (calor húmedo)	Excelente
Costo relativo	X

Tabla 8 Características de las fibras para mangas de poliéster

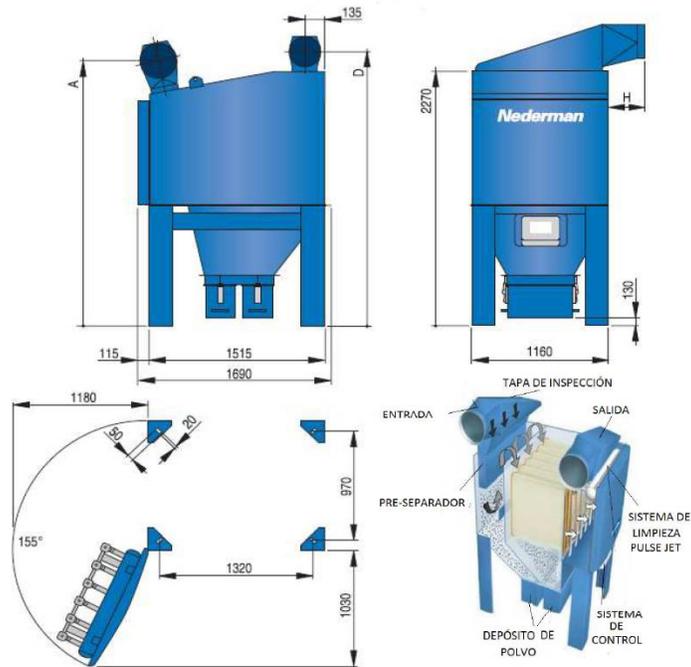


Figura 23. Dimensionamiento del filtro Nederman

Especificaciones técnicas del filtro seleccionado

- Caudal: 400 cfm
- Relación gas-tela: 6.2 fpm
- Área de filtrado: 60 m²
- Temperatura de trabajo: 90 °F
- Material filtrante: poliéster
- Polvo a filtrar: polvillo metálico
- Peso: 1150 lbs
- Nivel de ruido: 53 dB
- Numero de módulos: 1

Selección de ventilador. Para determinar el tipo de ventilador que cumpla las necesidades del sistema, se hace un análisis de sus características, luego se selecciona a partir de catálogos técnicos el tipo o modelo que mejor cumpla con los requerimientos.

Una vez obtenidas las características básicas del ventilador, se debe calcular el rendimiento con el que trabaja. El rendimiento (η) se define, según lo visto en el Capítulo 3, como el cociente entre la potencia que entrega el ventilador al aire (Pot a) dividida por la potencia que el ventilador recibe en su eje (Pot V), ambas expresadas en las mismas unidades:

$$\eta V = \text{Pot a} / \text{Pot V}$$

La potencia entregada al aire por el ventilador depende del caudal que circula y la presión necesaria para vencer las pérdidas que ofrece el sistema de conductos y resulta igual.

$$\text{Pot a} = Q \cdot h T V \cdot g$$

Donde:

- Q (m³ / s): caudal de aire,
- h T V (mmcda): altura de presión total a entregar por el ventilador, y
- g (m / s²): aceleración de la gravedad.

La potencia que recibe el ventilador en su eje se obtiene de los datos de funcionamiento provistos por los fabricantes y depende del tamaño de ventilador seleccionado, para una situación determinada.

$$\eta V = Q \cdot h T V \cdot g / \text{Pot V}$$

CAPÍTULO 4.RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El análisis de los sistemas de ventilación, sin duda el más eficiente en los sistemas de extracción localizada, ya que capta el contaminante desde la fuente de emisión, evitando que se dispersen por todo el ambiente de trabajo. Disminuyendo de esta manera no solo los riesgos laborales que representan la inhalación de humos y polvos tóxicos con alto grado de peligrosidad, garantizando un mejor ambiente de trabajo.

Como resultado, se obtuvo la mayor información para un correcto sistema de extracción. Ya que fue una investigación de 4 meses. Ya que la investigación cumplió con el objetivo planteado, recabando la información necesaria para una comprensión adecuada, sobre los sistemas de extracción localizada.

