VENTILACIÓN INDUSTRIAL

UNIDAD I

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA SEGURIDAD SOCIAL

INTRODUCCIÓN

La asignatura Ventilación Industrial es un área de la prevención de riesgos, indispensable en el plan de estudios de la carrera, la cual se basa en los riesgos ocupacionales, abarcando las características referentes a la ventilación y su relación con los ambientes laborales y el trabajador; desplegado a través de conceptos básicos sistemas de ventilación que permitirán identificar los elementos a utilizar como medios y alternativas de ventilación, reutilización y depuración del aire.

Esta materia contribuye fundamentalmente al desarrollo de la capacidad del alumno para diseñar sistemas de ventilación industrial mediante la evaluación de las necesidades de caudal de aire de renovación, donde el estudiante logra mediante el manejo de contenidos teóricos, analizar las exigencias de la ventilación y las consecuencias y alteraciones que provocan al metabolismo humano al estar expuesto a cargas térmicas.

Los objetivos a desarrollar en esta semana son los siguientes:

Reconocer los diferentes conceptos, características y propiedades sobre ventilación, carga térmica.

Conocer elementos de verificación para la evaluación de equipos y la carga térmica que genera.

Estimado(a) estudiante, bienvenido(a) a la primera actividad pedagógica virtual del ramo VENTILACIÓN INDUSTRIAL, en esta unidad profundizaremos en los contenidos relacionados con el Desarrollo de conceptos de calor y ventilación industrial en las empresa del sector productivo, aplicando indicadores de riesgo y normativa legal del área, incorporando el componente ambiental como pilar adicional.

Para comenzar……

Le diré, que para lograr la Seguridad en las empresas no hay recetas ni existe un único camino; pero que sí es posible y necesario, construir un camino propio, adecuado a la particular realidad de la empresa, a sus intereses, a sus metas, a sus desafíos y a su propia cultura de empresa.

Los riesgos a los que están sometidos los trabajadores en la industria es una realidad cotidiana, a la vista de los datos de accidentes y enfermedades laboral que nos ofrecen las estadísticas. Las lesiones que se producen a los trabajadores son consecuencia de los fracasos en la acción preventiva con un costo material y psicológico muy elevados. Elevar el nivel de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados del trabajo, debe realizarse mediante la aplicación de las técnicas de prevención por expertos o especialistas, como forma de garantizar unas condiciones seguras o aceptables en los ambientes de trabajo. Situaciones en que los trabajadores están expuestos a sustancias químicas como gases, vapores y calor. Es frecuente que los problemas de los agentes químicos se controlen con las técnicas de ventilación industrial.[1]

CONCEPTOS GENERALES

Unidad de Temperatura en Grados Centígrados

Un grado centígrado (°C) es 1/100 del intervalo standard de temperatura entre los puntos de congelación y ebullición del agua a 1 atmósfera de presión.

Unidad de Calor en Calorías

La gramo-caloría (15°C) constituye la medida standard de calor y representa la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 gramo

[1] http://www.insht.es.

de agua, a presión constante, de 14,5°C a 15,5°C. Más común es el uso del kilo-caloría, que se refiere a la elevación de la temperatura de 1 kilo de agua de 14,5 a 15,5°C. Los ingleses y americanos usan el BTU (British Thermal Unit) que representa la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 libra de agua en 1°F (un grado Fahrenheit).

Materiales de apoyo

En el siguiente link encontraras conceptos de temperatura y calor.

https://www.youtube.com/watch?v=m_Uvjs4mLmA

FORMULAS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE CALOR Y TEMPERATURA.

Conversión de calorías a joule (cal a J)

1 cal = 4,186 (J)

Ejemplo:

En un recipiente se tienen 320 cal, nos preguntan ¿qué cantidad de Joule se encuentran en el mismo recipiente?

$$320\ cal\left(\frac{4.186\ (j)}{1\ (cal)}\right) = 1339.52\ (j)$$

Conversión de joule a calorías (J a cal)

Ejemplo:

En un recipiente se tienen 1339.52 (j), nos preguntan ¿qué cantidad de calorías se encuentran en el mismo recipiente?

$$1339.52\ (j)\left(\frac{0.24\ (cal)}{1\ (j)}\right) = 321.48\ (cal)$$

Conversión de grados Centígrado a grados kelvin (ºC a ºK)

$°K = ℃ + 273{,}16$

Ejemplo:

Un termómetro marca una temperatura de 25° centígrados y el trabajador necesita la medida en grados kelvin

$$°K = 25 + 273{,}16$$

$$\therefore °K = 298.16$$

Conversión de grados Centígrados a grados Fahrenheit (ºC a ºF)

$°\mathrm{F} = (1{,}8\ \times\ ℃) + 32$

Ejemplo:

Un termómetro marca una temperatura de 25° centígrados y el trabajador necesita la medida en grados Fahrenheit

$$°\mathrm{F} = (1{,}8\ \times\ 25) + 32$$

$$\therefore °F = 77$$

CARGA TÉRMICA

El cuerpo humano tiene una temperatura en torno a los 37 grados centígrados, pero puede verse alterada según sea su ambiente térmico en el trabajo, a veces la transpiración de la piel se dificulta por la humedad del ambiente o hay trabajos que no requieren esfuerzos físicos y sin embargo, generan oscilaciones en la temperatura del cuerpo. Se habla de condiciones termo higrométricas al definir todos aquellos elementos que se incluyen en la sensación de confort térmico.

Temperatura de Bulbo Seco

Es la temperatura del aire tomada con un termómetro corriente.

Temperatura de Bulbo Húmedo

Es la temperatura de un termómetro cuyo bulbo está cubierto con una gasa húmeda (agua destilada) y sobre el que el aire del recinto circula rápidamente (por lo menos a treinta metros por minuto). La temperatura del bulbo húmedo será igual a la del bulbo seco sólo cuando el aire esté completamente saturado de vapor de agua. Cuando el aire no está completamente saturado, la temperatura del bulbo húmedo será invariablemente inferior a la del bulbo seco en proporción a la humedad relativa del ambiente. Esta caída de la temperatura en el termómetro húmedo se produce porque el agua en el bulbo se evapora absorbiendo calor. Por consiguiente, la temperatura del bulbo húmedo depende de la temperatura del aire y de la humedad relativa del ambiente.

Temperatura de Bola o Globo

Representa la temperatura radiante que se mide con un termómetro de bola o globo. Este instrumento consiste en un termómetro corriente, cuyo bulbo se sella dentro de una bola o globo metálico hueco de 15 cm. de diámetro y de superficie exterior áspera y negra (negro opaco). Su color negro reduce a un mínimo el reflejo de los rayos calóricos. El calor absorbido de esta manera por la bola es transmitido al aire en su interior, cuya temperatura se mide en el termómetro. Una temperatura de globo mayor que la temperatura en el aire indica una fuente de calor radiante.

Humedad Relativa

Relación entre la cantidad de humedad presente en el aire y la cantidad que existiría si el aire estuviera completamente saturado con vapor de agua.

El Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo

Se determinará considerando las siguientes situaciones:

a.- Al aire libre con carga solar: TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS

b.- Al aire libre sin carga solar, o bajo techo: TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG

Correspondiendo:

TBH = Temperatura de bulbo húmedo natural, en °C

TG = Temperatura de globo, en °C

TBS = Temperatura de bulbo seco, en °C

Las temperaturas obtenidas se considerarán una vez alcanzada una lectura estable en termómetro de globo (entre 20 a 30 minutos).

La exposición ocupacional a calor debe calcularse como exposición ponderada en el tiempo según la siguiente ecuación.

$$\text{TGBH promedio} = \frac{(TGBH)1 \times t1 + (TGBH)2 \times t2 + \ldots\ldots + (TGBH)n \times tn}{t1 + t2 + \ldots\ldots\ldots + tn}$$

En la que (TGBH)1, (TGBH)2.....y (TGBH)n son los diferentes TGBH encontrados en las distintas áreas de trabajo y descanso en las que el trabajador permaneció durante la jornada laboral y, t1, t2....y tn son los tiempos en horas de permanencia en las respectivas áreas.

Para determinar la carga de trabajo se deberá calcular el costo energético ponderado en el tiempo, considerando la tabla de Costo Energético según tipo de Trabajo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M\ promedio = \frac{M1 \times t1 + M2 \times t2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Mn \times tn}{t1 + t2 + \ldots\ldots\ldots + tn}$$

Siendo M1, M2....y Mn el costo energético para las diversas actividades y períodos de descanso del trabajador durante los períodos de tiempo t1, t2....y tn (en horas).

COSTO ENERGETICO SEGUN TIPO DE TRABAJO	
Sentado	90 Kcal/h
De pie	120 Kcal/h
Caminando (5 Km/h sin carga)	270 Kcal/h
Escribir a mano o a máquina	120 Kcal/h
Limpiar ventanas	220 kcal/h
Planchar	252 Kcal/h
Jardinería	336 kcal/h
Andar en bicicleta (16 km/h)	312 Kcal/h
Clavar con martillo(4,5 Kg. 15 golpes/minuto)	438 Kcal/h
Palear (10 veces/minuto)	468 Kcal/h
Aserrar madera (sierra de mano)	540 Kcal/h
Trabajo con hacha (35 golpes/minuto)	600 Kcal/h

VALORES LIMITES PERMISIBLES DEL INDICE TGBH EN °C			
	Carga de Trabajo según Costo Energético (M)		
Tipo de Trabajo	**Liviana inferior a 375 Kcal/h**	**Moderada 375 a 450 Kcal/h**	**Pesada Superior a 450 Kcal/h**
Trabajo Continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo 25% descanso, cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo 50% descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo 75% descanso, cada hora	32,2	31,1	30,0

Temperaturas extremas: (MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO)

Chequear las baterías del instrumento (Si la batería tiene 6,4 voltios o menos, cámbiale o recárguela)

Calibrar el instrumento, lo cual se realiza de la siguiente manera

- Conectar el calibrador al equipo.
- Encender y verificar si las medidas no difieren en $^{+}/_{-}$ 0,5 ºC.
- Apagar el monitor.

Asegúrese de que la mecha del bulbo húmedo esté limpia.

Llenar con agua destilada el depósito del medidor de bulbo húmedo
Encender el monitor.

Determine las zonas donde se realizarán las mediciones de acuerdo al trabajo desarrollado por el trabajador.

Tomar las mediciones en las condiciones más desfavorables del trabajador y del ambiente, ubicándose en puntos tales que representen lo más aproximadamente posible, los puntos en que normalmente se ubica el trabajador en su faena.

Si el trabajo se desarrolla de pie, colocar los sensores a 1,20 (m) de altura
Si el trabajo se desarrolla sentado, colocar los sensores a 0,60 (m) de altura

Las lecturas son válidas cuando el sensor de la temperatura de globo se estabilice por lo menos cada 20 – 30 minutos en diferentes zonas.

Utilice las teclas de flecha arriba/abajo para ver las mediciones deseadas del instrumento

VENTILACIÓN

Puede definirse la Ventilación como aquella técnica que permite sustituir el aire ambiente interior de un recinto o lugar de trabajo, considerado los inconvenientes por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro aire exterior de mejores características.

Función de la Ventilación

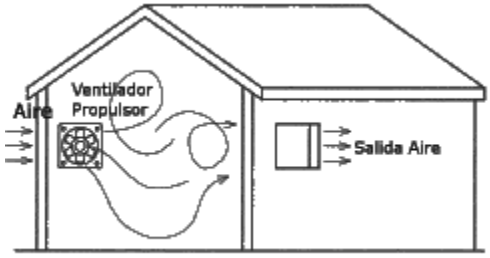
A los seres vivos, personas principalmente, la ventilación les resuelve funciones vitales como la provisión de oxígeno para su respiración y el control del calor que producen, a la vez que les proporciona condiciones de confort afectando a la temperatura del aire, su humedad, la velocidad del mismo y la dilución de olores

indeseables. A las máquinas e instalaciones y procesos industriales la ventilación permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad de su ambiente.

VENTILACIÓN GENERAL PARA EL CONTROL DEL AMBIENTE TÉRMICO

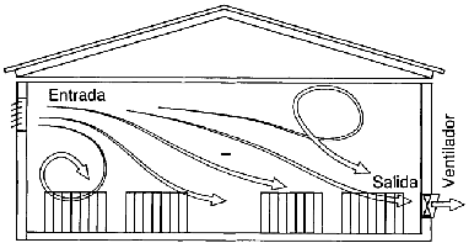
Tipos de ventilación

Ventilación por Sobrepresión, que se obtiene insuflando aire a un local, poniéndole en sobrepresión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuestas para ello. A su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro exterior.

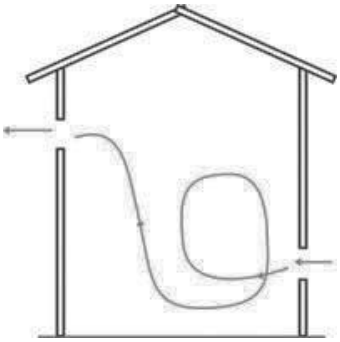


Locales en sobrepresión (t)

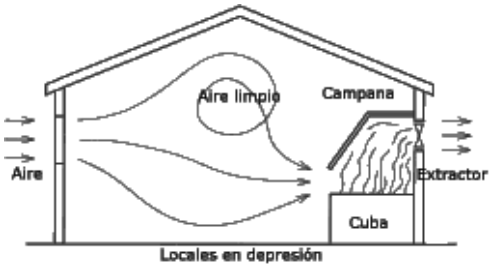
Ventilación por Depresión se logra colocando el ventilador extrayendo el aire del local, lo que provoca que éste quede en depresión respecto de la presión atmosférica. El aire penetra desde fuera por la abertura adecuada, efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior.



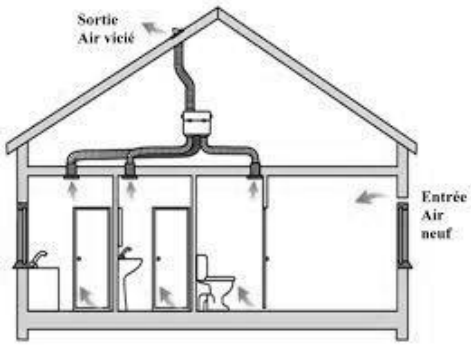
Ventilación Ambiental o General. El aire que entra en el local se difunde por todo el espacio interior antes de alcanzar la salida. El inconveniente es que exista un foco contaminante concreto, como es el caso de los tóxicos, el aire de una ventilación general esparce el contaminante por todo el lugar de trabajo antes de ser captado hacia la salida.



Ventilación Localizada. En esta forma de ventilación el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local. Se logra a base de una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que conduzca directamente al exterior el aire captado.



Ventilación Mecánica Controlada. Conocida por sus siglas V.M.C. es un sistema peculiar que se utiliza para controlar el ambiente de toda una vivienda, local comercial e incluso un edificio de pisos, permitiendo introducir recursos para el ahorro de energía.



EXIGENCIAS DE LA VENTILACIÓN

El marco legal nacional en su decreto supremo N° 594 “APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BÁSICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO” en su Título III de las Condiciones Ambientales indica:

Artículo 32
Todo lugar de trabajo deberá mantener, por medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador.

Artículo 33
Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se deberá captar los contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo.
Con todo, cualquiera sea el procedimiento de ventilación empleado se deberá evitar que la concentración ambiental de tales contaminantes dentro del recinto de trabajo exceda los límites permisibles vigentes.

Artículo 34
Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiéndose alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes.

Artículo 35
Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo.

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

IPLACEX
TECNOLÓGICO NACIONAL

UNIDAD I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Evidente es la importancia de los ambientes sanos, tanto en los aspectos físicos como psicológicos en general y en particular en lo que ha buena ventilación se refiere.

Por esto es fundamental para el Prevencionista incluir entre sus labores el *"Conocer elementos de verificación para la evaluación de equipos y la carga térmica que genera"*, lo que le permitirá resguardar los ambientes en la industria y oficinas para que los trabajadores cuenten con el bienestar necesario para su tranquilidad física y psicológica, asegurando de este modo buena salud de estos y por ende alto rendimiento.

En adelante se profundizará en los contenidos relacionados con los efectos de la carga térmica, los ambientes calientes y fríos como también en la evaluación térmica que se encuentran los trabajadores, para evitar enfermedades profesionales las cuales afectan de manera directa e indirecta a la empresa, trabajador y familia.

EFECTOS DE LA CARGA TÉRMICA SOBRE EL SER HUMANO

Los mecanismos de regulación calórica interna del cuerpo humano tratan de mantener en el cuerpo una temperatura constante de cerca de 37 ºC. Es normal que el cuerpo pierda constantemente calor a través de los pulmones y la piel, pero hay veces que la persona necesita perder más calor para mantener esa temperatura constante, debido a que el cuerpo produce más calor motivado por la producción de calor en el ambiente; esta pérdida tiene lugar también en los mecanismos calóricos del organismo.

Este fenómeno obliga al estudio de las fuentes que producen calor y la respuesta y comportamiento humano, entre las fuentes de calor están: procesos y partes de procesos productivos, maquinarias, hornos y otros.

Efectos Psicológicos

Las reacciones psicológicas a una exposición prolongada al calor excesivo incluyen irritabilidad aumentada, laxitud, disminución de la moral, ansiedad e inhabilidad para concentrarse. Estos resultados se ven reflejados en una disminución general de la eficiencia en la producción y en la calidad del producto terminado.

Efectos Físicos

Las reacciones físicas a una exposición prolongada de calor excesivo incluyen calambres, agotamiento y golpes de calor.

- ***Calambres de Calor***

  Pueden presentarse después de una exposición prolongada al calor, seguida por una transpiración profusa con la consiguiente pérdida de grandes cantidades de sal. Los signos y síntomas de los calambres de calor consisten en espasmos y dolores de los músculos del abdomen y de las extremidades.

- ***Agotamiento por Calor***

  Puede ser la consecuencia del esfuerzo físico en un ambiente caliente donde las funciones fisiológicas son inadecuadas para efectuar el equilibrio necesario que evite dicha fatiga. Los signos del agotamiento por calor pueden incluir laxitud, vértigos, síncopes, transpiración profusa y piel húmeda y fría.

- ***Golpe de Calor (Insolación)***

  Esta es una condición mucho más seria que los calambres o el agotamiento por calor, un factor que lo favorece en forma importante es el ejercicio físico en exceso. Los signos y síntomas pueden incluir vértigos, náuseas, grandes dolores de cabeza, piel caliente y seca, temperatura del cuerpo muy alta, a menudo 42,2ºC, coma y muerte.

METABOLISMO

El metabolismo es el conjunto de procesos y transformaciones químicas a través de las cuales se renuevan las diversas sustancias del organismo. Se activa después de la digestión, y se basa en la reabsorción y la transformación de las sustancias alimenticias. El metabolismo tiene dos componentes.

