INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Exposición a vapores orgánicos. Evaluación

Burjassot, 10 de julio de 2013.

Mª José Zafra Barranco
Técnico de análisis instrumental
Centro Territorial del INVASSAT de Valencia

GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'ECONOMIA, INDÚSTRIA, TURISME I OCUPACIÓ

Legislación

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Ley 31/1995, de 8 noviembre de Prevención de Riesgos laborales.
- RD. 39/1997, del 17 de enero, en su artículo 5, donde eL INSHT tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.
- El RD. 374/2001, de 6 abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

RIESGO QUÍMICO

- **Guía técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos presentes en los Lugares de Trabajo, relacionados con Agentes Químicos.**

- Proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios y a los responsables de prevención la interpretación y aplicación del Real Decreto 374/01.

- Criterio/ Método de evaluación de la exposición a agentes químicos por inhalación.

Guía Técnica

INVASSAT
Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

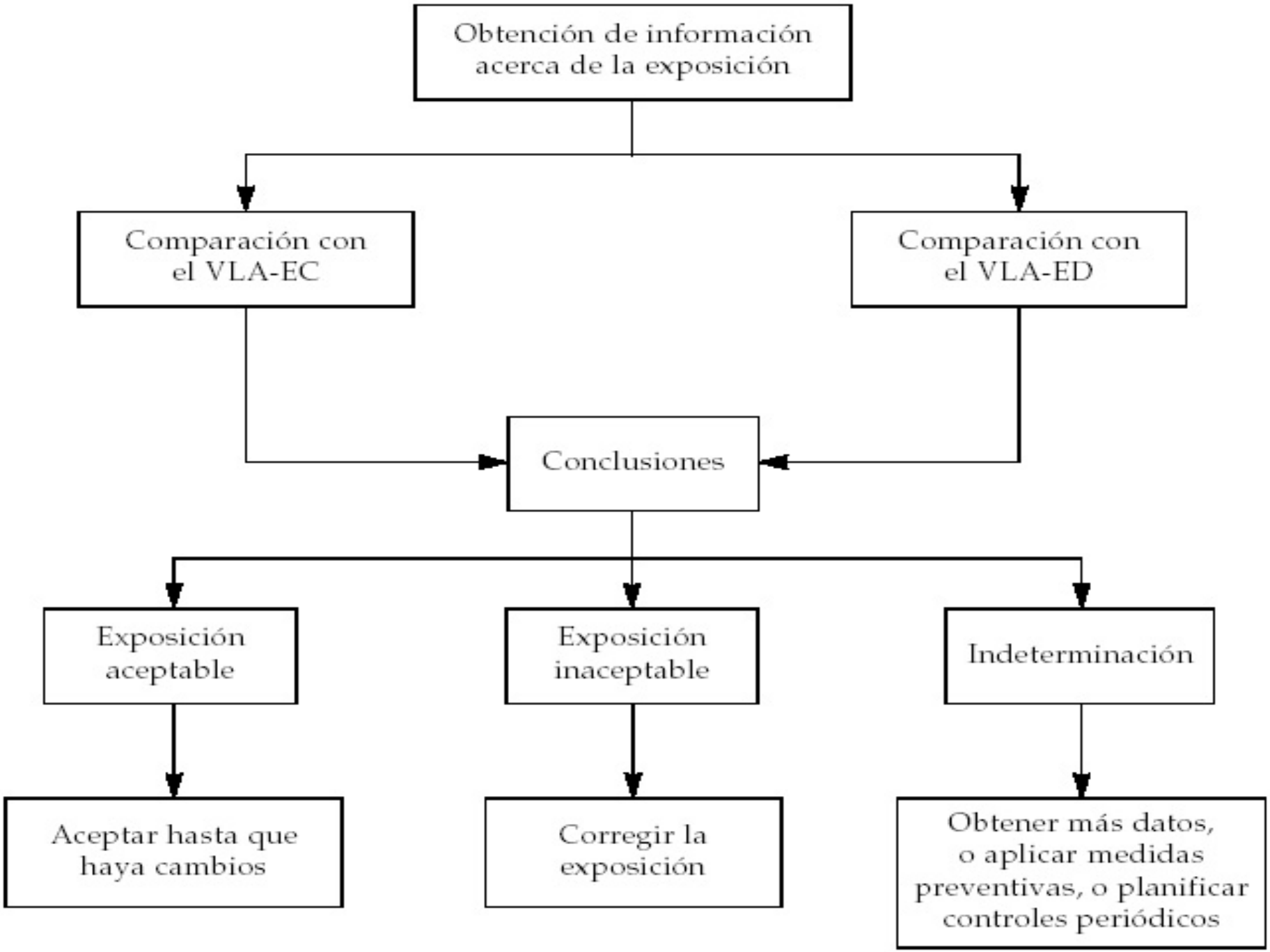
- Introducción
- Desarrollo al RD 374/01
- Preámbulo al RD 374/01
- 10 artículos
- Disposición derogatoria única
- 3 disposiciones finales
- Anexos I, II, III
- 8 Apéndices
- Fuentes de información

