

PROPOSAL FOR METHODOLOGICAL IMPROVEMENT OF RISK ASSESSMENT PROCESS FOR OCCUPATIONAL EXPOSURE TO HAND-ARM VIBRATION BY ESTIMATION

Brocal Fernández, Francisco ¹; Sebastián Pérez, Miguel Ángel ²; González Gaya,
Cristina ²

¹ UNIVERSIDAD ALICANTE, ² UNED

Royal Decree 1311/2005 regulates the occupational risk assessment by exposure to vibrations, for which, methods based on the estimated acceleration value may be used rather than those based on measurement.

The estimation methods may be based on the equipment's declared values supplied by the manufacturer. In these cases, the corresponding emission value may be expressed with regard to uniaxial or triaxial measurements according to the application test code. Furthermore, such value is not always accompanied by the uncertainty of the corresponding measurement, as would be desirable.

The casuistry above presents a problem in the application of the estimation methodology, which is partially solved with the implementation of standard UNE-CEN/TR 15350 IN: 2013 for hand-arm vibration (HAV). However, it is necessary to analyze other related standards, as well as various specialized studies, to improve the degree of methodological understanding.

Thus, such analysis has been developed in the current study by proposing a methodological improvement in relation to the declared value determination of the HAV by the manufacturer. This adds value to the risk assessment process by estimation.

Keywords: uncertainty; measurement; occupational risk; hand-arm vibration

PROPUESTA PARA LA MEJORA METODOLÓGICA DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN LABORAL A VIBRACIONES MANO-BRAZO MEDIANTE ESTIMACIÓN

El Real Decreto 1311/2005 regula la evaluación del riesgo laboral por exposición a vibraciones, para lo cual podrán utilizarse métodos basados en la estimación del valor de la aceleración en lugar de métodos basados en la medición.

Los métodos por estimación pueden basarse en los valores declarados del equipo suministrados por el fabricante. En estos casos, el valor de emisión correspondiente puede estar expresado, en función del código de ensayo de aplicación, respecto a mediciones uniaxiales o triaxiales. Además, dicho valor no va siempre acompañado como sería deseable de la incertidumbre de la medición correspondiente.

La casuística anterior plantea un problema en la aplicación de la metodología por estimación, que se resuelve parcialmente con la aplicación de la norma UNE-CEN/TR 15350 IN: 2013 para el caso de las vibraciones mano-brazo (VMB). Sin embargo, es necesario analizar otras normas relacionadas así como distintos estudios especializados para mejorar el grado de comprensión metodológico.

De esta forma, con el presente trabajo se ha desarrollado dicho análisis con el que se propone una mejora metodológica en relación a la determinación del valor declarado de las VMB por parte del fabricante, lo que supone un valor añadido al proceso de evaluación del riesgo mediante estimación.

Palabras clave: incertidumbre; medición; riesgo laboral; vibración mano-brazo

Correspondencia: FRANCISCO BROCAL FERNÁNDEZ - fbrocalfernandez@gmail.com

1 Introducción

El aumento de la industrialización y de la mecanización de procesos de trabajo ha dado lugar a una mayor exposición a riesgos producidos por agentes físicos, entre los que se encuentran las vibraciones. Esta situación ha llevado a que en los últimos años las administraciones tanto de la Unión Europea como españolas han realizado esfuerzos para el control y la prevención relacionada con los daños producidos por este agente (Álvarez, 2014).

Actualmente, en el caso específico de España, el marco reglamentario en materia prevención de riesgos laborales (PRL) se encuentra muy desarrollado, en consonancia con las directivas europeas. Dicha reglamentación tiene como base la denominada Directiva marco (Directiva 89/391 CEE), la cual garantiza unos requisitos mínimos en materia de PRL en toda Europa y, al mismo tiempo, permite a los Estados miembros mantener esos mínimos o establecer medidas más restrictivas.

