



NTP 554: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (II)

Agents Chimiques. Estrategies pour l'échantillonnage et l'évaluation (II)
Chemical Agents. Sampling and assessing strategies (II)

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida			
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: SI

Redactor:

Pablo Luna Mendaza
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento, segundo del conjunto de tres NTP de numeración consecutiva, se refiere al planteamiento y tratamiento de los datos del muestreo en exposiciones repetitivas jornada tras jornada, por comparación con el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED).

Los documentos básicos de referencia que se han utilizado son la Norma UNE EN 689 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 la medición. AENOR. 1996 y el documento de Leidel, Busch y Lynch. Occupational exposure sampling strategy manual. NIOSH. 1977. La bibliografía se incluye en la última de las tres Notas Técnica de Prevención.

Introducción

La obtención de la media de la concentración ambiental de una jornada sólo nos da información sobre si se supera o no el VLA-ED ese día. La predicción de lo que va a pasar en los días venideros requiere muestrear varias jornadas. El valor de la concentración ambiental varía en una misma jornada y de una jornada de trabajo a otra, por lo que la concentración media se puede considerar como una variable aleatoria. Las concentraciones ambientales se distribuyen siguiendo los principios de una distribución lognormal. Esto significa que son los logaritmos de las concentraciones los que se distribuyen normalmente. En una distribución lognormal los parámetros básicos son la media geométrica y la desviación estándar geométrica. La media geométrica es el antilogaritmo de la media aritmética de los logaritmos, mientras que la desviación estándar es el antilogaritmo de la desviación estándar de la distribución de los logaritmos de las concentraciones. Mientras que el valor más probable de la media se acerca a la media geométrica (MG), la desviación estándar geométrica (GSD) evidencia la dispersión de la distribución.

Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras inicial

La norma UNE-689 "Guía para la evaluación de la exposición a agentes químicos por comparación con el valor límite" propone a nivel informativo (Anexos C y G) dos sistemas de toma de decisiones. Uno de ellos permite, con un número reducido de muestras, decidir sobre si el riesgo que supone la exposición es aceptable, inaceptable o incierto. La sistemática es la siguiente:

1. Obtener una concentración media de una jornada (C_8)
2. Dividir la C_8 por el valor límite VLA-ED, obteniendo un índice de exposición $I_1 = C_8 / (VLA-ED)$
3. Decidir según el resultado de la siguiente forma
 - $I_1 \leq 0,1$, El riesgo es aceptable. Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite
 - $I_1 > 1$, El riesgo es inaceptable y debe procederse a corregir la exposición.
 - $0,1 < I_1 \leq 1$ Debe procederse a obtener dos C_e más para disponer en total de tres índices (I) y seguir el procedimiento en (4)
4. I_1 e I_2 e $I_3 \leq 0,25$. El riesgo es aceptable.
5. I_1 ó I_2 ó $I_3 > 1$. Corregir la exposición.
6. I_1 e I_2 e $I_3 \leq 1$ pero no se cumple (4). Hallar la media geométrica de los tres índice

$$MG = \sqrt[3]{I_1 + I_2 + I_3}$$

7. $MG \leq 0,5$. Riesgo aceptable.
8. $MG > 0,5$ Riesgo incierto. Obtener un nuevo índice y seguir el procedimiento desde (4)

Esta metódica que se basa en las probabilidades de superar el valor límite asumiendo un determinado error, normalmente a favor de la filosofía preventiva, no asegura cual es el valor de la concentración media ambiental más probable, sino que establece, que con gran probabilidad se superará o no el valor límite.

Se supone que cada índice debe proceder de una jornada diferente de muestreo y que el proceso es repetitivo, esto es, que las condiciones de

trabajo no varían sustancialmente de una jornada a otra.

Para que esta metodología no induzca falsas conclusiones, es necesario que se cumplan las condiciones siguientes:

1. Se supone que cada índice debe proceder de una jornada diferente de muestreo, a poder ser no consecutivas y elegidas al azar.
2. Que el proceso es repetitivo, esto es, que las condiciones de trabajo no varían sustancialmente de una jornada a otra, ni a largo plazo
3. Que las fases diferenciadas de la exposición se muestrean por separado (operaciones distintas del trabajo)
4. Que los periodos de corta duración se han valorado a parte, si procede, y no se superan los VLA-EC.