GENERALITAT VALENCIANA

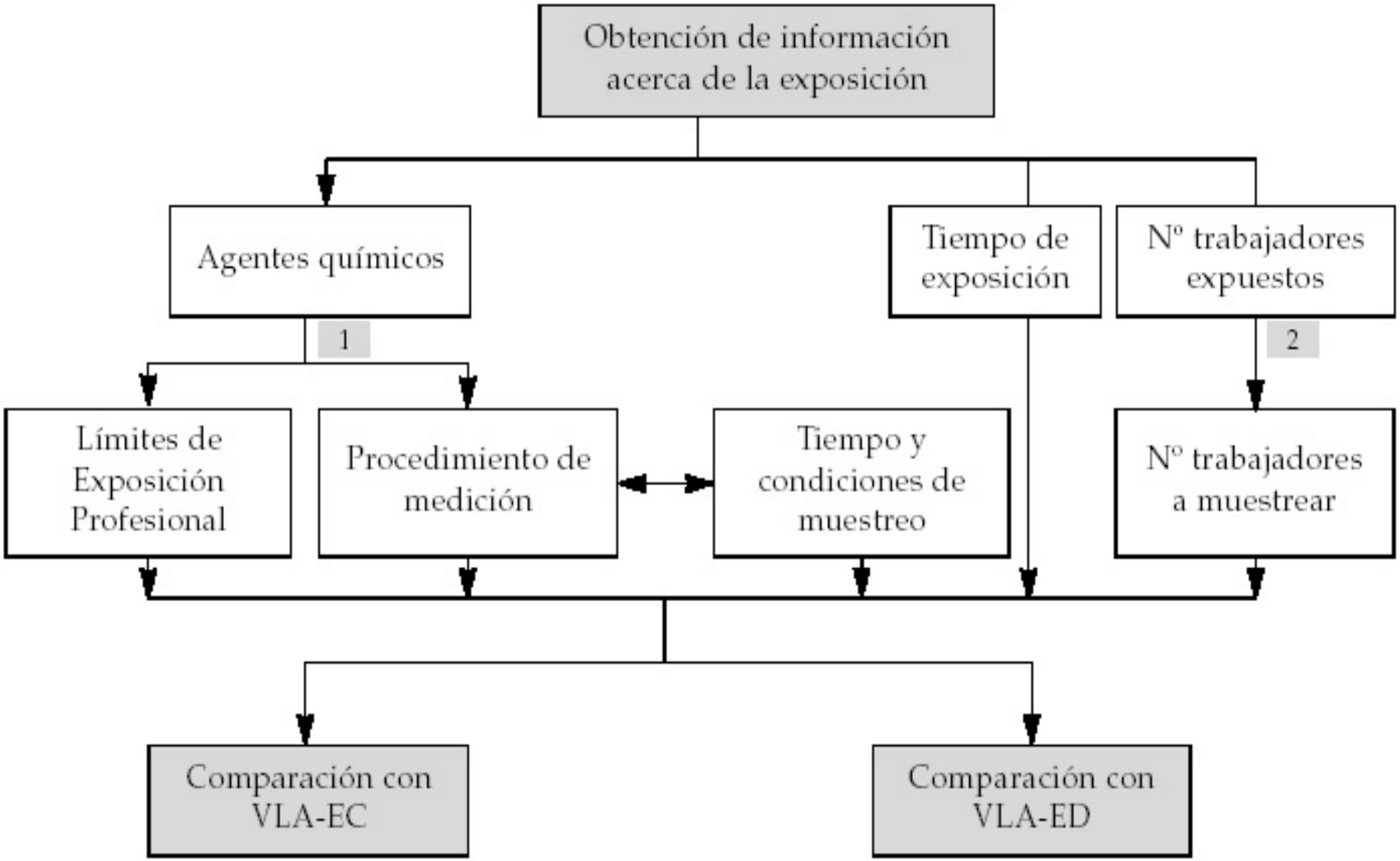
Apendice 4: Método de la evaluación de la exposición a Agentes Químicos por inhalación.

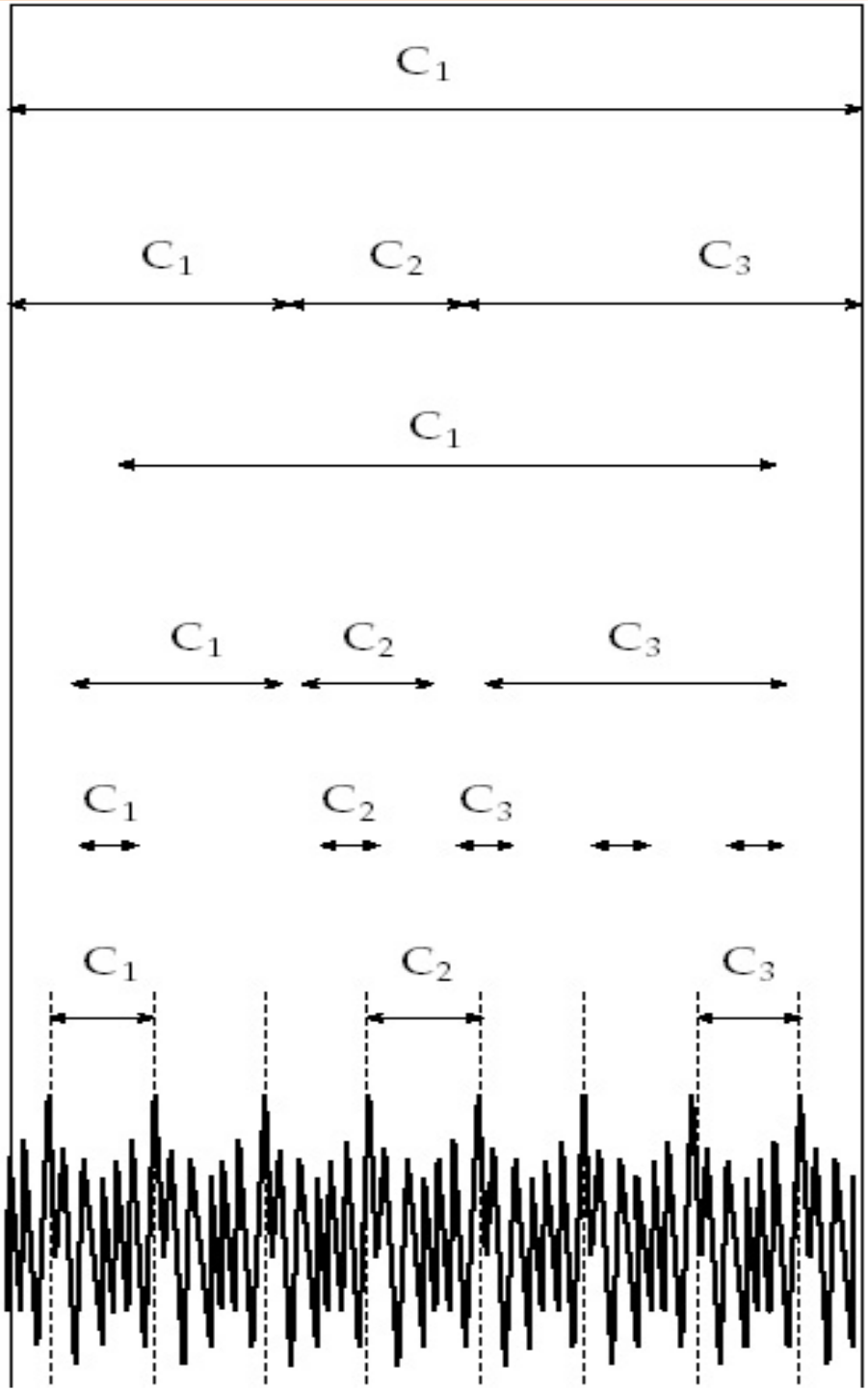
INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

