

INSTRUMENTACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN AMBIENTES LABORALES

INSTRUMENTACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS
DE VENTILACIÓN EN AMBIENTES LABORALES

AUTORES:

Pablo Zúñiga M.

Florin Moreno Z.

Departamento Salud ocupacional

Diciembre 2017

INSTRUMENTACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN AMBIENTES LABORALES

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de ventilación son el método de control por excelencia para la exposición de trabajadores y trabajadoras a agentes químicos en los lugares de trabajo, utilizándose también como alternativa para el control de temperatura y confort térmico.

Es importante mencionar que el correcto funcionamiento de un sistema de ventilación parte de su diseño y posterior construcción, la cual debe seguir las especificaciones al pie de letras indicadas por los expertos que lo han diseñado. Posteriormente, se debe efectuar labores de mantención siendo de importancia su chequeo periódico, tanto de la integridad física de las partes que lo componen como también del flujo de aire movilizado, de forma que se mantenga igual al de diseño inicial del sistema.

La evaluación del funcionamiento de la ventilación en los lugares de trabajo se realiza cuantificando parámetros característicos del aire como la presión, velocidad y caudal volumétrico en puntos estratégicos del recorrido de éste, utilizando estándares reconocidos para comprobar si el sistema está cumpliendo o no con el objetivo por el cual fue diseñado e implementado. Para el cumplimiento de este objetivo, se utiliza una serie de instrumentos de medición, cuyo uso del tipo de sistema de ventilación que se evalúe.

Tomando en consideración lo planteado es que el Instituto de Salud Pública, a través del Departamento Salud Ocupacional, presenta esta nota técnica con la finalidad de presentar y caracterizar los diferentes instrumentos utilizados para cuantificar los parámetros que describen un sistema de ventilación utilizado como medida de control en los ambientes de trabajo.

2. OBJETIVO

Caracterizar los distintos tipos de instrumentos para la medición de la presión, velocidad y caudal de aire, entregando descripciones generales, principios de funcionamiento y forma de utilización para la caracterización de los sistemas de ventilación utilizados en los ambientes de trabajo.

3. ALCANCE DE LA NOTA

Esta nota técnica abarca instrumentos de medición de presión, velocidad y caudal, del aire, incluyendo gases trazadores e instrumentación para la medición del caudal.

Se exceptúan los anemómetros sónicos y los rotativos de tipo veleta, empleados en la determinación de la velocidad del aire con fines meteorológicos.

4. DESARROLLO

4.1. Generalidades

El principal objetivo de la ventilación es el control de los contaminantes presentes en el ambiente laboral, ya sea por dilución (cuando los agentes son de baja toxicidad) o por extracción localizada para evitar la dispersión en el lugar de trabajo, reduciendo la exposición en beneficio de la salud de los trabajadores, de acuerdo a lo estipulado en el D.S. N°594 del MINSAL¹.

Los parámetros y criterios de diseño de sistemas de ventilación varían dependiendo del tipo de proceso a controlar y del tipo de agente químico que se manipula. Para la evaluación de cualquier sistema de ventilación, la Sección Seguridad en el Trabajo del Instituto de Salud Pública ha elaborado instrumentos orientadores de tipo **cualitativo**² y **cuantitativo**³, los cuales muestran metodologías adecuadas para efectuar la evaluación.

Con relación a la evaluación cuantitativa, los parámetros principales a medir en los sistemas de ventilación son la **velocidad de captura** con la cual debe ser arrastrado el contaminante desde su fuente a la zona de captación, así como la **velocidad de transporte** que debe ser la mínima a emplearse al interior de la red de ductos que asegura la posterior extracción desde el área de trabajo. Junto con lo anterior, para evitar la contaminación cruzada entre zonas de trabajo colindantes, se recomienda cuantificar la **presión** en cada lugar respecto del adyacente del ambiente laboral. De esta forma, finalmente se realiza la comprobación del balance de caudal, la cual dejará en evidencia posibles incorporaciones de aire fuera de la captación principal, lo que incidirá negativamente en la captación del contaminante.

El monitoreo de los parámetros anteriormente mencionados se efectúa a través de la instrumentación adecuada para cada caso, la cual se describe a continuación.