Ejemplo 1:

Se muestrea un agente químico cuyo VLA-ED=200 ppm, en un puesto de trabajo cuya tarea diaria consta de varias operaciones de diferente duración. Se dispone de los siguientes datos correspondientes a una jornada de trabajo:

TAREA	DURACIÓN (min)	CONCENTRACIÓN (ppm)
A	100	70
B	200	100
C	50	230
Resto jornada	130	0

Se desea valorar el riesgo higiénico derivado de la exposición.

El valor C_8 se obtiene como se indicó anteriormente,

$$C_8 = \frac{100 \times 70 + 200 \times 100 + 50 \times 230 + 130 \times 0}{480} = 80.2 \text{ ppm}$$

$$\text{El índice } I_1 = \frac{C_8}{VL} = \frac{80.2}{200} = 0.40$$

Dado que $0.1 < I_1 \leq 1$ deberemos muestrear otras dos jornadas y obtener I_2 e I_3 .

Supongamos que los resultados son los siguientes:

TAREA	CONCENTRACIÓN (ppm) EN EL 2º DÍA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN (ppm) EN EL 3º DÍA DE MUESTREO
A	80	65
B	120	110
C	200	210
Resto jornada	0	0

$$C_8 = \frac{100 \times 80 + 200 \times 120 + 50 \times 200 + 130 \times 0}{480} = 87.5 \text{ ppm}$$

$$C_8 = \frac{100 \times 65 + 200 \times 110 + 50 \times 210 + 130 \times 0}{480} = 81.3 \text{ ppm}$$

calculando los correspondientes índices

$$I_2 = \frac{C_8}{VL} = \frac{87.5}{200} = 0.44$$

$$I_3 = \frac{C_8}{VL} = \frac{81.3}{200} = 0.41$$

A partir de los tres índices disponibles observamos que no se cumple, I_1 e I_2 e $I_3 \leq 0.25$, pero si es cierto que, I_1 e I_2 e $I_3 \leq 1$, por lo que calculamos la media geométrica de los tres índices:

$$MG = \sqrt[3]{I_1 + I_2 + I_3} = \sqrt[3]{0.40 \times 0.44 \times 0.41} = 0.42 \text{ se puede considerar que el riesgo es aceptable}$$

MG = I, x = 0.40 x 0.44 x 0.41 = 0.42, se puede considerar que el riesgo es aceptable

Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras

Cuando se dispone de mayor número de muestras, es posible aplicar una mecánica basada en la suposición de que los resultados (Ce), se distribuyen lognormalmente, y se pueden ajustar gráficamente a una recta siempre que el uno de los ejes esté escalado en % de probabilidad y el otro en escala logarítmica.

El punto de corte de la recta ajustada con la horizontal correspondiente al valor límite indica en el eje de abscisas la probabilidad en porcentaje de que no se supere el valor límite en una jornada de trabajo (p), el complementario hasta 100 es por el contrario la probabilidad de superar el valor límite (100 - p).

Se propone como criterio de decisión (UNE EN-689), la clasificación en tres niveles:

- $(100 - p) \leq 0.1\%$. Zona verde. **Riesgo aceptable**. Considerar controlada la exposición.
- $0.1\% < (100 - p) \leq 5\%$. Zona amarilla. **Riesgo incierto**. Planificar muestreos periódicos.
- $(100 - p) > 5\%$. Zona roja. **Riesgo inaceptable**. Proceder a corregir las condiciones.

La mecánica del sistema del ajuste gráfico y su explotación se practica como ya se indicó, de la siguiente forma:

- Se ordenan los datos de las concentraciones de menor a mayor y se les asigna el ordinal correspondiente empezando por el 1 (n=1)
- Se asigna un valor en el eje de abscisas (% probabilidad) a cada valor de concentración de forma que,

$$\% \text{ prob.} = \frac{n - 0.5}{N} \times 100$$

donde N es el número de muestras

- Se le asigna a cada punto un valor de ordenadas igual a su valor de concentración.
- Se ajusta la mejor recta a los puntos sobre el gráfico de probabilidad.
- Se dibuja la horizontal correspondiente al valor límite.
- Se lee el valor en abscisas del punto originado por el corte entre la horizontal del valor límite y la recta de ajuste.
- El valor de la media geométrica de las concentraciones es el correspondiente al valor en ppm del punto de la recta que tiene p = 50%.
- El valor de la GSD se obtiene de dividir el valor de la concentración correspondiente a p = 84% por el valor de p = 50%, la GSD es pues la pendiente de la recta de manera que, cuanto más dispersos son los valores de las concentraciones halladas, más se inclina.