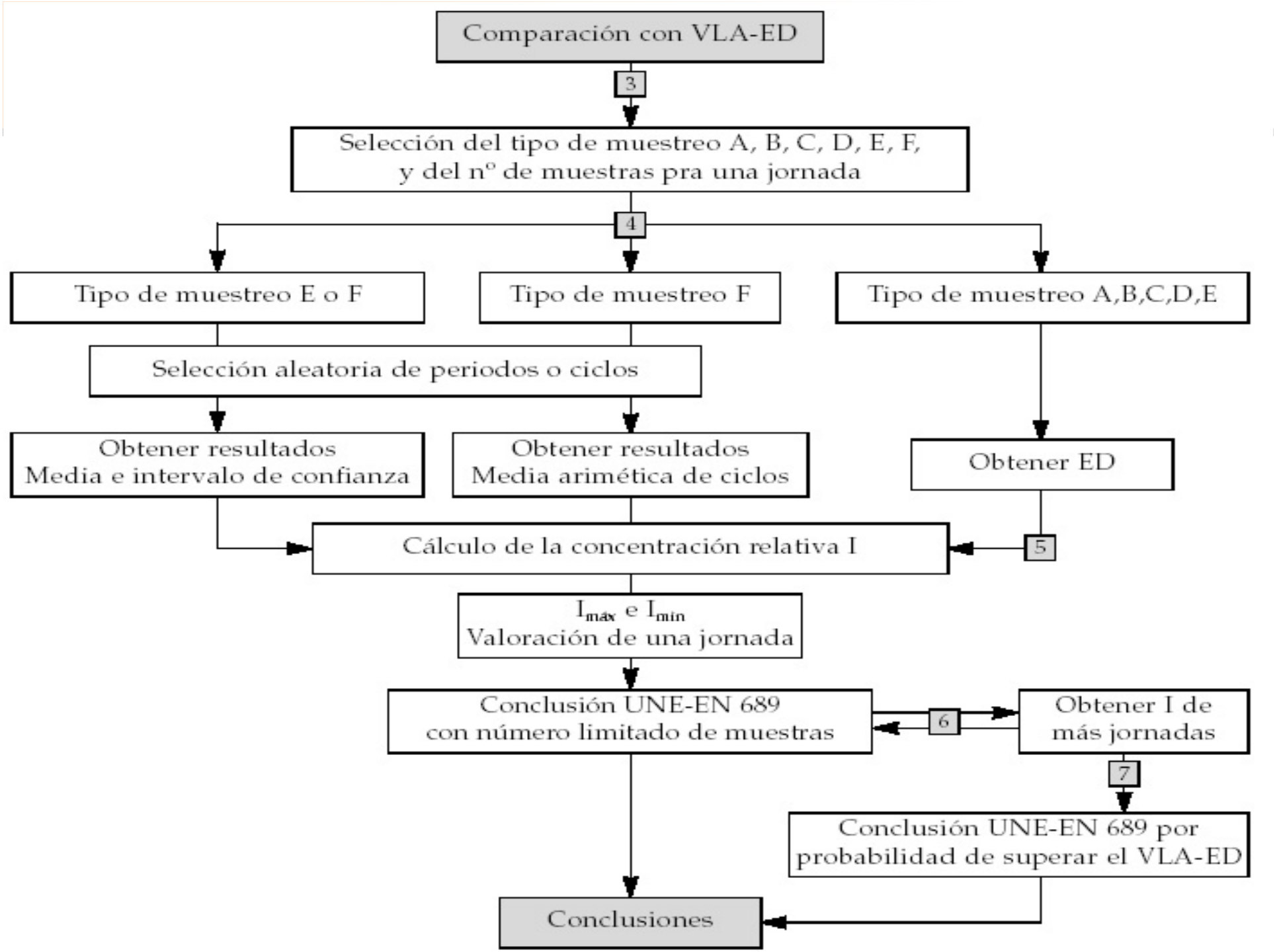
- Obtención de información acerca de la exposición
  - Datos agentes químicos
  - Número de trabajadores a muestrear por puesto de trabajo. Grupos homogéneos de exposición (GHE)
- Comparación con los VLA-ED
  - Número mínimo de muestras por jornada
  - Tipos de muestreo en una jornada de trabajo
  - Valoración por comparación con los VLA-ED
  - Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras
  - Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras.
- Comparación con los VLA-EC
  - Valoración por comparación con el VLA-EC
- Conclusiones
- Mediciones periódicas de control