4.2. Glosario

Caudal: Corresponde a una magnitud que cuantifica un volumen de aire determinado por unidad de tiempo. Normalmente se mide en pies cúbicos por minuto (CFM), metros cúbicos por hora.

Muestreo Isocinético: Corresponde a la toma de muestras de aire conteniendo material particulado desde chimeneas (principalmente), de modo que el aire ingresa al tren de muestreo (por un tubo de Pitot tipo "S") a la misma velocidad con la que fluye en el ducto.

Presión: Es la fuerza por unidad de área que se ejerce sobre un objeto. Se mide en kgf/cm², lbf/pie², Pa, mm columna de agua, pulgadas columna de agua.

Presión Dinámica: También denominada "Velocidad de Presión", es la presión que ejerce un fluido sobre un objeto debido a su velocidad. Esta presión es siempre positiva. Se le conoce como "VP" y se mide en pulgadas o milímetros de columna de agua.

Presión Estática: Es la presión que ejerce un fluido sobre un objeto al estar inmerso en él. Se ejerce en todas las direcciones. Cuando la corriente de aire está en movimiento, la presión estática se mide perpendicularmente a su desplazamiento. Esta puede ser positiva o negativa. Se conoce como "SP" y se mide en pulgadas o milímetros de columna de agua.

Presión Total: Es la suma algebraica de la presión estática más la presión dinámica. Esta puede ser positiva o negativa. Se le conoce como "PT" y se mide en pulgadas o milímetros de columna de agua.

1 Se recomienda consultar la nota técnica "Ventilación de los Lugares de Trabajo, Interpretación Técnica del D.S. N° 594/99 del Minsal" elaborada por el ISP para la interpretación de cada uno de los Artículos presentes en el decreto, respecto del tema de ventilación.

2 http://www.ispch.cl/sites/default/files/guia_cualitativa_ventilacion.PDF

3 <http://www.ispch.cl/sites/default/files/D002-PR.500.02.001%20Guia%20cuantitativa%20sistemas%20de%20ventilacion%20localizada.pdf>

Velocidad del aire: Corresponde a la magnitud física con la cual el aire se desplaza desde un lugar a otro, ya sea desde campo abierto hacia una captación o a lo largo de un tramado de ductos. Se mide en pies por minuto (FPM) o metros por segundo.

Velocidad de Captura: Es la velocidad inducida al aire que permite dirigir un contaminante emitido por una fuente a la zona de captación de una campana. Esta velocidad también se denomina velocidad de control.

Velocidad de transporte: Es la velocidad mínima a la cuál debe escurrir el aire en los ductos, para asegurar el arrastre de los contaminantes e impedir la acumulación de estos durante el recorrido.

4.3. Instrumentos de medición

Cada instrumento cuenta con un dispositivo o sensor que se expone al flujo de aire. El principio de funcionamiento de cada instrumento depende del efecto que tenga el paso del flujo sobre él, estableciéndose una relación entre la velocidad del aire y el efecto que el flujo ha inducido sobre el dispositivo o sensor.

Para la medición de presión, velocidad y caudal, existen los siguientes instrumentos:

4.3.1. Velómetro

Este instrumento se utiliza para la medición directa de velocidad y presión del aire cuantificada en escalas graduadas, gracias a un set de accesorios diseñados para cada caso. La Figura N°1 muestra un velómetro con sus componentes identificadas.

Figura N° 1:

(1) Velómetro, (2) Dispositivo para escala menor, (3) Dispositivo de escala media, (4) Dispositivo de escala alta, (5) y (6) Accesorios para medición de velocidad, (7) Accesorio para medición de presión



Para un mayor rango de medición, este instrumento para medir velocidad cuenta con escalas para valores bajos, medios y altos; mientras que para la presión solo tiene para valores bajos y altos. Para fijar cada escala, el instrumento cuenta con componentes que permiten dar lectura a esos rangos, los cuales se ajustan al velómetro por la parte superior, mediante el uso de mangueras, con excepción del dispositivo para escala de rango bajo para la velocidad, ya que éste se acopla directamente.

