

08-006

CONTRIBUTIONS OF THE NEW STANDARD CEN/TR 15350:2020 IN THE METROLOGICAL TREATMENT OF HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE.

Lorente-Pedreille, Raquel María ⁽¹⁾; Brocal, Francisco ⁽²⁾; Saenz-Nuño, María A. ⁽³⁾;
Sebastián, Miguel A. ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidad Pontificia Comillas, ⁽²⁾ Universidad de Alicante, ⁽³⁾ IIT - Universidad Pontificia Comillas, ⁽⁴⁾ Universidad Nacional de Educación a Distancia

For a correct risk assessment in occupational health, it is key to have an updated and reliable regulation. Therefore, there is a wide variety of rules and regulations focused on protecting the safety of workers. One of the most analyzed aspects in the works with heavy machinery is the exposure to vibrations on the part of the workers. This exposure, either full body, or transmitted to the hand-arm system, must be studied and controlled. To this end, several standards attempt to analyze the casuistry and the way to evaluate the level of exposure for each situation or task that may be harmful to the health of the operator. New standard CEN/TR 15350:2020 studies exposure to vibrations and their transmission to the hand-arm system. This standard is an update of the previous version, CEN/TR 15350:2013, improving certain aspects and helping to standardize the process of assessing vibration borne by workers. This communication studies the metrological aspects of the new standard and the treatment of the parameters used for the correct prevention of exposure to vibrations.

Keywords: Vibrations; measurement; safety; health; occupational; metrology.

APORTACIONES DE LA NUEVA NORMATIVA CEN/TR 15350:2020 EN EL TRATAMIENTO METROLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE LAS MANOS.

Para una correcta prevención de riesgos laborales es clave contar con una normativa actualizada y fiable en relación a la seguridad y salud en el trabajo. Por ello, existe una amplia variedad de normas y regulaciones enfocadas a proteger la seguridad de los trabajadores. Uno de los aspectos más analizados en los trabajos con maquinaria pesada es la exposición a vibraciones por parte de los operarios. Esta exposición, bien de cuerpo entero, bien transmitida al sistema mano-brazo, debe ser estudiada y controlada. Para ello, existen una serie de normas que tratan de analizar la casuística y la forma de evaluar el nivel de exposición para cada situación o tarea que pueda suponer un perjuicio para la salud del operario. La nueva norma CEN/TR 15350:2020 estudia la exposición a vibraciones y su transmisión al sistema mano-brazo. Esta norma es una actualización respecto de la anterior versión de la misma, CEN/TR 15350:2013, mejorando ciertos aspectos y ayudando a uniformar el proceso de evaluación de las vibraciones soportadas por los trabajadores. En esta comunicación se estudian los aspectos metrológicos de la nueva norma y el tratamiento de los parámetros empleados para la correcta prevención de la exposición a vibraciones.

Palabras claves: Vibraciones; medición; seguridad; salud; trabajo; metrología.

Correspondencia: Raquel María Lorente Pedreille rmlorente@comillas.edu



1. Introducción

La exposición a vibraciones en puestos de trabajo que comporte el uso de determinadas herramientas mecánicas durante períodos prolongados de tiempo se asocia con numerosas enfermedades musculoesqueléticas y lesiones crónicas. Por este motivo es especialmente necesaria una adecuada prevención del riesgo por exposición a vibraciones.

La exposición a vibraciones se da no solo en el uso de herramientas mecánicas sino en muchas otras aplicaciones, tanto en el entorno industrial como en otros sectores, como en la agricultura, la ganadería o cualquier otra actividad que guarde relación con el empleo de maquinaria pesada o mecánica (Mansi et al., 2019; Neri et al., 2018). Además, las vibraciones pueden afectar únicamente a las estructuras de la mano y el brazo, como en el caso del empleo de una herramienta mecánica, o ser transmitidas al todo cuerpo del trabajador, por ejemplo en el uso de vehículos motorizados en la industria agrícola o en transportistas (Benos et al., 2020; Figlus et al., 2019; Griffin & Paddan, 2002).

La tremenda diversidad de maquinaria y equipos que pueden causar daños a los operarios debido a las vibraciones que éstos deben soportar, hace que sea muy difícil establecer un procedimiento único e inequívoco para determinar el nivel de exposición a vibraciones de manera generalizada.

La actual normativa, tanto a nivel europeo como a nivel nacional, procura dar respuesta a esta necesidad de una correcta evaluación, tanto de la magnitud de las vibraciones como del tiempo en el que los operarios se ven expuestos. La normativa de PRL en este ámbito tiene como objetivo establecer los límites aceptables para esta exposición a las vibraciones, de tal manera que se puedan mitigar o minimizar los daños y dolencias derivados de esta exposición.

