

ND 6719

60

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A CONTAMINANTES QUÍMICOS

Autores:

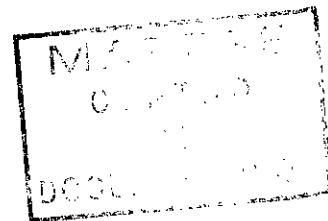
José N. Tejedor

M^a Jesús García-Gutierrez

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías
Madrid

78 : 94

Diciembre 1994



I.S.B.N.: 84-7425-404-3

Dep. Legal: 39483.94

N.I.P.O.: 211-94-022-2

Edita: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Imprime: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - BARCELONA

F.D. 2246

INDICE

INTRODUCCIÓN	5
Teorías americanas	6
Teorías europeas	6
I DIFERENCIAS EN EL MODO DE ACTUACIÓN	7
Teorías americanas	7
Teorías europeas	8
II RESULTADO DE LA EVALUACIÓN	9
Teorías americanas	9
Teorías europeas	10
III DIFERENCIA ENTRE LAS TEORÍAS EUROPEAS Y AMERICANAS	13
Diferencia entre la empresa y la administración	13
Muestreo personal frente a muestras estacionarias	13
Nivel de acción	14
IV ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL	15
Identificación de la posible exposición	15
Determinación de las características del lugar de trabajo	15
Estimación de la exposición	16
Conclusiones de la estimación de la exposición laboral	19
Evaluaciones periódicas	20
Informe	21

V	EXPOSICIONES DE CORTA DURACIÓN	
	DENTRO DE LA JORNADA DE TRABAJO	23
	Teorías americanas	23
	Teorías europeas	24
VI	PERIODOS DE EXPOSICIÓN DISTINTOS DE OCHO	
	HORAS DIARIAS O CUARENTA HORAS SEMANALES	28
	Teorías americanas	28
	Teorías europeas	28
ANEXOS		
A.	Requisitos de los procedimientos a medida	33
B.	Mínimo número de muestras en función de la duración de cada una de ellas	37
C.	Cálculo de la concentración ambiental a partir de los resultados analíticos	39
D.	Ejemplo de aplicación de un procedimiento para evaluar la estimación de la exposición laboral	43
E.	Ejemplo de aplicación de un procedimiento basado en cálculo de probabilidad para evaluar la estimación de la exposición laboral	47
F.	Determinación de la necesidad o no de realizar las evaluaciones periódicas	51
G.	Ejemplo para la determinación del intervalo entre evaluaciones periódicas	53
H.	Análisis estadístico de los datos (gráficos de probabilidad y media ponderada móvil)	55
	BIBLIOGRAFÍA	65
	LISTA DE ABREVIATURAS	67



INTRODUCCIÓN

Todo trabajador tiene derecho a que el medio ambiente donde realiza su trabajo se mantenga en unas condiciones adecuadas de forma que su salud no se vea afectada por la presencia de concentraciones peligrosas de sustancias tóxicas.

Con objeto de saber si el ambiente laboral supone un riesgo para el trabajador es importante conocer cuales son los agentes químicos presentes y en qué concentración se encuentran. Para lo cual, en muchos casos es necesario realizar una serie de toma de muestras y análisis con una estrategia de muestreo definida, de forma que nos permita obtener una estimación válida y representativa de la exposición real. Posteriormente se evalúa el riesgo por comparación de los resultados obtenidos con unos valores límites de seguridad establecidos.

La estrategia de muestreo estudia el número de muestras necesario y las características de las mismas para afirmar con una determinada certeza el nivel de riesgo de una exposición ambiental en Higiene Industrial. Las características de las muestras se refieren a: duración de cada muestra, duración del periodo de muestreo, hora adecuada del muestreo, número de días necesario para el mismo y frecuencia entre dos evaluaciones.

Hasta ahora, la estrategia de muestreo seguida por los americanos y basada en las publicaciones de N.A. Leidel, ha sido ampliamente aceptada, sin embargo actualmente se está desarrollando una Legislación Comunitaria, a la que deberemos adherirnos, y en la que se establece una estrategia de muestreo para estimar la exposición a los agentes químicos.

En los primeros capítulos se mencionan los términos “teorías americanas” y “teorías europeas”. Con ellos nos referimos respectivamente a:

Teorías americanas

Leidel, N.A., Busch, K.A., Synell, J.R.

Occupational exposure sampling strategy manual U.S. Department of Health, Education and Welfare Public Health Service. Center for Disease Control National Institute for Occupational Safety and Health.

OSHA

Final rule air contaminants. Permissible exposure limits. Title 29. Code of Federal Regulations part 1910.1000. U.S. Department of labor, Occupational Safety and Health Administration.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists

TLV's Threshold Limit Values and Biological Exposure indices for 1991-1992.

Teorías europeas

El trabajo desarrollado hasta abril de 1993 por el CEN/TC 137/WG1 y WG2 (Comité Europeo de Normalización /Comité técnico 137/grupos de trabajo 1 y 2), en materia de estrategia de muestreo y valoración de la exposición.

De todas formas, hay que tener en cuenta que todas estas teorías aún están en desarrollo y no han sido aprobadas, por lo que podría haber variaciones y cambios en algunos puntos, dentro de los temas que aquí se exponen, antes de que entren a formar parte de la legislación europea.

Sólo se ha podido dar una visión general del desarrollo de los trabajos que en materia de estrategia de muestreo esta realizando el comité europeo de normalización, CEN.

I. DIFERENCIAS EN EL MODO DE ACTUACIÓN

Las teorías americanas y europeas orientan el estudio de la exposición laboral con un enfoque diferente.

Teorías americanas

Establecen una diferencia entre la actuación del empresario y de la Administración.

El empresario debe tomar las medidas necesarias de forma que esté seguro de que no hay ningún trabajador cuya exposición media exceda el valor límite, y que ningún empleado en ningún momento esté expuesto a niveles por encima del valor techo. Esto es, el empresario debe poder demostrar que la exposición esta por debajo de los valores límites.

Por el contrario, la Administración tiene que encontrar una evidencia sustancial de que el valor límite establecido se ha sobrepasado en un día en particular.

En función de lo que se quiera demostrar (conformidad en el caso del empresario o no conformidad en el caso de la Administración), de cual sea el tipo de valor límite adecuado (promediado para toda la jornada o valor techo) y del grado de confianza con el que se quiera demostrar (habitualmente el 95%), deberán utilizar una estrategia de muestreo diferente, lo que supondrá un determinado número de muestras de unas ciertas características. En la referencia 1 se describe

un resumen de la estrategia a utilizar por la Administración basado en el Occupational Exposure Sampling Strategy Manual (2).

Teorías europeas

No establecen una diferencia de actuación entre el empresario y la Administración.

El propósito de esta legislación apunta a una armonización de la aplicación de los valores límites entre los distintos países comunitarios y define una estrategia para comparar la exposición del trabajador con los valores pertinentes de los agentes químicos en el lugar de trabajo.

Los objetivos de esta estrategia son:

- Análisis de la exposición laboral, determinando al principio si hay conformidad y en caso contrario reducir la exposición hasta que se alcance la conformidad.
- Evaluaciones periódicas para comprobar regularmente si las condiciones de exposición han cambiado (Estas evaluaciones pueden omitirse en los casos que se indican en la página 19 y en los anexos F y G).

II. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

Los resultados a los que se puede llegar en la evaluación de la exposición de los trabajadores son:

Teorías americanas

Cuando se muestrea a un trabajador la concentración media calculada se considera una estimación de la exposición media verdadera. Mediante métodos estadísticos se pueden calcular los límites del intervalo que contendrá el valor de la media verdadera con el nivel de confianza seleccionado (por ejemplo 95%).

La evaluación de la exposición puede conducir a:

Conformidad

Existe una probabilidad del 95%, sobre la base de las mediciones, de que la exposición del trabajador está por debajo del valor límite, VL

$$LSC (95\%) \leq VL$$

No conformidad

Existe una probabilidad del 95%, sobre la base de las mediciones, de que la exposición del trabajador está por encima del valor límite, VL

$$LIC (95\%) > VL$$

Posible sobreexposición

Cuando la exposición no pueda asignarse a ninguno de los dos casos anteriores.

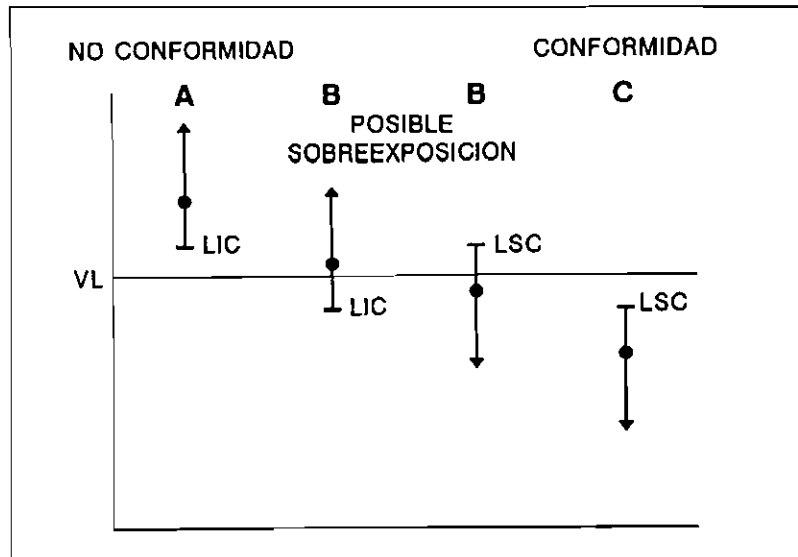


Figura 1. Clasificación de la exposición

VL: Valor límite

LIC: Límite inferior de confianza

LSC: Límite superior de confianza

Teorías europeas

Dentro de estas teorías, los resultados a que se puede llegar como consecuencia del análisis de la exposición laboral son:

Conformidad con el valor límite

Si la valoración del análisis de la exposición laboral muestra que los valores promedios de la jornada no exceden los valores límites de la misma, y si las fluctuaciones de la exposición cumplen los requerimientos de los límites de exposición para períodos de corta duración.

No conformidad con el valor límite

Si el valor de la exposición laboral para la jornada es mayor que el valor límite establecido o no se cumplen los requerimientos de los límites de exposición para periodos de corta duración.

Conformidad segura

Se alcanza si el proceso de trabajo está diseñado de tal manera que nunca se puede exceder el valor límite. Este es el caso:

- si se cumple con un criterio específico para un proceso y sustancia
- si en caso de utilizar controladores automáticos, se asegura, por las acciones iniciadas por una alarma, que la media de la jornada no excede el valor límite.
- si se ha obtenido de forma permanente conformidad con 1/4 del valor límite (ver anexo D). Si el valor límite está definido como promedio anual, se deberá tomar para la evaluación la mitad del promedio de la jornada.

En cualquier caso, las fluctuaciones de la exposición tienen que cumplir los requerimientos de los límites de exposición para periodos de corta duración.

Conformidad con un criterio específico para un proceso y sustancia.

Los procesos de trabajo pueden diseñarse de tal manera que garanticen la “conformidad segura” con el valor límite. Las condiciones para estos casos tienen que estar publicadas como criterios específicos para un proceso y sustancia. En caso de conformidad con tal criterio se pueden omitir las evaluaciones periódicas.

Estos criterios específicos son especialmente útiles en casos de trabajos por campañas, en áreas de trabajo móviles o áreas con procesos de trabajo que cambien regularmente, así como para la evaluación de una exposición ocasional (un número reducido de jornadas por año).

Situación de no decisión

Si los valores obtenidos no nos permiten situarnos en alguna de las otras categorías (ver anexo D, Fig. 3).

III. DIFERENCIAS ENTRE LAS TEORÍAS EUROPEAS Y AMERICANAS

Además de las diferencias comentadas en los capítulos I y II referentes a la diferencia en el modo de actuación y a los distintos resultados a los que puede conducir la evaluación de la exposición, existen otras diferencias significativas entre ambas teorías.