Entre las numerosas directivas específicas en materia de PRL (como por ejemplo sobre lugares de trabajo, equipos de trabajo, agentes químicos, radiaciones ópticas artificiales, etc.) se encuentra la Directiva 2002/44/CE sobre la exposición de los trabajadores a vibraciones. La Directiva marco fue transpuesta al derecho español por la Ley 31/1995 de PRL, y la Directiva 2002/44/CE lo fue a través del RD 1311/2005 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con las vibraciones.

El RD 1311/2005 distingue entre vibración transmitida al sistema mano-brazo (VMB) y vibración transmitida al cuerpo completo (VCC). Dicha norma define VMB como la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares. En cuanto a VCC se entiende la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores, según se contempla en el RD 1311/2005. No obstante, para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

1.1 Población laboral expuesta a vibraciones

El 20% de los trabajadores de la UE y el 19% en España están expuestos a vibraciones procedentes de herramientas o maquinaria al menos una cuarta parte del tiempo de su jornada de trabajo, según se desprende la Sexta Encuesta Europea sobre Condiciones de Trabajo (Eurofound, 2015).

Según se desprende de la VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (INSHT, 2011a), el 8,6% de los trabajadores españoles está expuesto a VMB, el 2,8% a VCC y el 2,6% a ambos tipos de vibraciones, con la distribución por actividades que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Distribución de trabajadores expuestos a vibraciones por actividades (INSHT, 2011a)

n= 8892; Resultados ponderados	Total	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	Ind. química, saneamiento y extractiva	Metal	Ind. manufacturera
Sí, en mano o brazo	8.6%	8.7%	13.9%	20,0%	14,7%
Sí, en cuerpo entero (sentado o apoyado en una superficie que vibra)	2.8%	5.7%	5.7%	6,4%	4,2%
Sí, de ambos tipos	2.6%	5.0%	4.9%	7,8%	3,3%
No	85.7%	80.3%	75.0%	65,4%	77,8%
No sabe (espontáneo)	0.3%	0.2%	0.5%	0,4%	---
Total	8,892	352	243	446	534

1.2 Aspectos generales sobre el procedimiento de evaluación por exposición a VMB

Según lo establecido por el RD 1311/2005, la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas debe llevarse a cabo determinando en primer lugar el valor del parámetro A(8) según la ecuación (1), que representa el valor de la exposición diaria para un periodo de 8 horas, según se recoge en la norma UNE-EN 5349-1:2002.

$$A(8) = a_{hv} \cdot \sqrt{\frac{T}{8}} \quad (1)$$

donde a_{hv} es el valor total equivalente de vibración en m/s^2 y T el tiempo de exposición en h.

Posteriormente, dicho parámetro A(8) deberá compararse con los niveles de exposición que vienen fijados en el propio real decreto y que se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2: Niveles de exposición a VMB (RD 1311/2005)

Exposición diaria a vibraciones A(8)	Intervalo de exposición a vibraciones
$A(8) \leq 2,5 \text{ m/s}^2$	No se supera el valor de exposición que da lugar a una acción
$2,5 \text{ m/s}^2 < A(8) \leq 5 \text{ m/s}^2$	Por encima del valor de exposición que da lugar a una acción, pero no se supera el valor límite de exposición
$5 \text{ m/s}^2 < A(8)$	Por encima del valor límite de exposición

Debe tenerse en cuenta que a lo largo de una jornada de trabajo la exposición diaria total a las vibraciones de un trabajador puede constar de varias operaciones con diferentes magnitudes de vibración (diferentes máquinas y/o diferentes condiciones con una o más máquinas), de modo que el parámetro A(8) se puede calcular según la ecuación (2)

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad (2)$$

Así, en cada caso (i) se deberá determinar la aceleración y el tiempo de exposición correspondientes a cada operación.

2 Objetivo y metodología

La norma UNE-CEN/TR 15350:2013 recoge las directrices para la estimación, evaluación y documentación de la exposición diaria a vibraciones ocasionadas por el uso de herramientas manuales a motor y de máquinas guiadas con la mano (VMB) según los requisitos de la citada Directiva 2002/44/CE que coinciden con los indicados anteriormente en relación al RD 1311/2005. Sin embargo, tal y como indican Brocal, Sebastián y González (2015), en la aplicación de dicha norma existen aspectos relativos al tratamiento de la incertidumbre de los datos (aceleración) sin resolver.

