

EL PROCESO DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS HIGIÉNICOS POR EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

Autor: José Joaquín Moreno Hurtado. Jefe del Servicio de Estudios e Investigación.

Consejería de Empleo. Junta de Andalucía.

Edición revisada por José A. Vázquez Grueiro. Subdirector Técnico de OSALAN.

(diciembre 2010)

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	DEFINICIONES	4
2.1	Riesgo.....	4
2.2	Riesgo higiénico	4
2.3	Factor de riesgo.....	4
2.4	Tarea.....	5
2.5	Exposición a un agente químico	5
2.6	Situación de riesgo higiénico	6
2.7	Periodo de exposición uniforme	6
2.8	Evaluación detallada de la exposición	6
3	EL PROCESO DE GESTIÓN	7
3.1	Descripción	7
3.1.1	Identificación de los puestos con posible exposición.....	7
3.1.2	Identificación de las tareas con posible exposición.....	7
3.1.3	Identificación de las exposiciones	7
3.1.4	Eliminación de las exposiciones	7
3.1.5	Estimación del riesgo potencial de las exposiciones por inhalación restantes.....	8
3.1.6	Determinación de las medidas de control indicadas	9
3.1.7	Identificación de los factores de riesgo remotos	9
3.1.8	Eliminación de los factores de riesgo remotos	10
3.1.9	Evaluación detallada de la exposición	10
3.1.10	Medida y valoración del riesgo	11
3.1.11	Priorización de las medidas preventivas restantes o adicionales	12
4	BIBLIOGRAFÍA.....	15
	ANEXO 1: TABLAS.....	17
	ANEXO 2: EVALUACIÓN DETALLADA DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS	23

1 INTRODUCCIÓN

Por gestión de riesgos entendemos el conjunto de actividades relacionadas con el diagnóstico y la intervención sobre los riesgos. En general, la gestión puede considerarse como la suma de dos procesos distintos y consecutivos: el de evaluación y el de control.

Sin embargo, en el caso de los riesgos higiénicos por exposición inhalatoria a agentes químicos es más correcto considerar la gestión como un proceso único en el que se alternan fases de evaluación y fases de control. El motivo principal de esta peculiaridad estriba en la conveniencia de que la evaluación de la exposición, que es una parte, importante, pero sólo una parte, de la evaluación del riesgo (que está integrada, además por algunas fases anteriores, como la identificación de los factores de riesgo, y otras posteriores, como la medida y valoración del riesgo), se lleve a cabo, a título de comprobación, tras la adopción de las medidas preventivas que eliminen los factores de riesgo identificados. Son varias las razones que avalan esta alteración del aparente orden natural de las cosas, que prescribiría completar la evaluación antes de abordar el control:

- a) La evaluación de la exposición es un proceso largo¹, con lo que se demoraría en exceso la adopción de medidas cuya necesidad y urgencia ya se hubiera puesto de manifiesto.
- b) La evaluación de la exposición es un proceso caro¹ cuyo coste puede, en muchos casos, competir con el de las propias medidas de control necesarias.

Si se hiciera la evaluación de la exposición antes de adoptar las medidas de control, habría de repetirse tras éstas, que, obviamente, implicarían un cambio en las condiciones de trabajo, para determinar el verdadero resultado de la evaluación inicial. No olvidemos que este resultado ha de ser necesariamente aceptable y que de él depende la frecuencia e intensidad del seguimiento de la situación que se requiere.

- c) Porque, y esto es una característica común a todas las evaluaciones de riesgos higiénicos, la decisión básica acerca de si se han de adoptar medidas preventivas o no, no debe depender del resultado de la evaluación de la exposición, sino de la mera existencia o no de factores de riesgo. En otras palabras, si hay recorrido para la mejora, y siempre lo hay si se han identificado factores de riesgo de acuerdo con la metodología que más adelante se verá, habrá que tomar medidas para eliminarlos

¹ Estamos suponiendo que la evaluación se hace de acuerdo con los procedimientos establecidos en el anexo 2, que desarrolla la novena fase de este proceso.

aunque no se supere el valor límite de exposición. Por tanto, la evaluación de la exposición en estos casos sólo servirá, lo que no es poco, para establecer la prioridad de tales medidas.

2 DEFINICIONES

Los principales términos técnicos usados en este documento responden a las siguientes definiciones:

2.1 Riesgo

Magnitud del daño que se espera que un conjunto de factores de riesgo produzca en un periodo de tiempo determinado².

Según esta concepción, la naturaleza del riesgo es esencialmente cuantitativa y, por tanto, definir un riesgo es, además de identificarlo, medirlo. Tal medida aparece indisolublemente ligada al conjunto concreto de factores de riesgo que la genera.

La consideración cualitativa del riesgo, presente en frases como “hay riesgo” o “no hay riesgo”, es una reducción de la definición anterior y se refiere a la mera posibilidad o no de daño.

2.2 Riesgo higiénico

Se denominan riesgos higiénicos aquellos en los que, entre los factores de riesgo remotos (materiales y organizativos) y los posibles daños, puede reconocerse el contacto con un agente ambiental (químico, físico o biológico) con capacidad para producir daño, que es consecuencia directa de los primeros y causa inmediata de los segundos, como se ve en el esquema de la página 6.

2.3 Factor de riesgo

Condición de trabajo que, cuando está presente (o cuando aumenta su magnitud, si es de naturaleza cuantitativa), incrementa la probabilidad de aparición del tipo de daño al que se refiere.

En los riesgos higiénicos pueden distinguirse dos tipos de factores de riesgo:

- **Remotos:** condiciones de trabajo materiales y organizativas que son causa remota del daño y causa inmediata de la exposición a un agente ambiental (químico, físico o biológico). (Véase el esquema de la página 6)

Se identifican por comparación entre las medidas de control reglamentaria o técnicamente indicadas para la tarea en cuestión y las realmente adoptadas. Es sobre estos factores de riesgo sobre los que hay que actuar, eliminándolos o reduciéndolos, para controlar el riesgo.

² Si la exposición tiene carácter cíclico en la tarea considerada, los dos periodos a comparar han de abarcar un ciclo completo o un número entero de ciclos

- **Inmediatos:** son los elementos que determinan la exposición al agente ambiental, es decir, la intensidad y la duración del contacto con él.

Para las exposiciones a agentes químicos por vía inhalatoria, se trata de la concentración del agente químico en la zona de respiración y del tiempo de exposición.

Estos factores de riesgo son consecuencia de los remotos y causa inmediata del daño.

2.4 Tarea

Actividad específica, caracterizada por una exposición a agentes químicos, cualitativa y cuantitativamente definida. La definición cualitativa de la exposición implica unos agentes químicos determinados y unas concretas vías de exposición. La definición cuantitativa implica que entre dos periodos de la misma tarea no haya diferencias sistemáticas de exposición como consecuencia de lo que se hace o de cómo se hace, sino sólo aleatorias. Se entiende que una diferencia de exposición es sistemática cuando puede predecirse su sentido



2.5 Exposición a un agente químico

Esta expresión hace referencia a la presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto con un trabajador.

Cuando se emplea sin adjetivos, se refiere a la vía respiratoria y entonces se define como el producto de la concentración del agente en la zona de respiración del trabajador por el tiempo de exposición.

2.6 Situación de riesgo higiénico

Situación de trabajo, es decir, tarea en sentido amplio, caracterizada por la presencia simultánea de un conjunto de factores de riesgo remotos de daño higiénico³ por inhalación y una pauta temporal de exposición a ellos. (Véase el esquema causal de la página anterior). Por tanto, una situación de riesgo higiénico es una tarea en la que se han detectado factores de riesgo higiénico remotos⁴.

Cualquier medida del riesgo se refiere a una concreta situación de riesgo y, por tanto, variará cuando lo haga ésta.

2.7 Periodo de exposición uniforme

Lapso de tiempo dentro del cual no hay variaciones sistemáticas de la exposición y, por tanto, no puede decirse si la exposición de un subperiodo va a ser mayor o menor que la de cualquier otro.