Diferencia entre la empresa y la Administración

En las teorías americanas, la Administración y el empresario persiguen un objetivo diferente, de ahí que la actuación de cada uno de ellos está orientada a demostrar sólo aquello que buscan. Así los empresarios únicamente tienen que demostrar que la exposición de todos sus trabajadores está por debajo del valor límite, mientras que la Administración sólo tratará de demostrar que se ha sobrepasado dicho límite, pero, dada la estrategia que utiliza a la hora de tomar muestras, nunca podrá demostrar lo contrario.

En las teorías europeas no se ha establecido esta diferencia de actuación entre la empresa y la Administración.

Muestreo personal frente a muestras estacionarias

Tanto las teorías americanas como las europeas establecen que las muestras destinadas a medir la exposición del trabajador deberían

tomarse en la zona respiratoria del mismo y en inmediato contacto con él (muestreo personal).

Aunque se acepta el uso de detectores fijos o de muestras fijas (muestreo estacionario), en las teorías americanas (2), demostrar que los valores obtenidos reflejan con exactitud la exposición del trabajador, tal como se les exige, resulta tan complicado y difícil por las pruebas a realizar (estudios de tiempos de trabajo, de movimientos de los trabajadores, comparación de resultados con muestras personales, etc.) que normalmente se limitan al uso de muestreo personal o de zona de respiración, para determinar la exposición.(2)

Las teorías europeas, de momento, se limitan a decir que se acepta el uso de detectores fijos y estacionarios si es posible relacionar sus resultados con la exposición y que, en caso de duda, se debería elegir para muestrear la localización con el riesgo mas alto.

Se ha establecido también que con este tipo de muestreo se puede llegar a la situación de "conformidad segura" (ver página 10), situación que no está contemplada en las teorías americanas.

Nivel de acción

Las teorías americanas y europeas han establecido una serie de actuaciones tales como mediciones periódicas, control de los contaminantes, etc., con el fin de reducir al mínimo el riesgo de sobreexposición en los días no muestreados.

En Estados Unidos, el nivel de acción, punto de partida que pondría en marcha estas actuaciones, ha sido recomendado por NIOSH y OSHA en un 50% del límite de exposición admisible para la mayoría de los productos químicos regulados en el país.

En las teorías europeas, la puesta en marcha de estas actuaciones sigue un proceso mas evolutivo. Así la frecuencia de las mediciones periódicas a realizar aumenta conforme los valores obtenidos de la exposición se van acercando al valor límite, iniciándose las medidas correctoras cuando la concentración ambiental supera el 70% del valor límite en dos mediciones consecutivas (ver anexo E punto 3, anexos F y G y tabla 4).

IV. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL

La estimación de la exposición laboral se realiza en tres pasos:

- Identificación de la posible exposición
- Determinación de las características del lugar de trabajo
- Estimación de la exposición

Identificación de la posible exposición

Es la confección de una lista de las sustancias posibles: materias primas, impurezas, productos intermedios y finales, productos de reacción y subproductos, así como de los valores límites apropiados para esas sustancias.

Determinación de las características del lugar de trabajo

Incluye:

- Tareas
- Hábitos y técnicas de trabajo
- Procesos de producción
- Configuración del lugar de trabajo
- Procedimientos de seguridad

- Extracción, ventilación y sistemas de control
- Fuentes de emisión
- Tiempos de exposición

Estimación de la exposición

La estimación de la exposición conlleva la identificación de la posible exposición, las características del lugar de trabajo y las relaciones entre ambas, se puede estructurar en tres pasos:

- Aproximación inicial
- Análisis básico
- Análisis detallado

Para la comparación con los valores límites es necesario conocer la distribución en el tiempo y en el espacio de las concentraciones de las sustancias presentes (ver anexo A).

No es necesario completar todos los pasos de la estimación de la exposición laboral. Si se espera que la exposición exceda el valor límite, o está claro que está muy por debajo, lo que hay que hacer es tomar acciones de acuerdo con el punto (Conclusiones de la estimación de la exposición laboral) (página 19).

Aproximación inicial

Da una estimación de las características de la exposición

Se realiza considerando:

- Variables que afectan las concentraciones ambientales de las sustancias:
 - Número de fuentes de emisión
 - Velocidad de emisión de cada fuente
 - Tipo y localización de las mismas
 - Dispersión de las sustancias por los movimientos del aire
 - Tipo y eficacia de los sistemas de extracción
- Variables relacionadas con el trabajador:
 - Proximidad a la fuente

- Tiempo que permanece en la zona expuesta
- Peculiaridades del trabajo

Si a partir de este estudio no se pueden obtener conclusiones claras en cuanto a que la exposición está muy por debajo del límite o por encima del mismo, hay que continuar el estudio.

Análisis básico

Da información cuantitativa de la exposición, con especial atención a las tareas de alto riesgo.

Las posibles fuentes de información son:

- Mediciones anteriores
- Mediciones en instalaciones o procesos similares
- Cálculos basados en datos cuantitativos relevantes

Si, como ocurría en el caso anterior, a partir de este análisis no se pueden obtener conclusiones claras, hay que continuar el estudio.

Análisis detallado

Tiene por objeto obtener información de la exposición cuando ésta es próxima al valor límite

Cuando se sospecha que la exposición está muy por debajo o por encima del límite, se pueden utilizar para confirmarlo, técnicas fáciles de aplicar, aunque sean menos precisas. Otras posibilidades pueden ser medidas cerca de la fuente de emisión o medidas en el caso mas desfavorable. Pero cuando se sospecha que la exposición está cerca del valor límite, hay que realizar una investigación más detallada. En esta caso hay que considerar tres apartados:

- Selección de los trabajadores a medir
- Selección de las condiciones de medida
- Procedimiento de medida

Selección de los trabajadores a medir

Una posibilidad es realizar un muestreo estadístico. Tiene el inconveniente de que son necesarias muchas muestras y que existe el peligro de perder grupos pequeños de alto riesgo.

Otra posibilidad es dividir a la población expuesta en grupos de exposición homogénea, donde la variación de la exposición es menor que en el total. Cuando en un grupo, la exposición de un trabajador es menor de la mitad o mayor del doble que la media del grupo, hay que reconsiderar si se han elegido bien los grupos. Se debe muestrear al menos a un individuo por cada 10 del grupo, pero la frecuencia de las mediciones y el número de individuos a muestrear dependen de qué precisión se necesite en la estimación de la exposición, de lo alejada que esté del valor límite y de las propiedades de la sustancia. Cuando la media aritmética de las medidas se aproxima a la mitad del valor límite, es probable que alguna de ellas exceda dicho valor.

Si la exposición se caracteriza por exposiciones pico, hay que estimar estos picos para compararlos con los STEL, límites de exposición de corta duración, si existen.

Se pueden utilizar muestras no personales si es posible estimar la exposición del trabajador a partir de ellas. En la medida de lo posible, hay que muestrear a la altura de las vías respiratorias y en las inmediaciones del lugar de trabajo.

Selección de las condiciones de medida

Lo ideal es estimar la exposición del individuo tomando muestras personales que cubran toda la jornada de trabajo y sean representativas de las distintas actividades que pueda desarrollar durante la misma. Esto no siempre es práctico, pero es necesario obtener información de aquellas tareas para las que es más difícil conocer la exposición.

Las mediciones se deben realizar en un número suficiente de días. Es importante tener en cuenta las variaciones que puedan deberse a diferentes turnos o épocas del año.

Cuando es posible identificar los momentos o procesos en los que la exposición es mayor, los períodos a muestrear se elegirán de manera que cubran estos momentos. Esto se llama muestreo en el caso más desfavorable.

También se pueden identificar estos momentos mediante un procedimiento de "screening" (ver anexo A). Esto es particularmente importante en los sitios donde el trabajo varía a lo largo de la jornada.

Cuando se tenga certeza de que la concentración durante un determinado período no varía significativamente, no es necesario muestrear todo el periodo. La duración de cada muestra viene determinada por el método de toma de muestra y análisis. En el Anexo B, se da una tabla con el mínimo número de muestras que hay que tomar en función de la duración de cada una de ellas.

Si la exposición se caracteriza por exposiciones pico, hay que estimar estos picos para compararlos con los STEL, si existen.

Procedimiento de medida

El procedimiento de medida tiene que dar resultados representativos de la exposición del trabajador. Siempre que sea posible se utilizarán muestras personales.

El procedimiento de medida incluirá:

- Las sustancias muestreadas
- El método de toma de muestra
- El método de análisis
- La localización de las muestras
- La duración del muestreo
- El horario y el intervalo entre muestras
- Los cálculos que conducen a la concentración ambiental a partir de los resultados analíticos individuales (anexo C)
- Instrucciones técnicas relativas al muestreo
- Las tareas muestreadas

Si los trabajadores están expuestos simultánea o consecutivamente a más de una sustancia, hay que tenerlo en cuenta.

Conclusiones de la estimación de la exposición laboral

La exposición laboral, es la media aritmética de las medidas tomadas durante el período que se mide, teniendo en cuenta la posible distinta duración de cada muestra.

Una vez comparada con los valores límites (anexos D y E), se tiene que llegar a una de estas tres situaciones:

- a) La exposición está por encima del valor límite. Hay que identificar las causas de que se exceda la exposición y tomar medidas correctoras y repetir la estimación de la exposición laboral.
- b) La exposición está muy por debajo del límite y presumiblemente seguirá así, debido a la estabilidad de las condiciones y el proceso de trabajo. En este caso no son necesarias evaluaciones periódicas.
- c) La exposición no entra en ninguna de las otras categorías. En este caso son necesarias evaluaciones periódicas.

En ciertos casos se pueden omitir las evaluaciones periódicas, dependiendo de las propiedades de la sustancia y del proceso de trabajo. En el anexo F, se da un ejemplo del procedimiento para considerar si es necesaria la evaluación periódica y cuando hay que realizarla, caso de ser necesaria.

Si la evaluación periódica es necesaria, hay que definir el procedimiento de medida (página 19).

La estimación de la exposición laboral termina cuando se hace un informe con el trabajo realizado (página 21).

Evaluaciones periódicas

Tienen por objeto comprobar que las medidas de control continúan siendo efectivas. Como el objetivo es distinto que el de la estimación de la exposición laboral, no es necesario utilizar la misma estrategia. Para que los resultados sean útiles es necesario poder comparar evaluaciones consecutivas, lo que implica que la metodología utilizada para recoger las muestras necesita planearse de antemano para que se puedan estimar cambios en la exposición.

Para establecer el intervalo entre evaluaciones periódicas, hay que tener en cuenta:

- Ciclos productivos en condiciones normales de trabajo
- Consecuencias de fallos en el control
- Proximidad de la exposición al valor límite
- Eficacia de los procedimientos de control
- Tiempo necesario para restablecer el control
- Variabilidad en el tiempo de los resultados

En los anexos F y G se dan ejemplos para determinar cuándo es necesaria una evaluación periódica.

Si una medición excede el valor límite, hay que identificar las posibles causas, y cuando se hayan corregido validar la estimación de la exposición ambiental.

Informe

Hay que escribir el informe de la estimación de la exposición laboral y de las evaluaciones periódicas, explicando los motivos de los procedimientos adoptados.

El informe incluirá:

- Nombre de las personas e instituciones que realizaron el estudio y las mediciones.
- Nombre de las sustancias evaluadas
- Descripción de las características del lugar de trabajo, incluyendo las condiciones de trabajo cuando se muestreó
- El procedimiento de medida
- Fecha y horario del muestreo
- Las concentraciones ambientales encontradas
- Todos los factores que hayan podido afectar apreciablemente a los resultados.
- Detalles del aseguramiento de la calidad, si lo hay
- Resultados de las comparaciones con el valor límite

En la Figura 2 se da un esquema general de como efectuar la estimación de la exposición laboral.