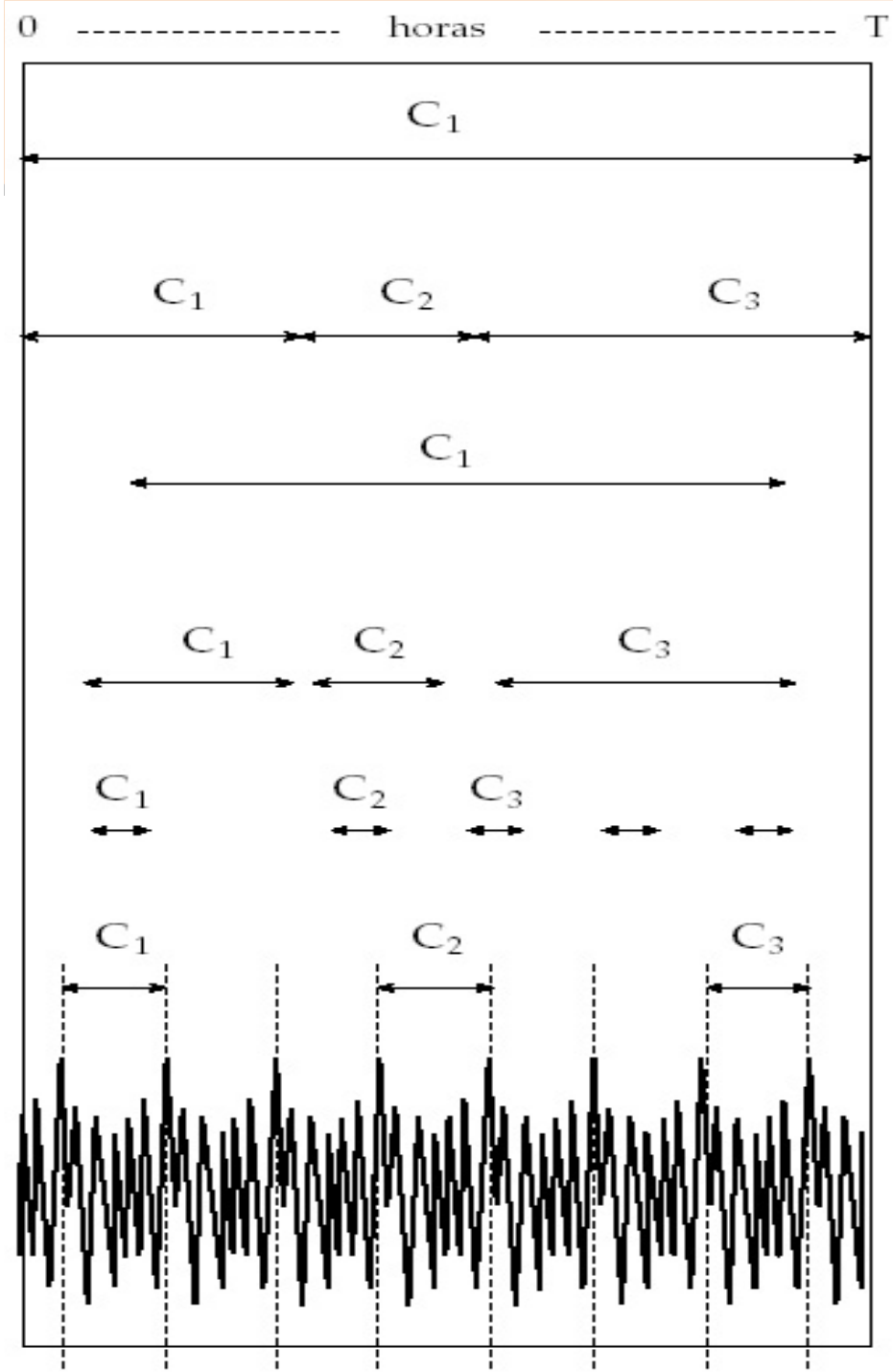

Obtención de información acerca de la exposición
Comparación con el VLA-EC
Comparación con el VLA-ED
Conclusiones
Exposición aceptable
Exposición inaceptable
Indeterminación
Aceptar hasta que haya cambios
Corregir la exposición
Obtener más datos, o aplicar medidas preventivas, o planificar controles periódicos

Información de la información acerca de la exposición




C1
C1 C2 C3
C1
C1 C2 C3
C1 C2 C3
C1 C2 C3


Comparación con VLA-ED
3
Selección del tipo de muestreo A, B, C, D, E, F,
y del nº de muestras pra una jornada
4
Tipo de muestreo E o F
Tipo de muestreo F
Tipo de muestreo A,B,C,D,E
Selección aleatoria de periodos o ciclos
Obtener resultados
Media e intervalo de confianza
Obtener resultados
Media arimética de ciclos
Obtener ED
Cálculo de la concentración relativa I
5
$I_{máx}$ e $I_{mín}$
Valoración de una jornada
Conclusión UNE-EN 689
con número limitado de muestras
6
Obtener I de
más jornadas
7
Conclusión UNE-EN 689 por
probabilidad de superar el VLA-ED
Conclusiones



- Tipo A

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

- Tipo B

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

- Tipo C

$$ED \cong C_1 x \frac{T}{8}$$

- Tipo D

$$ED \cong \frac{C_1 x t_1 + C_2 x t_2 + C_3 x t_3}{t_1 + t_2 + t_3} x \frac{T}{8}$$

- Tipo E
  ED estimación del valor más probable de la media y su intervalo de confianza.

- Tipo F

$$ED \cong \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n}{N} x \frac{T}{8}$$

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

Valoración por comparación con el VLA-ED

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- La media de la concentración ambiental de una jornada sólo nos informa sobre si se supera o no el VLA-ED ese día. **La predicción de lo que va a pasar en los próximos días requiere muestrear varias jornadas.**

- La concentración ambiental varía en una misma jornada y entre jornadas, por lo que la concentración media se puede considerar como una **variable aleatoria**.

- Los valores de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED) se siguen una **distribución logarítmico-normal.**

- Siendo los logaritmos de las concentraciones los que se distribuyen siguiendo **una distribución normal.**

Valoración por comparación con el VLA-ED

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- La norma UNE-EN 689 “Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición”, para la evaluación de la exposición a agentes químicos por comparación con el valor límite:
  - Propone a nivel informativo (Anexos C y G) dos sistemas de toma de decisiones según el número de jornadas para los que se dispone de valores de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas:
    - En primer lugar, el sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras (Anexo C);
    - en segundo lugar, el sistema de decisión a partir de un gran número de muestras (Anexo G).

- La sistemática es la siguiente:
  - 1- Obtener una concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED).
  - 2- Dividir ED por el valor límite VLA-ED, obteniendo el índice de exposición de la jornada:
    - » I_1 = ED/VLA-ED.
  - 3- Decidir según el resultado de la siguiente forma:
    - 1- Si $I_1 \leq 0,1$; la exposición es aceptable. Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite en cualquier jornada.
    - 2- Si $I_1 > 1$; la exposición es inaceptable y debe procederse a corregir la exposición.
    - 3- Si $0,1 < I_1 \leq 1$, debe procederse a obtener por lo menos dos valores más de ED para disponer de un mínimo de tres índices de exposición (I) y seguir el procedimiento en (4).

Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras (n ≤ 6) UNE –EN 689, Anexo C

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- 4- Si I_1 e I_2 e I_3 e ... I_n ≤ 0,25; la exposición es aceptable.
- 5- Si I_1 ó I_2 ó I_3 ó ... I_n > 1; la exposición es inaceptable. Corregir la exposición.
- 6- Si I_1 e I_2 e I_3 e ... I_n ≤ 1; pero no se cumple (4), hallar la media geométrica de los índices:

$$MG = \sqrt[n]{I_1 \times I_2 \times \ldots \times I_n}$$

- 7- Si MG ≤ 0,5; exposición aceptable.
- 8- Si MG > 0,5; no es posible alcanzar una conclusión definitiva.
  - Puede optarse por:
    - obtener un nuevo índice y seguir el procedimiento desde (4), o
    - detener el proceso de evaluación concluyendo la necesidad de establecer un control periódico de la exposición, o
    - bien implantar medidas específicas de prevención y repetir la evaluación después de su puesta en funcionamiento.

Ejemplo

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Se muestrea un agente químico cuyo VLA-ED = 200 ppm, en un puesto de trabajo cuya tarea diaria consta de varias operaciones de diferente duración.

- Se dispone de los siguientes datos correspondientes a una jornada de trabajo:

Se desea valorar el riesgo higiénico derivado de la exposición.

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

Ejemplo

- 1- Calcular la ED
  - ED = (100*70+ 200*100+ 50*230+ 130*0)/ 480 = 80,2 ppm
- 2- Cálculo del índice de exposición I_1
  - I_1= ED/ VLA-ED = 80,2/ 200 = 0,4
- 3- Dado que $0,1 < I_1 \leq 1$, se deberán muestrear otras dos jornadas más, para obtener I_2 y I_3

Muestreamos dos jornadas más

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

TAREA	Concentración del 2º día de muestreo (ppm)	Concentración del 3º día de muestreo (ppm)
A	80	65
B	120	110
C	200	210
Resto jornada	0	0

Ejemplo (3 jornadas)

- Calculamos ED_2 y ED_3:
  - ED_2 = (100*80+200*120+50*200+130*0)/ 480 = 87,5 ppm
  - ED_3 = (100*65+200*110+50*210+130*0)/ 480 = 81,3 ppm
- Y sus correspondientes índices:
  - I_2 = ED_2/ VLA-ED = 87,5/ 200 = 0,44
  - I_3 = ED_3/ VLA-ED = 81,3/ 200 = 0,41
- A partir de I_1, I_2 y I_3, se observa :
  - 1- que no se cumple: I_1 e I_2 e $I_3 \leq 0,25$
  - 2- pero sí, que I_1 e I_2 e $I_3 \leq 1$, por lo que se calcula la media geométrica de los tres índices:
    - MG= 0,42
- **Situación de exposición aceptable (MG < 0,5).**

Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras (n>6)

- **Método probabilístico**

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

  – Si (100 - P) ≤ 0,1%. Zona verde. Exposición aceptable. Considerar controlada la exposición.