Para una correcta evaluación de la exposición a vibraciones es clave tener valores de valores fiables que muestren cuál es la exposición real que sufre un operario y durante cuánto tiempo se produce dicha exposición. La situación ideal sería poder medir, de manera precisa y fiable, las vibraciones en el momento del uso de los de los distintos equipos; sin embargo esto no siempre es posible y en ocasiones es necesario estimar de dichas vibraciones. En cualquier caso, es necesario determinar dichos valores con la mayor fiabilidad posible.

En el presente trabajo se estudia la normativa vigente para la prevención de la exposición a vibraciones desde un punto de vista metrológico, ya que la necesidad de valores cuantitativos implica, así mismo, la necesidad de que estos valores sean lo más fiables y precisos posible.

En general en cualquier proceso regulatorio que impliquen la necesidad de valores cuantitativos hay una serie de cuestiones que son especialmente importantes, como por ejemplo si es posible emplear la infraestructura metrológica existente, asegurando de esta manera la trazabilidad de las medidas o valores estimados a emplear. Tal y como se expone en (CEM, 2008), es evidente la relación directa entre una buena normativa y el empleo de valores cuantitativos correctamente determinados y fiables y una adecuada legislación.

Desgraciadamente, a pesar de la necesidad de una caracterización metrológica de todos los parámetros implicados, las normas y reglamentos actuales no siempre cubren todos los aspectos metrológicos necesarios para una adecuada prevención del riesgo por exposición a vibraciones. Debido a esto se incrementa el riesgo de subestimar la exposición a vibraciones (Brocal et al., 2017), lo que afecta en última instancia a la salud de los trabajadores.

La normativa actual ofrece dos alternativas para establecer los valores cuantitativos a la hora de determinar qué valores de exposición a vibraciones son aceptables (comparados con los valores límites de referencia propuestos en la normativa vigente): métodos de medición y métodos de estimación. Sin embargo como ya se ha comentado no siempre es posible el

empleo de los métodos de medición y en el momento de acudir a los métodos de estimación puede resultar complejo establecer un procedimiento que lleve a obtener valores fiables.

Con el objetivo de mejorar la estimación de la exposición a vibraciones recientemente se ha actualizado la normativa relacionada mediante la publicación del informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020 (CEN, 2020), el cuál reemplazará a la actual norma UNE-CEN/TR 15350:2013 (UNE-AENOR, 2009). El nuevo documento es un informe técnico, el cuál esta en proceso de ratificación por parte de los comités competentes, para convertirse en una nueva norma que anulará y sustituirá a la anterior versión, del año 2013.

En el presente trabajo se analizan los objetivos de esta nueva norma, donde se enmarca dentro del actual panorama legislativo en materia de prevención de riesgos para la exposición a vibraciones y se estudia desde un punto de vista metrológico el tratamiento de los parámetros y valores cuantitativos empleados, así como las diferencias con la actual norma. Cabe mencionar que a lo largo de este trabajo, y con el fin de distinguir el nuevo documento en proceso de instauración de la normativa previa, se hace referencia al nuevo documento FprCEN/TR 15350:2020 como el informe técnico propuesto.

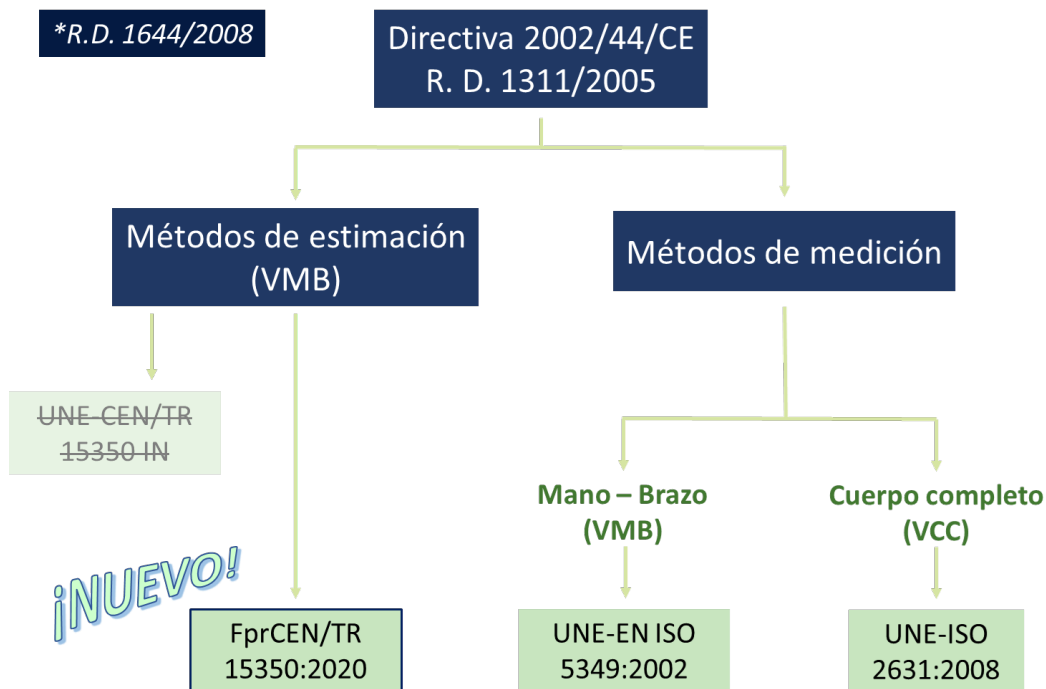
2. Integración del nuevo informe técnico FprCEN/TR 15350:2020 en el marco regulatorio vigente

