

Artículo original

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN EL AMBIENTE LABORAL. REQUISITOS FUNDAMENTALES PARA SU DISEÑO Y EVALUACIÓN EN SALUD Y SEGURIDAD**CLASSIFICATION OF VENTILATION SYSTEMS IN OCCUPATIONAL ENVIRONMENT. MAIN REQUIREMENTS FOR ITS DESIGN AND EVALUATION IN OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH**

Raúl Antonio Baqués Merino ¹
Ibis Ávila Roque ^{2*}
Meylín Panol Quintana ³

¹ <https://orcid.org/0000-0002-3336-0251>

Servicio de Riesgos Físicos, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

² <https://orcid.org/0000-0003-3342-2675>

Servicio de Riesgos Físicos, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

³ <https://orcid.org/0000-0002-0312-7301>

Facultad de Ciencias Médicas «Julio Trigo López». La Habana, Cuba

* Correspondencia: ibis.avila@infomed.sld.cu

Resumen

Introducción: El sistema de inspección sanitaria estatal de nuestro país precisaba un documento estandarizado para las evaluaciones de los sistemas de ventilación que, a su vez, permitiera certificar la correspondencia entre ellos y las funciones de control que realizan. Se propuso un grupo de postulados básicos para facilitar la evaluación técnica y a su vez para garantizar una mejor calidad del aire interior. Con ellos se pretende elevar la calidad y el rigor en la instalación y en la explotación de estos sistemas. **Objetivo:** Validar los requisitos higiénico-sanitarios mínimos necesarios para el diseño y evaluación de los sistemas de ventilación. **Material y método:** Para realizar esta validación, se procedió a utilizar una estación micro-climática marca Testo tipo 480, alemana. **Resultados:** Se identificaron los requisitos higiénico-sanitarios mínimos que deben cumplir los sistemas de ventilación para su uso como métodos de control de riesgos físicos, químicos y biológicos en el aire de la zona de trabajo. Se validaron los procedimientos de medición que permiten la evaluación de la idoneidad de los sistemas instalados. **Conclusiones:** Se elaboró un documento técnico normativo de cumplimiento obligatorio para todo el país que recoge los requisitos mínimos sanitarios y los métodos de evaluación durante la explotación de los sistemas de ventilación.

Palabras clave: sistemas de ventilación, ventilación industrial, ambiente laboral, control del calor, calidad del aire interior

Abstract

Introduction: Standard document were necessary to state sanitary inspection in our country to evaluation ventilation system. Several postulates are proposed to wright ventilation system risk control in work zone air. **Objective:** To validate minimal sanitary requirements proposed to improve design accord to different each kind of systems of ventilation systems of ventilation necessary for different work environmental. **Material and method:** It was used a microclimatic station mark Testo type 480, from Germany. **Results:** Minimal hygienic and sanitary requirements were identified to ventilation systems as method to set control risk in work environmental. Moreover measurements' procedures were validating to get ventilation systems fitting to standard document elaborated. **Conclusion:** Technical standard document was made to obligatory compliment in all our country, it contain minimal sanitary requirements and validated methods to wright installation of the ventilation systems.

Keywords: ventilation systems, industrial ventilation, work environment, heat control, air indoor quality

Recibido: 11 de octubre de 2020

Aceptado: 11 de febrero de 2021

Introducción

Los locales donde se realizan actividades laborales deben disponer de un aire en la zona de trabajo con suficiente calidad para evitar enfermedades y accidentes. Para garantizar esto, sus áreas deben estar adecuadamente ventiladas. Los sistemas de ventilación (SV) deben reponer el oxígeno que consumen los trabajadores con su respiración y eliminar los contaminantes que se generan como subproductos de la actividad laboral, y que

pueden permanecer suspendidos en el aire. Los SV se consideran métodos de control del calor, la humedad y los contaminantes químicos y biológicos presentes en el aire de la zona de trabajo. Se les denominan sistemas de ventilación natural (SVN) a los modelos ingenieriles de diseño que utilizan la fuerza natural del viento para mover hasta el 85 % del aire dentro de un local y con ello garantizan la calidad adecuada del aire en la zona de trabajo. Los SVN suelen diseñarse en los edificios donde se realizan actividades laborales construyendo espacios

interiores con huecos denominados «patinejos» e incorporando suficientes ventanas y puertas para garantizar el intercambio del aire interior con el del ambiente exterior con el caudal mínimo requerido. Se considera que los SVN constituyen los diseños más económicos para garantizar la calidad del aire interior, pero no siempre son adecuados para controlar los contaminantes que se generan.⁽¹⁾

La calidad del aire interior en los locales donde existen SVN se controla calculando el número de recambios de aire por hora que le garantiza el sistema al local, el cual debe ser generalmente superior a 3 cambios de aire por hora.⁽¹⁾

Se les denominan sistemas de ventilación artificial (SVA) a los modelos ingenieriles de diseño que utilizan la fuerza eléctrica para mover hasta el 85 % del aire dentro de un local, y con ello garantizar la calidad adecuada del aire en la zona de trabajo.⁽¹⁾

