

# Exposición dérmica a sustancias químicas: metodología simplificada para su determinación

*Dermal exposure to chemicals: simplified methodology for evaluation*  
*L'exposition cutanée aux produits chimiques, une méthodologie simplifiée pour l'évaluation*

## Redactores:

Isaac Abril Muñoz  
*Ldo. en Ciencias Químicas*

Pedro Delgado Cobos  
*Dr. en Ciencias Químicas*

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS  
DE PROTECCIÓN

*Esta NTP es la segunda de tres notas técnicas de prevención relativas a la exposición por vía dérmica a sustancias químicas, ampliando la información incluida en la NTP 697 "Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica". En la primera nota técnica (NTP 895) se analizan los métodos de medida para la exposición dérmica laboral a sustancias químicas, centrándose la presente NTP en los métodos existentes para la determinación simplificada de la exposición dérmica a sustancias químicas. La tercera de las NTP (NTP 897) aborda la metodología simplificada para la evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica a sustancias químicas.*

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## 1. INTRODUCCIÓN

La exposición de los trabajadores puede ser estimada mediante el uso de una serie de bases de datos y/o modelos de cálculo, desarrollados para evitar la realización mediciones de la exposición dérmica, sin necesidad del tiempo y recursos requeridos para ello.

Normalmente los modelos se basan en mediciones reales de exposición dérmica, de tal forma que aplicando el modelo se puede estimar la exposición de una situación similar. Los primeros modelos para la estimación de la exposición dérmica se desarrollaron en el campo de los productos fitosanitarios, ya que en la mayoría de los estudios reales éstos eran los productos utilizados. Estos son:

- Pesticide Handlers Exposure Database (PHED)
- Predictive Operator Exposure Model (POEM)
- Modelo Alemán
- Modelo Holandés
- European Predictive Operator Exposure Model (EUROPOEM)

A partir de éstos se han desarrollado modelos de cálculo para evaluar la exposición a diferentes tipos de sustancias químicas como por ejemplo biocidas, y otros específicos para una tarea determinada, como es el pintado con pistola de coches. En el ámbito de los productos fitosanitarios se ha desarrollado un método semicuantitativo para la determinación de la exposición a este tipo de productos llamado Método para la clasificación de los determinantes de exposición dérmica (DERM).

La evaluación la exposición dérmica a agentes químicos en general puede realizarse utilizando el método ECETOC Targeted Risk Assessment (TRA) desarrollado por el Centro Europeo para la Ecotoxicología y Toxicología de Agentes químicos (ECETOC), el cual se basa en el modelo EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure) que se describe a continuación. La Guía sobre los requerimientos de información y evaluación de la se-

guridad de las sustancias y preparados químicos, en su Capítulo R.14: Estimación de la exposición de los trabajadores, elaborada por la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA), recomienda la utilización del Método ECETOC TRA como primera aproximación para la determinación de la exposición dérmica e inhalatoria, en el marco del reglamento REACH.

Esta misma Guía, recomienda la utilización del modelo desarrollado en el proyecto Europeo Risk Assessment for Occupational Dermal Exposure to Chemicals (RISKOFDERM) para refinar los resultados obtenidos en la primera aproximación.

Sin embargo, todos estos modelos se desarrollaron para su utilización por profesionales expertos, fundamentalmente en la autorización de la comercialización de productos. No son sencillas herramientas para la evaluación simplificada del riesgo por exposición dérmica para su manejo por empresarios, técnicos de prevención o trabajadores. A pesar de ello, se considera que su utilización puede ser útil a la hora de estimar la exposición, pudiendo utilizar conjuntamente alguna de las herramientas descritas en la NTP 897.

En la presente nota técnica de prevención se describirá asimismo el método semicuantitativo DREAM (Dermal Exposure Assessment Method) para la evaluación de la exposición de agentes químicos y biológicos. El método DREAM puede servir para:

- Una evaluación inicial de los niveles de exposición a líquidos y a sólidos
- Una herramienta para establecer las estrategias, determinando quién o quiénes, qué y dónde medir, estableciendo unas prioridades en función de las partes del cuerpo más afectadas, trabajadores o grupos de trabajadores y tareas (tal y como se describe en la NTP-895 Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida)
- Una herramienta para el establecimiento de medidas preventivas adecuadas.

## 2. MODELO EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure)

El modelo EASE se desarrolló por el Health Safety Executive (HSE) en el Reino Unido en los años 1990s, basándose, la parte del modelo EASE referente a la exposición dérmica, en un número muy limitado de estudios de adherencia del contaminante a las manos y a los antebrazos sumergidos en un líquido y en los criterios establecidos por expertos en esta materia.

Según el modelo EASE existen tres puntos clave en la evaluación de la exposición dérmica:

- El estado físico de la sustancia.
- El patrón de utilización y de control de la exposición de la sustancia.
- El nivel de contacto, ocasional (una vez al día), intermitente (2 a 10 contactos) y amplio (>10).

La evaluación según este método, sigue el esquema de la figura 1.

El modelo expresa la exposición dérmica como la cantidad en miligramos que es capaz de depositarse en las manos y brazos (una superficie estimada de 2000 cm<sup>2</sup>) durante un día de trabajo, sin tener en cuenta la cantidad de ésta exposición potencial que puede penetrar la piel.