Para la medición de velocidad del aire, el instrumento cuenta con dos accesorios configuraciones distintas. Uno de ellos corresponde a uno tubular, separado internamente en dos secciones y con dos aberturas opuestas en el extremo superior; la otra configuración corresponde a un tubo curvo separado internamente en dos secciones, abierto en el extremo para recibir el flujo de aire. Por otro lado, para medir la presión se acoplan mangueras flexibles al componente de la escala correspondiente y en extremo libre de ésta se coloca un dispositivo adecuado para la medición.

Las lecturas de velocidad y presión están asociadas al marcaje de una aguja en las escalas graduadas, la cual está acoplada a un dispositivo móvil ubicado en una cámara al interior del velómetro. Este dispositivo detecta los flujos de aire que entran, provocando un movimiento similar al de un péndulo, traduciéndolo en una lectura del parámetro medido.

La aplicabilidad de un velómetro puede ser tanto en campo abierto como en sistemas de ventilación cerrados, restringiéndose a inyecciones de aire o situaciones donde el flujo gaseoso impacte de frente alguna zona determinada. Por lo general, los velómetros cuentan con filtros para materiales particulados, extendiendo su aplicabilidad a atmósferas cargadas de contaminantes sólidos.

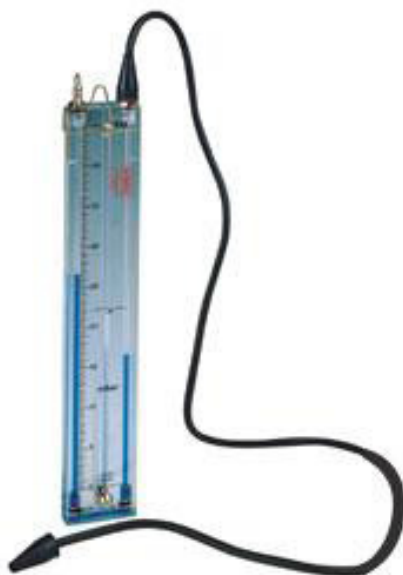
4.3.2. Manómetros

Este tipo de instrumento es utilizado para medir de forma directa presión, gracias al efecto que tiene el aire en columnas de líquidos confinados al interior de ellos⁴. Los manómetros pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

a. Manómetro de columna de líquido

El instrumento estándar consiste en un tubo con forma de “U”, el cual contiene un líquido de densidad conocida, incluyendo una escala graduada de longitud, como muestra la Figura N° 2.

Figura N° 2:
Manómetro en U



4 Sin perjuicio de lo declarado, existen manómetros que no utilizan columnas de líquido y su funcionamiento se basa en el efecto del aire sobre un sistema mecánico para dar lecturas de presión.

Por otro lado, existe una versión de manómetro el cual consiste en un tubo inclinado junto a una escala de longitud graduada, como se muestra en la Figura N° 3. Esta configuración da mayor o menor exactitud en las lecturas para pequeñas variaciones de presión según sea el ángulo de inclinación de cada manómetro, debido al aumento de sensibilidad y ampliación de la escala.

Figura N° 3:
Manómetro inclinado



Para el caso de los manómetros de columna de líquido, el aire ingresa por los ramales del manómetro, ejerciendo fuerza de empuje sobre la superficie de líquido expuesta. Luego, el equilibrio de fuerzas entre ambos ramales determina una diferencia de altura de columna de líquido, la cual se ve cuantificada en la escala correspondiente. Esta lectura corresponde a la presión, en unidades de longitud de líquido manométrico.

b. Manómetro aneroide

Este tipo de manómetro es el más utilizado. El tubo se encuentra confinado en el interior de una estructura metálica, de tal forma que uno de los extremos es sometido a la presión que se desea medir y el otro queda expuesto a la presión atmosférica. La lectura de presión es gracias al marcaje de una aguja en la escala graduada que forma parte de un sistema mecánico, el cual se mueve por el ingreso del flujo de aire al interior del manómetro, transmitiendo este efecto a la aguja, dando la lectura correspondiente.

Figura N° 4:
Manómetro aneroide



c. Micromanómetro

Este manómetro es multifuncional, pudiendo medir directamente la velocidad y presión del aire. Cuenta con dos entradas superiores para acoplar un dispositivo o accesorio adecuado para realiza la medición, como se muestra en la Figura N° 5.