  – Si 0,1% < (100 - P) ≤ 5%. Zona amarilla. Indeterminación. Planificar muestreos periódicos.

  – Si (100 - P) > 5%. Zona roja. Exposición inaceptable. Proceder a corregir las condiciones.

Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras (n>6)

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Es posible utilizar un método analítico, procedimiento que consite en transformar los resultados que tenemos (ED), que siguen una distribución logarítmico-normal en una distribución normal.

- Para ello calculamos los correspondientes logarismos de las ED, caracterizándose los ln ED por seguir una distribución normal, la cual se caracteriza por tener una media aritmética y una desviación típica.

$$\bar{L} = \sqrt{\frac{\sum_i L_i}{n}} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (L - L_i)^2}{i-1}}$$

- Previamente, vamos a independizar los datos de la naturaleza de la sustancia, para ello dividimos por su VLA-ED. No se trabaja con ED absolutas sino con concentraciones relativas (I, es adimensional).

- Procedemos a calcular la media aritmética y la desviación típica, de la distribución normal.

Ejemplo

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

En un puesto de trabajo con exposición a un agente químico (VLA-ED = 5 mg/m3) se han medido los valores de ED que se indican en la tabla siguiente:

ED (mg/m^3)
1,25
0,90
0,25
1,10
1.65
2.10
2.40
0.60
0.40
0.10

Cálculos

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

CE	I	Ln I	media	DesvTíp	MG	DTG	VL
ED							
1,25	0,25	-1,39	-1,87	1,01	0,15	2,75	5
0,90	0,18		-1,71				
0,25	0,05		-3,00			Ln MG	ln DTG
	Z						
1,10	0,22		-1,51			-1,87	1,01
		1,87					
1,65	0,33		-1,11				
2,10	0,42		-0,87				
2,40	0,48		-0,73				

TABLA 5
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR L
Z = L/σ; p= probabilidad acumulada (pg. 96)

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

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
3,48	0,9997	2,98	0,9986	2,48	0,9934	1,98	0,9761	1,48	0,9306
3,47	0,9997	2,97	0,9985	2,47	0,9932	1,97	0,9756	1,47	0,9292
3,46	0,9997	2,96	0,9985	2,46	0,9931	1,96	0,9750	1,46	0,9279
3,45	0,9997	2,95	0,9984	2,45	0,9929	1,95	0,9744	1,45	0,9265
3,44	0,9997	2,94	0,9984	2,44	0,9927	1,94	0,9738	1,44	0,9251
3,43	0,9997	2,93	0,9983	2,43	0,9925	1,93	0,9732	1,43	0,9236
3,42	0,9997	2,92	0,9982	2,42	0,9922	1,92	0,9726	1,42	0,9222
3,41	0,9997	2,91	0,9982	2,41	0,9920	1,91	0,9719	1,41	0,9207
3,4	0,9997	2,9	0,9981	2,4	0,9918	1,9	0,9713	1,4	0,9192
3,39	0,9997	2,89	0,9981	2,39	0,9916	1,89	0,9706	1,39	0,9177
3,38	0,9996	2,88	0,9980	2,38	0,9913	1,88	0,9699	1,38	0,9162
3,37	0,9996	2,87	0,9979	2,37	0,9911	**1,87**	**0,9693**	1,37	0,9147
3,36	0,9996	2,86	0,9979	2,36	0,9909	1,86	0,9686	1,36	0,9131
3,35	0,9996	2,85	0,9978	2,35	0,9906	1,85	0,9678	1,35	0,9115
3,34	0,9996	2,84	0,9977	2,34	0,9904	1,84	0,9671	1,34	0,9099

Conclusiones

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- La probabilidad de exposición será:
  - Para Z = 1,87; P = 96,9% de probabilidad de no superar el VLA-ED, a lo largo de la jornada.
  - (100-P) = 3,1 ⇨ que existe un 3,1% de superarlo algún día.
  - (100 – P) = 3,1 ⇨ nos encontramos en **Zona amarilla. Indeterminación**. Hay que planear muestreos periódicos.

  - Si (100 - P) ≤ 0,1%. Zona verde. Exposición aceptable. Considerar controlada la exposición.
  - Si 0,1% < (100 - P) ≤ 5%. Zona amarilla. Indeterminación. Planificar muestreos periódicos.
  - Si (100 - P) > 5%. Zona roja. Exposición inaceptable. Proceder a corregir las condiciones.

Ejercicio. Efectos aditivos

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

Se realizan muestreos ambientales de V.O. en una exposición a disolventes, con los resultados siguientes:

Jornada	Tolueno	MEC
1	29	18
2	60	25
3	70	40
4	80	60
5	95	80
6	50	30
7	30	10
8	35	12
9	72	33
10	55	20

Cálculos

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

Jornada	Tolueno	MEC	$I_{tolueno}$	I_{MEC}	I_{total}	$\ln I_{total}$	media	DesvTíp	Z	VLA-ED tol
1	29	18	0,15	0,03	0,18	-1,70	-1,12	0,44	2,51	191
2	60	25	0,31	0,04	0,36	-1,03				
3	70	40	0,37	0,07	0,43	-0,84				VLA-ED MEC
4	80	60	0,42	0,10	0,52	-0,66				600
5	95	80	0,50	0,13	0,63	-0,46				
6	50	30	0,26	0,05	0,31	-1,17				
7	30	10	0,16	0,02	0,17	-1,75				
8	35	12	0,18	0,02	0,20	-1,59				
9	72	33	0,38	0,06	0,43	-0,84				
10	55	20	0,29	0,03	0,32	-1,14				

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
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

Resultados

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Tabla 5 (Pg.96) :
  - Z = 2,51 $\Rightarrow$ P= 0,9940