4.1 Resultados

No hubo resultados trascendentes, ya que esta tesis se enfocó al estudio y funciones de los sistemas de extracción como en las medidas de seguridad.

4.2 Trabajos Futuros

Como trabajos futuros se incluirán

- El costo que conlleva toda la instalación
- Un sistema automatizado, para una mejor eficiencia del sistema
- planos de la instalación en el área de soldadura
- Curso al personal, sobre el equipo de protección personal
- Y detalles que suelen surgir, en el proceso

4.3 Recomendaciones

Que el personal utilice el equipo de protección, ya que es fundamental para su integridad. Teniendo en cuenta que hará un mejor lugar de trabajo (figura 23).



figura 24. Operadores no aportan el equipo de protección personal.

Es importante que el personal este usando el equipo correcto de protección personal, ya que estaría garantizando su integridad.

ANEXOS

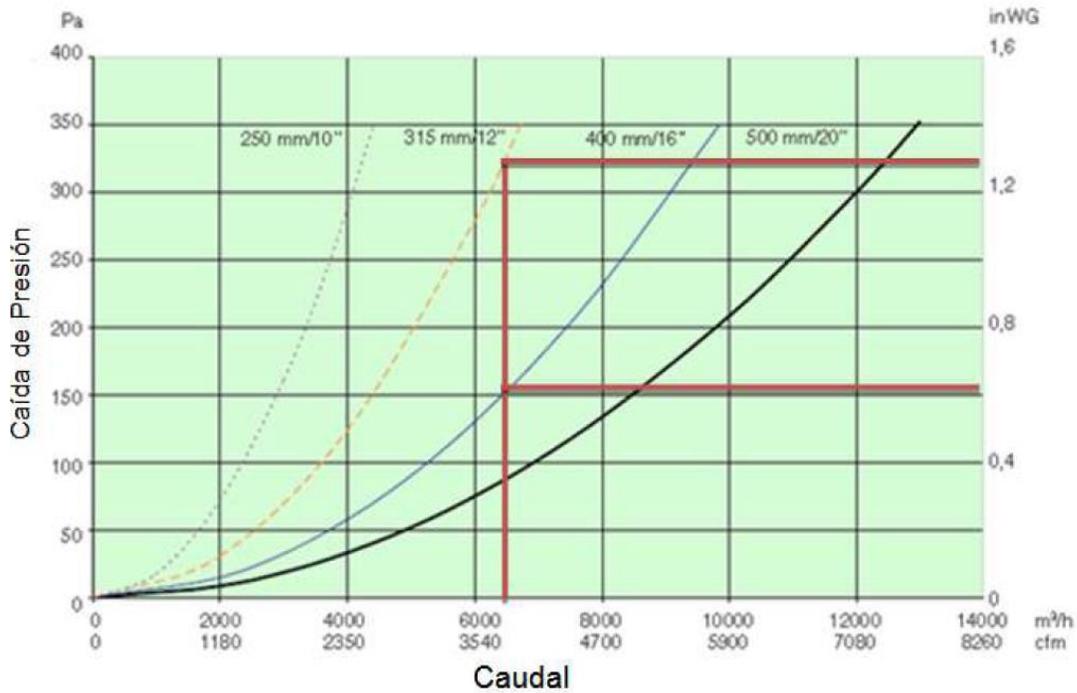
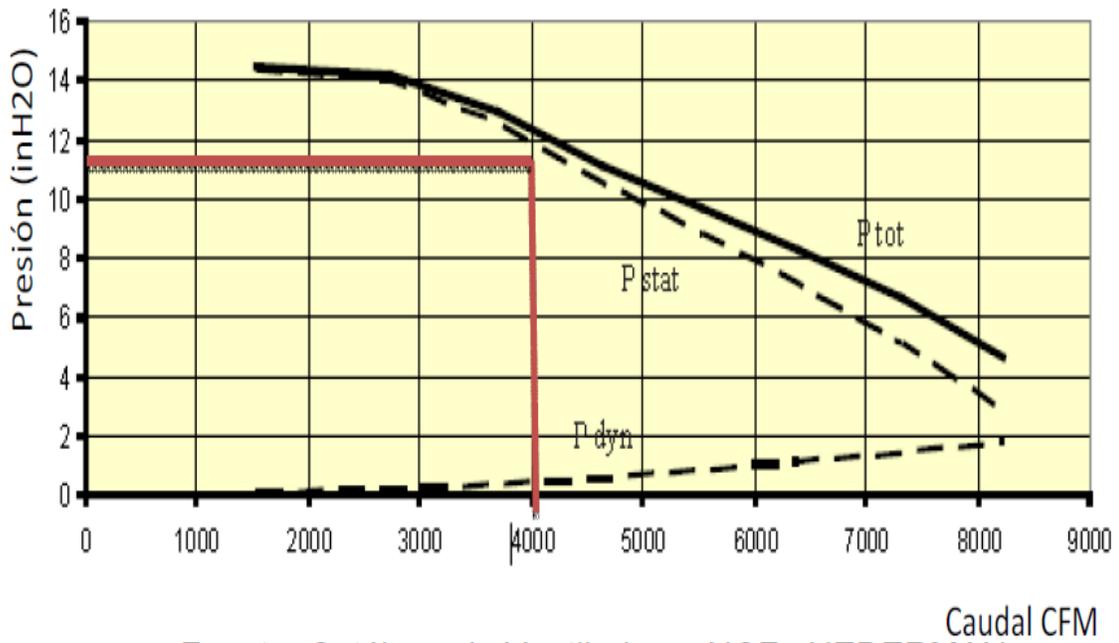
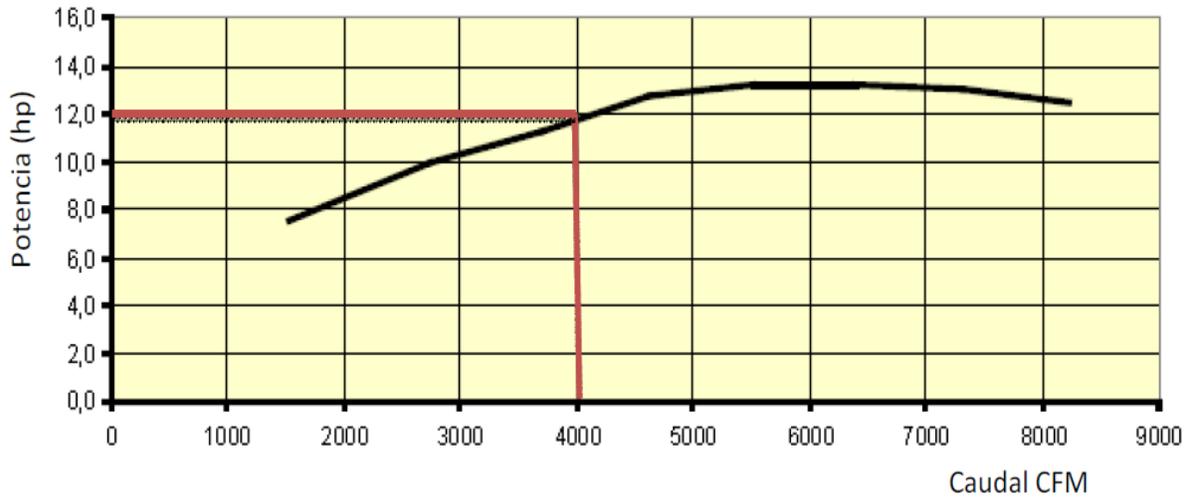