Los SVA se suelen diseñar en los edificios donde se realizan actividades laborales y son de uso obligatorio cuando existen contaminantes químicos y biológicos presentes en el aire de la zona de trabajo. Están constituidos por ventiladores que fuerzan la inyección y la extracción del aire en los locales, garantizando los caudales de dilución que requiere el proceso industrial y pueden incorporar refrigeración, calefacción y depuración en el diseño del sistema.⁽¹⁾

Los sistemas de ventilación artificial (SVA) en las fábricas donde se vierten contaminantes químicos al aire de la zona de trabajo deben garantizar la depuración del aire de los locales o su renovación, garantizando que las concentraciones no superen los valores límites establecidos en la Norma Cubana NC 872:2011.⁽²⁾

Al diseñar los SVA, la dilución de los contaminantes se calculará en la etapa de diseño mediante los valores límites admisibles (LAEL-CPA) para exposiciones de 8 horas de trabajo diario, que se establecen en la norma antes citada.

Aun cuando la presencia de contaminantes químicos en el aire de la zona de trabajo no supere los LEAL-CPA establecidos en la norma, se considerará que para mantener un recinto adecuadamente ventilado hay que renovar todo el aire presente al menos tres veces por hora, o proporcionar a cada trabajador entre 280 y 850 litros de aire fresco por minuto.⁽³⁾

El calor y los microorganismos constituyen riesgos adicionales que pueden ser incorporados al aire de la zona de trabajo por el proceso productivo. Estos constituyen factores de riesgo a la salud de los trabajadores que también pueden ser controlados mediante una adecuada ventilación de los locales. El calor puede ser extraído por dilución o con el empleo de elementos de refrigeración en las propias maquinarias involucradas en el proceso productivo.⁽³⁾

También los SVA que refrigeran el aire inyectado para eliminar el calor por dilución, pueden incorporar

elementos para la deshumificación y depuración del polvo que se inyecta en el local, lo que contribuye al mantenimiento de ambientes laborales especialmente climatizados y microbiológicamente limpios.⁽³⁾

Los SVA, cuya función fundamental o exclusiva es la refrigeración del aire presente en un local, se acostumbra a denominarlos técnicamente como sistemas de climatización. En ellos se incluyen los llamados *split* y los llamados aires acondicionados domésticos. Ambos no constituyen una versión industrial de los SVA y deben ser empleados en los procesos industriales solo en casos excepcionales, o sea, solo cuando la calidad química y biológica no pueda ser garantizada por otros sistemas dentro del local de trabajo.⁽⁴⁾

Se realizó un proyecto de investigación que concluyó en el año 2015 con la elaboración y aprobación de la norma cubana de ventilación de los ambientes laborales NC 1159, editada en 2016. Su objetivo fue evaluar de manera normalizada la eficiencia de los SV instalados en las edificaciones que cumplen funciones laborales y en los diseños previos. Con esta evaluación se podrán garantizar los requerimientos higiénico-sanitarios mínimos del aire en la zona de trabajo.⁽⁵⁾ El presente artículo es un resumen de los resultados del proyecto y de las recomendaciones y reglamentaciones consensuadas en el Comité Técnico de Normalización de Salud y Seguridad en el Trabajo (CTN N° 6) de la Oficina Nacional de Normalización de Cuba.

Aspectos fundamentales

Los investigadores precisaron *a priori* tanto los objetivos que debe cumplir la instalación de un SV en un local de trabajo, como los aspectos fundamentales que se evaluarían para garantizar la salud y la seguridad en las áreas de trabajo donde ellos estén instalados.

El grupo de investigadores y expertos consideró imprescindibles recomendar como «regla tecnológica» en la norma cubana antes citada, que solo se diseñarán e instalarán los SVA en los edificios que cumplen funciones laborales en Cuba, siempre que permitan dar cumplimiento a los siguientes requerimientos sanitarios:

- Garantizar el cumplimiento de las normas cubanas de seguridad y salud en el trabajo vigentes.
- Reducir la exposición de los trabajadores a contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el aire en la zona de trabajo.
- Garantizar la calidad del aire en la zona de trabajo según los requerimientos normados o legislados por el tipo de actividad.

En la etapa de diseño, en la de explotación o en la remodelación de una edificación que cumpla funciones laborales, los SV deberán respetar los requisitos indispensables establecidos en la norma cubana NC 1159:2016.⁽⁵⁾

Material y método

La inspección de salud y seguridad en el trabajo es la actividad que realiza la inspección estatal y las entidades rectoras de las actividades de seguridad y de salud que pertenecen a los Ministerios de Salud Pública (MINSAP), de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) y del Interior (MININT), que permite verificar que los requisitos técnicos, higiénicos y sanitarios establecidos en las normas cubanas de salud y seguridad en el trabajo se cumplen en los establecimientos laborales del país. Para elaborar un documento que permita la realización de este tipo de actividades, el equipo de investigación realizó una revisión bibliográfica para conocer *a priori* los requerimientos sanitarios indispensables que debieran respetar todos los SV. Se aplicaron en el terreno las validaciones experimentales de las propuestas de las normas nacionales y extranjeras que se utilizaron como referencia⁽⁶⁻⁸⁾, y se corrigieron o adaptaron algunas recomendaciones bajo las consideraciones de expertos participantes en el proyecto. El equipo de expertos consideró que se lograron reducir los requisitos indispensables a un número óptimo para garantizar la evaluación adecuada y eficiente de los SV.

