



Documentación

NTP 583: Evaluación de la exposición laboral a agentes químicos. Norma UNE-EN-482 y relacionadas

Évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques. Norme UNE-EN-482 et relatifs

Occupational exposure assessment to chemical agents. Standard UNE-EN-482 and related

Redactor:

Xavier Guardino Solá
Dr. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En la presente Nota Técnica de Prevención se exponen los aspectos más importantes de la norma UNE-EN-482: 1995. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos, así como de otras normas relacionadas.

Introducción

La norma UNE-EN-482: 1995, Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos especifica los requisitos de funcionamiento para los procedimientos que se utilizan en la determinación de la concentración de los agentes químicos en el lugar de trabajo, es decir, el método analítico, aplicables a todo tipo de procedimiento, sea cual sea la naturaleza química o estado físico del agente, independientemente del método de muestreo o de análisis empleado y a todo el proceso, incluyendo muestreo, transporte y almacenamiento y análisis y también a los equipos de lectura directa.

A continuación se revisa esta norma, ampliándose los aspectos de la misma que se consideran de interés, para disponer del conjunto de requerimientos necesarios para la correcta determinación de agentes químicos en aire.

Definiciones

Se exponen las definiciones contenidas en la norma, algunas de las cuales se hallan también en la Nota Técnica de Prevención (NTP) **547**, ya que son necesarias para la correcta interpretación de algunas cuestiones que se tratan más adelante. También se incluyen las de los Límites de Exposición Profesional (LEP) y las relacionadas con la clasificación de materia particulada por tamaño de partícula.

Agente químico

Cualquier elemento o compuesto químico, solo o mezclado con otro, tal como se presenta en estado natural o producido por cualquier actividad laboral, sea producido

intencionalmente o no, y haya sido o no puesto en el mercado.

Especies

Las diferentes formas en que puede presentarse un agente químico, estando caracterizada cada forma mediante su composición química y/o sus características químicas detalladas.

Exposición

(Por inhalación). Situación en que un agente químico está presente en el aire inhalado por una persona.

Incertidumbre global

(de un procedimiento de medida o de un instrumento). Cantidad utilizada para caracterizar, como un todo, la incertidumbre del resultado dado por un equipo o por un procedimiento de medida. Está expresada, en porcentaje, por una combinación del sesgo y de la precisión, generalmente de acuerdo con la fórmula:

$$\frac{|\bar{X} - X_{ref}| + 2S}{X_{ref}} \cdot 100$$

donde:

\bar{X} es el valor medio de los resultados de un número n de mediciones repetidas.

X_{ref} es el valor de referencia verdadero o aceptado de la concentración.

S es la desviación típica de las mediciones.

En términos estrictamente matemáticos, no hay ninguna vía posible para combinar la precisión (que es una varianza) y el sesgo (que es un valor absoluto). Sin embargo, por precedentes en higiene ocupacional y por convenios consagrados por los años, se han combinado de acuerdo con la fórmula anterior.

Intervalo de medida específico

Conjunto de valores de la concentración para los que la incertidumbre global de un procedimiento de medición se sitúa, en principio, entre los límites especificados.

Precisión

Grado de concordancia entre los resultados obtenidos al aplicar el método varias veces bajo condiciones determinadas.

Procedimiento de medida

Procedimiento utilizado para el muestreo y el análisis de uno o varios agentes químicos en aire, y que incluye el almacenamiento y transporte de la muestra.

Selectividad

Grado de independencia frente a las interferencias.

Sesgo

Desviación significativa y sistemática de los resultados de un proceso de medida respecto al valor verdadero de la característica de la calidad del aire.

Tamaño de partícula

La norma UNE-EN 481: 1993 Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles, define el convenio para el muestreo como la especificación que debe alcanzar el instrumento de muestreo para cada una de las 5 fracciones de interés distintas en relación a su capacidad de penetración en el sistema respiratorio humano y que se relacionan a continuación. La representación gráfica de las fracciones inhalable, torácica y respirable, como porcentajes del aerosol total, se incluye en la **figura 1**.

- *Fracción inhalable*

La fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.

- *Fracción extratorácica*

La fracción másica de las partículas inhaladas que no penetran más allá de la laringe.

- *Fracción torácica*

La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.