Cuando los puntos se ajustan difícilmente a una recta, es posible que existan dos o más exposiciones diferentes, de forma que los factores que justifican la variación de las concentraciones, generen distribuciones diferentes que deben ser tratadas por separado.

Para representar gráficamente los resultados tal como se ha indicado, cuando existe más de un agente, cuyos efectos puedan considerarse aditivos, se ajustan los índices de exposición globales en vez de las concentraciones, buscando la intersección de la recta de ajuste con la horizontal de valor 1. (I=1 implica que C_g VLA-ED). Si la disposición gráfica de la escala logarítmica lo aconseja, también se pueden multiplicar los índices por 100 y cruzar la recta con la horizontal I=100

Ejemplo 2:

Se realizan muestreos ambientales de vapores orgánicos en una exposición a disolventes con los siguientes resultados de C_g:

JORNADA	TOLUENO mg/m ³	MEK (metil etilcetona) mg/m ³
1	29	18
2	60	25
3	70	40
4	80	60
5	95	80
6	50	30
7	30	10
8	35	12
9	72	33
10	55	20

Se desea valorar el riesgo derivado de la exposición simultánea a Tolueno y Metiletilcetona.

Por tratarse de agentes químicos con posibles efectos aditivos deberán computarse los índices suma de los parciales. Con ellos se ajusta la recta lognormal como se indica.

Los índices globales se obtienen sumando los respectivos parciales del Tolueno (VLA-ED = 191 mg/m³) y MEK (VLA-ED = 600 mg/m³) en cada jornada.

C_8 (Tolueno) mg/ m^3	C_8 (MEK) mg/ m^3	I_{tolueno}	I_{MEK}	I_{global}
29	18	0,15	0,03	0,18
60	25	0,32	0,04	0,36
70	40	0,37	0,07	0,44
80	60	0,42	0,10	0,52
95	80	0,55	0,14	0,69
50	30	0,26	0,05	0,31
30	10	0,16'	0,02	0,18
35	12	0,18	0,02	0,20
72	33	0,38	0,06	0,44
55	20	0,29	0,03	0,32