- Anabolismo, (creación de sustancias) que es el proceso de síntesis por el que se elaboran sustancias indispensables para el funcionamiento del organismo, y que necesitan ser renovadas continuamente;

- Catabolismo, (destrucción de sustancias) en el que se produce energía - calorías - mediante la rotura o fraccionamiento de otras sustancias. Durante el metabolismo, el organismo desprende una

cantidad variable de energía. La cantidad mínima de energía que necesita el organismo en reposo, por el sólo hecho de estar vivo

RITMO METABÓLICO

El cuerpo humano utiliza energía para ciertas actividades esenciales aun en reposo. La primera categoría de gasto calórico lo constituyen las funciones básicas tales como la respiración, los latidos cardiacos, la circulación, la actividad de los nervios y músculos, y la temperatura basal. Como actúan 24 horas al día, aún mientras se duerme, este ritmo metabólico se denomina Ritmo Metabólico en Reposo y constituye entre el 60 al 75% del Ritmo Metabólico Total. Los músculos constituyen el 22 %.

Reflexión
¿Cómo es la Ventilación el lugar en el que trabajo? ¿O mi propio hogar?

AMBIENTES CALIENTES Y FRÍOS

Material de apoyo:

Para avanzar en este contenido debes consultar el documento publicado como “Material complementario”

EVALUACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA. EQUIPOS

El Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo se determinará considerando las siguientes situaciones:

a.- Al aire libre con carga sola: TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS
b.- Al aire libre sin carga solar, o bajo techo: TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG

Correspondiendo:

TBH = Temperatura de bulbo húmedo natural, en °C

TG = Temperatura de globo, en °C

TBS = Temperatura de bulbo seco, en °C

VALORES LIMITES PERMISIBLES DEL INDICE TGBH EN °C			
	Carga de Trabajo según Costo Energético (M)		
Tipo de Trabajo	Liviana Inferior a 375 Kcal/h	Moderada 375 a 450 Kcal/h	Pesada Superior a 450 Kcal/h
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo 25% descanso, cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo 50% descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo 75% descanso, cada hora	32,2	31,1	30,0

Limite permisibles .D.S 594

La exposición ocupacional a calor debe calcularse como exposición ponderada en el tiempo según la siguiente ecuación:

$$\text{TGBH promedio} = \frac{(TGBH)1 \times t1 + (TGBH)2 \times t2 + \ldots\ldots + (TGBH)n \times tn}{t1 + t2 + \ldots\ldots\ldots + tn}$$

En la que (TGBH)1, (TGBH)2.....y (TGBH)n son los diferentes TGBH encontrados en las distintas áreas de trabajo y descanso en las que el trabajador permaneció durante la jornada laboral y, t1, t2....y tn son los tiempos en horas de permanencia en las respectivas áreas.

Para determinar la carga de trabajo se deberá calcular el costo energético ponderado en el tiempo, considerando la tabla de Costo Energético según tipo de Trabajo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{M energético} = \frac{M1 \times t1 + M2 \times t2 + \ldots\ldots\ldots + Mn \times tn}{t1 + t2 + \ldots\ldots + tn}$$

Siendo M1, M2....y Mn el costo energético para las diversas actividades y períodos de descanso del trabajador durante los períodos de tiempo t1, t2....y tn (en horas).

COSTO ENERGETICO SEGUN TIPO DE TRABAJO	
Sentado	90 Kcal/h
De pie	120 Kcal/h
Caminando (5 Km/h sin carga)	270 Kcal/h
Escribir a mano o a máquina	120 Kcal/h
Limpiar ventanas	220 kcal/h
Planchar	252 Kcal/h
Jardinería	336 kcal/h
Andar en bicicleta (16 km/h)	312 Kcal/h
Clavar con martillo(4,5 Kg. 15 golpes/minuto)	438 Kcal/h
Palear (10 veces/minuto)	468 Kcal/h
Aserrar madera (sierra de mano)	540 Kcal/h
Trabajo con hacha (35 golpes/minuto)	600 Kcal/h

Limite permisibles .D.S 594

MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO[1]

1. Chequear las baterías del instrumento (Si la batería tiene 6,4 voltios o menos, cámbiale o recárguela)
2. Calibrar el instrumento, lo cual se realiza de la siguiente manera
   - Conectar el calibrador al equipo.
   - Encender y verificar si las medidas no difieren en $^{+}/_{-}$ 0,5 ºC.
   - Apagar el monitor.

[1] http://www.ispch.cl/sites/default/files/D007-PR-500-02-001%20Protocolo%20Medici%C3%B3n%20Estres%20T%C3%A9rmico%20v1.pdf

3. Asegúrese de que la mecha del bulbo húmedo esté limpia.
4. Llenar con agua destilada el depósito del medidor de bulbo húmedo
5. Encender el monitor
6. Determine las zonas donde se realizarán las mediciones de acuerdo al trabajo desarrollado por el trabajador
7. Tomar las mediciones en las condiciones más desfavorables del trabajador y del ambiente, ubicándose en puntos tales que representen lo más aproximadamente posible, los puntos en que normalmente se ubica el sujeto en su faena
8. Si el trabajo se desarrolla de pie, colocar los sensores a 1,20 (m)
9. Si el trabajo se desarrolla sentado, colocar los sensores a 0,60 (m)
10. Las lecturas son válidas cuando el sensor de la temperatura de globo se estabilice por lo menos cada 20 – 30 minutos en diferentes zonas.
11. Utilice las teclas de flecha arriba/abajo para ver las mediciones deseadas.

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

UNIDAD II

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

En éste documento se revisarán los contenidos relacionados con la ventilación general por dilución, la protección para la salud, prevención de incendios y explosiones, aplicando cálculos y conceptos de caudales para la ventilación.

Los objetivos específicos a lograr son:

Identificar los tipos de ventilación industrial y los efectos dinámicos del aire circulando por ductos de diferentes geometrías.

Determinar los efectos de la ventilación en la protección del trabajador y de medios explosivos; así como las medidas de control a utilizar.

Para comenzar revise la siguiente vivencia……..

Un Seminario se realizaba en uno de los salones del Club de Golf de Santiago, en un ambiente bastante grato y de interés por los temas tratados.

Al finalizar, El Gerente General de Proyecto, llamado Louis De Ber, se paró frente al grupo y en un español algo incorrecto, pero fascinante, hizo el siguiente discurso de clausura: “Para mí - dijo en forma muy convincente - la Seguridad es un buen negocio. A mí me encanta la Seguridad y ahora que ustedes terminan este Seminario, espero que les encante tanto como a mí”.

Los escasos segundos que duró este discurso, es una extraordinaria síntesis de liderazgo en acción, en materia de Seguridad, ante quienes eran sus principales colaboradores.

¿No le parece a ustedes lo mismo?1

[1] “Re-pensando en la seguridad ”, Autor Samuel Chávez Donoso, Año de edición 2009

CONCEPTOS GENERALES

1. Ventilación general por dilución

Consiste en la dilución del aire contaminando con aire sin contaminar, con el objetivo de controlar riegos para la salud, riesgos de incendio y explosión, olores y contaminantes molestos. La ventilación por dilución también puede usarse para el control de contaminantes ambientales como partículas, gases y vapores que se generan, en el interior de lugares de trabajo.

La ventilación por dilución es menos eficiente que la extracción localizada para controlar los riesgos para la salud. Bajo ciertas condiciones, la ventilación por dilución proporciona un nivel de protección equivalente a la obtenida con la ventilación localizada y a un costo menor, pero debe ponerse atención en no considerar solamente la inversión inicial y olvidar el costo de funcionamiento, ya que la ventilación por dilución extrae usualmente cantidades importantes de calor cuya reposición puede incrementar el costo energético total en épocas de invierno.

La ventilación por dilución para el control de la sustancia química siempre es forzada o mecánica en el caso de estar frente a procesos químicos que no generan calor que se transfiere al ambiente de trabajo.[2]

A continuación se manifiesta una serie de conceptos que permiten aclarar las siguientes ideas utilizadas en este documento.

- **Ventilación:** es la acción de mover o dirigir el movimiento del aire para un determinado propósito
- **Dilución:** es el procedimiento que se sigue para disminuir la concentración de un contaminante a partir de una sustancia más concentrada.
- **Aire:** es la mezcla homogénea de gases que constituye la atmósfera terrestre. nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %), vapor de agua (0-7 %), y otras sustancias (1 %), como ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles (como kriptón y argón)
- **Contaminante:** son sustancia (solidad, liquidas o gaseosas) indeseable presente en el medio ambiente, generalmente con efectos peligrosos para la salud de los seres vivos.
- **Extracción:** proceso por el cual se saca o extrae una sustancia de un lugar determinado.

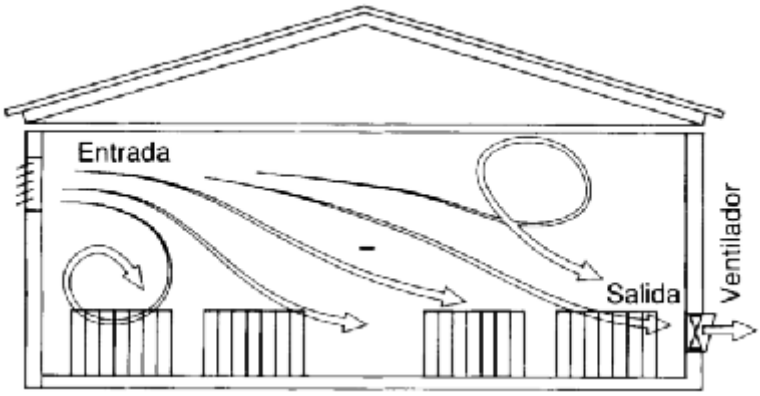
[2] http://www.fi.uba.ar/

Sistema general de ventilación por dilución.

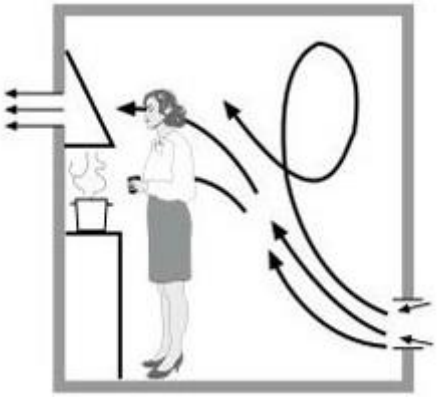
1. Elegir de la siguiente tabla los datos la cantidad de aire disponible para conseguir la dilución del contaminante.

PRODUCTO	M³ DE AIRE
Acetona	437
Acetato de etilo	1619
Acetato de metilo	1448
Alcohol etílico	411
Alcohol metílico	2923
Tolueno	2262
Xileno	1964

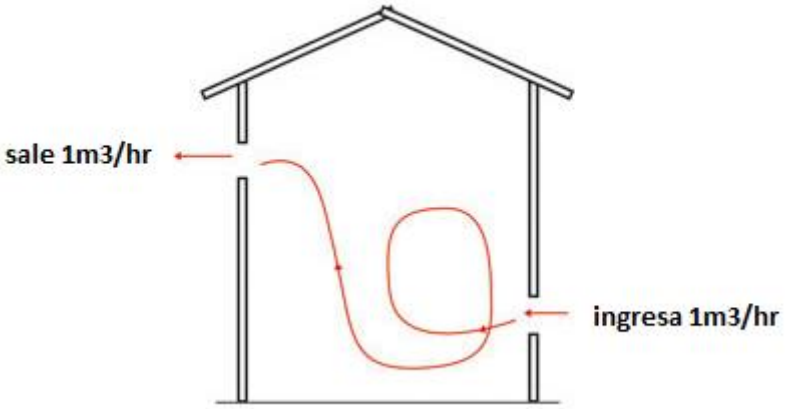
2. Situar los puntos de extracción cerca del foco del contaminante según el siguiente esquema.



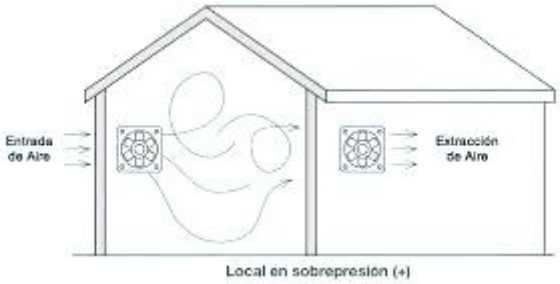
3. Situar los puntos de entrada y salida del aire de tal forma que el aire pase a través de la zona contaminada según el siguiente esquema.



4. Sustituir el aire extraído mediante un sistema de reposición del mismo.



5. Evitar que el aire extraído vuelva a entrar en el área.



2. Ventilación para la protección de la salud y para la prevención de incendios y explosiones

Protección de la salud.

Límite Permisible Ponderado: Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existente en los lugares de trabajo durante la jornada normal de 8 horas diarias, con un total de 48 horas semanales.[3]

Límite Permisible Temporal: Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos en los lugares de trabajo, medidas en un período de 15 minutos continuos dentro

[3] D.S 594 "Reglamento de condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo",1999

de la jornada de trabajo. Este límite no podrá ser excedido en ningún momento de la jornada.[4]

Límite Permisible Absoluto: Valor máximo permitido para las concentraciones ambientales de contaminantes químicos medida en cualquier momento de la jornada de trabajo[5]

Efecto Dosis

Concentración medida y/o ponderada: concentración de contaminante químico existente en el lugar de trabajo. Se mide en mg/m³, ppm o fibra/m³

Valor Permisible: concentración de contaminante químico permitido en el lugar de trabajo, según DS 594/99. Se mide en mg/m³, ppm o fibra/m³

$$DOSIS = \frac{concentración\ medida}{valor\ permisible}$$

Valor de dosis mayor a la unidad: existe riesgo de exposición.

Valor de dosis igual y/o inferior a la unidad: no existe probabilidad de riesgo de exposición.

Mezcla de sustancias

[4] D.S 594 "Reglamento de condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo",1999
[5] D.S 594 "Reglamento de condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo",1999

Cálculo Mezcla Efecto Aditivo

EJEMPLO.

Calcular la concentración de la mezcla para efectos aditivos, del tolueno y xileno, la concentración medida de la muestra es: tolueno 150 mg/m³ y el xileno 347 mg/m³ en una jornada laboral de 8 hrs

Del d.s 594 tenemos: tolueno 150 mg/m³ y el xileno 347 mg/m³

$$\text{Dosis} = \frac{150}{150} + \frac{347}{347} = 2.0$$

valor de dosis mayor a uno (1) existe riesgo de EXPOSICIÓN

EJEMPLO.

Utiliza el DS 594/99 para obtener los LÍMITES permisibles.

1) Una empresa minera efectuó una evaluación ambiental de polvo (túneles) determinándose una concentración de sílice cristalizada tierra de Trípoli de 0,09 mg/m3. La jornada de trabajo semanal es de 50 horas: La mina se encuentra a una altura mayor de 1000 metros, presión equivalente a 600 mm de Hg.

   Determinar la Dosis.

   LPP: 0.08 mg/m3 (48 horas), Art. 66., ds 594

$$Fj = \frac{48}{h}\ x\ \frac{168-h}{120}$$

$$Fj = \frac{48}{50}\ x\ \frac{168-50}{120}$$

Fj = 0,96 X 0,98

Fj = 0.94

$$Fa = \frac{p}{760}$$

$$Fa = \frac{600}{760}$$

Fa = 0.789

$$DOSIS = \frac{CA}{LPP\ CORREGIDO}$$

LPP corregido = LPP x Fj x Fa
LPP corregido = 0.08 x 0.94 x 0.789 = 0.059

$$DOSIS = \frac{0.09}{0.059}$$

$$DOSIS = 1.525$$

Dosis > 1 = peligroso
deben tomarse medidas de control

2) En una planta de tratamiento se evaluó la labor de pegado de planchas, determinándose las siguientes sustancias y sus respectivas concentraciones en ppm:

*Tolueno : 60
*Varsol : 300
*Metil Etil Cetona : 100
*Nafta liviana : 200
Jornada semanal trabajo: 60 horas

LPP expresado en ppm, Art. 66 DS Nº 594

- Tolueno : 80
- Varsol : 240
- Metil Etil Cetona : 160
- Nafta liviana : 400

$$Fj = \frac{48}{60}\ x\ \frac{168 - 60}{120}$$

$$Fj = 0.72$$

Nuevo LPP = LPP (art. 66) x Fj

- Tolueno : 57.60
- Varsol : 172.80
- Metil Etil Cetona : 115.20
- Nafta liviana : 288.00

$$DOSIS = \frac{CA}{LPP\ CORREGIDO}$$

Dosis Tolueno	=	60 / 57.60	= 1.041
Dosis Varsol	=	300 / 172.80	= 1.736
Dosis M.E.C.	=	100 / 115.30	= 0.868
Nafta liviana	=	200 / 288	= 0.694
DOSIS TOTAL			4.339 > 1

Riesgo = Dosis > 1 = Peligroso

3) Trabajadores laboran en una faena minera ubicada a 1.000 metros de altura; la jornada de trabajo es de 07.00 a 17.00 de lunes a viernes. Con 1 hora de colación.

Sustancias:

- Yodo : 0,04 mg/m3
- Hidróxido de sodio : 0.85 mg/m3.

$$DOSIS = \frac{CA}{LPA}$$

Yodo (0,04 / 1) = 0,04

Hidróxido de sodio (0,85 / 2) = 0,425

DOSIS = 0,465 < 1 (es CONVENIENTE mantener control)

Protección para la prevención de incendio y explosión

La ventilación por dilución es reducir la concentración de vapor en el interior de un recipiente hasta los valores limites inferior de inflamabilidad (LII) detallado en las hojas de seguridad de cada producto. Como ejemplo se utiliza el xileno cuyo LPP según D.S. 594 Art. 66 es 80 ppm, el LII del xileno es 1% es decir 8000 ppm (80 x 100) para que una mezcla de aire y xileno sea segura contra incendio y explosión ha de ser mantenida por debajo del 25% del LII, es decir, 2000 ppm.

