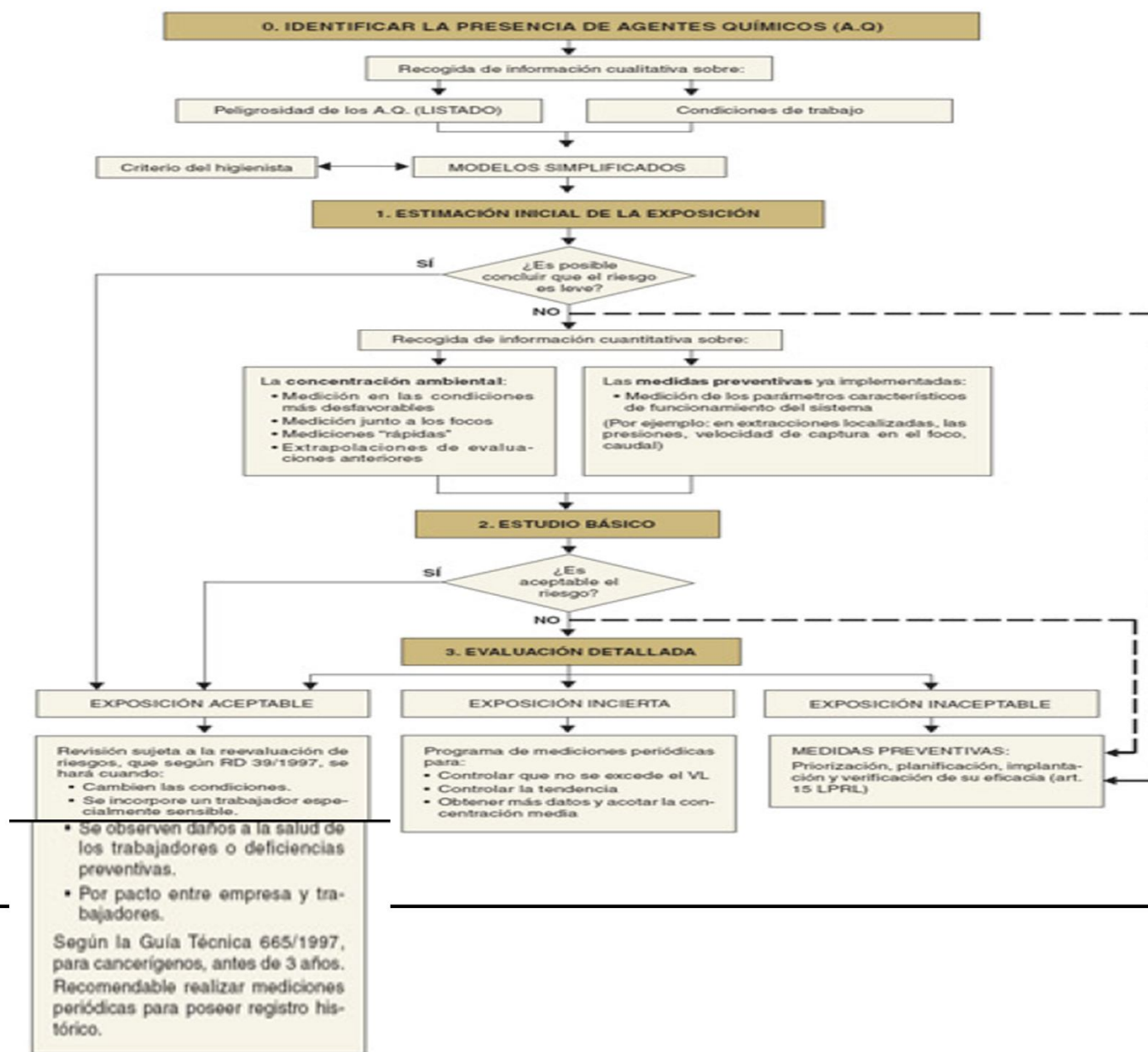




EVALUACION DE CONTAMINANTES QUIMICOS. METODOS CUANTITATIVOS (II)

**ESTRATEGIAS DE MEDICION Y EVALUACION DE
CONTAMINANTES QUIMICOS.**

Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos



Evaluación Básica

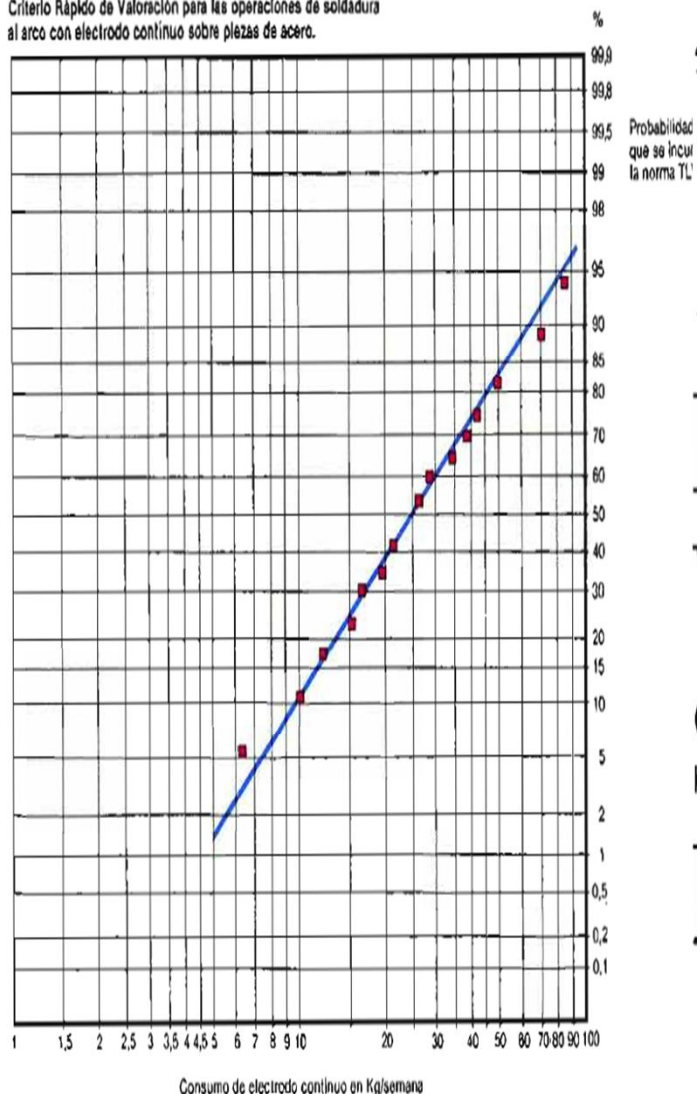
NTP 406

- **La medición de la concentración ambiental con sistemas sencillos**, como pueden ser tubos colorimétricos en las proximidades del individuo, permiten tomar decisiones cuando no es detectado el agente, así como cuando la concentración supera los valores límite, sin necesidad de mayor profundización.
- **Las mediciones en lugares muy próximos a los focos de generación** del agente permiten asumir en ocasiones que el riesgo es admisible cuando las concentraciones halladas están muy por debajo de los valores límite y lo deducido en las etapas anteriores no está en contradicción con ello.
- **Mediciones en condiciones extremas**. Si las concentraciones ambientales son claramente inferiores a los valores límite cuando las mediciones corresponden a las fases del trabajo en que se evidencie o presuma una mayor presencia del contaminante (condiciones desfavorables), indican que en el resto de la jornada tampoco se superarán dichos límites. Así mismo, concentraciones por encima de los valores límite obtenidas en las fases del trabajo donde puede esperarse menor presencia del agente, deben llevar a la conclusión que también se superarán el resto de la jornada.
- **Utilización de criterios rápidos de valoración**. Para algunos procesos muy estudiados existen criterios que ahorran en ocasiones incluso las mediciones. Es el caso de la valoración a través del número de electrodos consumidos en operaciones de soldadura eléctrica, condicionante de la concentración ambiental esperable en condiciones ambientales estandarizadas. Cuando la presencia de agentes químicos en el ambiente se debe a la evaporación de líquidos de cubas o recipientes se puede conocer el orden de magnitud de la concentración ambiental en base al gasto estimado de la sustancia líquida y la ventilación existente.
- **Comparación con datos disponibles de procesos de trabajo similares**. Cuando existen pocas dudas acerca de la magnitud del riesgo, la comparación con situaciones equivalentes que dispongan de datos fiables sobre concentraciones ambientales existentes, puede ayudar en la toma de decisiones.

Estudio Básico

Utilización de Criterios Rápidos de Valoración

Criterio Rápido de Valoración para las operaciones de soldadura
al arco con electrodo continuo sobre piezas de acero.



HIGIENE INDUSTRIAL

LOS CRITERIOS RAPIDOS DE
VALORACION HIGIENICA:
SU APLICACION A LAS OPERACIONES
DE SOLDADURA

Estudio Básico

Ejemplo Matriz de Exposición

Tabla 5. Niveles de exposición a amianto en las ocupaciones evaluadas en MatEmEsp.

CÓDIGO	CNO	Nivel de exposición (f/cm3) ¹				Periodo de evaluación ²
		Mínimo	Máximo	Media aritmética	Media geométrica	
8121	Operadores en hornos de minerales y en hornos de primera fusión de metales	0,048	0,050	0,049	0,049	2003
7611	Mecánicos y ajustadores de vehículos de motor	0,082	0,082	0,082	0,082	2002
7220	Fontaneros e instaladores de tuberías	0,021	4,156	0,490	0,127	2002-2005
7010	Encargados y jefes de equipo en obras estructurales de la construcción	<0,011	0,064	0,064	0,064	2002-2005
7293	Instaladores de material aislante térmico y de insonorización	0,085	0,714	0,348	0,265	2003-2005
7140	Otros trabajadores de las obras estructurales de construcción	<0,01	0,110	0,033	0,016	2002-2005
8220	Encargado de operadores de máquinas para fabricar productos químicos	0,110	0,110	0,110	0,110	2003
8541	Conductores de maquinaria de movimientos de tierras y equipos similares	0,028	0,028	0,028	0,028	2005
9800	Peones del transporte y descargadores	0,009	0,033	0,021	0,017	2004-2005
9700	Peones de industrias manufactureras	0,002	0,002	0,002	0,002	2005

¹ Los niveles de exposición están ponderados a 8 horas.

² Periodo de evaluación de la realización de las mediciones.