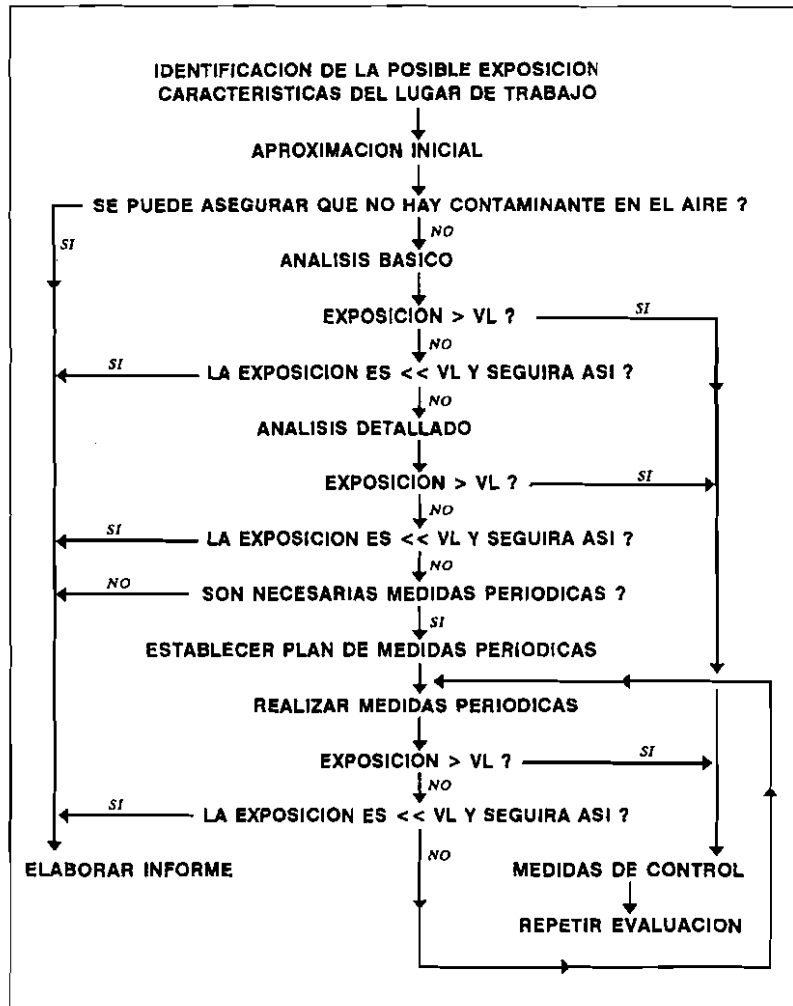


Figura 2. Esquema general de la estimación de la exposición laboral

V. EXPOSICIONES DE CORTA DURACIÓN DENTRO DE LA JORNADA DE TRABAJO

Se refiere a tiempos de exposición elevada dentro de un período de exposición normal (8 h/día o 40 h/semana).

Teorías americanas

A.C.G.I.H.

Para las sustancias que tienen un valor techo (TLV-C), no existen otros límites de exposición permitidos durante la jornada laboral. El valor techo es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo.

Otras sustancias tienen valores TLV-TWA, y TLV-STEL (Límite de exposición de corta duración). Para estas sustancias, el TLV-STEL se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 min. que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aun cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las 8 horas sea inferior al TLV-TWA. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 min. ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos, un período de 60 min. entre exposiciones sucesivas de este rango. Se podría recomendar un periodo medio de exposición distinto de 15 min. cuando lo justifiquen los efectos biológicos observados.

Sin embargo, para un gran número de sustancias que tienen TLV-TWA, no se dispone de datos toxicológicos suficientes que garanticen un STEL. No obstante, se deben controlar las desviaciones o variaciones por encima del TLV-TWA, aun cuando el valor TLV-TWA para 8 h esté dentro de los límites recomendados. En estos casos la desviación máxima recomendada se denomina límite de desviación y está relacionada con la variabilidad generalmente observada en los procesos industriales reales. Para estas sustancias, las desviaciones en los niveles de exposición de los trabajadores no deben superar tres veces el valor TLV-TWA durante más de 30 min. en una jornada de trabajo, no debiendo sobrepasar bajo ninguna circunstancia cinco veces dicho valor, teniendo que respetarse en cualquier caso el TLV-TWA fijado.

OSHA

Para la OSHA, existen ciertas sustancias que tienen un valor STEL. Para estas sustancias, el STEL se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 min. (a no ser que se especifique otro límite de tiempo) que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aún cuando la media ponderada en el tiempo que corresponde a las 8 h sea inferior al PEL-TWA.

Otras sustancias tienen un valor techo, que es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la jornada laboral. Si no fuese posible realizar mediciones instantáneas, el valor techo se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 min. que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada laboral.

La principal diferencia con la ACGIH, es que existe un grupo de sustancias que tienen un valor TWA, un valor techo y otro valor (STEL) por encima del techo, para exposiciones-pico de una duración máxima permitida para la exposición-pico están recogidas en la tabla Z-2 de la OSHA. (3).

Teorías europeas

Lo mismo que para los americanos, el hecho de que haya límites de exposición para períodos de corta duración depende de la sustancia.

En función de la sustancia existen hasta seis categorías distintas, cuyas características están recogidas en la Tabla 1. (4)

Las exposiciones-pico permitidas están controladas por estos límites de exposición. Los períodos que deben transcurrir entre exposiciones sucesivas de este estilo (si se permite más de una al día) deben ser al menos tres veces más que la duración del período de exposición.

Los límites de exposición para períodos de corta duración de las categorías II y III están definidos como valores promediados en el tiempo (30 min. en todos ellos) que no deben sobrepasarse en ningún momento de la jornada laboral. Si el período de exposición es menor de 30 min. el valor del límite no se altera. Pero si el período de exposición es superior a 30 min., el valor del límite se reducirá de acuerdo con la Tabla 2. Se permite la interpolación lineal para períodos superiores a 30 min., no contemplados en la Tabla 2.

La existencia de estos límites de exposición no significa que no haya que cumplir con la media ponderada en el tiempo que corresponde a las 8 h.

Los límites de exposición de las categorías I, IV y V están definidos como valores instantáneos, que no deben sobrepasarse en ningún momento de la jornada laboral y sirven como guía para el diseño técnico de los puestos de trabajo. Cuando se quieran utilizar estos valores para determinar conformidad se utiliza el valor medio durante el período de exposición.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE LÍMITES DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN EN LA LEGISLACIÓN ALEMANA, EN FUNCIÓN DE LA SUSTANCIA

CATEGORIA	VALOR DEL LIMITE	DURACIÓN PERIODO	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA EN UNA JORNADA
I. Irritantes locales	2 x OEL	5 min	valor inst.	8
II.1 Sust. con efectos sistémicos. Efectos en menos de 2 h vida media < 2 h.	2 x OEL	30 min	valor medio	4
II.2 Sust. con efectos sistémicos. Efectos en menos de 2 h vida media entre 2 y 8 h.	5 x OEL	30 min	valor medio	2
III Sust. con efectos sistémicos. Efectos en más de 2 h vida media > 8 h	10 x OEL	30 min	valor medio	1
IV Sust. con OEL > 500 ppm	2 x OEL	60 min	valor instantáneo	3
V Sust. de olor penetrante	2 x OEL	10 min	valor instantáneo	4

OEL = Valor límite de exposición ambiental

**TABLA 2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN
PARA PERÍODOS DE EXPOSICIÓN-PICO SUPERIORES A 30
MINUTOS EN LA LEGISLACIÓN ALEMANA**

II.1		II.2		III	
DURACIÓN (h)	VALOR DEL LÍMITE	DURACIÓN (h)	VALOR DEL LÍMITE	DURACIÓN (h)	VALOR DEL LÍMITE
0.5	2 x OEL	0.5	5 x OEL	0.5	10 x OEL
1	1.5 x OEL	1	3 x OEL	1	5 x OEL
2	1 x OEL	1.5	2 x OEL	2,5	2 x OEL
		4	1 x OEL	6	1 x OEL
4 VECES POR JORNADA		2 VECES POR JORNADA		1 VEZ POR JORNADA	

OEL = Valor límite de exposición laboral

VI. PERIODOS DE EXPOSICIÓN DISTINTOS DE OCHO HORAS DIARIAS O CUARENTA HORAS SEMANALES

Teorías americanas

La ACGIH da como orientación la utilización de tres modelos distintos: el de Brief y Scala, el modelo de la OSHA y el modelo cinético, indicando que, aunque los dos primeros son más fáciles de aplicar que los basados en modelos farmacocinéticos, estos últimos pueden proporcionar una evaluación más exacta del riesgo en casos específicos, ya que para la aplicación de estos modelos es necesario conocer la vida media biológica de la sustancia química a evaluar. (5)

Ningún modelo debe utilizarse para justificar exposiciones muy elevadas como permisibles, cuando los períodos de exposición son cortos. En estos casos se deben aplicar las limitaciones generales del STEL, cuando se trate de una sustancia que lo tenga o de los límites de desviación, cuando la sustancia no tenga un STEL definido. (Ver página 23).

Teorías europeas

En el caso de que el período de exposición sea inferior al normal de 8 h., existen dos posibilidades:

Si se trata de una sustancia que tenga un límite de exposición para periodos de corta duración, no se puede exceder éste. (Ver páginas 24 y 25)

Si por el contrario se trata de una sustancia para la que no haya establecido un límite de exposición para períodos de corta duración, la única indicación que dan es que no se pueden utilizar factores para modificar los límites de exposición superiores a "8", aunque el período de exposición sea inferior a 1 h, por lo que parece que aplican el modelo de la constante de Haber (5).

Cuando el periodo de exposición es superior a 8 h., se aplica también, aunque no se haga mención expresa, el modelo de la constante de Haber (ver ejemplo 3 del Anexo C).

ANEXOS

ANEXO A

REQUISITOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA

Cuando se está realizando una evaluación de la exposición laboral y es necesario hacer mediciones, no siempre es el mismo el motivo por el que se llevan a cabo esas mediciones.

Los distintos tipos de mediciones se pueden clasificar de acuerdo con sus objetivos en:

- Procedimientos de “screening” del TWA. Dan información semicuantitativa del nivel de exposición. Se utilizan para decidir si no existe riesgo o puede haberlo.
- Procedimientos de “screening” de la variación de la concentración en el tiempo o el espacio. Se utilizan para localizar periodos de exposición elevada para, posteriormente, fijar los tiempos de muestreo.
- Medidas cerca de una fuente de emisión. Dan información de la localización e intensidad de una fuente. Permiten medir el nivel de exposición en el caso mas desfavorable.
- Conformidad con los valores límites, dan información exacta de la exposición cerca de las vías respiratorias del trabajador.
- Evaluaciones periódicas. Determinan si la exposición sigue siendo inferior a los valores límite.

En la Tabla 3, se especifican los requisitos de los procedimientos de medida en función de los objetivos buscados. Las notas a las que hace referencia la tabla indican:

- 1) Los procedimientos de "screening" no se deben utilizar para determinar conformidad con los valores límites, ni en las evaluaciones periódicas, a no ser que cumplan también los requisitos debidos.
- 2) No es necesario cubrir todo el tiempo de exposición.
- 3) Se pueden utilizar dos procedimientos complementarios para cubrir el rango de medida exigible.
- 4) Sólo se tiene en cuenta la precisión en el cálculo de la incertidumbre. El sesgo se supone mucho menor que la precisión.
- 5) No se especifica rango de medida, porque depende de cada caso en particular. Si se especifica un rango dinámico mínimo.
- 6) El tiempo de muestreo depende de las características de la fuente de emisión.
- 7) Si la duración de una muestra es menor de 8 horas, hay que tomar mas muestras de acuerdo con el punto "selección de las condiciones de medida" en la página 18.
- 8) Se pueden utilizar muestras no personales, si es posible estimar la exposición del trabajador a partir de ellas.
- 9) Como la composición de la atmósfera de trabajo se ha estudiado en profundidad en la "Estimación de la exposición laboral", para las evaluaciones periódicas puede ser útil emplear un procedimiento menos selectivo.
- 10) Como interesa medir variaciones, el sesgo no es importante y se puede sustituir el requerimiento de incertidumbre por una precisión $\leq 20\%$.