Basados en los documentos referidos en la bibliografía y en las evaluaciones en terreno de más de cincuenta SV instalados en plantas industriales y en otras entidades de servicios turísticos y de salud, se elaboró un documento primario que fue colegiado a través de una comisión inicial de experticia del Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores de Cuba (INSAT). Posteriormente se revisó por un comité de expertos nacionales, donde participaron quince ministerios diferentes. El resultado fue la elaboración de la Norma Cubana NC 1159:2016, que en este momento es de cumplimiento obligatorio para los centros laborales de todo el territorio nacional.⁽⁵⁾

Resultados y discusión

Evaluación del sistema de ventilación

En la norma se especifica que se denominará «Evaluación del sistema de ventilación» al conjunto de métodos y procedimientos que permite a un especialista certificar que un SV cumple con los requisitos indispensables para el control de los factores de riesgo presentes en el aire de la zona de trabajo.

En la evaluación de los SV, como establece la norma, no se tomará en cuenta la eficiencia energética ni la eficacia tecnológica de los dispositivos o equipos que forman parte del sistema; las características técnicas propias de los equipos se deben evaluar, verificar y certificar con el empleo de los documentos que sobre la instalación y explotación suministran los fabricantes.

La evaluación debe ser realizada por un personal debidamente calificado y autorizado para hacer este tipo de

dictamen técnico y debe seguir las directivas del documento normalizativo.

Los aspectos sanitarios fundamentales que se tendrán en cuenta en la evaluación de un SV serán:

- La ubicación de la edificación en el área geográfica.
- La ubicación de los locales dentro de la edificación.
- La ubicación de los medios de trabajo respecto al sistema de ventilación.
- La ubicación de la captura y difusión del aire respecto a la posición del trabajador en el área.
- El número necesario de recambios de aire por hora según el tipo de actividad.
- El diseño especializado de los SVA donde los vertimientos químicos superan los límites normados.

La ubicación de la edificación laboral en el área geográfica

El requisito fundamental que desde el punto de vista de la ventilación de las áreas de trabajo debe tenerse en cuenta para una adecuada ubicación de una edificación laboral en determinada área geográfica, es que, independientemente del tipo de proceso laboral que se implemente y de la orografía y morfología de la región, los responsables de la explotación de la instalación garantizarán, una vez que esté funcionando, la calidad física, química y biológica del aire (limpieza) de los ambientes circundantes y del medio ambiente en general.

En la etapa de diseño de una edificación laboral, se tratará de que las construcciones queden orientadas en la dirección de los vientos predominantes de la localidad donde se ubique, y se encuentre comprendida entre los 45 y 90° respecto al eje longitudinal de la misma. La ubicación se realizará preferentemente dentro del intervalo de los ángulos óptimos, 45 y 75°.

A los efectos de reducir la ganancia de calor por radiación solar a través de la fachada, la edificación se orientará preferentemente con su eje longitudinal en la dirección este-oeste o noroeste-sudeste, en dependencia de los vientos predominantes en la zona.

La ubicación de los procesos productivos dentro de la edificación

La ubicación de los procesos productivos dentro de una edificación diseñada con fines laborales se realizará tomando en cuenta que en los locales donde ellos quedan establecidos de manera permanente, el aprovechamiento de la ventilación no debe afectar:

- La salud del trabajador durante el desarrollo de la actividad laboral.
- La seguridad del trabajador durante el desarrollo de la actividad laboral.

- Los parámetros de productividad del proceso tecnológico.
- Los parámetros de calidad del proceso tecnológico.

Los sistemas de ventilación (SV) diseñados deberán garantizar la calidad del aire y garantizar además que:

- Exista independencia entre los flujos de aire de entrada y de salida de los locales de trabajo.
- Exista una adecuada la limpieza física, química y biológica del aire inyectado a los locales.
- No existan turbulencias de aire ni corrientes de corto circuito dentro de los locales.
- Se aprecie la presencia de las corrientes interiores de aire y estas sean laminares o cuasilaminares.

Los medios de trabajo que constituyan fuentes emisoras de calor radiante, tales como: calderas, hornos y otros, se instalarán preferentemente, si el proceso tecnológico lo permite, en locales independientes o adyacentes al del proceso productivo principal, tratando siempre que la estructura facilite el libre movimiento de las corrientes del aire hacia el exterior.