En general coincidirá con una tarea, si bien hay que atender como otra fuente de variación sistemática de la exposición a la insuficiencia de las medidas técnicas de control. Esto podría producir una exposición heterogénea, es decir, varios periodos distintos de exposición uniforme, sin que varíe la tarea.

2.8 Evaluación detallada de la exposición

La que se basa en los resultados de mediciones actuales y apropiadas. Por actuales se entiende realizadas expresamente para el caso evaluado y por apropiadas las que se llevan a cabo siguiendo los procedimientos recogidos en este documento.

Se usa el término “detallada”, tomado de la UNE-EN 689, en vez de “cuantitativa”, utilizado en otras publicaciones, por entender que éste es más genérico, ya que abarcaría también a las evaluaciones basadas en las mediciones disponibles de casos análogos y a las fundamentadas en cálculos de la exposición.

³ Se entiende por daño higiénico el asociado con la exposición a un agente ambiental.

⁴ Si no los hubiera, es decir, si en la tarea se hubiesen adoptado ya todas las medidas de control del riesgo que se consideran reglamentaria o técnicamente indicadas para el caso, pero aún subsistiera alguna exposición detectable, no diríamos que no existe riesgo pero sí que está controlado

3 EL PROCESO DE GESTIÓN

3.1 Descripción

El proceso puede considerarse compuesto por las siguientes fases, que se representan en el diagrama del apartado 3.2:

3.1.1 Identificación de los puestos con posible exposición

En el caso más general, el primer paso será identificar, de entre todos los puestos existentes en la empresa, aquellos susceptibles de comportar algún tipo de exposición a agentes químicos.

3.1.2 Identificación de las tareas con posible exposición

El segundo paso consistirá en determinar cuáles son las tareas con posible exposición en cada uno de los puestos anteriores.

3.1.3 Identificación de las exposiciones

Partiendo de las características y condiciones de cada tarea, de los productos utilizados o generados en ellas y de sus propiedades físicas y químicas más relevantes, se trata de elaborar una especie de inventario en el que figuren, por puesto de trabajo y tarea, los agentes químicos a los que los trabajadores pueden estar expuestos y la vía o vías de exposición a cada uno. Cada exposición queda así identificada por el conjunto de un agente químico y una vía de entrada.

Ya, desde este momento, debería recogerse una información toxicológica básica sobre cada agente, que, al menos, debería consistir en las frases R o H que le son de aplicación.

3.1.4 Eliminación de las exposiciones

En aplicación del artículo 15 de la LPRL, que establece los principios de acción preventiva y su orden de prelación, lo primero que se ha de plantear es si existe o no la posibilidad de evitar, si estamos en fase de proyecto, o de eliminar, si se trata de exposiciones ya existentes, las exposiciones identificadas.

Como formas genéricas de eliminación ha de pensarse en la instauración de procesos de trabajo intrínsecamente seguros (p. ej. cerrados y en depresión) y en la sustitución de un agente químico por otro de características toxicológicas, físicas o químicas más favorables.

Para las exposiciones dérmicas, si no puede evitarse del todo el contacto, como sería deseable, cabe considerar expresamente la protección individual, que en general resultará muy soportable y, por tanto, indicada. Para las que se producen por ingestión, además de la prohibición de comer, beber y fumar en el puesto, son imprescindibles las medidas de higiene personal, que se implantan mediante la disposición de instalaciones de aseo próximas y la información adecuada a los trabajadores para incentivar su uso.

En cualquier caso, el objetivo mínimo de esta fase sería reducir a niveles insignificantes todas las exposiciones por vías distintas a la inhalatoria, ya que las sucesivas etapas del proceso de gestión sólo hacen referencia a ésta. Si no fuera posible alcanzarlo, habría que tener en cuenta las exposiciones residuales a la hora de la medida y valoración del riesgo.

Interesa señalar, por otra parte, que la eliminación de las exposiciones a agentes cancerígenos, mutágenos, sensibilizantes respiratorios o tóxicos para la reproducción debe plantearse sin más límite que la posibilidad técnica de llevarla a cabo en el proceso productivo considerado.

3.1.5 Estimación del riesgo potencial de las exposiciones por inhalación restantes

Como indica el adjetivo “potencial” que se utiliza en el título, se trata de una estimación del riesgo asociado a cada exposición, que no tiene en cuenta las medidas de control efectivamente adoptadas sino sólo la toxicidad intrínseca del agente, su volatilidad o pulverulencia y la cantidad que se utiliza.

Para estimar el riesgo potencial, se clasifica primero la peligrosidad del agente por inhalación en función de las frases que tenga asignadas⁵. (Para conocerlas puede utilizarse el documento sobre límites de exposición profesional del INSHT). El método que se propone, adaptado del HSE⁶, considera cinco grupos (A, B, C, D y E) que van de menor a mayor gravedad del efecto posible. Naturalmente, si a un agente le corresponden varias frases R o H, circunstancia muy común, se clasificará en función de la que esté incluida en el grupo peor, de acuerdo con la tabla 1.

En segundo lugar, se clasifica la capacidad del agente utilizado para pasar al aire en las condiciones de utilización, convirtiéndose en un contaminante susceptible de ser inhalado. Así, si se trata de un líquido, se considera su volatilidad de acuerdo con la figura 1 y, si se trata de un sólido, su pulverulencia según los criterios de la tabla 2.

Por último, se toma en consideración la cantidad utilizada del agente, clasificándola en uno de los tres niveles (pequeño, mediano o grande) que cuantifica la tabla 3.

En función de esta triple clasificación, la tabla 4 permite determinar el nivel de riesgo potencial de la exposición al agente químico: 1, 2, 3 ó 4. El nivel 1, que es el más bajo, se asimila al “riesgo leve” del RD 374/2001, mientras que el 4 se reserva para sustancias de muy elevada peligrosidad (cancerígenos, mutágenos, sensibilizantes respiratorios o tóxicos para la reproducción) o de alta peligrosidad (tóxicos o muy tóxicos) con una

⁵ Si se trata de agentes que se generan durante la utilización de productos que, por carecer como tales de la condición de peligrosos, no tienen frases R o H asignadas (como, por ejemplo, los electrodos de soldadura o los troncos de madera), habrán de adscribirse a un grupo de peligrosidad intrínseca por similitud de efecto.

⁶ Health and Safety Executive, organismo público encargado de la promoción, vigilancia y control de las condiciones de seguridad y salud laboral en el Reino Unido.

significativa tendencia a contaminar el ambiente en las condiciones de uso y utilizadas en cantidades importantes.

3.1.6 Determinación de las medidas de control indicadas

El paso siguiente del proceso de gestión consiste en determinar las medidas de control de la exposición adecuadas para el caso. Por lo que se refiere a las medidas técnicas, el propio método de estimación del riesgo potencial que acabamos de ver proporciona una primera orientación genérica⁷: ventilación general para el nivel 1, extracción localizada con campana exterior para el 2, extracción localizada con encerramiento del foco para el 3 y sistemas de control específicamente diseñados para las exposiciones de nivel de riesgo potencial 4. A partir de ahí, teniendo en cuenta también la índole de la tarea en la que se produce la exposición, será necesario recurrir a la bibliografía especializada (la documentación que incluye el método COSHH⁸ del HSE, el texto de ventilación industrial de la ACGIH u otros) para precisar la solución técnica concreta con sus requisitos básicos de diseño y funcionamiento. A esto habrá que añadir las medidas de seguimiento y mantenimiento del sistema técnico, por un lado, y las medidas que se deriven de la aplicación de los principios generales de prevención del artículo 4 del RD 374/2001, por otro, amén de las de consulta, fomento de la participación, formación e información de los trabajadores, siempre ineludibles.

Conviene resaltar que el marco de referencia de las medidas de control es la tarea y, por tanto, si esta comporta varias exposiciones, habrá de atenderse al conjunto de ellas para determinar las medidas adecuadas.

