

08-011

METROLOGICAL CONSIDERATIONS IN THE VIBRATION EXPOSURE REQUIREMENTS IN THE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY REGULATIONS

Lorente-Pedreille, Raquel María ⁽¹⁾; *Sebastián, Miguel Ángel* ⁽²⁾; *Sáenz-Nuño, María Ana* ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad Pontificia Comillas, ⁽²⁾ Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

The regulations on health and safety at work are one of the pillars of occupational risk prevention. Many aspects are evaluated by different regulations to ensure the safety of personnel in different sectors. In order to establish the acceptable parameters at each case, the standards establish reference values that ensure the safety of personnel. In order to determine whether a certain parameter remains within the established limits, reliable measurements of the levels measured in the working area are necessary. Thus, measurement procedures are established for various aspects and sectors: mechanical resistance of safety nets in temporary work on construction sites, resistance of telescopic ladders, or the vibration meters used in various industries and applications, etc. Although in all cases the available standards propose measurement procedures and reference values, sometimes the reliability of the measurements is not evaluated in detail, and more exhaustive studies of the measurement processes, the repeatability of the values obtained and the uncertainty associated to the final measurements are necessary. By increasing the reliability of those measurements it would be possible to improve safety at work.

Keywords: measurement; reliability; safety; health; occupational

CONSIDERACIONES METROLÓGICAS EN LOS REQUERIMIENTOS DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES EN LA NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

La normativa relativa a la seguridad y salud en el trabajo es uno de los pilares de la prevención de riesgos laborales. Numerosos aspectos son evaluados por distintas normativas para asegurar la seguridad del personal en distintos sectores. Para poder establecer los parámetros aceptables en cada caso, las normas establecen valores de referencia que aseguren la seguridad de los trabajadores. Para determinar si un determinado parámetro permanece dentro de los límites establecidos se hacen necesarias mediciones fiables de los valores medidos en la actividad laboral. Así, se establecen procedimientos de medición para variados aspectos y sectores: resistencia mecánica de las redes de seguridad en trabajo temporales de obras, resistencia de las escaleras telescópicas, o los medidores de vibraciones empleados en distintas industrias y aplicaciones, etc. Si bien en todos los casos la normativa disponible ofrece procedimientos de medición y valores de referencia, en ocasiones la fiabilidad de las medidas no es evaluada en profundidad, siendo necesarios estudios más detallados de los procesos de medición, la repetibilidad de los valores obtenidos y la incertidumbre asociada a la medición final. Mediante una mayor fiabilidad de la medición sería posible mejorar la seguridad en el trabajo.

Palabras clave: medición; fiabilidad; seguridad; salud; trabajo;

Correspondencia: Raquel María Lorente-Pedreille rmlorente@comillas.edu



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

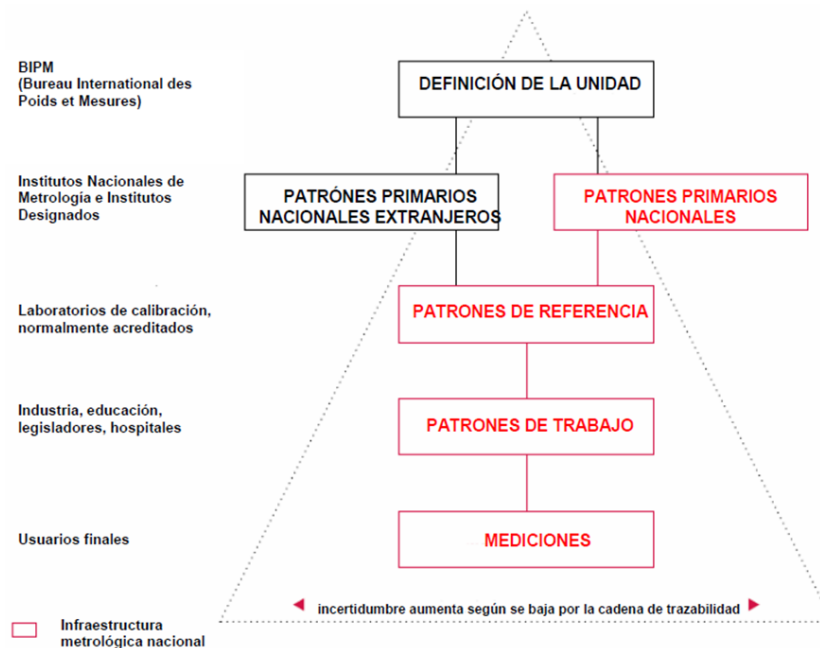
Uno de los aspectos fundamentales a la hora de legislar y llevar a cabo una correcta prevención de riesgos laborales (PRL) es el adecuado control y evaluación de los métodos y agentes físicos presentes en los procesos de trabajos. Para ello, las normas establecen valores de referencia que aseguren la seguridad de los trabajadores.