El modelo tampoco tiene en cuenta el efecto de lavarse las manos, la evaporación del contaminante o

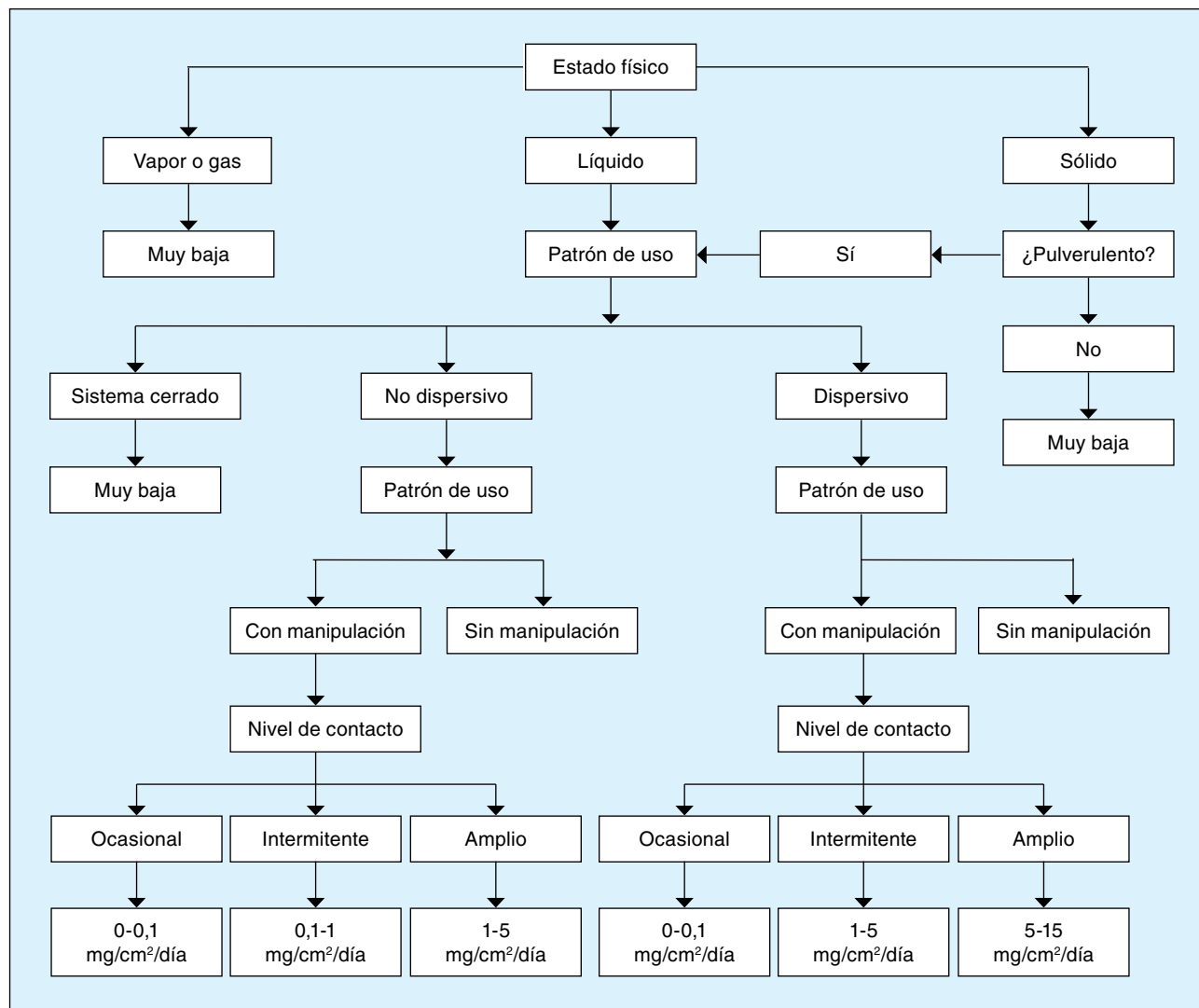
cualquier otra pérdida del mismo de la piel, ni prevé la disminución de la exposición por la utilización de ropa de protección.

Se han realizado dos estudios para validar la estimación de la exposición dérmica a polvo de metal obtenida por el modelo EASE. Ambos estudios muestran una tendencia del modelo a sobreestimar, al menos para polvos metálicos, la exposición. Sin embargo el modelo no ha sido validado para líquidos o sólidos no metálicos.

Se puede afirmar que la estimación de la exposición dérmica mediante este modelo es muy rudimentaria y está basada en los pocos estudios disponibles cuando se desarrolló el modelo. Se tiene previsto revisar el modelo con la información actualmente disponible.

Como se ha comentado anteriormente, el ECETOC ha incluido el modelo EASE en el método TRA, multiplicando los resultados de exposición dérmica obtenidos mediante la aplicación del modelo por el área de contacto dérmico asumido, el cual varía en función del escenario de que se trate (como por ejemplo la transferencia de líquidos a pequeños envases supone una exposición de un área corporal de 480 cm<sup>2</sup>).

A través de la página web <http://www.ecetoc.org/tra> puede descargarse el método ECETOC TRA junto con una descripción más amplia del mismo.



Otra herramienta (MEASE) que incorpora el modelo EASE, junto con otros datos reales de exposición a varios metales, para la estimación de la exposición a metales y sustancias inorgánicas puede ser consultada a través de la web <http://www.ebrc.de/mease.html>.