Evaluación Detallada /Cuantitativa

NTP 406

- Esta fase consiste en la investigación detallada acerca de la magnitud del riesgo derivado y de las causas que generan la exposición a agentes químicos.
- La mayoría de las veces consiste en la medición de las concentraciones ambientales en los puestos de trabajo, para lo cual deben establecerse las oportunas estrategias de medición y toma de decisiones.
- Para ello clasificaremos primero las mediciones en función del agente químico presente y en concreto según su valor límite de referencia sea un valor techo o un valor promediado en el tiempo (generalmente el correspondiente a la jornada laboral).

Exposiciones repetitivas

NTP 406

- Son aquellas en las que ciertos factores de riesgo no varían ostensiblemente de una jornada a otra pudiéndose hablar de una concentración media acotable en el puesto de trabajo y que puede compararse con los valores límite de referencia.
- Los factores de riesgo que no deben sufrir una alteración considerable entre diferentes jornadas son por ejemplo:
 - Ritmo de producción y producción total.
 - Duración de las tareas dentro del puesto de trabajo.
 - Proporción del agente en las materias primas y cantidad del agente generado.
 - Número de focos de generación del agente.
 - Eficacia de los sistemas de ventilación.

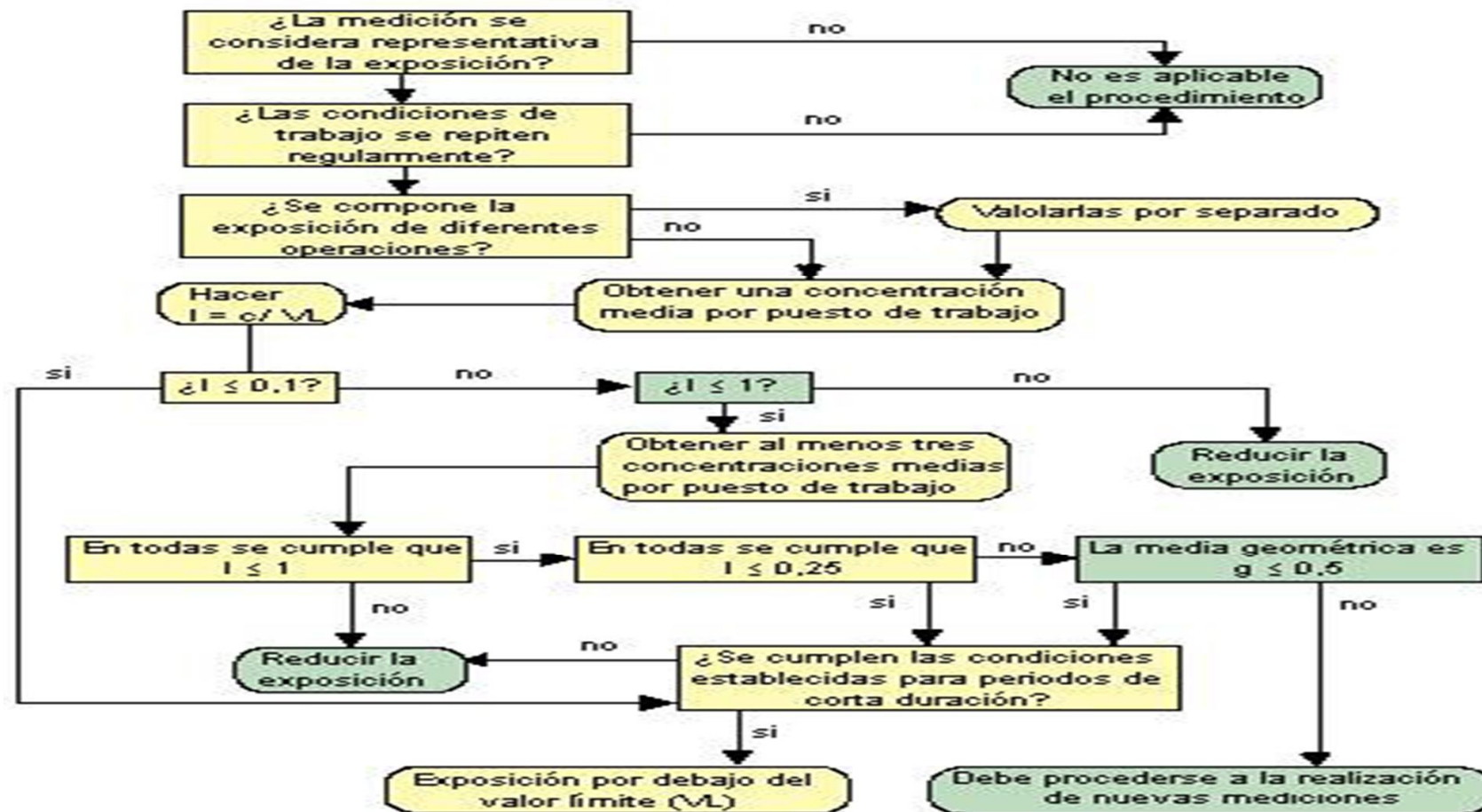
Exposiciones No repetitivas

NTP 406

- Son aquéllas en las que alguno de los factores mencionados varían de forma considerable y aleatoria de un día para otro no pudiéndose establecer ningún tipo de muestreo para estimar la concentración media. Es el caso de aquellos trabajos en los que varía la proporción del agente en la materia prima dependiendo de la demanda externa de producto final, o cuando las tareas propias del puesto de trabajo varían según las necesidades de producción. Este tipo de trabajos sólo permiten la evaluación cautelar en los focos de generación del agente, realizando muestreos o mediciones que indiquen las concentraciones ambientales en su proximidad y llevando a cabo acciones preventivas para que esas concentraciones sean lo más bajas posible (operación segura).

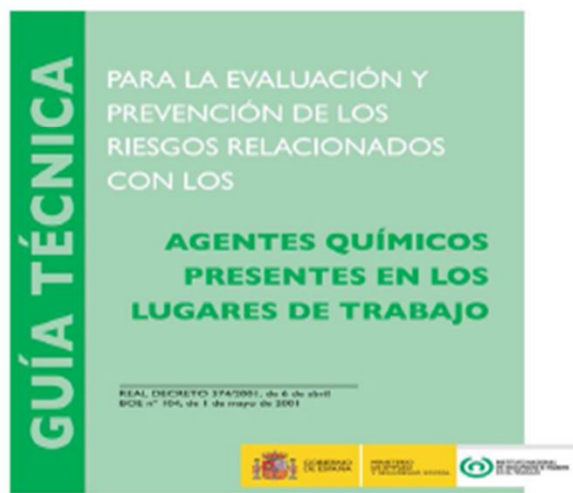
Planteamiento del Muestreo - NTP 407

Esquema de actuación según UNE-EN-689



EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EXPOSICIÓN

- La Norma UNE-EN 689:1996 desarrolla los criterios de evaluación cuando se plantea la necesidad de realizar mediciones de concentración ambiental.



Apéndice 4: Método de evaluación de la exposición a agentes químicos:

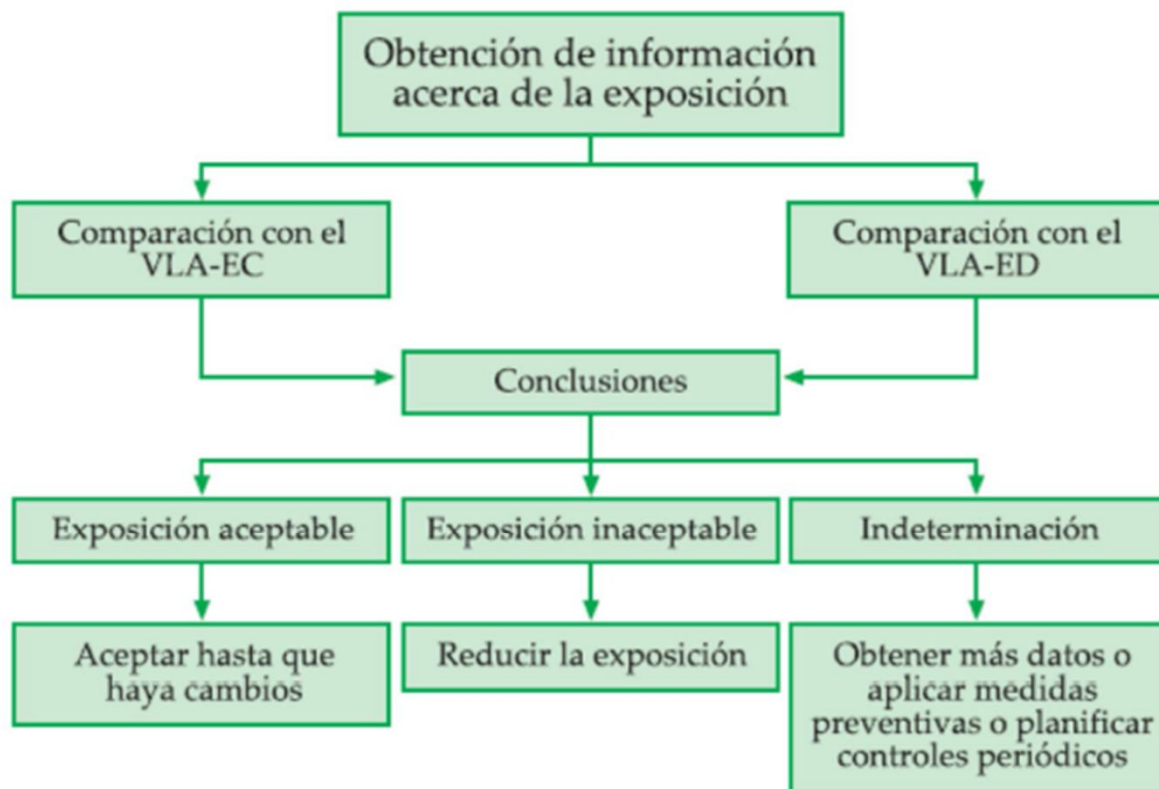
Norma UNE-EN 689:1996

- Desarrolla una metodología que recoge los criterios de evaluación cuando se dispone de datos de concentración ambiental obtenidos por medición. Se trata de dar respuesta a cuestiones como:
 - **Tiempo de duración de las mediciones**
 - **Número de mediciones**
 - **Ubicación**
 - **Número de trabajadores a muestrear**
 - **Número de jornadas**
 - **Tratamiento de los datos**
- **Conclusiones de valoración posibles**

Norma UNE-EN 689:1996

- La evaluación del riesgo por inhalación se lleva a cabo por comparación de la concentración en aire ponderada en el tiempo con el valor límite ambiental que corresponde al agente químico al que está expuesto el trabajador.
- El proceso de evaluación de la exposición por inhalación se inicia con la obtención de los datos necesarios para definir las condiciones en las que se realizará la medición de la concentración ambiental, y con la ejecución de las mediciones.
- La comparación de los resultados obtenidos con los Valores Límite ambiental, tanto los definidos para la exposición diaria (VLA-ED) como los aplicables a periodos cortos de exposición (VLA-EC), deberá permitir obtener unas conclusiones sobre la exposición, lo que conducirá a decisiones sobre la actividad preventiva a desarrollar.

