

Unidades de olor: evaluación de la molestia en ambientes interiores industriales

*Odour units: nuisance evaluation in industrial indoor air
Unités d'odeur: l'évaluation de la gêne dans les environnements intérieurs industriels*

Redactores:

Eva Gallego Piñol
Doctora en Ciencias Ambientales

Xavier Roca Mussons
Doctor en Ingeniería Industrial

LABORATORI DEL CENTRE DE MEDI AMBIENT.
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)
BARCELONATECH.

Xavier Guardino Solà
Doctor en Ciencias Químicas

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Esta Nota Técnica propone una metodología para determinar la cantidad de unidades de olor (UO) en ambientes interiores industriales. En ella se presenta un método para el cálculo de las UO en el ambiente interior a partir del conocimiento de las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV). Las UO totales y la contribución de cada COV al total de éstas constituye una herramienta útil para determinar los procesos que más contribuyen al total de UO en el ambiente interior, al mismo tiempo que permite obtener la valoración del nivel de reducción de la emisión al aire interior una vez aplicadas medidas correctoras en los procesos productivos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La apreciación de olores desagradables genera quejas sobre la calidad del aire (Véase NTP 972), debido a que los olores pueden afectar el estado de ánimo de las personas, así como suscitar efectos psicológicos y fisiológicos en el organismo. Los compuestos químicos generadores de olores pueden tener efectos de tipo sensorial tales como irritación y malestar general, y a largo plazo, efectos adversos sobre la salud. En la práctica, estos efectos provocan disconfort y alteran la calidad de vida laboral. Éstos compuestos son mayoritariamente los compuestos orgánicos volátiles (COV), y la presente NTP se centra en su evaluación, aunque debe tenerse en cuenta que algunos compuestos inorgánicos, como por ejemplo el sulfuro de hidrógeno o el amoníaco, también pueden generar olores desagradables. Determinados ambientes interiores industriales pueden tener altos valores de COV y en consecuencia presentar malos olores, por ejemplo en plantas de tratamiento de residuos, industrias químicas, del plástico, textiles, de pinturas y barnices, de fragancias y aromas, de lavado en seco, etc. Las fuentes de COV en ambientes interiores industriales provienen de los diferentes procesos realizados en éstos. El conocimiento de su origen es un aspecto clave para poder reducir su producción y/o emisión en el ambiente interior a través de la aplicación de medidas correctoras.

2. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE COV

Debido a que los métodos de muestreo y análisis de COV disponibles son variados, se recomienda utilizar un método de captación activo con tubos adsorbentes multilecho (Carbotrap, Carbopack X y Carboxen 569). La metodología analítica aconsejada es la desorción térmica (DT) acoplada a cromatografía de gases y detección por espectrometría de masas (CG/EM), principalmente debido a la muy baja manipulación de la muestra, su alta sensibilidad y la posibilidad de la identificación/verificación de los compuestos detectados por su espectro de masas, ya que se necesita obtener un listado de todos los compuestos presentes en los ambientes estudiados (Véase NTP 978).

Los caudales adecuados para la evaluación de la calidad del aire en ambientes industriales se encuentran entre 70 y 80 ml/min, dependiendo de la concentración esperada de la muestra y el tiempo de muestreo necesario. Cuando esta metodología es usada en el campo de la higiene industrial es habitual que derive en una saturación del tubo adsorbente. Por tanto, antes de efectuar la toma de muestras debe hacerse un estudio previo para determinar el volumen/tiempo de muestra idóneo en cada una de las áreas o procesos industriales a evaluar, y evitar así saturaciones de la muestra y pérdida de compuestos debido al volumen de ruptura (*breakthrough*).

El formaldehído es uno de los COV más comunes, pero debido a sus características concretas, necesita sistemas de captación y análisis específicos. Existen diferentes procedimientos para la determinación de la presencia de formaldehído en aire interior. Uno de los métodos más usados es el de la captación activa en tubos de sílica gel impregnados con 2,4-dinitrofenilhidracina y posterior análisis por cromatografía líquida de alta resolución utilizando un detector ultravioleta. (Véase NTP 466).

3. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE OLOR

La carga odorífera en un ambiente puede determinarse a través del umbral de olor de los COV determinados cuantitativamente. El cociente entre la concentración de un compuesto concreto y su umbral de olor determinará las unidades de olor (UO), es decir, el número de veces que ese compuesto supera su umbral de olor. Adicionando todas las unidades de olor (valores de UO ≥ 1) de aquellos compuestos químicos que disponen de su umbral publicado se obtiene la carga odorífera del aire interior industrial.