TABLA 3. REQUISITOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDIA EN FUNCIÓN DE SU APLICACIÓN

OBJETIVO	INCERTIDUMBRE RELATIVA	RANGO DE MEDIDA EXIGIBLE	TIEMPO DE MUESTREO	NOTAS
Procedimiento de screening del TWA	≤ 50%	0.1-2 VL	≤ 8 h	1, 2, 3
Procedimiento de screening de variación de la concentración con:				
a) el tiempo	≤ 20%	RD ≥ 10: 1	≤ 5 min	1, 4, 5
b) el espacio	≤ 40%	RD ≥ 10: 1	≤ 15 min	1, 3, 5, 10
Medidas en la fuente de emisión	≤ 30% ≤ 50%	0.5-2 VL 2-10 VL	depende de la fuente	3, 6
Conformidad con el valor límite	≤ 50% ≤ 30%	0.1-0.5 VL 0.5-2 VL	≤ 8 h	3, 7, 8
Evaluaciones periódicas	≤ 50% ≤ 30%	0.1-0.5 VL 0.5-2 VL	≥ 8 h	3, 7, 8, 9

VL = Valor límite

RD = Rango Dinámico

ANEXO B

MÍNIMO NÚMERO DE MUESTRAS EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE CADA UNA DE ELLAS

El mínimo número de muestras que se requieren para evaluar un período de trabajo homogéneo en cuanto a las concentraciones de contaminantes se puede establecer estadísticamente, pero como guía, se puede utilizar la siguiente tabla:

Duración de la muestra	Número de muestras
10 seg.	30
1 min.	20
5 min.	12
15 min.	4
30 min.	3
1 hora	2
≥ 2 horas	1

La tabla da una guía para el muestreo en procesos de trabajo que producen una exposición homogénea. Es una combinación de experiencia práctica y argumentos estadísticos ya que, generalmente, la estadística solamente se puede usar en la valoración de la exposición como una herramienta para las recomendaciones de un profesional.

La tabla de tiempos se basa en la presunción de que se debe muestrear al menos el 25% del período de exposición, siempre que no se produzcan cambios significativos en la exposición.

Cuando la duración de la muestra es muy corta, se necesitaría una gran cantidad de muestras (por ejemplo, 720 muestras de 10 segundos para evaluar el 25 % de una exposición de 8 horas). Esta cantidad no es admisible por razones prácticas. Con treinta muestras por jornada se alcanza la necesaria estabilidad estadística. Esto quiere decir, además, que las variaciones en la duración de la exposición no afectan a este número mínimo.

El único motivo para reducir el número de muestras indicado en la tabla, es que la duración del período de exposición sea muy pequeña. Una duración de 10 seg. se refiere a muestras puntuales, por ejemplo de aparatos de lectura directa. De 1 a 5 min., a tubos detectores (colorimétricos). De 15 a 60 min.. a tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice), y a partir de 1 hora a filtros para metales o polvo total o a muestreadores pasivos.

ANEXO C

CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS

Este procedimiento sólo es aplicable cuando el valor límite está establecido para un período de 8 horas/día (TWA).

El valor TWA se puede representar matemáticamente por

$$\frac{\sum c_i \cdot t_i}{t} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{8}$$

donde:

c_i es la concentración ambiental

t_i es el tiempo asociado a esa concentración (en h)

$\sum t_i$ es la duración de la jornada de trabajo

Ejemplo 1

Un operario trabaja 7 h 20 min. en un proceso en el cual está expuesto a una sustancia con valor límite. La concentración ambiental media durante ese período resultó ser de 0.12 mg/m³.

La exposición TWA es:

7 h 20 min. (7.33h) a 0,12 mg/m³

40 min. (0.67 h) a 0 mg/m³

$$\frac{0.12 \times 7.33 + 0 \times 0.67}{8} = 0.11 \text{ mg/m}^3$$

Ejemplo 2

La jornada de trabajo se puede dividir en varios períodos, para tener en cuenta los descansos.

de 8.00 a 10.30 (2.5h) a 0.32 mg/m³

de 10.45 a 12.45 (2.0h) a 0.07 mg/m³

de 13.30 a 15.30 (2.0h) a 0.20 mg/m³

de 15.45 a 17.15 (1.5) a 0.10 mg/m³

La exposición durante los períodos de descanso es cero.

La exposición TWA es

$$\frac{0.32 \times 2.5 + 0.07 \times 2 + 0.20 \times 2 + 0.10 \times 1.5 + 0 \times 1.25}{8} = 0.19 \text{ mg/m}^3$$

Ejemplo 3

Un empleado trabaja su jornada completa y tres horas extra.

HORARIO	TAREA	CONC.	TIEMPO
7.30-8.15	Preparación	Cero	0.75h
8.15-10.30	Proceso 1	5.3	2.25
10.30-11.00	Descanso	Cero	0.50
11.00-13.00	Proceso 2	4.7	2.00
13.00-14.00	Comida	Cero	1.00
14.00-15.45	Limpieza General	1.6	1.75
15.45-16.00	Descanso	Cero	0.25
16.00-19.00	Jornada extra	5.7	3.00



Duración de la jornada = 11.5 horas

La exposición TWA es:

$$(0 \times 0.75 + 5.3 \times 2.25 + 0 \times 0.50 + 4.7 \times 2.00 + 0 \times 1.00 + 1.6 \times 1.75 + 0 \times 0.25 + 5.7 \times 3.00) / 8 = 5.2 \text{ mg/m}^3$$

Asumiendo que los descansos se tomaron alejados del área de trabajo y que el muestreo fue personal. En este ejemplo las tres horas de trabajo extra han aumentado significativamente la exposición, que de otra forma hubiese sido:

$$\frac{5.3 \times 2.25 + 4.7 \times 2.00 + 1.6 \times 1.75}{8} = 3 \text{ mg/m}^3$$

ANEXO D

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL

Es conveniente hacer uso de las distintas posibilidades que se apuntan en el capítulo IV: mediciones en el caso mas desfavorable, cálculos basados en la emisión de la fuente o datos de instalaciones o procesos similares. Las condiciones particulares del lugar de trabajo determinarán cual es la opción mejor. El procedimiento descrito aquí es un ejemplo que sólo es aplicable cuando se cumplen todas las condiciones que se indican.

Hay que tener en cuenta que la comparación de la exposición con los valores límite, sólo es posible hacerla con datos anteriores o actuales, mientras que la estimación de la exposición laboral incluye condiciones futuras, lo que implica una cierta incertidumbre que aumentará cuando:

- La exposición se acerque al valor límite
- Aumente la cantidad de productos utilizados o bien la presión y temperatura del proceso
- Aumente el intervalo entre evaluaciones periódicas.

Cuando se aplica un procedimiento para evaluar una exposición, hay que asegurarse de que las condiciones se van a cumplir siempre que se aplique. Esto es particularmente importante en el caso de que se hagan pocas mediciones. En caso de duda se recomienda:

- Reconsiderar el punto "Estimación de la exposición" de la página 16.
- Aplicar medidas para asegurarse de que se van a cumplir las condiciones
- Verificar el resultado de la evaluación con medidas adicionales
- Reducir la exposición mediante controles técnicos

Las condiciones que se tienen que dar para que se pueda utilizar este procedimiento son:

- Que la concentración promediada para 8 horas represente realmente la exposición laboral. Las exposiciones pico que puedan ocurrir deben cumplir con los valores STEL, si existen.
- Que todas las concentraciones ambientales (CA) se encuentren por debajo del valor límite (VL). Si alguna estuviese por encima, la exposición estaría por encima del límite.
- Que las condiciones en el lugar de trabajo se repitan regularmente.
- Que las características de la exposición no cambien con el tiempo
- Que diferentes condiciones de trabajo se hayan evaluado por separado.

En este caso, la evaluación se realiza como sigue:

- 1) Se divide "CA" por "VL"

$$I = \frac{CA}{VL}$$

Cuando "CA" está por debajo del límite de detección (LD), se utiliza en la fórmula anterior la mitad del "LD". Al valor de "I" se le denomina índice de la sustancia.

- 2) Si el valor de "I" es inferior a 0.1, la exposición está por debajo del "VL". Si además, las condiciones no varían con el tiempo, no son necesarias evaluaciones periódicas.
- 3) Si los valores de "I" en tres días diferentes, son todos inferiores a 0.25, la exposición está por debajo del "VL". Si además, las condiciones no varían con el tiempo, no son necesarias evaluaciones periódicas.

- 4) Si los valores de "I" en tres días diferentes, son todos inferiores a 1, y la media geométrica de los tres es inferior a 0.5, la exposición está por debajo del "VL".
- 5) Si algún valor de "I" es superior a 1, la exposición está por encima del "VL".
- 6) En cualquier otro caso el procedimiento conduce a la situación de "no-decisión".

Si se dan los casos 2,3 o 4, la estimación de la exposición laboral ha concluido.

Si se dan los casos 3 o 4, la estimación de la exposición laboral se puede interpretar como la primera evaluación periódica, y utilizar este resultado para calcular el intervalo hasta la próxima evaluación.

La figura 3 da un esquema de esta procedimiento.

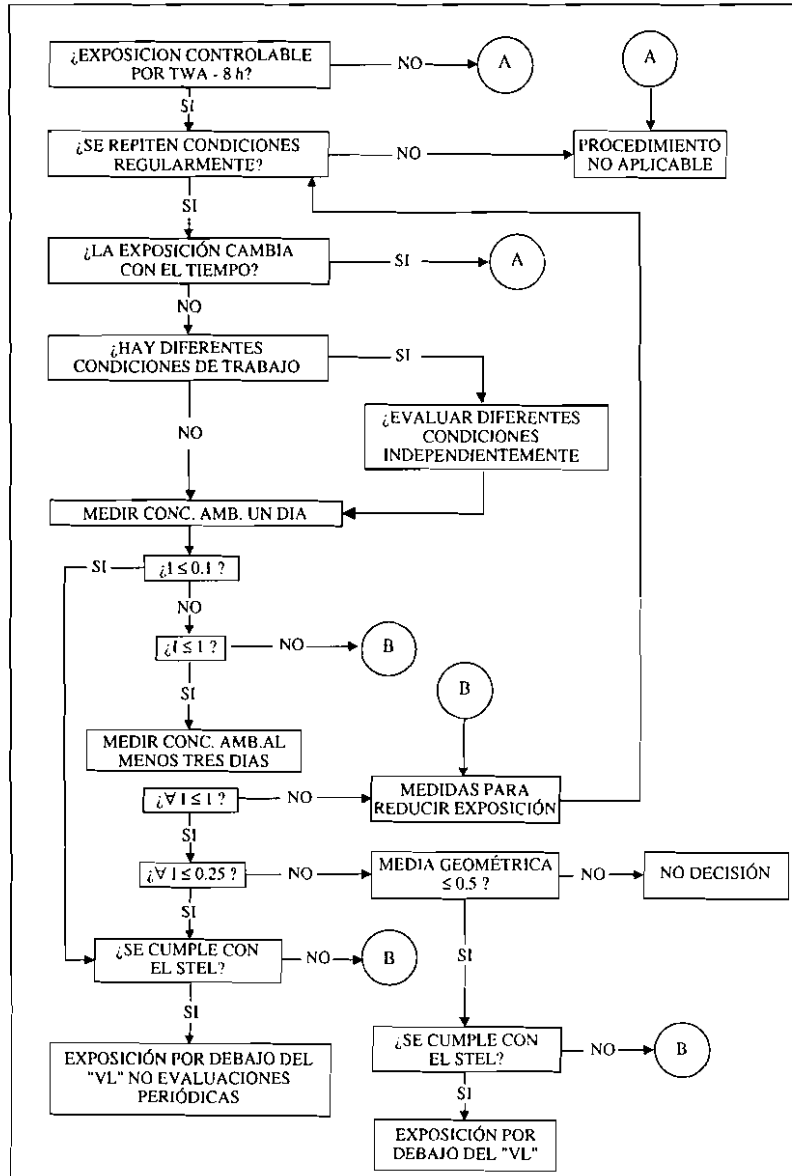


Fig 3. Esquema de un procedimiento para evaluar la estimación de la exposición laboral

ANEXO E

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO BASADO EN CÁLCULO DE PROBABILIDADES PARA EVALUAR LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL

Este procedimiento está indicado cuando se trata de evaluar la exposición laboral en situaciones repetitivas, como las que pueden darse en refinerías o en grandes plantas de producción.