Para entender la relevancia que tiene el informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020 y su ámbito de aplicación, es necesario entender cuál es el panorama legislativo actual en materia de prevención de riesgos en el ámbito de la exposición a vibraciones. El nuevo documento es un informe técnico, propuesto para su ratificación como sustitución de la actual normativa empleada para evaluación de exposición a vibraciones por métodos de estimación.

Las regulaciones actuales prevén distintos escenarios que tratan de contemplar toda la casuística posible a la hora de evaluar la infinita variedad de equipos que pueden afectar a la

salud de los trabajadores debido a la emisión de vibraciones. En la Figura 1 puede observarse una vista esquemática de las regulaciones aplicadas actualmente en nuestro país.

Figura 1: Análisis del informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020



- El Real Decreto 1644/2008: comercialización y puesta en servicio de maquinaria

Como se ha comentado anteriormente, los operarios se ven expuestos a vibraciones en su puesto de trabajo al emplear maquinaria o equipos que transmiten tales vibraciones bien al conjunto mano brazo (VMB) o bien al cuerpo completo (VCC). Como muestran los ejemplos anteriormente citados existen multitud de máquinas y herramientas que pueden transmitir tales vibraciones, cada uno de ellos con unas condiciones de diseño, comercialización y operación distintas.

Por este motivo, junto con la actual normativa relativa a la PRL en el ámbito de las vibraciones es necesario considerar el Real Decreto 1644/2008 (España, 2008), el cual establece las normas para la comercialización y puesta en marcha de las máquinas. Este documento

establece unos valores de partida (a observar por los fabricantes) para las vibraciones emitidas por las distintas máquinas que resultan admisibles y establece si una determinada máquina cumple las condiciones necesarias para ser considerada segura y que sea posible fabricarla y comercializarla.

Sin embargo este documento solo trata de minimizar las emisiones de vibraciones en su origen y no contempla cómo evaluar las vibraciones que finalmente se transmiten al operario. Pasado cierto tiempo desde la comercialización de una cierta máquina, esta puede sufrir deterioros o desviaciones que incrementen las vibraciones que finalmente sufre el operario. Aunque algunas indicaciones acerca de la exposición final a las vibraciones pueden encontrarse en este Real Decreto tales indicaciones no son suficientes para explicar los procedimientos y consideraciones técnicas que deberían tenerse en cuenta a la hora de efectuar una adecuada prevención del riesgo por exposición a vibraciones.

- Real Decreto 1311/2005: prevención de los trabajadores ante la exposición a vibraciones

Para el correcto análisis de la exposición a vibraciones es necesario entonces acudir a la Directiva Europea 2002/44/CE (European Union, 2002), la cual fue transpuesta al marco legislativo español por el Real Decreto 1311/2005 (España, 2005) de 4 de noviembre. Esta normativa caracteriza y establece los requisitos para evaluar la exposición a vibraciones de tal manera que sea posible prevenir las dolencias derivadas de la exposición a las mismas.

Este Real Decreto establece una serie de valores de referencia (valor límite y valor que requiere acción) a controlar en la exposición a vibraciones tanto en el caso VMB como en el caso VCC, los cuales se recogen en la. Además establece un parámetro, denominado A(8), el cual indica el valor de la exposición diaria sufrida por un operario en un periodo de 8 horas.

Para la evaluación de este riesgo es necesario determinar los valores que sufre el operario y compararlos con los valores de referencia establecidos en el Real Decreto.

- Evaluación de los valores de vibraciones sufridas por el operario mediante métodos de medición: normas UNE-EN 5349-1:2002, UNE-EN 5349-2:2002 y UNE-ISO 2631-1

Los valores de las vibraciones que finalmente sufre el operario en condiciones de campo deben compararse con estos valores de referencia. En aquellos casos en los que la medición de estos valores es posible El R.D. 1311/2005 recomienda acudir a normativa específica para cada tipo de vibración transmitida. De este modo, para evaluación V MB UNE-EN 5349-1:2002 (UNE-AENOR, 2002a) y UNE-EN 5349-2:2002 (UNE-AENOR, 2002b) se emplea la norma, mientras que para la evaluación VCC se emplea la norma UNE-ISO 2631-1 (UNE-AENOR, 2008).