### 3. MODELO RISKOFDERM

El modelo RISKOFDERM se desarrolló, en el marco del proyecto Europeo del mismo nombre, como resultado del estudio de la peligrosidad intrínseca para la piel de los agentes químicos y del análisis de las tareas que suponen una importante exposición dérmica en Europa, examinando los factores determinantes de esta exposición, y realizando una serie de medidas reales de exposición en toda Europa.

La agrupación de las tareas que suponen una mayor exposición dérmica en seis categorías, llamadas Dermal Exposure Operation units (DEO units), supone en la práctica, la existencia de seis modelos diferentes para cada una de las DEO:

- Manipulación de objetos contaminados
- Dispersión manual de productos
- Dispersión de productos con una herramienta manual
- Pulverización de productos
- Inmersión
- Tratamiento mecánico de objetos sólidos

Tras la selección de la unidad DEO y de la tarea específica a desarrollar por el trabajador, cada modelo calcula la exposición potencial (exposición de la ropa y de la piel descubierta) a través de la valoración de los diferentes parámetros determinantes de la exposición incluidos en cada modelo.

Los determinantes de la exposición dérmica que se tienen en cuenta en el modelo RISKOFDERM se pueden agrupar en:

- Características del producto (estado físico, viscosidad, volatilidad, etc.)
- Tarea realizada por el trabajador (frecuencia, intensidad, duración, etc.)
- Proceso técnico y equipo (tipo, orientación, presión, etc.)
- Medidas de control (organización, extracción localizada, etc.)
- Características y hábitos del trabajador (formación, higiene, características de piel, etc.)
- Área y situación (tipo de superficie, condiciones atmosféricas, etc.)

Cada modelo proporciona los resultados de exposición potencial (en  $\mu\text{l}/\text{min}$  o  $\mu\text{g}/\text{min}$ ) para las manos y el cuerpo de forma independiente, salvo para el modelo correspondiente a la unidad DEO 6 en el que sólo se obtuvieron medidas de las manos. A partir de estos valores se extrapola el resultado para un turno de trabajo a partir de la duración total de la tarea.

El modelo RISKOFDERM permite la selección de diferentes percentiles, dependiendo del grado de conservadurismo necesario. En general se recomienda utilizar el percentil 75 cuando la exposición potencial se calcula utilizando valores conservadores para los determinantes de la exposición incluidos en cada modelo, y el percentil 90 cuando los valores de estos determinantes seleccionados son menos conservadores.

Asimismo el modelo advierte al profesional evaluador cuando la exposición estimada por el mismo está fuera del rango de los valores utilizados para desarrollar el modelo o cuando la exposición estimada es irracionalmente

elevada, comparado con la cantidad de contaminante que la piel puede contener.

Aunque el modelo no se ha validado con datos independientes, en el proyecto RISKOFDERM se realizaron una serie de estudios que demostraron que los datos proporcionados por el modelo eran válidos y adecuados para situaciones parecidas a las que han servido para desarrollar el modelo. El modelo no es aplicable para sustancias muy volátiles (Presión de vapor  $>500$  Pa) debido a la falta de resultados reales de exposición dérmica obtenidos.

A través de la página web del TNO (<http://www.tno.nl/>) se puede descargar una hoja de cálculo en Microsoft Excel del modelo RISKOFDERM y un documento guía de aplicación del mismo.

### 4. MÉTODO DREAM (Dermal Exposure Assessment Method)

El método DREAM está basado fundamentalmente en el modelo conceptual de exposición dérmica (ver NTP 895) ya que permite asegurar que todas las variables con mayor importancia en la exposición dérmica son tenidas en cuenta para una situación determinada.

El método DREAM consta de dos partes. La primera es una recopilación de información mediante un cuestionario desarrollado para su cumplimentación por un profesional mediante la observación del proceso y entrevistando a los trabajadores. El cuestionario está estructurado en seis módulos:

- Empresa, recopilando información general sobre la misma.
- Departamento, indicando las fuentes de exposición y otras cuestiones acerca del orden y la limpieza del lugar de trabajo.
- Producto, describiendo las propiedades físico-químicas de las sustancias.
- Trabajo, incluyendo información sobre las responsabilidades del personal y prácticas higiénicas.
- Tarea, especificando la duración y la frecuencia de realización de la tarea y el número de trabajadores afectados
- Exposición, recopilando información sobre la probabilidad e intensidad de la exposición para cada ruta de exposición (emisión, deposición y transferencia) del modelo conceptual (ver NTP-895), especificando la ropa de protección y otros equipos de protección utilizados, así como la posible contaminación de las superficies del lugar de trabajo.

En la segunda parte del método se realiza la estimación de la exposición de los trabajadores. El esquema seguido por el método es el que se muestra en la figura 2. La exposición potencial (contaminación de la ropa de trabajo y de la piel no cubierta) y real (contaminación de la piel) de nueve partes del cuerpo (cabeza, brazos, antebrazos, manos, pecho, espalda, parte baja del cuerpo, espinillas y pies) se determina en base a 33 variables. La dirección y magnitud de cada una de las variables se determinó en base a estudios reales de exposición, teniendo en cuenta asimismo los criterios de expertos en esta materia.