Una vez realizadas las mediciones apropiadas, la comparación con el valor límite (VL) se basa en la distribución log-normal de las concentraciones (comprobando previamente que así sucede), y consiste en calcular la probabilidad de que se supere el "VL".

Medidas en el lugar de trabajo

Incluye los siguientes pasos:

- Selección de grupos de exposición homogéneos, "GEH", (ver página 17). Puede incluir a personas que no trabajen al mismo tiempo.
- Hacer un mínimo de 6 mediciones dentro de cada "GEH", en la zona de respiración de los trabajadores, procurando que las muestras sean representativas del "GEH".
- Comprobación y calibración del modelo que se ajuste a la distribución de las concentraciones (ver Anexo H)
- Cálculo de la probabilidad de que se exceda el "VL" (ver Anexo H)

Conclusiones de la estimación de la exposición

Dependiendo de la probabilidad de que se exceda el "VL", se pueden dar tres situaciones:

- Situación verde: La probabilidad es menor o igual al 0.1%. La exposición está muy por debajo del "VL". No son necesarias más mediciones, a no ser que varíen las condiciones de trabajo significativamente.
- Situación naranja: La probabilidad es mayor de 0.1% y menos o igual al 5%. La exposición parece estar por debajo del "VL", pero hay que comprobarlo con evaluaciones periódicas.
- Situación roja: La probabilidad es mayor del 5%. La probabilidad de que se supere el "VL" es demasiado alta y hay que tomar acciones lo antes posible para reducir la exposición. Una vez tomadas, hay que iniciar una nueva estimación de la exposición laboral.

Estos márgenes no son del todo fijos, y pueden ser interpretados por el técnico que realice la estimación. Una primera aproximación consistiría en:

- Un examen crítico de los "GEH" elegidos
- Un examen crítico de la representatividad de las medidas
- Tomar más muestras dentro de cada "GEH" antes de tomar ninguna decisión

Evaluaciones periódicas

La frecuencia con la que hay que hacer las evaluaciones periódicas depende de los resultados de las mediciones anteriores, aumentando cuando la exposición se acerca al "VL".

La unidad de tiempo (siempre menor o igual a una semana) se determina de acuerdo con:

- La rutina dentro de la unidad de tiempo
- El tipo de "VL" (STEL o TWA)
- El tiempo de respuesta del laboratorio

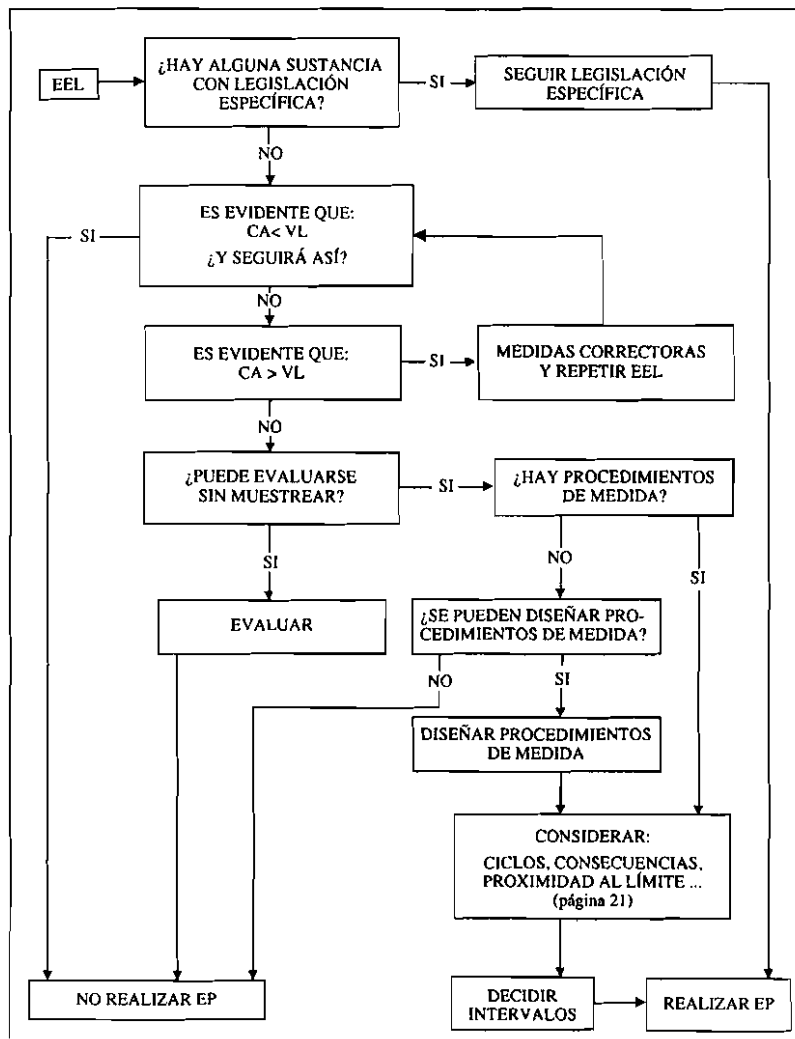
La periodicidad inicial de las evaluaciones se puede fijar, en principio, en 8 unidades de tiempo y modificar de acuerdo con la Tabla 4.

En las situaciones 3 y 4, si la concentración es superior al "VL", hay que identificar las causas de que esto haya sucedido y empezar a pensar en las medidas para que no vuelva a suceder.

TABLA 4

SITUACIÓN	RESULTADOS	DECISIÓN
1	$C \leq 0.4VL$ dos veces seguidas	No realizar las tres siguientes evaluaciones
2	$C \leq 0.7VL$	Continuar evaluaciones
3	$0.7VL < C \leq 1.5VL$	Una evaluación más en la unidad de tiempo
4	$0.7VL < C \leq 1.5VL$ En dos unidades de tiempo consecutivas	Una medida adicional en las cuatro siguientes evaluaciones. Si el intervalo era una unidad de tiempo, tomar acciones para reducir la exposición
5	$1.0VL < C \leq 1.5VL$	Tomar acciones para reducir la exposición
6	$C > 1.5 VL$	Tomar acciones para reducir la exposición

ANEXO F DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD O NO DE REALIZAR LAS EVALUACIONES PERIÓDICAS



CA= concentración ambiental, VL= valor límite, EEL: estimación de la exposición laboral y EP; evaluación periódica

ANEXO G

EJEMPLO PARA LA DETERMINACIÓN DEL INTERVALO ENTRE EVALUACIONES PERIÓDICAS

Si el resultado de la estimación de la exposición laboral, "EEL", es que la exposición se encuentra por debajo del valor límite, "VL" (ver página 19), hay que determinar cuando se realizarán las evaluaciones periódicas (si son necesarias) para comprobar que la exposición se mantiene por debajo del "VL".

La primera evaluación periódica, "EP", cuando es necesaria, se realiza en un periodo de 16 semanas desde que termina la "EEL". De acuerdo con el resultado de ésta, se fija el límite para la siguiente, de acuerdo con la concentración ambiental, "CA" encontrada.

- Si "CA" no es superior a la cuarta parte del "VL", la siguiente evaluación se hará en las 64 semanas siguientes.
- Si "CA" es superior a la cuarta parte del "VL", pero inferior a la mitad, la siguiente evaluación se hará en las 32 semanas siguientes.
- Si "CA" es superior a la mitad del "VL", pero inferior al "VL", la siguiente evaluación se hará en las 16 semanas.

Las evaluaciones periódicas se deben realizar en condiciones normales de trabajo, por lo que si es necesario se pueden modificar los periodos entre evaluaciones, siempre que la causa se especifique en el informe (ver página 21).

Si alguna "CA" superase el "VL", habría que identificar las causas y remediar la situación lo antes posible. En este caso habría que validar la "EEL".

En la figura 4, se da una representación esquemática de como determinar los períodos entre evaluaciones.

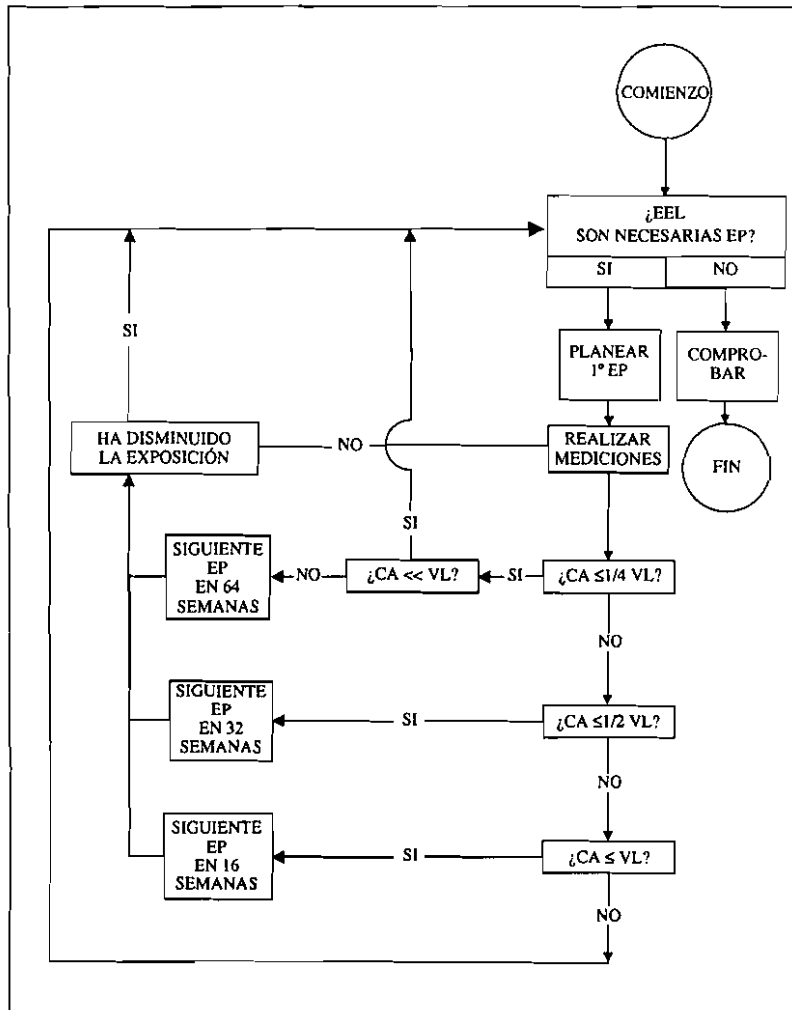


Figura 4. Representación esquemática de como determinar los períodos entre evaluaciones

ANEXO H

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS (GRÁFICOS DE PROBABILIDAD Y MEDIA PONDERADA MÓVIL)

Este anexo contiene dos ejemplos de tratamiento de los datos obtenidos durante la evaluación de la exposición laboral y medidas periódicas.

Gráficos de probabilidad

Es un procedimiento para comprobar que los datos de exposición se ajustan a una distribución log-normal, calcular la media y desviación standard de los mismos y la probabilidad de que se exceda el valor límite.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Ordenar los datos de menor a mayor
- 2) Con el número total de resultados, ver en la tabla 5 la posición, P, que le corresponde en el gráfico de probabilidad a cada uno de ellos.
- 3) Elegir el gráfico de probabilidad adecuado, de acuerdo con el intervalo de los datos experimentales.