3. Determinación de los caudales necesarios para ventilación general por dilución

El flujo volumétrico, habitualmente denominado CAUDAL, se define como el volumen o cantidad de aire que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo:[6]

$$\boldsymbol{Q = A\ x\ V}$$

[6] www.fi.uba.ar

Donde:

- Q es caudal m³/s
- V es velocidad media m/s
- A es área de la sección m²

Ejemplo:

Por un tubo circula aire a una velocidad media de 2.5 m/s y el área de la tubería es 0.19 m²

$$\boldsymbol{Q = A\ x\ V}$$

$$Q = 0.19\ m^2\ x\ 2.5\ m/s$$

$$Q = 0.48\ m^3/s$$

Calculo de la ventilación por dilución en condiciones de concentración estacionaria[7]

Se expresa mediante la ecuación de balance de materia:

$$\boldsymbol{Q' = \frac{G}{C}}$$

Donde:

- Q` es el caudal de aire sin contaminar que se requiere para mantener la concentración ambiental de una sustancia toxica a un nivel aceptable.
- G es velocidad de generación
- C es concentración aceptable

$$\boldsymbol{G = \frac{24\ x\ 10^6 x\ D\ x\ E}{M}}$$

Donde:

- G es velocidad de generación (m³/h)
- D es densidad relativa del disolvente
- E es velocidad de evaporación del disolvente
- M es peso molecular del disolvente

[7] www.fi.uba.ar

Por lo tanto $Q' = \frac{G}{C}$

$$\boldsymbol{Q` = \frac{24\ x\ 10^6 x\ D\ x\ E}{M\ x\ C}}$$

Recordado que C es el LPP del Decreto Supremo 594 art 66

Ejemplo:

Un deposito contiene alcohol isopropilico, se evapora a una velocidad de 0.71 litros por hora, su LPP es 280 ppm, su densidad relativa es 0.78, su peso molecular es 128.8

$$Q` = \frac{24\ x\ 10^6 x\ 0.78\ x\ 0.71}{128.8\ x\ 280}$$

$$Q` = 369\ m^3/h$$

Ecuación de la cantidad de aire necesaria para lograr la dilución por debajo del LII (limites inferior de inflamabilidad), sustituyendo el LPP por el LII[8]

$$\boldsymbol{Q` = \frac{24000\ x\ l\ x\ D\ x\ E}{M\ x\ LII\ x\ B}}$$

Donde:

- L es la cantidad de producto en litros
- D es densidad relativa del disolvente
- E es velocidad de evaporación del disolvente
- M es peso molecular del disolvente
- LII es límite inferior de inflamabilidad
- B es constante tomando igual a la unidad para temperatura hasta 120ºc y 0,7 cuando la temperatura es superior a 120ºc

[8] www.fi.uba.ar

Ejemplo:

Un taller se utiliza tolueno en sus procesos a una temperatura de 180ºc, con una cantidad de 0.8 litros ¿Qué caudal de ventilación será necesario para diluir la concentración de vapor del tolueno en el interior del taller, hasta un valor seguro en todo momento?

Para el tolueno, LII 7%, D 0.87, M 92.13, B 0.7, E 1.9

$$Q` = \frac{24000\ x\ 0.8\ x\ 0.87\ x\ 1.9}{92.13\ x\ 7\ x\ 0.7}$$

$$Q` = 70.30\ m^3/h$$

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

UNIDAD II

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

En adelante se profundizará en los contenidos relacionados con la extracción localizada, campanas, ductos, métodos de medición por diferentes ductos y cálculo de velocidad y sistema de caída de presión y manejo de gases..

CONCEPTOS GENERALES

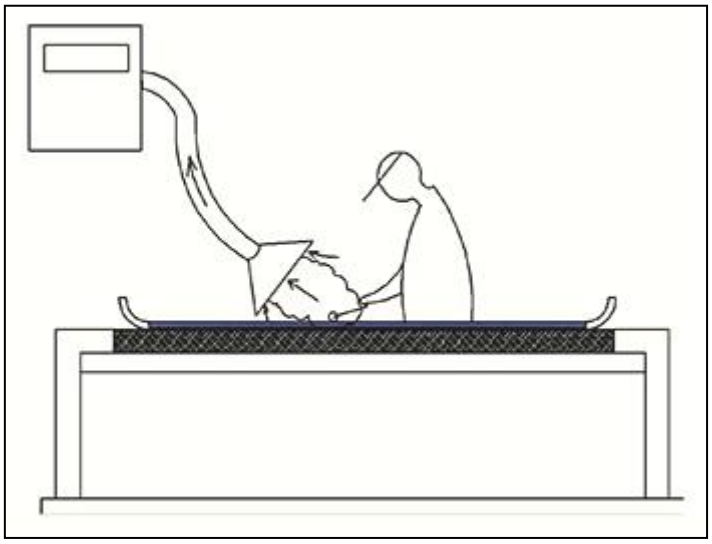
1. Extracción Localizada.

La ventilación localizada produce corrientes de aire que eliminan los contaminantes de la zona de trabajo en la que se desenvuelve los trabajadores, para evitar enfermedades profesionales y que se introduzcan contaminantes químicos en su organismo provocando alteración a la salud.

Los tipos de ventilación son la ventilación general y la localizada. En algunos casos, el propósito de la ventilación es extraer el aire contaminado, por lo que se denomina extracción; en otros, la ventilación pretende cambiar el aire viciado por aire puro, por lo que estos sistemas se denominan de recirculación de aire.

La extracción localizada capta el contaminante en su lugar de origen o fuente antes de que pueda pasar al ambiente de trabajo y afectar al trabajador. La mayor ventaja del método respecto a la ventilación general es su menor requerimiento de aire y que no contribuye a esparcir el contaminante.

Los dos requisitos básicos que debe reunir son: que el foco de contaminación se encuentre lo más encerrado posible y la creación de una velocidad adecuada del aire próximo al foco de generación, para asegurar que se establezca una corriente hacia la campana.



Un sistema de extracción localizada consta de:

- Campana: Una campana es una estructura diseñada para encerrar total o parcialmente una operación generadora de un contaminante. Es un punto de entrada de aire contaminado al sistema.

El valor de una instalación será nulo si el contaminante no es captado y arrastrado dentro de la campana. El término campana se usa en sentido general, comprendiendo todas las aberturas por las que se produce succión sin considerar sus formas.

Fuente: www.globalairperu.com

- Conducto: El conducto en un sistema de extracción localizada es el lugar por donde se traslada el aire contaminado desde la campana, que se encuentra junto al foco contaminante, al punto en que se ha ubicado el separador y la descarga. En los conductos es importante presente los siguientes aspectos:

En la extracción de polvo, la velocidad del conducto debe ser lo bastante alta para evitar que el polvo sedimente y atasque la tubería.

Para la extracción de gases y vapores la velocidad en el conducto se obtendrá de un balance económico entre el costo del conducto y el ventilador y los costos del motor y la potencia del mismo.

En la localización y construcción del conducto deben estar previstos los medios de protección necesarios para evitar la corrosión, con objeto de aumentar la vida del sistema de extracción.

FUENTE: www.preciolandia.com

• Separador: El objeto de los separadores o purificadores es recoger el contaminante del aire antes de que éste vuelva a la atmósfera. Un dispositivo separador de aire adecuado debería formar parte de todo sistema de extracción.
En algunas ocasiones el material recogido en los separadores representa algún valor económico pero no es el caso más frecuente.
Los separadores pueden ser de muy diversos tipos, según la técnica empleada y le contaminante que debe separarse.

FUENTE: www.begamaquinaria.com

• Ventilador: Los ventiladores son los dispositivos que suministran energía al sistema para el movimiento del aire en el interior del mismo. Siempre que sea posible, el ventilador se colocará después del separador, con objeto de que por él pase aire limpio y así evitar el deterioro del mismo por erosión de partículas o corrosión de las diversas sustancias.

FUENTE: http://airtech.com.mx/

2. Campanas.

La eficacia de una campana depende básicamente de su capacidad para generar la capitación del contaminantes desde el foco de emisión generando velocidades superiores a la del aire de las corrientes externas, disminuyendo que contrasten el efecto de succión del contaminante a las corrientes ya existentes en la zona; dichas corrientes son, en general, provocadas por el proceso contaminante o están estrechamente ligadas a él.

Lo principios básicos a considerar en el diseño de una extracción localizada son:

Encerrar la fuente emisora de contaminante tanto como sea posible, ya que el caudal de aire a extraer será tanto menor cuanto más encerrado quede el foco contaminante en el interior de la campana. Por consiguiente el diseño geométrico de una campana deberá siempre perseguir el objetivo de encerrar al máximo el proceso en su interior, teniendo siempre presente las necesidades de un acceso adecuado al proceso que se realiza por el trabajador.

Capturar el contaminante con velocidad adecuada. La velocidad del aire a través de todas las aberturas de la campana debe ser lo bastante alta como para captar el contaminante. La importancia de la velocidad óptima de control y captura es uno de los puntos fundamentales en el diseño de este tipo de campanas.

Extracción del contaminante fuera de la zona de respiración del operario. Las campanas deben situarse con respecto al foco contaminante, de tal forma que el flujo de aire se desplace del operario a la fuente del contaminante, para evitar que el operario respire aire contaminando.

Suministro adecuado de aire. Todo el volumen de aire extraído debe ser reemplazado para no originar una depresión. Sin una constante reposición de aire adecuado, un sistema de extracción localizada no puede trabajar con el rendimiento esperado.

Descarga del aire extraído lejos del punto de reposición, ya que todo el efecto de una extracción localizada puede malograrse por una recirculación hacia el interior del aire contaminando expulsado.

Proveer una adecuada velocidad de transporte para las partículas. El transporte de material particulado debe realizarse a una velocidad de aproximadamente 18 a 20 m/s, para evitar la deposición de partículas en los conductos. El transporte de gases o vapores pude realizase a velocidades inferiores.

Igualar la distribución del flujo del aire a todo lo largo de las aberturas de campana.

2.1 Tipos de campanas y aplicaciones

En general se denominan campanas a todos los tipos de aberturas por donde penetra el aire a los conductos. Las campanas pueden ser clasificadas en los siguientes grupos:

Campanas de techo: Son las más conocidas. Consiste en una bóveda situada por encima del lugar de trabajo. Este tipo de campana no se utiliza cuando el material es tóxico y el operario debe inclinarse sobre el tanque o proceso generador del contaminante. Cuando hay corrientes transversales pude ser necesario colocar pantallas en los costados.

Cabinas: suelen tener, aunque no siempre, un gran hueco, de forma que parte de la operación contaminante pude efectuarse dentro de la campana. El aire generalmente circula horizontalmente en lugar de vertical.

Campana de rejilla lateral: Es similar a la cabina pero el hueco es más pequeño. Se trabaja, por lo general, enfrente de la campana y de forma que el aire que penetra en la misma circula por encima de donde se está trabajando.

Campana de aire descendente. El aire circula hacia abajo. Su empleo es limitado ya que cualquier corriente ascendente o transversal tiene un efecto adverso sobre la penetración del contaminante de las aberturas.

Campana extractora alargada: Es simplemente una campana de rejilla lateral, en la cual la relación lado mayo a menor es más grande. Como ejemplo, las bocas de aspiración de los baño.

3. Conductos.

Una vez que el aire contaminado ha sido arrastrado dentro de la campana, los conductos se encargan de llevar a un separador al exterior. Cuando ese aire pasa por cualquier conducto debe vencerse la resistencia originada por la fricción y, por lo tanto, hay que gastar energía. La magnitud de esta pérdida por fricción tiene que ser calculada antes que el sistema está instalado, con el objeto de elegir el ventilador más adecuado.

El flujo, en un conducto de extracción localizada, es, en la práctica, siempre turbulento, por lo que la velocidad no es constante, sino que oscila alrededor de su valor medio (velocidad máxima y velocidad mínima).

Los conductos de un sistema de extracción localizada deben diseñarse teniendo presente los siguientes puntos:

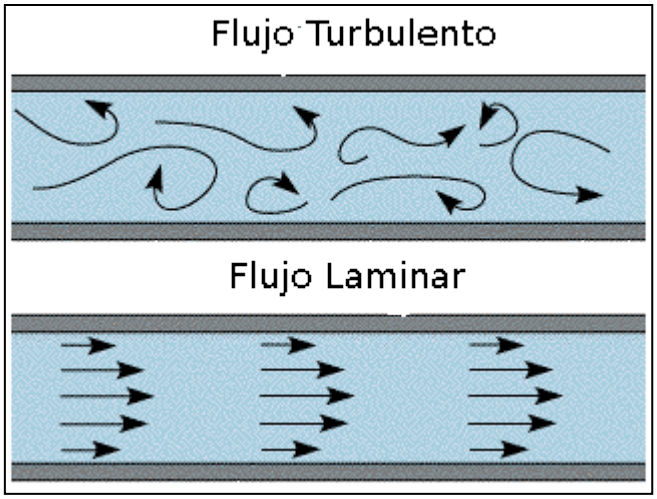
- Conseguir el mínimo consumo de fuerza motriz (disminuyendo la pérdida de carga).

- Mantener la velocidad de transporte necesaria para que el contaminante no se deposite y tapone el conducto. Mantener el sistema equilibrado en todo momento

4. Métodos de medición por diferentes ductos

La medición de la velocidad en un sistema exige una serie de condiciones del punto de medida que es necesario describir detalladamente (que sea accesible, en un tramo de conducto recto, sin turbulencias, etc); en caso contrario, se obtendrían resultados erróneos. Las medidas pueden llevarse a cabo de dos formas diferenciadas en cuanto a los instrumentos utilizados, aunque similares en cuanto a su fundamento teórico: con un tubo de Pitot o bien con equipos de medida directa de la velocidad.

Un gas puede presentar dos tipos de régimen cuando circula por un conducto, determinado por el valor del número de Reynolds.



Fuente: http://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/flujo-laminar-y-flujo-turbulento

Materiales de apoyo

En el siguiente link encontraras conceptos del número de Reynolds.

https://www.youtube.com/watch?v=fuxKfDlbYZo

Para valores de Re inferiores a 2000, el régimen de flujo es laminar, mientras que para valores superiores a 4000 es turbulento, existiendo una zona intermedia. En los sistemas de extracción localizada el régimen de trabajo es turbulento incluso a velocidades muy bajas.

El régimen turbulento muestra una mayor homogeneidad de velocidades a lo largo de la sección de un conducto, por lo que el error que se comete al tomar la velocidad en un solo punto como la velocidad media del fluido es menor que el error que se produciría en régimen laminar.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los perfiles de velocidad se ven deformados por la existencia de elementos que modifiquen la sección (diámetro) y la dirección del flujo, como por ejemplo codos, uniones, válvulas, etc. Por ello, e independientemente del tipo de régimen, es importante que el punto de medida se seleccione a una distancia suficiente de cualquier perturbación. La recomendación general es medir, como mínimo, varias mediciones en la misma sección de conducto para obtener la velocidad media.

4.1 Instrumentos de medición de la velocidad

Existe gran variedad de instrumentos (denominados anemómetros o velómetros) para medir directamente la velocidad del aire en un sistema de extracción localizada.

4.2 Termoanemómetros

El fundamento de un térmoanemómetro consiste en medir el enfriamiento de un componente metálico caliente (alambre o bola) por efecto de la corriente de aire que circula a través del conducto. Hay dos tipos de sensores de flujo másico de convección térmica: los que operan a potencia constante, y los que lo hacen a temperatura constante.

Los primeros están integrados por dos sensores másicos de caudal de convección térmica; uno de ellos está caliente y el otro a temperatura ambiente. La diferencia de temperatura (medida como voltaje o intensidad de corriente) es una magnitud directamente proporcional a la velocidad (y caudal) del fluido.

Los sensores que operan a temperatura constante disponen además de un regulador que mantiene la temperatura. En este caso se mide la corriente requerida para mantener esta temperatura, siendo también proporcional a la velocidad del fluido.

La mayoría de los termoanemómetros usan el primer sistema porque muestra tiempos de respuesta menores (alrededor de 5 segundos), tienen una línea de base más estable y un rango de temperaturas de trabajo más amplio.

En cuanto a la posición dentro del conducto es importante evitar las turbulencias, que pueden rendir resultados por exceso.

FUENTE: http://www.tme.eu

4.3 Velómetros de álabes rotativos

Los velómetros de alabes rotativos están basados en la medición de las revoluciones por minuto del molinete, siendo este valor proporcional a la velocidad del fluido que circula por el conducto. La señal puede medirse con un reloj (velómetros mecánicos) o bien translucirse a una señal eléctrica. En este caso deben utilizarse instrumentos intrínsecamente seguros cuando las mediciones se realizan en atmósferas inflamables. Existen velómetros de distintos diámetros. Es obvio que los de mayor tamaño no son adecuados para mediciones dentro de los conductos ya que requerirían orificios demasiados grandes. En este caso, su utilidad se pone de manifiesto para medidas en boca de campana o a la descarga del sistema.
En general, las sondas de molinete pierden precisión por debajo de 0,25 m/s, lo que no significa un problema para su uso en mediciones en sistemas de extracción localizada pero sí para mediciones ambientales.
Calibración de los instrumentos

El manual de instrucciones de los instrumentos indica sus especificaciones acerca del rango de linealidad, exactitud, precisión, etc.
Estas magnitudes han sido determinadas mediante pruebas estandarizadas para cada tipo de instrumento.
Es de gran importancia prever un programa de mantenimiento y calibración. El mismo manual indica normalmente la frecuencia recomendada para asegurar que las especificaciones se mantienen y el instrumento proporciona lecturas correctas. Es habitual que el propio suministrador ofrezca dicho servicio.

También existen en el mercado túneles de viento de dimensiones reducidas que permiten al usuario calibrar sus propios instrumentos.

FUENTE: http://www.technometrik.com

4.4 Criterios para la selección de los instrumentos

La selección de cualquier instrumento de medida es función del grado de adecuación de sus especificaciones a las necesidades de la medición. Así, debe determinarse el rango de aplicación o campo nominal, sensibilidad, umbral de detección o discriminación, estabilidad, repetitividad, exactitud, incertidumbre de medida y linealidad. La elección del instrumento está basada en un compromiso entre las anteriores características, siendo algunas de ellas principales y otras secundarias. Asimismo, intervienen condiciones específicas del conducto

La primera variable a considerar para seleccionar el instrumento adecuado cuando se afronta el problema de la medida del caudal en conductos es el rango de velocidades al que se estima que circula el fluido.[1]

Rango de velocidades (4) (m/s)	Tipo de contaminantes
0 a 10	Vapores, gases, humos de combustión.
10 a 15	Humos de soldadura, polvos extremadamente finos
> 15	Resto de polvos más gruesos

(4) En la práctica no se utilizan velocidades superiores a 25 m/s en sistemas de extracción localizada.

[1] NTP 668: Medición del caudal en sistemas de extracción localizada

5. calculo de velocidades y sistema de caídas de presión y manejo de los gases

Todos los sistemas de extracción localizada, simples o complejos, emplean campanas de captación, un conjunto de conductos y accesorios, un sistema de tratamiento o depuración y el ventilador. Se debe recordar que un sistema complejo de extracción localizada es un conjunto de sistemas simples unidos a un conducto común.

Se debe:
1) Diseñar las campanas de captación de acuerdo a la operación a controlar y calcular el caudal de diseño.
2) Establecer la velocidad mínima en los conductos de acuerdo a las velocidades de transporte.
3) Calcular la sección del conducto dividiendo el caudal de diseño por la velocidad mínima.
4) Determinar, a partir del esquema del trazado de la red de conductos, la longitud de cada tramo recto y el número y tipo de codos y empalmes necesarios. Un tramo de conducto recto se lo define como un conducto de dimensiones generalmente uniformes, que une dos puntos de interés, como campanas con codos o empalmes, codos o empalmes entre sí, codo o empalme con ventilador, etc. La longitud del tramo recto a considerar en el diseño es la dimensión medida sobre el eje del conducto.

5.1 Cálculo de las dimensiones de los conductos

Los caudales a ser aspirados por cada una de las campanas conectadas a los conductos, se conocen a partir de las expresiones de cálculo de caudales de las campanas.

La ecuación de continuidad del caudal volumétrico se expresa como:

$$\boldsymbol{Q = V \times A \ (m^3/s)}$$

Donde:
Q : caudal de aire volumétrico en (m^3/s).
V : velocidad del aire en el conducto en (m/s).
A : área de la sección del conducto en (m^2).