Tabla 9 Curvas de la caída de presión de un filtro



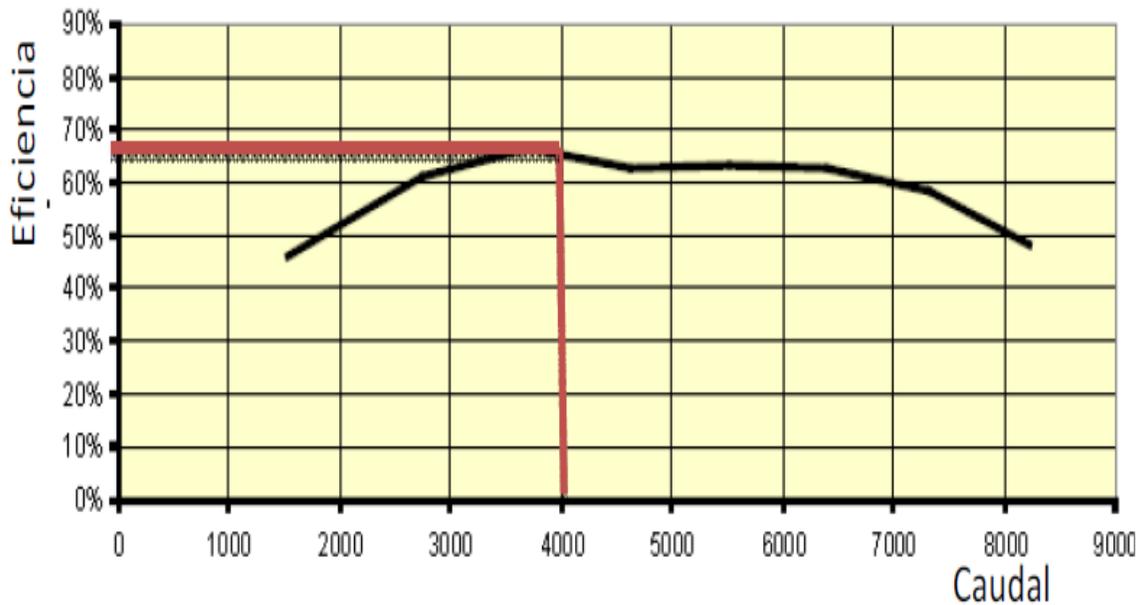
Fuente: Catálogo de Ventiladores NCF. NEDERMAN.

Tabla 10 Curva estática de un ventilador



Fuente: Catálogo de Ventiladores NCF. NEDERMAN.

Tabla 11 potencia en el eje de un ventilador



Fuente: Catálogo de Ventiladores NCF. NEDERMAN.