Dichos problemas se localizan en la interpretación de la aplicación del factor de corrección sobre los valores declarados de emisión de vibraciones (aceleración e incertidumbre asociada), ya que hay que considerar la combinación de diferentes características del código de ensayo empleado por el fabricante, siendo principalmente las relativas a la utilización de mediciones en uno o tres ejes (uniaxial o triaxial respectivamente), y en este último caso su representatividad respecto al uso real del equipo.

Consecuentemente, el procedimiento recogido en la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 que con carácter general debería aplicarse para la evaluación por estimación, plantea problemas de aplicación que pueden dificultar la toma de decisiones en torno al nivel de riesgo por exposición a VMB.

De este modo, para resolver los problemas señalados en torno a la aplicación de los valores declarados de emisión de vibraciones, se establece como objetivo general del presente trabajo diseñar una propuesta para la mejora metodológica del proceso de evaluación del riesgo por exposición laboral a VMB mediante estimación recogido en la norma UNE-CEN/TR 15350:2013.

Para alcanzar el objetivo indicado, se llevará a cabo un análisis de dicha norma UNE-CEN/TR 15350:2013 y demás normas relacionadas, de forma compatible con el contexto legal en materia de PRL ya señalado.

3 Análisis del procedimiento general para la estimación del parámetro A(8).

La norma UNE-CEN/TR 15350:2013 recoge en su Anexo B el procedimiento que con carácter general debería aplicarse cuando se estime la exposición diaria a vibraciones en el lugar de trabajo, es decir, el parámetro A(8).

Para la estimación del parámetro A(8), es necesario conocer el “valor declarado de emisión de vibraciones, a y K ”, que según la norma UNE-EN 12096:1998, se define como valor medio de emisión de vibraciones, a , y su incertidumbre asociada, K .

La suma de a y K indica el límite por debajo del que se encuentra el valor de vibraciones de una sola máquina y/o una amplia proporción especificada de valores de vibraciones de un lote de máquinas, cuando estas son nuevas. Al respecto, en el presente estudio se utilizará la ecuación (3):

$$a_d = a_e + K \quad (3)$$

donde a_d es valor declarado de emisión de vibraciones, a_e es el valor medio de emisión de vibraciones y K , la incertidumbre asociada.

Tras las consideraciones anteriores, a continuación se recoge el procedimiento indicado, con pequeñas adaptaciones para facilitar su lectura e integración con el presente trabajo:

1. Identificar las máquinas que se utilizan en el día de trabajo en cuestión. Conseguir los valores de emisión declarados por el fabricante (que pueden encontrarse en el manual de instrucciones);
2. Si los valores de emisión declarados por el fabricante no están basados en la medición en tres ejes, es decir, no se dan valores totales de vibración, los valores (ejes individuales, necesitan ser corregidos según (4):

$$a_{hv} = c \cdot a_{hw} \quad (4)$$

donde a_{hv} es valor total de vibración, c el factor de corrección y a_{hw} es el valor en el eje de vibración dominante;

3. Comprobar si estos valores son razonablemente representativos del uso habitual de las máquinas (según anexos E a H de la norma);
4. Determinar la duración diaria de la exposición para cada máquina pertinente. Esto debería ser realizado directamente o, alternativamente, puede realizarse mediante la multiplicación del tiempo de utilización por la proporción de la respectiva exposición, o empleando duraciones de exposición genéricas (según tabla E.2 o G.1 de la norma);
5. Se calcula la exposición diaria a vibraciones, $A(8)$, de acuerdo con (1) o (2), según proceda;
6. Se evalúa la exposición diaria a vibraciones frente a los valores límite de exposición y valores de exposición a vibraciones que dan lugar a una acción dados en la Tabla 2.