3.1.7 Identificación de los factores de riesgo remotos

La comparación de las medidas preventivas reglamentaria o técnicamente indicadas para el control de las exposiciones asociadas a la tarea, determinadas en la fase anterior, con las medidas realmente implantadas en ella, permitirá identificar los factores de riesgo presentes.

Cada ausencia de una medida de control apropiada se constituye así en un factor de riesgo; es decir, en una condición de trabajo que, cuando está presente, incrementa la probabilidad de aparición del daño característico de la exposición. Los llamamos remotos porque, como ya se explicó anteriormente, en la secuencia causal del daño están más alejados de él que la exposición⁹, de la cual son, a su vez, causa inmediata.

⁷Véase la tabla 5

⁸ Control of substances Hazardous to Health. Véase la bibliografía

⁹ Que también es, por supuesto, un factor de riesgo.

3.1.8 Eliminación de los factores de riesgo remotos

El siguiente paso será la eliminación de los factores de riesgo remotos mediante la adopción de las medidas preventivas cuya ausencia dio lugar a ellos. El procedimiento propuesto para la identificación de tales factores, recogido en el punto anterior, garantiza, en general, la viabilidad técnica y económica de su eliminación.

Las razones por las que se considera necesario abordar la mejora preventiva de la tarea antes de completar la evaluación del riesgo, ya fueron expuestas en la introducción de este documento y no vamos a insistir en ellas. Sólo señalaremos aquí que, como mínimo, en esta fase se ha de asegurar la correcta implantación de todas las medidas derivadas de los principios generales del artículo 4 del RD 374/2001 y de la solución técnica de control adecuada para el caso. Las cuestiones de ajuste fino de esta última, si requiriesen cambios importantes y tuviesen una prioridad dudosa, podrían posponerse hasta culminar la evaluación.

3.1.9 Evaluación detallada de la exposición

Es ahora, tras la intervención que se acaba de describir, cuando procede llevar a cabo la evaluación detallada de la exposición, entendiendo por tal la que está basada en mediciones de exposición apropiadas y actuales. Son dos los objetivos posibles de esta evaluación: comprobar la eficacia de las medidas adoptadas y, una vez terminada también la medida y valoración del riesgo, establecer la prioridad que le corresponde a las medidas preventivas todavía pendientes, si las hay, o a las adicionales que, en su caso, hubiera que considerar.

Dada la extensión que requiere el desarrollo de este apartado, se ha elaborado un documento separado, que se acompaña como anexo, en el que se recogen con detalle los procedimientos a seguir, tanto para la evaluación de la exposición diaria (ED) como para la de corta duración (EC).

El proceso de gestión que se propone incluye, en esta fase, algunas excepciones al planteamiento general. Así, no se considera necesaria la evaluación detallada de las exposiciones de nivel de riesgo potencial 1. Por otra parte, para las exposiciones de niveles de riesgo potencial 2 y 3, si la finalidad de la evaluación de la exposición es estrictamente comprobatoria, es decir, se ha completado ya la eliminación de los factores de riesgo identificados, y cabe suponer fundadamente que la exposición estará muy por debajo del valor límite, resulta admisible que se evalúe la exposición por procedimientos menos exigentes que los recogidos en el documento citado.

Como señala este documento, la conclusión del proceso de evaluación detallada será la clasificación de la exposición en una de las tres categorías siguientes:

Exposición aceptable: la exposición es muy inferior al valor límite y, por tanto, no requiere seguimiento mediante mediciones periódicas.

Exposición tolerable: la exposición es sólo inferior al valor límite y, por ello, requiere seguimiento mediante mediciones periódicas.

Exposición inaceptable: la exposición es superior al valor límite y, por tanto, necesita corrección inmediata y, posteriormente, una nueva evaluación.

El sentido de las expresiones “inferior al valor límite”, “muy inferior al valor límite” y “superior al valor límite” ha de ser interpretado en el contexto del procedimiento de evaluación que se haya seguido.

3.1.10 Medida y valoración del riesgo

Como es sabido, la evaluación de la exposición a un agente químico sólo nos proporciona una estimación de la probabilidad (o, más exactamente, un juicio sobre ella) de que ese agente químico llegue a producir su efecto característico, pero nada nos dice acerca de la gravedad de ese efecto. Puesto que ésta ha de ser tomada en cuenta para medir el riesgo, y es en esta medida en la que ha de basarse la priorización preventiva¹⁰, objetivo irrenunciable de la evaluación de riesgos, es evidente que no puede darse por terminada ésta en la fase anterior.

Para transformar las exposiciones valoradas en riesgos valorados, se propone la utilización de la tabla 6. En ella, entrando con la categoría de exposición resultante de la evaluación de ésta y con el grupo de peligrosidad por inhalación del agente químico en cuestión, que ya obtuvimos en la fase 5 usando la tabla 1, podemos clasificar el riesgo, de mayor a menor, en una de las cuatro categorías siguientes: I, II, III y IV. Únicamente a la primera de ellas cabe atribuirle un sentido concreto: las tareas con nivel de riesgo I requieren corrección inmediata y, por tanto, las medidas preventivas necesarias tienen la máxima prioridad. Las restantes categorías reflejan, simplemente, una jerarquía descendente.

La operación que acabamos de describir no tendría la menor dificultad si no fuera por el hecho de que el marco de referencia de la evaluación de la exposición es conceptualmente distinto del de la evaluación del riesgo: el primero es el grupo de exposición homogénea (GEH), definido en el anexo II como la asociación entre un puesto de trabajo y un agente químico (o varios que producen el mismo efecto), y el segundo, la tarea, normalmente constituida en situación de riesgo. Esta diferencia conceptual acarrea algunas complicaciones cuando ambos marcos no coinciden en la práctica.

Los casos de disparidad pueden agruparse en dos clases:

¹⁰La única excepción la constituyen las medidas de seguimiento de la exposición, es decir, las mediciones periódicas, cuya necesidad y frecuencia, como se acaba de ver, sólo dependen de la evaluación de la exposición.

- a) Cuando una tarea comprende varios grupos de exposición homogénea. En tal caso se valorará el riesgo de cada GEH y se tomará como riesgo de la tarea el mayor de ellos.
- b) Cuando un GEH comprende varias tareas sucesivas.

En este caso, la propuesta es proceder como sigue: a la tarea de máxima exposición se la asigna el valor de riesgo que resulte para el GEH y los valores de las restantes tareas se irán determinando, por riguroso orden de magnitud, tras descontar la contribución a la exposición global de las tareas ya valoradas.

3.1.11 Priorización de las medidas preventivas restantes o adicionales

Medidas preventivas restantes serán las aún pendientes de implantar para eliminar factores de riesgo remotos identificados con anterioridad y adicionales las que pudieran considerarse pertinentes ahora, tras una indagación más exigente como consecuencia de resultados poco satisfactorios en la evaluación del riesgo.

Las medidas preventivas se priorizarán por tareas, es decir, todas las medidas aplicables a una tarea o situación de riesgo higiénico recibirán el mismo nivel de acción. La propuesta es considerar cuatro niveles de acción (I, II, III y IV) que se corresponderán unívocamente con los niveles de riesgo definidos. Al igual que se decía de los niveles de riesgo, sólo el nivel de acción I tiene un significado temporal concreto, el de una corrección inmediata, mientras que los restantes denotan, simplemente, una urgencia progresivamente menor.

Como ya se ha señalado, establecer la prioridad de las medidas preventivas necesarias es un objetivo básico de toda evaluación de riesgos y constituye, por tanto, la última de sus fases, la que da forma definitiva a sus conclusiones.