Una escala logarítmica (Fig. 5)

Dos escalas logarítmicas (Fig 6)

Tres escalas logarítmicas (Fig7)



TABLA 5. PLOTTING POSITIONS FOR NORMAL PROBABILITY PAPER

Ordinal No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Ord																		
1	28.6	39.9	55.2	72.0	90.0	110.0	132.0	156.0	182.0	210.0	240.0	272.0	308.0	348.0	392.0	440.0	492.0	548.0	608.0	672.0	740.0	812.0	888.0	968.0	1052.0	1140.0	1232.0	1328.0	1428.0	1532.0	1640.0	1752.0	1868.0	1988.0	2112.0														
2	71.4	50.0	38.3	31.0	26.0	22.5	19.7	17.3	15.8	14.4	13.2	12.2	11.4	10.6	9.9	9.4	8.9	8.4	8.0	7.7	7.2	6.8	6.4	6.2	6.0	5.8	5.7	5.5	5.3	5.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.2	4.0													
3	80.1	61.7	50.0	42.0	36.0	31.8	28.4	25.6	23.3	21.5	20.0	18.8	17.8	17.0	16.4	15.9	15.4	15.0	14.6	14.2	13.8	13.4	13.0	12.7	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9												
4	84.8	69.0	58.0	50.0	43.9	39.2	35.3	32.2	29.6	27.3	25.4	23.7	22.3	21.0	19.8	18.8	17.9	17.1	16.4	15.8	15.2	14.7	14.2	13.8	13.4	13.0	12.7	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5												
5	87.8	74.0	63.8	56.1	50.0	45.2	41.1	37.8	34.9	32.4	30.3	28.4	26.8	25.3	24.0	22.8	21.8	20.9	19.8	18.9	18.1	17.4	16.9	16.4	15.9	15.4	15.0	14.7	14.4	14.1	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7												
6	89.7	77.5	68.2	60.8	54.9	50.0	45.9	42.5	39.5	36.5	34.6	32.6	30.8	29.2	27.8	26.4	25.1	24.2	23.3	22.4	21.5	20.6	19.6	18.7	17.9	17.1	16.4	15.8	15.2	14.7	14.2	13.7	13.2	12.7	12.2	11.7	11.2												
7	91.2	80.3	71.6	64.7	58.9	54.1	50.0	46.5	43.4	40.7	38.4	36.3	34.4	32.7	31.2	29.8	28.4	27.4	26.1	25.1	24.2	23.3	22.4	21.5	20.6	19.6	18.7	17.9	17.1	16.4	15.8	15.2	14.7	14.2	13.7	13.2	12.7	12.2											
8	92.3	82.4	74.4	67.8	62.2	57.5	53.5	50.0	46.9	44.2	41.8	39.6	37.6	35.9	34.1	32.6	31.6	30.2	29.1	28.1	27.1	26.1	25.1	24.2	23.3	22.4	21.5	20.6	19.6	18.7	17.9	17.1	16.4	15.8	15.2	14.7	14.2	13.7	13.2										
9	93.1	84.2	76.7	70.4	65.1	60.5	56.6	53.1	50.0	47.2	44.8	42.6	40.5	38.6	37.1	35.6	34.1	33.0	31.6	30.5	29.5	28.4	27.4	26.4	25.4	24.4	23.4	22.4	21.5	20.6	19.6	18.7	17.9	17.1	16.4	15.8	15.2	14.7	14.2	13.7									
10	93.8	85.6	78.6	72.7	67.6	63.1	59.3	55.6	52.8	50.0	47.5	45.2	43.1	41.3	39.7	38.2	36.7	35.2	34.1	33.0	31.9	30.9	29.9	28.9	27.9	26.9	25.9	24.9	23.9	22.9	21.9	20.9	19.9	18.9	17.9	16.9	15.9	14.9	13.9										
11	94.4	86.8	80.2	74.6	69.7	65.4	61.6	58.2	55.2	52.5	50.0	47.6	45.6	43.6	42.1	40.5	39.0	37.4	36.3	35.2	34.1	33.0	31.9	30.9	29.9	28.9	27.9	26.9	25.9	24.9	23.9	22.9	21.9	20.9	19.9	18.9	17.9	16.9	15.9	14.9									
12	94.8	87.8	81.6	76.3	71.6	67.4	63.7	60.4	57.4	54.8	52.4	50.0	47.8	46.0	44.4	42.5	41.3	39.7	38.6	37.1	35.6	34.1	33.0	31.9	30.9	29.9	28.9	27.9	26.9	25.9	24.9	23.9	22.9	21.9	20.9	19.9	18.9	17.9	16.9	15.9									
13	95.2	88.6	82.8	77.7	73.2	69.2	65.6	62.4	59.5	56.7	54.4	52.0	50.0	48.0	46.4	44.8	43.3	41.7	40.5	39.3	38.1	36.9	35.7	34.5	33.3	32.1	30.9	29.7	28.5	27.3	26.1	24.9	23.7	22.5	21.3	20.1	18.9	17.7	16.5	15.3									
14	95.6	89.6	84.2	79.4	75.0	71.0	67.4	64.1	61.4	58.7	56.4	54.0	52.0	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0							
15	95.9	90.1	84.8	80.2	76.0	72.2	68.8	65.9	62.9	60.3	57.9	55.6	53.6	51.6	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0						
16	96.1	90.6	85.7	81.2	77.2	73.6	70.2	67.4	64.6	61.8	59.5	57.5	55.2	53.6	51.6	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0					
17	96.4	91.1	86.6	82.1	78.4	75.0	71.6	68.8	65.9	63.3	61.0	58.7	56.7	54.8	52.8	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0					
18	96.6	91.6	87.4	83.1	79.6	76.4	73.2	70.2	67.4	64.6	61.8	59.5	57.5	55.2	53.6	51.6	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0				
19	96.9	92.3	88.3	84.4	81.1	77.8	74.9	72.3	69.7	67.3	64.1	61.4	58.7	56.4	54.0	52.0	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0				
20	97.1	92.8	89.1	85.4	82.1	78.8	76.0	73.6	71.6	69.7	67.4	64.6	61.8	59.5	57.5	55.2	53.6	51.6	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0		
21	97.2	93.2	89.7	86.2	83.1	79.9	77.2	74.9	72.9	71.0	69.1	67.4	64.6	61.8	59.5	57.5	55.2	53.6	51.6	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0	
22	97.3	93.3	89.9	86.4	83.3	80.1	77.4	75.1	73.1	71.2	69.3	67.6	64.8	62.0	60.0	58.0	56.0	54.0	52.0	50.0	48.4	46.8	45.4	43.8	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0	
23	97.4	93.4	90.1	86.6	83.5	80.3	77.6	75.3	73.3	71.4	69.5	67.8	65.0	62.2	60.2	58.2	56.2	54.2	52.2	50.2	48.6	47.0	45.6	44.0	42.6	41.4	40.2	39.0	37.8	36.6	35.4	34.2	33.0	31.8	30.6	29.4	28.2	27.0	25.8	24.6	23.4	22.2	21.0	19.8	18.6	17.4	16.2	15.0	
24	97.5	93.5	90.2	86.7	83.6	80.4	77.7	75.4	73.4	71.5	69.6	67.9	65.1	62.3	60.3	58.3	56.3	54.3	52.3	50.3	48.7	47.1	45.7	44.1	42.7	41.5	40.3	39.1	37.9	36.7	35.5	34.3	33.1	31.9	30.7	29.5	28.3	27.1	25.9	24.7	23.5	22.3	21.1	19.9	18.7	17.5	16.3	15.1	
25	97.6	93.6	90.3	86.8	83.7	80.5	77.8	75.5	73.5	71.6	69.7	68.0	65.2	62.4	60.4	58.4	56.4	54.4	52.4	50.4	48.8	47.2	45.8	44.2	42.8	41.6	40.4	39.2	38.0	36.8	35.6	34.4	33.2	32.0	30.8	29.6	28.4	27.2	26.0	24.8	23.6	22.4	21.2	20.0	18.8	17.6	16.4	15.2	14.0
26	97.7	93.7	90.4	86.9	83.8	80.6	77.9	75.6	73.6	71.7	69.8	68.1	65.3	62.5	60.5	58.5	56.5	54.5	52.5	50.5	48.9	47.3	45.9	44.3	42.9	41.7	40.5	39.3	38.1	36.9	35.7	34.5	33.3	32.1	30.9	29.7	28.5	27.3	26.1	24.9	23.7	22.5	21.3	20.1	18.9	17.7	16.5	15.3	14.1
27	97.8	93.8	90.5	87.0	83.9	80.7	78.0	75.7	73.7	71.8	69.9	68.2	65.4	62.6	60.6	58.6	56.6	54.6	52.6	50.6	49.0	47.4	46.0	44.4	43.0	41.8	40.6	39.4	38.2	37.0	35.8	34.6	33.4	32.2	31.0	29.8	28.6	27.4	26.2	25.0	23.8	22.6	21.4	20.2	19.0	17.8	16.6	15.4	14.2
28	97.9	93.9																																															



