



Universidad
Nacional
de Córdoba

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

Cátedra: Higiene y Seguridad

Tema: Contaminación Ambiental

- Integrantes: Arias Gracey, Marcos – Baronio, Franco – Hidalgo Galliana, Santiago Gastón – Odetti, Santhiago.
- Fecha de Presentación: 13/09/21
- Grupo 11

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Introducción

Las obras de ingeniería generan contaminación debido a diversos factores. Se puede hablar de contaminación atmosférica, sonora, del agua, del suelo, lumínica, etc. Por otro lado, dentro de las mismas, se generan condiciones que pueden afectar la salud de los operarios, tales como la contaminación sonora debido a los ruidos, química debido a la exposición de sustancias como cales u otros materiales de la construcción, lumínicas debido a la exposición de los ojos frente a soldaduras, del aire debido a la concentración de contaminantes en el mismo inhalado por los operarios, etc. En el presente trabajo se desarrolla este último aspecto: Contaminación del aire en ambientes de trabajo.

El control de la contaminación del aire en los lugares de trabajo es un aspecto muy importante de todo programa de Higiene Laboral. Es parte de un tema más general: La Contaminación del Aire, sin embargo su estudio ha tenido un desarrollo casi autónomo y en muchos aspectos ha precedido a la preocupación por otras caras del problema tales como la Contaminación de la Atmósfera General.

Si bien en algunos tipos de industria (química, textil, molinos de minerales, etc) el factor contaminación del aire es prioritario cuando se lo compara con otros (ruidos, carga térmica, etc.) es también cierto que existe en mayor o menor grado en todo tipo de actividades.

Se puede decir que el uso de sustancias químicas en una tarea puede ocasionar el pasaje de parte de esa sustancia al aire, su mezcla o suspensión en él y la posibilidad del contacto por la vía respiratoria de los obreros.

En toda actividad productiva hay una interrelación HOMBRE-AMBIENTE-TAREA que conviene describamos. La tarea es realizada por el hombre en un ámbito denominado AMBIENTE mediante el empleo de equipos, materiales y el consumo de energía. Si bien el trabajo es realizado por el hombre, a su vez ejerce una acción sobre el ambiente, ya sea directamente o volcando en él una serie de subproductos no deseados tales como: contaminantes, ruidos, vibraciones. A este tipo de contaminación la denominamos: Contaminación del Ambiente de Trabajo.

El hombre sometido a la acción directa o indirecta de la tarea, reacciona mediante mecanismos defensivos. Cuando el efecto producido en su organismo supera sus posibilidades anatómicas y fisiológicas, las defensas se ven superadas y se producen daños demostrables objetivamente. La función de la Higiene del Trabajo es evitar estos daños mediante las medidas de prevención y corrección adecuadas.

Estas son premisas en las que se basa la higiene del trabajo:

Los factores ambientales inciden sobre todo sistema biológico expuesto a ellos.

Los factores ambientales pueden tener una acción positiva, neutra o perjudicial sobre los sistemas biológicos.

Esta acción depende del nivel que tengan esos factores en el ambiente, y del tiempo de exposición.

Los niveles perjudiciales están precedidos por niveles que ejercen acciones de alerta

Los efectos de alerta en sus distintas formas permiten detectar situaciones de pre-dáño.

Los efectos perjudiciales pueden ser evaluados cuantitativamente y permiten establecer criterios de daño sobre los sistemas biológicos.

Los criterios de daño, mediante la aplicación de factores de seguridad, permiten establecer criterios de daño sobre los sistemas biológicos.

Tanto los criterios de daño como los niveles de tolerancia son datos estadísticos aplicables a un porcentaje de la población laboral que se desea proteger

Aplicando la técnica adecuada de control es posible mantener niveles de exposición por debajo de los límites de tolerancia.

Definiciones

AMBIENTE DE TRABAJO: Conjunto formado por la ubicación física, equipos, materiales y tareas desarrolladas por un trabajador en el desempeño de su trabajo.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: Sustancia contenida en el aire que no forma parte de la composición normal de éste, o que está presente en una cantidad anormal.

COMPOSICIÓN DEL AIRE:

Nitrógeno: 78%
Oxígeno: 21%
Dióxido de Carbono: 0,2%
Gases Raros

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LOS AMBIENTES DE TRABAJO: Presencia en el aire del ambiente de trabajo de sustancias en concentraciones tales que en el tiempo habitual de exposición, pueden producir efectos en los trabajadores.

Generación y diseminación de contaminantes

En el ambiente de trabajo se pueden encontrar uno o más contaminantes suspendidos en el aire. Es importante analizar su forma de generación, ya sean gaseosos o particulados y también la disminución del oxígeno del aire.

Gaseosos

Su mezcla con el aire es rápida, su densidad puede ser menor o mayor que el aire. En el primer caso su mezcla es rápida pero es peligroso el segundo caso en el cual se pueden producir acumulaciones cerca del suelo y por debajo de este nivel creando situaciones de riesgo especial.

Si bien la velocidad de generación de gases o vapores depende del tipo de proceso que los origina, desde el punto de vista de contaminación accidental, los que se mantienen bajo presión y/o temperatura elevada son los que poseen mayor potencial de riesgo.

Partículas

Las partículas sólidas que constituyen los polvos industriales generados por fragmentación, pueden suspenderse en el aire directamente o suspenderse por agitación de polvos depositados sobre el piso y otras superficies.

Disminución del oxígeno

Puede originarse de dos maneras:

Desplazamiento por otros gases

Consumo

En el primer caso para gases de mayor densidad que el aire, hasta que la mezcla se haga homogénea, el gas que desplaza se ubicará cerca del nivel más bajo, creando zonas de alto riesgo, en cambio si los gases son de menor densidad que el aire, el desplazamiento de éste se hará hacia arriba, situación que puede ser útil para escape en emergencias.