En aquellos casos en los que es posible efectuar una medida directa de las vibraciones que emite una máquina y que son transmitidas al operario, estas normas establecen el método para efectuar esa medición, los procedimientos a seguir y cómo evaluar esas medidas.

Sin embargo la realidad es que en muchas ocasiones es muy difícil, incluso imposible, efectuar mediciones directas durante el empleo donde terminado equipo. En este tipo de casos, así como en aquellos en los que no sea posible aplicar un procedimiento estándar de medición, el R.D. 1311/2005 propone evaluar el riesgo de exposición mediante la estimación de las vibraciones soportadas por el operario.

- Evaluación de vibraciones mediante métodos de estimación: la nuevo informe técnico propuesto, FprCEN/TR 15350:2020

Como se ha expuesto debido a la a la amplia variedad de equipos y máquinas que pueden producir vibraciones perjudiciales para los trabajadores, así como los distintos usos que se le puedan dar a un mismo equipo, y las distintas condiciones bajo las cuales se puedan llegar a

operar, hacen hace muy difícil que los métodos de medición sean aptos para todas las situaciones.

Por otro lado, una situación habitual en cualquier industria, fábrica o puesto de trabajo es encontrarse con equipos de una cierta antigüedad. En muchas ocasiones, los procesos seguidos para evaluar tales equipos en el momento de su fabricación difieren mucho de los métodos empleados en maquinaria más moderna; ésta es una dificultad añadida a la hora de evaluar de manera uniforme las vibraciones emitidas por unos y otros equipos.

Ante todas estas casuísticas el R.D. 1311/2005 prevé la posibilidad de emplear métodos que estimen las vibraciones transmitidas a los operarios en lugar de facturar medidas directas de las mismas. En aquellos casos donde los métodos de estimación sean preferidos la normativa a aplicar es distinta a la normativa en el caso de los métodos de medición directa.

Es en esta situación donde tiene cabida el informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020, cuya entrada en vigor es inminente. Este documento será la guía a emplear cuando se lleve a cabo una estimación de las vibraciones transmitidas a los operarios en lugar de una medición directa y reemplazará a la actual norma UNE-CEN/TR 15350:2013.

3. Análisis metroológico del informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020

En (Lorente-Pedreille, Brocal, et al., 2020) los autores llevan a cabo un extenso análisis de las características e indicaciones de la norma UNE-CEN/TR 15350:2013, (la hasta ahora vigente y predecesora del informe técnico analizado en esta publicación), observando su eficacia en la estimación de la exposición a vibraciones.

Como se ha expuesto anteriormente, para una adecuada prevención del riesgo por exposición a VMB, es necesario tener confianza en los resultados de dicha prevención, y ello pasa por basar la evaluación de riesgos en información clara, precisa y sólida. El informe técnico propuesto presenta importantes variaciones respecto de la anterior versión, por lo que un nuevo análisis, desde un punto de vista metroológico, se hace necesario para asegurar la fiabilidad de los valores empleados en la evaluación del riesgo.

Desde un punto de vista metroológico, siempre que la normativa haga referencia a valores cuantitativos o medidos, así como valores a evaluar en condiciones de campo, es necesario asegurar la calidad de esos valores así como su trazabilidad.

Tal y como se ha explicado en la sección anterior, en el ámbito de las vibraciones, el R.D. 1311/2005 indica el parámetro A(8), así como los valores de referencia a partir de los cuales puede ser necesario tomar acciones para prevenir el riesgo derivado de la exposición a las vibraciones. Esos valores, representados en la tabla 1, deben compararse con los realmente observados al analizar la exposición de cualquier operario en su puesto de trabajo.

Tabla 1. Valores de referencia para una adecuada prevención del riesgo por exposición a vibraciones

Exposición considerada	Valor límite (m/s ²)	Valor que requiere acción (m/s ²)
VMB (vibración mano brazo)	5	2,5
VCC (vibración de cuerpo completo)	1,15	0,5

Desde el punto de vista metroológico, la situación ideal sería poder efectuar medidas directas rápidas, sencillas y sin grandes costes asociados directamente en condiciones de operación. Además tales mediciones deberían efectuarse siguiendo un procedimiento que observe todos

los aspectos relacionados con el proceso de medición, y que incluya además un estudio posterior que analice la calidad de las mediciones y sus posibles incertidumbres asociadas.

Sin embargo como ya se ha comentado existen muchas situaciones en las que esto no es posible, por lo que se hace necesario acudir a los métodos de estimación los cuales también se encuentran contemplados en el R.D. 1311/2005. A pesar de no tratarse de mediciones directas, siguen tratándose de valores cuantitativos, que, tras compararse con los valores de referencia mostrados en la Tabla 1, servirán para tomar o no las acciones que pudieran ser necesarias para la adecuada prevención de riesgos laborales. En tanto que estos valores cuantitativos son claves para una correcta aplicación de la legislación vigente se hace necesario un estudio metrológico de las características del proceso de estimación de tales valores.