Norma UNE-EN 689:1996



Norma UNE-EN 689:1996

- Para poder asegurar que una exposición respeta un valor límite de tipo VLA-ED se debe garantizar que en todas y cada una de las jornadas durante toda la vida laboral la concentración ponderada referida a un periodo de 8 horas es inferior al valor VLA-ED, pero no siempre es posible llegar a esta conclusión, ni tampoco a la contraria, basándose en los datos obtenidos en unos pocos días de medición.

CONCLUSIONES EVALUACIÓN

- EXPOSICION ACEPTABLE
 - la exposición es muy pequeña y se concluye que es prácticamente imposible superar los valores límite ahora y en el futuro
 - supone aceptar la situación tal y como está y dar por finalizada la evaluación (mientras no varíen las condiciones de exposición)

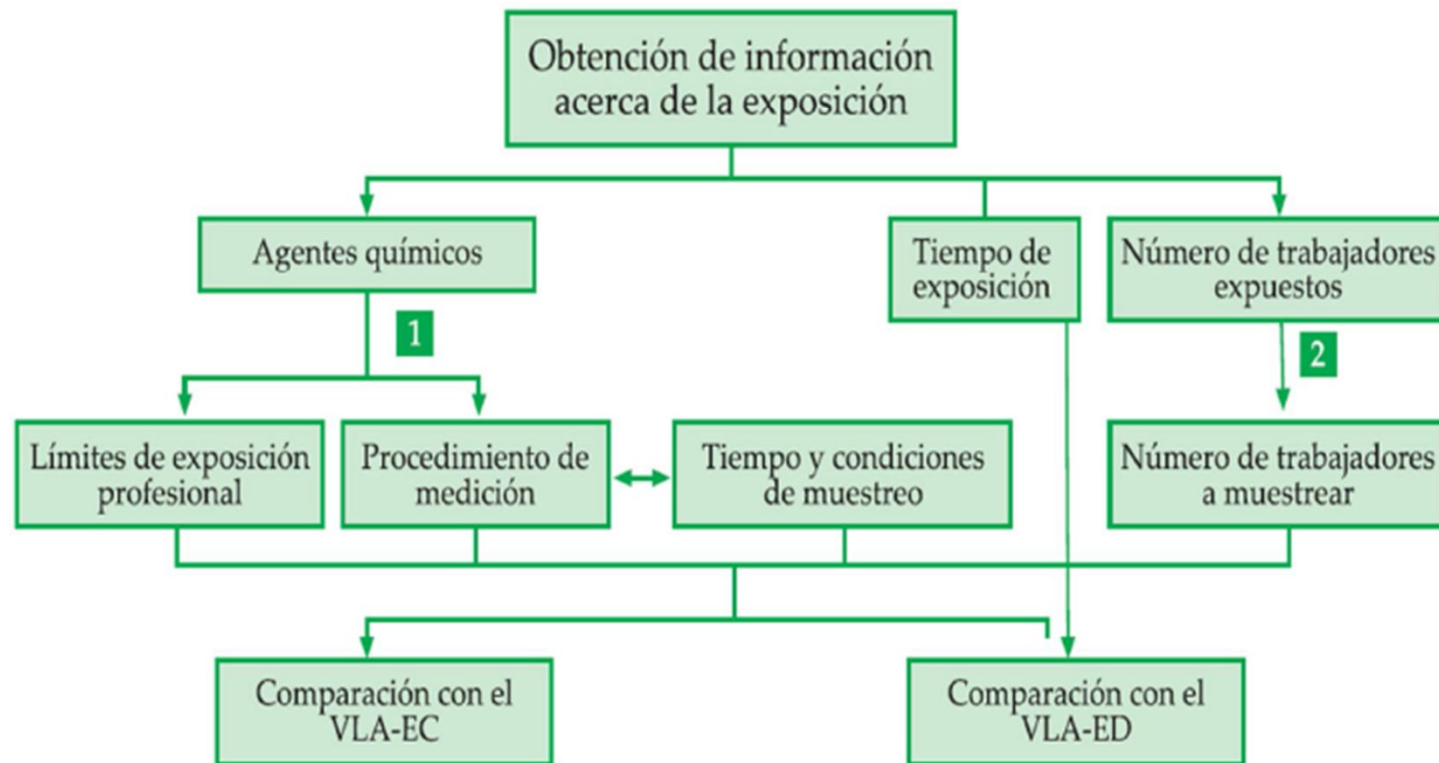
CONCLUSIONES EVALUACIÓN

- EXPOSICION INACEPTABLE
 - la exposición supera los valores límite o resulta probable que se superen en algún momento
 - son necesarias medidas preventivas

CONCLUSIONES EVALUACIÓN

- INDETERMINACION
 - la exposición no supera los valores límite pero no permiten concluir con fiabilidad aceptable si se superarán o no en el futuro
 - supone:
 - a) obtener más datos (sólo si es previsible llegar a una conclusión)
 - b) aplicar medidas preventivas (decantarse por el lado de la seguridad)
 - c) planificar controles periódicos (vigilancia de la situación)

Datos de los Agentes Químicos y Obtención de información acerca de la exposición



TIEMPO DE DURACIÓN DE LAS MUESTRAS

- Limitado por los métodos analíticos.
- Cuando la concentración esperada es pequeña, debe calcularse el tiempo mínimo de duración de la muestra a partir del límite de cuantificación:

$$\text{Tiempo muestra} \geq \text{Límite de cuantificación} / (0,1 \cdot \text{VLA-ED} \cdot \text{Caudal})$$

(min)

(μg /muestra)

($\mu\text{g/litro}$) (litros/min)

- En las muestras para comparar con el VLA-EC el muestreo debe durar 15 minutos. En este caso, el límite de cuantificación debe cumplir el requisito siguiente:

$$\text{Límite cuantificación} \leq 0,5 \cdot \text{VLA-EC} \cdot \text{Caudal} \cdot 15$$

(μg /muestra)

($\mu\text{g/litro}$) (litros/min)

Nº DE TRABAJADORES A MUESTREAR

- Un grupo de trabajadores que realizan tareas correspondientes a una misma exposición se denomina GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSICION (GHE).
- Es posible muestrear a una parte del GHE ahorrando tiempo y medios.
- Recomendaciones generales de la norma UNE-EN 689:
 - Se deben descartar como pertenecientes al GHE los trabajadores cuya concentración no esté entre la mitad y el doble de la media aritmética de los resultados del grupo.
 - Se debe muestrear un mínimo de 1 trabajador por cada 10 que constituyan el GHE.

Nº DE TRABAJADORES A MUESTREAR

- Un grupo de trabajadores que realizan tareas correspondientes a una misma exposición se denomina GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSICION (GHE).
- Es posible muestrear a una parte del GHE ahorrando tiempo y medios.
- Recomendaciones generales de la norma UNE-EN 689:
 - Se deben descartar como pertenecientes al GHE los trabajadores cuya concentración no esté entre la mitad y el doble de la media aritmética de los resultados del grupo.
 - Se debe muestrear un mínimo de 1 trabajador por cada 10 que constituyan el GHE.

Nº MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

- Según anexo A de la norma UNE-EN 689
- Válido para periodos de exposición uniformes (sin fluctuaciones importantes de concentración).
- El nº de mediciones debe representar, como mínimo, el 25 % del tiempo de exposición.
- Estadísticamente se puede reducir el nº de muestras sin perder fiabilidad.

Nº MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

Tiempo de duración de la muestra	Ejemplos de tipo de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por UNE-EN 689
10 segundos	Equipos de lectura directa. Medición puntual.	720	30
1 minuto	Tubos detectores de corta duración (tubos colorimétricos).	120	20
5 minutos	Tubos detectores de corta duración.	24	12
15 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores, etc.	8	4
30 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores, etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles.	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles.	1	1

Nº MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

- Ejemplos:
 - Muestras con tubos de carbón activo de 15 minutos de duración cada una:
 - Nº de muestras para abarcar el 25% de un tiempo de exposición de 8 h/día: 8
 - Nº de muestras recomendado por la norma: 4
 - Muestras con tubos de carbón activo de 30 minutos de duración cada una
 - Nº de muestras para abarcar el 25% de un tiempo de exposición de 8 h/día: 4
 - Nº de muestras recomendado por la norma: 3

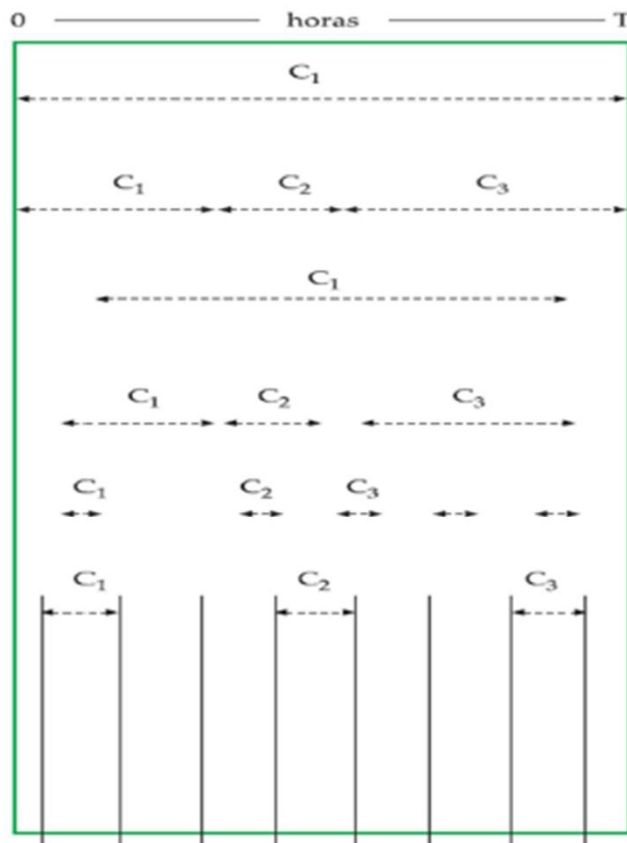
Nº MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

- Ejemplos:
 - Muestras con filtros de PVC de 1 hora de duración cada una
 - Nº de muestras para abarcar el 25% de un tiempo de exposición de 8 h/día: 2
 - Nº de muestras recomendado por la norma: 2
 - Muestras con filtros de PVC de 2 horas de duración cada una
 - Nº de muestras para abarcar el 25% de un tiempo de exposición de 8 h/día: 1
 - Nº de muestras recomendado por la norma: 1

Tipos de muestreo en una jornada de trabajo



Tipos de muestreo en una jornada de trabajo



Tipo A

$$ED = C_1 \cdot \frac{T}{8}$$

Tipo B

$$ED = \frac{C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2 + C_3 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \cdot \frac{T}{8}$$

Tipo C

$$ED = C_1 \cdot \frac{T}{8}$$

Tipo D

$$ED = \frac{C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2 + C_3 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \cdot \frac{T}{8}$$

Tipo E

ED = Estimación del valor más probable de la media y su intervalo de confianza

Tipo F

$$ED = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{N} \cdot \frac{T}{8}$$

o estimación del valor más probable de la media y su intervalo de confianza.