La estimación del nivel de exposición potencial de cada una de las partes del cuerpo ( $\text{Skin-P}_{\text{BP}}$ ) se basa, tal y como se muestra en las ecuaciones (1) a (4), en el producto de la intensidad por la probabilidad de la exposición para cada ruta de exposición (emisión ( $E_{\text{BP}}$ ), deposición ( $D_{\text{BP}}$ ) y transferencia ( $T_{\text{BP}}$ )), y multiplicando el resultado por la llamada Emisión intrínseca ( $E_i$ ), factor que tiene en

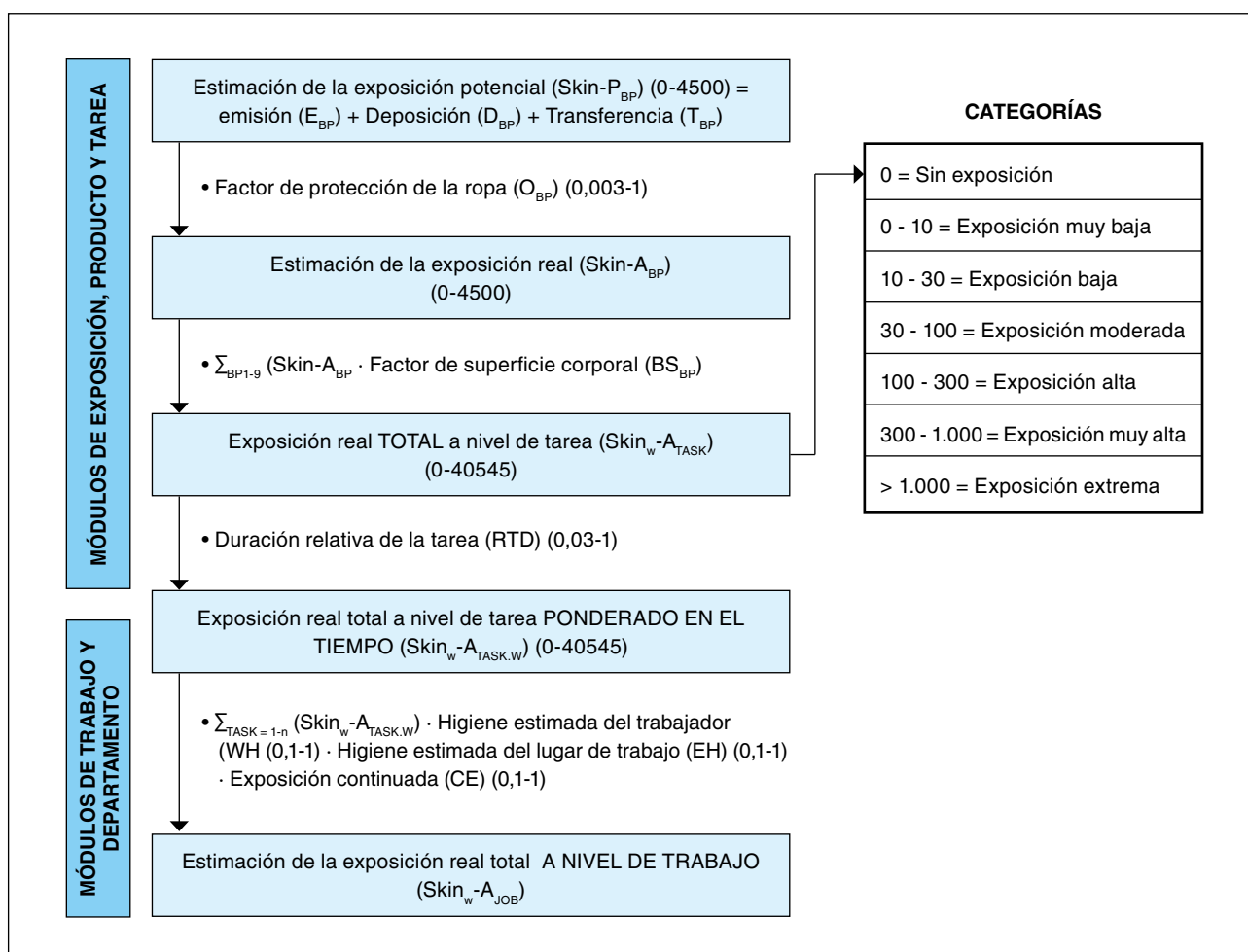


Figura 2. Esquema de la evaluación según el modelo DREAM. Cada estimación se realiza de acuerdo a una serie de variables. Los rangos de las estimaciones se muestran entre paréntesis.

cuenta las características físicas y químicas de la sustancia y por el factor de la ruta de exposición (ER).

$$Skin-P_{BP} = E_{BP} + D_{BP} + T_{BP} \quad (1)$$

$$E_{BP} = P_{E,BP} \cdot I_{E,BP} \cdot E_I \cdot ER_E \quad (2)$$

$$D_{BP} = P_{Dp,BP} \cdot I_{Dp,BP} \cdot E_I \cdot ER_{Dp} \quad (3)$$

$$T_{BP} = P_{T,BP} \cdot I_{T,BP} \cdot E_I \cdot ER_T \quad (4)$$

La probabilidad se define como la frecuencia con la que ocurre una determinada exposición y se divide en cuatro categorías asignándose los valores de 0 a 10 para cada ruta de exposición, según la tabla 1. La intensidad se define como la cantidad de contaminante en la ropa o en la piel descubierta del trabajador, para las rutas de emisión y deposición, y como el nivel de contaminación para la ruta de transferencia. En la tabla 1 se muestran las categorías asignadas para la intensidad, 1, 3 y 10 para la emisión y la deposición y 0, 1, 3 y 10 para la transferencia.