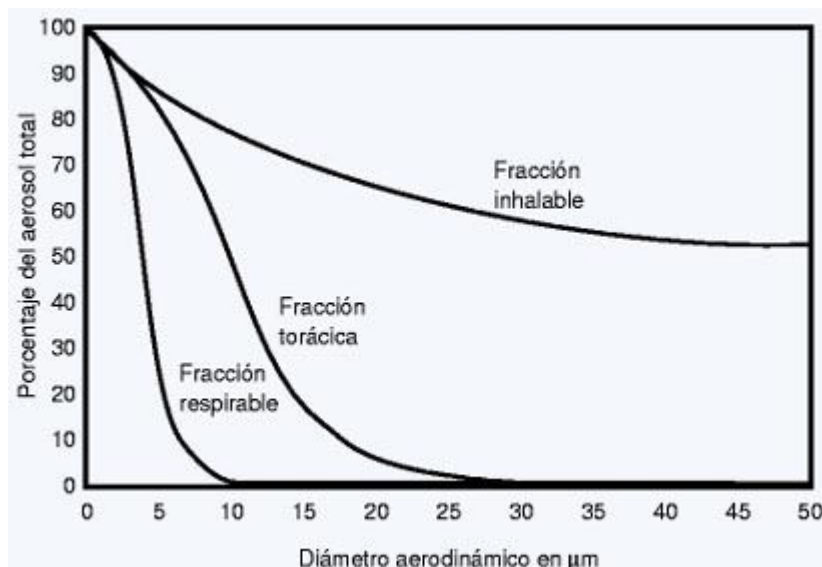
- *Fracción traqueobronquial*

La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe, pero que no pueden penetrar en las vías respiratorias no ciliadas.

- *Fracción respirable*

La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

Figura 1
Representación de las fracciones inhalable, torácica y respirable como porcentaje del aerosol total



Tiempo de ponderación

Periodo de tiempo para el que el procedimiento de medida proporciona un único valor.

Validación

Proceso de evaluar las características de funcionamiento de un procedimiento de medida y de comprobar que cumplen ciertos criterios prefijados.

Valor límite

Cifra de referencia para la concentración de un agente químico en el aire.

NOTA: La norma da una definición general. Para mayor concreción, ver las definiciones de Valores LEP

- La mayor parte están establecidos para periodos de referencia de 8 h, aunque también pueden establecerse para periodos más cortos o para desviaciones puntuales de la concentración.
- Los valores para gases y vapores se expresan en términos independientes de la temperatura y la presión del aire, en ml/m³ (ppm, V/V) y, en términos dependientes de estas variables en mg/m³, para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa.
- Los valores límites para la materia particulada están dados en mg/m³ o múltiplos para las condiciones ambientales reales (temperatura, presión) en el lugar de trabajo.
- Los valores límite para las fibras están dados en fibras/m³ o fibras/cm³ para las condiciones reales del lugar de trabajo.

NOTA: el objetivo de emplear distintas unidades para distintos estados o formas de los agentes químicos en el aire es que expresen, de la manera más directa posible, su capacidad de efecto adverso. En el caso de las fibras, el efecto adverso está asociado al número de fibras inhaladas, por ello las unidades son fibras/cm³. En los gases y vapores el

efecto adverso está asociado al número de moléculas que penetran en el organismo, empleándose los ppm, ya que los ppm (v/v) son proporcionales al número de moléculas de gas o vapor presentes en el aire. En el caso de la materia particulada, este planteamiento (que implicaría emplear como unidad mmoles/m³) está muy supeditado por otros dos factores: el tamaño de la partícula y su solubilidad en agua.

Valores LEP

Son los límites de exposición profesional (LEP) para agentes químicos adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), publicados desde 1999 y recomendados para su aplicación en los lugares de trabajo por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (CNSST). Se definen los siguientes tipos de valores.

- *Valor límite ambiental - Exposición diaria (VLA-ED)*

Es el valor de referencia para la exposición diaria, definido como la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. Representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. Este valor no debe ser superado en la exposición diaria. Cuando se trate de un agente químico con un periodo de inducción largo o bien existan variaciones sistemáticas entre distintas jornadas, puede resultar aceptable una valoración de base semanal.

- *Valor límite ambiental - Exposición de corta duración (VLA-EC)*

Es el valor de referencia para la exposición de corta duración, definido como la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. Este valor no debe ser superado por ninguna exposición corta a lo largo de la jornada laboral.

Valor verdadero

(De una cantidad) Aquel que caracteriza una cantidad perfectamente definida, en las condiciones que existen en el momento en que esta cantidad es considerada. Es un concepto teórico y, en general, no puede ser exactamente conocido (ISO 3534-1- Estadística. Símbolos y vocabulario. Parte 1: Probabilidad y términos estadísticos generales).

Clasificación de los procedimientos de medición

Se clasifican en función del objeto de la medición a realizar, contemplándose 5 escenarios en aplicación de la estrategia de medición expuesta en la norma *UNE-EN-689: 1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de medición*, así como otros 2 escenarios, citados en la mencionada norma, que implican una combinación de estos diferentes objetos de las mediciones.

Mediciones para la evaluación aproximada

de la concentración media ponderada en el tiempo. Son mediciones para obtener información cuantitativa aproximada sobre el nivel de exposición para decidir si existe o no un problema de exposición y, si existe, averiguar su posible gravedad. Pueden utilizarse también para determinar si la exposición está claramente por debajo o por encima del valor límite.