Muestreo tipos A,B,C y D

- Los modelos de muestreo A, B, C y D suponen obtener datos de la exposición mediante muestras representativas.
- En los casos A y B de la totalidad de la jornada (mediante una muestra o varias).
- En los C y D de una parte de la jornada (70 – 80 % de la misma) extrapolable a todo el tiempo de exposición.

Ejemplo de tipo de muestreo B:

- Se toman cuatro muestras consecutivas de polvo de talco (sin amianto) de duración 2; 1,5; 2 y 1 horas, respectivamente. Las concentraciones ambientales calculadas de los resultados de los análisis de los filtros son: 1,8 mg/m³; 0,5 mg/m³; 1,0 mg/m³; y 2,5 mg/m³. ¿Cuál es la concentración media correspondiente al periodo total de muestreo?

Suponiendo que los periodos muestreados abarcan la totalidad de la exposición a polvo de talco, ¿cuál es la concentración media ponderada referida a 8 horas?

La concentración media ponderada en el tiempo para el periodo de muestreo será:

$$C_T = \frac{[2 \cdot 1,8 + 1,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2,5]}{2 + 1,5 + 2 + 1} = 1,36 \text{ mg/m}^3$$

La concentración media ponderada referida a 8 horas (ED) será:

$$ED = \frac{[2 \cdot 1,8 + 1,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2,5]}{2 + 1,5 + 2 + 1} \cdot \frac{[2 + 1,5 + 2 + 1]}{8} = 1,12 \text{ mg/m}^3$$

Ejemplo de muestreo tipo D:

- Se toman cuatro muestras consecutivas de polvo de talco (sin amianto) de duración 2; 1,5; 2 y 1 horas, respectivamente. Las concentraciones ambientales calculadas de los resultados del análisis de los filtros son: 1,8 mg/m³, 1,5 mg/m³, 1,3 mg/m³; y 1,2 mg/m³. Suponiendo que la duración diaria de la exposición a polvo de talco sea de 7,5 horas, y que durante la hora no muestreada las condiciones de trabajo sean similares a las existentes durante el muestreo, ¿cuál es la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas?.
- En este caso la concentración media ponderada durante el periodo de exposición se calcula como:

$$C_T = \frac{[2 \cdot 1,8 + 1,5 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,3 + 1 \cdot 1,2]}{2 + 1,5 + 2 + 1} = 1,48 \text{ mg/m}^3$$

- y la concentración media ponderada referida a 8 horas (ED) será:

$$ED = 1,48 \cdot \frac{7,5}{8} = 1,39 \text{ mg/m}^3$$

Un solo muestreo en una jornada

- Si sólo se dispone de un valor de ED, este representa una sola jornada de trabajo. Considerar que el resultado obtenido en una jornada es válido para el resto de días es muy arriesgado, ya que la concentración ambiental, por repetitivo que sea el trabajo un día tras otro, puede variar mucho entre jornadas, por lo que en general es preceptivo medir en varias jornadas. Si se desea comparar el valor de ED de una jornada con el VLA-ED, se deben tener en cuenta los errores del procedimiento de medida (toma de muestra y análisis).

Un solo muestreo en una jornada

- Se puede emplear, como indicador de la dispersión de los resultados debida a los errores, la incertidumbre combinada relativa (coeficiente de variación total, CVT).

Un solo muestreo en una jornada

Compuestos, captación y análisis	Incertidumbre expandida relativa U (k=2)	CVT
Vapores orgánicos, muestreadores por aspiración, con tubos adsorbentes, análisis por cromatografía	0,27	0,13
Vapores orgánicos, muestreadores por difusión, análisis por cromatografía	0,32	0,16
Aerosoles captados en filtro, análisis por absorción atómica	0,39	0,19
Gases con tubos adsorbentes, análisis por cromatografía	0,36	0,18
Polvo, cuarzo, muestreador de fracción respirable (ciclón), análisis por difracción de rayos x	0,88	0,44

Un solo muestreo en una jornada

Se muestra a continuación, para un nivel de confianza del 90%.

Se calcula primero el índice de exposición definido como:

- $I = ED / (VLA-ED)$

Para calcular el intervalo de confianza del valor de I (es decir, determinar si se supera o no el VLA-ED en el día de la medición) se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

Un solo muestreo en una jornada

- **Caso 1.-** Cuando se dispone de una muestra representativa de todo el periodo de exposición (muestreo tipo A o C), los valores de los extremos del intervalo se calculan según las expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \cdot CV_T \quad \text{e} \quad I_{\min} = I - 1,645 \cdot CV_T$$

Estos valores se obtienen de una prueba de significación en la que la hipótesis nula es $I = 1$, y aplicando el intervalo de confianza al índice de exposición I obtenido

Un solo muestreo en una jornada)

- **Caso 2.-** Cuando se dispone de varias muestras consecutivas en el caso de exposición uniforme (muestreo tipo B o D), los valores de los extremos del intervalo se obtienen según las expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \cdot CV_T \cdot \frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$$I_{\min} = I - 1,645 \cdot CV_T \times \frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} ;$$

$$\text{si } t_1 = t_2 = \dots = t_n$$

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \cdot CV_T}{\sqrt{n}} \quad \text{e} \quad I_{\min} = I - \frac{1,645 \cdot CV_T}{\sqrt{n}}$$

Un solo muestreo en una jornada

- **Caso 3.-** Cuando se dispone de varias muestras consecutivas en exposición no uniforme:

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{t_1^2 \cdot C_1^2 + \dots + t_n^2 \cdot C_n^2}}{(VLA - ED) \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}} \quad e$$

$$I_{\min} = I - \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{t_1^2 \cdot C_1^2 + \dots + t_n^2 \cdot C_n^2}}{(VLA - ED) \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}}$$

$$\text{si } t_1 = t_2 = \dots = t_n$$

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{C_1^2 + \dots + C_n^2}}{(VLA - ED) \cdot n \cdot \sqrt{1 + CV_T^2}} \quad e$$

$$I_{\min} = I - \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{C_1^2 + \dots + C_n^2}}{(VLA - ED) \cdot n \cdot \sqrt{1 + CV_T^2}}$$

Un solo muestreo en una jornada

- Cuando $I^{\min}$ e $I^{\max}$ se sitúan por debajo y por encima de la unidad, respectivamente, significa que el error asociado al procedimiento de medida no permite obtener ninguna conclusión válida sobre si la ED del día muestreado es superior o inferior al valor VLA-ED.
- Cuando se dispone de datos de más de una jornada, el tratamiento estadístico engloba ya los errores del muestreo y análisis de las muestras. La distribución estadística de los errores del procedimiento de medida queda integrada en la distribución global de los datos.

Muestreo tipo E

- El modelo de muestreo E se basa en muestras de igual duración repartidas de forma aleatoria durante la jornada laboral. Es necesario un tratamiento estadístico para estimar el valor más probable de la exposición

Muestreo tipo E

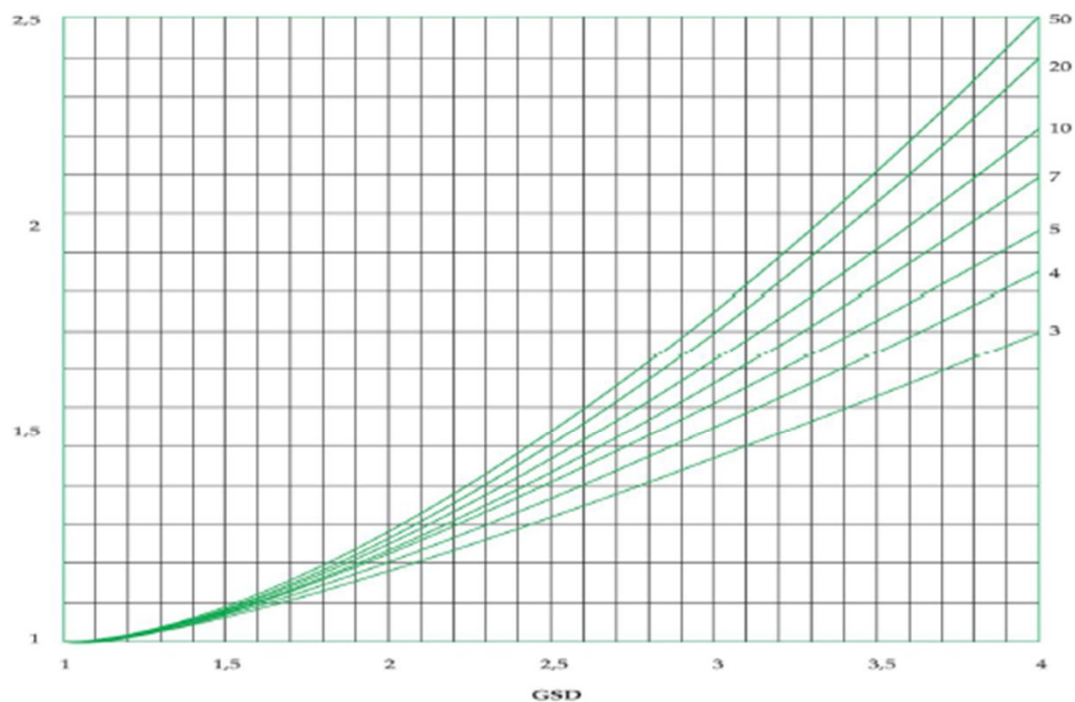
- Hallar la media geométrica (MG) de los logaritmos neperianos de las concentraciones (Li) de las n muestras: $MG = e^{(\sum Li) / n}$
- Calcular la estimación de la desviación estándar (S_L):

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}}$$

- Desviación estándar geométrica: $GSD = e^{S_L}$

Muestreo tipo E

- ♦ Hallar el valor de la función Φ gráficamente.