En este aspecto se ha llevado a cabo un análisis del informe técnico propuesto, analizando los distintos requerimientos que dicho informe incluye para una correcta estimación de las vibraciones.

3.1 Estudio de los requisitos para la estimación de la incertidumbre detallados en el informe FprCEN/TR 15350:2020: accesibilidad para los usuarios

Este informe técnico detalla la información necesaria para estimar el tiempo de exposición y la exposición a vibraciones en el caso de las vibraciones VMB empleando para ello los valores de emisión de vibración declarados para la máquina a analizar o información de otras fuentes externas.

Si bien este documento se basa en la estimación de tales valores a partir de información existente (y no en mediciones directas como las otras normas anteriormente mencionadas), el documento aclara que es importante que los valores empleados para llevar a cabo la evaluación del riesgo deben ser representativos de los valores de vibración reales emitidos por la máquina analizada.

A continuación se citan algunas de las secciones más relevantes a la hora de determinar el valor de la exposición a vibraciones y sus características o requisitos desde un punto de vista metrológico:

- Cabe señalar que en la sección 2 del informe FprCEN/TR 15350:2020 no se especifican requisitos concretos para la aplicación del procedimiento, sino que avoca al usuario a estudiar varias normas asociadas, qué, según se especifica, constituyen requisitos para el uso de esta guía. Desde un punto de vista metrológico cualquier procedimiento de medición o estimación de valores comporta un análisis del entorno, los equipos o el proceso a seguir, evaluando inicialmente la idoneidad del procedimiento a aplicar (Sánchez et al., 2019).

Por ello, desde un punto de vista práctico, sería más adecuado contar con una lista de requisitos indispensables al inicio de este documento, de tal manera que para el técnico de prevención sea sencillo observar si la aplicación de esta norma es posible o no. Tales requisitos podrían desarrollarse o ampliar la información que fuese necesaria con las normas mencionadas en la sección 2 del informe FprCEN/TR 15350:2020, tratándolas como material de consulta y no como documentos de obligado cumplimiento que obliguen al usuario a consultar varios documentos a la vez para poder llevar a cabo la estimación de vibraciones.

- El informe FprCEN/TR 15350:2020 describe en sus secciones 4 y 5 el procedimiento para estimar el valor total equivalente de vibración (a_{hv}), así como el tiempo de

exposición (T) ambos necesarios para evaluar el parámetro $A(8)$ (Lorente-Pedreille, Sebastián, et al., 2020) (Ecuación 1).

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

Para la determinación del valor total equivalente de vibración son necesarios los valores de vibración totales para distintos modos de operación (a_{hvi}) y tiempos de exposición (T_i) (Ecuación 2).

$$a_{hv,eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m a_{hvi}^2 T_i} \quad (2)$$

El procedimiento indica que ante la dificultad de efectuar mediciones en el lugar de trabajo fuentes de información alternativas pueden ser consultadas, y solo cuando no exista suficiente información sobre las magnitudes de las vibraciones pueden ser necesarias mediciones directas.

Dado que en este método no está previsto que sean necesarias efectuar medidas directas de las vibraciones en condiciones de operación, el valor de las vibraciones totales a_{hvi} , necesario para llevar a cabo el procedimiento, es normalmente suministrado por los fabricantes de la máquina o equipo analizar, siendo éstos la principal fuente de información. Los valores de emisión de vibraciones declarados por el fabricante deben ser tomados con precaución, asegurando que la información disponible es representativa del comportamiento real de la máquina durante su uso.

Sin embargo, el informe FprCEN/TR 15350:2020 no especifica cómo determinar si la información proporcionada es suficiente o si puede considerarse que representa adecuadamente los valores reales que sufre el operario, y remite a los anexos incluidos en el documento para determinar su fiabilidad.

- Tal y como se detalla en el informe FprCEN/TR 15350:2020, los valores de emisión declarados por los fabricantes normalmente son obtenidos mediante ensayos de vibración normalizados, los cuales en sus respectivos procedimientos y normas incluyen información sobre la calidad de los valores obtenidos. Incluso incluyen un valor de incertidumbre K , el cual, el cual se sugiere como valor de incertidumbre necesario para no subestimar los valores de vibraciones sufridos por el operario.

Sin embargo, este factor de incertidumbre puede ser insuficiente a la hora de evaluar las vibraciones que realmente soporta el trabajador, ya que se obtiene en condiciones de ensayo en laboratorio, y no contempla las múltiples variaciones que pueden ocurrir cuando la máquina en cuestión se emplea en un puesto de trabajo. Entre otros muchos, los posibles factores a tener en cuenta serían el deterioro de la máquina, las condiciones de operación, el entorno, etc.