Mediciones para la evaluación aproximada de la variación de concentración en el tiempo y/o en el espacio

Se utilizan para:

- Proporcionar información de los probables perfiles de concentración de los agentes químicos.
- Identificar emplazamientos o períodos de elevada exposición.
- Establecer la duración y frecuencia del muestreo de las mediciones para comparar con los valores límite.
- Localizar las fuentes de emisión.
- Estimar la eficacia de la ventilación u otras medidas técnicas.

Mediciones próximas a una fuente de emisión

Pueden proporcionar información sobre la localización y la intensidad de la fuente y en combinación con otras informaciones permitir la eliminación de la contribución significativa a la exposición de una fuente sospechosa.

Mediciones para comparar con los valores límite

Proporcionan información exacta y fiable sobre la concentración media ponderada en el tiempo de un agente químico específico en el aire que puede ser inhalado, o bien permiten su predicción.

Mediciones periódicas

Se utilizan para determinar si las concentraciones de exposición han cambiado desde su comparación con los valores límite, o bien para comprobar si las medidas de control continúan siendo eficaces. Ya que la composición de la atmósfera del lugar de trabajo y las condiciones ambientales, habrán sido investigadas durante la evaluación de la exposición profesional, puede ser adecuado utilizar, para las medidas periódicas, procedimientos con menor selectividad.

Mediciones en el caso más desfavorable (Anexo A de la Norma)

Las mediciones para la evaluación aproximada en el tiempo y en el espacio son capaces de identificar claramente los incidentes en los que ocurren las exposiciones más altas, debidas, por ejemplo, a ciertas actividades laborales. Los períodos de muestreo pueden seleccionarse de manera que incluyan estos episodios, denominándose entonces

muestreo en el caso más desfavorable, que, acotado en periodos de 15 minutos coincide con la determinación de exposiciones cortas (EC) indicadas en el documento **Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España del INSHT**.

Mediciones en un punto fijo (Anexo A de la norma)

Pueden ser utilizadas para comparar con los valores límite si los resultados son representativos de la concentración de exposición. De este modo puede plantearse la estimación de la exposición de distintos trabajadores que ocupan un puesto físico de trabajo de manera consecutiva.

Requisitos de funcionamiento

Los requisitos de funcionamiento de los procedimientos para la medición a agentes químicos son los siguientes.

No ambigüedad

Todo procedimiento de medición en el intervalo de medida especificado, deberá proporcionar un resultado de la concentración del agente químico medido que sea no ambiguo. Esto significa que a todo valor determinado analíticamente le deberá corresponder una única concentración.

Selectividad

Los requisitos de selectividad dependen de la información que se conozca previamente sobre la composición del aire. Si no se conoce, entonces el procedimiento de medida deberá tener una alta selectividad, teniendo en cuenta la incertidumbre de la medición y las probables interferencias.

Si se conoce cualitativamente la composición de la atmósfera, la selectividad podrá ser menor, siempre que el valor total registrado se contabilice como si correspondiera al agente químico que se esté estudiando, y supuesto que el resultado no se vea disminuido por la presencia de los otros componentes.

Los procedimientos para medir materia en suspensión deberán hacer posible la selección de aquella fracción de partículas, para la que esté establecido el valor límite del agente químico. Si se han establecido valores límite distintos para las diferentes especies de un agente, el procedimiento de medida deberá permitir la determinación de cada especie, si esto fuese necesario para la evaluación. Normalmente los valores límite se establecen para la fracción inhalable y/o para la fracción respirable.

Incertidumbre global, intervalo de medida específico mínimo, tiempo de ponderación

Dependiendo del objeto de la medición, las especificaciones de la incertidumbre global, para los intervalos de medida específicos mínimos y los tiempos de ponderación, deberán ser los de la **tabla 1**.

Procedimientos con varias etapas

Los requisitos de funcionamiento deben cumplirse para el procedimiento completo (en

todas sus etapas). El almacenamiento y transporte de una muestra recogida como parte de un procedimiento de medida, deberán realizarse de tal manera que se mantenga la integridad física y química de la muestra.

Condiciones ambientales

Todo lo anterior deberá cumplirse en las condiciones ambientales que se presenten en el lugar de trabajo, típicas de la utilización que se pretende del procedimiento. Sin embargo, los ensayos relativos a un procedimiento deberán llevarse a cabo en condiciones de laboratorio, ya que los métodos de ensayo y los criterios apropiados no pueden actualmente especificarse, más que para los ensayos de laboratorio. Puede ser necesario considerar la influencia del clima, interferencias y otras condiciones ambientales. Para cada procedimiento de medida deberá precisarse el intervalo de las condiciones climáticas en los que los requisitos de funcionamiento citados son cumplidos por dicho procedimiento.