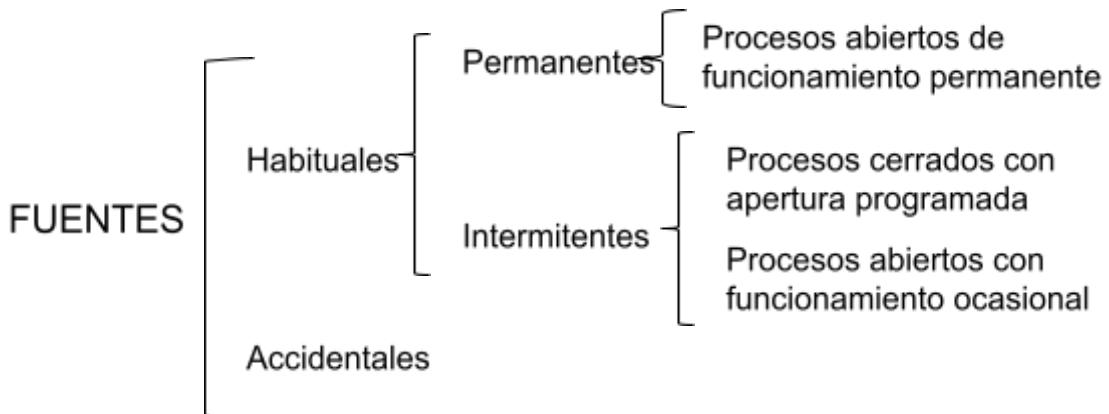
En el segundo caso, el consumo se produce por reacciones de oxidación, de las cuales la respiración del hombre es la más común, otras situaciones son las soldaduras y corte de metales con soplete.

Este consumo es crítico en lugares confinados o mal ventilados, ya que el oxígeno puede agotarse rápidamente.

La evaluación de estos ambientes previa al acceso y durante las tareas debe incluir análisis periódicos de oxígeno.

Fuentes de contaminación

Podemos clasificarlas en habituales (asociadas con procesos productivos) o accidentales (incendios, derrames, pérdidas, fugas, etc).



Procesos más frecuentemente identificados en la industria como fuentes de contaminación.

Combustión

Fusión de metales (soldadura)

Líquidos o soluciones calientes

Uso de solventes

Procesos que generan polvos o nieblas: pulido, molido, serruchado, tamizado, etc.

Uso de materiales bajo presión

Tratamiento superficial de metales (cromado, niquelado, grabado, limpieza)

Reglamentación Vigente

En la Argentina se comenzó a involucrar la cuestión de contaminación ambiental en el decreto reglamentario 351/79 de la ley 19587 donde en su artículo 61, sus incisos hablan de lo siguiente:

1. Concentraciones máximas permisibles, revisión anual (Anexo III)
2. Análisis de aire periódicos en ambientes de potencial poder cont.
3. Usar las últimas tecnologías disponibles.
4. Problemas de mezclas, situaciones concurrentes.
5. Procedimiento de los inspectores.

Luego en 1996 se hizo otro decreto que derogó el 351, el 911/96, que responsabiliza al sector de Higiene y Seguridad para tomar las medidas necesarias de prevención y control en ámbitos laborales de potencial peligro contaminante para evitar que los mismos puedan afectar la salud del trabajador. En caso de no ser posible, se entregarán elementos de protección personal adecuada y de uso obligatorio a todos los trabajadores expuestos.

Las concentraciones máximas permisibles se encuentran en la Resolución MTSS N° 444/91 que serán revisadas periódicamente.

Objetivos del estudio de la contaminación en lugares de trabajo

1. Proteger la salud del trabajador.
2. Evitar molestias intolerables al trabajador.
3. Cumplir con la ley.
4. Proteger las instalaciones de riesgos de incendio, etc.
5. Demostrar cumplimiento, por parte del empleador, de los límites de contaminación

DETECCIÓN

UNIDADES

Hay dos tipos principales:

- para expresar concentración volumétrica (V/V)
- para expresar concentración mísica (P/V)

concentración volumétrica:

⇒ ppm: partes por millón en estado gaseoso del contaminante en un millón de partes de aire.

El volumen se mide en condiciones de 25°C y 760 mm de Hg.

⇒ Porcentaje (%): porcentaje el contaminante gaseoso en 100 partes de aire (V/V)

concentración mísica:

⇒ mg/m³: miligramos de contaminante (sólido, líquido o gaseoso) en un metro cúbico de aire.

⇒ $\mu\text{g}/\text{m}^3$: con el estudio de sustancias con límites de exposición muy bajos.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES EN AIRE

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

Se establecen en base a algún efecto indeseable. Nos referimos a límites en relación con los efectos sobre los trabajadores.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL DESARROLLO DE LIMITES DE EXPOSICIÓN
los trabajadores inhalan un contaminante dado en su lugar de trabajo en función de dos parámetros externos al organismo:

C: concentración del contaminante en el aire

T: tiempo de exposición.

E: exposición

$$E = C \times T$$

Debe tenerse en cuenta el caudal respiratorio, que condiciona la cantidad de contaminante que penetra en el aparato respiratorio

$$Q = V \times n = 0.009 \text{ m}^3/\text{min}$$

V: volumen introducido por cada movimiento respiratorio (0.6 l)

n: número de movimientos respiratorios por minuto (18)

La dosis total diaria Dt

$$Dt = E \times Q$$

Estos factores externos no nos dicen cuánto contaminante se incorporó al organismo, para esto se deben conocer los factores internos:

F: coeficiente de absorción

Cd: coeficiente de depuración

Con estos factores se obtiene la dosis efectiva (De) que debe entenderse como dosis de efecto perjudicial para los fines de la higiene industrial.

$$De = Dt \times F \times Cd$$

Como el error de este método es demasiado grande, se adopta otra metodología que consiste en la observación de poblaciones sometidas a diferentes exposiciones con un contaminante. Estos estudios pueden ser

- toxicológicos
- epidemiológicos

En toxicología se aplica la ley de HABER: $K = C \times T$

K: constante llamada índice de efecto

C: concentración expresada como mg/kg de peso

T: tiempo

Para un efecto dado, la concentración puede variar; siempre que el producto sea constante.

LÍMITES ADMISIBLES

El límite cero de una sustancia manipulada por el trabajador es teóricamente deseable pero en la práctica carece de significado como objetivo.

Se debe establecer un valor de concentración en un tiempo dado que no produzca efecto. Los efectos más importantes sobre la salud son: enfermedad, irritación intolerable, sensibilización, muerte.

Una vez conocida una concentración que puede producir el efecto (o criterio de daño) se adopta un límite inferior, tomando un factor de seguridad. Estos factores varían según el tipo de daño que producen los contaminantes.

Los criterios de daño en las leyes argentinas se llaman efectos adversos y los límites se determinan según estudios epidemiológicos en industrias o estudios toxicológicos en los animales de laboratorio.

En la Argentina IRAM ha normalizado la terminología para los límites, llamándolos “Concentraciones o Límites Máximos.”