TABLE 5. (Cont.) PLOTTING POSITIONS FOR NORMAL PROBABILITY PAPER

Ordinal No.	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	Ordinal No.
1	1.92	1.88	1.84	1.74	1.70	1.66	1.62	1.58	1.54	1.50	1.46	1.43	1.39	1.35	1.32	1.29	1.25	1.22	1	
2	2.05	2.01	1.97	1.87	1.83	1.79	1.75	1.71	1.67	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48	1.45	1.42	1.38	1.35	2	
3	2.17	2.13	2.09	2.00	1.96	1.92	1.88	1.84	1.80	1.76	1.72	1.69	1.65	1.61	1.58	1.54	1.51	1.47	3	
4	2.29	2.25	2.21	2.12	2.08	2.04	2.00	1.96	1.92	1.88	1.84	1.81	1.77	1.73	1.70	1.66	1.63	1.59	4	
5	2.41	2.37	2.33	2.24	2.20	2.16	2.12	2.08	2.04	2.00	1.96	1.93	1.89	1.85	1.82	1.78	1.75	1.71	5	
6	2.53	2.49	2.45	2.36	2.32	2.28	2.24	2.20	2.16	2.12	2.08	2.05	2.01	1.97	1.94	1.90	1.87	1.83	6	
7	2.65	2.61	2.57	2.48	2.44	2.40	2.36	2.32	2.28	2.24	2.20	2.17	2.13	2.09	2.06	2.02	1.99	1.95	7	
8	2.77	2.73	2.69	2.60	2.56	2.52	2.48	2.44	2.40	2.36	2.32	2.29	2.25	2.21	2.18	2.14	2.11	2.07	8	
9	2.89	2.85	2.81	2.72	2.68	2.64	2.60	2.56	2.52	2.48	2.44	2.41	2.37	2.33	2.30	2.26	2.23	2.19	9	
10	3.01	2.97	2.93	2.84	2.80	2.76	2.72	2.68	2.64	2.60	2.56	2.53	2.49	2.45	2.42	2.38	2.35	2.31	10	
11	3.13	3.09	3.05	2.96	2.92	2.88	2.84	2.80	2.76	2.72	2.68	2.65	2.61	2.57	2.54	2.50	2.47	2.43	11	
12	3.25	3.21	3.17	3.08	3.04	3.00	2.96	2.92	2.88	2.84	2.80	2.77	2.73	2.69	2.66	2.62	2.59	2.55	12	
13	3.37	3.33	3.29	3.20	3.16	3.12	3.08	3.04	3.00	2.96	2.92	2.89	2.85	2.81	2.78	2.74	2.71	2.67	13	
14	3.49	3.45	3.41	3.32	3.28	3.24	3.20	3.16	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	2.90	2.86	2.83	2.79	14	
15	3.61	3.57	3.53	3.44	3.40	3.36	3.32	3.28	3.24	3.20	3.16	3.13	3.09	3.05	3.02	2.98	2.95	2.91	15	
16	3.73	3.69	3.65	3.56	3.52	3.48	3.44	3.40	3.36	3.32	3.28	3.25	3.21	3.17	3.14	3.10	3.07	3.03	16	
17	3.85	3.81	3.77	3.68	3.64	3.60	3.56	3.52	3.48	3.44	3.40	3.37	3.33	3.29	3.26	3.22	3.19	3.15	17	
18	3.97	3.93	3.89	3.80	3.76	3.72	3.68	3.64	3.60	3.56	3.52	3.49	3.45	3.41	3.38	3.34	3.31	3.27	18	
19	4.09	4.05	4.01	3.92	3.88	3.84	3.80	3.76	3.72	3.68	3.64	3.61	3.57	3.53	3.50	3.46	3.43	3.39	19	
20	4.21	4.17	4.13	4.04	4.00	3.96	3.92	3.88	3.84	3.80	3.76	3.73	3.69	3.65	3.62	3.58	3.55	3.51	20	
21	4.33	4.29	4.25	4.16	4.12	4.08	4.04	4.00	3.96	3.92	3.88	3.85	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	3.63	21	
22	4.45	4.41	4.37	4.28	4.24	4.20	4.16	4.12	4.08	4.04	4.00	3.97	3.93	3.89	3.86	3.82	3.79	3.75	22	
23	4.57	4.53	4.49	4.40	4.36	4.32	4.28	4.24	4.20	4.16	4.12	4.09	4.05	4.01	3.98	3.94	3.91	3.87	23	
24	4.69	4.65	4.61	4.52	4.48	4.44	4.40	4.36	4.32	4.28	4.24	4.21	4.17	4.13	4.10	4.06	4.03	3.99	24	
25	4.81	4.77	4.73	4.64	4.60	4.56	4.52	4.48	4.44	4.40	4.36	4.33	4.29	4.25	4.22	4.18	4.15	4.11	25	
26	4.93	4.89	4.85	4.76	4.72	4.68	4.64	4.60	4.56	4.52	4.48	4.45	4.41	4.37	4.34	4.30	4.27	4.23	26	
27	5.05	5.01	4.97	4.88	4.84	4.80	4.76	4.72	4.68	4.64	4.60	4.57	4.53	4.49	4.46	4.42	4.39	4.35	27	
28	5.17	5.13	5.09	5.00	4.96	4.92	4.88	4.84	4.80	4.76	4.72	4.69	4.65	4.61	4.58	4.54	4.51	4.47	28	
29	5.29	5.25	5.21	5.12	5.08	5.04	5.00	4.96	4.92	4.88	4.84	4.81	4.77	4.73	4.70	4.66	4.63	4.59	29	
30	5.41	5.37	5.33	5.24	5.20	5.16	5.12	5.08	5.04	5.00	4.96	4.93	4.89	4.85	4.82	4.78	4.75	4.71	30	
31	5.53	5.49	5.45	5.36	5.32	5.28	5.24	5.20	5.16	5.12	5.08	5.05	5.01	4.97	4.94	4.90	4.87	4.83	31	
32	5.65	5.61	5.57	5.48	5.44	5.40	5.36	5.32	5.28	5.24	5.20	5.17	5.13	5.09	5.06	5.02	4.99	4.95	32	
33	5.77	5.73	5.69	5.60	5.56	5.52	5.48	5.44	5.40	5.36	5.32	5.29	5.25	5.21	5.18	5.14	5.11	5.07	33	
34	5.89	5.85	5.81	5.72	5.68	5.64	5.60	5.56	5.52	5.48	5.44	5.41	5.37	5.33	5.30	5.26	5.23	5.19	34	
35	6.01	5.97	5.93	5.84	5.80	5.76	5.72	5.68	5.64	5.60	5.56	5.53	5.49	5.45	5.42	5.38	5.35	5.31	35	
36	6.13	6.09	6.05	5.96	5.92	5.88	5.84	5.80	5.76	5.72	5.68	5.65	5.61	5.57	5.54	5.50	5.47	5.43	36	
37	6.25	6.21	6.17	6.08	6.04	6.00	5.96	5.92	5.88	5.84	5.80	5.77	5.73	5.69	5.66	5.62	5.59	5.55	37	
38	6.37	6.33	6.29	6.20	6.16	6.12	6.08	6.04	6.00	5.96	5.92	5.89	5.85	5.81	5.78	5.74	5.71	5.67	38	
39	6.49	6.45	6.41	6.32	6.28	6.24	6.20	6.16	6.12	6.08	6.04	6.01	5.97	5.93	5.90	5.86	5.83	5.79	39	
40	6.61	6.57	6.53	6.44	6.40	6.36	6.32	6.28	6.24	6.20	6.16	6.13	6.09	6.05	6.02	5.98	5.95	5.91	40	
41	6.73	6.69	6.65	6.56	6.52	6.48	6.44	6.40	6.36	6.32	6.28	6.25	6.21	6.17	6.14	6.10	6.07	6.03	41	
42	6.85	6.81	6.77	6.68	6.64	6.60	6.56	6.52	6.48	6.44	6.40	6.37	6.33	6.29	6.26	6.22	6.19	6.15	42	
43	6.97	6.93	6.89	6.80	6.76	6.72	6.68	6.64	6.60	6.56	6.52	6.49	6.45	6.41	6.38	6.34	6.31	6.27	43	
44	7.09	7.05	7.01	6.92	6.88	6.84	6.80	6.76	6.72	6.68	6.64	6.61	6.57	6.53	6.50	6.46	6.43	6.39	44	
45	7.21	7.17	7.13	7.04	7.00	6.96	6.92	6.88	6.84	6.80	6.76	6.73	6.69	6.65	6.62	6.58	6.55	6.51	45	
46	7.33	7.29	7.25	7.16	7.12	7.08	7.04	7.00	6.96	6.92	6.88	6.85	6.81	6.77	6.74	6.70	6.67	6.63	46	
47	7.45	7.41	7.37	7.28	7.24	7.20	7.16	7.12	7.08	7.04	7.00	6.97	6.93	6.89	6.86	6.82	6.79	6.75	47	
48	7.57	7.53	7.49	7.40	7.36	7.32	7.28	7.24	7.20	7.16	7.12	7.09	7.05	7.01	6.98	6.94	6.91	6.87	48	
49	7.69	7.65	7.61	7.52	7.48	7.44	7.40	7.36	7.32	7.28	7.24	7.21	7.17	7.13	7.10	7.06	7.03	7.00	49	
50	7.81	7.77	7.73	7.64	7.60	7.56	7.52	7.48	7.44	7.40	7.36	7.33	7.29	7.25	7.22	7.18	7.15	7.11	50	
51	7.93	7.89	7.85	7.76	7.72	7.68	7.64	7.60	7.56	7.52	7.48	7.45	7.41	7.37	7.34	7.30	7.27	7.23	51	

For sample sizes larger than 50 plotting position is estimated as:

$$100 \frac{(\text{ordinal number} - 0.5)}{\text{sample size}}$$

EXAMPLE:

$$\text{Sample size} = 51$$

$$0.98 = \frac{100(i-0.5)}{51}$$

$$2.96 = \frac{100(i-0.5)}{51}$$

$$99.02 = \frac{100(i-0.5)}{51}$$

51

99.02 = $\frac{100(i-0.5)}{51}$

51

98.68 98.65 98.62 98.59 98.56 98.53 98.50 98.47 98.44 98.41 98.38 98.35 98.32 98.29 98.26 98.23 98.20 98.17 98.14 98.11 98.08 98.05 98.02 97.99 97.96 97.93 97.90 97.87 97.84 97.81 97.78 97.75 97.72 97.69 97.66 97.63 97.60 97.57 97.54 97.51 97.48 97.45 97.42 97.39 97.36 97.33 97.30 97.27 97.24 97.21 97.18 97.15 97.12 97.09 97.06 97.03 97.00 96.97 96.94 96.91 96.88 96.85 96.82 96.79 96.76 96.73 96.70 96.67 96.64 96.61 96.58 96.55 96.52 96.49 96.46 96.43 96.40 96.37 96.34 96.31 96.28 96.25 96.22 96.19 96.16 96.13 96.10 96.07 96.04 96.01 95.98 95.95 95.92 95.89 95.86 95.83 95.80 95.77 95.74 95.71 95.68 95.65 95.62 95.59 95.56 95.53 95.50 95.47 95.44 95.41 95.38 95.35 95.32 95.29 95.26 95.23 95.20 95.17 95.14 95.11 95.08 95.05 95.02 94.99 94.96 94.93 94.90 94.87 94.84 94.81 94.78 94.75 94.72 94.69 94.66 94.63 94.60 94.57 94.54 94.51 94.48 94.45 94.42 94.39 94.36 94.33 94.30 94.27 94.24 94.21 94.18 94.15 94.12 94.09 94.06 94.03 94.00 93.97 93.94 93.91 93.88 93.85 93.82 93.79 93.76 93.73 93.70 93.67 93.64 93.61 93.58 93.55 93.52 93.49 93.46 9