Los sistemas de ventilación natural (SVN) siempre se diseñarán como SV por dilución y deben cumplimentar los siguientes principios:

- Suministrar la cantidad de aire suficiente para conseguir una dilución satisfactoria del contaminante en la zona de trabajo.
- Situar los puntos de extracción del contaminante lo más cerca posible de los focos de emisión.
- Situar los puntos de inyección y extracción del aire de manera que el aire atraviese la zona contaminada.
- Garantizar la reposición del aire extraído del local mediante un sistema de inyección.
- Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el local sin la adecuada refrigeración y depuración química y biológica.
- Evitar que en los puestos de trabajo se superen las CMA o CPA establecidos en la Norma Cubana NC 872.⁽²⁾

La ubicación de los medios de trabajo respecto al sistema de ventilación

La ubicación de los medios de trabajo del proceso tecnológico debe ayudar al aprovechamiento de la ventilación y, además, los mismos no deben interferir en el movimiento del aire desde y hacia la zona de trabajo.

La evaluación de los sistemas de ventilación natural (SVN)

El diseño de un SVN requiere de una disposición espacial particular para los elementos arquitectónicos

(aberturas, monitores y otros elementos) que lo integran. Los locales se deben proyectar de forma tal que se tome en cuenta la influencia de los factores de riesgos internos y externos, y de manera que se reduzcan o eliminen los riesgos presentes en el aire de la zona de trabajo.

En presencia de factores de riesgos químicos o de fuentes artificiales de multiplicación de microorganismos potencialmente patógenos, los SVN no serán aceptados como método de control de los riesgos. En estos casos será obligatorio el diseño de sistemas de ventilación artificial (SVA) para garantizar el control de los contaminantes.

Todo local de trabajo (o zona confinada) debe garantizar un volumen interior mínimo de 12 m³ de aire libre por cada trabajador. Este es el mínimo recomendado por la normativa cubana desde 1980⁽⁹⁻¹³⁾, y se mantiene en la presente norma.⁽⁵⁾ Se debe incluir el distanciamiento mínimo de un metro entre los puestos de trabajo para prevenir los riesgos microbiológicos de enfermedades transmisibles por contacto o por las partículas de saliva espiradas; un volumen de aire menor se considerará condición de hacinamiento.

Nota: La norma fue aprobada antes de la aparición de la enfermedad transmisible COVID-19, que en este momento se propaga por más de 190 países y que ha elevado el rigor de las medidas de aislamiento. Frente a esta nueva realidad epidemiológica y tomando en cuenta las regulaciones sugeridas por la Organización Mundial de la Salud, recomendamos duplicar las consideraciones anteriores a 24 m³ de aire libre por cada trabajador como condición de hacinamiento en un local de trabajo, e incluir la obligatoriedad de mantener distancias mínimas entre los puestos fijos de trabajo superiores a 1,5 m, así como mantener una rigurosa limpieza de las superficies en locales, especialmente los climatizados.

La investigación comprobó experimentalmente que en las oficinas y en los locales donde los trabajadores necesitan requerimientos especiales de concentración intelectual, como los laboratorios, el volumen interior mínimo requerido por trabajador debe ser superior a los 24 m³, y en algunas actividades mucho mayor. Estas consideraciones particulares las debe evaluar el especialista que avala la idoneidad del SVA que se proyecta o que esta ya instalado en el local.

En los locales donde se realizan actividades médicas, en los salones de operación, en los laboratorios clínicos o de ensayos técnicos, en los locales donde se realizan prácticas terapéuticas, y en particular en las áreas de riesgo microbiológico de las instalaciones hospitalarias, se deben emplear los equipos de protección personal (EPP) que se correspondan con el tipo de actividad que se esté realizando.

El diseño del SVN debe garantizar como mínimo un caudal medio total de renovación del aire de 60 m³/h por trabajador dentro de locales o zonas de trabajo confinadas. Experimentalmente hemos comprobados que pocos

diseños arquitectónicos logran de manera natural garantizar este caudal de renovación y que en esos casos es preferible garantizar no menos de 4 cambios de aire por hora en los locales donde el SVN no cumple con el caudal antes sugerido.

El caudal medio total de inyección se calculará como el promedio de todos los caudales de inyección obtenidos en las mediciones realizadas en diferentes horarios durante la jornada laboral. Este caudal es más importante garantizarlo que el de extracción, porque es el que garantiza la oxigenación de cada uno de los puestos de trabajo presentes en el local.

La velocidad media instantánea del aire para calcular el caudal medio a una determinada hora de la jornada laboral, se calculará como la media estadística de un conjunto de velocidades medidas en diferentes puntos en las áreas de inyección, o en las áreas de extracción del aire.

En las grandes naves de trabajo industrial o semi-industrial donde el contaminante sea fundamentalmente el calor, se pueden incorporar monitores y otros elementos arquitectónicos para el mejor aprovechamiento de la ventilación natural de la forma siguiente:

- A lo largo de toda la cubierta, o con una longitud que comprenda la zona de propagación del calor.
- Los monitores serán calculados para lograr el efecto máximo, o sea, mayor área de ventilación con menor área de construcción.
- En las edificaciones que protejan fuentes emisoras de calor al ambiente laboral y las mismas generen una carga térmica específica, igual o mayor que 23,3 Wm (20 kcal m/h), los monitores deben funcionar en combinación con ventiladores extractores de baja potencia.
- Los monitores se deben diseñar con aberturas en uno o ambos lados, con protección fija contra el viento por medio de pantallas protectoras (solo para los casos de aberturas en ambos lados cuando el monitor

sea de salida), con el fin de obtener un funcionamiento estable.