- ⌚ *Límite admisible de concentración (CA)*: concentración de un contaminante en el aire que permite la exposición de la mayor parte de los trabajadores sin efectos adversos.
- ⌚ *Límite admisible de concentración para la jornada laboral (CAL)*: concentración admisible para exposiciones diarias durante toda la vida laboral, sin efectos adversos. No protege al 100% de los trabajadores, los más susceptibles pueden afectarse.
- ⌚ *Límite admisible de concentración promedio para la jornada laboral (CAP)*: es la CAL calculada como promedio ponderado en el tiempo para 8 horas diarias y 40 horas semanales.

No se debe confundir el *límite admisible* que es el número legal para clasificar una exposición como segura o no desde el punto de vista de la salud, con la *concentración promedio* que es el valor obtenido de mediciones realizadas en el ambiente de trabajo. Los límites expresados como concentraciones promedio se aplican a sustancias cuyos efectos se producen después de exposiciones reiteradas, durante largo tiempo (efectos crónicos).

- ⌚ *Límite admisible de concentración máxima (CAM)*: es la CAL que no debe ser sobrepasada en ningún momento de la jornada laboral. Son para sustancias con efectos agudos, es decir, producen efectos con una sola exposición. Corresponde establecer CAM para sustancias cuyo efecto depende más de la concentración en el aire que del tiempo de exposición.
- ⌚ *Factor de tolerancia (Ft)*: factor que multiplicado por la CAP indica la concentración que no debe ser sobrepasada en ningún momento de la jornada laboral (excluye las sustancias con CAM).
- ⌚ *Límite admisible de concentración para períodos breves (CAB)*: similares al Ft x CAP pero con las siguientes limitaciones: no pueden darse más de 4 lapsos a esa concentración en la jornada, no pueden durar más de 15 minutos cada uno y debe haber una separación mínima de una hora entre picos.

LÍMITES PARA PERIODOS ESPECIALES

La CAP se aplica a 8 hs diarias y 40 semanales, cuando se trabaja con otros esquemas horarios los límites deben ser corregidos. Un método sencillo se basa en el concepto que el aumento de horas de exposición disminuye el tiempo de recuperación. Se debe calcular un factor de reducción FR:

$$FR = \frac{8}{h} \times \frac{24-h}{16}$$

h: horas trabajadas

Esta reducción se aplica a CAP y CAM, excepto a esta última si produce efectos irritantes. El procedimiento de fijación de límites para períodos especiales no se aplica a vivir (24 horas), ni a esquemas horarios de menos de 7 hs diarias y 35 semanales. No son necesarios los límites para sustancias que se acumulan lentamente en el cuerpo si se cumplen las 40 hs semanales.

LÍMITES PARA ASFIXIANTES SIMPLES

Son gases cuya única propiedad peligrosa para la salud es el desplazamiento del oxígeno del aire con el resultado de su disminución a concentraciones inferiores a 18% (V/V).

LIMITES PARA PARTÍCULAS

están relacionadas con la ubicación del aparato respiratorio donde se absorben o ejercen su acción nociva y con los métodos de muestreo y análisis.

APLICACIONES DE LOS LÍMITES

Los límites no se aplican cuando las condiciones ambientales sean muy rigurosas. Esto se debe a adaptaciones respiratorias, circulatorias, de la piel, etc. Que pueden llevar a una dosis efectiva diferente.

LÍMITES BIOLÓGICOS

Los contaminantes al circular o eliminarse del organismo lo hacen de tal forma que pueden dar pautas de la cantidad que ha ido incorporándose durante un lapso dado. Cuando se determina una buena correlación entre la concentración en sangre, orina, etc. y la concentración en aire, se pueden establecer límites en los fluidos que aseguren la ausencia de efectos perjudiciales. A estas concentraciones se las denomina límites biológicos.

Es conveniente usar métodos biológicos de evaluación cuando:

- Se trabaja con sustancias químicas cuya absorción por la piel es una vía de entrada significativa.
- Las sustancias manipuladas tienen una alta toxicidad crónica.
- Las sustancias no tienen métodos adecuados de evaluación en el aire de los lugares de trabajo.
- Se trata de compuestos con efecto cianogénico. (Se llama sustancia cianógena al gas incoloro de olor penetrante, compuesto por nitrógeno y carbono).

MEZCLAS

Cuando se presentan simultáneamente varios contaminantes en el aire las condiciones deben ser estudiadas para establecer nuevos límites, si es necesario. Esto depende del tipo de acción de cada contaminante. Se dan varios casos:

- ❖ Los efectos son aditivos: cuando se miden por separado, la fórmula general para su cumplimiento es:

$$\frac{C_1}{CAP_1} + \frac{C_2}{CAP_2} + \dots + \frac{C_n}{CAP_n} \leq 1$$

- ❖ Los efectos son independientes: cada uno evaluado por separado debe cumplir con su propio límite:

$$\frac{C_1}{CAP_1} \leq 1 ; \frac{C_2}{CAP_2} \leq 1 ; \frac{C_n}{CAP_n} \leq 1$$

- ❖ Los efectos son sinérgicos: los efectos producidos por la mezcla son mayores que la suma de ambos.

Ejemplo: cigarrillo + amianto producen una incidencia de cáncer en las vías respiratorias, superior a la producida por los dos cuando actúan separadamente.

- ❖ Los efectos son antagónicos: los efectos de la mezcla son menores a la suma de los efectos tomados por separado.

Ejemplo: los vapores de óxidos de nitrógeno inhalados con polvo de óxido de hierro producen menor daño que separadamente.

Los casos de efectos sinérgicos y antagónicos se analizan según estudios especiales.

NIVEL DE ATENCIÓN

Es la mitad de la concentración admisible. Cuando un contaminante cumple con la CAP, pero su concentración está por encima del nivel de acción se requiere un programa de seguimiento del personal expuesto mediante exámenes de salud más frecuentes, reentrenamiento y análisis de aire periódicos.

Este límite se ha establecido como prevención adicional, ante la gran variabilidad ambiental. También se llama nivel de acción.

LÍMITES PARA CANCERÍGENOS

Hay varias tendencias con respecto a la fijación de límites admisibles para estas sustancias. La ACGIH (Conferencia americana de Higienistas Industriales del Gobierno) los clasifica en tres categorías:

A1a Cancerígenos humanos con CAP establecida

A1b Cancerígenos humanos sin CAP establecida. Son los más peligrosos y debe impedirse el contacto por cualquier vía.