Cuando se conoce el caudal y el área del conducto, la expresión resultante, a partir de:

$$\boldsymbol{V = Q \times A \ (m/s)}$$

En los SISTEMAS DE VENTILACIÓN LOCALIZADA POR EXTRACTOR (SVLE) se eligen conductos circulares, salvo razones de fuerza mayor, en lugar de conductos rectangulares debido a que:

a) Producen menores pérdidas por fricción pues la sección circular es la que presenta menor perímetro a igualdad de área.

b) No se requiere ocupar espacios reducidos como en el caso de los conductos rectangulares de aire acondicionado que se instalan en los edificios.

c) Presentan mayor resistencia mecánica a la deformación cuando su presión interna es menor que la presión atmosférica.

d) Tienen una distribución de velocidades más uniforme en su sección que la distribución correspondiente a conductos rectangulares, pues las velocidades en sus ángulos inferiores son prácticamente nulas. Así se logra transportar a las partículas en suspensión hasta el equipo de tratamiento, evitando que se depositen en los conductos y los obturen, cuando la velocidad es seleccionada de manera adecuada. Esta velocidad es denominada velocidad de transporte.

Por lo tanto, para conductos circulares, la ecuación resulta ser:

$$D = \left[\frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V}\right]^{½}$$

Cuando se conoce el caudal y el diámetro del conducto circular, la ecuación se transforma en:

$$V = \frac{Q}{\left[\frac{\pi}{4} \times D\right]}$$

A partir de aquí, salvo referencia en contrario, se considerará el empleo de conductos circulares en los casos que se analicen.

5.2 Criterios de selección de la velocidad del aire en los conductos

La selección de una velocidad dentro de un conducto depende de las características de los contaminantes captados en la campana de aspiración.

a) Cuando se trata de polvos se debe seleccionar una velocidad mínima adecuada para su transporte. Se denomina velocidad de transporte o de diseño a aquélla que permite que los polvos lleguen a los equipos de tratamiento y no sedimenten en los conductos, lo que provocaría su obturación. Las velocidades de transporte en los conductos no deben superar los 30 m/s debido a que:

a.1) Se incrementan las pérdidas de carga, aumentando la potencia requerida para la circulación del aire.

a.2) Se incrementa la acción abrasiva de los polvos, que depende de sus características, aumentando el desgaste de los conductos y sus accesorios, incrementando los gastos de mantenimiento del sistema de ventilación.

a.3) Se incrementa el ruido producido por el aire y los polvos que éste transporta.

a.4) Se incrementan las vibraciones de los conductos, obligando a una sujeción de los mismos más costosa.

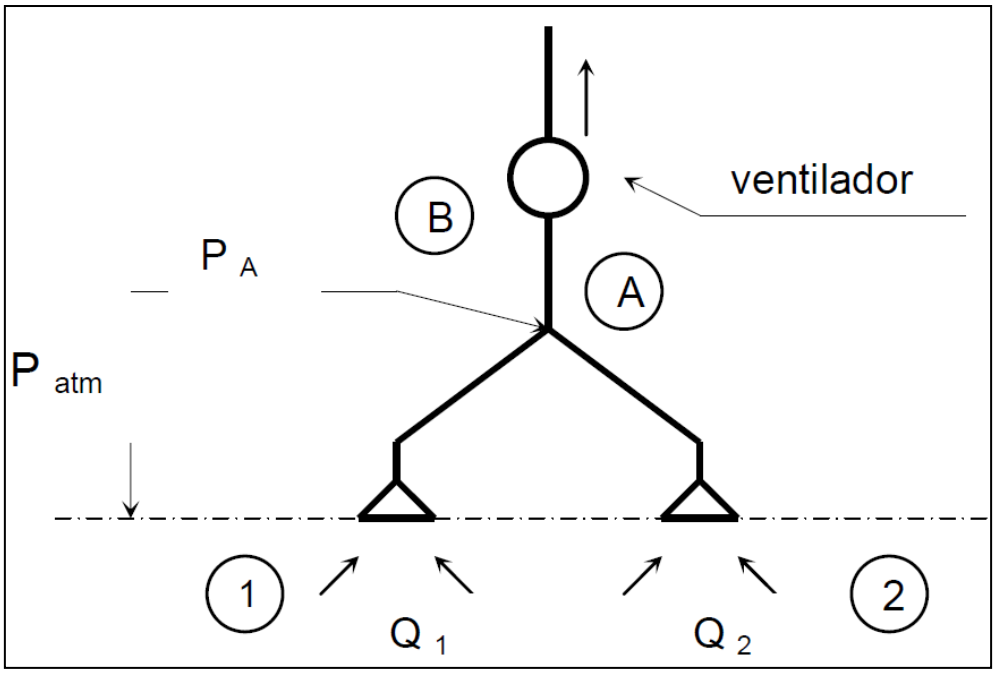
b) En el caso de tratarse de gases o vapores, estos se diluyen en el aire y la velocidad de diseño, que se obtiene a través de un cálculo económico, suele estimarse entre 5 y 10 m / s. Este rango depende de la estructura de costos de los diferentes países para los materiales, la energía, los ventiladores y los motores eléctricos.

b.1) Cuando la velocidad aumenta, a igual caudal, disminuye la sección y se incrementan las pérdidas en los conductos, en tanto que disminuyen los costos de instalación por ser las cañerías de menor tamaño.

b.2) Cuando la velocidad disminuye, aumenta la sección de la cañería, disminuyen-do las caídas de presión, y aumentando los costos de la instalación.

Funcionamiento de un sistema de ventilación localizado por extracción

Se tiene un sistema constituido por dos campanas 1 y 2, con sus respectivos conductos que concurren a un empalme, que se denomina nudo, y que aspiran los caudales Q 1 y Q 2 mediante un ventilador ubicado al final del tramo A-B según lo indicado en el siguiente Esquema. Se considera conveniente para minimizar las pérdidas, que a cada nudo concurran solo dos tramos, denominados ramales, y salga un tercer conducto, denominado troncal.



Como las campanas están conectadas al ambiente, la presión existente en el frente cada una de ellas es igual a la presión atmosférica (P atm). La presión ejercida en el nudo A la denominamos P A . La caída de presión que se produce a lo largo del tramo 1-A es:

$$\Delta P_{(1-A)} = P_{(atm)} - P_A$$

y la caída de presión a lo largo del tramo 2- A es:

$$\Delta P_{(2-A)} = P_{(atm)} - P_A$$

Comparando las ecuaciones se concluye que:

En un sistema de ventilación localizado por extracción en funcionamiento, para todos los caminos, que comienzan en distintas campanas y terminan en un mismo nudo, la caída de presión estática es siempre la misma.

En la práctica siempre se produce lo que se denomina “equilibrio de la presión estática en cada nudo”, que determina que el caudal total de aire aspirado ventilador
Por el ventilador se distribuya de forma automática entre los diferentes tramos, de acuerdo a las resistencias que presentan cada uno de ellos.
El objetivo de un sistema de ventilación localizado por extracción es lograr que en cada campana se aspire un caudal de aire que, como mínimo, sea igual al caudal de aspiración de diseño, y que ha sido calculado en la etapa correspondiente al diseño de las campanas de captación cumpliendo de esa forma con el objetivo primordial de la protección a la salud.

6. Calculo de sistema de ventilación localizada.

1. Determinar el tramo de evaluación

2. Determinar el caudal

$$Q = V \times A$$

3. Determinar el diámetro del ducto

4. Determinar el área del ducto según siguiente tabla.

DIAM IN INCHES	AREA SQUARE FEET	DIAM IN INCHES	AREA SQUARE FEET
1	0,054	12	0,7854
1 1/2	0,0123	13	0,9218
2	0,0218	14	1,069
2 1/2	0,0341	15	1,227
3	0,0481	16	1,396
3 1/2	0,0668	17	1,576
4	0,0873	18	1,576
4 1/2	0,1105	19	1,767
5	0,1364	20	1,969
5 1/2	0,65	21	2,182
6	0,1964	22	2,405
6 1/2	0,2305	23	2,64
7	0,2673	24	2,885
7 1/2	0,3068	25	3,142
8	0,3491	26	3,409
8 1/2	0,394	27	3,976
9	0,4418	28	4,276
9 1/2	0,4923	29	4,587
10	0,5454	30	4,909
11	0,66	31	5,241

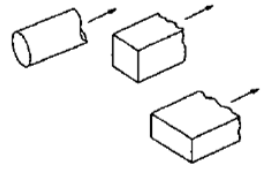
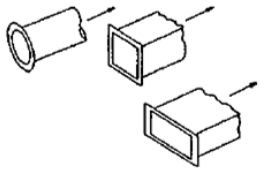
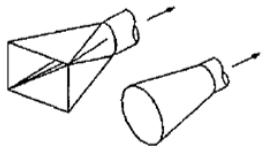
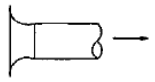
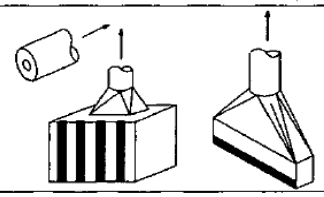
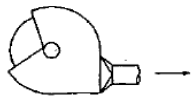
5. Determinar la velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

6. Determinar la presión cinética según la siguiente fórmula:

$$P\ CINET = \left[\frac{velocidad}{4005}\right]^2$$

7. Determinar el coeficiente de resistencia en la entrada del sistema

TIPO DE CAMPANA	DESCRIPCIÓN	FACTOR DE PÉRDIDAS EN LA ENTRADA A LA CAMPANA (F_c)
	ABERTURA SENCILLA	0,93
	ABERTURA SENCILLA CON PESTAÑA	0,49
	CAMPANA EN CONO O CON ADAPTADOR	VER FIGURA 5-15
	ENTRADA CAMPANA REDONDEADA	0,04
	ORIFICIO (RENDIJAS)	VER FIGURA 5-15
	CAMPANA TÍPICA PARA DESBARBADO	(SALIDA RECTA) 0,65 (SALIDA CON ADAPTACIÓN) 0,40

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS	*FACTOR DE PÉRDIDAS EN CAMPANAS*	
	FECHA 7–89	FIGURA 3–15

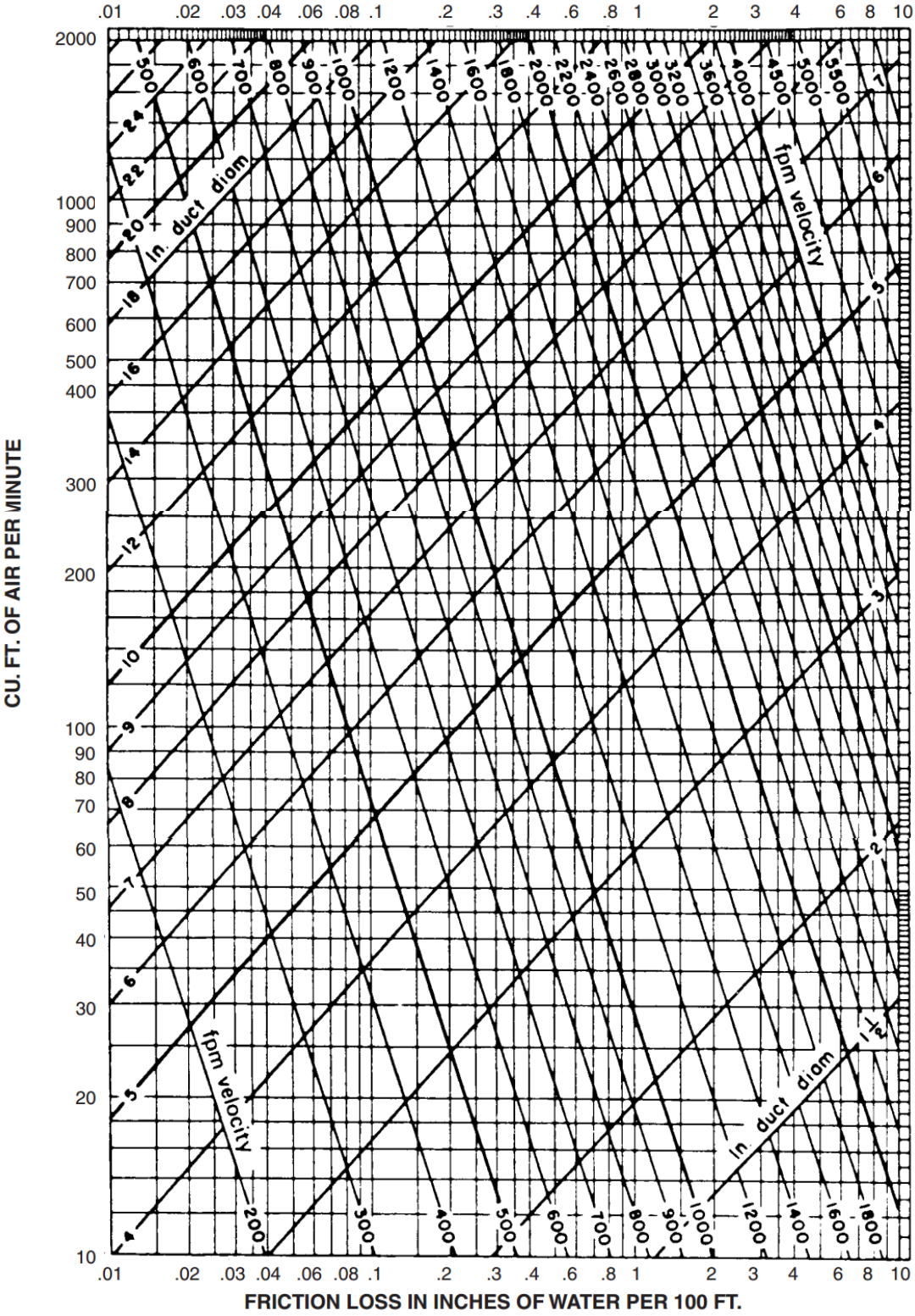
8. Determinar la perdida de entrada según la siguiente fórmula:

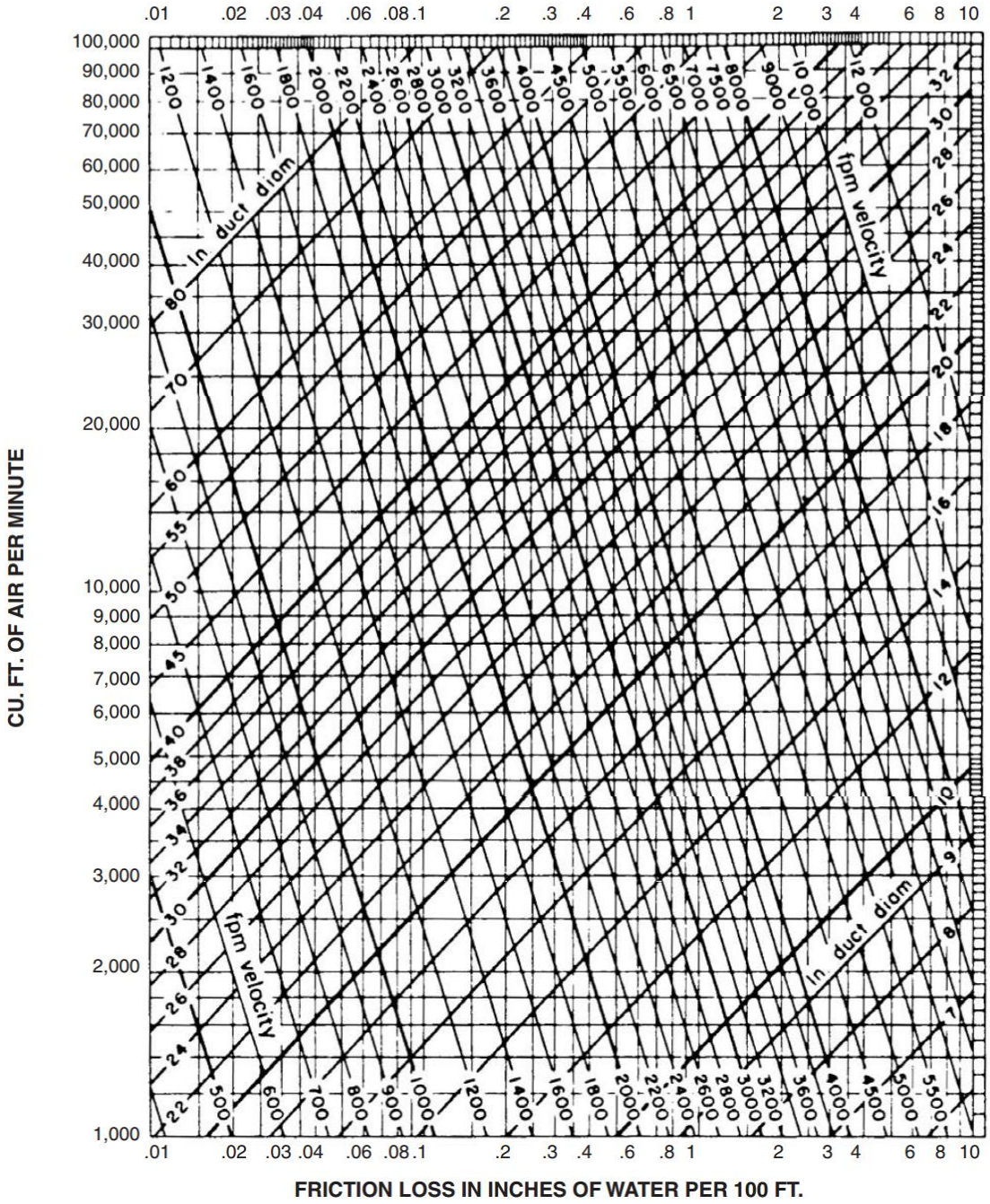
$$Perdidad\ de\ Entrada = 1 + coeficiente\ de\ resistencia$$

9. Longitud del ducto en pies (ft)

$$1\ mt = 3.2808\ ft$$

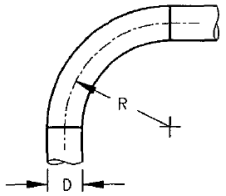
10. Calculo de rozamiento por cada 100 ft




CU. FT. OF AIR PER MINUTE
FRICTION LOSS IN INCHES OF WATER PER 100 FT.
in duct diam
fpm velocity

11. Determinar la pérdida del tramo según la tabla anterior.

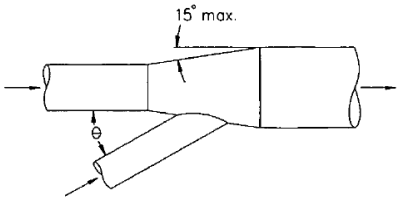
12. Determinar los coeficientes de pérdidas de los codos según siguiente imagen



R/D	Pérdida de carga Fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR

13. Determinar los coeficientes de pérdidas de las derivaciones según siguiente imagen



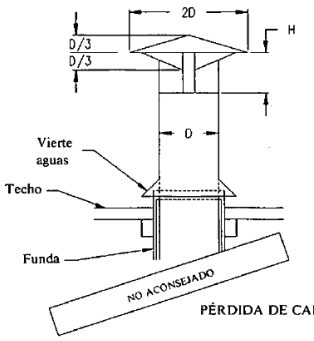
Nota: La pérdida de carga se produce en el conducto lateral y se debe contabilizar en el mismo.