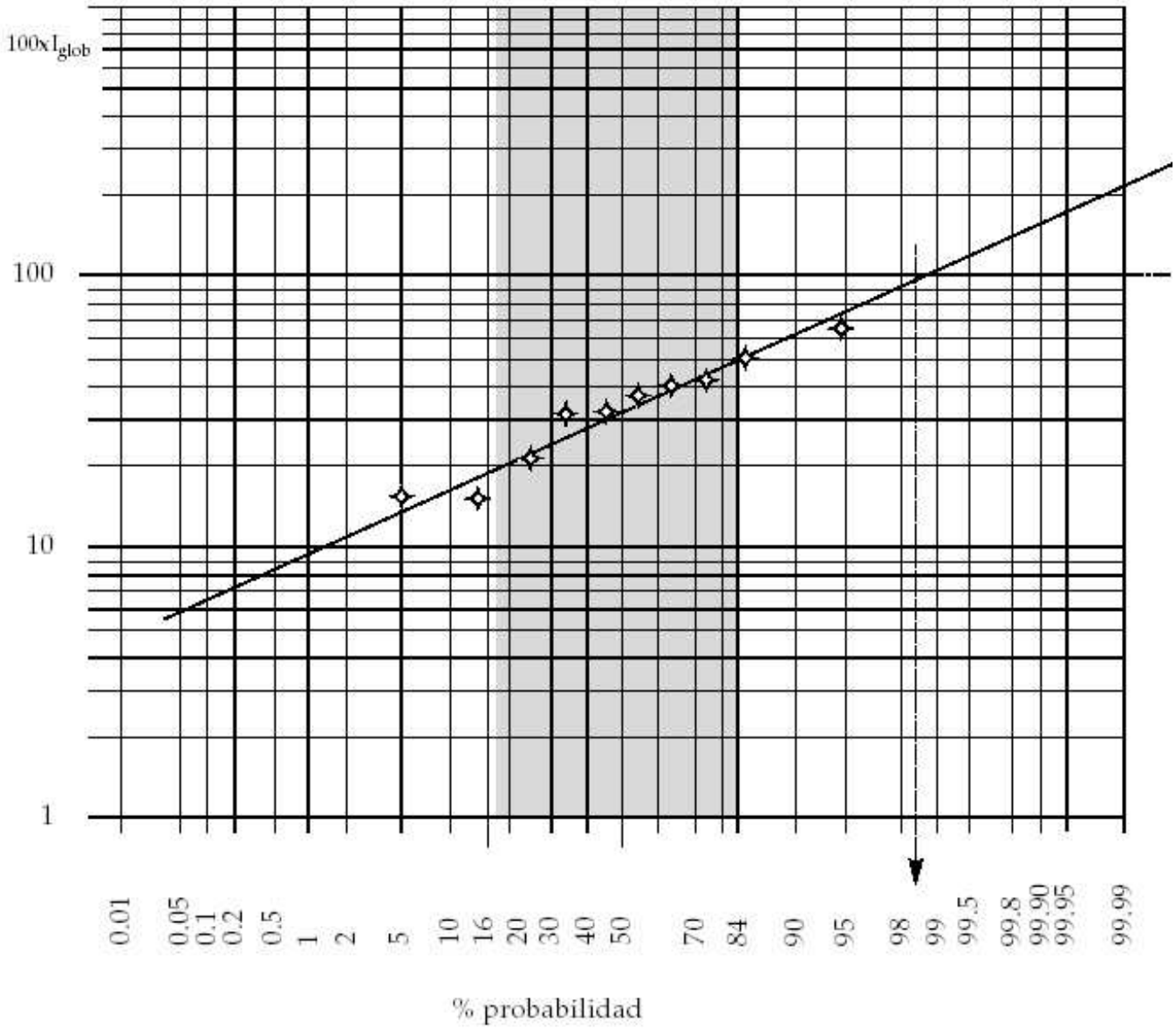
- 100 – P = 0,6 % $\Rightarrow$ Valor que corresponde a la probabilidad de superar el valor límite algún día.

- El criterio de la Norma UNE-EN 689 recomienda planificar un muestreo periódico:
  - (Si 0,1% < (100 - P) < 5%. **Zona amarilla. Indeterminación.** Planificar muestreos periódicos.

Otra forma de cálculo (pg. 87-88)

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

Jornada	Tolueno	MEC	$I_{tolueno}$	I_{MEC}	I_{total}	$I_{total\ ORDEN}$	$100*I_{total}$	% Probab	VLA-ED tol	MG
1	29	18	0,15	0,03	0,18	0.17	17,00	5,00	191	**0,33**
2	60	25	0,31	0,04	0,36	0,18	18,00	15,00		
3	70	40	0,37	0,07	0,43	0,20	20,00	25,00	**VLA-ED MEC**	**DSG= pendient**
4	80	60	0,42	0,10	0,52	0,31	31,00	35,00	600	**1,59**
5	95	80	0,50	0,14	0,64	0,32	32,00	45,00		
6	50	30	0,26	0,05	0,31	0,36	36,00	55,00		
7	30	10	0,16	0,02	0,17	0,43	43,00	65,00		
8	35	12	0,18	0,02	0,20	0,43	43,00	75,00		
9	72	33	0,38	0,06	0,43	0,52	52,00	85,00		
10	55	20	0,29	0,03	0,32	0,63	63,00	95,00		
							Y	**X**		


100xI$_{glob}$
100
10
1
0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
16
20
30
40
50
70
84
90
95
98
99
99.5
99.8
99.90
99.95
99.99
% probabilidad

Resultados y/o conclusiones

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Para un valor del producto de $100*I_{global}$ de 100

- Gráficamente, obtenemos un % de probabilidad del 98,4% (pg.88).

- O bien, un 1,6 % ; valor que corresponde a la probabilidad de superar el valor límite en un día de exposición, en cualquier jornada no muestreada.

- El criterio de la Norma UNE-EN 689 recomienda planificar un muestreo periódico:
  - Si 0,1% < (100 - P) < 5%. Zona amarilla. Indeterminación. Planificar muestreos periódicos.)

Ejercicio

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Qué ocurriría, si se duplicaran las concentraciones ponderadas a 8 hr?

Jornada	Tolueno	MEC
1	58,00	36,00
2	120,00	50,00
3	140,00	80,00
4	160,00	120,00
5	190,00	160,00
6	190,00	60,00
7	190,00	20,00
8	190,00	24,00
9	190,00	66,00
10	190,00	40,00

Otra forma de cálculo

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

Jornada	Tolueno	MEC	Itolueno	IMEC	I total	Ln I total	Media	DS	Z	VLA-ED tol
1	58,00	36,00	0,30	0,06	0,36	-1,01	-0,09	0,36	0,26	191
2	120,00	50,00	0,63	0,08	0,71	-0,34				
3	140,00	80,00	0,73	0,13	0,87	-0,14				
4	160,00	120,00	0,84	0,20	1,04	0,04				**VLA-ED MEC**
5	190,00	160,00	0,99	0,27	1,26	0,23				600
6	190,00	60,00	0,99	0,10	1,09	0,09				
7	190,00	20,00	0,99	0,03	1,03	0,03				
8	190,00	24,00	0,99	0,04	1,03	0,03				
9	190,00	66,00	0,99	0,11	1,10	0,10				
10	190,00	40,00	0,99	0,07	1,06	0,06				

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
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

Resultados y/o conclusiones

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- La probabilidad de exposición será:
  - Para Z = 0,26; P = 60,26 % de probabilidad de no superar el VLA-ED, a lo largo de la jornada.
  - 100-P = 39,7 => que existe un 39,7 % de superarlo algún día.
  - Si (100 - P) > 5%. => Zona roja. Exposición inaceptable. Proceder a corregir las condiciones..