- En aquellos casos de monitores en que no sea posible emplear pantallas protectoras, se utilizarán dispositivos que permitan abrir y cerrar las persianas, fácil y alternativamente.
- En edificaciones con varias alturas de entrada y salida del aire, se tendrá en cuenta en el diseño de los monitores, tanto la altura como la distancia entre los mismos, de forma tal que el aire de salida de uno no se propague hacia la zona de entrada del otro.
- En las edificaciones con varias alturas, si los monitores tienen sus cubiertas a la misma altura de los monitores intermedios, no se les ubicarán pantallas protectoras a los monitores más bajos y se garantizará, además, la protección mutua de los monitores por interferencia.
- Se permiten utilizar los monitores intermedios en cubiertas de varias luces para entrada de aire.

Durante el diseño de los SVN se tomarán los datos necesarios para el cálculo del caudal medio total en la estación meteorológica más cercana a la localidad donde se ubicará la edificación o el conjunto de estas.

Se deben evitar interferencias internas en el movimiento del aire, diseñando las paredes divisorias de manera que no bloqueen el aire suministrado desde el exterior por el SVN. Se pueden utilizar rejas, mallas o celosías, tabique o paredes con bloqueo parcial o total de la circulación del aire, previendo que no se propaguen los contaminantes vertidos a las áreas adyacentes.

Solo en los SVN se debe emplear el método de diseño que considera que el número de recambios de aire de un local por hora es condición suficiente de control de los contaminantes en el aire de la zona de trabajo. Bajo esta consideración, la norma cubana recomienda que se encuentre en los rangos que plantea la tabla 1.

Tabla 1
Rango sugerido de cambios de aire por hora en un local donde no existen fuentes de contaminación química o biológica relevante

Tipo de local o edificio industrial	Cambios de aire/hora	
	Mínimo	Máximo
Auditorios, salones de conferencia	4	30
Dulcerías, panaderías	10	60
Cuarto de calderas, cuarto de motores	4	60
Corredores, pasillos, vestíbulos	1	10
Lecherías, cremerías	5	30
Fundiciones ferrosas	4	30
Fundiciones no ferrosas	6	60
Garajes, parqueos	3	20

Tipo de local o edificio industrial	Cambios de aire/hora	
	Mínimo	Máximo
Garajes, reparación	6	30
Hospitales ordinarios	2	15
Cocinas comerciales	10	60
Laboratorio químico	6	30
Lavanderías, talleres de planchado	10	120
Salones de taquillas	2	15
Talleres de maquinado	3	20
Oficinas generales y privadas	2	30
Restaurantes, cafeterías	4	30
Tiendas al detalle	6	20
Salas de fumar	10	60
Servicios sanitarios	10	30
Salones de descanso	3	10
Almacenes	1	6

La evaluación de los sistemas de ventilación combinados (SVC)

Los sistemas de ventilación combinados (SVC) son los sistemas de ventilación que resultan de la combinación de un SVN y un SVA cuando el flujo o caudal natural (Q_{vn}) y el flujo o caudal artificial (Q_{va}) no alcanzan el 85 % del flujo o caudal total (Q_{vt}).

Los SVC se diseñarán solo como un método de control del calor y la humedad presente en el aire de la zona de trabajo, y los subsistemas natural y artificial deben respetar por separado los requisitos sanitarios que se establecen para cada uno de ellos por separado.

Cuando en un SVC el flujo de la ventilación mecánica sea mayor que 15 % del total necesario, el cálculo del caudal medio natural (Q_{vn}) del subsistema de ventilación natural del SVC se calculará aplicando la fórmula siguiente:

$$Q_{vn} = Q_t - 0,5 Q_{va}$$

donde:

Q_{vn} flujo del SVN (m^3/s , m^3/min , m^3/h)

Q_t flujo total necesario (m^3/s , m^3/min , m^3/h)

Q_{va} flujo de la ventilación artificial (m^3/s , m^3/min , m^3/h)

Evaluación de la ventilación por dilución general

Los sistemas de ventilación por dilución general (SVG) pueden ser diseñados como SVN, o SVC cuando cumplen funciones de control del calor y de la humedad que se genera en un proceso productivo, pero solo será instalado un SVA cuando los contaminantes presentes son químicos o biológicos. Cuando un SVA cumpla fun-

ciones de depuración del aire del local bajo los principios de un SVG, debe garantizar que el aire que se inyecta dentro del mismo diluya todos los posibles contaminantes presentes en aire de la zona de trabajo de todos los puestos de trabajo que existen en él. Estos contaminantes deberán ser evacuados por un sistema de extracción que garantice la inocuidad de los mismos en el ambiente exterior. Además, todos los SVG tienen que garantizar que al menos el 85 % del aire que conforma el flujo o caudal total (Q_t) de aire que se inyecta en el local sea de aire limpio.