Figura N° 5:
Micromanómetro



Este tipo de manómetro cuenta con una pantalla digital que da la lectura de las mediciones realizadas, de acuerdo al efecto que el aire tiene en el mecanismo interno.

Generalmente, los manómetros son usados para monitorear y controlar la presión de gases y vapores confinados en recipientes o fluyendo por el interior de tuberías; no obstante, se pueden utilizar para monitorear la presión entre salas colindantes y así detectar el sentido del flujo de aire de una sala a otra. También puede utilizarse para medir de manera indirecta la velocidad de transporte del aire al interior de ductos, al acoplarlos a un tubo de Pitot u otro dispositivo a fin.

La aplicabilidad de este instrumento se extiende a ambientes laborales, siguiendo los siguientes criterios:

- En el caso de manómetros con columna de líquido, éste no puede reaccionar ni ser miscible con alguno de los componentes del flujo de aire.
- En el caso de micromanómetros, la atmósfera no debe ser corrosiva ni abrasiva, ya que se pueden dañar componentes internas del instrumento, disminuyendo su vida útil.

4.3.3. Termoanemómetro

Este instrumento se utiliza para medir directamente la velocidad del aire, y adicionalmente puede dar lecturas de temperatura, humedad y caudal, dependiendo de la complejidad del instrumento. Consiste en un alambre fino dispuesto en un extremo del instrumento, el cual está conectado a un dispositivo con pantalla que muestras las lecturas del parámetro medido, como se muestra en la Figura N° 6.

Figura N° 6:
Termoanemómetro



Este alambre es calentado eléctricamente y es expuesto a un flujo de aire de menor temperatura, transfiriéndose calor desde el elemento calefaccionado hacia el flujo de aire. El enfriamiento del alambre provoca un cambio en la conductividad eléctrica del alambre y, por tanto, una diferencia de potencial detectada por un sistema de compensación basado en resistencias eléctricas; este sistema envía corriente al alambre para que alcance su temperatura inicial. La diferencia de potencial resultante se traduce en una lectura de la velocidad del aire circundante.

La utilización de este instrumento se extiende tanto a **áreas limpias** (oficinas y laboratorios) como para **áreas biolimpias** (quirófanos), ya que el reducido tamaño del sensor de medición no genera una importante interferencia en el flujo de aire en los puntos de extracción de este tipo de lugares. Adicionalmente, no se recomienda el uso de este instrumento en atmósferas con presencia de agentes que puedan dañar el sensor, como en flujos de aire con material particulado a alta velocidad, en atmósferas químicas (corrosivas, oxidantes, ácidas) o en lugares donde la temperatura del flujo de aire sea excesivamente alta.

4.3.4 Balómetro

Este instrumento mide el caudal directamente, cuantificando las emisiones de aire provenientes comúnmente de inyectores en sistemas de aire acondicionados de salas, laboratorios y oficinas.

Está constituido por una estructura circular, en donde está montado un sistema de numerosos tubos de Pitot. Para asegurar una lectura de caudal correcta, cuenta con una estructura de encerramiento de sección convergente que permite el ordenamiento del flujo de aire hacia el sistema de medición, como se muestra en la Figura N° 7.

Figura N° 7:
Balómetro



Los tubos de Pitot utilizados por este instrumento se asemejan a los descritos en el velómetro (Punto 4.2.1), los cuales están conectados a un sistema de sensores que miden el caudal para distintas áreas de inyección, gracias a que cuenta con adaptadores de distinto ángulo, los cuales están afectos a un coeficiente determinado de pérdidas de carga. Luego, la lectura se registra en la pantalla digital del balómetro.

4.3.5 Anemómetro de hélice

Este instrumento es utilizado para medir de forma directa la velocidad del aire en diversos ambientes laborales, como en túneles mineros, plantas de anodizado e interior de naves industriales en general.

Consta de una hélice montada en un eje de rotación horizontal, la cual está rodeada por una estructura circular abierta axialmente para permitir que el flujo de aire pase a través de ella y registrar una lectura. La hélice está conectada a un dispositivo de control del instrumento, el cual incluye una pantalla para visualizar las lecturas de cada medición, como se muestra en la Figura N° 8.