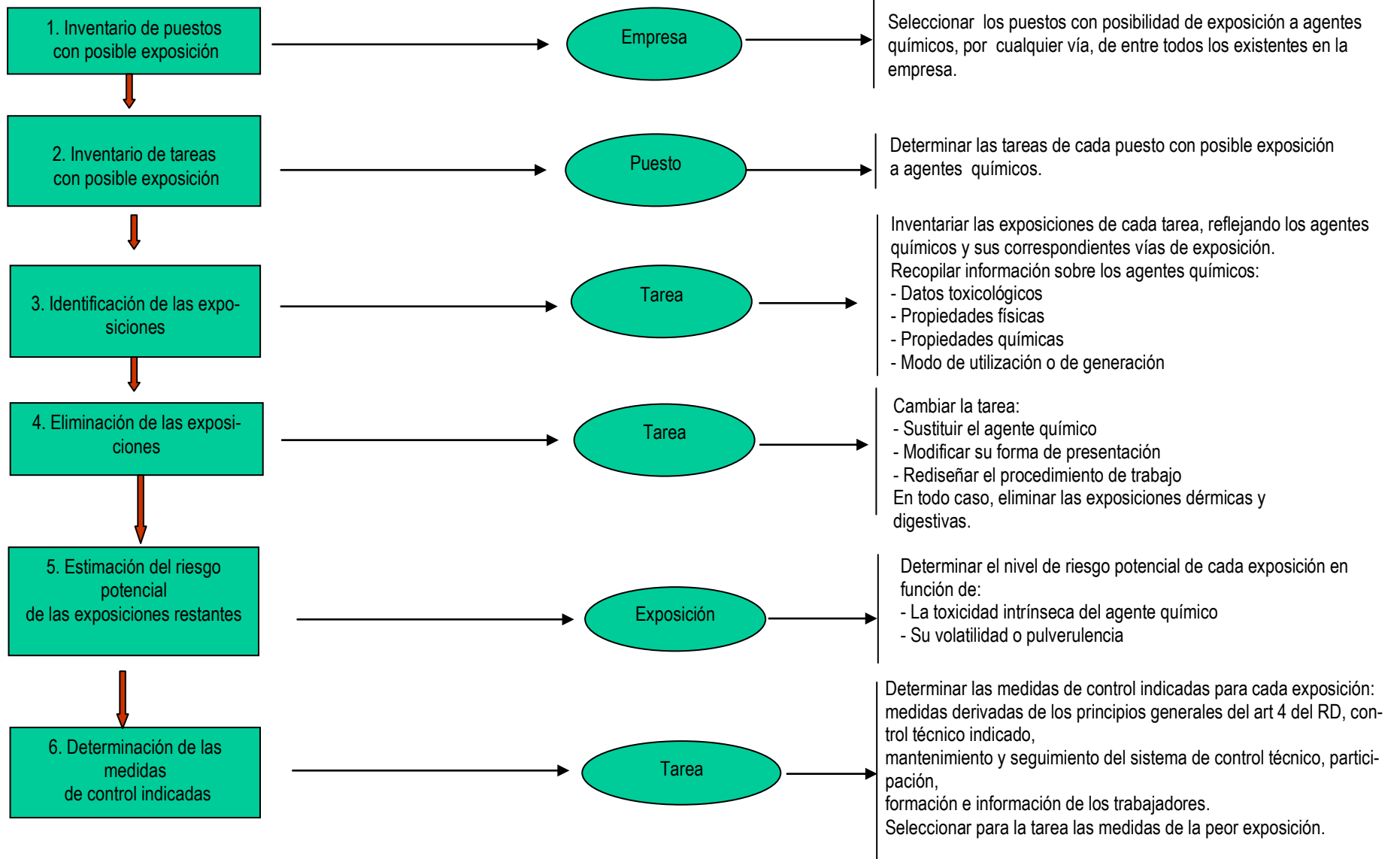
Aunque en este documento nos ocupemos sólo de los riesgos por exposición a agentes químicos, no se debe perder de vista que esta priorización habrá de insertarse en otra más amplia que tendrá que comprender todos los riesgos existentes en la empresa: otros higiénicos, los de accidente, los ergonómicos y los psicosociales. Para que esta inserción resulte fácil y coherente, la evaluación de estos riesgos debería contemplar las mismas categorías de nivel de riesgo de las situaciones y de nivel de acción de las medidas que las aquí consideradas, así como criterios de clasificación homogéneos.

3.2 Diagrama

Fases del proceso

Marco de referencia

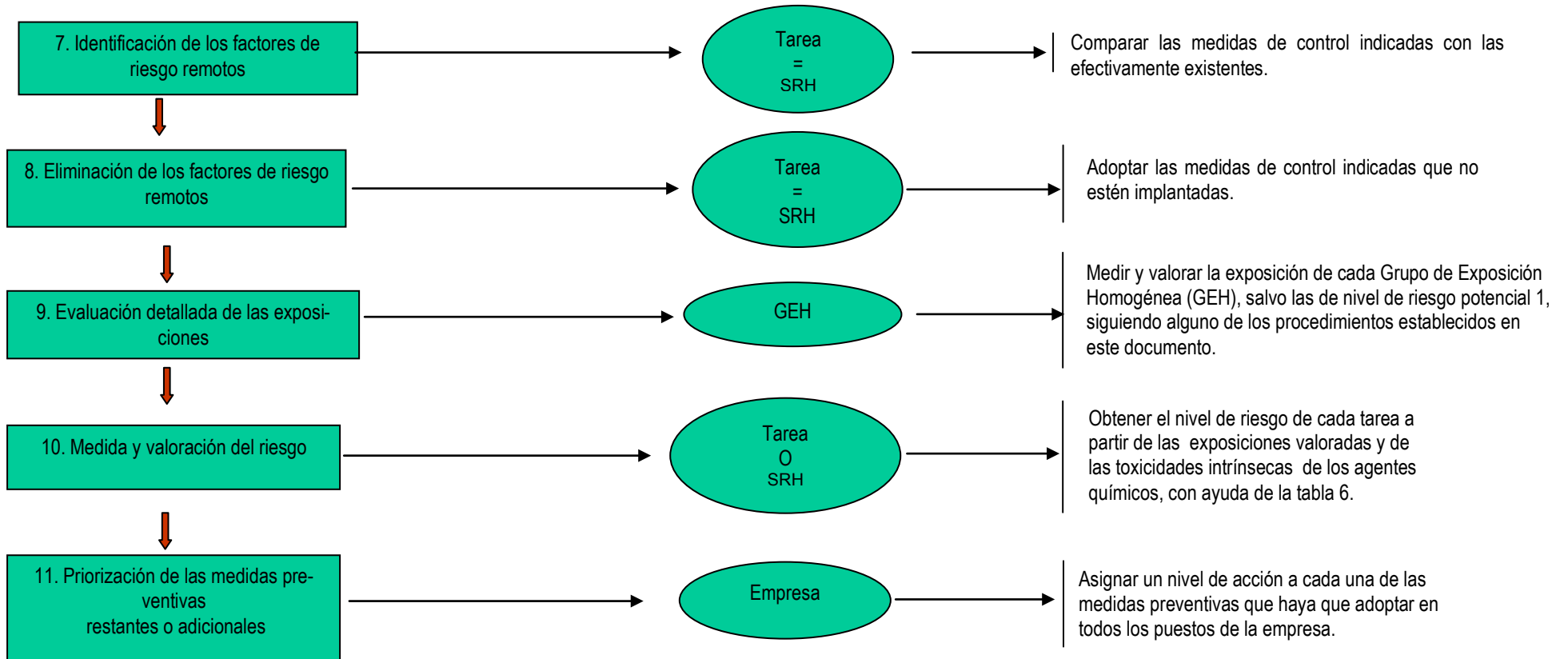
Acciones



Fases del proceso

Marco de referencia

Acciones



BIBLIOGRAFÍA

- Leiden, N.A., Busch, K.A. y Lynch, J.R. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: NIOSH, 1977.
- RHodia: **Guide de l'hygiene industrielle. Evaluation quantitative des expositions professionnelles aux agents chimiques par inhalation** (comunicación personal)
- AENOR. **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**. Madrid:AENOR, 1996.
- AENOR. **UNE-EN 1540: Atmósferas en el lugar de trabajo. terminología**. Madrid:AENOR, 1999.
- España. **Real Decreto 374/2001, de 6 de abril (BOE nº104 de 1 de mayo de 2001) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**. Madrid: BOE, 2001.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. **Guía técnica del RD 374/2001 para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo**. Madrid: INSHT, 2002.
- Health and Safety Executive. **COSHH Essentials**. Londres: HSE, 2003.
- Health and Safety Executive. **COSHH Essentials**. Londres: HSE, 2010.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. **Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2010**. Madrid, 2011.
- Comisión Europea. **Directrices prácticas de carácter no obligatorio sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos químicos**. Luxemburgo: Oficina de publicaciones oficiales, 2006.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Industrial ventilation: A manual of recommended practice. 25 ed., 2004**.