A2 Sustancias asociadas con procesos industriales, con posible potencial cancerígeno para el hombre, no confirmados. Puede o no tener CAP establecida.

CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Existen dos tipos de clasificación de los contaminantes; una dada por la ley 19587 (351/79); y otra más general; que es la que comentaremos a continuación.

En lo que respecta a la clasificación general, los mismos se pueden clasificar de acuerdo a su composición química, a sus propiedades toxicológicas y por su forma de dispersión en el aire (clasificación física).

Por su composición química:

- Inorgánicos: cloro, dióxido de cloro, óxidos de nitrógeno, etc.
- Orgánicos: benceno, tolueno, acetato de etilo, cloroformo, etc.

Los compuestos orgánicos, se dividen a su vez en hidrocarburos, cetonas, alcoholes, aminas, etc.

Por su acción sobre el hombre (propiedades toxicológicas):

Es la clasificación típica usada en toxicología (asfixiantes, irritantes, sensibilizantes, tóxicos de sistemas, cancerígenos, etc.

Por su forma de dispersión en el aire:

La misma tiene en cuenta el estado físico del contaminante, su forma de generación y el tipo de dispersión que forma al mezclarse con el aire.

Un contaminante forma en el aire, un sistema disperso con dos fases: la dispersante (aire) y la dispersa (el contaminante). Los sistemas dispersos se dividen según el diámetro de la faz dispersa en :

- Soluciones verdaderas (contaminante menor de 0.001 μm)
- Soluciones coloidales (contaminante entre 0.001 μm y 0.1 μm)
- Suspensiones (contaminante mayor de 0.1 μm)

Los contaminantes se clasifican en dos tipos según el tamaño de la faz dispersa:

A) Faz dispersa = moléculas

Pueden ser **gases** (no tienen forma ni volumen propio); como ser cloro, fosgeno, hidrógeno o bien **vapores** (sustancias que a la temperatura y presión ambientales son un líquido o un sólido) como ser vapores de éter, sulfuro de carbono, mercurio, etc.

B) Faz dispersa = partículas sólidas o líquidas

A estas dispersiones se las llama aerosoles y se usa para denominar a nubes con partículas menores de 100 μm de diámetro, suspendidas en el aire.

Cuando son visibles, se los suele llamar Nieblas, las cuales están compuestas por partículas sólidas y líquidas y pueden ser producidas por :

- 1) Dispersión mecánica: atomizado espuma (nieblas de aceite, o ácido)
- 2) Condensación de un vapor (niebla de vapor de agua)

Aerosoles formados por partículas sólidas: los denominados "polvos" se originan por acción mecánica simple (silice, carbón, etc) o bien acompañadas por la evaporación de un sólido (insecticida)

C) Mixtos

Es el humo producido por combustión incompleta de materia orgánica : papel, madera, cigarrillos (smoke)

Otra contaminación que debe tenerse en cuenta y no entra en la clasificación es la **falta de Oxígeno** ; el aire contiene 20.9% de O₂ ; si el % es menor a 18 % se producen efectos perjudiciales para la salud.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINANTES SEGÚN LA LEY 19587 (decreto 351/79)

Vía dérmica: Cuando para una sustancia se señala la notación "Vía Dérmica" ello hace referencia a las sustancias vehiculizadas a través del aire, y los posibles contactos directos de estas sustancias con la piel y mucosas. La absorción cutánea se afecta mucho según los

agentes vehiculizadores de estas sustancias.

Esta observación sobre posible entrada por "Vía Dérmita", ha de servir para llamar la atención y sugerir medidas para prevenir la absorción cutánea con el objeto de no enmascarar o invalidar las correspondientes concentraciones máximas permisibles.

Mezclas: Merece consideración especial también la aplicación de las concentraciones máximas permisibles para determinar los riesgos en el caso de exposición a mezclas de dos o más sustancias.

Partículas molestas: Las excesivas concentraciones de polvos molestos en los ambientes de trabajo pueden reducir la visibilidad, producir depósitos molestos en los ojos, oídos y fosas nasales o producir daños en la piel o en las membranas mucosas, por una acción química o mecánica, ya que por sí mismo o porque se precise de una energética limpieza de la piel para su eliminación.

Para aquellas sustancias de este tipo y para otras a las que no se ha asignado un umbral límite específico, se fija el de 10 mg/m³ o 1.060 mppmc (millones de partículas por metro cúbico de aire) de polvo total, siempre que este contenga menos de 1% de sílice.

Asfixiantes simples. Gases o vapores inertes: Ciertos gases o vapores cuando se hallan presentes en el aire a altas concentraciones actúan fundamentalmente como asfixiantes simples sin otro efecto fisiológico significativo. Para cada asfixiante simple no puede recomendarse umbral límite alguno, debido a que el factor determinante es el oxígeno disponible.

En condiciones normales de presión atmosférica (es decir, equivalentes a una presión parcial de oxígeno -pO₂ 135 mm. Hg) el contenido mínimo de oxígeno debe ser del 18% expresado en volumen. Las atmósferas deficientes en O₂ no originan signos adecuados de alarma y la mayoría de los asfixiantes simples son inodoros.

Algunos asfixiantes simples tienen además riesgo explosivo. Este factor debe tenerse en cuenta al fijarse los límites de las concentraciones ambientales de los gases y vapores asfixiantes simples.

DESARROLLO DE LAS ETAPAS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

El programa de control de la contaminación se divide en tres etapas

- A) Detección
- B) Evaluación
- C) Corrección

A) DETECCIÓN

Objetivos:

- Definir las sustancias que son potenciales contaminantes.
- Definir la necesidad de evaluar cuantitativamente los contaminantes.

Se debe realizar:

- Antes de poner en marcha la planta, equipo o proceso.
- Al realizarse modificaciones.

- En el momento de comenzar el programa.

El reconocimiento o detección se realiza en tres etapas:

PRELIMINAR

Estudio de los materiales en uso (materias primas, productos, subproductos, pinturas, materiales de limpieza, materiales de construcción, combustibles, etc.)

El estudio se encara con las siguientes técnicas:

- Planos de fábrica;
- Diagramas de proceso;
- Lista de materiales
- Descripción de tareas
- Estudio de los modos operativos
- Visita a los ambientes de trabajo
- Contactos con supervisión de producción, proceso e ingeniería y operarios

INTERMEDIA

- Obtener información de la literatura existente
- Clasificar según riesgo
- Comprobar existencia de contaminante mediante el uso de los sentidos
- Otras fuentes de información (quejas de empleados, uso del servicio médico, etc.)