La exposición debida a la emisión, al ser un proceso directo desde la fuente a la ropa o la piel del trabajador, sin ninguna interferencia como puede ser el aire o las superficies contaminadas, en las rutas de deposición y transferencia, respectivamente, debe tener más peso en la exposición total del trabajador que las otras rutas, asignándose a este factor un valor de 3 para la ruta de emisión, mientras que para las otras rutas el valor asignado es 1.

La Emisión intrínseca (EI) es diferente para sólidos, líquidos y vapores, determinándose según las ecuacio-

nes (5) a (7). Los valores de los parámetros utilizados se muestran en la tabla 2.

$$E_{I(SOLID)} = PS \cdot C \cdot F \cdot DU \cdot SS \quad (5)$$

$$E_{I(LIQUID)} = PS \cdot C \cdot L \quad (6)$$

$$E_{I(VAPOURS)} = PS \cdot C \quad (7)$$

Siendo

PS el estado físico del contaminante,

C la concentración,

F la formulación,

DU la capacidad de formar polvo,

SS la capacidad de pegarse del contaminante a la piel,

L la evaporación y

V la viscosidad.

La exposición real para cada parte del cuerpo se calcula multiplicando la exposición potencial por el factor de protección de las manos (OHA) o de otra parte del cuerpo (OBP) (ecuación (8)). Los factores de protección para las manos y para otras partes del cuerpo (ecuaciones (9) a (10)) dependen de la naturaleza del material (M) (algodón o no permeable), del factor de protección del material (PFM) y de la frecuencia con la que se cambia la ropa de protección (RF). El factor de protección del material para las manos (PFMHA = 1) es mayor que para las otras partes del cuerpo (PFMBP = 0,3) ya que los guantes están sometidos a presiones y rozamientos mayores, lo que da lugar a una mayor penetración y permeación que la

| Determinante                                                                                                               | Categoría (valor asignado)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Explicación                                                                                      | Proceso / compartimento / barrera <sup>a</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Probabilidad de la emisión a la ropa y a la piel sin proteger ( $P_{E,BP}$ ).                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Improbable (&lt;1% de la duración de la tarea) (0)</li> <li>Ocasional (&lt;10% de la duración de la tarea) (1)</li> <li>Repetida (10-50% de la duración de la tarea) (3)</li> <li>Casi constante (<math>\geq 50\%</math> de la duración de la tarea) (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                | A mayor frecuencia, mayor nivel de exposición.                                                   | E                                              |
| 2. Intensidad de la emisión ( $I_{E,BP}$ ).                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pequeña (&lt;10% de la parte del cuerpo) (1)</li> <li>Mediana (10-50% de la parte del cuerpo) (3)</li> <li>Grande (<math>\geq 50\%</math> de la parte del cuerpo) (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   | A mayor cantidad, mayor nivel de exposición.                                                     | E                                              |
| 3. Factores de la ruta de exposición.                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li><math>ER_E</math> (3)</li> <li><math>ER_{Dp}</math> (1)</li> <li><math>ER_T</math> (1)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | La emisión provoca mayor exposición que la transferencia o la deposición.                        | E                                              |
| 4. Probabilidad de la deposición en la ropa o la piel sin proteger ( $P_{Dp,BP}$ ).                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Improbable (&lt;1% de la duración de la tarea) (0)</li> <li>Ocasional (&lt;10% de la duración de la tarea) (1)</li> <li>Repetida (10-50% de la duración de la tarea) (3)</li> <li>Casi constante (<math>\geq 50\%</math> de la duración de la tarea) (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                | A mayor frecuencia, mayor nivel de exposición.                                                   | Dp                                             |
| 5. Intensidad de la deposición en la ropa o en la piel sin proteger ( $I_{Dp,BP}$ ).                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pequeña (&lt;10% de la parte del cuerpo) (1)</li> <li>Mediana (10-50% de la parte del cuerpo) (3)</li> <li>Grande (<math>\geq 50\%</math> de la parte del cuerpo) (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   | A mayor cantidad, mayor nivel de exposición.                                                     | Dp                                             |
| 6. Probabilidad de la transferencia a la ropa y a la piel sin proteger: contacto con superficies u objetos ( $P_{T,BP}$ ). | <ul style="list-style-type: none"> <li>Improbable (&lt;1% de la duración de la tarea) (0)</li> <li>Ocasional (&lt;10% de la duración de la tarea) (1)</li> <li>Repetida (10-50% de la duración de la tarea) (3)</li> <li>Casi constante (<math>\geq 50\%</math> de la duración de la tarea) (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                | A mayor frecuencia de contacto, mayor nivel de exposición.                                       | T                                              |
| 7. Intensidad de la transferencia. Nivel de contaminación de la superficie en contacto ( $I_{T,BP}$ ).                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>No contaminada (0)</li> <li>Posiblemente contaminada (1)</li> <li>&lt; 50% de la superficie de contacto (3)</li> <li>50% de la superficie de contacto (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               | A mayor contaminación de la superficie, mayor nivel de exposición.                               | T                                              |
| 8. Factor de superficie corporal $BS_{BP}$                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cabeza (<math>BS_{HE} = 0,69</math>)</li> <li>Brazos (<math>BS_{UA} = 0,67</math>)</li> <li>Antebrazos (<math>BS_{FA} = 0,53</math>)</li> <li>Manos (<math>BS_{HA} = 0,47</math>)</li> <li>Pecho (<math>BS_{TF} = 1,22</math>)</li> <li>Espalda (<math>BS_{TB} = 1,22</math>)</li> <li>Parte baja del cuerpo (<math>BS_{LB} = 2,43</math>)</li> <li>Espinillas (<math>BS_{LL} = 1,15</math>)</li> <li>Pies (<math>BS_{FE} = 0,63</math>)</li> </ul> | Relación entre la superficie de cada parte del cuerpo y la superficie media de las nueve partes. |                                                |