No incluir el cálculo de la recuperación de presión en los conductos laterales con uniones progresivas.

Ángulo θ grados	Pérdida de carga en el conducto lateral Fracción de PD
10	0,06
15	0,09
20	0,12
25	0,15
30	0,18
35	0,21
40	0,25
45	0,28
50	0,32
60	0,44
90	1,00

PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS UNIONES

14. Determinar los coeficientes de pérdidas del sombrerete según siguiente imagen.



H, número de diámetros	Pérdida de carga, Fracción de PD
1,0 D	0,10
0,75 D	0,18
0,70 D	0,22
0,65 D	0,30
0,60 D	0,41
0,55 D	0,56
0,50 D	0,73
0,45 D	1,0

PÉRDIDA DE CARGA EN SOMBRERETES

Ver la Figura 5-30

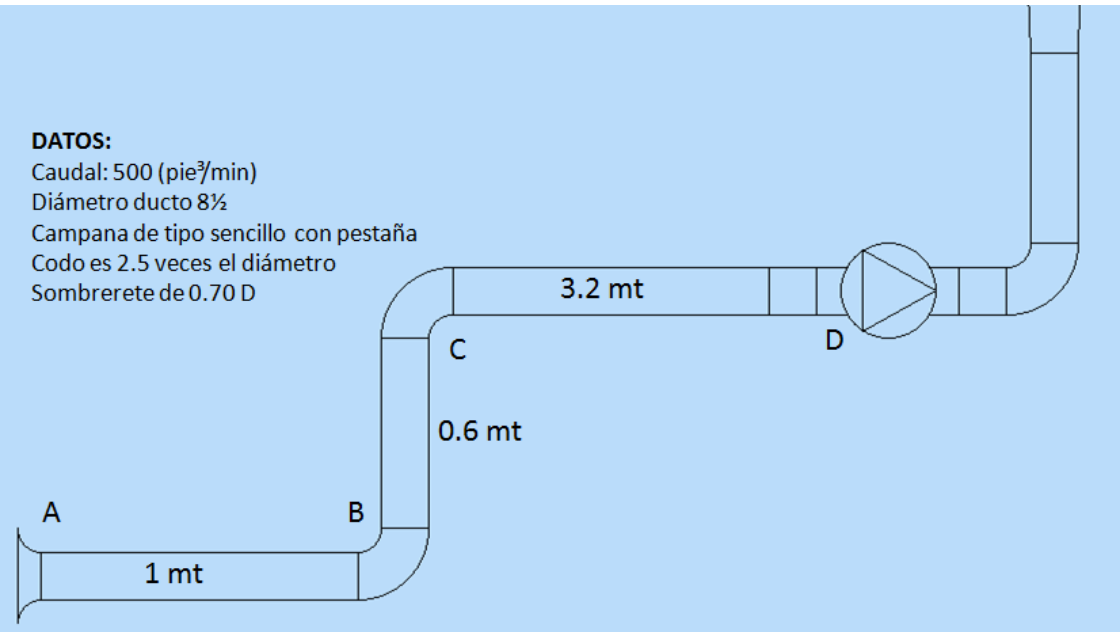
15. Suma de las perdidas del punto: 8 + 11 + 12 + 13 + 14

16. Cálculo de la pérdida por presión: se calcula multiplicando la presión cinética por la suma de las perdidas.

Tabla de cálculo de ventilación localizada

	tramo	
1	**caudal**	
2	**diámetro ducto**	
3	**área ducto**	
4	**velocidad**	
5	**presión cinética**	
6	**coeficiente resistencia**	
7	**perdida de entrada**	
8	**longitud ducto**	
9	**rozamiento/100 pies**	
10	**perdida de tramo**	
11	**perdida codos**	
12	**perdida derivación**	
13	**perdida sombrerete**	
14	**suma perdidas**	
15	**perdidas total del tramo**	

6.1 Ejemplo de aplicación del cálculo de sistema de ventilación localizada.



1. Determinar el tramo de evaluación

A-B
B-C

2. Determinar el caudal

$$Q = V \times A$$

500 (pies³/min)

3. Determinar el diámetro del ducto

8½

4. Determinar el área del ducto según siguiente tabla.

DIAM IN INCHES	AREA SQUARE FEET
8	**0,3491**

5. Determinar la velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

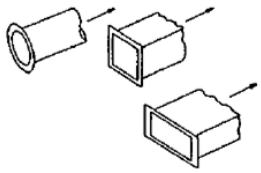
1432.25 (pies/min)

6. Determinar la presión cinética según la siguiente fórmula:

$$P\ CINET = \left[\frac{velocidad}{4005}\right]^2$$

0.127 mmH2O

7. Determinar el coeficiente de resistencia en la entrada del sistema

	ABERTURA SENCILLA CON PESTAÑA	0,49

8. Determinar la perdida de entrada según la siguiente fórmula:

$$Perdidad\ de\ Entrada = 1 + coeficiente\ de\ resistencia$$

1.49

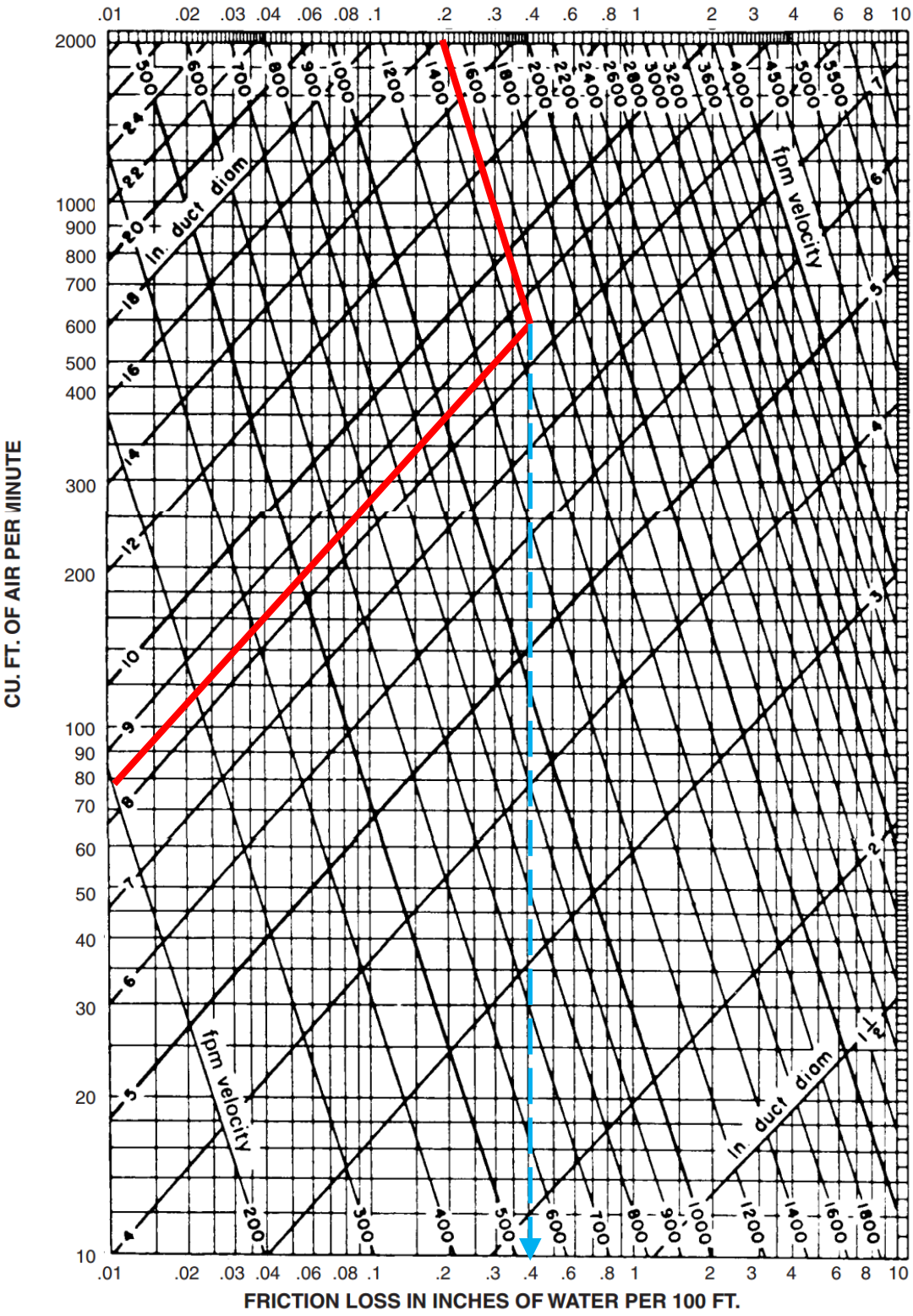
9. Longitud del ducto en pies (ft)

$$1\ mt = 3.2808\ ft$$

A-B= 1mt= 3.2808 ft
B-C= 0.6 mt = 1.968 ft
C-D =3.2 mt = 10.498 ft

10. Calculo de rozamiento por cada 100 ft

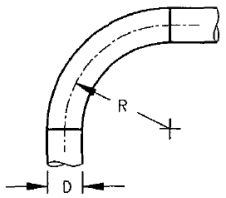
0.4


CU. FT. OF AIR PER MINUTE
FRICTION LOSS IN INCHES OF WATER PER 100 FT.
in. duct diam
fpm velocity
in. duct diam
fpm velocity

11. Determinar la pérdida del tramo según la tabla anterior.

$$\boldsymbol{perdida = (15.746 \times 0.4) \div 100}$$
$$\boldsymbol{0.0629\, perdida}$$

12. Determinar los coeficientes de pérdidas de los codos según siguiente imagen



R/D	Pérdida de carga Fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

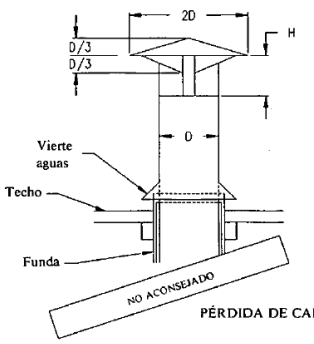
CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR

$$\boldsymbol{0.22 \times 2 = 0.44}$$

13. Determinar los coeficientes de pérdidas de las derivaciones según siguiente imagen

No aplica

14. Determinar los coeficientes de pérdidas del sombrerete según siguiente imagen.



H, número de diámetros	Pérdida de carga, Fracción de PD
1,0 D	0,10
0,75 D	0,18
0,70 D	0,22
0,65 D	0,30
0,60 D	0,41
0,55 D	0,56
0,50 D	0,73
0,45 D	1,0

PÉRDIDA DE CARGA EN SOMBRERETES

Ver la Figura 5-30

0.18

15. Suma de las perdidas del punto: 8 + 11 + 12 + 13 + 14

$$\mathbf{0.49 + 0.0629 + 0.44 + 0.18 = 1.172}$$

16. Cálculo de la pérdida por presión: se calcula multiplicando la presión cinética por la suma de las perdidas.

$$\mathbf{0.127 \times 1.172 = 0.148}\ \boldsymbol{mm\ H2O}$$

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

IPLACEX
TECNOLÓGICO NACIONAL

UNIDAD I

VENTILADORES Y DEPURADORES

A través de éste documento se profundizará en los contenidos relacionados con los ventiladores, selección y su ubicación como también aspectos generales de la depuración y su normativa legal vigente.

CONCEPTOS GENERALES

1. Clasificación y cálculos de ventiladores.

¿Qué es un Ventilador?

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, un gas o un vapor en movimiento. Se definirá como una turbo-máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire.

Dentro de una clasificación general de máquinas, se encuentran los ventiladores como turbomáquinas hidráulicas y tipo generador para gases o vapores.

Un ventilador consta de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propios de los mismos: arranque, regulación de velocidad, etc. y un propulsor giratorio en contacto con el aire, al que le transmite energía.

Este propulsor adopta la forma de rodete con álabes, en el caso del tipo[1] centrífugo, o de una hélice con palas de silueta y en número diverso, en el caso de los axiales.

El conjunto, o por lo menos la hélice, van envueltos por una caja con paredes de cierre en forma de espiral para los centrífugos y por un marco plano o una envoltura tubular en los axiales. La envolvente tubular puede llevar una reja radial de álabes fijos a la entrada o salida de la hélice, llamada directriz, que guía el aire, para aumentar la presión y el rendimiento del aparato.

CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores se clasifican de variadas maneras y no es extraño que uno tenga distintas denominaciones. En general su clasificación es:

- Clasificados por su función.
- Clasificados por la trayectoria del aire.

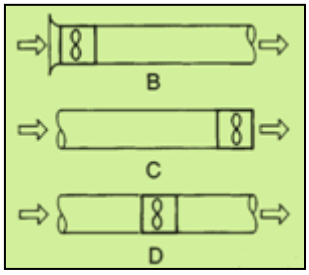
[1] Manual práctico de ventilación industrial, salvador escoda s.a, 2 edición.

- Clasificados por la presión.
- Clasificados por las condiciones de funcionamientos.
- Clasificados por su accionamiento.

Clasificados por su función.

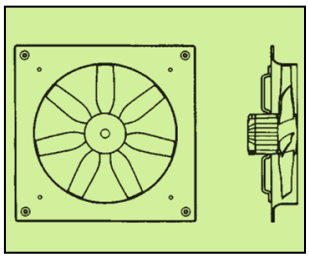
Ventiladores con Envolvente, que suele ser tubular. A su vez pueden ser:

Impulsores: Entrada libre, salida entubada.
Extractores: Entrada entubada, descarga libre.
Impulsores-Extractores: Entrada y salida entubadas.



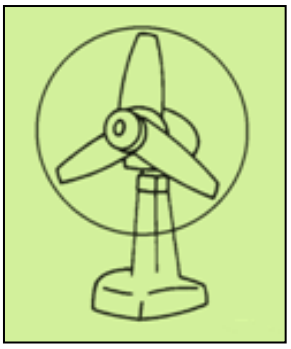
Ventiladores Murales.

Conocidos también como simplemente Extractores, tienen la función de trasladar aire entre dos espacios separados por un muro o pared.



Ventiladores de Chorro.

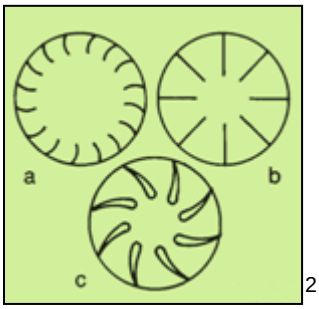
Aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas.



Clasificados por la trayectoria del aire.

Ventiladores Centrífugos.

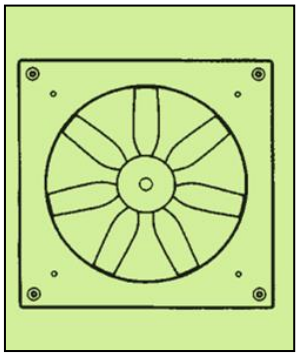
En este tipo la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto.
Las hélices de estos ventiladores está compuesto de álabes que pueden ser hacia. ADELANTE (a), RADIALES (b) ATRÁS (c).



[2]

Ventiladores Axiales.

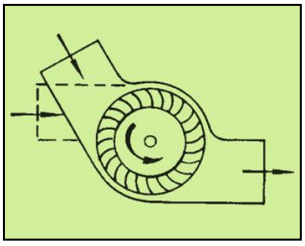
La entrada de aire del ventilador y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales.



[2] Manual práctico de ventilación industrial, salvador escoda s.a, 2 edición.

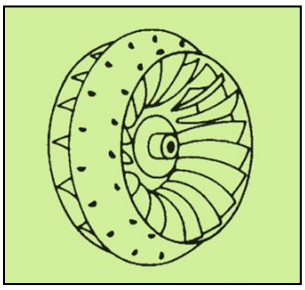
Ventiladores Transversales

La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo.



Ventiladores Helicocentrífugos

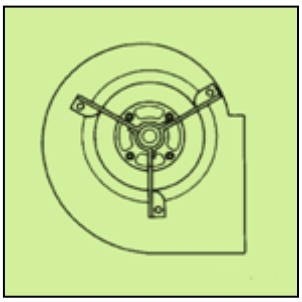
Son ventiladores intermedios a los centrífugos y axiales: El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.

 [3]

Clasificados por la presión

Ventiladores de Baja Presión

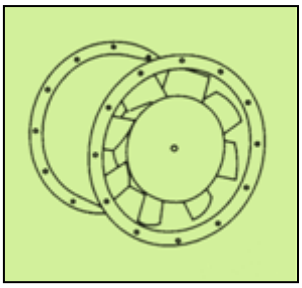
Se llaman así a los que no alcanzan los 70 Pascales. Suelen ser centrífugos.



[3] Manual práctico de ventilación industrial, salvador escoda s.a, 2 edición.

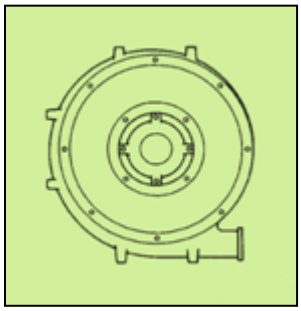
Mediana Presión.

Si la presión está entre los 70 y 3.000 Pascales. Pueden ser centrífugos o axiales.



Alta Presión

Cuando la presión está por encima de los 3.000 Pascales. Suelenser centrífugos con rodetes estrechos y de gran diámetro.


[4]

Atendiendo a las condiciones de funcionamiento.

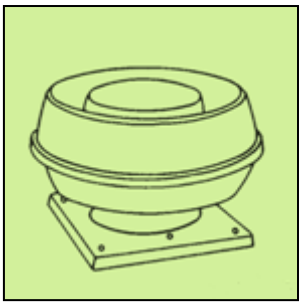
Ventiladores Estándar

Son los ventiladores que trasladan aire sin cargas importantes de contaminantes, humedad, polvo, partículas agresivas y temperaturas máximas de 40ºc si el motor está en la corriente de aire.

Ventiladores Especiales

Son los diseñados para tratar el aire caliente, corrosivo, húmedo etc.

[4] Manual práctico de ventilación industrial, salvador escoda s.a, 2 edición.



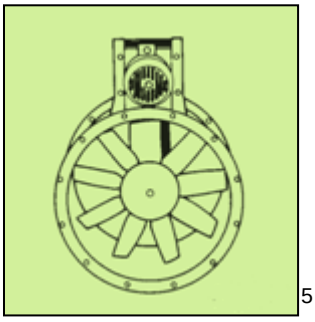
Clasificados por el sistema de accionamiento

Accionamiento Directo

Cuando el motor eléctrico tiene el eje común, o por prolongación, con la hélice del ventilador.