Tabla 12 eficiencia de un ventilador

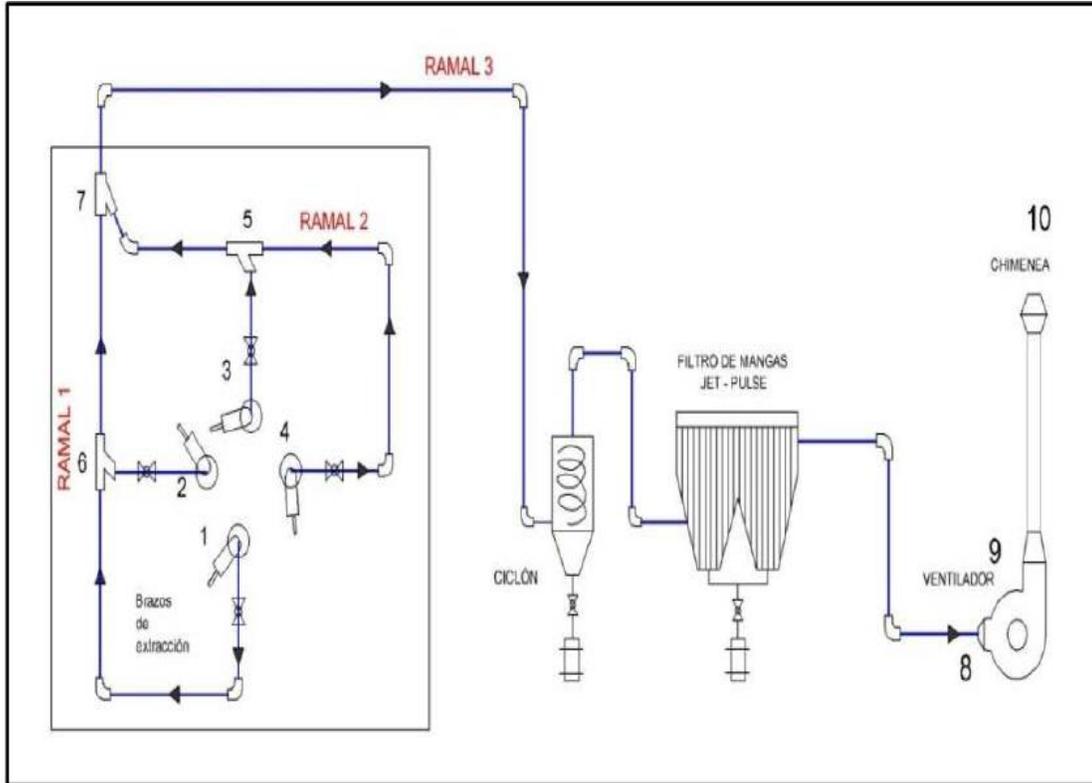


Ilustración 1 esquema de un extractor de polvos

CONTAMINANTE AMBIENTAL	RANGO DEL TAMAÑO (μm)
Lluvia	1000 a 10000
Rocío	100 a 1000
Niebla	0,001 a 10
Nubes	12 a 90
Vapores	0,001 a 1
Polvos Metalúrgicos	0,001 a 100
Virus	0,006 a 0,09
Humo de cigarrillo	0,01 a 1
Humo de petróleo	0,05 a 1
Negro de humo	0,01 a 0,15
Vapores de óxido de Zinc	0,01 a 0,12
Sílica Coloidal	0,03 a 0,08
Polvo atmosférico	0,001 a 80

Tabla 13 tamaños de contaminantes de aire

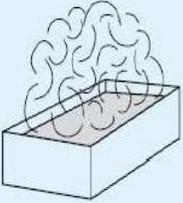
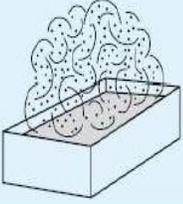
Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s										
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,5										
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1										
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5										
Con partículas sólidas en suspensión	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5										
		Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado. Rectificado.	2,5 - 10									
<p>Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:</p> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="370 919 427 940">Inferior</td> <td data-bbox="902 919 959 940">Superior</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 947 662 968">1. Pocas corrientes de aire en el local.</td> <td data-bbox="902 947 1174 968">1. Corrientes turbulentas en el local.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 974 646 995">2. Contaminantes de baja toxicidad.</td> <td data-bbox="902 974 1174 995">2. Contaminantes de alta toxicidad.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1001 646 1022">3. Intermittencia de las operaciones.</td> <td data-bbox="902 1001 1101 1022">3. Operaciones continuas.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1029 703 1050">4. Campanas grandes y caudales elevados.</td> <td data-bbox="902 1029 1166 1050">4. Campanas de pequeño tamaño.</td> </tr> </table>				Inferior	Superior	1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.	2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.	3. Intermittencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.	4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.
Inferior	Superior												
1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.												
2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.												
3. Intermittencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.												
4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.												

Tabla 14 velocidades de captación para diferentes procesos



Tabla 15 tipos de uniones de ductos

Bibliografía

- Alvares, H. (16 de 8 de 2011). Diseño y calculo de un sistema de extracción localizada de humos provenientes del proceso de soldadura . *Tesis de grado* , pág. 142.
- Labiano, J. (2009). El soldador y los humos de soldadura . *OSALAN, Instituto Vasco y salud laborales*, 44.
- Larry, J. (2004). *Soldadura principios y aplicaciones* . Madrid : Cesol.
- Marco normativo de seguridad y salud en el trabajo*. (2016). Obtenido de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>
- Martín, á. (2005). Seguridad e higiene trabajando en soldadura . *Internacional Agent* , 30.
- Ramírez Cavassa, C. (2005). *Seguridad Industrial*. México : LIMUSA.