- Generalitat Valenciana. Conselleria de Treball i Afers Socials. **Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales.** 1ª ed., 1992 = **Industrial ventilation: A manual of recommended practice.** 20 ed, 1988.

ANEXO 1: TABLAS

Tabla 1. Peligrosidad intrínseca de las sustancias químicas (Frasas R)

Grupo de peligrosidad por inhalación				
A	B	C	D	E
R36 R36/38 R38	R20 R20/21 R20/21/22 R20/22	R23 R23/24 R23/24/25 R23/25	R26 R26/27 R26/27/28 R26/28	Mutagénico categoría 3, R40
R67	R21 R21/22	R24 R24/25	R27 R27/28	R42 R42/43
Todas las sustancias que no tengan asignadas frases R que correspondan a los grupos B a E		R34	R29	R45
		R35	R31 R32	R46
		R36/37 R36/37/38	R39 R39/23 R39/23/24 R39/23/25 R39/24/25 R39/23/24/25 R39/26 R39/27 R39/26/27 R39/26/28 R39/26/27/28 R39/27/28	R49
		R37 R37/38		
		R41	Carcinógeno categoría 3, R40	Mutagénico categoría 3, R68
		R43	R48/23 R48/23/24 R48/23/24/25 R48/23/25 R48/24 R48/24/25	
		R48/20 R48/20/21 R48/20/21/22 R48/20/22 R48/21 R48/21/22	R60 R61 R62 R63	
		R68 R68/20 R68/21 R68/20/21 R68/20/22 R68/21/22 R68/20/21/22		

Tabla 1a. Peligrosidad intrínseca de las sustancias químicas (Frases H)

Grupo de peligrosidad por inhalación				
A	B	C	D	E
H303 H304 H305	H302	H301	H300	
H313 H315 H316 H318 H319	H312	H311 H314 H317 H318	H310	
H320				H334
H333 H336	H332	H331 H335	H330	H340 H341
Todas las sustancias que no tengan asignadas frases H que correspondan a los grupos B a E			H351	H350
			H360 H361 H362	
	H371	H370 H373	H372	

Tabla 2. Tendencia de los sólidos a formar polvo

Nivel de tendencia		
Baja	Media	Alta
Sustancias en forma de granza (pellets) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia producción de polvo durante su empleo. Ejemplos: granza de PVC, escamas enceradas, pepitas, etc.	Sólidos granulares o cristalinos. Cuando se emplean, se observa producción de polvo, que se deposita rápidamente y se nota sobre las superficies adyacentes. Ejemplo: polvo de detergente	Polvos finos y de baja densidad. Cuando se emplean, se observa que se producen nubes de polvo que permanecen en el aire durante varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, tiza, etc.
En caso de duda, elija la categoría superior.		

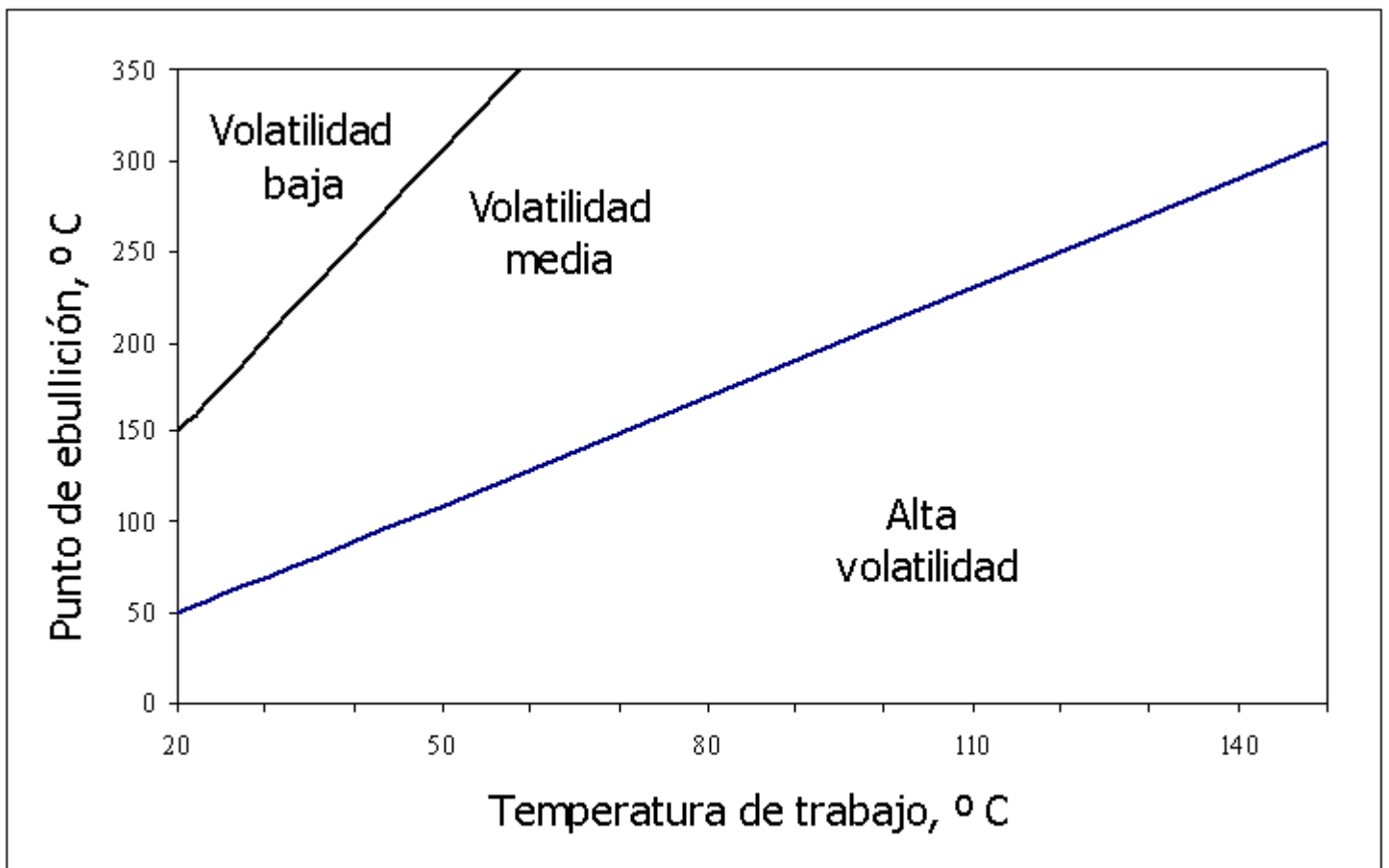


Figura 1: Volatilidad de los líquidos

Tabla 3. Niveles de cantidad de sustancia utilizados

Niveles de cantidad de sustancia	Cantidad empleada por operación
Pequeño	Gramos o mililitros
Mediano	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

Tabla 4. Determinación del nivel de riesgo potencial

Grado de peligrosidad A			
	Volatilidad/ Generación de polvo		
Cantidad usada	Baja	Media	Alta
Pequeño	1	1	1
Mediano	1	1	2
Grande	1	2	2