Accionamiento por Transmisión

Como es el caso de transmisión por correas y poleas para separar el motor de la corriente del aire (por caliente, explosivo, etc.).


[5]

2. Selección y ubicación del ventilador.

La selección del ventilador adecuado es una tarea complicada en la que hay que reunir todos los datos del sistema, caudal y presión, datos del fabricante.

1. Determinar el caudal del sistema.
2. Determinar la presión estática del sistema.
3. Determinar el tipo de ventilador,
4. Compara con la curva característica entregada por el fabricante.

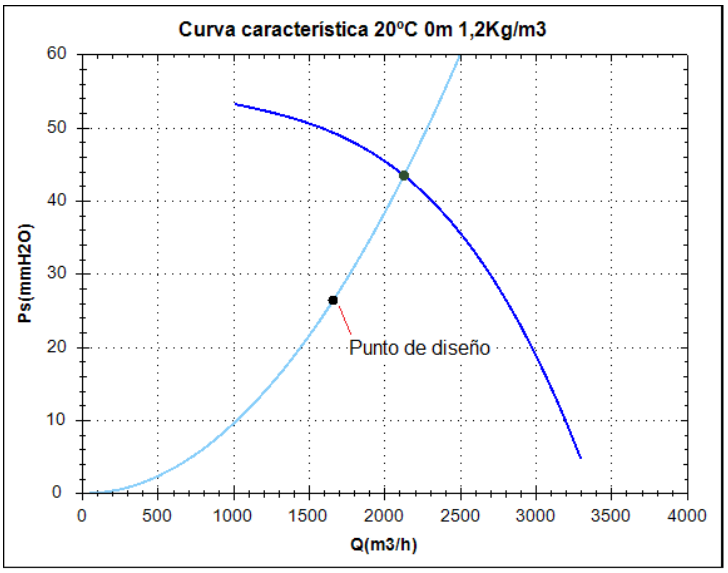
Curva característica entregada por el fabricante.

[5] Manual práctico de ventilación industrial, salvador escoda s.a, 2 edición.

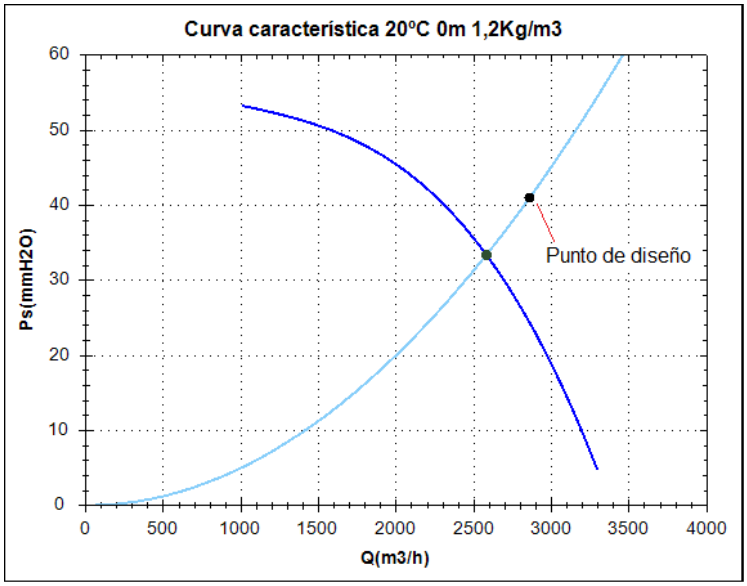
La curva entregada por el fabricante determina el rendimiento del ventilador de lo cual se debe considerar para determinar si el ventilador cumple con el requisito del sistema.

En el eje X se determina el caudal medido en (m^3/s o m^3/h) y el eje Y la presión estática del sistema medida en mmca

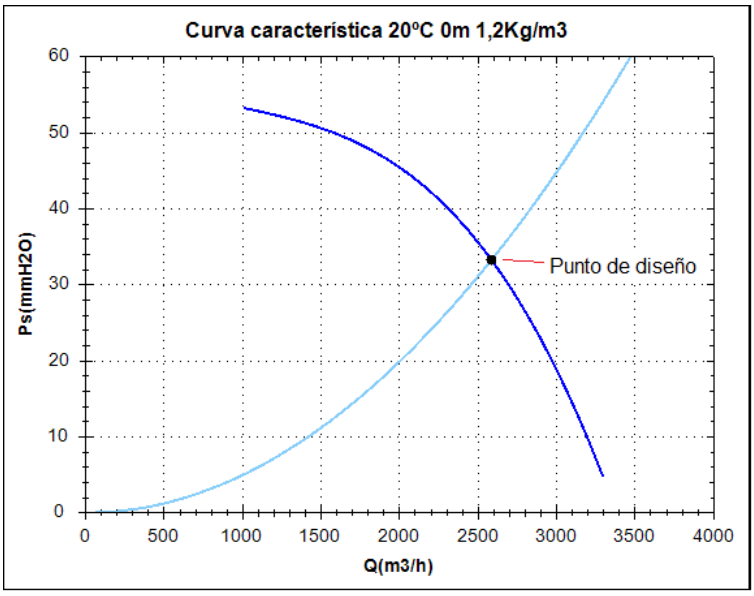
Primera situación: si el punto de diseño en la unión del caudal y la presión estática se encuentra debajo de la curva del ventilador es válido pero con una pérdida de consumo eléctrico.



Segunda situación: si el punto de diseño en la unión del caudal y la presión estática se encuentra sobre de la curva del ventilador no es válido debido a la poca potencia del ventilador.



Tercera situación: si el punto de diseño en la unión del caudal y la presión estática se encuentra justo sobre la curva del ventilador es válido y además con un consumo eléctrico óptimo.



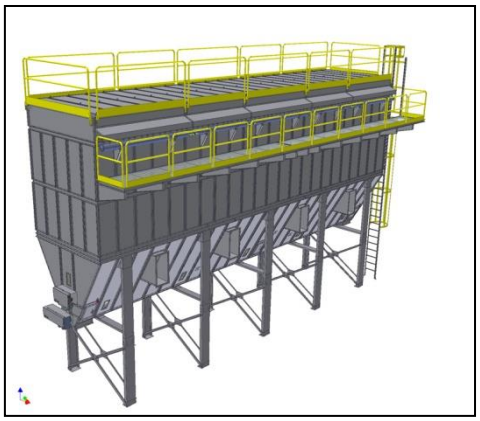
3. Aspectos generales de depuradores.

Filtros a mangas

Sistema modular con mangas filtrantes, con tolva de recolección y descarga de material, y vano técnico de alojamiento para el sistema de limpieza de las mangas.

Aplicaciones:
Sistemas de aspiración y reducción de polvos en las industrias para trabajar la madera y el panel, industrias mecánicas, sistemas de reciclaje de vidrio, áridos, fundiciones, etc.[6]

[6] http://www.mionmosole.it/



Depurador con ciclones

Sistema de depuración para reducir las cenizas de los humos de combustión de las calderas a biomasa.

Aplicaciones:
Sistemas térmicos con calderas a biomasa.[7]

Depurador de humos con mangas

Sistema de depuración para reducir las cenizas de los humos de combustión de las calderas que funcionan con combustibles leñosos.

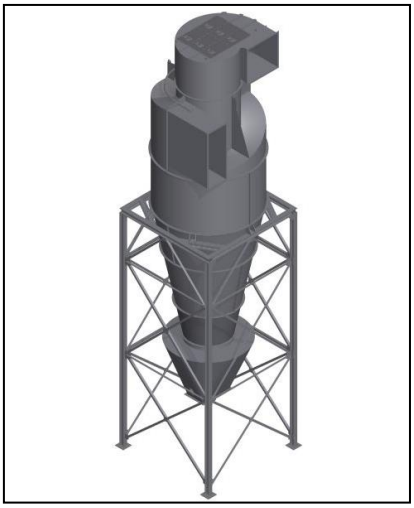
Aplicaciones
Sistemas térmicos con calderas.
Tratamiento de humos cálidos de diversa naturaleza (hornos fusores, tratamientos térmicos, etc.)[8]

[7] http://www.mionmosole.it/
[8] http://www.mionmosole.it/

Ciclones de polvo

Ciclón para disminución de los polvos con granulometría variable; capacidad de reducción de hasta un 85-90% del producto presente en el flujo de aire.

Aplicaciones:
Sistemas para reducción de polvos, líneas de transporte neumático en las industrias del procesamiento de la madera y de paneles, industrias mecánicas, sistemas de reciclaje, vidrio, áridos, fundiciones, etc[9]



Depurador de humos oleosos

Depurador de humos que contienen aceites o emulsiones provenientes de trabajos mecánicos.

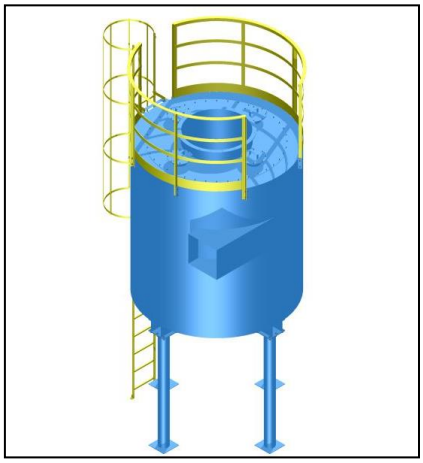
Aplicaciones:
Industrias de trabajo mecánico[10]

[9] http://www.mionmosole.it/
[10] http://www.mionmosole.it/

Purificadores de carbón activo

Son los cilindros extruidos (Ø4 mm o más) con base de carbón, activados químicamente y elaborados de manera adecuada para la absorción de sustancias químicas o para la desodorización del aire. Se utilizan a granel, en el caso de superficies de espesor idóneo para garantizar un tiempo de contacto aire-carbón suficiente para la absorción en usos pesados, o en cartuchos instalados en las placas para pocos usos y en la desodorización.

Aplicaciones:
Sistemas de desodorización. Recuperación de solventes donde éstos son volátiles y canalizados en el flujo de aire aspirado[11]



Ciclonfiltros
Sistema de reducción de polvos de cualquier granulometría.

Aplicaciones:
Sistemas de reducción de polvos, líneas de transporte neumático en las industrias del procesamiento de la madera y del panel, industrias mecánicas, sistemas de reciclaje, vidrio, áridos, fundiciones, etc.[12]

[11] http://www.mionmosole.it/
[12] http://www.mionmosole.it/

4. Normas legales ambientales para control de vertidos al exterior de aire limpio.

Artículo 3º.- Se prohíben las emisiones de gases y partículas no efectuadas a través de chimeneas o ductos de descarga, salvo autorización expresa en contrario del Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, el cual deberá autorizar la modalidad del proceso a ser usado, y el procedimiento para determinar su equivalencia en términos de emisión por chimenea.

Artículo 4º.- Las fuentes estacionarias puntuales no podrán emitir material particulado en concentraciones superiores a 112 miligramos por metro cúbico bajo condiciones estándar, mediante el muestreo isocinético definido en el numerando 5º del decreto Nº 32 de 1990 del Ministerio de Salud, y en el numerando 2º del decreto Nº 322 de 1991, del mismo Ministerio.

Artículo 5º.- Se otorga a las fuentes estacionarias puntuales plazo hasta el 31 de diciembre de 1992, para alcanzar la norma de emisión señalada en el artículo 4º.Esta disposición no obsta a la aplicación de la normativa sobre situaciones de emergencia, contenidas en el D.S. Nº 32 del año 1990 del Ministerio de Salud, en cuanto habilita a la autoridad sanitaria para paralizar determinadas fuentes estacionarias puntuales o grupales.

Artículo 6º.- Las fuentes estacionarias puntuales existentes no podrán emitir más de la cantidad calculada de acuerdo a la fórmula que a continuación se indica después del 31 de diciembre de 1997, a menos que compensen la diferencia de emisiones mayor a la autorizada, con otras fuentes puntuales existentes.

E.D. (kg/día) = Caudal (m^3/hr) x 0,000056 (kg/m^3) x 24 (hr/día).

E.D. = Emisión Diaria.

Caudal = Caudal medido a plena carga, en condiciones estándar, corregido según exceso de aire. Unidad: metros cúbicos por hora (m^3/hr). 56 = Corresponde a la concentración de material particulado para determinar la emisión máxima diaria permitida de acuerdo a la expresión arriba señalada. Unidad: miligramos por metros cúbico (mg/m^3). 24 = Se considera para todas las fuentes una operación de 24 horas al día de funcionamiento.

Artículo 7º.- El Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, sólo autorizará fuentes estacionarias puntuales nuevas siempre que cumplan con el artículo 4º, y compensen en un 100% sus emisiones de material particulado.

Artículo 8º.- Las fuentes estacionarias puntuales existentes podrán compensar a las nuevas sólo y hasta por el monto de las rebajas en sus emisiones más allá del límite de emisión definido en el artículo 6º, cumpliendo además con el artículo 4º.

Artículo 9º.- El Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana deberá llevar los registros necesarios para el cumplimiento de los artículos 6º, 7º y 8º del presente decreto en lo relativo a las compensaciones. Para estos efectos, las fuentes estacionarias puntuales existentes, deberán registrar sus emisiones de acuerdo, a las mediciones respectivas correspondientes al muestreo isocinético especificado en el artículo 4º. El Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana deberá inscribir cada una de las compensaciones acordadas entre las partes, y llevar la contabilidad correspondiente a cada una de ellas.

Artículo 10º.- A partir del 31 de diciembre de 1992, las fuentes estacionarias grupales existentes que no correspondan a equipos de calefacción, no podrán emitir material particulado en concentraciones superiores a 112 miligramos por metro cúbico bajo condiciones estándar, medidas según las condiciones descritas en el artículo 4º. A partir del 31 de diciembre de 1997, estas fuentes no podrán emitir en concentraciones superiores a 56 miligramos por metro cúbico bajo condiciones estándar medidas según las condiciones descritas en el artículo 4º.

Artículo 11º.- Las fuentes estacionarias grupales nuevas que no correspondan a equipos de calefacción no podrán emitir material particulado en concentraciones superiores a 56 miligramos por metro cúbico bajo condiciones estándar, medidas según las condiciones descritas en el artículo 4º, a contar de la fecha de publicación del presente decreto.

Artículo 12º.- El Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, con el objeto de comprobar que se cumplan las disposiciones señaladas en

este decreto, podrá establecer mediante resolución fundada, los procedimientos correspondientes a la declaración de emisiones[13]

[13]D.S. Nº 4/92, del Ministerio de Salud, Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales,

VENTILACIÓN INDUSTRIAL

IPLACEX
TECNOLÓGICO NACIONAL

UNIDAD III

VENTILADORES Y DEPURADORES

En esta oportunidad se revisarán los contenidos relacionados con los separadores, lavadores de gases, scrubbers y separadores electroestáticos.

CONCEPTOS GENERALES

1. Separador por filtración.

El aire que respiramos contiene partículas en suspensión, se llama polvo en general, que pueden aumentar considerablemente debido a los procesos industriales como triturado, taladrado, pulido, etc. Mantener la cantidad de estas partículas dentro de unos límites razonables es una de las operaciones a que debe someterse el aire, tanto para prevenir posibles enfermedades como evitar inconvenientes en tales procesos y averías en útiles o máquinas.[1]

Disminuir el contenido de polvo y partículas en suspensión presentes en el aire es la acción que denominaremos depuración del aire.

Los principales parámetros que definen el proceso son:

• Tamaño de las partículas en suspensión.
• Concentración de polvo en el aire.

La siguiente tabla muestra distintos tipos de polvo y el tamaño de sus partículas que pueden encontrarse en suspensión en el aire, expresado en:
µm (micras) = mm/1.000

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

Tipo de polvo	µm
- Polvo de la calle	0'5
- Polvo de voladuras	1'4
- Polvo de fundición	1 ÷ 200
- Corte de granito	1'4
- Neblina	1 ÷ 40
- Cenizas volantes	3 ÷ 70
- Carbón pulverizado	10 ÷ 400

No obstante los datos de esta tabla no deben creerse que en tipo de polvo determinado exista una sola granulometría y un solo tamaño de partículas si no que presenta un espectro amplio, tal como muestra la siguiente Tabla para el polvo de la calle.[2]

[1] www.solerpalau.es
[2] www.solerpalau.es

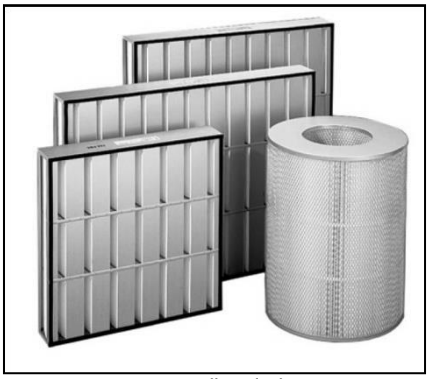
POLVO DE LA CALLE

Tamaño partículas µm	Porcentaje %
0-5	39
5-10	18
10-20	16
20-40	18
40-80	9

Ambiente	Concentración polvo mg/m3
- Rural	0'04 a 0'045
- Barrio periférico	0'05 a 1
- Ciudad, general	0'5 a 2
- Zona industrial	0'5 a 5
- Calle ciudad	1 a 3
- Fábricas	0'5 a 9
- Fabril o de minas con mucho polvo	9 a 900

Los dispositivos utilizados para depurar el aire se dividen en dos grupos principales:

- Filtros de aire.