Los sistemas de refrigeración, tipo *split*, por ejemplo, son SVG para el control de calor y humedad, pero no garantizan que el 85 % del aire refrigerado que ellos inyectan sea químicamente limpio. Los *split* recirculan el aire contaminado con el dióxido carbónico proveniente de la respiración de las personas que permanecen dentro del local y, por tanto, no son recomendables para los locales herméticos donde permanecen personas.

Los SVA cuando funcionan como SVG en el control de contaminantes químicos o biológicos, deben garantizar que 15 minutos después de comenzar a funcionar el sistema, los niveles de concentración de contaminantes presentes en el aire de la zona de trabajo estén por debajo de los valores máximos admisibles establecidos en la NC 872:2011.⁽²⁾

La ventilación por dilución general se utilizará para los fines siguientes:

- Mejorar las condiciones del microclima laboral.
- Suministrar la cantidad de oxígeno necesaria en los puestos de trabajo.
- Extraer polvos, gases o vapores no nocivos a temperatura ambiente o superior a esta.

- Eliminar olores molestos.
- Diluir por debajo o hasta las concentraciones máximas admisibles (CMA) o las concentraciones promedio admisibles (CPA) establecidas en la NC 872:2011.⁽²⁾

Los sistemas de ventilación por dilución general deben cumplimentar los siguientes principios:

- Suministrar a la zona de trabajo la cantidad de aire suficiente para conseguir una dilución satisfactoria del contaminante.
- Situar los puntos de extracción lo más cerca posible de los focos de emisión del contaminante.
- Situar los puntos de introducción y extracción del aire de tal forma que el aire atraviese la zona contaminada.
- Garantizar la reposición del aire extraído mediante un sistema de inyección.
- Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el local sin una adecuada refrigeración y depuración en los sistemas cerrados o semi-cerrados.
- Evitar que se superen las CMA o CPA en los puestos de trabajo donde están instalados sistemas de extracción localizada.

Evaluación de la ventilación por dilución localizada

Los sistemas de ventilación localizada (SVL) son siempre SVA que se diseñan para inyectar el aire limpio en renovación en una parte o volumen del local o área de trabajo, dentro de casetas de control, o como sistema de extracción de los contaminantes directamente en la fuente que los genera; en este caso requieren generalmente de sistemas de depuración y chimeneas.

La ventilación por extracción localizada debe ser utilizada para los fines siguientes:

- Diluir los contaminantes químicos clasificados por la norma cubana NC 872:2011⁽²⁾ como tóxicos o muy tóxicos.
- Evitar que se generen o propaguen grandes cantidades de contaminantes químicos en las áreas de trabajo de un local.
- Impedir el desprendimiento aleatorio de sustancias nocivas hacia el ambiente laboral desde procesos industriales peligrosos.
- Refrigerar un puesto de trabajo específico que esté situado en un local con un ambiente laboral muy cálido.

Los sistemas de ventilación localizada deben cumplimentar los siguientes principios:

- Capturar los contaminantes muy próximos a la fuente donde se generan.
- Purificar el aire antes de verterlo a la atmósfera.
- Garantizar el arrastre de los contaminantes con la velocidad necesaria, evitando que se sedimenten en los conductos.
- Suministrar oxígeno y extraer el dióxido de carbono y el calor de los locales que se emplean como casetas herméticas con un solo trabajador en su interior.

Las chimeneas deben garantizar que su borde superior no esté a menos de 3 metros por encima del techo de la edificación más próxima. La altura final de las chimeneas debe calcularse durante la etapa de diseño por la norma cubana correspondiente.

Los sistemas de depuración se evaluarán de manera independiente según las recomendaciones de los fabricantes y los requerimientos ecológicos del ambiente exterior.

Evaluación de los sistemas de ventilación artificial (SVA)

Los SVA se instalarán como medida de control obligatoria para el control del calor en los puestos de trabajo cuando el calor latente sea en los mismos igual o mayor que 23,3 Wm (20 kcal m/h), y no sea posible el control por otro tipo de sistema, ni proceda el empleo de los monitores centrales en las instalaciones. El aire de inyección se refrigerará si no es posible reducir la carga latente con el caudal de entrada instalado.

Los SVA que incluyen sistemas de depuración de contaminantes químicos o biológicos y sistemas de refrigeración, o calefacción o deshumificación, se les denominará también sistemas de ventilación complejo (SVCJ). Es el sistema de ventilación que se diseña con los elementos necesarios para realizar las funciones de depuración y climatización del aire.

Cuando se instalen los SVA exclusivamente para el control de calor en los puestos de trabajo, el caudal medio total de renovación debe estar en el rango comprendido entre los valores mínimos y máximos establecidos en la tabla del Anexo B de la norma cubana NC 1159:2016.