Grado de peligrosidad B			
	Volatilidad/ Generación de polvo		
Cantidad usada	Baja	Media	Alta
Pequeño	1	1	1
Mediano	1	2	2
Grande	2	3	3

Grado de peligrosidad C			
	Volatilidad/ Generación de polvo		
Cantidad usada	Baja	Media	Alta
Pequeño	1	2	2
Mediano	2	3	3
Grande	3	4	4

Grado de peligrosidad D			
	Volatilidad/ Generación de polvo		
Cantidad usada	Baja	Media	Alta
Pequeño	2	3	3
Mediano	3	4	4
Grande	4	4	4

Grado de peligrosidad E
En todas las situaciones que impliquen sustancias de este nivel de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo potencial es 4

Tabla 5. Medidas preventivas recomendadas para cada nivel de riesgo potencial

Medidas preventivas	Nivel de riesgo potencial			
	1	2	3	4
Ventilación general	X			
Extracción localizada		X		
Confinamiento			X	
Medidas específicas				X

Tabla 6. Medida y valoración del riesgo

EXPOSICIÓN	TIPO DE AQ	NIVEL DE RIESGO
Inaceptable	A, B, C, D y E	I
Tolerable	E	I
	D	II
	C	II
	B	III
	A	IV
Aceptable	E	II
	D	III
	C	III
	B	IV
	A	IV

ANEXO 2: EVALUACIÓN DETALLADA DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

ÍNDICE

1. EVALUACIÓN DEL RIESGO Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

2. EVALUACIÓN DETALLADA DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

2.1. Indicaciones

2.2. Grupos de Exposición Homogénea (GEH)

2.3. Clasificación de las exposiciones

3. EVALUACIÓN INICIAL

3.1. Evaluación de la Exposición Diaria (ED)

3.1.1. Determinación de la ED de una jornada

3.1.2. Valoración de la ED a largo plazo

3.1.2.1. Basada, Inicialmente, en un solo valor de ED

3.1.2.2. Basada en 6 o más valores de ED

3.2. Evaluación de la Exposición de Corta Duración (EC)

3.2.1. Determinación de la máxima EC

3.2.2. Valoración de la EC

4. MEDICIONES PERIÓDICAS

1. EVALUACIÓN DEL RIESGO Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La evaluación del riesgo por exposición¹¹ a agentes químicos pretende alcanzar los mismos tres objetivos que la de cualquier otro tipo de riesgo, a saber:

1. Decidir sobre la necesidad o no de adoptar medidas preventivas adicionales a las ya existentes.
2. Determinar la índole de las medidas preventivas que hay que adoptar.
3. Priorizar las medidas preventivas necesarias.

Por otra parte, siempre que no haya dificultades insalvables de orden práctico, o que no resulte, ya de entrada, totalmente evidente la conclusión, la evaluación del riesgo debe basarse en una evaluación detallada de la exposición, ya que, de esta forma, el error puede ser menor que si se basara en la consideración directa de los factores de riesgo materiales y organizativos (también llamados remotos) que dan lugar a dicha exposición. Este modo de actuación es el característico de la Higiene Industrial y constituye su contenido técnico específico.

No obstante, como ya sabemos, la evaluación de la exposición a un agente químico sólo nos proporciona un juicio sobre la probabilidad de que ese agente químico llegue a producir su efecto característico, pero no nos dice nada sobre la gravedad de ese efecto. Puesto que hay que tener en cuenta este parámetro para evaluar el riesgo, la evaluación de la exposición sólo será una parte del proceso.

Así, no debemos perder de vista que una vez completada la evaluación de todas las exposiciones de interés, aún se habrán de considerar las peligrosidades intrínsecas de los diversos agentes químicos (véase la tabla 6), antes de establecer la preferencia de las respectivas medidas preventivas. Sólo en el caso de que todas las exposiciones lo fueran a un mismo agente, la jerarquía de las exposiciones traduciría fielmente la de los correspondientes riesgos.

2. EVALUACIÓN DETALLADA DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

2.1. Indicaciones

El procedimiento de evaluación de la exposición que se describirá en los siguientes apartados constituye un complemento y no una alternativa a la metodología de estimación del riesgo potencial de una exposición que recoge el punto 3.1.5 de este documento. Debe ser aplicado, por tanto, en los casos en que aquélla aboque a la necesidad de mediciones ambientales, que son todos salvo los de

¹¹ En este texto, como es habitual, cuando se habla de exposición, sin adjetivos, ha de entenderse "por inhalación".

nivel de riesgo 1, en el momento procesal que le corresponde, y sin más flexibilidad que la contemplada en el apartado 3.1.7(4º párrafo de la página 12).

En resumen, la medición es una opción a justificar y no una rutina, pero cuando está indicada ha de ajustarse a un procedimiento normalizado que garantice una mínima fiabilidad y validez de sus resultados.

2.2. Grupos de Exposición Homogénea (GEH)

Un grupo de exposición homogénea viene definido por la asociación entre una función de trabajo y un agente químico (o varios que producen el mismo efecto), en un ambiente dado¹².

Así, en principio, entre los trabajadores que desempeñan el mismo puesto de trabajo¹³, habrá tantos GEH como agentes químicos de efectos independientes a los que estén expuestos.

Todo el procedimiento de evaluación de la exposición descrito en este anexo y, por tanto, también las conclusiones del mismo, se aplican a cada grupo de exposición homogénea.

Naturalmente, la principal utilidad de este concepto es permitir el establecimiento de conclusiones sobre el grupo en base a mediciones realizadas para algunos de sus miembros. La norma UNE- EN 689 admite una proporción tan baja como uno de cada diez.

2.3. Clasificación de las exposiciones

La conclusión del proceso de evaluación detallada será la clasificación de la exposición de cualquier GEH en una de las tres categorías siguientes:

- ***Exposición aceptable***

No requiere seguimiento mediante mediciones periódicas.

- ***Exposición tolerable***

Presenta riesgos de deriva y, por tanto, es tributaria de seguimiento mediante mediciones periódicas.

- ***Exposición inaceptable***

Necesita corrección para reducir la exposición y, posteriormente, una nueva evaluación.

¹² Definición tomada del documento de Rhodia referenciado en la bibliografía.

¹³ Un puesto de trabajo se define por el ejercicio de una función en un ámbito específico.

3. EVALUACIÓN INICIAL

Si se pretende medir la exposición real de los trabajadores, las mediciones de concentración han de ser personales, esto es, efectuadas mediante equipos que portan los sujetos mientras trabajan, y cuya cabeza de captación está situada en la zona de respiración¹⁴.

Las mediciones de área o estáticas, es decir, las realizadas en posiciones fijas, pueden servir en ocasiones para evaluar la exposición por exceso, por lo que no deben descartarse totalmente.

3.1 Evaluación de la Exposición Diaria (ED)

La ED es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real, y referida a una jornada estándar de 8 horas. Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas.

Es evidente que sólo procederá la evaluación de la ED a un agente químico cuando éste tenga establecido un valor límite para ella. En tal caso, el procedimiento habrá de comenzar por la determinación de uno o más valores de ED en el GEH, por lo que, lo primero que se ha de establecer es cómo se determina la ED de una jornada.

3.1.1. Determinación de la ED de una jornada

Esta determinación se lleva a cabo mediante un proceso de tres etapas sucesivas.

1. División de la jornada en periodos de exposición uniforme.

Consiste, como se indica, en dividir la jornada de trabajo del GEH en tareas bien definidas en las que la exposición pueda considerarse uniforme¹⁵. De este modo, la concentración estaría sujeta a variaciones sistemáticas entre periodos y a variaciones únicamente aleatorias dentro de cada uno.

Esta primera fase no sería imprescindible si se optase por medir la jornada completa, aunque, incluso así, resultaría conveniente, por proporcionar más información, salvo que razones de otro orden aconsejasen tomar una muestra única.

¹⁴ Véase su definición en la norma UNE- EN 1540 Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología.

¹⁵ Debería reconsiderarse la división si se encontrasen posteriormente, caso de que el método de muestreo lo permita, concentraciones muestrales, dentro de un periodo, inferiores a la mitad o superiores al doble de la media del periodo.