<sup>a</sup> De acuerdo con el modelo conceptual existen 8 procesos de transferencia de materia (emisión: E, deposición: Dp, transferencia: T, resuspensión o evaporación: L, eliminación: R, redistribución: Rd, descontaminación: D, penetración y permeación: P) seis compartimentos (fuente de emisión (S), aire, superficie contaminante, capa externa e interna de la ropa de trabajo, capa contaminante de la piel) y dos barreras (ropa y estrato corneo)

Tabla 1. Módulo de exposición – rutas de exposición: Emisión directa, transferencia y deposición

ropa utilizada en otras partes del cuerpo. El resto de parámetros de los que depende el factor de protección de las manos (OHA) son la adaptación entre los guantes y la ropa que cubre los brazos, el porcentaje de utilización de los guantes durante la tarea, el uso de un segundo par de guantes, con su frecuencia de cambio del guante y el uso de cremas de protección. Los valores de estos parámetros se encuentran recogidos en la tabla 3.

$$Skin-A_{BP} = Skin-P_{BP} \cdot O_{HA/BP} \quad (8)$$

$$O_{HA} = M \cdot PFM_{HA} \cdot RF \cdot GC \cdot GD \cdot UG \cdot URF \cdot BC \quad (9)$$

$$O_{BP} = M \cdot PFM_{BP} \cdot RF \quad (10)$$

La exposición total, potencial y real, se obtiene sumando la respectiva exposición de cada parte del cuerpo (ecuaciones (11) y (12)). La exposición total, potencial y real, ponderada por partes del cuerpo (ecuaciones (13) y (14)) se obtiene multiplicando la respectiva exposición por el factor de superficie corporal, definido como la relación entre la superficie de cada parte del cuerpo y la superficie media de las nueve partes. (ver tabla 1, ítem 8).

$$Skin-P_{TASK} = \sum_{BP=1-9} Skin-P_{BP} \quad (11)$$

$$Skin-A_{TASK} = \sum_{BP=1-9} Skin-A_{BP} \quad (12)$$

$$Skin_W-P_{TASK} = \sum_{BP=1-9} (BS_{BP} \cdot Skin-P_{BP}) \quad (13)$$

$$Skin_W-A_{TASK} = \sum_{BP=1-9} (BS_{BP} \cdot Skin-A_{BP}) \quad (14)$$

Multiplicando la exposición dérmica total durante una tarea por la duración relativa de la tarea (RTD), definida como la duración total de la tarea dividida por el tiempo total de trabajo, utilizando cualquier referencia temporal que se estime conveniente, se obtiene la exposición estimada ponderada en el tiempo ( $Skin_W-P_{TASK,W}$ ,  $Skin_W-A_{TASK,W}$ ).

Por último, para determinar la exposición durante una jornada de trabajo, se estima la exposición ponderada por tareas mediante la suma de la exposición durante todas las tareas y multiplicadas por la higiene estimada del trabajador (WH), la higiene estimada del lugar de trabajo (EH) y la estimación de la exposición continuada (CE) como se muestra en la figura 2 y en la tabla 4.

Las limitaciones del método son el amplio uso de criterios de expertos en la asignación de los valores a las variables, ya que los datos reales de exposición dérmica son escasos. Otra limitación del método es que al estar basados en la tarea, es necesario definir exactamente lo que se entiende por tarea ya que cada profesional que realice la evaluación tendrá un concepto diferente de tarea, lo que hace que la comparación de diferentes estudios puede ser muy difícil. Por último, el tiempo necesario para hacer la evaluación es elevado debido al número de variables que han de tenerse en cuenta.

El método DREAM ha sido aplicado a diferentes puestos de trabajo para comprobar su reproducibilidad, mi-