Figura N° 8:
Anemómetro de hélice



El paso constante del flujo de aire provoca la rotación de la hélice sobre el eje en el cual se encuentra montada. De esta forma, el dispositivo de medición establece una relación entre las revoluciones por minuto producidas por la continua rotación del eje con la velocidad lineal del flujo de aire que está pasando.

Respecto a la aplicabilidad de este equipo, se limita a aquellos lugares donde el dispositivo de medición (hélices rotatorias) no interfiera en gran medida con el paso del flujo de aire. Por esta razón, son ampliamente utilizados en mediciones a campo abierto o en túneles de gran envergadura, como en el sector minero. No obstante y sin perjuicio de lo anteriormente mencionado, también se pueden aplicar en ductos cerrados, siempre que el flujo de aire pase por completo a través de la sección del dispositivo de medición. Adicionalmente, puede ser utilizado si la atmósfera contiene gases o vapores con propiedades tales como oxidantes o ácidas, siempre que el material de confección de la hélice sea resistente a este tipo de atmósferas.

4.4. Accesorios y métodos para mediciones

En adición a los instrumentos presentados anteriormente, existen accesorios y métodos que pueden ser utilizados para la cuantificación de parámetros en los sistemas de ventilación.

4.4.1 Tubo de Pitot estándar

El instrumento estándar, en conjunto con un medidor de presión (manómetro), mide la velocidad y presión de un flujo de aire.

Consiste en dos tubos concéntricos con dos salidas para acoplarlos al medidor de presión, como se muestra en la Figura N° 9. El tubo central tiene una perforación frontal que es por donde impacta el flujo de aire, obteniéndose así la presión total en el manómetro; por otro lado, el tubo exterior al central tiene un conjunto de perforaciones radiales perpendiculares al sentido del flujo de aire, por las cuales ingresa el aire llenándolo y de este modo se detecta la presión estática en el manómetro. Finalmente, el medidor de presión da una lectura de presión dinámica aire.

Figura N° 9:

Tubo de Pitot estándar y micromanómetro



Su uso está orientado a la determinación de la velocidad y presión al interior de ductos; no obstante, se puede emplear para determinar la presión estática y total en puntos estratégicos del tramado de ventilación.

Es indispensable que al momento de realizar la medición en ductos utilizando este accesorio, se compruebe que la punta con la perforación central este paralela a la dirección del flujo y en sentido contrario, ya que esta posición asegura que el aire está ingresando horizontalmente al tubo y así obtener una lectura correcta.

La aplicabilidad de este conjunto de instrumentos se ve limitada a atmósferas de aire no corrosivas ni abrasivas, ya que pueden afectar al medidor (micromanómetro, por ejemplo) y por otro lado, no se recomienda aplicar en flujos de aire con carga importante de material particulado, ya que éstos pueden obstruir las perforaciones del tubo de Pitot.

4.4.2. Tubos de Pitot tipo "S"

Este instrumento es una versión modificada del tubo de Pitot estándar, el cual se aplica a atmósferas cargadas de contaminantes particulado. Consiste en dos tubos paralelos con aberturas opuestas de mayor tamaño que las de un instrumento estándar, como se muestra en la Figura N° 10.

Figura N° 10:

Tubo de Pitot modificado tipo "S"



Una de estas aperturas se coloca frontalmente al flujo de aire, de modo que al igual que en el caso de instrumento estándar, tomando lectura de la presión total. Por otro lado, la apertura opuesta se llena del fluido, tomando la presión estática.

El tubo de Pitot modificado se utiliza habitualmente en muestreo isocinético para emisiones provenientes de chimeneas cargadas de material particulado, ya que está diseñado para no obstruirse.

4.4.3. Método de medición con gases trazadores

Los gases trazadores son gases químicamente inertes, incoloros e inodoros, utilizados para la medición directa del caudal en sistemas de ventilación, mediante la detección de su concentración cuando éstos se diluyen en el volumen de aire. En adición a lo anterior, también son usados en:

- Medición de las renovaciones-hora de un ambiente de trabajo
- Estudio de dispersión de contaminantes
- Determinación de la eficiencia de extractores

Los dispositivos para las detecciones de los gases trazadores varían dependiendo de la concentración del gas. La medición se puede realizar por medio de espectroscopia infrarroja (IR) para niveles de

concentraciones del orden de partes por millón (ppm) (10^{-6}); y también se puede utilizar dispositivos de cromatografía con detector de conductividad térmica (CG-HWD) o cromatografía con detector de captura de electrones (CG-ECD) para niveles del orden de 10^{-9} a 10^{-12} , dependiendo del tipo de gas trazador utilizado.