El cálculo de las UO se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$UO = \frac{\text{Concentración compuesto}_i}{\text{Umbral de olor compuesto}_i}$$

Debe tenerse en cuenta que las UO calculadas siguiendo esta recomendación no tienen en cuenta posibles efectos aditivos, enmascaramientos y/o sinergias de los compuestos evaluados. Por otro lado, no todos los compuestos químicos tienen publicado su umbral de olor, en cuyo caso, no se podrá determinar la contribución odorífera del compuesto al total de las UO. Debido a esto, las UO determinadas pueden variar ligeramente respecto a las calculadas a partir de olfactometría dinámica. Así y todo, diversos estudios publicados corroboran la buena correlación que existe entre las UO calculadas con olfactometría y las concentraciones de COV calculadas mediante análisis químico. La presente NTP se focaliza en el uso de las UO para determinar los compuestos que contribuyen en mayor medida al olor en un ambiente interior, así como en aquellos procesos productivos en los que son generados. La identificación de los compuestos químicos permite evaluar simultáneamente la potencial presencia de los mismos, o de otros con potencial tóxico, en una atmósfera con detección sensorial de olor. También son de utilidad para comparar cambios en la carga odorífera cuando se hayan aplicado medidas correctoras.

Es conveniente distinguir entre (Véase NTP 358):

- **Umbral de detección:** concentración mínima del compuesto que produce una respuesta sensorial en los receptores olfativos de una población dada, en un porcentaje que, por convención, se ha especificado en el 50%, que es el valor que se describe y se encuentra publicado como "umbral de olor". Se trata de un valor teórico obtenido a partir de las personas que participan en el estudio, las cuales no son ni muy ni poco sensibles a las diferentes sustancias olorosas de referencia y están exentas de patología que afecte a la olfacción. Hay que tener en cuenta que los umbrales de olor se determinan en condiciones de laboratorio, por lo general distintas de las que se encuentran en el medio laboral y sin otro tipo de sustancias olorosas

presentes en el ambiente, situación que sí puede ocurrir en el lugar de trabajo. No es un dato fisiológico o una constante física, sino que representa un valor estadístico. El porcentaje de detección del olor se puede aumentar al 100%, si se quiere incluir a la población menos sensible, o reducirlo al 10%, para considerar sólo a la más sensible.

- **Umbral de reconocimiento:** concentración mínima a la que una parte de la población (generalmente el 50%) es capaz de describir el olor de un compuesto.

En la práctica, hay que tener presente la variabilidad que existe en la percepción de los olores por el público en general para las diferentes sustancias químicas, ya que hay personas que detectan el olor por debajo y otras que no lo perciben hasta concentraciones muy por encima de los umbrales de olor establecidos. Ciertos factores pueden generar variabilidad en la percepción olfativa:

- diferente sensibilidad del aparato olfativo
- estado de distracción o atención del sujeto
- habituación a los olores
- enfermedades que interfieren con la olfacción
- variaciones en la temperatura y humedad del aire
- existencia de corrientes de aire
- edad
- sexo

Además, el umbral olfativo de un compuesto también viene determinado, en parte, por:

- forma del compuesto
- polaridad
- carga parcial
- peso molecular

En la Tabla 1 se presentan como ejemplo los umbrales y las características olorosas para una serie de compuestos químicos.

Compuesto químico	Umbral de olor ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Descripción del olor
Ácido acético	43	Vinagre, agrio, pungente
Ácido butanoico	0,35-86	Rancio, pungente
Ácido pentanoico	8-12000	Dulce
Formaldehído	490	Picante, penetrante
Acetaldehído	0,01-4	Fruta, manzana
Butiraldehído	15	Rancio
Pentanal	2,5-34	Fruta, manzana
Butanona	870	Manzana verde, etéreo
Etil butirato	0,017	Fruta, piña, etéreo

Tabla 1. Umbrales de olor y características de algunos COV seleccionados

En la Tabla 2 se muestra la bibliografía esencial donde se pueden obtener umbrales de olor referenciados. Debido a la diversidad de valores, es recomendable seleccionar el valor de mayor confianza según su cálculo, así como los más restrictivos. La bibliografía debe actualizarse y revisarse de forma continuada, ya que varios de los documentos listados se actualizan con nuevas ediciones de forma permanente.

Documento	Autores/Editores	Institución	Año	Link
Compilations of odour threshold values in air, water and other media	L.J. van Gemert	Boelens Aroma Chemical Information Service (BACIS) TNO Nutrition and Food Research Institute The Netherlands	2003	http://www.thresholdcompilation.com/
Compilation of odour threshold values in air, water and other media. 2 nd Edition	L.J. van Gemert	Oliemans Punter and Partners BV The Netherlands	2011	http://www.thresholdcompilation.com/
Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards. 2 nd Edition	S. Sharon A. Murnane H. Lehoc P.D. Owens	American Industrial Hygiene Association United States of America	2013	http://webportal.aiha.org/Purchase/ProductDetail.aspx?Product_code=48a8a2c8-17ac-e211-a7f9-005056810034
Reference Guide to Odor Thresholds for Hazardous Air Pollutants Listed in Clean Air Act Amendments of 1990 EPA/600/R-92/047		United States Environmental Protection Agency	1992	http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=40610#Download
Odour Complaints Checklist. Odour characteristics and detection threshold levels		Health Protection Agency United Kingdom	2011	http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1256639817998

Tabla 2. Recopilación de la bibliografía relativa a los umbrales de olor.