Se tiene que tener en cuenta que la incertidumbre de esta evaluación es muy grande. Si existe duda sobre si se supera el valor límite o el valor que da lugar a una acción, deberían adoptarse acciones o deberían realizarse mediciones.

El principio del procedimiento descrito, puede aplicarse únicamente si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- El(los) valor(es) de emisión de vibraciones declarado(s) para la máquina, y el código de ensayo empleado, son dados, por ejemplo por el fabricante;
- Las condiciones de operación reales de la máquina son similares a aquellas para las que se proporcionan los valores declarados;
- La máquina está en buen estado y se mantiene de acuerdo con las recomendaciones del fabricante;
- Las herramientas o accesorios insertados son similares a aquellos usados para la determinación de los valores de emisión de las vibraciones.

3.1 Determinación del factor de corrección

A partir de la primera publicación de la norma EN ISO 20643, en el año 2005, los códigos de ensayo que se elaboren deben prever la utilización de tres ejes y proporcionar valores representativos del cuartil superior de los valores totales de vibración producidos por la máquina durante su uso previsto. Sin embargo, algunos códigos de ensayo de vibraciones son anteriores a la norma EN ISO 20643 por lo que no cumplen estos nuevos requisitos. En estos casos, es posible que los valores de emisión declarados por el fabricante no sean representativos del uso real de la máquina.

Al respecto, la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 contempla en su apartado 4.3.2 diversos ejemplos, donde dicha falta de representatividad se puede deber a factores como los siguientes:

- La vibración no se mide en el punto de la máquina de mayor emisión;

- La medición se lleva a cabo en un solo eje, en lugar de en los tres ejes;
- La dirección especificada de la medición no es siempre el eje de magnitud más elevada;
- El valor de la vibración obtenido en el modo de operación especificado real o simulado se encontrará probablemente por debajo del valor de la vibración durante el uso normal.

De este modo, cuando se den situaciones como las descritas (falta de representatividad), la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 contempla que se podrá llevar a cabo una estimación aproximada del valor de la vibración usando sus tablas E.1, F.1, G.3 y H.1, para máquinas eléctricas, neumáticas, de combustión interna e hidráulicas respectivamente.

A cada una de las máquinas incluidas en dichas tablas, se asocian las variables recogidas en la Tabla 3. Entre dichas variables se encuentran los comentarios y restricciones cuando se emplean los valores declarados para una estimación aproximada de exposición. Dichos comentarios y restricciones señalan cuando los valores de emisión declarados probablemente representen el uso real, así como en caso contrario, el valor del factor de corrección a aplicar.

Así, según la ecuación (4), cuando los valores de emisión declarados por el fabricante están basados en mediciones sobre un solo eje, deben corregirse por un factor de corrección. De este modo, podría interpretarse que dicho factor de corrección solo se aplica para valores obtenidos en un solo eje. Equivalente interpretación se desprende de la Nota Técnica de Prevención nº 792 del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) elaborada por Lavin (2008), de la Guía Técnica del INSHT que desarrolla el RD 1311/2005 (INSHT, 2009), y del trabajo publicado por Ayo (2013).

Tabla 3. Ejemplos de comentarios y restricciones sobre valores de vibración obtenidos en los tres ejes (a partir de la Tablas E.1 y F.1 de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013)

Máquina	Código de ensayo de vibraciones	Condiciones de trabajo del código de ensayo	Categoría del código de ensayo	Tarea real considerada	Comentarios y restricciones
Llave de impacto (Tabla E.1)	EN 60745-2-2: 2003/A11: 2007 (y posterior)	Ajuste flojo tornillo	1, A, 1	Fijación con impacto de tornillos	EL valor en uso real será probablemente igual o menor
Cuchillos oscilantes (Tabla F.1)	EN ISO 28927-8: 2009	---	---	Cortando goma grande	Multiplicar por un factor de 2
				Cortando goma delgada	Multiplicar por un factor de 1,5

Nota: la norma UNE-CEN/TR 15350:2013, indica que el código de ensayo de los cuchillos oscilantes (EN ISO 28927-8: 2009) no refleja generalmente la vibración de uso. No obstante, dicha norma indica en un sentido general, que la serie de normas EN ISO 28927, los "valores totales de vibración" (tres ejes), probablemente representen el uso real.