Es importante destacar que el gas trazador elegido debe ser uno que no esté presente en el ambiente laboral donde se empleará esta metodología. En la Tabla N° 1 se resumen los tipos de gases trazadores más usados, incluyendo características relevantes y los métodos para detectarlos⁵.

Tabla N° 1:

Características de gases trazadores frecuentemente utilizados

Gas	Fórmula	Densidad respecto del aire	Valor de referencia en el aire (ppm)	Método Analítico	Margen de trabajo (ppm)
Dióxido de Carbono	CO ₂	1,53	5000	Infrarrojo CG-HWD	1-2000 50-2000
Óxido de Dinitrógeno	N ₂ O	1,53	25	Infrarrojo CG-ECD	1-2000 2-5000
Hexafluoruro de Azufre	SF ₆	5,11	1000	Infrarrojo CG-ECD	1-2000 10-7-2000
R-12	CF ₂ Cl ₂	4,18	1000	Infrarrojo	0,1-2000
R13B1	CF ₃ Br	5,13	-	Infrarrojo	0,1-2000
R-115	CClF ₂ CF ₃	5,31	1000	Infrarrojo	0,1-2000

4.5. Criterios para la elección de instrumentos, accesorios y métodos de medición

La elección de un instrumento para medir los distintos parámetros involucrados en un sistema de ventilación viene dado por los siguientes criterios:

4.5.1. Parámetro a medir

Como se presentó anteriormente, específicamente los instrumentos pueden medir más de un parámetro (velocidad, presión, caudal). Sin embargo, su elección estará asociada a lo que se desea medir.

Para medir velocidad se recomienda utilizar termoanemómetros, anemómetro de hélice o tubos de Pitot acoplados a un micromanómetro, ya que estos instrumentos son fáciles de manipular en la mayoría de los ambientes laborales.

Para medir presión, se recomienda el uso de manómetros⁶ ya que éstos están diseñados para la cuantificación este parámetro. Para el caso del monitoreo de presiones relativa entre salas, es recomendable el uso de manómetros de columna de líquido, ya que este tipo de instrumento no requiere de calibración frecuente.

⁵ Fuente: "NTP 345: El control de la ventilación mediante gases trazadores"

⁶ En caso de ducterías, siempre que sea posible perforar el ducto, se recomienda utilizar el tubo de Pitot acoplado a un micromanómetro, ya que es más sencillo registrar las lecturas digitales.

Para medir caudal, si este proviene de inyectores de aire es recomendable utilizar balómetros, ya que el encerramiento permite ordenar el flujo proveniente desde la zona de inyección y así se obtiene una medida correcta del parámetro.

4.5.2. Dónde medir

Es importante tener en cuenta dónde se realizaran las mediciones. Si el ambiente corresponde a campo abierto, siempre será recomendable utilizar anemómetros de hélice para la medición de velocidad; por otra parte, para el caso de medición de velocidad en campanas o ductos, será recomendable la utilización de termoanemómetros o tubos de Pitot con micromanómetros, ya que estos no tienen un efecto importante que provoque una perturbación en el flujo de aire.

4.5.3. Tipo de agente contaminante

Esto depende del tipo de atmósfera que rodea el ambiente laboral o la zona donde se efectuarán las mediciones. Por ejemplo, si el flujo de aire contiene material particulado y adicionalmente, la velocidad es del orden de 4 m/s o superior, no se recomienda el uso de termoanemómetros o tubos de Pitot, ya que las partículas arrastradas por el aire tienen un efecto abrasivo que dañan los sensores del termoanemómetro u obstruyen las perforaciones de los tubos. En este caso se recomienda el uso de anemómetro de hélice o la versión modificada de los tubos de Pitot.

En el caso de atmósferas químicas (oxidantes, ácidas, corrosivas), es prudente utilizar instrumentos cuyo sensor de medición al estar en contacto con los agentes químicos presentes en el aire no provoque reacción alguna, ya que esto puede dejar inutilizable el instrumento.