- El informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020 aporta una descripción más detallada sobre el método para estimar el tiempo de exposición, parámetro necesario de la vibración para evaluar la exposición de los operarios, lo cuál es una ventaja desde el punto de vista práctico y metrológico.
- Mucha información relevante para el análisis de los valores de vibración suministrados por los fabricantes aparece en los anexos del informe técnico propuesto FprCEN/TR

15350:2020. En el Anexo A se encuentra información acerca de la información suministrada por los fabricantes; se especifica que los ensayos llevados a cabo para determinar las vibraciones en una determinada herramienta deben emplear seguir normas europeas armonizadas para asegurar su fiabilidad y cita las series de normas a emplear de manera preferente.

Sin embargo no se detalla cómo podría llevarse a cabo la estimación cuando se evalúan herramientas con una cierta antigüedad, que quizás sean hayan sido ensayadas con normas diferentes o anteriores a las sugeridas. Típicamente las normas empleadas en la actualidad proponen ensayos triaxiales para la evaluación de las vibraciones; sin embargo anteriormente los ensayos eran de carácter uniaxial. En estos casos no queda claro en el informe cómo asegurar la fiabilidad de los datos suministrados por el fabricante. Desde un punto de vista metrológico esta situación no queda cubierta por los supuestos incluidos en este informe lo que provoca que no sea posible asegurar la intercomparabilidad entre máquinas de un mismo tipo cuando se dé esta situación y hace necesario el desarrollo de procedimientos que contemplen estas casuísticas (Brocal et al., 2018).

- El informe incluye en su anexo B una pequeña guía o procedimiento de cómo llevar a cabo la evaluación del riesgo por exposición a vibraciones. Esto sienta el precedente para detallar o crear en un futuro un procedimiento estandarizado para la estimación de la exposición a vibraciones, permitiendo asegurar la trazabilidad de las medidas gracias a la existencia de un procedimiento común. No obstante, a pesar de tratarse de un avance positivo, desde un punto de vista metrológico sería necesario desarrollar los distintos aspectos del procedimiento tales como el proceso de medición oh el método para evaluar las incertidumbres asociadas a los valores obtenidos.

3.2 Análisis del tratamiento de incertidumbres en el informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020

En metrología, una medida que no aporta información sobre las condiciones en las que fue obtenida u otros aspectos que hayan podido afectar al resultado obtenido, no puede considerarse una medida fiable. De hecho, si acudimos al Vocabulario Internacional de Metrología (Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2012), este define un resultado de medida como:

“Conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible”

Y detalla en las notas aclaratorias a esta definición:

“El resultado de una medición se expresa generalmente como un valor medido único y una incertidumbre de medida.”

Cabe objetar que en el informe que aquí se analiza se expone el procedimiento de estimación de las vibraciones, por lo que no sería imperativo efectuar mediciones directas, y por lo tanto no tendría por qué ser necesario aportar información sobre la calidad de los valores obtenidos. Sin embargo, el propio informe advierte en repetidas ocasiones de la tremenda variabilidad de los datos que puedan obtenerse al emplear métodos de estimación.

En la sección 3 del documento se habla de las consideraciones en cuanto a la variabilidad de los resultados y sus incertidumbres. El informe explica como para una misma máquina puede abrir una gran variabilidad: debido a las diferentes condiciones de operación bajo las que puede ser empleada, los distintos usuarios que pueden manejarla o incluso distintas

componentes a emplear dentro de una misma máquina por ejemplo, distintas brocas empleadas en un mismo taladro o distintos materiales taladrados con la misma máquina.

Por ello se aclara que en la estimación de la exposición es necesario tener en cuenta que los valores obtenidos para caracterizar las vibraciones se encuentran normalmente dentro de un determinado rango de incertidumbre.

Sin embargo el informe FprCEN/TR 15350:2020 no ofrece métodos o procedimientos para estimar la incertidumbre asociada a tales valores. Si bien es cierto que remite a la norma UNE-CEN/TR 1030-2:2016, la cual en su anexo H advierte de los riesgos de subestimar los verdaderos valores de vibración al emplear los valores proporcionados por el fabricante sin tener en cuenta su incertidumbre asociada.

Para mitigar los posibles daños que podrían producirse en caso de no considerar las incertidumbres la norma UNE-CEN/TR 1030-2:2016 (UNE-AENOR, 2017) propone utilizar una incertidumbre extendida K . Como se ha mencionado en la sección anterior, este factor de incertidumbre es proporcionado normalmente por los fabricantes junto con sus respectivos valores de referencia.