4. USO DE LAS UNIDADES DE OLOR EN AMBIENTES INDUSTRIALES

Se trata de un proceso en el que pueden distinguirse tres fases.

Primera fase: determinación de las concentraciones de COV específicos

La identificación de compuestos debe llevarse a cabo a partir de la coincidencia del tiempo de retención obtenido para ese COV con su propio patrón. Su identificación debe corroborarse mediante la coincidencia de espectros entre el compuesto observado en el cromatograma obtenido y las bibliotecas espectrales comerciales, por ejemplo la biblioteca NIST11[®] (NIST/EPA/NIH, National Institute of Standards and Technology/Environmental Protection Agency/National Institutes of Health, versión 2.0g, junio 2011).

Debido a la gran variabilidad en las concentraciones de COV en ambientes interiores industriales, es necesario el uso de dos iones característicos para la cuantificación de los compuestos, un ión característico bastante o muy abundante (m/z 1) para determinar compuestos en concentraciones bajas, y un ión característico poco abundante (m/z 2) para compuestos en concentraciones altas (Véase NTP 978). A parte de la cuantificación de los COV más abundantes, es de especial interés cuantificar aquellos que presentan umbrales de olor bajos, ya que potencialmente pueden tener una mayor contribución a la generación de olores.

Una vez obtenidas las concentraciones de los COV seleccionados, se pueden determinar los porcentajes de cada compuesto o familia respecto a la concentración total de COV en cada etapa y/o proceso productivo que se lleve a cabo. Este dato pone de manifiesto la abundancia en la generación/emisión de cada compuesto o familia en el proceso industrial. No siempre una mayor abundancia de un compuesto va a representar una mayor contribución a las unidades de olor del ambiente, ya que esto depende de su umbral de olor. Sin embargo, la determinación de los niveles de concentración de COV,

además de permitir el cálculo de UO individuales de cada compuesto y el número de UO totales, también proporciona la información necesaria para la evaluación de la seguridad de los compuestos clasificados como peligrosos (Véase NTP 320), a diferencia de los métodos de evaluación únicamente sensoriales.

Segunda fase: determinación de las UO

Como se ha indicado anteriormente, a partir de las concentraciones de COV pueden obtenerse las UO para cada compuesto si se dispone de su umbral de olor. Con estos datos, se puede determinar la contribución de cada COV o familia de COV al total de las UO según las etapas y/o procesos productivos. Estos datos muestran los compuestos que contribuyen en mayor medida a la molestia por el olor, constituyendo la información básica para el diseño del sistema de reducción de olores mediante cambios en las variables del proceso, o para la toma de decisiones respecto a la instalación de un equipo específico de desodorización. Puede darse el caso que compuestos a muy bajas concentraciones sean los que contribuyen de forma mayoritaria a las unidades de olor en el ambiente interior. En el caso de las plantas de tratamiento de residuos, por ejemplo, los compuestos que más contribuyen al olor son el acetaldehído (20-50%), etil butirato (40-80%), ácido butanoico (10-50%) y biacetil (3-30%); en cambio su contribución a la concentración total de COV solo corresponde al 2, 0,01, 0,2 y 0,2%, respectivamente.

Tercera fase: soluciones para disminuir la cantidad de UO en ambientes interiores industriales. Aplicación de mejoras en los procesos productivos

Una vez determinados los compuestos que más contribuyen a las UO, es necesario aplicar medidas correctoras en los diferentes procesos productivos para reducir su generación y emisión al aire interior de la nave. Las medidas correctoras dependen del tipo de proceso desarrollado. Aplicadas estas medidas, es necesario volver a evaluar las concentraciones de COV y determinar la nueva contribución a las UO de los compuestos objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

GALLEGO, E., ROCA, F.J., PERALES, J.F., SÁNCHEZ, G.

Reducing the indoor odorous charge in waste treatment facilities.

International Journal of Waste Resources, 2014, n° 4:1, p. 1000136.

GALLEGO, E., ROCA, F.J., PERALES, J.F., SÁNCHEZ, G., ESPLUGAS, P.

Characterization and determination of the odorous charge in the indoor air of a waste treatment facility through the evaluation of volatile organic compounds (VOCs) using TD-GC/MS.

Waste Management, 2012, n°32, p. 2469-2481.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)

Calidad de Aire Interior. 2ª Edición.

INSHT, Barcelona, 2008. 214 p.

RIBES, A., CARRERA, G., ROCA, F.J., GALLEGRO, E., BERENQUER, M.J., GUARDINO, X.

Development and validation of a method for air quality and nuisance odors monitoring of volatile organic compounds using multisorbent adsorption and GC/MS thermal desorption system.

Journal of Chromatography A, 2007, n°1140, p. 44-55.

US EPA

Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air. Second Edition. Compendium Method TO-17. Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes.

Center for Environmental Research Information, Office of Research and Development, 1999