4.5.4. Rangos de medición

El diseño de un sistema de ventilación está supeditado al rubro industrial y, por tanto, al tipo de agente a controlar, por lo que sus parámetros de diseño (velocidad, presión, caudal) serán distintos en cada caso. Esto genera una amplia gama de rangos de operación para cada parámetro y al momento de elegir un instrumento adecuado para efectuar las mediciones hay que tener en cuenta cuál es el rango (mínimo y máximo) que el instrumento puede detectar.

Los rangos de cada instrumento varían según la clasificación del instrumento y de la marca (y modelo), dando una gama de posibilidades de elección para cada caso en específico.

En el Anexo II se ha elaborado una tabla resumen con el rango de medición de cada parámetro, tomando como base la información de los instrumentos disponibles en el mercado.

4.6. Calibración de los instrumentos de medición

La calibración es un procedimiento al cual deben someterse todos los instrumentos de medición, ya que es de vital importancia asegurar que las lecturas de las mediciones que entrega el instrumento sean las correctas.

En palabras simples, la calibración es un proceso en el cual se comparan las lecturas del instrumento de interés con las de un equipo patrón, el cual debe estar certificado por entidades reconocidas a nivel mundial (NIST, por ejemplo).

La calibración de los instrumentos de medición de parámetros de ventilación es periódica en el caso de velómetro, termoanemómetro, anemómetro de hélice, balómetro y micromanómetro; siendo anual en la

mayoría de los casos. El caso de los manómetros de columna de líquido y tubos de Pitot requieren menos calibraciones (solo la inicial), y solo se debe cuidar la integridad física de cada instrumento o accesorio. Lo mismo aplica para los detectores de gases trazadores.

5. CONCLUSIÓN

El rol que cumplen los instrumentos de medición en la evaluación cuantitativa de un sistema de ventilación es de gran relevancia, ya que éstos permiten evidenciar falencias en el diseño y funcionamiento de éstos y, por consiguiente, que no se esté cumpliendo el objetivo principal que es el control de los agentes químicos presentes en el aire que rodea el proceso productivo.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, es importante ser enfático en que las lecturas de las mediciones de estos equipos deben ser siempre confiables, ya que en base a esta información se procede a implementar mejoras en los sistemas de ventilación, con la finalidad última de proteger la salud de los trabajadores. Es por esta razón que debe programarse la calibración de los instrumentos en periodos adecuados acorde a la frecuencia de utilización, al tipo y a la integridad física del instrumento, entre los principales factores. Este proceso debe realizarse en laboratorios de calibración acreditados de acuerdo a los estándares de organismos internacionales reconocidos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- 6.1. INSHT, NTP N° 345: “El control de la ventilación mediante gases trazadores”, España, 1996.
- 6.2. Instituto de Salud Pública de Chile, “Guía para la Evaluación Cualitativa de Sistemas de Ventilación Localizados”, Chile, 2012.
- 6.3. Instituto de Salud Pública de Chile, “Guía para la Evaluación Cuantitativa de Sistemas de Ventilación Localizada”, Chile, 2013.
- 6.4. ACGIH, “Manual Industrial Ventilation”, EUA, 20° Edición, 1988.

ANEXO I

Definición de áreas de medición

Áreas biolimpias: Se define este tipo de área como aquella zona delimitada, en la cual la contaminación por particulado y microorganismos se encuentra estrictamente controlada de acuerdo a estándares adecuados, ya sea en el aire circundante, sobre superficies y en el mismo personal. Ejemplos: Quirófanos, salas de esterilización, etc.

Áreas con temperaturas anormales: Se refiere a los lugares donde los procesos productivos requieran temperaturas extremas (frío o calor). Ejemplos: Fundiciones, frigoríficos, zonas de autoclave, salas de calderas, acererías, etc.

Áreas limpias: Se define este tipo de áreas a aquellas zonas en donde las labores que se desarrollan no promueven una contaminación ambiental del lugar importante. Ejemplos: Oficinas, Laboratorios, cocinas, etc.

Atmósferas con particulado: Corresponde a todos aquellos lugares donde el aire (flujos o estanco) tengan una carga importante de material particulado. Ejemplos: Fundiciones, fábricas de muebles, carga de cereales, té y chips de madera, etc.