Muestreo tipo E

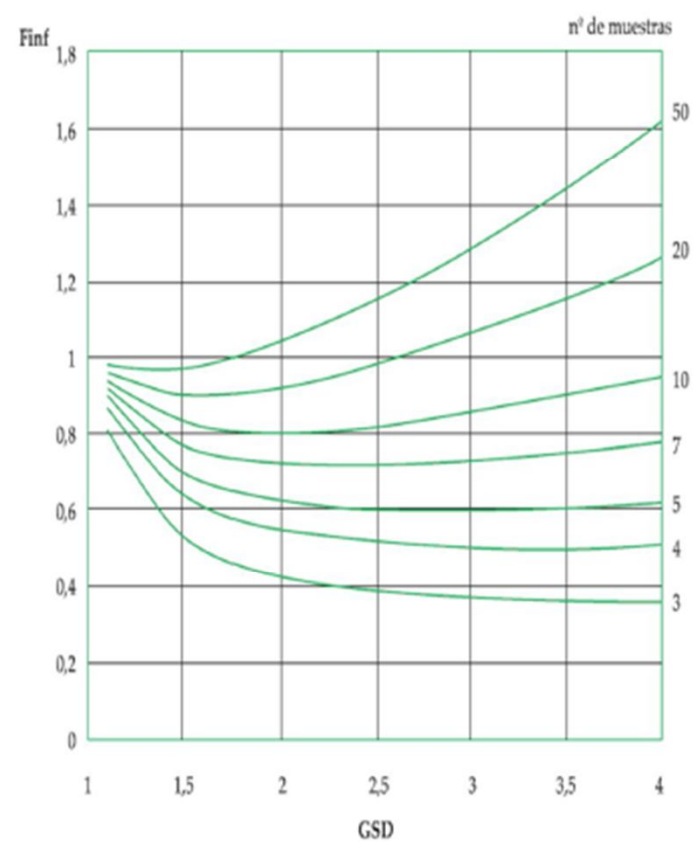
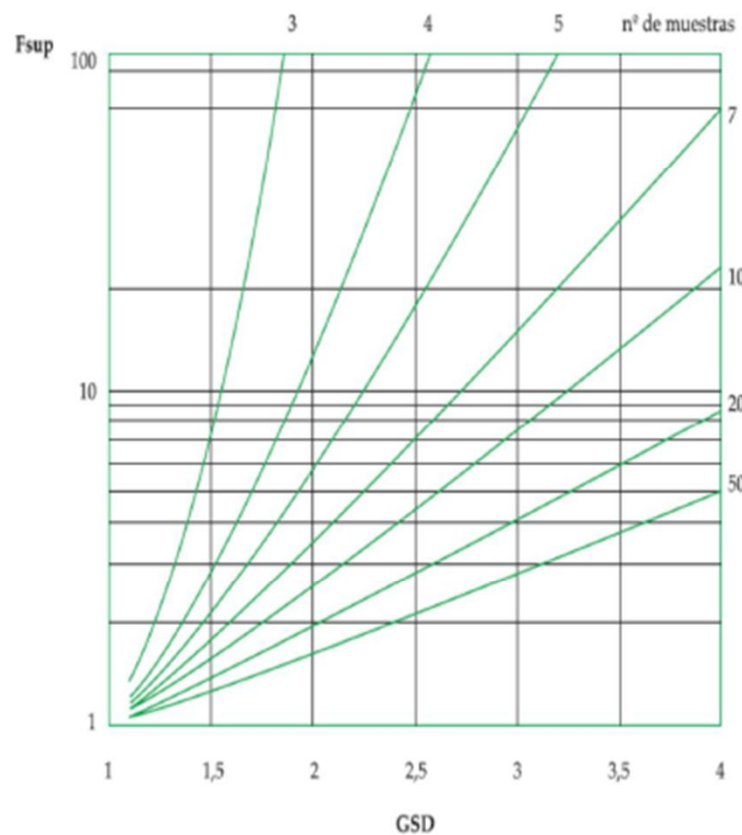
- El valor más probable de la media de la concentración es entonces: $MG \cdot \Phi$
- ♦ A continuación se determina el intervalo de confianza de este valor para un nivel de confianza del 95 %:

$$C_{sup} = MG \cdot F_{sup}$$

$$C_{inf} = MG \cdot F_{inf}$$

donde F_{sup} y F_{inf} se obtienen gráficamente.

Muestreo tipo E



Muestreo tipo E

- Nos dice entre que valores se encuentra el verdadero valor de la media. Si este intervalo es muy amplio puede no ser posible llegar a ninguna conclusión, por lo que se deben planificar otro tipo de muestreos o aumentar el número de muestras.
- También se puede aplicar esta sistemática a los muestreos tipo B o D cuando las muestras son de aproximadamente la misma duración.

Muestreo tipo F

- En el modelo F se muestrean ciclos de trabajo. El periodo de muestreo debe abarcar ciclos completos.
- $ED = [(C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) / N] \cdot [T / 8]$

Ejemplo de muestreo tipo F:

- Las tareas propias de un puesto de trabajo en el que hay generación de estireno monómero se repiten cíclicamente de forma que cada ciclo consta de tres operaciones, que duran 10, 12 y 8 minutos, respectivamente, por lo que el ciclo dura 30 minutos. Se han muestreado tres ciclos completos aleatoriamente elegidos, utilizando tubos de carbón activo de 150 mg para cada operación diferente de cada ciclo muestreado. Los resultados son los siguientes:

CICLO	Operación-1 $T_1 = 10 \text{ min}$	Operación-2 $T_2 = 12 \text{ min}$	Operación-3 $T_3 = 8 \text{ min}$
A	10 ppm	20 ppm	15 ppm
B	12 ppm	17 ppm	16 ppm
C	15 ppm	22 ppm	20 ppm

- ¿Cuál es la concentración media correspondiente a la exposición de la jornada?

Resolución Ejemplo de muestreo tipo F:

- Se supone que la concentración media ponderada durante toda la jornada es igual a la concentración media ponderada del ciclo (C^c). Como se dispone de resultados de tres ciclos, la concentración media de la jornada se calcula como la media de las concentraciones de los tres ciclos. Las concentraciones medias ponderadas de los tres ciclos serán:

$$C_{c-A} = (10 \cdot 10 + 12 \cdot 20 + 8 \cdot 15) / 30 = 15,3 \text{ ppm}$$

$$C_{c-B} = (10 \cdot 12 + 12 \cdot 17 + 8 \cdot 16) / 30 = 15,1 \text{ ppm}$$

$$C_{c-C} = (10 \cdot 15 + 12 \cdot 22 + 8 \cdot 20) / 30 = 19,1 \text{ ppm}$$

- La concentración media de la exposición se calcula como sigue:

$$C_T = (15,3 + 15,1 + 19,1) / 3 = 16,4 \text{ ppm}$$

- Este valor se debe multiplicar por el factor $T/8$ para determinar el valor de ED, donde T es el tiempo de exposición total durante la jornada.

ESTRATEGIA PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN UNE-EN 689

**PAUTAS PARA LAS CONCLUSIONES
ACERCA DE LA EVALUACION POR
EXPOSICION POR VIA INHALATORIA A
CONTAMINANTES QUIMICOS**

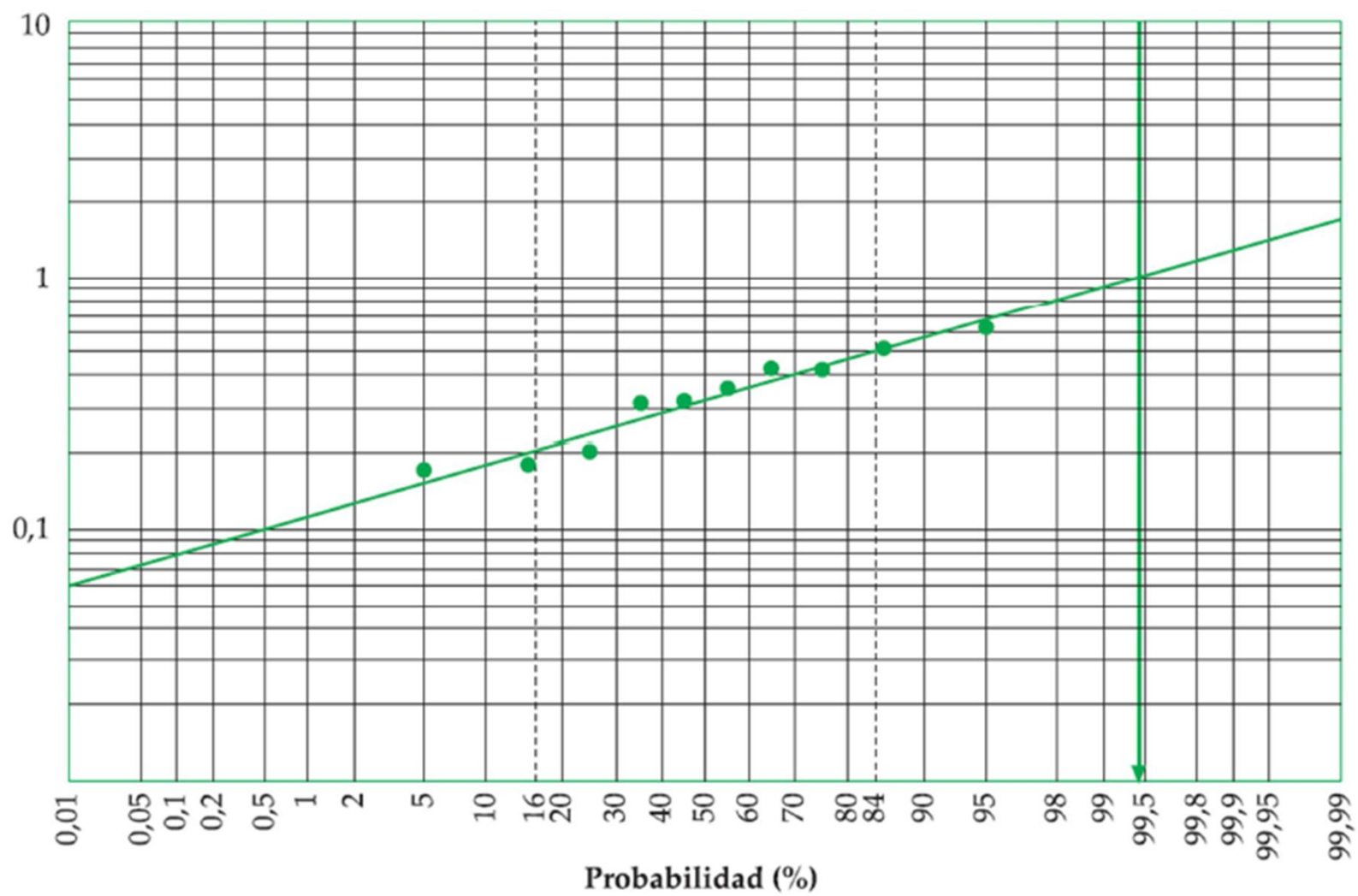
VALORACIÓN ED A PARTIR DE UN PEQUEÑO Nº DE MUESTRAS (Jornadas Muestreadas < 6)