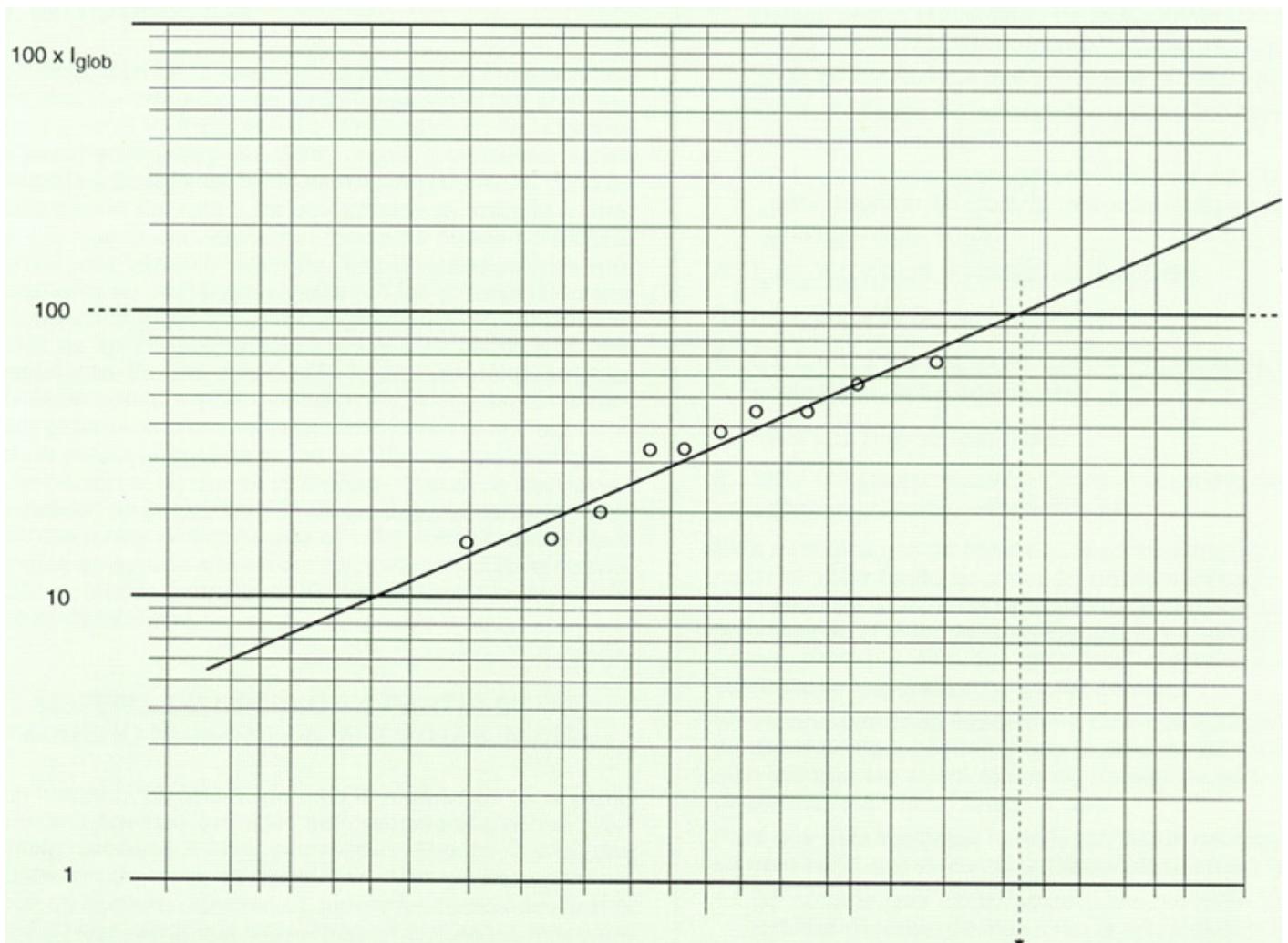
Ordenando de menor a mayor los índices globales se le adjudica un % de probabilidad con la expresión $\% p = 100 \cdot (n-0,5)/N$. Donde $N = 10$ en este caso, y n es el ordinal correspondiente a cada índice global.

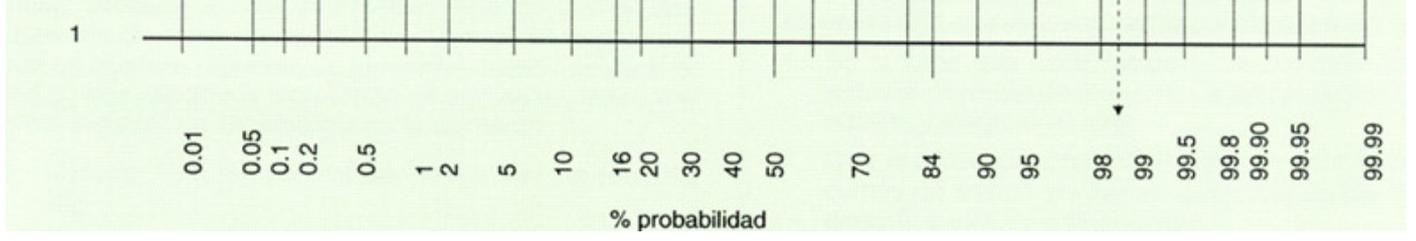
% prob.	I_{global}
5	0,18
15	0,18
25	0,20
35	0,31
45	0,32
55	0,36
65	0,44
75	0,44
85	0,52
95	0,69

Para ajustar los puntos gráficamente, se ha utilizado la escala de 10 a 100, multiplicando todos los índices por 100. La media geométrica es 0,33 y la GSD es 1,59.

El punto en que la horizontal, en este caso correspondiente al valor 100, corta a la recta de ajuste, corresponde al 98,4 % de probabilidad, por lo que la probabilidad de superar el valor límite en un día de exposición es $100 - p = 1,6\%$. En este caso, el criterio reflejado en la norma UNE EN 689, recomienda plantear un muestreo periódico

Figura 1
Recta ajustada de la distribución normal de los logaritmos.





© INSHT