FINAL

Se debe confeccionar una lista de prioridades de evaluación con los contaminantes seleccionados. Se debe tener en cuenta la exposición potencial de los empleados y la habilidad de la sustancia para producir daño.

El siguiente es un ejemplo del método:

Se analizan los factores y se les asigna un puntaje:

- Vía de entrada al organismo.
- Clasificación de toxicidad aguda.
- Clasificación de toxicidad crónica
- Clasificación física.
- Cantidad usada.
- Número de empleados expuestos.

B) EVALUACIÓN

Los objetivos de la evaluación son:

Determinar la exposición de los obreros a concentraciones límites.

Verificar el incumplimiento por parte del empleador y/o el empleado frente a las autoridades.

Establecer la necesidad del uso de protección respiratoria.

Definir y controlar la eficiencia de las medidas de corrección anteriormente aplicadas.

Aspectos a resolver

- Cantidad de muestras
- Tiempo de muestreo
- Lugar del muestreo
- Definición del cumplimiento

Variabilidad ambiental

Los contaminantes tienen una fluctuación en el tiempo y por esta razón es necesaria una PROGRAMACIÓN DE MUESTREO, consistente en:

- Elegir las prioridades de muestreo, según lista ya confeccionada.
- Hacer lista completa de ambientes y tareas.
- Hacer descripción sucinta de cada tareas con potencial de contaminación.
- Adoptar una política de muestreo. La tendencia es a muestrear tareas, más que ambientes, para evaluar la exposición de grupos de trabajadores con trabajo similar.
- Elegir al "Empleado de Mayor Riesgo" (EMR), dentro de cada tarea tipo.

Elección del Empleado de Mayor Riesgo

La situación ideal es muestrear individualmente a todos los empleados pero esto es muy costoso y por tal motivo se adopta un empleado del grupo que por diversas razones está más expuesto al contaminante.

En general el mejor método de selección es la observación del trabajo del grupo, buscando el hombre que se encuentra más próximo a la fuente, que menos sale del ambiente contaminado y que tiene hábitos de trabajo que lo exponen más al contaminante.

Si no se puede elegir un EMR, habrá que seleccionar al azar un número suficiente (una muestra). El tamaño debe ser adecuado para que sea altamente probable (90%) que contenga por lo menos un EMR.

Al concluir el estudio si el "EMR" cumple el límite, todos los demás también lo cumplirán y no es necesario seguir muestreando.

Si el "EMR" no cumple entonces se deberán muestrear todos los empleados del grupo.

Tipos de muestreo en relación con la ubicación del equipo de muestreo

Tipo A: Aire general.

El equipo se coloca en un lugar fijo en el ambiente de trabajo a la altura de la cabeza del trabajador. Se estudia luego la permanencia de un trabajador en cada lugar.

INCONVENIENTES

Equipo con sensor único. El problema en este caso es donde colocarlo y con sensores múltiples es costoso y además se ha comprobado que gran parte de la

contaminación a que está expuesto un hombre es generada por él mismo y a una distancia corta de su cuerpo.

En general cuando se requiera una alarma en emergencia o un registro continuo se utilizan estos equipos.

No debe utilizarse para evaluación de exposición, a menos que las muestras se tomen a menos de 1 metro de la zona respiratoria del operario, en tareas estacionarias.

Tipo B: Muestreo de zona respiratoria

Se realiza con un laboratorista u otra persona que toma la muestra lo más cerca posible del empleado y en su zona respiratoria.

INCONVENIENTES

Solo para muestreos cortos. Es caro y puede perturbar la tarea.

Tipo C: Muestreo personal

El equipo de muestreo se coloca sobre el trabajador, quien lo lleva continuamente durante operaciones y descansos. Es el tipo apropiado para muestras prolongadas, de toda la jornada, con tareas en distintos lugares. La muestra es representativa de la real exposición del trabajador.

INCONVENIENTES

Trabajar con el equipo encima. Posibles roturas del equipo, manipulación de los resultados por el operario, problemas sindicales, etc.

Tipos de muestreo en relación al período

1. Muestreo de período completo, con muestra única: Es una medición integrada de la exposición durante el período.
2. Muestreo de período completo - Muestras consecutivas: Muestras consecutivas son una serie de muestras tomadas sin solución de continuidad y sin superposiciones. Pueden ser de igual o distinta duración.
3. Muestreo de período parcial: Puede ser una o varias muestras. Debe cubrir entre el 80% y 70 % del período.
4. Muestreo instantáneo en serie, con lapsos elegidos al azar: Muestra instantánea es aquella cuyo tiempo es pequeño comparado con el período para el cual está definido el límite admisible.

Muestra representativa

El problema de la representatividad de la muestra es importante. Si se toma una muestra breve el resultado es representativo del volumen y período muestreados, que son necesariamente pequeños. Lógicamente esto implica que la porción de tarea muestreada es también pequeña con relación al total (8 hs) pero, si en ese momento dio un pico de concentración, la muestra será óptima para detectarlo.

Si en cambio se toma una muestra de la jornada total, obtenemos un excelente promedio de las concentraciones en el lugar o tarea donde se tomó dicha muestra. Pero no nos informa de las variaciones ocurridas y por lo tanto no es representativa de la exposición en períodos cortos.

Por esto es necesario definir la representatividad de la exposición en relación con los límites de exposición.

Un muestreo ideal sería aquel que estuviera en condiciones de suministrar información de concentración promedio de períodos largos y simultáneamente las variaciones puntuales. En la actualidad existen equipos que toman muestras personales que hacen un registro continuo de la concentración e integran los resultados dando la dosis total en número de horas del muestreo.

Fuentes de variación primarias que afectan la estimación de los promedios de exposición

- a) ERRORES FORTUITOS DEL EQUIPO DE MUESTREO
- b) ERRORES FORTUITOS DEL MÉTODO ANALÍTICO.
- c) FLUCTUACIONES DE LA CONCENTRACIÓN DEL CONTAMINANTE DURANTE LA JORNADA
- d) FLUCTUACIONES DE LA CONCENTRACIÓN DEL CONTAMINANTE DÍA TRAS DÍA
- e) CAMBIOS SISTEMÁTICOS EN LA CONCENTRACIÓN DEL CONTAMINANTE.
- f) ERRORES SISTEMÁTICOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

Todos estos errores deben ser tenidos en cuenta cuando se prepara un muestreo. Los errores tipo a, b, c y d son denominados indeterminados, estadísticos o aleatorios. Pueden ser calculados, pero no prevenidos.