Descripción de un procedimiento de medida

Debe existir una descripción de cada procedimiento de medida, con la información necesaria para llevar a cabo el procedimiento, los requisitos citados y toda aquella que pudiera influir en el comportamiento del procedimiento.

Expresión de los resultados

El resultado final deberá expresarse en las mismas unidades que el valor límite. Este requisito no es obligatorio en las mediciones para la evaluación aproximada de la variación de la concentración.

TABLA 1
Especificación de los requisitos de funcionamiento dependiendo del objeto de la medición

OBJETO DE LA MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE GLOBAL RELATIVA	INTERVALO DE MEDIDA ESPECÍFICO	TIEMPO DE PONDERACIÓN
Medición para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo ⁽²⁾	≤ 50%	De 0,1 a 5 VL ⁽¹⁾	Menor o igual que el periodo de referencia del valor límite
Medición para la evaluación de la concentración. a) en el tiempo ⁽³⁾ b) en el espacio ⁽²⁾⁽⁵⁾	≤ 20% ≤ 40%	Intervalo dinámico >10/1 ⁽⁴⁾ Intervalo dinámico >10/1 ⁽⁴⁾	< 5 minutos < 15 minutos
Medición próxima a una fuente de emisión ⁽²⁾	≤ 50%	0,5 a 10 VL	Dependiente de la fuente
Medición para comparar con lo valores límite ⁽²⁾	≤ 50% ≤ 30%	0,1 a 0,5 VL 0,5 a 2 VL	Menor o igual que el periodo de referencia del valor límite
Mediciones periódicas ⁽²⁾	≤ 50% ≤ 30%	0,1 a 0,5 VL 0,5 a 2 VL	Menor o igual que el periodo de referencia del valor límite

(1) Valor límite

(2) Para cubrir el intervalo de medida específico mínimo requerido, es posible utilizar una combinación de dos procedimientos, con intervalos de medida específicos reducidos pero complementarios y en parte superpuestos

(3) Para este tipo de medición solamente se deberá utilizar la precisión, en el cálculo de la incertidumbre global, siempre que pueda demostrarse que la variación en el sesgo es pequeña

(4) No se especifica un intervalo de medida mínimo. El intervalo de medida requerido de la concentración

puede ser decidido para cada aplicación particular. En todo caso, se especifica un amplitud mínima entre los límites inferior y superior del intervalo de medida de la concentración

(5) Si sólo fuesen de interés las concentraciones relativas, en las mediciones para la evaluación aproximada de la variación de la concentración en el espacio, el sesgo carece de importancia, y el requisito de incertidumbre global puede ser sustituido por un requisito de precisión de $\leq 20\%$, siempre que pueda demostrarse que la variación en el sesgo es pequeña

Métodos de ensayo

Los métodos de ensayo están dados en normas donde se detallan los requisitos de funcionamiento específicos que dependen del equipo o procedimiento específico utilizado.

En los procedimientos compuestos por varias etapas pueden ensayarse individualmente las etapas, calculándose la incertidumbre global relativa (IGR) mediante la combinación apropiada de las incertidumbres globales (IG) de todas las etapas.

La incertidumbre global de un procedimiento de medida se determina en base a mediciones repetidas bajo condiciones definidas, según las normas específicas. La incertidumbre global será determinada por el mismo analista en el mismo laboratorio y repitiendo el procedimiento el mismo día. El número mínimo de repeticiones es 6. La IGR se calculará según la fórmula indicada. Como exigencia mínima la IGR se determinará como mínimo a las concentraciones correspondientes a los límites inferior y superior del intervalo de medida específico mínimo y, al menos, a otra concentración intermedia. Deberá estudiarse la influencia de los parámetros ambientales y tener en cuenta otros factores como: velocidad y dirección del viento y la dirección de la sonda de muestreo. Si se aplican factores de corrección para un sesgo conocido y explicable, deberán justificarse y registrarse.

Los métodos de ensayo para la comprobación previa de los procedimientos de medida se basan en distintos protocolos, entre los cuales los más conocidos son los del National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) de Estados Unidos y, en España, los del INSHT.

Informe del ensayo

Debe incluir, como mínimo, el método, las condiciones de ensayo y los resultados obtenidos para cada procedimiento de medición ensayado.

NOTA: Deben consultarse los procedimientos de aseguramiento de la calidad que se apliquen en el laboratorio. Concretamente, la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:1999 Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, que especifica con detalle, entre otros muchos aspectos, la composición adecuada del informe (analítico) del ensayo. Ver también la NTP 547.

Bibliografía

1. NORMA UNE-EN-481:1993. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosol.
2. NORMA UNE-EN-482:1995. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos.
3. NORMA UNE-EN-689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la

evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de medición.

4. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. **Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España 2001-2002**. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, 2001.

Advertencia

© INSHT