Fuente: www.directindustry.es

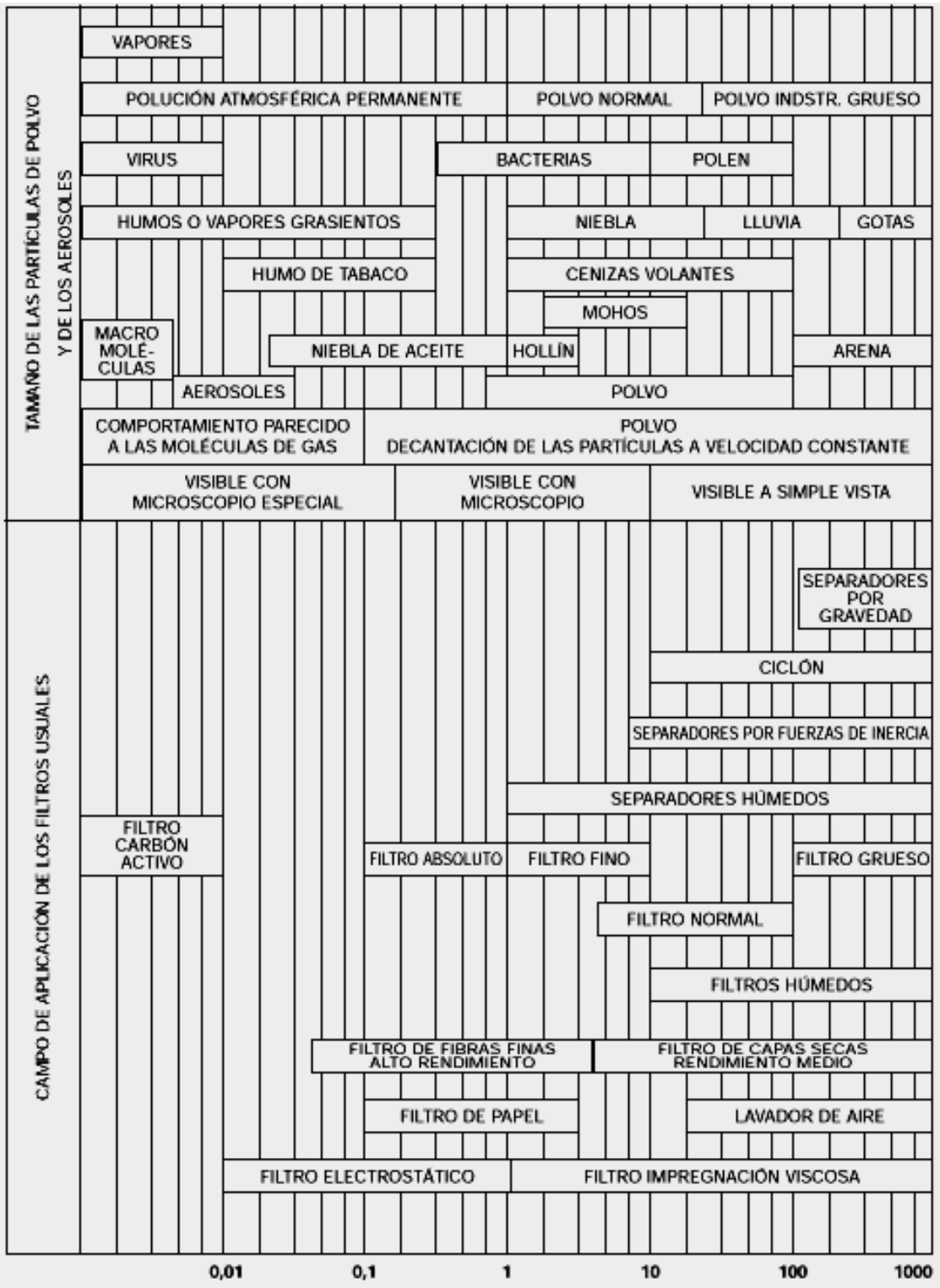
- Separadores de polvo.

Fuente: www.zaonee.es

FILTROS DE AIRE

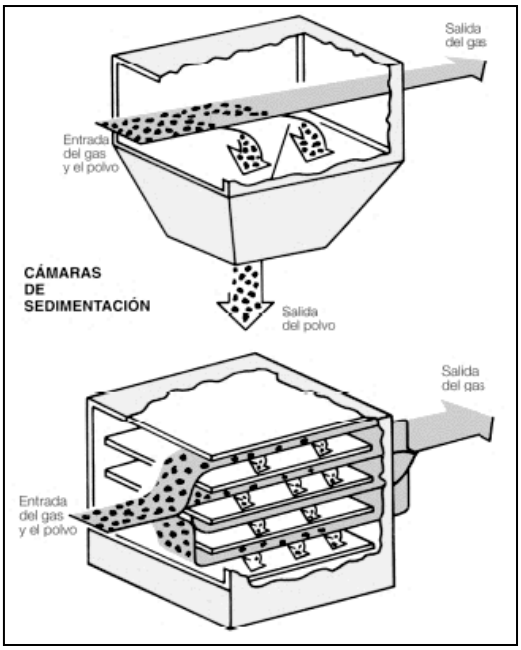
Son dispositivos diseñados para disminuir la concentración de las partículas que se encuentran en suspensión en el aire. El tipo de filtro a emplear dependerá del tamaño de las partículas a separar tal como se muestra en la siguiente figura[3]:

[3] www.solerpalau.es



Separador por gravedad: Se utilizan cuando las partículas son de gran tamaño. Los más típicos son las cámaras de sedimentación.[4]

[4] www.solerpalau.cl



Fuente: www.soler-palau.mx

Ciclón: El aire cargado de polvo entra tangencialmente por la parte superior cilíndrica. La corriente de aire sigue una trayectoria en espiral que primero se dirige hacia el fondo del tronco de cono, ascendiendo después por el centro del mismo. El aire, una vez depurado, abandona el ciclón por la parte superior. Las partículas separadas se descargan por el fondo del ciclón.[5]

Fuente: www.boletinindustrial.com

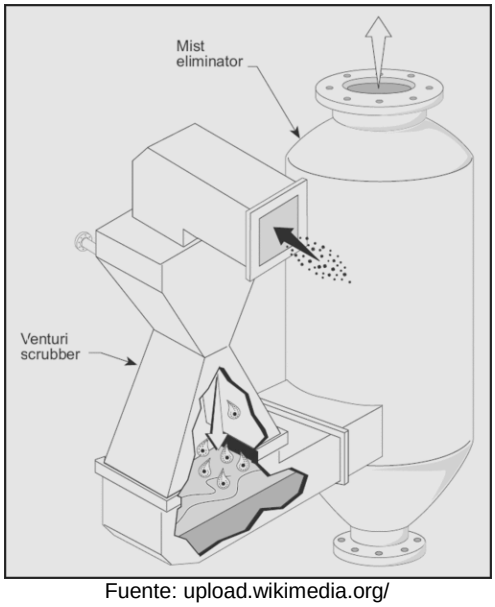
Separador por fuerza de inercia En este tipo de colector se utiliza el principio que la masa efectiva de las partículas puede incrementarse mediante la

[5] www.solerpalau.es

aplicación de la fuerza centrífuga.[6]

Fuente: www.tama.eu

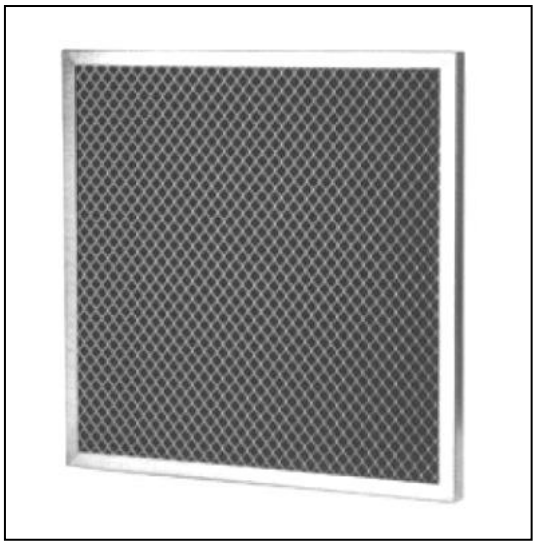
Separadores húmedos: Llamados en Inglés "scrubbers" en los que se utiliza el agua para evitar que las partículas vuelvan a la corriente de aire[7]



Fuente: upload.wikimedia.org/

Filtro carbón activado: Para la separación de virus y partículas de tamaño molecular[8]

[6] www.proclima.es
[7] www.proclima.es
[8] www.solerpalau.es



Fuente: http://catalogo.avanfilter.es

Filtro absoluto: Está fabricado con marco metálico de chapa galvanizada de 1,25mm de espesor que ofrece máxima protección al medio filtrante, resistencia a la corrosión y estabilidad dimensional.
Posee juntas de alta resistencia, que permiten un ensamble rígido y uniforme, y burlete de neoprene en una de sus caras.[9]

Fuente: www.faarvent.com

Filtro fino: Los filtros finos son ideales para controlar los niveles de contaminación en el aceite de partículas, agua y productos de degradación (oxidación, resinas/lodos, barnices).[10]

[9] www.casiba.com.ar
[10] www.cjc.dk

Fuente: http://filtracom.com.br

Filtro grueso: Los filtros gruesos de grava pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un compartimiento principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de grava disminuye con la dirección del flujo.[11]

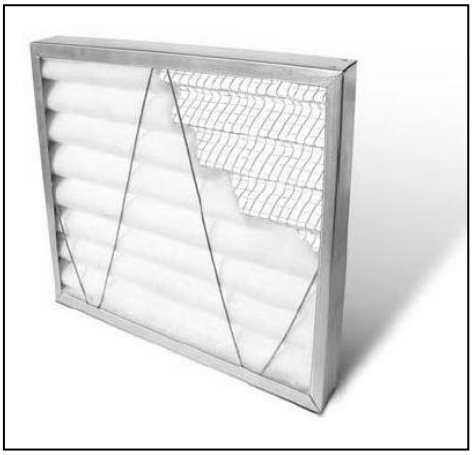
Fuente: www.directindustry.es

Filtro normal: los filtros se pueden determinar en distintos niveles y forma de los cuales depende del tipo de materia, dentro de los filtros normales se encuentran.[12]

Mantas filtrantes: Filtros planos que se aplican en unidades de tratamiento de aire, sistemas de aire acondicionado, ventilación y como prefiltro en sistemas de varias etapas de filtración. Empleadas principalmente para atrapar partículas

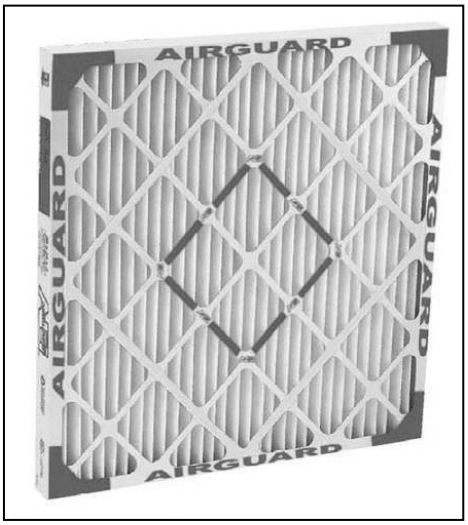
[11] www.scribd.com
[12] www.filtroslys.com

mayores a 10 micras, constituyen un eficiente prefiltro que permite prolongar la vida de los filtros de alta eficiencia, ya que tiene gran capacidad de almacenamiento de polvo grueso



Fuente: catalogo.avanfilter.es

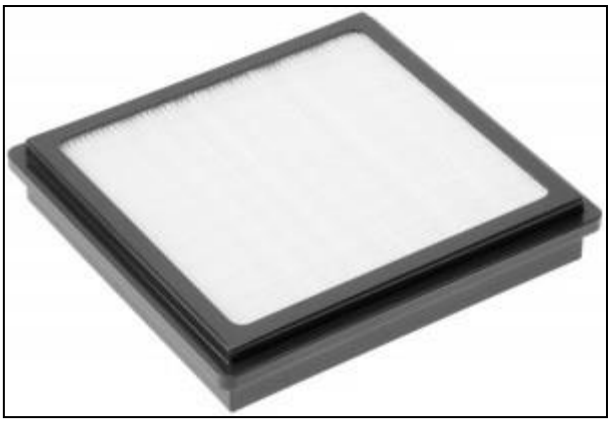
Filtros plisados: Los pliegues del medio filtrante, compuesto de fibra sintética, permiten una excelente capacidad de retención de polvo, además de asegurar un adecuado flujo de aire. Adicionalmente tienen una mayor vida útil que los filtros planos y permiten incrementarla también en filtros de alta eficiencia al ser utilizados como prefiltros.



Fuente: www.directindustry.es

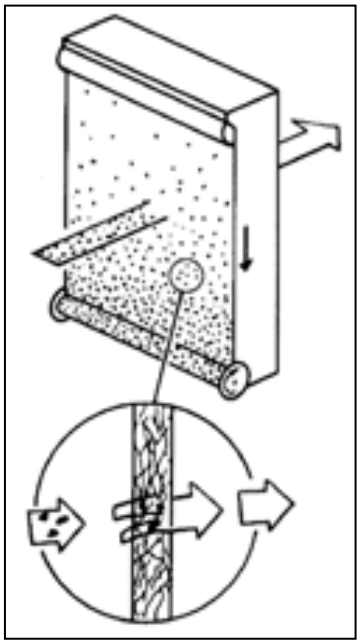
Filtros de alta eficiencia cuyo principal mecanismo de captura es el impacto por inercia. Se caracterizan por su aplicación en equipos que requieren elevado flujo de aire y una baja caída de presión.
Su estructura base es de polipropileno de alta densidad, para evitar la corrosión. Cuentan con un diseño en “V” que permite mayor aprovechamiento del área filtrante. El medio filtrante es 100% sintético.[13]

[13] www.filtroslys.com



Fuente: www.purificadordelaire.es

Filtros húmedos: Llamados también viscosos consisten en un entramado filtrante de material metálico o fibra que está impregnado de una materia viscosa como aceite o grasa[14]



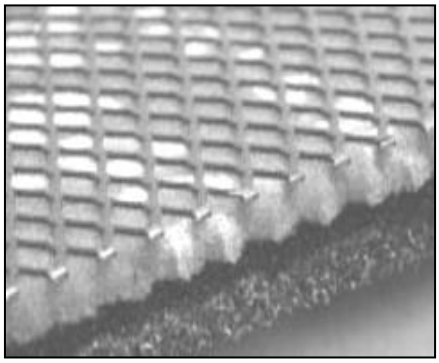
Fuente: www.soler-palau.mx

Filtros de fibras fina de alto rendimiento: 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.[15]

[14] www.solerpalau.cl
[15] www.emison.com

Fuente: www.ictfiltracion.com

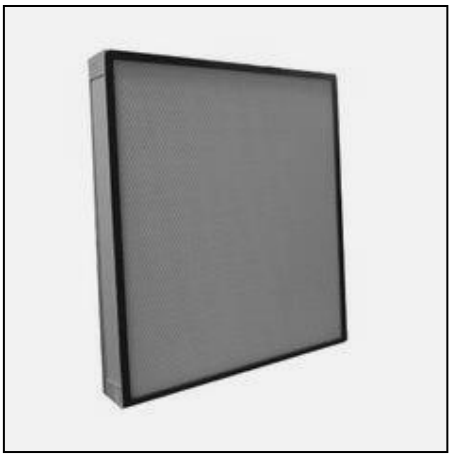
Filtro de capas secas rendimiento medio: Están formados por un material fibroso o por un lecho de fibras finas a través del cual se hace pasar el aire.
El rendimiento aumenta a medida que la porosidad del material es menor[16].



Fuente: www.piper-cross.de

Filtro de papel: Estos papeles de filtro cualitativos se utilizan para usos analíticos y trabajos de laboratorio generales, cuando no se precisan análisis gravimétricos. Gracias a su resistencia en mojado, pueden utilizarse para filtrar por presión o por vacío.
También permiten separar fácilmente el producto de la filtración mediante chorro de agua o espátula.[17]

[16] www.solerpalau.es
[17] www.sartorius.com



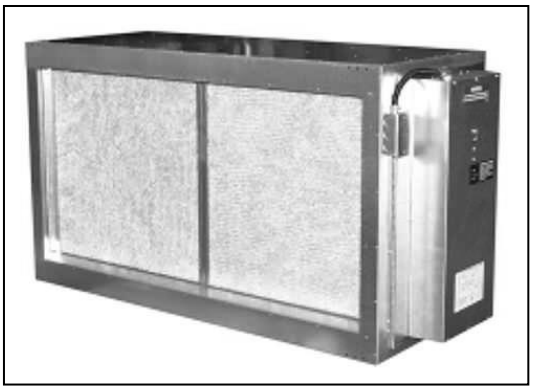
Fuente: spanish.automobile-air-filters.com

Lavador de aire: El aire lavado es un sistema similar al aire acondicionado. Consiste en hacer pasar el aire por una cortina de agua, para que aumente su humedad. El proceso de aire lavado se lleva a cabo mediante "lavadoras de aire". Las lavadoras de aire cuentan con un gabinete donde se encuentran una serie de filtros da aire que son mojados por agua impulsada a través de bombas.[18]

Fuente: www.quiminet.com

Filtro electroestático: Es un dispositivo para el control de partículas que utiliza fuerzas eléctricas para movilizar las partículas de una corriente de emisión hacia las superficies de recolección. Se aplican a gases conteniendo partículas menores o igual a 10 micras (µm) de diámetro aerodinámico y contaminantes del aire en forma de partículas, tales como la mayoría de los metales (el mercurio es la excepción notable, ya que una porción importante de las emisiones se encuentran en forma de vapor elemental).[19]

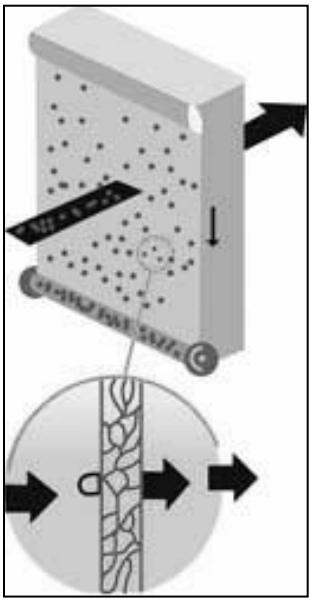
[18] www.quiminet.com
[19] www.quiminet.com



Fuente: www.directindustry.es

Filtro de impregnación viscosa

Otra característica a tener en cuenta cuando quieran emplearse filtros es que la concentración de partículas en el aire no debe ser demasiado elevada, pues de otro modo el filtro quedará colapsado rápidamente con lo que el mantenimiento de la instalación sería muy gravosa. El límite superior de concentración de polvo en el aire para poder emplear filtros es de 35 mg/m3.[20]



Fuente: www.mundohvacr.com

[20] www.solerpalau.cl

		Tipo	Tamaño mínimo partículas µm	Concen-tración óptima g/m³	Velocidad normal		Pérdi-da de carga c.d.a.	Rendi-miento aproxi-%
					m/s	A través de		
SEPARADORES DE POLVO	POR GRAVEDAD	CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN	200	>180	1'5 ÷ 3	LA CÁMARA	<2'5	<50
	POR FUERZAS DE INERCIA	CÁMARA DE CHOQUE	50 ÷ 150	>180	5 ÷ 10	ENTRADA	<13	<50
		CICLÓN	>10	>35	10 ÷ 20	ENTRADA	<50	<80
		MULTICICLÓN (Ciclones de poco diámetro)	>5	>35	10 ÷ 20	ENTRADA	<100	<90
	SEPARADORES	DE CHOQUE	>5	>35	15 ÷ 30	TOBERAS	>50	<80
	HÚMEDOS	DE CHORRO	<5	>3'5	10 ÷ 15	ENTRADA	<200	<90
	(SRUBBERS)	DE TOBERA SUMERGIDA	>2	>3'5	10 ÷ 20	TOBERAS	>50	<90
FILTROS	ELECTROSTÁTICO	ALTA TENSIÓN	<2	>3'5	1 ÷ 3	PLACAS	<8	<95
		BAJA TENSIÓN	<1	<0'03	1'5 ÷ 2'5	PLACAS	<25	<90
	FILTROS DE AIRE	HÚMEDOS	>5	<0'07	1'5 ÷ 2'5		2 ÷ 18	65 ÷ 90
		SECOS	>0'5	<0'035	0'1 ÷ 2'5		2 ÷ 25	50 ÷ 95
		ABSOLUTOS	<1	<0'035	0'1 ÷ 2'5		25 ÷ 65	99'95
		PARA ABSORCIÓN DE OLORES (Carbón activo)	MOLECULAR	<0'035	0'1 ÷ 0'6		<8	>95

2. Separadores por vía húmeda.

Una torre de limpieza húmeda es un dispositivo de control de la contaminación del aire que remueve material particulado y gases ácidos de las corrientes de gases residuales de fuentes fijas. La separación se realiza por medio de una corriente liquida pulverizada (gotas), que es inyectada dentro de una cámara por donde circulan el gas contaminado. Las partículas se ven arrastradas por la corriente líquida hacia la parte inferior del equipo, que será posteriormente recogido y tratado. El contacto de las partículas con el medio líquido puede efectuarse de diversos modos, el equipo más común es el equipo tipo Venturi. La eficacia depende del grado de contacto e interacción que tengan las partículas con el líquido; es por ello que es muy importante la atomización del líquido y un adecuado tiempo de contacto. Los lavadores logran buenas eficiencias de captura para partículas de tamaño de 0.1 a 20 µm. Mecanismos de captación de partículas: Los contaminantes son removidos principalmente a través del impacto, difusión, intercepción y absorción del contaminante sobre pequeñas gotas de líquido, impactación centrífuga, efectos

electrostáticos, etc. El impacto y la intercepción es el mecanismo de mayor importancia para partículas de mayor tamaño. Para partículas pequeñas predominará la difusión, la absorción y los efectos electrostáticos.[21]

Tipos de colectores húmedos:

Hay tres tipos de colectores húmedos dependiendo de la cantidad de energía suministrada o utilizada en el sistema de limpieza. La eficiencia de remoción de partículas está directamente relacionada con la energía requerida por el separador húmedo:

Colectores de baja energía. Son aquellos en los que el flujo de aire contaminado pasa por una niebla o cortina de agua. Son para atrapar partículas de más de 50 micras o para hacer reacciones químicas o térmicas con los contaminantes. Los más conocidos son las cajas de aspersión, en los que el flujo contaminado pasa por una cámara en la que se ponen en contacto el gas y el agua mediante la aspersión del líquido.