Sin embargo, las tablas E.1, F1, G.3 y H1 señaladas, incluyen máquinas donde en unos casos se aplican códigos de ensayo basados en mediciones en un eje y en otros casos basadas en los tres ejes. Para las máquinas asociadas a mediciones en los tres ejes, en la mayoría de los casos el valor en el uso real será probablemente igual al obtenido con el código de ensayo considerado (factor de corrección igual a la unidad). No obstante, existen casos de medición en los tres ejes donde no se cumple tal equivalencia, bien por defecto o por exceso, tal y como se muestra con los ejemplos de la Tabla 3.

No obstante, es cierto que en la mayoría de los casos (y no únicamente) donde es necesario aplicar factores de corrección superiores a la unidad, se trata de máquinas donde las vibraciones se han obtenido en un solo eje mediante códigos de ensayo anteriores a la Norma EN ISO 20643.

Cuando la máquina de interés no se encuentra en alguna de las tablas E.1, F1, G.3 o H1, en éstas se recoge una nota en relación al factor de corrección aplicar. En el caso de las tablas F1, G.3 y H1, se indica que para las máquinas que no se encuentren listadas en cada una de ellas, debería aplicarse un factor de corrección del al menos 1,5. Dicha consideración es susceptible de interpretarse tanto para valores medidos en los tres ejes como en solo uno de ellos, lo cual puede presentar problemas en la práctica, especialmente con el tratamiento de valores obtenidos en los tres ejes. Distinto es el caso de la tabla E.1, donde se distingue explícitamente entre ambos tipos de mediciones.

De este modo, considerando además, las indicaciones asociadas a dichas tablas respecto a la norma EN ISO 20643 y la serie de normas EN ISO 28927, se pueden dar las situaciones recogidas en la Tabla 4.

Tabla 4. Aplicación del factor de corrección cuando una máquina no se encuentra en alguna de las tablas E.1, F1, G.3 o H1 de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 (elaboración propia)

	Máquina con valores de vibración declarados en los tres ejes	Máquina con valores de vibración declarados en un solo eje
Tabla E.1: Máquinas eléctricas	No es necesario aplicar factor de corrección	Aplicar un factor de corrección de al menos 1,5
Tabla F.1: Máquinas neumáticas	No es necesario aplicar factor de corrección si se ha aplicado la serie de normas EN ISO 28927 (Ver nota de la Tabla 3). En los demás casos aplicar un factor de corrección de al menos 1,5	Aplicar un factor de corrección de al menos 1,5
Tabla G.3: Máquinas de combustión interna	No es necesario aplicar factor de corrección si los códigos de ensayo se han aplicado de acuerdo con la Norma EN ISO 20643. EN los demás casos aplicar un factor de corrección de al menos 1,5	Aplicar un factor de corrección de al menos 1,5
Tabla H.1: Máquinas hidráulicas	No es necesario aplicar factor de corrección si se ha aplicado la serie de normas EN ISO 28927 (Ver nota de la Tabla 3). En los demás casos aplicar un factor de corrección de al menos 1,5	Aplicar un factor de corrección de al menos 1,5

Nota : a partir de lo recogido en el apartado 4.3.3.1 y las tablas E.1, F.1, G.3 y H1 de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013, para todas las máquinas, los valores declarados por debajo de $2,5 \text{ m/s}^2$ deberían incrementarse a $2,5 \text{ m/s}^2$ antes de aplicar las recomendaciones contenidas en esta Tabla 4.

3.2 Determinación de la incertidumbre no declarada

En la práctica existen situaciones donde los valores declarados de emisión de vibraciones se expresan mediante un único valor, debiendo considerarse que éste es el valor medido, a_e , y la incertidumbre, K , puede estimarse según las indicaciones recogidas en el Anexo D de la norma UNE-EN 12096:1998. Así, para las VMB se utilizarán los criterios de la Tabla 5.