CLASIFICACIÓN
En función de su aplicabilidad:
Combustibles
Desengrasantes
Agentes de limpieza
Propelentes
Tintes
Disolventes
Conservantes
Dispersantes
Reactivos
Monómeros

- **FOCO**
  - Selección de equipos y diseños adecuados
  - Sustitución de productos
  - Modificación del proceso
  - Encerramiento del proceso
  - Aislamiento del proceso
  - Vía húmeda
  - Extracción localizada
  - Mantenimiento

- **MEDIO**
  - Limpieza
  - Ventilación por dilución
  - Aumento de distancia entre emisor y receptor
  - Sistemas de alarma
- **RECEPTOR**
  - Formación e información
  - Rotación de personal
  - Trabajar en Cabina de Pintura
  - Protección personal
  - Reconocimiento medico

EPIs. Legislación aplicable

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- **R.D. 773/1997 (89/656/CEE). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas** a la utilizacion por los trabajadores de equipos de protección individual.

- **R.D. 1215/1997 (89/656/CEE). Disposiciones mínimas de seguridad y salud** para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Los EPI´s deberán de emplearse cuando existan riesgos que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos o protección colectiva, o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

- 4. Protección de las vías respiratorias
  - Equipos filtrantes de partículas (molestas, nocivas, tóxicas o radiactivas).
  - Equipos filtrantes frente a gases y vapores.
  - Equipos filtrantes mixtos.
  - Equipos aislantes de aire libre.
  - Equipos aislantes con suministro de aire.
  - Equipos respiratorios con casco o pantalla para soldadura.
  - Equipos respiratorios con máscara amovible para soldadura.
  - Equipos de submarinismo.

- 4. Protección respiratoria.
- Equipos de protección respiratoria:
  - Trabajos en contenedores, locales exiguos y hornos industriales alimentados con gas, cuando puedan existir
  - riesgos de intoxicación por gas o de insuficiencia de oxígeno.
  - Trabajos en la boca de los altos hornos.
  - Trabajos cerca de convertidores y conducciones de gas de altos hornos.
  - Trabajos cerca de la colada en cubilote, cuchara o caldero cuando puedan desprenderse vapores de metales pesados.
  - Trabajos de revestimiento de hornos, cubilotes o cucharas y calderos, cuando pueda desprenderse polvo.
  - Pintura con pistola sin ventilación suficiente.
  - Trabajos en pozos, canales y otras obras subterráneas de la red de alcantarillado.
  - Trabajos en instalaciones frigoríficas en las que exista un riesgo de escape de fluido frigorífico.

- 4.1 Equipos de protección respiratoria (EPR)
- Tipos de equipos de protección respiratoria.
- Los equipos de protección respiratoria se clasifican en dos tipos principales:
  - **1- Equipos filtrantes:** suministran aire respirable por medio de la purificación o filtración del aire contaminado.
  - Estos equipos constan de una pieza facial y uno o varios filtros capaces de eliminar los contaminantes del aire
  - Según el contaminante que puedan retener, los equipos filtrantes se clasifican en equipos para protección frente a:
    - Gases y vapores orgánicos
    - Gases y vapores inorgánicos
    - Dióxido de azufre y otros gases ácidos
    - Amoniaco y derivados orgánicos del amoniaco
    - Partículas
    - Vapores de mercurio
    - Óxidos de nitrógeno
    - Gases específicos (determinados por el fabricante)

- **2- Equipos aislantes:** suministran aire respirable procedente de una fuente externa no contaminada e independiente del medio ambiente contaminado. Estos equipos constan de una pieza facial y un suministro de aire o gas respirable no contaminado.

- Según la fuente de aire o gas respirable estos equipos se clasifican en:
  - Equipos de aire fresco. Son aquellos que tienen el extremo de la manguera de suministro de aire ubicado en el exterior de la atmósfera contaminada.
  - Equipos de línea de aire comprimido. Equipos en los que el suministro de aire se realiza mediante una fuente de aire comprimido limpio y respirable.
  - Equipos autónomos. Son equipos en los que la fuente de aire es una botella a presión portada por el mismo usuario del equipo.

- **Video 7**

Protección respiratoria

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- Existen mascarillas con filtros en forma de cartuchos que pueden sustituirse cuando se comprueba la disminución de su eficacia. Estos cartuchos, que cumplirán en todo momento con las Normas EN 141 y 143, llevan en su interior carbono activado que purifica el aire que se inhala al respirar los vapores de disolvente. Se recomienda el uso de estas mascarillas para la limpieza con disolventes de los útiles del pintor, pistolas y cuando se realicen ciertas aplicaciones de productos de pintura.

- **Las mascarillas deberán de cumplir con las Normas Europeas (EN) acordadas en la Directiva 26/656/CEE:**

– **EN-136:** Mascaras faciales. Requisitos. Ensayos de mercado

– **EN-140: Define la media mascara como una pieza facial que cubre la nariz,** la boca y la barbilla y el cuarto de mascara como la pieza facial que cubre la nariz y la boca.

Protección respiratoria

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

– **EN-141:** Clasifica filtros de gases (eliminan gases y vapores especificados) y filtros mixtos (eliminan sólidos dispersos y/o partículas liquidas y los gases y vapores).

– **EN-143**: Clasifica filtros de partículas:
  - » **P-1** solidas.
  - » **P-2** solidas o solidas y liquidas.
  - » **P-3** solidas y liquidas

EN-149: Mascarillas Autofiltrantes contra partículas (5). Impide que junto con el aire que se inhala, penetren partículas y/o aerosoles de base agua, en la nariz y garganta. Suelen estar fabricadas de papel, cartón o cierto tipo de coloides. Han de retener partículas de no mas de 5 micras y suelen tener grabadas la clase (FFP1; FFP2, FFP3). Son muy recomendables para las operaciones de lijado de mano.