| Determinante                                                                        | Categoría (valor asignado)                                                                                                                                                                                        | Explicación                                                                                                                                                                                                                          | Proceso / compartimento / barrera <sup>a</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 9. Estado físico (PS)                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólido (1)</li> <li>Líquido (1)</li> <li>Vapor-Gas (0,3)</li> </ul>                                                                                                        | Los estudios realizados sobre sólidos y líquidos muestran resultados contradictorios, por lo que se supone que ambos tienen un factor 1. Los gases se estima que suponen menor exposición dérmica                                    | E                                              |
| 10. Concentración (C)                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;90% del ingrediente activo de interés (1)</li> <li>1- 90 % del ingrediente activo de interés (0,3)</li> <li>&gt; 1% del ingrediente activo de interés (0,1)</li> </ul> | La exposición dérmica aumenta con la concentración del ingrediente activo en el producto                                                                                                                                             | S                                              |
| 11. Evaporación (L) (líquidos): Punto de ebullición                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 50 C (3)</li> <li>50 - 150 C (1)</li> <li>&gt; 150 C (0,3)</li> </ul>                                                                                                 | Los líquidos volátiles provocan una menor exposición ya que aumenta su evaporación                                                                                                                                                   | L                                              |
| 12. Viscosidad (V) (líquidos)                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Baja (como agua) (1)</li> <li>Media (como aceite) (1,75)</li> <li>Alta (como resina/pasta) (3)</li> </ul>                                                                  | A mayor viscosidad, menor eliminación del contaminante de la piel                                                                                                                                                                    | R                                              |
| 13. Formulación (F) (sólidos)                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Partículas finas, polvo (3)</li> <li>Gránulos (1)</li> <li>Partículas grandes (0,3)</li> </ul>                                                                             | La adherencia a la piel es inversamente proporcional al tamaño de la partícula. La emisión de las partículas pequeñas es mayor, al igual que su transferencia, pero la eliminación de la piel es menor debido a una mayor adherencia | E, T, R                                        |
| 14. Capacidad de formar polvo (DU) (sólidos)                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>No (1)</li> <li>Si (3)</li> </ul>                                                                                                                                          | Los sólidos con capacidad para formar polvo pueden ser emitidos por la fuente con mayor facilidad                                                                                                                                    | E                                              |
| 15. Productos pegajosos / cerosos / húmedos (ni polvos ni con capacidad para serlo) | <ul style="list-style-type: none"> <li>No (1)</li> <li>Si (1,75)</li> </ul>                                                                                                                                       | Una sustancia pegajosa, cerosa o húmeda se adhiere mejor a la piel por lo que disminuye su eliminación                                                                                                                               | R                                              |

<sup>a</sup> Ver nota al pie de la tabla 1

Tabla 2. Módulo del producto – determinantes de la estimación de la Emisión intrínseca (EI)

| Determinante                                                                              | Categoría (valor asignado)                                                                                                                                                                                                                        | Explicación                                                                                                                                                           | Proceso / compartimento / barrera <sup>a</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 16. Material del guante o del traje (M)                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>No se usan guantes/ La parte del cuerpo no está cubierta (1)</li> <li>Traje de algodón (0,3)</li> <li>Traje permeable de otro material (0,1)</li> <li>Traje impermeable de otro material (0,03)</li> </ul> | El uso de ropa de protección reduce la exposición real del trabajador                                                                                                 | P                                              |
| 17. Factor de protección (PFM)                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li><math>PFM_{HA} = 1</math></li> <li><math>PFM_{BP} = 0,3</math></li> </ul>                                                                                                                                  | Los guantes están sometidos a presiones y rozamientos mayores, lo que da lugar a una mayor penetración y permeación que la ropa utilizada en otras partes del cuerpo. | P                                              |
| 18. Frecuencia del cambio (RF)                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tras un uso (0,3)</li> <li>Diariamente (1)</li> <li>Semanalmente (3)</li> <li>Mensualmente (10)</li> </ul>                                                                                                 | Cuando los trabajadores no se cambian de guantes al menos cada 4 semanas no se encuentran diferencias en la exposición con la no utilización de los mismos            | P, Rd                                          |
| 19. Buena adaptación entre los guantes de protección química y la ropa de los brazos (GC) | <ul style="list-style-type: none"> <li>No (3)</li> <li>Si (1)</li> </ul>                                                                                                                                                                          | Es necesaria una buena adaptación entre los guantes y el traje de protección                                                                                          | Rd                                             |
| 20. Porcentaje de utilización de los guantes (GD)                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>0-25 % de la duración de la tarea (10)</li> <li>25-99 % de la duración de la tarea (3)</li> <li>100 % de la duración de la tarea (1)</li> </ul>                                                            | Los guantes se deben usar durante la totalidad de la tarea con riesgo por exposición dérmica                                                                          | C, Rd                                          |
| 21. Utilización de un segundo par de guantes (UG)                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>No (1)</li> <li>Si (0,3)</li> </ul>                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                       | P                                              |
| 25. Frecuencia del cambio de los guantes internos (URF)                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tras un uso (1)</li> <li>Diariamente (3)</li> <li>Semanalmente / Mensualmente (10)</li> </ul>                                                                                                              | Los guantes internos sólo protegen cuando la frecuencia de cambio es alta, sino se convierten en fuente de exposición                                                 | Rd                                             |
| 26. Cremas de protección (BC)                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>No (1)</li> <li>Si (0,3)</li> </ul>                                                                                                                                                                        | El uso de cremas de protección puede reducir la exposición                                                                                                            | BC                                             |

<sup>a</sup> Ver nota al pie de la tabla 1

Tabla 3. Módulo de exposición – determinantes de la estimación de la ropa de protección