El tiempo (t) que requerirá el SV para reducir la concentración de contaminantes químicos presentes en el aire por debajo de las CMA o las CPA, debe ser inferior a los 15 min de funcionamiento del mismo. En este intervalo de tiempo no debe permanecer en el área ningún trabajador. La concentración inicial del contaminante siempre debe estar por debajo de la CMA de la norma NC 872:2011.⁽²⁾

Cuando existan fuentes importantes de calor dentro de una zona o puesto de trabajo [o sea, valores de calor latente igual o mayor que 23,3 Wm (20 kcal m/h)], el caudal medio total de aire de renovación necesario se calculará tomando en cuenta los flujos de calor calcula-

dos del calor latente y del calor sensible según las formulaciones de la literatura técnica básica.

Se define como calor latente al calor que recibe o emite un sistema en el intervalo de tiempo en que en el

mismo está ocurriendo un cambio de fases, que utiliza o genera este calor como consecuencia de la transformación de fases, y generalmente no provoca un aumento instantáneo de la temperatura del sistema.

Figura

Sistema de ventilación artificial en una planta embotelladora bajo climatización especial por conductos



En el caso particular donde se instale un SVA y no existan contaminantes químicos o microbiológicos que se viertan sistemáticamente provenientes de una fuente estable en el tiempo, se puede diseñar el flujo o caudal de inyección y extracción de manera que el número de cambios de aire por hora en dicho local coincida con lo sugerido en la tabla 1 de este artículo, tomada del anexo B de la norma cubana NC 1159:2016.⁽⁵⁾

Las medidas de control de los contaminantes del aire que empleen la ventilación requieren de un diseño de los SVA donde se deban respetar las especificaciones técnicas de los fabricantes de los equipos.

En el diseño de un SVA se debe respetar siempre que el aire limpio inyectado no se mezcle con el aire extraído y que la posición de los inyectores y extractores se coloque respetando los flujos naturales de aire externos (inyectores en barlovento y extractores en sotavento).

Los SVA en locales interiores deben conducir el aire con ayuda de conductos que requieren de una limpieza y mantenimiento sistemático para garantizar el control adecuado de los agentes contaminantes. Los SVA pueden incluir dispositivos que se puedan instalar en áreas exteriores a nivel del suelo o en los aleros y techos, siempre tratando que el aire extraído no se mezcle con el aire de la inyección y contamine el aire limpio en los locales cercanos.

Los SVA deben cumplir con todos los requisitos higiénicos sanitarios establecidos en los otros documentos del Sistema Nacional de Normas Cubanas de Salud y

Seguridad en el Trabajo. Debe tenerse particular precaución con la generación de ruido y vibraciones por los dispositivos mecánicos y eléctricos que conforman normalmente los sistemas de ventilación (en particular por el generado por ventiladores axiales y centrífugos) y el aislamiento adecuado de los cables eléctricos que necesitan para su funcionamiento.

Cuando se diseñan los SVA se debe tener en cuenta que en los puestos de trabajo se incluirán los accesorios y los equipos de protección personal requeridos para proteger a los trabajadores de la incidencia directa de la radiación térmica, que es un factor de riesgo que ellos no pueden controlar.

Evaluación de las medidas de seguridad de los SVA

Los SVA deben cumplir con las siguientes medidas de seguridad:

- En el proyecto de los SVA se considerará el espacio libre necesario para la realización de las labores de mantenimiento de los mismos, para el montaje o reparación de los sistemas eléctricos, de iluminación y de tuberías conductoras.
- Los SVA que extraigan aire contaminado con sustancias volátiles capaces de formar concentraciones tales que puedan provocar incendios o explosiones, se proyectarán a prueba de explosión.

- En locales donde existan riesgos potenciales de incendio, las partes componentes del SVA deben ser de materiales incombustibles.
- En ningún caso se utilizará en los SVA la unificación por un conducto común de dos o más contaminantes que puedan reaccionar o provocar incendio o explosión.
- En el proyecto de los SVA expuestos a riesgos por descarga eléctrica atmosférica o que la sustancia que confluya por el sistema pueda generar electricidad estática, se incluirá un sistema de conexión a tierra, que cumplirá los requisitos técnicos y de seguridad establecidos en las normativas vigentes.
- Si el SVA es un sistema con conductos, se tendrá en sus ramales un dispositivo central de cierre del flujo de aire para bloquear el paso del aire hacia algún lugar determinado; los controles deben ser de fácil y rápido acceso para su empleo en caso de emergencias.
- Las partes y componentes de los SVA que entren en contacto directo con sustancias corrosivas deben ser de material anticorrosivo.
- Cuando los elementos que fluyan por el SVA puedan provocar una corrosión lenta, los materiales de las partes componentes se los SV recibirán tratamientos anticorrosivos.
- En ningún caso se utilizará en los SVA la unificación por un conducto común de dos o más contaminantes que puedan reaccionar o provocar la corrosión del conducto.

El documento evaluativo o acta de inspección

Para realizar la evaluación, registro o inspección de un SV, se deberá incluir un conjunto de datos que se resumen en el Anexo de la norma, como:

1. Nombre y dirección del centro de trabajo.
2. Fecha de realización de las mediciones.
3. Horario de realización de las mediciones.
4. Puestos de trabajo y áreas de realización de las mediciones.
5. Nombre de los especialistas participantes.
6. Fecha de elaboración del informe.
7. Objetivos de la evaluación.
8. Instrumentos de medición utilizados (marca, error, tipo y accesorios).
9. Croquis del lugar, si se considera necesario.
10. Tipos de muestreo utilizado.
11. Métodos y criterios de evaluación utilizados.
12. Análisis de los resultados en las áreas y puestos evaluados.
13. Conclusiones.
14. Recomendaciones.
15. Tablas que se consideren necesarias para el análisis de los resultados.