- Basado en anexo C de UNE 689
 - Índice de exposición $I_1 = ED / VLA-ED$
 - $I_1 \leq 0,1$ EXPOSICION ACEPTABLE
 - $I_1 > 1$ EXPOSICION INACEPTABLE
 - $0,1 < I_1 < 1$ INDETERMINACION (Dos Indices más I_2 e I_3)
 - I_1, I_2 e $I_3 \leq 0,25$ EXPOSICION ACEPTABLE
 - I_1, I_2 o $I_3 > 1$ EXPOSICION INACEPTABLE
 - $0,25 < I_1, I_2$ e $I_3 < 1$ Media geométrica:
 - » $MG < 0,5$ EXPOSICION ACEPTABLE
 - » $MG > 0,5$ INDETERMINACION
- a) Un índice más I_4 y repetir el proceso
b) Aplicar medidas preventivas
c) Planificar controles periódicos

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

VALORACIÓN ED A PARTIR DE UN GRAN Nº DE MUESTRAS (Jornadas Muestreadas > 6)

- Basado en anexo D de UNE 689, suponiendo que los resultados se ajustan a una recta en una distribución logarítmico-normal .
- Procedimiento método gráfico:
 - Se ordenan los N datos de ED o I de menor a mayor asignándoles el ordinal n empezando por 1.
 - Gráfico logarítmico:
 - Eje X: % probabilidad = $(n - 0,5) \cdot 100 / N$
 - Eje Y: ED_i ó Índices de exposición para efectos aditivos
 - Se ajusta la recta en el gráfico.



VALORACIÓN ED A PARTIR DE UN GRAN N° DE MUESTRAS (Jornadas Muestreadas > 6)

- Probabilidad de no superar el valor límite en cualquier jornada de trabajo (P): valor sobre X del punto de corte de la recta horizontal del VLA-ED y la recta ajustada.
- La media geométrica de las ED es el valor de la recta correspondiente a $P = 50\%$.
- La desviación estándar geométrica (GSD) se obtiene de la división del valor de la recta correspondiente a $P = 84\%$ por el correspondiente a $P=50\%$.
- Si $(100 - P) < 0,1\%$ EXPOSICION ACEPTABLE
- Si $0,1\% < (100 - P) < 5\%$ INDETERMINACION
- Si $(100 - P) > 5\%$ EXPOSICION INACEPTABLE

VALORACIÓN ED A PARTIR DE UN GRAN N° DE MUESTRAS (Jornadas Muestreadas > 6)

Procedimiento método analítico:

- Hallar el logaritmo neperiano de la media geométrica (MG) siendo $MG = e^{(\sum Li) / n}$ donde Li son los logaritmos neperianos de las ED o los l.
- Calcular el logaritmo neperiano de la desviación estándar geométrica (GSD) siendo

$$Ln(GSD) = \sqrt{\sum [(\ln(MG) - L_i)]^2 / (n - 1)}$$

- Con estos valores se calcula el estadístico

$$Z = [\ln(VLA-ED) - \ln(MG)] / [\ln(GSD)]$$

VALORACIÓN ED A PARTIR DE UN GRAN N° DE MUESTRAS (Jornadas Muestreadas > 6)

- Buscar en la tabla de la distribución normal estándar la probabilidad acumulada : p en función de Z . Representa la probabilidad en tanto por uno de no superar el VLA-ED en cualquier día de muestreo.
- Las conclusiones son las mismas que en el método gráfico (pasar p a %).

TABLA 5 a). Distribución normal estándar

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma}; \quad p = \text{probabilidad acumulada}$$

Z	P	Z	P	Z	P	Z	P	Z	P	Z	P	Z	P
3,49	0,9998	2,99	0,9986	2,49	0,9936	1,99	0,9767	1,49	0,9319	0,99	0,8389	0,49	0,6879
3,48	0,9997	2,98	0,9986	2,48	0,9934	1,98	0,9761	1,48	0,9306	0,98	0,8365	0,48	0,6844
3,47	0,9997	2,97	0,9985	2,47	0,9932	1,97	0,9756	1,47	0,9292	0,97	0,8340	0,47	0,6808
3,46	0,9997	2,96	0,9985	2,46	0,9931	1,96	0,9750	1,46	0,9279	0,96	0,8315	0,46	0,6772
3,45	0,9997	2,95	0,9984	2,45	0,9929	1,95	0,9744	1,45	0,9265	0,95	0,8289	0,45	0,6736
3,44	0,9997	2,94	0,9984	2,44	0,9927	1,94	0,9738	1,44	0,9251	0,94	0,8264	0,44	0,6700
3,43	0,9997	2,93	0,9983	2,43	0,9925	1,93	0,9732	1,43	0,9236	0,93	0,8238	0,43	0,6664
3,42	0,9997	2,92	0,9982	2,42	0,9922	1,92	0,9726	1,42	0,9222	0,92	0,8212	0,42	0,6628
3,41	0,9997	2,91	0,9982	2,41	0,9920	1,91	0,9719	1,41	0,9207	0,91	0,8186	0,41	0,6591
3,4	0,9997	2,9	0,9981	2,4	0,9918	1,9	0,9713	1,4	0,9192	0,9	0,8159	0,4	0,6554
3,39	0,9997	2,89	0,9981	2,39	0,9916	1,89	0,9706	1,39	0,9177	0,89	0,8133	0,39	0,6517
3,38	0,9996	2,88	0,9980	2,38	0,9913	1,88	0,9699	1,38	0,9162	0,88	0,8106	0,38	0,6480
3,37	0,9996	2,87	0,9979	2,37	0,9911	1,87	0,9693	1,37	0,9147	0,87	0,8078	0,37	0,6443
3,36	0,9996	2,86	0,9979	2,36	0,9909	1,86	0,9686	1,36	0,9131	0,86	0,8051	0,36	0,6406
3,35	0,9996	2,85	0,9978	2,35	0,9906	1,85	0,9678	1,35	0,9115	0,85	0,8023	0,35	0,6368
3,34	0,9996	2,84	0,9977	2,34	0,9904	1,84	0,9671	1,34	0,9099	0,84	0,7995	0,34	0,6331
3,33	0,9996	2,83	0,9977	2,33	0,9901	1,83	0,9664	1,33	0,9082	0,83	0,7967	0,33	0,6293
3,32	0,9995	2,82	0,9976	2,32	0,9898	1,82	0,9656	1,32	0,9066	0,82	0,7939	0,32	0,6255
3,31	0,9995	2,81	0,9975	2,31	0,9896	1,81	0,9649	1,31	0,9049	0,81	0,7910	0,31	0,6217
3,3	0,9995	2,8	0,9974	2,3	0,9893	1,8	0,9641	1,3	0,9032	0,8	0,7881	0,3	0,6179
3,29	0,9995	2,79	0,9974	2,29	0,9890	1,79	0,9633	1,29	0,9015	0,79	0,7852	0,29	0,6141
3,28	0,9995	2,78	0,9973	2,28	0,9887	1,78	0,9625	1,28	0,8997	0,78	0,7823	0,28	0,6103
3,27	0,9995	2,77	0,9972	2,27	0,9884	1,77	0,9616	1,27	0,8980	0,77	0,7794	0,27	0,6064
3,26	0,9994	2,76	0,9971	2,26	0,9881	1,76	0,9608	1,26	0,8962	0,76	0,7764	0,26	0,6026
3,25	0,9994	2,75	0,9970	2,25	0,9878	1,75	0,9599	1,25	0,8944	0,75	0,7734	0,25	0,5987
3,24	0,9994	2,74	0,9969	2,24	0,9875	1,74	0,9591	1,24	0,8925	0,74	0,7704	0,24	0,5948
3,23	0,9994	2,73	0,9968	2,23	0,9871	1,73	0,9582	1,23	0,8907	0,73	0,7673	0,23	0,5910
3,22	0,9994	2,72	0,9967	2,22	0,9868	1,72	0,9573	1,22	0,8888	0,72	0,7642	0,22	0,5871
3,21	0,9993	2,71	0,9966	2,21	0,9864	1,71	0,9564	1,21	0,8869	0,71	0,7611	0,21	0,5832
3,2	0,9993	2,7	0,9965	2,2	0,9861	1,7	0,9554	1,2	0,8849	0,7	0,7580	0,2	0,5793
3,19	0,9993	2,69	0,9964	2,19	0,9857	1,69	0,9545	1,19	0,8830	0,69	0,7549	0,19	0,5753
3,18	0,9993	2,68	0,9963	2,18	0,9854	1,68	0,9535	1,18	0,8810	0,68	0,7517	0,18	0,5714
3,17	0,9992	2,67	0,9962	2,17	0,9850	1,67	0,9525	1,17	0,8790	0,67	0,7486	0,17	0,5675
3,16	0,9992	2,66	0,9961	2,16	0,9846	1,66	0,9515	1,16	0,8770	0,66	0,7454	0,16	0,5636

VALORACIÓN ED A PARTIR DE UN GRAN N° DE MUESTRAS (Jornadas Muestreadas > 6)

- Las conclusiones son las mismas que en el método gráfico (pasar **p** a %).

VALORACION CON VLA-EC

Comparación con
VLA-EC

8

Determinar el nº de
periodos de 15 minutos
de máxima exposición



Seleccionar
aleatoriamente el nº de
periodos a muestrear



Resultados del muestreo
EC



Probabilidad de superar
el VLA-EC en periodos
no muestreados



Conclusiones

VALORACIÓN EC: PROBLEMÁTICA

- El muestreo debe durar 15 minutos.
- El VLA-EC no se debe superar en ningún periodo de 15 minutos.
- En una jornada de 8 horas existen 32 periodos de 15 minutos consecutivos.
- Si se consideran los periodos solapados, el número es muy elevado (p. ej. de minuto en minuto habría 480 periodos de 15 minutos cada uno; de 5 en 5 minutos serían 96 periodos; etc.).