Tabla 5: Estimación de K a partir del valor medido a_e (UNE-EN 12096:1998)

Valor medido, a_e	K
$2,5 \text{ m/s}^2 < a_e \leq 5 \text{ m/s}^2$	$0,5 \cdot a_e \text{ m/s}^2$
$a_e > 5 \text{ m/s}^2$	$0,4 \cdot a_e \text{ m/s}^2$

Nota: en la norma UNE-EN 12096:1998 se recoge el valor de emisión de la aceleración como “a”, sin el subíndice “e”.

3.3 Determinación de los valores de emisión declarados

Tras el análisis de la determinación del factor de corrección y de la incertidumbre, se desprenden cuatro casos respecto a la determinación del valor declarado de emisión de vibraciones. Dichos casos son función de la necesidad de aplicación de alguno de los factores de corrección considerados en las tablas E.1, F1, G.3 o H1, así como de si es conocido el valor de la incertidumbre K . De este modo, los cuatro casos posibles son:

- **Caso 1: No es necesario aplicar un factor de corrección y se conoce K :** el valor de la aceleración de emisión declarada se calculará según la ecuación (3). Si el resultado es menor de $2,5 \text{ m/s}^2$, el valor de emisión declarado se incrementará a $2,5 \text{ m/s}^2$;
- **Caso 2: No es necesario aplicar un factor de corrección y no se conoce K :** en primer lugar se determinará K aplicando los criterios de la Tabla 5 y posteriormente se aplicará la ecuación (3). Si el resultado es menor de $2,5 \text{ m/s}^2$, el valor de emisión declarado se incrementará a $2,5 \text{ m/s}^2$;
- **Caso 3: Es necesario aplicar un factor de corrección y se conoce K :** el valor corregido de la aceleración de emisión declarada, $a_{d'}$, se calculará según la ecuación (5). Si el resultado de $a_e + K$ es menor de $2,5 \text{ m/s}^2$, el valor de emisión declarado se incrementará a $2,5 \text{ m/s}^2$, y posteriormente se aplicará el factor de corrección que corresponda;

$$a_{d'} = (a_e + K) \cdot c \quad (5)$$

- **Caso 4: Es necesario aplicar un factor de corrección y no se conoce K :** en primer lugar se determinará K aplicando los criterios de la Tabla 5, y posteriormente se aplicará la ecuación (5). Si el resultado de $a_e + K$ es menor de $2,5 \text{ m/s}^2$, el valor de emisión declarado se incrementará a $2,5 \text{ m/s}^2$, y posteriormente se aplicará el factor de corrección que corresponda.

En la Tabla 6 se muestra un conjunto de ejemplos para cada caso considerado. La información referida a la máquina, código de ensayo y factor de corrección, proceden de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013. Los valores declarados proceden de manuales de instrucciones reales. En cuanto a los cálculos efectuados, se han llevado a cabo según los criterios establecidos para caso descrito.

Tabla 6: Ejemplos de la determinación de los valores de emisión declarados (elaboración propia)

	Máquina	Código de ensayo	Factor de Corrección (c)	Valores declarados (m/s ²)		Cálculo del valor de emisión declarado (m/s ²)
				a _e	K	
Caso 1 (tabla E.1)	Taladradora	EN 60745-2-1:2003	1	2,5	1,0	$a_d = a_e + K$ $a_d = 2,5 + 1,0 = 3,5$
Caso 2 (tabla G.3)	Sierra de cadena < 80 cm ³	EN ISO 22867	1	4,8	¿?	$K = 0,4 \cdot a_e =$ $K = 0,4 \cdot 4,8 = 1,9$ $a_d = a_e + K =$ $a_d = 4,8 + 1,9 = 6,7$
Caso 3 (tabla F.1)	Amoladora	EN ISO 8662-4:1995	1,5	3,0	1,5	$a_{d'} = (a_e + K) \cdot c =$ $a_{d'} = (3,0 + 1,5) \cdot 1,5 = 6,8$
Caso 4 (tabla H.1)	Llave de impacto	EN ISO 8662-7:1997	1,5	11,2	¿?	$K = 0,4 \cdot a_e =$ $K = 0,4 \cdot 11,2 = 4,5$ $a_{d'} = (a_e + K) \cdot c =$ $a_{d'} = (11,2 + 4,5) \cdot 1,5 = 23,6$