Lavadores de media energía. En ellos flujo de contaminantes pasa por una serie de mamparas con cortinas de agua o junto a las paredes húmedas de los lavadores, las partículas del contaminante se unen al agua y luego ésta es tratada para separarla de los contaminantes.

Separadores de alta energía. Son aquellos equipos que utilizan la energía para mezclar con gran eficiencia a las emisiones y el agua, los equipos más conocidos son los venturis de alta energía. Estos equipos logran capturar con 99% de eficiencia a partículas de 0.5 de micra. Para lograr estas eficiencias se llegan a tener caídas de presión hasta de 1000 mm de agua, lo que implica el uso de mucha potencia. En el separador de Venturi el gas contaminado circula por un tubo que tiene un estrechamiento, esta constricción hace que el flujo de gas se acelere cuando aumenta la presión. El flujo de gas recibe un rocío de agua antes o durante la constricción en el tubo. La diferencia de velocidad y presión, y la turbulencia que resulta de la constricción hace que las partículas y el agua se mezclen y combinen. La reducción de la velocidad en la sección expandida del cuello permite que las gotas de agua con partículas caigan del flujo de gas.

Los parámetros que afectan el funcionamiento global de una torre de limpieza húmeda:

No hay un método general para el diseño de un separador húmedo, habrá que ver los requerimientos del efluente y, mediante prueba y error, determinar el óptimo entre los costos, debidos sobre todo a la energía requerida, y la eficiencia de funcionamiento. Los cálculos de pérdida de presión y velocidad en la garganta están referidos exclusivamente a un separador de venturi.[22]

[21] www.miliarium.com
[22] www.miliarium.com

3. Lavadores de gases.

Se denomina como lavado la separación de partículas (PS) presentes en emisiones de gases mediante su impacto con gotas o láminas de agua. Al mismo tiempo se puede producir la absorción en el agua de ciertos componentes gaseosos.
Aun cuando el concepto de lavado a menudo es de adopción general para ambos conceptos, se emplearán los términos: a) lavado y lavador para separación de PS; y b) absorción y absorbedor para el caso de la separación de gases.[23]

Ventajas e inconvenientes de los lavadores

Los lavadores para depuración de PS tienen, pues, la virtud de poder absorber los gases contaminantes al mismo tiempo que eliminan las partículas.
Ayudan a enfriar y limpiar gases que, a alta temperatura, llevan un alto contenido de humedad; los gases corrosivos y las nieblas o vapores pueden recogerse y neutralizarse. Tienen poco riesgo de explosión y su rendimiento es variado.
Como limitaciones o inconvenientes generales se podrían citar:
- Problemas de erosión y corrosión.
- Coste añadido por tratamiento de agua residual y su recirculación.
- Bajos rendimientos para PS submicrónicas.
- Problemas de congelación con tiempo frío.
- Reducción en la sobreelevación del penacho de humos al disminuir la temperatura de los gases
- Penacho fuertemente visible bajo ciertas condiciones atmosféricas, por el contenido en vapor de agua.

Tipos de lavadores

Lavadores ciclónicos: Similar al denominado como ciclón, dentro de la categoría de los colectores inerciales o mecánicos secos, complementado ahora con boquillas de pulverización de gotas de lavado.
Tienen características estructurales que comunican a los gases el efecto de la fuerza centrífuga, inducida mediante una entrada tangencial de los gases, forzándolos a través de paletas o álabes, o haciéndolos pasar a través de cámaras donde describan una trayectoria espiral.
- Tamaño óptimo de PS (µm): mayor de 10.
- Concentración óptima de PS (mg/m3) a la entrada: mayor de 2000.
- Limitaciones de temperaturas (ºC): 5 a 350.
- Consumo de agua (l/m3 de gases): 0,4-0,7.

[23] www.inese.es

- Velocidad de los gases (m/s): 10-20; a la entrada.
- Pérdida de carga (mm c.a.): mayor de 50.
- Espacio requerido: importante.
- Rendimiento global (%, en peso): menor de 80.

Lavadores de impacto o choque

Se produce el lavado mediante impacto contra pantallas húmedas. Los lavadores de película de líquido ponen en contacto el gas con una película líquida que discurre sobre las superficies colectoras.
Además de la colección que resulta de la humidificación producida, el líquido sirve para mantener la superficie colectora libre de PS y prevenir que sean retomadas éstas (reentramiento) por el flujo gaseoso.
- Tamaño óptimo de PS (µm): mayor de 5.
- Concentración óptima de PS (mg/m3) a la entrada: mayor de 2000.
- Limitaciones de temperaturas (ºC): 5 a 350.
- Consumo de agua (l/m3 de gases): 0,1-0,7.
- Velocidad de los gases (m/s): 15-30; en la zona de impacto.
- Pérdida de carga (mm c.a.): mayor de 50; 150, típica.
- Espacio requerido: importante.
- Rendimiento global (%, en peso): menor de 80; típico.

Lavadores dinámicos

Como también ocurre para el caso de los correspondientes colectores secos, su característica diferencial es la presencia de elementos mecánicos móviles que coadyuvan a la acción centrífuga.
Ahora además con lavado mediante pulverización de agua.
- Tamaño óptimo de PS (µm): mayor de 10.
- Concentración óptima de PS (mg/m3): mayor de 2000.
- Limitaciones de temperaturas (ºC): 5 a 350.
- Consumo de agua (l/m3 de gases): 0,4-0,7.
- Consumo de energía (CV/1000 m3h-1): 1-3.
- Velocidad de los gases (m/s): 10-20; a la entrada.
- Pérdida de carga (mm c.a.): mayor de 200.
- Espacio requerido: pequeño.
- Rendimiento global (%, en peso): menor de 80

Torres de rociado o de pulverización

Cámara provista de boquillas de rociado de líquido en la que entran los gases y salen tras su lavado. Un ejemplo típico es la torre de relleno humedecido a contracorriente de la circulación de gases, aun cuando hay que señalar que el relleno se suele instalar cuando, además del lavado de PS, se

busca la absorción de algún gas contaminante. En la figura 4a se muestra otro ejemplo, en este caso con la pulverización líquida en la misma dirección del flujo de gases.
- Tamaño óptimo de PS (µm): mayor de 5.
- Concentración óptima de PS (mg/m3): mayor de 2000.
- Limitaciones de temperaturas (ºC): 5 a 350.
- Consumo de agua (l/m3 de gases): 0,4-2,7.
- Consumo de energía (CV/1000 m3h-1): 2-5.
- Velocidad de los gases (m/s): 10-20; en zona de relleno.
- Pérdida de carga (mm c.a.): mayor de 100; 150, típica.
- Espacio requerido: importante.
- Rendimiento global (%, en peso): menor de 90, típico

Lavadores Venturi

Venturi con boquillas de pulverización de líquido en la garganta.
- Tamaño óptimo de PS (µm): mayor de 2.
- Concentración óptima de PS (mg/m3): mayor de 2000.
- Limitaciones de temperaturas (ºC): 5 a 350.
- Consumo de agua (l/m3 de gases): 0,4-0,7.
- Velocidad de los gases (m/s): 60-120; en la garganta.
- Pérdida de carga (mm c.a.): mayor de 250.
- Espacio requerido: menor.
- Rendimiento global (%, en peso): menor de 99. Resulta el equipo de mejor eficacia dentro de los de lavado de PS, pudiéndose considerar el prototipo de lavador de alto rendimiento en la depuración de las mismas, tanto más cuanto que las torres se suelen emplear cuando se desea la adicional absorción de gases.

Lavadores de chorro

Bomba de chorro activada por agua basada en el mismo principio que el eyector o la trompa de agua.
- Tamaño óptimo de PS (µm): mayor de 5.
- Concentración óptima de PS (mg/m3): mayor de 2000.
- Limitaciones de temperaturas (ºC): 5 a 350.
- Consumo de agua (l/m3 de gases): 0,6-12.
- Velocidad de los gases (m/s): 10-15; a la entrada.
- Pérdida de carga (mm c.a.): Hay succión en vez de pérdida de carga. Rango típico de este tiro (mm c.a.): 100- 1500; según sea la presión del agua pulverizada (3- 10kg/cm2) y diámetro de la garganta (1,5-3 pulgadas; según se traten de caudales entre 10- 100 m3/h).
- Espacio requerido: menor.
- Rendimiento global (%, en peso): menor de 90.

4. Scrubbers.

Los lavadores húmedos, tienen como principio de operación, un proceso en el cual las partículas de polvo son transferidas de una corriente de gas a una de líquido. Este proceso de transferencia de masa depende fundamentalmente del tamaño del área interracial entre el gas y el líquido. La selección del tipo de lavador que se va ha utilizar depende principalmente de:

a) El tamaño de la partícula del dispersoide que se desea separar.
b) La eficiencia de recolección buscada
c) La caída de presión permisible.

Las torres Rociadoras el diseño más simple de Scrubber. En este caso se producen gotas liquidas por medio de boquillas de roció y se dejan asentar a través de una corriente de gases de ascenso. Las gotas deben tener tamaños de varíen de 500 a 1000 micrones de diámetro medio. Esto proporciona una eficiencia de recolección optima y asegura que la mayoría de las gotas tendrá una velocidad de sedimentación mayor que la velocidad ascendentes de la corriente de gas, que es normalmente alrededor de 0,610 y 1,219 m/s. Las boquillas tradicionales de rociado de cono completo son las que se utilizan con mayor frecuencia.

Las torres empacadas se utilizan, en general, para destilaciones y absorciones; pero casi nunca para recolección de partículas. Las excepciones incluyen elementos como los lechos de choque y piedras que se utilizan para las neblinas de ácido sulfúrico[24]

5. separadores electroestáticos

Un precipitador electrostático (PES) es un dispositivo de control de partículas que utiliza fuerzas eléctricas para mover las partículas fuera de la corriente de gas y sobre las placas del colector. A las partículas se les da una carga eléctrica forzándolas a que pasen a través de una corona, una región en la cual fluyen iones gaseosos. El campo eléctrico que forza a las partículas cargadas hacia las paredes, proviene de electrodos que se mantienen a un alto voltaje en el centro de la línea de flujo. un ejemplo de los componentes del precipitador electrostático.

Una vez que las partículas son recolectadas sobre las placas, deben ser removidas de las placas sin que se re-encaucen en la corriente de gas. Esto se logra usualmente desprendiéndolas de las placas, permitiendo que la capa de partículas recolectada se deslice hacia una tolva desde la cual son evacuadas.

[24] www.termovent.cl

Algunos precipitadores remueven las partículas con lavados con agua intermitente o continua.[25]

Precipitadores de Placa-Alambre

Los PESs de placa-alambre son utilizados en una amplia variedad de aplicaciones industriales, incluyendo calderas que queman carbón, hornos de cemento, incineradores de residuos no-peligrosos, calderas de recuperación en plantas de papel, unidades de refinación de petróleo por desintegración catalítica, plantas de sinterización, hornos básicos de oxígeno, hornos de chimenea abierta, hornos de arco eléctrico, baterías de hornos de coque y hornos de vidrio.

En un PESs de placa-alambre, el gas fluye entre placas paralelas de metal y electrodos a alto voltaje. Estos electrodos son alambres largos con pesas, colgando entre las placas o soportados ahí por estructuras tipo viguetas (armazones rígidas). En cada dirección de flujo, el flujo del gas debe pasar por cada alambre en secuencia a medida que fluye a través de la unidad.

Precipitadores de Placa Plana

Un número importante de precipitadores más pequeños (100,000 a 200,000 acfm), utilizan placas planas en lugar de alambres para los electrodos a alto voltaje. Estas placas planas (patente de la Corporación United McGill), incrementa el campo eléctrico promedio que puede ser usado para recolectar las partículas y proporcionan un área superficial aumentada para la recolección de las partículas. Las coronas no pueden generarse sobre las placas planas por si mismas, por lo que se colocan electrodos generadores de coronas por delante de, y a veces por detrás de las zonas de recolección de las placas planas. Estos electrodos pueden ser agujas puntiagudas adheridas a los bordes de las placas o alambres de corona independientes. A diferencia de los PESs de placa-3-8 alambre o de los tubulares, este diseño opera igualmente bien con polaridad ya sea negativa o positiva. Los fabricantes han escogido utilizar polaridad positiva para reducir la generación de ozono.

Un PES de placa plana opera con poca o ninguna corriente de corona fluyendo a través del polvo recolectado, excepto directamente bajo las agujas o alambres de la corona. Esto tiene dos consecuencias. La primera es que la unidad es algo menos susceptible a la corona invertida que lo que son las unidades convencionales, porque no se genera corona invertida en el polvo recolectado y las partículas cargadas con ambas polaridades de iones tienen

[25] www.epa.gov

gran superficie de recolección disponible. La segunda consecuencia es que la falta de corriente en la capa recolectada causa una fuerza eléctrica que tiende a remover la capa de la superficie de recolección; esto puede conducir a grandes pérdidas por golpeteo.

Los PESs de placa plana parecen tener amplia aplicación para partículas de alta resistividad con diámetros másicos medio (DMMs) pequeños (de 1 a 2 µm). Estas aplicaciones enfatizan especialmente las fortalezas del diseño porque las fuerzas eléctricas desprendedoras son más débiles para las partículas pequeñas que para las grandes. Las cenizas de carbón han sido recolectadas satisfactoriamente con este tipo de PES, pero una baja velocidad de flujo parece ser crítica para evitar pérdidas altas por golpeteo[26]

Precipitadores Tubulares

Los PESs originales eran tubulares, como las chimeneas donde eran colocados, con los electrodos a alto voltaje orientados a lo largo del eje del tubo. Los precipitadores tubulares tiene aplicaciones típicas en plantas de adición de ácido sulfúrico, limpieza del gas subproducto de los hornos de coque (remoción de alquitrán), y, recientemente, plantas de sinterización de hierro y acero. Tales unidades tubulares aún son utilizadas para algunas aplicaciones, con muchos tubos operando en paralelo para manejar mayores flujos de gas. Los tubos pueden tener forma como un panal circular, cuadrado o hexagonal con el gas fluyendo hacia arriba o hacia abajo. La longitud de los tubos puede seleccionarse según las condiciones. Un PES tubular puede sellarse herméticamente para prevenir fugas de material, especialmente material valioso o peligroso.

Un PES tubular es esencialmente una unidad de una etapa y es única, en que tiene a todo el gas pasando a través de la región del electrodo. El electrodo a alto voltaje opera a un voltaje en toda la longitud del tubo y la corriente varía a lo largo de su longitud a medida que las partículas son removidas del sistema. No hay rutas de escabullimiento alrededor de la región de recolección, pero las deformidades de la corona puede permitir que algunas partículas eviten cargarse en una fracción considerable de la longitud del tubo.

Los PESs tubulares son una porción pequeña de la población de PES y se aplican más comúnmente donde el particulado es húmedo o pegajoso. Estos PESs, usualmente limpiados con3-9 agua, tienen pérdidas por re-encauzamiento de una magnitud menor que la de los precipitadores de particulado seco[27]

[26] www.epa.gov
[27] www.epa.gov

Precipitadores Húmedos

Cualquiera de las configuraciones del precipitador discutidas anteriormente puede operar con paredes húmedas en vez de secas. El flujo del agua puede aplicarse intermitente o continuamente, para lavar las partículas recolectadas hacia un cárcamo para su disposición. La ventaja del precipitador de pared húmeda es que no tiene problemas con el reencauzamiento por golpeteo o con coronas invertidas. La desventaja es la mayor dificultad del lavado y el hecho de que el lodo recolectado debe ser manejado más cuidadosamente que un producto seco, aumentando los gastos de disposición.

Precipitadores de Dos Etapas

Los precipitadores descritos previamente son todos paralelos en naturaleza, v.g., los electrodos de descarga y de recolección están lado a lado. El precipitador de dos etapas, inventado por Penney es un dispositivo en serie con el electrodo de descarga o ionizador, precediendo a los electrodos de recolección. Para aplicaciones en interiores, la unidad es operada con una polaridad positiva para limitar la generación de ozono.

Las ventajas de esta configuración incluyen más tiempo para cargar las partículas, menos propensión a corona invertida y construcción económica para tamaños pequeños. Este tipo de precipitador es generalmente utilizado para volúmenes de flujo de gas de 50,000 acfm y menos y se aplica a fuentes submicrométricas emitiendo rocíos de aceite, humos, gases de combustión u otros particulados pegajosos, porque hay poca fuerza eléctrica para retener a los particulados recolectados sobre las placas. Pueden colocarse módulos en paralelo o en arreglos serie-paralelo, consistentes de un pre-filtro mecánico, ionizador, celda de la placa recolectora, post-filtro y caja de poder. El pre-acondicionamiento de los gases es normalmente parte del sistema. La limpieza puede ser por lavado con agua de los módulos removidos del sistema, hasta automático in-situ, por aspersión del colector con detergente, seguido de secado por sopleteo con aire. Se considera que los precipitadores de dos etapas son tipos de dispositivos separados y distintos comparados con los PESs grandes de una etapa, de alto volumen de gas. Los dispositivos más pequeños son vendidos usualmente como sistemas en paquete pre-diseñados.[28]

[28] www.epa.gov