Los errores tipo e y f no se pueden calcular, pero se pueden prevenir mediante análisis paralelo con otro método, entrenamiento del personal, calibraciones frecuentes, etc.

C) CORRECCIÓN

Dado que el riesgo depende de la concentración del contaminante y del tiempo de exposición, está claro que para reducir el riesgo habrá que actuar sobre ambos parámetros. Sin embargo, debido a que el tiempo de exposición no es fácil disminuirlo, se busca reducir la concentración de contaminantes a los que se halle expuesto el trabajador. A continuación, se detallan las acciones para reducir esta concentración:

- 1) Acciones sobre la fuente emisora del contaminante:
 - a. Modificaciones del proceso productivo
 - b. Aislamiento de las etapas productivas contaminantes
 - c. Operaciones con método húmedo para reducir el polvo en el ambiente
 - d. Adecuado mantenimiento de las maquinarias e instalaciones
- 2) Acciones sobre el medio de transmisión entre la fuente emisora y el trabajador:
 - a. Sistemas de extracción localizada y ventilación general
 - b. Mantenimiento de los sistemas de extracción y ventilación

3) Acciones sobre el trabajador:

- a. Capacitación sobre los riesgos químicos inherentes a su puesto de trabajo y las medidas preventivas que debe adoptar durante la realización de su tarea
- b. Ubicación del trabajador en un recinto auxiliar debidamente protegido
- c. Evitar el consumo de alimentos y/o bebidas como así también el fumar en el ambiente/puesto de trabajo
- d. Utilizar los elementos de protección personal otorgados por el empleador, los cuales deberán contar con la certificación de calidad otorgada por el proveedor.

ANÁLISIS DE AIRE PARA LA EVALUACIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES

Este es fundamental, ya que sin un análisis o método adecuado, no se pueden establecer ciertos límites de exposición.

El análisis requiere dos operaciones básicas:

- Toma de la muestra
- Análisis de la muestra (cuantitativo)

Estas operaciones pueden ser realizadas separada o simultáneamente; pero el orden operativo es siempre el mismo (CAPTACIÓN, RETENCIÓN, MEDICIÓN)

La evaluación requiere conocimientos, equipos y habilidades específicas y debe ser realizada por personal especializado en higiene del trabajo. La muestra debe ser representativa de la condición del aire a la cual está expuesto el trabajador.

CÁLCULOS NECESARIOS PARA ADECUAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA A LA SENSIBILIDAD DEL MÉTODO ANALÍTICO:

Hay dos variables que pueden utilizarse : Tiempos de muestreo y caudal, ya que estas determinan el volumen de aire a circular o retener.

- a) El caudal tiene un límite inferior y uno superior dados por la capacidad del equipo de succión usado (bomba miniatura o de gran caudal). Algunos métodos de recolección estipulan caudales fijos.
- b) Es más útil adecuar el Tiempo de Muestreo para circular el volumen de aire requerido. Si la cantidad mínima requerida de la muestra se conoce, se aplica la sgte. fórmula:

$$\text{Tiempo de muestreo} = \frac{\text{Cantidad mínima de la muestra (mg)}}{\frac{1}{2} \text{ CAP mg/m}^3 \times \text{caudal de la bomba m}^3/\text{min}}$$

Dependiendo del tipo de método a utilizar, se necesitarán mayores o menores cantidades de muestra.

Existen métodos gravimétricos, químicos, instrumentales; cada uno posee una cierta sensibilidad para detectar las concentraciones de los distintos contaminantes dispersos en el aire.

El aumento de sensibilidad permite obtener información cuantitativa de muestras de aire muy pequeñas en volumen y de duración muy breve (pocos min. ó seg.). Estas

muestras “súper instantáneas” sin embargo tienen poca representatividad con respecto a períodos de exposición más largos.

Cuando se toman muestras personales de Período Completo (8 horas) el problema se invierte, pues es necesario no sobrepasar el límite superior de sensibilidad del método; por ello se calcula el caudal de la sgte. manera :

$$Q / \text{min} = \frac{\text{Cantidad máxima de muestra (mg)}}{1/10 \text{ CAP (mg/m}^3\text{)} \times \text{tiempo (min)}}$$

TREN DE MUESTREO DE CONTAMINANTES

Es un sistema manual diseñado para el muestreo de gases ambientales por el método de la **absorción** química. El sistema consiste básicamente en una bomba de succión, un manómetro, un frasco dreschel, una solución captadora y mangueras de tygon que unen el sistema entre sí. El contaminante a muestrearse depende de la solución captadora utilizada. Por lo general se emplean tiempos de muestreo de 24 horas, luego del cual la muestra es llevada al laboratorio para el respectivo análisis químico.

Su fin es obtener muestras de aire, con el objeto de evaluar la contaminación de los lugares de trabajo.

Las funciones del tren de muestreo son tres:

- Hacer circular el aire.
- Medir el aire circulado.
- Retener el contaminante o el aire contaminado, o colocarlo en contacto con un sensor.

Actualmente los equipos de circulación de aire presentan las siguientes ventajas: independencia de partes móviles, análisis y lecturas instantáneos, caudales muy bajos (alta sensibilidad), registro continuo de concentraciones, cálculo instantáneo de concentraciones, etc.

Fuente: https://issuu.com/gramesin21/docs/02_guia_de_tren_de_muestreo_unfv_1

EQUIPOS PARA HACER CIRCULAR EL AIRE:

- ⇒ *Bombas manuales tipo inflador*: están provistas de un juego de válvulas para que el aire circule en una dirección. Requieren considerable esfuerzo del operador.
- ⇒ *Bomba manual tipo organito*: posee cuatro pistones que funcionan sucesivamente. Reduce los sobresaltos en el caudal y se usa por unos pocos minutos ya que requiere esfuerzo por parte del operador.
- ⇒ *Frascos de agua*: el escurrimiento del agua de un recipiente produce un flujo de aire uniforme que permite la toma de muestras. Son pesados pero permiten medir directamente el volumen de aire circulado.
- ⇒ *Fuelles de gomas*: posee un juego de válvulas para lograr circular el aire en un sentido.
- ⇒ *Jeringas*: de capacidad reducida.