EN-371: Filtros AX. Para gases y filtros combinados...sillas y cualquier tipo de pintura seca. No sirven para vapores de disolvente

– **EN-405: Mascarillas autofiltrantes con válvulas para gases y vapores.** Requisitos mínimos que deben cumplir las mascarillas que constan de un adaptador facial del que forma(n) parte inseparable un(os) filtro(s) contra gases/vapores

Diferentes filtros para mascarillas.
Clasificación según colores: EN 141 - EN 143 - EN 371

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

DIFERENTES FILTROS PARA MASCARILLAS. CLASIFICACIÓN SEGÚN COLORES: EN 141 - EN 143 - EN 371

TIPO	COLOR	CONTAMINANTES	CLASE (*)
A	Marrón	Vapores orgánicos con buenas propiedades de detección y punto de ebullición >65 °C	1-2
B	Gris	Gases y vapores inorgánicos con buenas propiedades de detección	1-2
E	Amarillo	Gases ácidos con buenas propiedades de detección	1-2
K	Verde	Amoniaco y sus derivados orgánicos con buenas propiedades de detección	1-2
AX	Marrón	Vapores orgánicos con buenas propiedades de detección y punto de ebullición <65 °C	1-2
P	Blanco	Partículas finas	1-2-3

(*) En función de la concentración máxima permisible del contaminante: CLASE 1 (baja capacidad) / CLASE 2 (media) / CLASE 3 (alta).

Ejemplo de marcado de un filtro

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

TIPO	CLASE	COLOR	PARTICULARIDADES
A	1, 2 o 3	MARRÓN	
AX		MARRÓN	No reutilizable
B	1, 2 o 3	GRIS	
E	1, 2 o 3	AMARILLO	
K	1, 2 o 3	VERDE	
P	1, 2 o 3	BLANCO	
SX		VIOLETA	Tiene que figurar el nombre de los productos químicos i sus concentraciones máximas delante de les cuales el filtro ofrece protección
NO - P3		AZUL/BLANCO	No reutilizable
Hg - P3		ROJO/ BLANCO	Durada máxima 50 h

Fig. 12. Tabla con el tipo, la clase, el código de color y particularidades de cada filtro

Fig. 13. Pictogramas que aparecen en los filtros

EPIs: Contra gases y vapores

INVASSAT
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

- El material filtrante es carbón activo, con diferente tratamiento en función del tipo de contaminante que se tiene que retener. Se dispone de los tipos de filtros siguientes:

- **FILTRO** **CONTAMINANTE QUE SE TIENE QUE RETENER**
  - **A** Contra gases y vapores orgánicos con PE>65º C
  - **AX** Contra gases y vapores orgánicos con PE<65º C
  - **SX** Contra gases y vapores específicos
  - **B** Contra gases y vapores inorgánicos
  - **E** Contra dióxido de azufre y vapores ácidos
  - **K** Contra amoníaco y derivados orgánicos del amoníaco

Equipos
Aislantes
Filtrantes
de línea de aire
Autónomos
Máscaras faciales
Depresión respiratoria
Aire inyectado
Circuito abierto
Circuito cerrado
Filtro químico
Filtro mecánico
Filtro combinado

3M

SEYBOL® 87 A1B1E1K1 EN 141:2000
SEYBOL® 87 A2 EN 141:2000
SEYBOL® 76 ST (P3) EN 143:2000

SCOTT

- Los Equipos de Protección Colectiva (EPC) utilizados para prevenir una exposición de sustancias químicas por inhalación pueden concretarse en tres:

  - Vitrinas de gases para laboratorio y cerramientos,
  - Sistemas de extracción localizada (campanas, mangas de aspiración…)
  - Sistemas de extracción y renovación de aire generalizada.

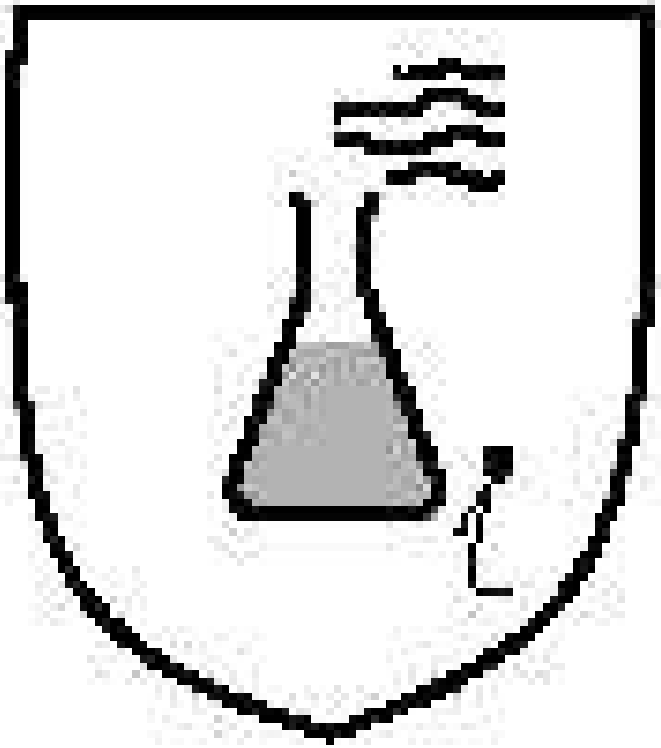
- Con mucho, los sistemas más efectivos son es la vitrina de gases, los cerramientos, pues funcionan por aplicación del principio de **confinamiento del riesgo**.

- ¿Cuándo será necesario emplear protección colectiva frente a una posible exposición a sustancias químicas por inhalación?

- Como norma general, siempre que se manipulen sustancias químicas en operaciones donde se pueda producir dispersión ambiental del agente, o esté llevando a cabo otro tipo de tareas que generen humos, vapores, gases, aerosoles, polvo, etc. Se debe emplear equipos de protección colectiva (EPC) para la protección de las vías respiratorias.

- Es IMPRESCINDIBLE el contar con la información contenida en la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) de las entidades químicas involucradas en el proceso. Para sustancias especialmente peligrosas, adicionalmente se debería consultar con un fabricante/distribuidor técnicamente solvente para efectuar la selección para ésos casos concretos del equipo de protección colectiva.

- Videos 1-6



$CH_3—CH_2—CH_2OH$	1-propanol
$CH_3—CH(OH)—CH_3$	2-propanol
$\overset{4}{C}H_3—\overset{3}{C}H_2—\overset{2}{C}H(OH)—\overset{1}{C}H_3$	2-butanol
$\overset{6}{C}H_3—\overset{5}{C}H_2—\overset{4}{C}H=\overset{3}{C}H—\overset{2}{C}H_2—\overset{1}{C}H_2OH$	3-hexen-1-ol
$\underset{5}{CH_3}—\underset{4}{CH_2}—\underset{3}{C}H(CH_3)—\underset{2}{CH_2}—\underset{1}{CH_2OH}$	3-metil-1-pentanol
$\overset{4}{C}H\equiv\overset{3}{C}—\overset{2}{C}H_2—\overset{1}{C}H_2OH$	3-butin-1-ol