2. Muestreo y cálculo de la concentración media de cada periodo de exposición uniforme.

El siguiente paso es decidir el tipo de muestreo que va a utilizarse para medir la concentración en cada periodo de exposición uniforme. Las estrategias posibles son:

- a. Periodo completo - muestra única
- b. Periodo completo - muestras consecutivas
- c. Periodo parcial - muestra única
- d. Periodo parcial – muestras consecutivas
- e. Muestreo puntual aleatorio
- f. Muestreo de ciclos

Respecto de estas modalidades conviene señalar lo siguiente:

- La preferencia inequívoca de las dos de periodo completo sobre las de periodo parcial. En estas últimas se acepta de entrada un error que, por otra parte no puede estimarse. En cualquier caso, de acuerdo con el anexo A de UNE-EN 689¹⁶, el muestreo habría de abarcar, al menos, el 25% del periodo representado.
- En el muestreo puntual aleatorio, cada muestra tiene la duración mínima compatible con el método de medida, son todas de la misma duración y se toman en momentos elegidos al azar de la totalidad del periodo representado. Es el que produce el mayor margen de error en la estimación de la media del periodo.
- El llamado muestreo de ciclos tiene también carácter aleatorio, pero cada muestra abarca, necesariamente, un ciclo completo o un número entero de ciclos. Es, pues, una modalidad limitada a periodos en los que la exposición tenga ese carácter cíclico y, por tanto, no constituye una opción para todos los casos.
- Los muestreos de tipo e y f requieren un número mínimo de muestras, que es función de la duración de cada una. Puede usarse como orientación la tabla del citado anexo A de UNE-EN 689.

A partir de las concentraciones muestrales, la concentración media del periodo de exposición uniforme (C) se obtendría, para las distintas estrategias, mediante las expresiones siguientes:

- a. Periodo completo – muestra única
 $C = c$
Siendo c la única concentración muestral

¹⁶UNE- 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 medición. AENOR, 1996.

- b. Periodo completo – muestras consecutivas

$$C = \sum c_i t_i / T$$

Siendo c_i las concentraciones muestrales, t_i las duraciones de las respectivas muestras y T la total del periodo, que coincidirá, lógicamente, con $\sum t_i$.

- c. Periodo parcial – muestra única

$$C = c$$

Siendo c la concentración muestral única.

- d. Periodo parcial – muestras consecutivas

$$C = \sum c_i t_i / \sum t_i$$

Siendo c_i las concentraciones muestrales y t_i las duraciones de las muestras respectivas.

- e. Muestreo puntual aleatorio

$$C = \sum c_i / n$$

Siendo c_i las concentraciones muestrales y n el número de muestras.

- f. Muestreo de ciclos

$$C = \sum c_i / n$$

Siendo c_i las concentraciones muestrales y n el número de muestras.

3. Cálculo de la ED de la jornada

Se obtiene a partir de las concentraciones medias de los periodos de exposición uniforme (C_i) y de las respectivas duraciones de estos en horas (T_i), por la siguiente fórmula:

$$ED = \sum C_i T_i / 8$$

3.1.2. Valoración de la ED a largo plazo

Como es sabido, la ED de un GEH no es una constante a lo largo del tiempo, sino que varía de una jornada a otra aun cuando no puedan apreciarse diferencias sistemáticas entre ellas en lo que se refiere a las condiciones de trabajo. Con carácter general, en base a consideraciones teóricas y a la evidencia empírica, se acepta que la ED se comporta como una variable aleatoria de distribución logarítmico-normal.

Así pues, la valoración de la ED de una jornada sólo tiene interés desde la perspectiva de una Administración inspectora que se planteara la comprobación puntual del cumplimiento de una disposición reglamentaria. Para el empresario, que ha de deducir de la evaluación del riesgo la planifica-

ción de su actividad preventiva, únicamente la valoración a largo plazo¹⁷ puede fundamentar una predicción fiable y, por tanto, tiene interés y sentido.

A continuación se exponen los dos procedimientos de valoración de la ED a largo plazo que recogen los anexos de UNE-EN 689. Ambos establecen como requisito para su aplicación que no haya diferencias sistemáticas en las condiciones de trabajo entre jornadas. No obstante, si las hubiera, aún sería posible aplicarlas al conjunto de jornadas más desfavorables, en una estrategia de evaluación de la exposición por exceso.

Basada, inicialmente, en un solo valor de ED

La principal ventaja de este método es que minimiza el número de mediciones de partida y va ampliándolo, a la medida de las necesidades, en función de los resultados anteriores¹⁸. Su mayor inconveniente es que no permite caracterizar la distribución de ED estimando sus parámetros y, por tanto, tampoco garantiza que se alcance una conclusión.

Si, de acuerdo con la composición del GEH, fuera preciso medir la exposición de más de un trabajador, el procedimiento debería aplicarse a cada uno por separado, y decidir para el conjunto en base al caso más desfavorable.

La sistemática es como sigue:

- 1) Obtener un valor de ED
- 2) Calcular la ED relativa (ED_r) dividiendo ED por el valor límite aplicable (VLA-ED)
 $ED_r = ED / VLA-ED$
- 3) Si $ED_r \leq 0.1$, **exposición aceptable**
Si $ED_r > 1$, **exposición inaceptable**
Si $0.1 < ED_r \leq 1$, determinar, al menos, dos nuevos valores de ED_r ¹⁹
- 4) Si ED_{r1} y ED_{r2} y ... $ED_{rn} \leq 0.25$, **exposición aceptable**
- 5) Si ED_{r1} o ED_{r2} o ... $ED_{rn} > 1$, **exposición inaceptable**
- 6) Si alguna $ED_r > 0.25$ pero todas ≤ 1 y $MG^{20} \leq 0.5$, **exposición tolerable**
- 7) Si $MG > 0.5$, caben las siguientes opciones:

- Mejorar el control de la exposición y repetir el procedimiento de evaluación
- Obtener nuevos valores de ED_r y seguir el procedimiento a partir del punto 4, hasta alcanzar una conclusión.

¹⁷ Es decir, aquélla que pretende alcanzar conclusiones sobre la población de exposiciones diarias que corresponde a las actuales condiciones de trabajo.

¹⁸ Ello facilita la aplicación a procesos de trabajo no demasiado estables en los que puede ser difícil predecir con cierta antelación si en un día determinado se van a dar las condiciones deseadas.

¹⁹ Correspondientes a dos nuevas jornadas, preferentemente no consecutivas y elegidas al azar.

²⁰ Media geométrica de los valores de ED_r .

Basada en 6 o más valores de ED

El anexo G de UNE-EN 689 recoge el procedimiento gráfico de esta valoración.

Aquí sólo se reflejará la versión analítica²¹, que no está desarrollada en la norma, utilizando algunas aproximaciones del Manual NIOSH de estrategia de muestreo²². El proceso es el siguiente:

1. Obtener al menos 6 ED, aleatoriamente, en el GEH.
2. Comprobar la homogeneidad²³ de la exposición en el GEH.
3. Transformar las ED en ED_r, dividiéndolas por el valor límite correspondiente (VLA-ED).
$$ED_r = ED/VLA-ED$$
4. Calcular los logaritmos neperianos de las ED_r
$$y_i = \ln ED_{ri}$$
5. Calcular la media muestral (Y) y la cuasidesviación típica muestral (S_{n-1,y}), según las siguientes fórmulas:
$$Y = \sum y_i/n$$

$$S_{n-1,y} = \sqrt{\sum (y_i - Y)^2/n-1}$$
6. Tipificar la transformada del valor límite, ln (VL-ED/VL-ED), calculando el estadístico:
$$Z^{24} = (0 - Y)/S_{n-1,y}$$
7. Buscar en la tabla de la distribución normal tipificada, la probabilidad (p) de superar el valor de Z calculado. Esa será la probabilidad de que la ED de una jornada cualquiera supere el valor límite.
8. Si $p \leq 0,1\%$, **exposición aceptable**. Situación verde
Si $p > 5\%$, **exposición inaceptable**. Situación roja.
Si $0,1\% < p \leq 5\%$, **exposición tolerable**. Situación naranja.