Valoración EC: Problemática

- Cuando se pueda identificar el periodo de mayor exposición, $EC^{m\acute{a}x}$, el procedimiento de decisión será:
 1. Si $(EC^{m\acute{a}x} / VLA-EC) \leq 0,5$: la exposición se considera aceptable.
 2. Si $0,5 < (EC^{m\acute{a}x} / VLA-EC) \leq 1$: no es posible alcanzar una conclusión sobre la exposición. Pueden adoptarse medidas preventivas o realizar mediciones periódicas.
 3. Si $(EC^{m\acute{a}x} / VLA-EC) > 1$: la exposición es inaceptable.

Valoración EC: Problemática

- Como la seguridad de que se ha muestreado el “peor” periodo de 15 minutos no es total, se puede recurrir a la estadística y estimar la probabilidad de que se supere el valor de VLA-EC en alguno de los periodos no muestreados.
- Se trata de establecer un criterio de decisión (**exposición aceptable, inaceptable o indeterminada**) a partir de un cierto valor de probabilidad.

Valoración EC: Problemática

- **Muestrear algunos de los periodos de máxima exposición de forma aleatoria (según tabla de números aleatorios)**
- **Hallar sus índices de exposición:**

$$I_i = Ec_i / VLA-EC_i$$

TABLA 3.

Números aleatorios. En el ejemplo se desean muestrear 5 periodos de un total de 12, de la jornada (o 5 días de un total de 12) que previamente hemos numerado. Comenzando al azar por el 73, se seleccionan los menores de 13 siguiendo verticalmente la columna y continuando por la siguiente. (2, 3, 7, 9 y 12)

22	35	00	34	63	67	5	19	7	3	83	92	81	66	75	71	6	76	77	44	23	81	75	17	91
13	29	17	67	15	81	15	7	51	15	63	76	98	97	70	92	71	71	81	2	48	16	85	99	74
94	34	39	70	37	35	20	32	67	70	1	66	13	39	66	92	98	42	20	72	92	18	43	22	46
43	73	59	97	87	71	91	0	55	18	87	41	90	76	2	29	25	15	43	68	46	83	92	73	42
74	1	50	6	73	60	95	33	77	3	33	84	83	80	6	47	55	71	19	80	19	56	33	66	83
1	27	6	74	32	9	5	40	92	29	16	6	92	98	14	62	55	33	5	84	19	2	9	30	13
37	16	48	66	12	94	61	60	78	25	99	20	12	95	78	61	10	92	67	36	79	31	62	61	46
53	44	23	45	25	96	65	43	27	36	57	44	85	94	32	70	69	63	82	57	91	26	33	80	63
2	15	38	47	24	65	14	35	67	39	87	12	76	12	74	89	7	9	23	84	45	30	79	77	11
18	81	53	47	3	37	36	29	43	8	44	17	28	14	41	25	46	88	60	16	83	72	37	90	97
58	22	24	16	79	79	31	77	31	72	17	37	16	22	32	57	4	20	36	28	70	34	74	45	52
3	69	54	72	25	68	62	86	87	80	57	62	69	73	76	96	65	63	50	22	90	1	80	82	55
65	68	68	77	96	90	5	48	3	46	88	29	1	16	3	41	77	71	57	95	31	92	8	56	11
45	27	2	60	38	38	79	88	37	7	43	24	68	87	26	12	53	55	88	62	8	12	74	3	90
3	46	38	44	99	85	67	64	64	34	83	40	13	18	0	63	24	70	75	4	13	15	67	24	69
84	32	73	12	80	28	48	62	43	33	41	57	45	13	47	79	84	89	96	18	65	94	12	58	7
23	45	16	27	92	1	87	48	76	57	34	89	82	90	30	84	26	42	96	92	12	4	6	7	14
37	61	16	54	7	84	73	8	76	41	24	11	37	84	82	9	98	22	91	4	55	73	12	21	77
69	52	99	18	40	8	14	13	82	3	76	50	55	77	22	46	4	40	11	0	84	85	38	15	58
60	82	90	00	37	83	69	38	74	60	21	9	85	22	47	60	66	0	70	85	34	96	84	54	92
85	91	82	60	80	19	6	78	69	53	98	35	88	83	25	96	74	64	90	39	16	86	85	58	69
78	16	51	4	83	13	17	49	7	25	15	23	31	11	25	8	63	54	86	78	82	59	72	7	6
59	43	36	97	39	96	60	3	56	14	94	90	40	72	75	50	45	67	93	62	45	64	11	80	65
49	52	11	83	82	72	44	24	30	90	82	87	99	66	70	50	42	31	66	69	56	66	00	1	26
23	89	20	42	27	54	22	94	46	41	93	14	14	32	50	82	56	9	26	14	74	18	22	29	69
10	78	80	87	28	15	52	2	46	66	89	00	20	40	83	56	4	67	15	1	29	57	91	50	00
21	95	44	42	84	43	24	75	10	85	16	30	37	32	28	2	65	75	90	28	69	35	48	66	42
38	43	79	84	83	14	36	44	19	59	77	64	51	44	84	47	85	79	35	93	85	76	81	29	60
97	26	43	55	29	56	5	60	33	63	89	55	95	22	44	31	7	47	68	55	90	99	76	89	68
68	27	57	8	87	35	5	22	9	50	77	38	1	37	78	4	49	67	34	42	9	66	97	10	59
0	58	99	17	2	84	33	87	92	32	82	27	71	36	31	1	90	24	79	86	13	87	86	44	99
29	24	89	25	68	70	51	21	35	17	68	80	33	38	65	65	50	50	45	59	41	22	58	70	79

VALORACIÓN EC: PROBLEMÁTICA

- Si algún $I_i > 1$ EXPOSICION INACEPTABLE
- Si todos $I_i < 1$:
 - Calcular la media aritmética de los logaritmos (decimal o natural) de los I_i :
$$L = (\sum \log I_i) / n$$
 - Hallar la desviación estándar de la distribución normal de los log de los I_i :

$$\sigma = \sqrt{\sum (L - \log I_i)^2 / (i - 1)}$$

- Buscar en la tabla de la distribución normal estándar la probabilidad acumulada : p en función de $Z = L / \sigma$

TABLA 5 a). Distribución normal estándar

$$Z = \frac{\bar{L} - \mu}{\sigma}; \quad p = \text{probabilidad acumulada}$$

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
3,49	0,9998	2,99	0,9986	2,49	0,9936	1,99	0,9767	1,49	0,9319	0,99	0,8389	0,49	0,6879
3,48	0,9997	2,98	0,9986	2,48	0,9934	1,98	0,9761	1,48	0,9306	0,98	0,8365	0,48	0,6844
3,47	0,9997	2,97	0,9985	2,47	0,9932	1,97	0,9756	1,47	0,9292	0,97	0,8340	0,47	0,6808
3,46	0,9997	2,96	0,9985	2,46	0,9931	1,96	0,9750	1,46	0,9279	0,96	0,8315	0,46	0,6772
3,45	0,9997	2,95	0,9984	2,45	0,9929	1,95	0,9744	1,45	0,9265	0,95	0,8289	0,45	0,6736
3,44	0,9997	2,94	0,9984	2,44	0,9927	1,94	0,9738	1,44	0,9251	0,94	0,8264	0,44	0,6700
3,43	0,9997	2,93	0,9983	2,43	0,9925	1,93	0,9732	1,43	0,9236	0,93	0,8238	0,43	0,6664
3,42	0,9997	2,92	0,9982	2,42	0,9922	1,92	0,9726	1,42	0,9222	0,92	0,8212	0,42	0,6628
3,41	0,9997	2,91	0,9982	2,41	0,9920	1,91	0,9719	1,41	0,9207	0,91	0,8186	0,41	0,6591
3,4	0,9997	2,9	0,9981	2,4	0,9918	1,9	0,9713	1,4	0,9192	0,9	0,8159	0,4	0,6554
3,39	0,9997	2,89	0,9981	2,39	0,9916	1,89	0,9706	1,39	0,9177	0,89	0,8133	0,39	0,6517
3,38	0,9996	2,88	0,9980	2,38	0,9913	1,88	0,9699	1,38	0,9162	0,88	0,8106	0,38	0,6480
3,37	0,9996	2,87	0,9979	2,37	0,9911	1,87	0,9693	1,37	0,9147	0,87	0,8078	0,37	0,6443
3,36	0,9996	2,86	0,9979	2,36	0,9909	1,86	0,9686	1,36	0,9131	0,86	0,8051	0,36	0,6406
3,35	0,9996	2,85	0,9978	2,35	0,9906	1,85	0,9678	1,35	0,9115	0,85	0,8023	0,35	0,6368
3,34	0,9996	2,84	0,9977	2,34	0,9904	1,84	0,9671	1,34	0,9099	0,84	0,7995	0,34	0,6331
3,33	0,9996	2,83	0,9977	2,33	0,9901	1,83	0,9664	1,33	0,9082	0,83	0,7967	0,33	0,6293
3,32	0,9995	2,82	0,9976	2,32	0,9898	1,82	0,9656	1,32	0,9066	0,82	0,7939	0,32	0,6255
3,31	0,9995	2,81	0,9975	2,31	0,9896	1,81	0,9649	1,31	0,9049	0,81	0,7910	0,31	0,6217
3,3	0,9995	2,8	0,9974	2,3	0,9893	1,8	0,9641	1,3	0,9032	0,8	0,7881	0,3	0,6179
3,29	0,9995	2,79	0,9974	2,29	0,9890	1,79	0,9633	1,29	0,9015	0,79	0,7852	0,29	0,6141
3,28	0,9995	2,78	0,9973	2,28	0,9887	1,78	0,9625	1,28	0,8997	0,78	0,7823	0,28	0,6103
3,27	0,9995	2,77	0,9972	2,27	0,9884	1,77	0,9616	1,27	0,8980	0,77	0,7794	0,27	0,6064
3,26	0,9994	2,76	0,9971	2,26	0,9881	1,76	0,9608	1,26	0,8962	0,76	0,7764	0,26	0,6026
3,25	0,9994	2,75	0,9970	2,25	0,9878	1,75	0,9599	1,25	0,8944	0,75	0,7734	0,25	0,5987
3,24	0,9994	2,74	0,9969	2,24	0,9875	1,74	0,9591	1,24	0,8925	0,74	0,7704	0,24	0,5948
3,23	0,9994	2,73	0,9968	2,23	0,9871	1,73	0,9582	1,23	0,8907	0,73	0,7673	0,23	0,5910
3,22	0,9994	2,72	0,9967	2,22	0,9868	1,72	0,9573	1,22	0,8888	0,72	0,7642	0,22	0,5871
3,21	0,9993	2,71	0,9966	2,21	0,9864	1,71	0,9564	1,21	0,8869	0,71	0,7611	0,21	0,5832
3,2	0,9993	2,7	0,9965	2,2	0,9861	1,7	0,9554	1,2	0,8849	0,7	0,7580	0,2	0,5793
3,19	0,9993	2,69	0,9964	2,19	0,9857	1,69	0,9545	1,19	0,8830	0,69	0,7549	0,19	0,5753
3,18	0,9993	2,68	0,9963	2,18	0,9854	1,68	0,9535	1,18	0,8810	0,68	0,7517	0,18	0,5714
3,17	0,9992	2,67	0,9962	2,17	0,9850	1,67	0,9525	1,17	0,8790	0,67	0,7486	0,17	0,5675
3,16	0,9992	2,66	0,9961	2,16	0,9846	1,66	0,9515	1,16	0,8770	0,66	0,7454	0,16	0,5636