Bombas eléctricas: La energía puede ser eléctrica o proporcionada por baterías. Las bombas de gran caudal se usan para muestreos de más de 0.2 l/min. Las bombas con baterías son micro bombas de uso muy difundido y casi obligatorio en cierto tipo de muestreos. Este tipo de bombas deben protegerse de la acción corrosiva de los

contaminantes (colocándolas después del elemento que retiene el contaminante) y de los líquidos utilizados para retener los contaminantes (colocando una trampa que retenga el líquido).

MEDICIÓN DEL AIRE CIRCULADO Y CALIBRACIÓN DEL TREN DE MUESTREO:

Se utilizan caudalímetros o medidores de volumen de aire, algunos de los cuales forman parte integral del equipo destinado a mover el aire (frasco Mariotte)

La calibración del tren de muestreo es muy importante, ya que los errores sistemáticos en la medición del caudal pueden ser de gran magnitud.

En el muestreo, existen dos formas de medir el volumen total circulado, una es usando un equipo que registre ese volumen directamente, o bien mediante un medidor de caudal y registro del tiempo de muestreo:

Los equipos se clasifican en:

	Espirómetro (gasómetro)
Primarios	Frasco Mariotte (frasco volumétrico)
	Medidor con burbuja indicadora

Intermedios	Medidor hidráulico
	Medidor de diafragma

Secundarios	Placa orificio, Tubo Venturi
	Rotámetro

Los **Medidores Primarios**, se utilizan como patrones para calibrar los otros. El volumen de aire se mide directamente en un recipiente de dimensiones conocidas.

Espirómetro: Consiste en un recipiente cilíndrico invertido (campana), colocado dentro de otro (tanque) que contiene agua. La campana está suspendida de un contrapeso.

Operaciones previas al uso:

- Nivelación: con los tornillos calantes.
- Nivel de agua: debe coincidir con la canilla de desagote.
- Movimiento de la campana: debe ascender y descender libremente.
- Verificar buen ajuste de válvulas: aplicando ligera presión y vacío.

Medición:

- Equipos aspirantes.
- Equipos impelentes.

Cálculo:

- Cálculo de la superficie de la campana:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad d = \text{diámetro (cm)}$$

- Cálculo del gas en condiciones ambientales:

$$V_s = S.h \quad h = \text{altura (cm)}$$

- Volumen del gas en condiciones de referencia: (25°C –760 mmHg) Vr (cm³)

$$V_r = \frac{(P_a - P_v) V_a \cdot T_r}{P_r - T_a}$$

Pa: Presión del ambiente (mmHg)

Pv: presión del vapor de agua a temperatura ambiente

Pr: presión de referencia (760 mmHg)

Tr: temperatura de referencia ($237 + 25 = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$)

Ta: temperatura ambiente absoluta ($\text{ } ^\circ\text{K}$)

Va: volumen en condiciones ambientales (cm^3)

d) Cálculo del caudal: Q en (cm^3/min)

$$Q = \frac{V_r}{t}$$

$t = t_1 - t_2$ = diferencias de tiempo, registradas en minutos.

Frasco Mariotte: Frasco de vidrio lleno de agua hasta una altura dada. En su parte inferior tiene un conducto de descarga con un robinete y en la boca superior un conducto para la admisión del aire. El equipo se usa simultáneamente para mover aire y medirlo (como bomba aspirante). Se conecta el elemento de retención del contaminante en la entrada superior y se abre el robinete.

El volumen de agua desplazada es igual al volumen de aire muestreado a la temperatura y presión ambientes. El cálculo de volumen es igual que para el espirómetro.

Burbuja indicadora: Medidor de caudal, consiste en una probeta graduada, invertida, perforada en la base por donde entra un tubo de vidrio al cual se adosa un tubo flexible, por este se conecta la probeta al equipo aspirante. Se usa un vaso para colocar una solución detergente. La probeta, debe ser previamente calibrada para conocer el volumen real entre marcas.

A medida que la bomba aspira aire a través del tubo, se interpone una burbuja plana de jabón en la trayectoria de flujo. Mientras que el flujo de aire hace que la película de jabón se mueva de una marca de volumen a otra, el tiempo de desplazamiento se mide con un cronómetro. El caudal se puede calcular directamente utilizando el tiempo de recorrido y el volumen de tubo conocido, o se puede leer del diagrama de flujo. La prueba es rápida y fácil de realizar.

Medición: conectar el tubo con la bomba y ponerla en marcha. Tocar el borde de la probeta con la solución de detergente hasta que se forme una burbuja ascendente. Repetir varias veces hasta lograr que la burbuja recorra la probeta en toda su extensión sin romperse.

Formar una burbuja y registrar el tiempo que tarda en pasar entre dos marcas de la probeta. Repetir tres veces y obtener el promedio de los tiempos.

Los **Medidores Intermedios** son integradores de volumen.

Medidor Hidráulico: Recipiente cilíndrico que contiene en su interior un tambor rotativo dividido en 3 o 4 compartimentos, sumergidos en agua hasta un nivel ligeramente superior al eje. Cada compartimiento tiene dos aberturas: una cerca del eje (entrada del gas) y otra

en la zona periférica (salida del gas). El eje está acoplado a un mecanismo registrador de ciclos, calibrado en volúmenes de aire. Existe un sistema de nivelación del equipo y otro de nivelación del líquido. La medición se basa en la rotación producida en el tambor por la entrada y salida alternativa del aire en las cubetas, cuyo volumen es conocido.

Calibración: se realiza con un espirómetro. Se verifica el nivel del equipo y del líquido. Se pone en marcha y se toma la diferencia de altura (h) en el espirómetro y el volumen inicial y final del medidor hidráulico .

- a) Cálculo del volumen cedido por el espirómetro $V_e = S (h_i - H_f)$
- b) Cálculo del volumen indicado por el medidor $V_m = V_f - V_i$
- c) Cálculo del factor de corrección del medidor: $F_c = \frac{V_e}{V_m}$

La calibración debe hacerse a distintos caudales y hacer una curva de calibración.

Medición: Luego de calcular la medición, calcular el volumen corregido en las condiciones ambientales (V_c) $V_c = V_m \cdot F_c$

El resto de los cálculos, es igual que para el espirómetro.

Este equipo es útil para medir caudales entre 4 y 120 litros por min., con una presión de trabajo máx. de 35cm de columna de agua.