La norma cubana NC 1159:2016 ⁽⁵⁾ establece explícitamente que todas las evaluaciones de los SV que se realicen en Cuba cuando ellos se emplean como sistemas de control de riesgos laborales, se realizarán siguiendo lo establecido en dicho documento, con el objetivo de garantizar que estos sistemas tecnológicos cumplieren con los requisitos indispensables para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores en los locales donde están instalados.

A manera de conclusiones, se elaboró una norma cubana de cumplimiento obligatorio para todo el país que recoge los requisitos higiénicos y sanitarios indispensables y los métodos de validación de la idoneidad de los sistemas de ventilación durante su explotación. El documento fue aprobado por el MTSS como documento de obligatorio cumplimiento para todo el país. Con esto se aspira elevar la calidad y rigor en la explotación de estos sistemas y garantizar una mayor calidad del aire interior en los locales de trabajo donde están instalados.

Finalmente, se recomienda que sea incluida la evaluación de los sistemas de ventilación según la Norma Cubana NC 1159:2016 ⁽⁵⁾ en los planes de inspección estatal que el MINSAP y el MTSS realizan a las entidades laborales, con vista a garantizar y mejorar la calidad sanitaria de los locales de trabajo. También se recomienda que los diseñadores e inspectores estatales de salud y seguridad del trabajo apliquen el documento normativo antes citado como contribución a la higiene requerida en los puestos de trabajo y, en particular, para evitar la propagación de enfermedades microbianas. De la misma forma, se sugiere continuar las investigaciones para perfeccionar las recomendaciones sanitarias en los locales donde se requieren sistemas de ventilación artificial.

Bibliografía

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Manual de ventilación Industrial [Industrial Ventilation Handbook] [versión de la Sociedad de Ingenieros de Cataluña]. Cincinnati: ACGIH; 1991.
2. Oficina Nacional de Normalización. NC 872:2011. Seguridad y salud en el trabajo. Sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo. Evaluación de la exposición laboral. Requisitos generales. La Habana: ONN; 2011.
3. Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation; 2008.
4. Colectivo de autores. Seguridad y salud en el trabajo. La Habana: Editorial Félix Varela; 2007.
5. Oficina Nacional de Normalización. NC 1159:2016. Seguridad y salud en el trabajo. Ventilación en el ambiente laboral. Clasificación de los sistemas. Re-

- quisitos fundamentales para su diseño y evaluación. La Habana: ONN; 2016.
6. Comité Estatal de Normalización. NC 19-05-02:1986. Sistema de Normas de Protección e Higiene en el Trabajo. Trabajo. Sistemas de ventilación natural. Requisitos generales. La Habana: CEN; 1986.
 7. Oficina Nacional de Normalización. NC 869:2011. Seguridad y salud en el trabajo. Ambientes térmicos calurosos. Estimación del estrés térmico en el trabajo basado en el Índice WBGT (temperatura de globo y bulbo húmedo). La Habana: ONN; 2011.
 8. Oficina Nacional de Normalización. NC 870:2011. Seguridad y salud en el trabajo. Ergonomía. Criterios de referencia e indicadores para evaluar la intensidad y la carga de trabajo físico. La Habana: ONN; 2011.
 9. Oficina Nacional de Normalización. NC UNE-EN ISO 13731:2002. Seguridad y salud en el trabajo. Ergonomía del ambiente térmico. Vocabulario y símbolos. La Habana: ONN; 2002.
 10. Oficina Nacional de Normalización. NC-ISO 14121:2002. Seguridad y salud en el trabajo. Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación de riesgos. La Habana: ONN; 2002.
 11. Oficina Nacional de Normalización. NC 124-1:2001 Seguridad y salud en el trabajo - Seguridad de las máquinas - Conceptos básicos. Principios generales para el diseño - Partes 1 y 2: Terminología básica y metodología y principios y especificaciones técnicas. La Habana: ONN; 2011.
 12. IEC 60204-1:1992 Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements.
 13. ISO 7730:1985. Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores


Raúl Antonio Baqués Merino. Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original y redacción, revisión y edición.

Ibis Ávila Roque. Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización y redacción, revisión y edición.

Meylín Panol Quintana. Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, visualización, redacción del borrador original y redacción, revisión y edición.

Copyright © 2021: Raúl Antonio Baqués Merino, Ibis Ávila Roque y Merlín Panol Quintana

Licencia creative commons

	<p>Este artículo de la Revista Cubana de Salud y Trabajo está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Esta licencia permite el uso, distribución y reproducción del artículo en cualquier medio o formato, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor del artículo y al medio en que se publica, en este caso Revista Cubana de Salud y Trabajo.</p>
---	---