| Determinante                                                                                                                                                                                                                                                              | Categoría (valor asignado)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Explicación                                                                                                         | Proceso / compartimento / barrera <sup>a</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>24a.</b> Duración relativa de la tarea: el tiempo relativo de realización de una tarea es la frecuencia por la duración de la tarea dividido por el tiempo de trabajo; su estimación en categorías RTD <sub>CAT</sub>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diariamente: 4-8 h/semana ó &gt; 20h /mes ó 80h/año ó &gt;800h (1)</li> <li>• Diariamente: 1-4 h/semana ó 4-20h /mes ó 16-80h/año ó 160-800h (0,3)</li> <li>• Diariamente: 11-60 min./semana ó 1-4h /mes ó 4-16h/año ó 40-160h (0,1)</li> <li>• Diariamente: &lt;11min./semana ó 0-1h /mes ó 0-4h/año ó 0-40h (0,03)</li> </ul> | Una tarea con mayor duración supone una mayor exposición                                                            | E, Dp, T                                       |
| <b>24b.</b> Duración relativa de la tarea: el tiempo relativo de realización de una tarea es la frecuencia con la que se realiza por la duración de la misma, dividido por el tiempo de trabajo; su estimación absoluta RTD <sub>ABS</sub>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo total de la tarea entre el tiempo total de trabajo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                     |                                                |
| <b>25-26.</b> Higiene estimada del trabajador (WH) determinada por la frecuencia del lavado de manos (HWF) y la eficacia del lavado (WE)                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se lavan (1)</li> <li>• Se lavan 2-10 veces por turno con agua (0,3)</li> <li>• Se lavan 2-5 veces por turno con jabones o disolventes (0,3)</li> <li>• Se lavan &gt; 10 veces por turno con agua (0,1)</li> <li>• Se lavan &gt; 5 veces por turno con jabones o disolventes (0,1)</li> </ul>                                | El lavado de las manos reduce la exposición                                                                         | D                                              |
| <b>27-29.</b> Exposición continua (CE) = cambio inmediato de la ropa tras el trabajo · lavado propio de la ropa · ducha inmediata tras el trabajo                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cambia inmediatamente la ropa tras el trabajo: No (0,3) Si (1)</li> <li>• Los trabajadores se encargan del lavado de su propia ropa de trabajo: No (1) Si (3)</li> <li>• Los trabajadores se duchan inmediatamente tras el trabajo: No (1) Si (0,3)</li> </ul>                                                               | La ropa contaminada es una fuente de exposición. La ducha reduce la exposición continua                             | D, T                                           |
| <b>30-33.</b> Higiene estimada del lugar de trabajo (EH) = (limpieza del suelo (EH <sub>FL</sub> ) + limpieza de las mesas de trabajo (EH <sub>WT</sub> ) + limpieza de las máquinas (EH <sub>MC</sub> ) + limpieza de las herramientas de trabajo (EH <sub>TC</sub> ))/4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La limpieza de los suelos, mesas de trabajo, máquinas y herramientas de trabajo se determina en función de la frecuencia de limpieza y la eficacia de la misma. Limpieza húmeda (o seca y húmeda) diaria (0,1)</li> <li>• Limpieza húmeda (o seca y húmeda) semanal (0,3)</li> <li>• Limpieza seca (1)</li> </ul>               | Mayor frecuencia de limpieza mejora la limpieza del lugar de trabajo. La limpieza húmeda es más eficaz que la seca. | D                                              |

Tabla 4. Módulos de la tarea, trabajo y departamento – determinantes de la duración de la exposición, higiene y exposición continua.

diendo asimismo su exactitud mediante la comparación de los resultados obtenidos por este método y midiendo la exposición utilizando el método de detección de un trazador por video imagen. En general se puede afirmar que el método DREAM posee una elevada reproducibilidad (las diferencias observadas por su aplicación entre diferentes personas es pequeña) para diferentes tareas y utilizando sólidos, líquidos o productos gaseosos y una exactitud aceptable, pudiendo ser mejorada y calibrada

para una situación específica. Según los resultados obtenidos, los autores del método recomiendan su aplicación en estudios epidemiológicos o de higiene industrial a grupos de trabajadores con un alto contraste en sus niveles de exposición (variabilidad entre grupos > 1.0). Para estudios con una menor diferencia en los niveles de exposición entre los diferentes grupos de trabajadores, se recomienda la utilización de los métodos de medida como los descritos en la NTP 895.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) CREELY, K. S., TICKNER, J., SOUTAR, A.J., HUGHSON, G.W., PRYDE, D.E., WARREN, N.D., RAE, R., MONEY, C., PHILLIPS, A. AND CHERRIE, J.W.  
**Evaluation and Further Development of EASE Model 2.0.**  
*Annals of Occupational Hygiene*, 49 (2). 135-145, 2005.
- (2) VAN WENDEL DE JOODE, B., BROUWER, D.H., VERMEULEN, R.  
**DREAM: A Method for Semi-quantitative Dermal Exposure Assessment.**  
*Annals of Occupational Hygiene*, 47. 71-87, 2003.
- (3) VAN WENDEL DE JOODE, B., VAN HEMMEN, J.J., MEIJSTER T., ET AL.  
**Reliability of a semi-quantitative method for dermal exposure assessment (DREAM).**  
*Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 15: 111-20, 2005a.

- (4) VAN WENDEL DE JOODE, B., VERMEULEN, R., VAN HEMMEN, J.J., ET AL.  
**Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM).**  
*Occupational and Environmental Medicine*, 62:623–32, 2005b.
- (5) WARREN, N. D., MARQUART, H., CHRISTOPHER, Y., LAITINEN, J. AND VAN HEMMEN, J.J.  
**Task-based Dermal Exposure Models for Regulatory Risk Assessment.**  
*Annals of Occupational Hygiene*, 50 (5). 481-503, 2006.
- (6) AGENCIA EUROPEA DE SUSTANCIAS Y PREPARADOS QUÍMICOS (ECHA)  
**Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.14: Occupational exposure estimation. Versión 2. Mayo 2010.**  
[http://guidance.echa.europa.eu/docs/guidance\\_document/information\\_requirements\\_r14\\_en.pdf?vers=27\\_05\\_10](http://guidance.echa.europa.eu/docs/guidance_document/information_requirements_r14_en.pdf?vers=27_05_10)