Medidor de diafragma: Constituido por una caja hermética provista de entrada y salida para el aire. En su interior hay 2 compartimentos divididos por un diafragma. La entrada y salida del aire a los compartimentos se logra mediante juegos de válvulas de deslizamiento. Tanto los diafragmas como las válvulas están conectadas mediante uniones articuladas, de tal manera que sus movimientos están sincronizados. Las uniones se conectan a su vez a un cigüeñal y este a un mecanismo que indica el número de movimientos .

El equipo funciona haciendo entrar aire a un compartimiento lo cual desplaza al diafragma. Este arrastra la unión articulada, produciéndole deslizamiento de la válvula hasta que la dirección de la corriente gaseosa se invierte y comienza a llenarse el compartimiento contiguo.

Calibración: se efectúa con un espirómetro en la misma forma que con el medidor hidráulico ; los cálculos, son similares.

Medidores Secundarios: son medidores de caudal, consisten básicamente en una restricción del flujo de aire, es decir dentro de un circuito cerrado.

Esta restricción aumenta la velocidad del aire, es decir produce un aumento de la energía cinética que a su vez, produce una disminución de energía potencial (presión estática). Se puede conocer así el caudal si se mide la caída de presión, la densidad del fluido y el coeficiente de descarga (relación entre flujo real y teórico)

Se divide en 2 grupos :

Placa Orificio: placa delgada con un orificio concéntrico con el conducto en el cual se instala. El funcionamiento se basa en el aumento de velocidad que sufre el aire al pasar por el orificio . Esta disminución de presión, medible con un manómetro, está relacionada con el caudal circulante. La aplicación de este equipo en la toma de muestra es para obtener un caudal constante. Debido al estrechamiento de la sección del conducto, la corriente del aire, se separa de las paredes del lado posterior de la placa y forma una sección mínima

denominada “vena contracta”. Cuando el aire alcanza la velocidad del sonido, el cociente entre las presiones absolutas de la vena contracta y la presión corriente arriba, adquiere un valor crítico (relación crítica de presiones) . A partir de este valor, el caudal se mantiene constante en un valor máximo llamado caudal crítico.

En el comercio hay juegos de orificios críticos calibrados para lograr un caudal uniforme. La calibración se realiza en un equipo primario o intermedio.

Rotámetro: Medidor de caudal de área variable, constituido por un tubo troncocónico colocado verticalmente con su diámetro inferior hacia abajo. Este tubo tiene marcas transversales. Dentro se coloca un flotante esférico, cónico, etc. La entrada de aire se hace por la parte inferior y la salida por la superior.

El aire produce un pasaje anular entre el tubo y el flotante cuya área depende de la altura del flotante, la cual a su vez está en relación con el peso del mismo y la fuerza del flujo de aire.

Calibración: se hace con un medidor primario o intermedio.

Se registra el volumen inicial y final en el equipo patrón, luego de un tiempo de funcionamiento dado. Se calcula el caudal:

$$Q = \frac{V_f - V_i}{t}$$

para una presión dada. Se repite para las otras marcas del rotámetro, y se traza una curva de calibración.

CALIBRACIÓN DE UN TREN DE MUESTREO

En la calibración de los equipos secundarios, la pérdida de carga que producirá el tren de muestreo se simula con la regulación de válvulas.

Es más práctico realizar la calibración directamente con el tren de muestreo real a utilizar. Se calibra de esta manera el rotámetro de la bomba. En este caso se debe realizar la calibración en un ambiente libre del contaminante, para evitar la retención de sustancias químicas en el impactador, filtro, etc. usado.

Equipos para retener el contaminante o el aire

Se clasifican en dos tipos, según se apliquen a la toma de muestras de:

- Contaminantes gaseosos
- Contaminantes particulados

Equipos para retener contaminantes GASEOSOS

BOLSAS DE PLÁSTICO: El material de la bolsa no debe reaccionar ni ser permeable al contaminante. Se usan de Nylon, Mylar, Teflón, etc. Son útiles para establecer la eficiencia de algunos métodos analíticos.

La retención del contaminante puede ser de 3 modos diversos:

MEDIO LÍQUIDO MEDIO SÓLIDO POR CONDENSACIÓN

Recolección por medio líquido

El contaminante se retiene en un solvente o bien en una solución que contiene un reactivo.

Se clasifican en:

- Burbujeadores
- Dosímetros por absorción

Recolección por medio sólido

Están constituidos por un tubo plástico en cuya parte superior hay un receptáculo con una solución del reactivo, de la base del cual pende una mecha de material inerte, que se mantiene húmeda con la solución por capilaridad. La mecha cuelga dentro de un tubo cuyo extremo inferior está abierto.

El contaminante se difunde por el tubo hasta la mecha y es absorbido por ella.

Los equipos se clasifican según el mecanismo de retención del contaminante:

Por adsorción

- Tubos detectores
- Tubos llenos con adsorbentes
- Dosímetros pasivos (por adsorción)

Por absorción y/o reacción química

- Detectores con cinta
- Dosímetros pasivos con cinta
- Dosímetros con soporte impregnado
- Tubos con reactivo sólido

Por amalgama

- Con bomba
- Dosímetros pasivos

Recolección por condensación

Se ha utilizado para la retención de vapores de Mercurio, óxidos de nitrógeno, etc. El equipo consiste en un frasco tipo burbujeador colocado en una mezcla frigorífica. El conjunto se pone en un frasco Dewar (con pared doble y vacío intermedio). En general

son equipos pesados e incómodos cuyo uso es muy limitado. Se pueden llenar con perlas de vidrio para aumentar la superficie de condensación.

Medidores de lectura directa (para gases y vapores)

Son equipos integrados, capaces de tomar la muestra del aire, hacer análisis cuantitativo de uno o más contaminantes y mostrar o registrar el resultado. En general dan información inmediata.

Equipos para retener contaminantes PARTICULADOS

Filtros: Son de tela. Es eficiente para la retención de partículas finas

Cámaras de sedimentación: Emplean la fuerza de gravedad para remover partículas sólidas. El flujo de gas ingresa a una cámara donde disminuye la velocidad del gas. Las partículas más grandes caen del flujo de gas en una tolva.

Ciclones: Utilizan el principio de la fuerza centrífuga para remover el material particulado. El flujo contaminante es forzado a un movimiento circular. Este movimiento ejerce una fuerza centrífuga sobre las partículas y las dirige a las paredes exteriores del ciclón. Las paredes del ciclón se angostan en la parte inferior de la unidad, lo que permite que las partículas sean recolectadas en una tolva.