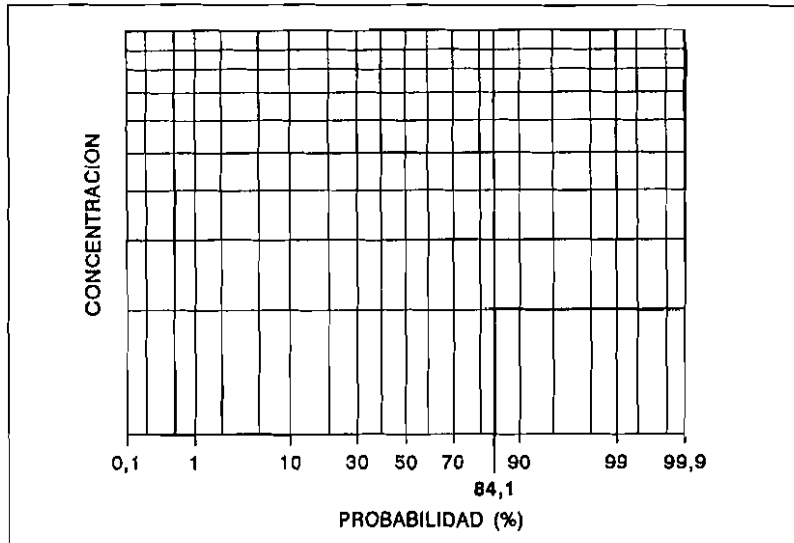


Figura 5. Gráfico de probabilidad una escala logarítmica

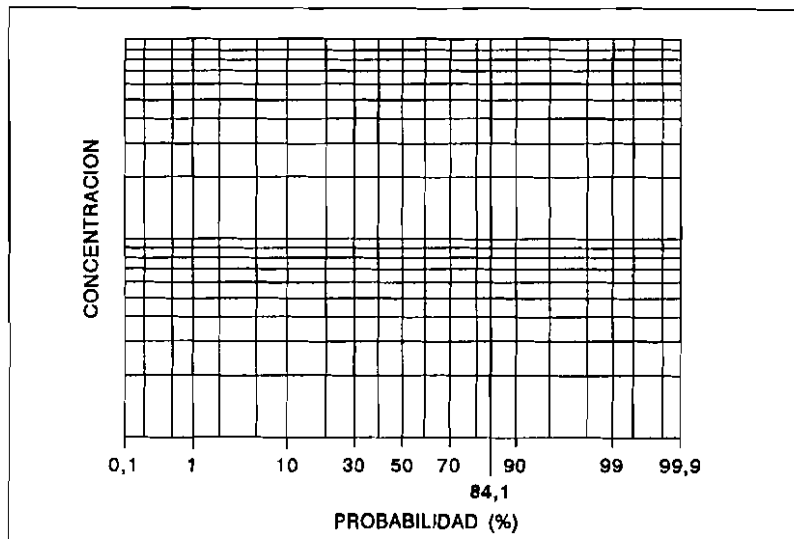


Figura 6. Gráfico de probabilidad dos escalas logarítmicas

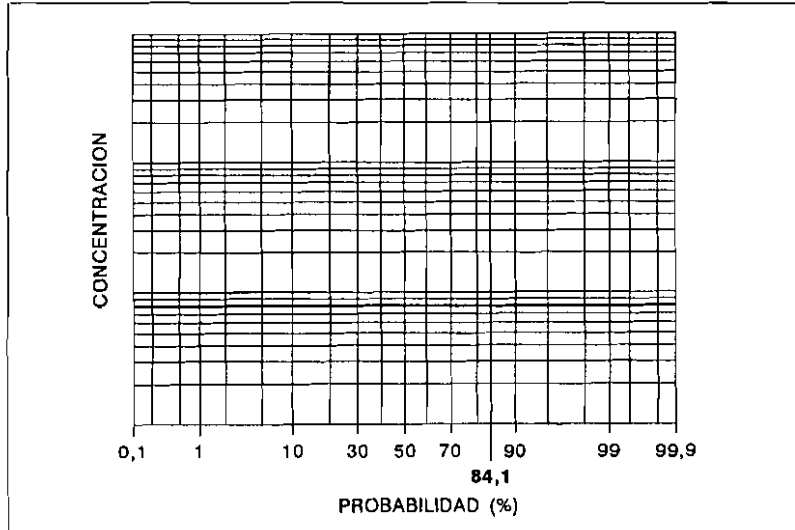


Figura 7. Gráfico de probabilidad tres escalas logarítmicas

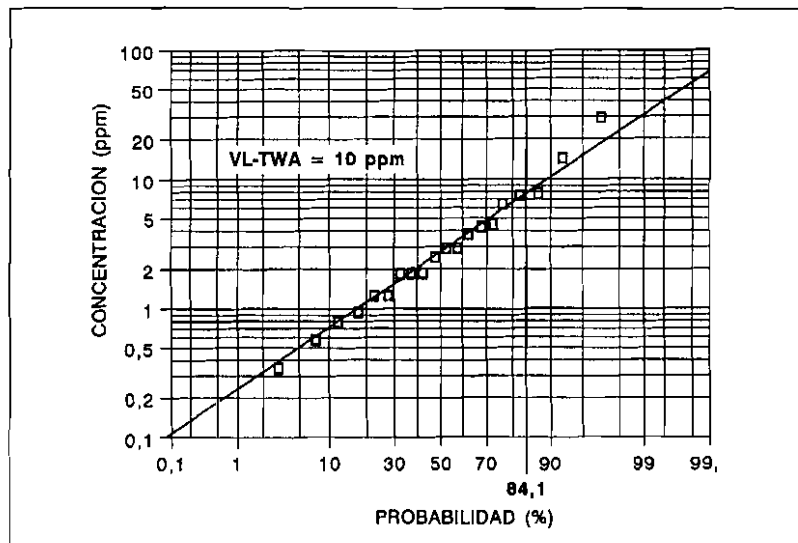


Figura 8. Representación en gráfico de probabilidad de los datos del ejemplo de la pág. 51 (tabla 6).

**TABLA 6. EJEMPLO DE DATOS DE EXPOSICIÓN
Y DETERMINACIÓN DE LAS POSICIONES EN LA
REPRESENTACIÓN GRÁFICA PARA CALCULAR LA
PROBABILIDAD DE QUE SE SUPERE EL VALOR LIMITE**

ORDEN	CONC.	POSICIÓN
1	0.34	3.1
2	0.58	8.0
3	0.80	12.9
4	0.94	17.9
5	1.30	22.8
6	1.30	27.8
7	1.90	32.7
8	1.90	37.6
9	1.90	42.6
10	2.50	47.5
11	2.90	52.5
12	2.90	57.4
13	3.80	62.4
14	4.30	67.3
15	4.50	72.2
16	6.40	77.2
17	7.40	82.1
18	7.60	87.1
19	14.00	92.0
20	30.00	96.9

MEDIA GEOMÉTRICA: 2.69

En el ejemplo, los datos de la exposición, así como sus valores de P, se encuentra en la Tabla 6, la representación gráfica de los mismos se encuentra en la Fig. 8.

- 4) Trazar la línea recta que mejor se ajuste a los puntos despreciando los que se encuentren fuera del intervalo de probabilidades 1-99%, y prestando especial atención a los comprendidos entre 20-80%.
- 5) Si los datos no se ajustan a una línea recta, es que no se ajustan a una distribución log-normal, o bien que pertenecen a más de una población.
- 6) La media geométrica es el valor que corresponde en la recta a la probabilidad del 50% (Fig. 8).
En el ejemplo, la media geométrica es 2.7.
- 7) La desviación standard, DSG, se calcula de la siguiente manera:
Utilizando la Fig. 8.

$$DSG = \frac{\text{El valor que corresponde a } P= 84.1 \%}{\text{El valor que corresponde a } P= 50 \%}$$

en nuestro caso:

$$DSG = \frac{7.7}{2.7} = 2.8$$

- 8) Las representaciones se pueden utilizar para comparar datos de exposición con un valor límite a un cierto nivel de probabilidad (por ejemplo el 90%), o bien para estimar el porcentaje de exposiciones que probablemente excedan un determinado valor.
En nuestro ejemplo, existe un 89% de probabilidades de que las medidas de exposición se encuentren por debajo del valor límite para 8 horas de exposición (VL-TWA= 10 ppm), o lo que es igual, existe una probabilidad del 11% de que se supere el valor límite.
Se recomienda utilizar un mínimo de siete datos para este tipo de cálculos.

Media ponderada móvil (moving weight average)

Este método proporciona un procedimiento sencillo para controlar las tendencias de la exposición.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1) Se representan los resultados de las medidas individuales, lo que da una indicación de su relación respecto al valor límite, VL, o al nivel de acción, NA.

2) Para la segunda medida, se calcula la media ponderada móvil, MWA, de acuerdo con:

$$MWA(2) = Med(1) + 0.2 \times [Med(2) - Med(1)]$$

Siendo Med(1) y Med(2) los valores obtenidos para las dos primeras medidas de la exposición ambiental.

3) Para las siguientes medidas, se calculan las sucesivas MWA, de acuerdo con:

$$MWA(i) = MWA(i-1) + 0.2 \times [Med(i) - MWA(i-1)]$$

En la Tabla 7, se dan los valores de las medidas sucesivas de la exposición ambiental y de los valores calculados para MWA, en nuestro ejemplo.

4) Se representan los valores sucesivos de MWA (unidos por una línea). La tendencia de las medidas viene indicada por la forma de la línea de la MWA. Cualquier deriva sistemática o repentino cambio ascendente indican la necesidad de una acción correctora.

En la figura 9, se muestra la representación gráfica de los datos de la Tabla 7.



**TABLA 7. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA MEDIA
PONDERADA MÓVIL**

ORDEN	CONC.	POSICIÓN
1	216.7	192.9
2	149.6	184.3
3	86.7	164.8
4	282.0	188.2
5	95.0	169.6
6	140.5	163.8
7	160.3	163.1
8	313.0	193.0
9	205.0	195.4
10	123.9	181.1
11	86.7	162.2
12	236.0	177.0
13	244.0	190.4
14	303.0	212.9
15	115.8	193.5
16	268.0	208.4
17	58.0	178.3
18	293.0	201.3
19	196.0	200.2
20	164.2	193.0
21	171.7	188.7
22	348.0	220.6
23	291.0	234.7
24	203.0	228.3
25	365.0	255.7
26	350.0	274.5
27	277.0	275.0
28	140.3	248.1
29	84.2	215.3
30	143.4	200.9
31	202.0	201.1
32	177.1	196.3
33	111.6	179.4
34	62.1	155.9

EVALUACIÓN INICIAL: 187 ppm

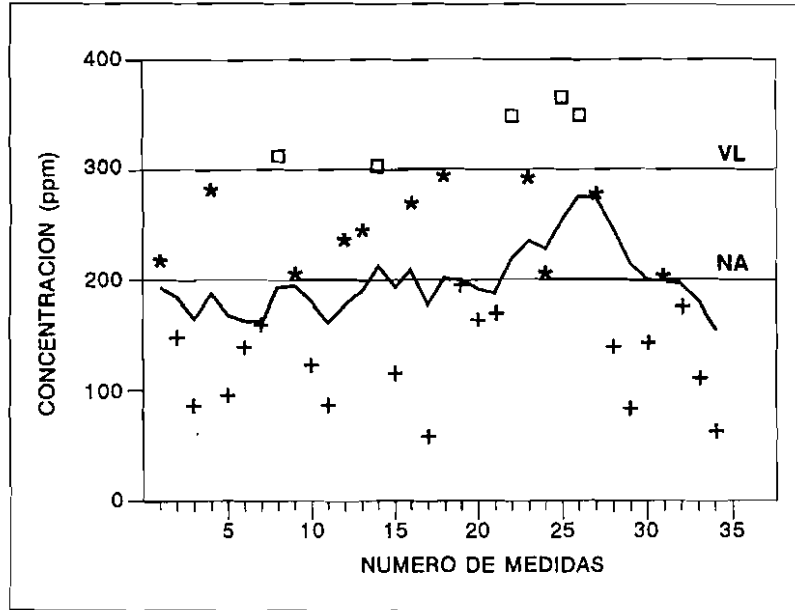


Fig. 9.. Gráfico de medias móviles

VL - VALOR LÍMITE

NA - NIVEL DE ACCIÓN

+ - Medidas por debajo del NA

* - Medidas entre el NA y el VL

□ - Medidas por encima del VL

BIBLIOGRAFIA

1. LEIDEL N.A.
Validez y representatividad de las mediciones ambientales en Higiene Industrial
II Simposium de Higiene Industrial. MAPFRE Ed. 1979, pag. 27-54. ISBN 84-7100-080-6.
2. LEIDEL N.A., BUSCH K.A., SYNELL J.R.
Occupational Exposure Sampling Strategy Manual.
U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service. Center for Disease Control. National Institute for Occupational Safety and Health. DHEW (NIOSH) Publication No 77-173.
3. OSHA
Final Rule Air Contaminants. Permissible Exposure Limits. (Title 29. Code of Federal Regulations. Part. 1910.1000)
U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 50 (1989) A-257 - A-293.
4. **Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses de l'ACGIH et de l'Allemagne.**
Cahiers de Notes Documentaires n° 144 (1991) 419 - 462.
5. TEJEDOR, J.N.
Modificación de los límites de exposición permisibles en función del tiempo de trabajo.
I Conferencia Nacional de Higiene Industrial. (AIHA España). Madrid, 4-6 Diciembre 1985, tomo I, pag. 365 - 382, ISBN 84-7425-278-4



LISTA DE ABREVIATURAS

- ACGIH** American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- C** Ceiling. (Valor) techo. Puede referirse tanto a un TLV, como a una PEL o a un OEL.
- CA** Concentración ambiental.
- EEL** Estimación de la exposición laboral.
- EP** Evaluación periódica.
- NA** Nivel de acción.
- OEL** Occupational exposure limit. Límite de exposición laboral. Término utilizado por la Comunidad Europea.
- OSHA** Occupational Safety and Health Administration.
- PEL** Permissible exposure limit. Límite de exposición permisible. Término utilizado por OSHA.
- STEL** Short term exposure limit. Límite de exposición de corta duración. Puede referirse tanto a un TLV, como a un PEL o a un OEL.
- TLV** Threshold limit value. Valor límite umbral. Término utilizado por la ACGIH.
- TWA** Time weighted average. Media ponderada en el tiempo. Puede referirse tanto a un TLV, como a un PEL o a un OEL.
- VL** Valor límite. Término utilizado en este trabajo para referirse a un valor límite en general.