3.2. Evaluación de la Exposición de Corta Duración (EC)

Por EC ha de entenderse la concentración media de cualquier período de 15 minutos de la jornada de trabajo. Así, a diferencia de la ED, de la que no puede haber más que un valor

²¹ La desventaja fundamental que presenta respecto a la gráfica es que no se comprueba el ajuste de la distribución empírica al modelo logarítmico-normal.

²² Leidel, Busch y Lynch: Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. NIOSH, 1977.

²³ Si la ED de algún trabajador es menor que la mitad o mayor que el doble de la media aritmética del grupo, habrá que replantearse la clasificación de los sujetos.

²⁴ Realmente este estadístico no es Z sino t, ya que en el denominador no aparece la desviación típica de la población sino su estimador muestral, pero se ha considerado suficiente aproximación asumir, siguiendo el manual NIOSH, la distribución normal.

por jornada y trabajador, de EC puede haber tantos como periodos de 15 minutos quepan en ella, que, si admitimos solapes, serán prácticamente infinitos.

Si el agente químico en cuestión tiene asignado un valor límite para la EC (VLA-EC), que será cuando haya que hacer esta evaluación, el objetivo será asegurarse de que ninguna exposición de corta duración lo supera; por tanto, el primer paso consistirá en determinar la máxima EC de la jornada.

3.2.1. Determinación de la máxima EC

La selección del periodo o periodos de 15 minutos sospechosos de la máxima exposición ha de hacerse de modo sistemático, es decir, mediante un análisis de las tareas y sus circunstancias, que ponga de manifiesto las más desfavorables.

Si el número de periodos seleccionado de esta forma fuera razonable, se mediría la EC de cada uno y el valor más alto obtenido sería la máxima EC buscada.

Si, por el contrario, el número fuera muy elevado, habría que proceder a extraer aleatoriamente de entre ellos una muestra de periodos a medir. Sería, también ahora, la EC más alta obtenida la que utilizaríamos para la valoración en primera instancia, pero, a diferencia del caso anterior, sin la seguridad de que hubiéramos determinado la máxima EC.

3.2.2. Valoración de la EC

El procedimiento se resume en los siguientes pasos:

1. Se compara el máximo valor de EC medido con el VLA-EC.
 - . Si lo supera, acaba la valoración con la conclusión de que la exposición es **inaceptable**.
 - . Si no lo supera y la selección de los periodos de medida ha sido puramente sistemática, también hay que dar por terminado el proceso con la conclusión de que la exposición es **tolerable** (máx EC > 0,5 VL-EC) o **aceptable** (máx EC ≤ 0,5VL-EC).
 - . Si no lo supera, pero la selección de los periodos ha comportado una fase aleatoria, hay que continuar el procedimiento de valoración hasta estimar la probabilidad de superación del valor límite en el conjunto de los periodos sospechosos no medidos.

Para ello se parte, al igual que se hizo en la valoración a largo plazo de la ED, de la suposición, ampliamente admitida, de que la EC, cuando no hay diferencias sis-

temáticas entre períodos, se comporta como una variable aleatoria de distribución logaritmo-normal. Así, si se dispone de una muestra al azar de valores de EC, como es el caso, es posible estimar los parámetros de la distribución y, en base a ellos, llegar a conocer la probabilidad buscada. El procedimiento, en buena parte análogo al del punto 3.1.2.2., continúa como sigue:

2. Transformar las EC medidas en EC_r , dividiéndolas por VLA-EC.
3. Calcular los logaritmos neperianos de las EC_r : $y_i = \ln EC_{ri}$
4. Calcular la media muestral (Y) y la cuasidesviación típica muestral ($S_{n-1,y}$), que son los mejores estimadores de la media y la desviación típica poblacionales, mediante las siguientes fórmulas:

$$Y = \sum y_i/n \quad S_{n-1,y} = \sqrt{\sum (y_i - Y)^2/n-1}$$
5. Tipificar la transformada del valor límite, $\ln(VLA-EC/VLA-EC)$, calculando el estadístico

$$Z = (0 - Y)/S_{n-1,y}$$
6. Buscar, en la tabla de la distribución normal tipificada, la probabilidad (p) de superación del valor Z obtenido. Como p es la probabilidad de que uno cualquiera de los períodos no medidos supere el valor límite, $1 - p$ será la probabilidad de que no lo supere y $p' = (1 - p)^{k-i}$, siendo k el total de períodos sospechosos e i el de medidos, será la probabilidad de que no se supere en ninguno de los períodos no medidos.
7. Si $p' > 0.9$ (90%), la exposición será **aceptable**.

Si $p' < 0.1$ (10%), la exposición será **inaceptable**.

Si $0.1 \leq p' \leq 0.9$, la exposición se considerará sólo **tolerable**.

4. MEDICIONES PERIÓDICAS DE EXPOSICIÓN

Por mediciones periódicas se entiende un modo de seguimiento de la exposición que se instaura cuando los resultados de la evaluación inicial no permiten considerarla aceptable ni inaceptable, y tampoco se estima justificado introducir medidas adicionales de control, por el momento, o no se encuentran posibilidades de mejora. Se parte, por tanto, de una exposición tolerable, puesto que no se ha sustanciado ninguna superación del valor límite, pero que presenta riesgo de deriva.

Las mediciones periódicas no constituyen evaluaciones sucesivas de la exposición y , por consiguiente, no han de seguir los procedimientos descritos anteriormente. Tampoco han de confundirse con el seguimiento de las medidas de control del riesgo, como, por ejemplo, las comprobaciones periódicas de los sistemas de ventilación, que han de realizarse siempre, tanto si es preciso llevar a cabo mediciones periódicas de la exposición, como si no.

Las mediciones periódicas han de permitir alcanzar un doble objetivo:

- a) Establecer la tendencia de la exposición, de modo que se puedan aplicar medidas correctoras, si fuera necesario, antes de que se produzca la superación del valor límite.
- b) Ajustar de modo flexible la frecuencia de las mediciones a la entidad real de la exposición.

Para ello, es necesario que las mediciones periódicas respondan a un programa, elaborado desde el primer momento, que establezca claramente qué medir, dónde o a quién, cuándo y con qué frecuencia. De este modo, los resultados que se vayan obteniendo serán comparables entre sí y sus diferencias obedecerán sólo a las variaciones de la exposición y no a distintos criterios de medición.

El análisis de la tendencia de la exposición a partir de los datos de las mediciones periódicas puede efectuarse por el método de la media ponderada móvil, que recoge el Anexo G de UNE-EN 689.

Por otra parte, los Anexos D y F de la misma norma incluyen dos sistemas para establecer la frecuencia de medida, de los cuales se expone aquí el más sencillo. La periodicidad inicial se fija en 16 semanas, con los siguientes criterios de variación:

1. Si el resultado de una medición es tal que la exposición es igual o inferior al 25% del valor límite, la siguiente medición se realizará al cabo de 64 semanas.
2. Si el resultado de la medición es tal que la exposición está comprendida entre el 25 y el 50% del valor límite, la siguiente medición se realizará a las 32 semanas.
3. Si el resultado de la medición es que la exposición está comprendida entre el 50 y el 100% del valor límite, la siguiente medición se efectuará a las 16 semanas.
4. Si varias mediciones sucesivas dan valores de exposición inferiores al 10% del valor límite, se puede reconsiderar la necesidad del propio programa de mediciones periódicas.
5. Si de alguna medición se deduce una exposición superior al valor límite, se han de aplicar las medidas preventivas necesarias y, con posterioridad, repetir la evaluación inicial siguiendo alguno de los procedimientos establecidos para ella.

	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9987	0,9988	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Tabla de la distribución normal tipificada