La norma UNE-CEN/TR 1030-2:2016 propone incluir este factor a la hora de comparar los valores estimados de vibración frente a los valores de referencia establecidos en el R.D. 1311/2005 (Tabla 2). Sin embargo, esta solución no cubre las distintas variaciones que puede sufrir los valores originalmente suministrados por el fabricante cuando el equipo en cuestión se emplea en un puesto de trabajo determinado.

Tabla 2. Tabla H.2 de la norma UNE-CEN/TR 1030-2:2016. Determinación de la incertidumbre expandida K para la estimación basada en la emisión y valores de exposición en la ausencia de otros datos

Base para la estimación (emisión de vibraciones VMB o valor de exposición "a")	Incertidumbre expandida K
$2,5 \text{ m/s}^2 < a \leq 5 \text{ m/s}^2$	0,5 a
$a > 5 \text{ m/s}^2$	0,4 a

Factores como la correcta sujeción del equipo, su adecuado mantenimiento, las condiciones de operación, el material complementario empleado junto con el equipo, el usuario, etc. pueden provocar que el valor de las vibraciones que finalmente sufra el operario sea muy superior al de las vibraciones emitidas por la máquina cuando se ensayó por su fabricante.

En este aspecto la norma inmediatamente anterior a este informe (UNE-CEN/TR 15350:2013), vigente hasta la entrada en vigor del nuevo documento) trataba de considerar todos los factores de influencia que pudieran afectar al verdadero valor de las vibraciones soportadas por el usuario final. No obstante la gran variedad de equipos que pueden emitir vibración hace que sea muy difícil estandarizar los factores a considerar; en (Brocal et al., 2016) se lleva a cabo un extenso estudio de los distintos factores que eran considerados en la anterior normativa y en cómo los mismos podían afectar a la incertidumbre final asociada a los valores de vibraciones empleados para la evaluación del riesgo de exposición.

Desde un punto de vista metrológico, el factor de incertidumbre K sugerido puede ser insuficiente para caracterizar realmente la fiabilidad de los valores de vibración considerados en la evaluación del riesgo. Se echa en falta una guía o procedimiento que muestre las consideraciones básicas a la hora de considerar los distintos factores de influencia que

puedan hacer que la exposición a vibraciones sea mayor que la considerada por los fabricantes en sus ensayos originales.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio extenso de las características técnicas y metrológicas del informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020 para la estimación de la exposición a las vibraciones en el entorno laboral.

El análisis incluye el estudio del alcance de este informe dentro del marco legislativo actual en materia de exposición a vibraciones. El nuevo documento se ha propuesto para su ratificación como informe técnico que sustituirá al actual documento UNE-CEN/TR 15350:2013; este documento está enfocado únicamente a la evaluación de las vibraciones soportadas por los operarios empleando métodos de estimación.

Debido a la alta variabilidad, no solo de las condiciones de uso, sino de los tipos de maquinaria existentes, los métodos de estimación pueden comportar grandes incertidumbres asociadas. Si el procedimiento de estimación y los valores cuantitativos obtenidos no se evalúan de manera correcta podría llegar a subestimarse el valor de vibración que realmente puede llegar a soportar un operario, afectando negativamente a la evaluación del riesgo asociado y pudiendo provocar que el trabajador sufra lesiones o daños a largo plazo.

Para estudiar esta situación, se ha llevado a cabo un análisis detallado desde el punto de vista metrológico, observando los requisitos y contenidos del informe técnico propuesto así como de los métodos sugeridos para estimar la incertidumbre.

Para la estimación de las vibraciones es necesario estudiar la magnitud total vibración emitida por la maquinaria así como el tiempo de exposición. El documento FprCEN/TR 15350:2020 incluye un procedimiento esquemático que sirve de guía para llevar a cabo la evaluación del riesgo por exposición a vibraciones. Además, respecto de la versión inmediatamente anterior, este nuevo documento detalla cómo evaluar el tiempo de exposición.

Sin embargo, en cuanto a la estimación de la magnitud de la vibración existen algunos aspectos que requerirían una mayor profundización. El método propuesto se basa en la estimación de la magnitud de vibración basada en los valores suministrados por los fabricantes de los distintos equipos, tras haber ensayado los mismos según las normativas estándar europeas. Sin embargo y a pesar de sugerir que se incluya la incertidumbre suministrada por los fabricantes el documento no tiene en cuenta posibles variaciones del valor real de la magnitud emitida por un equipo cuando éste es utilizado por el usuario final. Así, factores de influencia como el deterioro del equipo, o las condiciones de trabajo no son considerados. Esto puede provocar que el operario sufra vibraciones mayores que las consideradas al llevar a cabo la evaluación del riesgo por exposición, pudiendo causar al trabajador lesiones o daños a largo plazo.