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
3,15	0,9992	2,65	0,9960	2,15	0,9842	1,65	0,9505	1,15	0,8749	0,65	0,7422	0,15	0,5596
3,14	0,9992	2,64	0,9959	2,14	0,9838	1,64	0,9495	1,14	0,8729	0,64	0,7389	0,14	0,5557
3,13	0,9991	2,63	0,9957	2,13	0,9834	1,63	0,9484	1,13	0,8708	0,63	0,7357	0,13	0,5517
3,12	0,9991	2,62	0,9956	2,12	0,9830	1,62	0,9474	1,12	0,8686	0,62	0,7324	0,12	0,5478
3,11	0,9991	2,61	0,9955	2,11	0,9826	1,61	0,9463	1,11	0,8665	0,61	0,7291	0,11	0,5438
3,1	0,9990	2,6	0,9953	2,1	0,9821	1,6	0,9452	1,1	0,8643	0,6	0,7257	0,1	0,5398
3,09	0,9990	2,59	0,9952	2,09	0,9817	1,59	0,9441	1,09	0,8621	0,59	0,7224	0,09	0,5359
3,08	0,9990	2,58	0,9951	2,08	0,9812	1,58	0,9429	1,08	0,8599	0,58	0,7190	0,08	0,5319
3,07	0,9989	2,57	0,9949	2,07	0,9808	1,57	0,9418	1,07	0,8577	0,57	0,7157	0,07	0,5279
3,06	0,9989	2,56	0,9948	2,06	0,9803	1,56	0,9406	1,06	0,8554	0,56	0,7123	0,06	0,5239
3,05	0,9989	2,55	0,9946	2,05	0,9798	1,55	0,9394	1,05	0,8531	0,55	0,7088	0,05	0,5199
3,04	0,9988	2,54	0,9945	2,04	0,9793	1,54	0,9382	1,04	0,8508	0,54	0,7054	0,04	0,5160
3,03	0,9988	2,53	0,9943	2,03	0,9788	1,53	0,9370	1,03	0,8485	0,53	0,7019	0,03	0,5120
3,02	0,9987	2,52	0,9941	2,02	0,9783	1,52	0,9357	1,02	0,8461	0,52	0,6985	0,02	0,5080
3,01	0,9987	2,51	0,9940	2,01	0,9778	1,51	0,9345	1,01	0,8438	0,51	0,6950	0,01	0,5040
3	0,9987	2,5	0,9938	2	0,9772	1,5	0,9332	1	0,8413	0,5	0,6915	0	0,5000

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}} ; \quad L_i = \log l_i ; \quad l_i = \frac{EC(i)}{VLA - EC}$$

VALORACIÓN EC POR COMPARACIÓN CON VLA-EC

- Hallar la probabilidad global de no superar el VLA-EC en todos los periodos no muestreados :

p'

$$p' = (1 - p)^{k-i}$$

Siendo:

“k” el nº de periodos total e “i” los muestreados

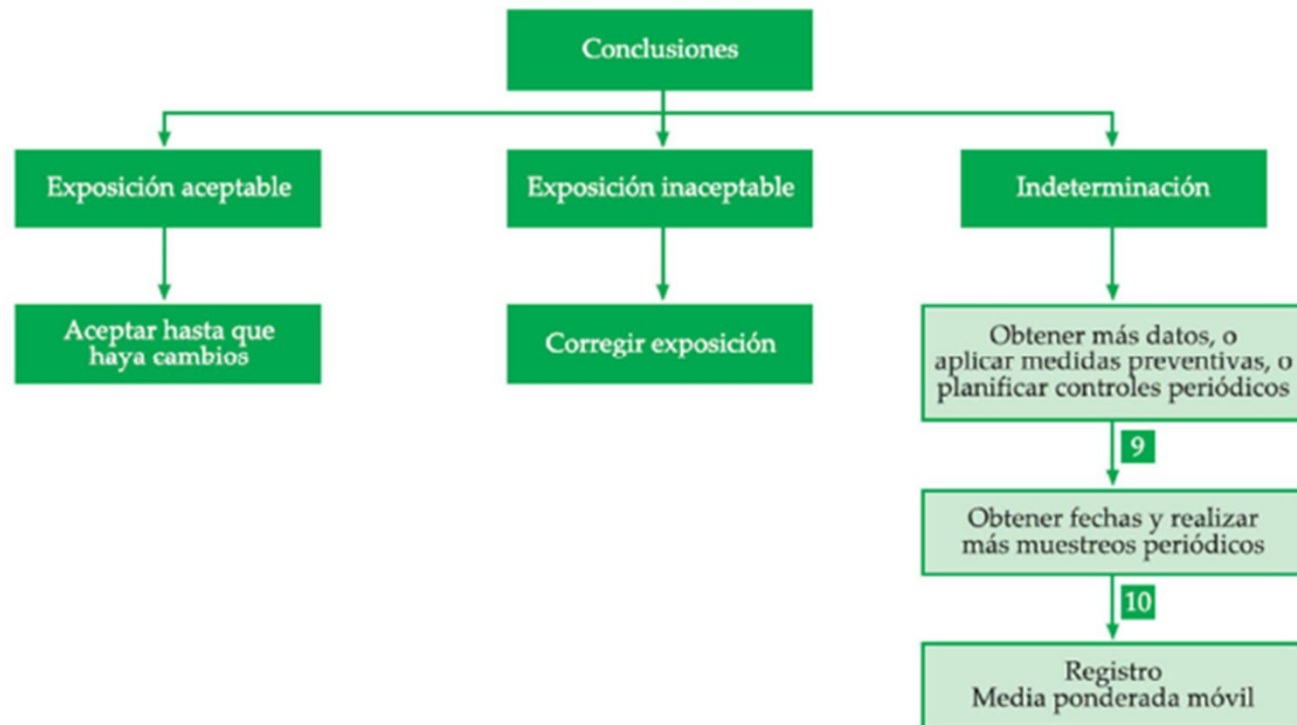
- $p' > 0,9$ EXPOSICION ACEPTABLE
- $p' < 0,1$ EXPOSICION INACEPTABLE
- $0,9 \geq p' \geq 0,1$ INDETERMINACION, muestrear mas periodos o reducir la exposición.

PAUTAS PARA LA REALIZACIÓN DE MEDICIONES PERIÓDICAS DE CONTROL

INTERVALOS ENTRE MEDICIONES PERIÓDICAS

- La incertidumbre sobre la magnitud del riesgo a lo largo del tiempo aconseja la obtención de datos sobre las concentraciones ambientales cada cierto tiempo para controlar que no se supere el valor límite.
- Se justifican cuando el coste, complejidad o eficacia de las medidas preventivas no aconsejan la adopción de éstas.
- Basado en anexo F de la norma UNE-EN 689.

INTERVALOS ENTRE MEDICIONES PERIÓDICAS



INTERVALOS ENTRE MEDICIONES PERIÓDICAS

- Se establece una frecuencia inicial de 16 semanas (≈ 4 meses): ED.
 - $ED \leq 25\% VLA-ED \rightarrow$ se realiza nueva medición al cabo de 64 semanas (≈ 16 meses).
 - $25\% VLA-ED < ED \leq 50\% VLA-ED \rightarrow$ nueva medición a las 32 semanas (≈ 8 meses).
 - $50\% VLA-ED < ED \leq VLA-ED \rightarrow$ se hará nueva medición a las 16 semanas (≈ 4 meses).
 - Si en cualquier medición la $ED > VLA-ED$: EXP. INACEPTABLE.
 - Si varias ED sucesivas $< 10\% VLA-ED$: EXPOSICION ACEPTABLE.

DECISIÓN SOBRE LA ACTUACIÓN A SEGUIR

- La realización de mediciones periódicas es un método de control del riesgo que permite afianzar las conclusiones acerca de la evaluación pero que, en función de los resultados obtenidos, puede suponer la repetición cada poco tiempo de las mediciones.
- Por ello, es interesante buscar criterios que permitan una toma de decisión sobre la conveniencia de finalizar el proceso de mediciones periódicas y considerar la exposición como aceptable o inaceptable.
- **Se trata en cierto modo de una medida preventiva más no de un sistema de evaluación.**

DECISIÓN SOBRE LA ACTUACIÓN A SEGUIR

- Herramientas: Media ponderada móvil (anexo G de la norma UNE-EN 689).
 - Nos indica la “tendencia” y las desviaciones de los resultados.
 - El primer dato es el valor de la concentración inicial obtenida: $M_1 \rightarrow M_1 = C_1$
 - Los siguientes se hallan como medias ponderadas móviles: $M_i \rightarrow M_i = M_{i-1} + 0,2 \cdot (C_i - M_{i-1})$
 - El análisis de la evolución de los datos permite determinar la tendencia:
 - Si ésta es claramente alcista debe adoptarse medidas preventivas.
 - Si los resultados se mantienen a niveles bajos sin variaciones significativas se puede considerar la aceptabilidad de la exposición.
 - Cualquier cambio brusco en la tendencia debe ser analizado para determinar sus causas.

EJEMPLO MEDIA PONDERADA MÓVIL

Medición	Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concentración	C	23	34	35	24	38	40	37	45	28
Media ponderada móvil	M	23	25,2	27,2	26,5	28,8	28,8	31,1	32,2	33,4