4 Propuesta metodológica

Del análisis del procedimiento general para la estimación del parámetro A(8), se desprende como propuesta de mejora, la sustitución de los pasos 2 y 3, por los pasos 2, 3 y 4 descritos a continuación, así como pequeñas adaptaciones en los pasos que le siguen, 5, 6 y 7:

1. **Identificar las máquinas que se utilizan en el día de trabajo en cuestión:** conseguir los valores de emisión declarados por el fabricante (que pueden encontrarse en el manual de instrucciones);
2. **Determinar la tabla de aplicación de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 en función de la fuente de energía de la máquina:** tabla E.1, F1, G.3 o H1, para máquinas eléctricas, neumáticas, de combustión interna e hidráulicas respectivamente;
3. **Determinar el factor de corrección:** si la máquina se encuentra en la tabla seleccionada, E.1, F1, G.3 o H1, aplicar sus comentarios y restricciones. En caso contrario, aplicar el factor de corrección que corresponda según la Tabla 4;
4. **Determinar el valor de emisión declarado:** aplicar uno de los cuatro casos descritos en el presente trabajo, según corresponda;
5. **Determinar la duración diaria de la exposición para cada máquina pertinente (T):** esto debería ser realizado directamente o, alternatively, puede realizarse mediante la multiplicación del tiempo de utilización por la proporción de la respectiva exposición, o empleando duraciones de exposición genéricas (según tabla E.2 o G.1 de la norma);
6. **Calcular la exposición diaria a vibraciones, A(8):** se aplicará la ecuación (1) o (2), según proceda, considerando para ello que el valor de la variable a_{nv}, se corresponde con el valor de emisión declarado, determinado mediante el paso 4;
7. **Evaluar la exposición diaria a vibraciones:** el parámetro A(8) se comparará frente a los valores límite de exposición y valores de exposición a vibraciones que dan lugar a una acción dados en la Tabla 2.

5 Conclusiones

Mediante la presente comunicación, se ha desarrollado una propuesta para la mejora metodológica del proceso de evaluación del riesgo por exposición laboral a VMB mediante estimación recogido en la norma UNE-CEN/TR 15350:2013.

No obstante, tal y como se desprende tanto del procedimiento recogido en la norma indicada, como de la mejora metodológica propuesta, el proceso de evaluación puede requerir de una inversión de tiempo importante, especialmente en la búsqueda y análisis de los valores declarados de emisión de vibraciones por parte del fabricante. Además, dicho proceso no garantiza la obtención de resultados válidos, por ejemplo por no cumplirse que las condiciones de operación reales de la máquina sean similares a aquellas para las que se proporcionan los valores declarados.

Así, tanto del proceso de evaluación por estimación analizado como del propuesto, no se desprenden ventajas metodológicas claras respecto al proceso de evaluación basado en la medición, tanto en términos de incertidumbre de los resultados obtenidos como en términos de dedicación temporal por parte de los profesionales de la PRL.

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que en aplicación del RD 1311/2005, el proceso de evaluación por estimación también puede basarse en otras fuentes de datos distintas a las consideradas en este estudio, como por ejemplo la base de datos del INSHT (2011b), donde se incluyen valores de exposición medidos en la realización de un trabajo concreto y en condiciones laborales reales. No obstante, esta base de datos no muestra valores asociados a la incertidumbre de la medición, lo cual es en sí mismo un problema sin resolver. A modo de herramienta complementaria, el INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione Contro Gli Infortuni Sul Lavoro) dispone de una base de datos similar a la del INSHT, donde se recogen los resultados de la medición de la aceleración y su desviación estándar. Al respecto debe considerarse que los errores derivados del proceso de muestreo y medición de la magnitud de vibración, y la estimación de la duración de exposición, puede dar lugar a una incertidumbre en el valor A(8) de al menos $\pm 20\%$ (HSE, 2008). Por ejemplo, en un importante estudio llevado a cabo por el INSHT, se concluyó que la incertidumbre asociada a las medidas de VMB y VCC fue del 26% (Ayo, 2011).