Por otro lado, se concluye que el documento abalora la fiabilidad de los valores suministrados por los fabricantes siempre que estos valores hayan obtenido mediante ensayos que sigan las normativas europeas armonizadas. Sin embargo, es común encontrar maquinaria con cierta antigüedad que no cumpla tales normativas; en esos casos el documento no aporta suficiente información sobre cómo llevar a cabo la estimación. Desde un punto de vista metrológico, sería deseable que el documento profundizase en cómo asegurar la fiabilidad de los valores empleados para la evaluación del riesgo de exposición a vibraciones.

Puede concluirse que el informe técnico propuesto FprCEN/TR 15350:2020 sienta las bases para el desarrollo de un procedimiento estandarizado que puedan contemplar todas las influencias y factores presentes en la estimación de la exposición a vibraciones. El documento analizado es una buena guía, y resulta especialmente útil para evaluar aquella maquinaria

que cumpla con las normativas de ensayo vigentes, pero en una línea de futuro desarrollo sería necesario ahondar en algunos aspectos del documento para llegar a generar un procedimiento práctico y fiable.

5. Bibliografía

- Benos, L., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. (2020). A review on ergonomics in agriculture. part II: Mechanized operations. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103484>
- Brocal, F., González-Gaya, C., & Sebastián, M. A. (2018). Practical methodology for estimating occupational exposure to hand-arm vibrations according to CEN/TR 15350:2013. *Safety Science*, 103(November 2017), 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.001>
- Brocal, F., Sebastián, M. A., & González-Gaya, C. (2016). Clasificación de factores asociados a la incertidumbre del proceso de evaluación del riesgo por exposición laboral a vibraciones. *XXI Congreso nacional de Ingeniería Mecánica*. Elche.
- Brocal, F., Sebastián, M. A., & González-Gaya, C. (2017). Theoretical framework for the new and emerging occupational risk modeling and its monitoring through technology lifecycle of industrial processes. *Safety Science*, 99(2017), 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.016>
- CEM. (2008). *Metrología Abreviada - Centro Español de Metrología* (3ª edición).
- CEN. *Mechanical vibration – Guideline for the Assessment of Exposure to Hand-transmitted Vibration Using Available Information Including that Provided by Manufacturers of Machinery*. CEN/TR 15350:2013. , (2020).
- 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*. , 265 § (2005).
- España. *Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas*. Texto consolidado. , 246 Boletín Oficial del Estado § (2008).
- European Union. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration). , L 177 Official Journal of the European Communities § (2002).
- Figlus, T., Szafraniec, P., & Skrucány, T. (2019). Methods of measuring and processing signals during tests of the exposure of a motorcycle driver to vibration and noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph16173145>
- Griffin, M. J., & Paddan, G. S. (2002). Evaluation of whole-body vibration in vehicles. *Journal of Sound and Vibration*, 253, 195-213. De doi:10.1006/jsvi.2001.4256
- Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). (2012). *Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados* (3ª edición).
- Lorente-Pedreille, R. M., Brocal, F., Saenz-Nuño, M. A., & Sebastián, M. A. (2020). Analysis of metrological requirements in occupational health and safety regulations related to the emerging risk of exposure to vibrations. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(21), 1-14. <https://doi.org/10.3390/app10217765>

Lorente-Pedreille, R. M., Sebastián, M. A., & Saenz-Nuño, M. A. (2020). Metrological considerations in the vibration exposure requirements in the Occupational Health and Safety regulations. *International Congress on Project Management and Engineering, Alcoi*.

Mansi, F., Cannone, E. S. S., Caputi, A., De Maria, L., Lella, L., Cavone, D., & Vimercati, L. (2019). Occupational exposure on board fishing vessels: Risk assessments of biomechanical overload, noise and vibrations among worker on fishing vessels in Southern Italy. *Environments - MDPI*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/environments6120127>

Neri, F., Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Bertuzzi, L., & Marchi, E. (2018). Determining noise and vibration exposure in conifer cross-cutting operations by using Li-Ion batteries and electric chainsaws. *Forests*, 9(8), 1-13. <https://doi.org/10.3390/f9080501>

Sánchez, A., González-Gaya, C., & Brocal, F. (2019). Assessment of emerging risk level by occupational exposure to hand-arm vibrations: Approach under uncertainty conditions. *Safety Science*, 114, 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.01.002>

UNE-AENOR. *UNE-EN ISO 5349-1. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales.* , (2002).

UNE-AENOR. *UNE-EN ISO 5349-2. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de exposición humana a vibraciones transmitidas por mano. Parte 2: Guía práctica para medición en lugar de trabajo.* , (2002).

UNE-AENOR. *UNE-ISO 2631-1. Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a choques de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.* , (2008).

UNE-AENOR. *UNE-CEN/TR 15350:2013 IN. 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 fabricant.* , (2009).

UNE-AENOR. *UNE-CEN/TR 1030-2:2016. Vibración mano-brazo. Directrices para la reducción de riesgos de vibración. Parte 2: Medidas de gestión en el lugar de trabajo.* , (2017).

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