Atmósferas químicas: Corresponde a todos aquellos lugares donde exista presencia de agentes químicos, los cuales sean de carácter ácido, corrosivo, oxidante, etc. Ejemplos: Baños electrolíticos, estanques de limpieza de solventes, etc.

Campanas: Utilizadas en ventilación localizada, corresponden a todas las formas de captación de aire de acuerdo a las necesidades que requiera la actividad desarrollada. Ejemplos: Cabinas, campanas de cocina, campanas con slots, campanas de encerramiento total con y sin flujo de material, campanas para procesos fríos y calientes, campanas receptoras, etc.

Ducterías: Corresponde al tramado de ductos que transporta flujos de aire en sistemas cerrados con flujo de material. Ejemplos: Ductos de aire acondicionado, ductos de transporte neumático, ductos de ventilación industrial, etc.

Intemperie: Se refiere a aquellos lugares que se encuentran al aire libre o que están permanentemente abiertos al medioambiente que los rodea. Ejemplos: Almacenamiento de contenedores, estacionamientos, subestaciones eléctricas, etc.

Puntos de extracción de aire: Corresponden a aquéllos por donde el aire es captado desde el medio o un lugar de trabajo específico, para ser conducido hacia otra zona determinada. Ejemplos: Campanas de uso industrial, sistemas de extracción de aire acondicionado e industrial, etc.

Puntos de inyección de aire: Corresponde a aquéllos por donde ingresa aire a una zona determinada, ya sea con el fin de diluir el volumen de aire, para impulsar algún contaminante hacia un punto de extracción determinado o generar microclimas (duchas de aire). Ejemplos: Inyección de aire acondicionado, inyección de aire a zonas de máquinas y procesos, etc.

ANEXO II

TABLAS COMPARATIVAS ENTRE INSTRUMENTOS, ACCESORIOS Y MÉTODOS DE MEDICIÓN

Tabla N° 2:

Tabla comparativa de instrumentos, de acuerdo a mediciones, requerimientos de calibración y rangos de medición

Instrumento, accesorio y método	Mediciones					Requerimientos de calibración	Rangos de medición				
	v	P	Q	T	H		v pié/min	P pulg. c. a.	Q pié3/min	T °C	H %
Velómetro	•	•				Periódica	0-10.000	0-10	-	-	-
Manómetro en U		•				No	-	-32-32	-	-	-
Manómetro Inclinado		•				No	-	0-6	-	-	-
Manómetro Aneroide		•				Periódica	-	0-15	-	-	-
Micromanómetro	•	•				Periódica	0-10.000	-15-15	-	-	-
Tubo de Pitot Estándar con micromanómetro	•	•				Una vez	-	-	-	-	-
Tubo de Pitot Modificado tipo "S" en tren de muestreo	•	•				Una vez	-	-	-	-	-
Termoanemómetro	•		•	•	•	Periódica	0-10.000	-	0-60.000	0-60	0-95
Balómetro			•		•	Periódica	-	-	24-2.500	-	0-95
Anemómetro de hélices	•		•			Periódica	80-6.000	-	0-60.000	-	-
Gases trazadores			•			No aplica	-	-	-	-	-

Tabla N° 3:

Tabla comparativa de instrumentos, de acuerdo a lugares de medición

Instrumento, accesorio y método	Lugares de aplicación										
	Áreas Biolimpias	Áreas Limpias	Intemperie	Áreas con Particulado	Atmósferas Químicas	Áreas Térmicas		Ducterías	Inyección De Aire	Extracción De Aire	Campanas
						Frío	Calor				
Velómetro	•	•	•	•				•	•	•	•
Manómetro en U	•	•						•			•
Manómetro Inclinado	•	•						•			•
Manómetro Aneroide	•	•						•			•
Micromanómetro	•	•						•			•
Tubo de Pitot Estándar	•	•						•			•
Tubo de Pitot Modificado tipo "S"		•		•	•		•	•			
Termoanemómetro	•	•	•			•			•	•	•
Balómetro	•	•						•	•	•	•
Anemómetro de hélices		•	•	•	•	•	•		•	•	•
Gases trazadores	•	•		•				•			•