A modo de conclusión final, para que el proceso de evaluación por estimación basado en el Anexo B de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 pueda considerarse eficaz y eficiente, tanto en términos organizativos, metrológicos y preventivos, es necesario desarrollar modificaciones y adaptaciones científico-tecnológicas que, consideren muy especialmente, la disminución de la incertidumbre asociada a la determinación del parámetro A(8), para lo que puede utilizarse como punto de partida la propuesta metodológica desarrollada con esta comunicación.

6 Referencias

- AENOR, UNE-EN 12096 (1998). *Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de los valores de emisión vibratoria*, Madrid, Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- AENOR, UNE-EN ISO 20643 (2008). *Vibraciones mecánicas. Maquinaria sujeta y guiada con la mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones*, Madrid, Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- AENOR, UNE-CEN/TR 15350 IN (2013). *Vibraciones mecánicas, Directrices para la evaluación de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano usando la información disponible incluyendo la información proporcionada por los fabricantes de maquinaria*, Madrid, Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

- Álvarez, T. (2014). *Aspectos ergonómicos de las vibraciones*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). NIPO (en línea): 272-14-082-5.
- Ayo, F. (2011). Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en los puestos de trabajo. *Jornada Técnica ¿Cómo evaluar las vibraciones mecánicas?* R.D. 1311/2005. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Ayo, F. (2013). Evaluación por estimación del riesgo por vibraciones mecánicas. *Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT)*, 75, 30-42.
- Brocal, F, Sebastian, MA, & Gonzalez, C, (2016). Classification proposal of metrological techniques in occupational safety and health, Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium (2015), pp.0648-0655, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734- 07-5, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria doi: 10.2507/26th.daaam.proceedings.088
- España, Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, pp 32590 - 32611.
- España. Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. *Boletín Oficial del Estado*, de 5 de noviembre de 2005, núm. 265, pp 36385 a 36390.
- Eurofound – European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (2015). Physical factors. *Sixth European Working Conditions Survey – 2015*. [consultado 5 abril 2016]. Disponible en: <http://www.eurofound.europa.eu/surveys/data-visualisation/sixth-european-working-conditions-survey-2015>
- HSE (Health and Safety Executive). (2008). *Hand-arm vibration. The Control of Vibration at Work Regulations 2005. Guidance on Regulations*, U.K., ISBN 978 0 7176 6125 1.
- INAIL (Istituto Nazionale per l'assicurazione Contro Gli Infortuni Sul Lavoro). Banca Dati Vibrazioni Manobraccio. [Consultado 11 abril 2016]. Disponible en: http://www.portaleagentifisici.it/fo_hav_index.php?lg=IT
- INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). (2009). “*Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas (R.D. 1311/05)*”, 1ª Edición.
- INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) (2011a). *VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (ENCT 2011)*. Análisis de Resultados en línea (Paso 3). (P17) Existencia de vibraciones. [Consultado 11 abril 2016]. Disponible en: <http://encuestasnacionales.oect.es/>
- INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). (2011b). Base de datos de vibraciones mecánicas (Valores de exposición). [Consultado 11 abril 2016]. Disponible en: <http://vibraciones.insht.es:86/>
- Lavin, N. (2008). *NTP 792: Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Unión Europea, Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo (Directiva Marco). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 29 de junio de 1989, núm. 183, pp. 1-15.
- Unión Europea, Directiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) (decimosexta Directiva específica con arreglo al artículo 16 (1) de la Directiva 89/391/CEE) *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 6 de julio de 2002, núm. 177, pp 13–20.