Sin embargo, tanto el establecimiento de esos valores de referencia como la comprobación de los valores reales obtenidos en distintas aplicaciones requieren de métodos y procedimientos basados en mediciones precisas y fiables.

La Metrología es la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones (JCGM), 2012). Es una ciencia que puede considerarse transversal al resto: entre sus principales objetivos se encuentra la capacidad para garantizar la veracidad e intercomparabilidad de los resultados de medida en cualquier ámbito.

En otras palabras, la metrología se encarga de asegurar la **trazabilidad**, permitiendo determinar y documentar el valor y la exactitud de una valor o medición y de diseminar dicho conocimiento. De este modo es posible establecer una relación documental, denominada cadena de trazabilidad (Figura 1), entre los instrumentos empleados en cualquier aplicación respecto del patrón primario de la magnitud medida por los mismos (Lorente-Pedreille et al., 2018).

Figura 1: Representación de la trazabilidad metrológica (Centro Español de Metrología, 2008)



Desde el punto de vista de la legislación en prevención de riesgos laborales, el papel de la metrología resultaría clave a la hora de garantizar la veracidad de los valores de referencia y de las distintas normativas, así como la comprobación o medición de los mismos en los procesos de trabajo donde tienen aplicación.

Sin embargo, en muchas ocasiones los procedimientos para establecer determinados valores de referencia y su posterior medición en los procesos de trabajo donde tienen

aplicación no cuentan con una relación documental establecida que permita asegurar su trazabilidad e intercomparabilidad.

En esta comunicación se va a estudiar la necesidad de una mayor atención a los aspectos metrológicos relacionados con la actual legislación en el ámbito de las vibraciones en los procesos de trabajo e industriales.

Según la Sexta Encuesta Europea sobre Condiciones de Trabajo (Eurofound, 2015), el 19 % de los trabajadores encuestados se ve expuesto a vibraciones durante más del 25% de su jornada laboral; además, se observa tendencia creciente en este porcentaje de los trabajadores expuestos a vibraciones en su trabajo. En consecuencia, es imperativo establecer y controlar adecuadamente los valores de referencia en la normativa relacionada con la exposición a vibraciones.

2. Trazabilidad en los parámetros de referencia en materia de vibraciones

A nivel europeo, las recomendaciones y valores de referencia sobre la exposición a vibraciones en el trabajo pueden encontrarse en la Directiva 2002/44/CE, relativa a los preceptos de seguridad y salud en este ámbito. Esta directiva fue traspuesta al marco legislativo español por la Ley 31/1995 y el Real Decreto 1311/2005 de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas (Lavín Ortiz & Ruezperez Calvo, 2016).

En dicho Real Decreto se centra en prevenir efectos sostenidos en el tiempo que puedan sufrir los trabajadores expuestos a vibraciones en sus puestos de trabajo, atendiendo a dolencias óseas, articular o incluso espinales en caso donde las vibraciones afecten a todo el cuerpo del trabajador. En virtud de la parte del cuerpo que pueda resultar expuesta a vibraciones mecánicas el Real Decreto distingue dos tipos de exposición: “vibración transmitida al sistema mano-brazo” (VMB) y “vibración sometida al cuerpo entero” (VCC).

Para cada uno de estos tipos el real decreto establece una serie de valores de referencias que deben ser controlados. Concretamente, hay dos parámetros a controlar (Tabla 1):

- Valor límite de exposición: de 5 m/s² en el caso de la exposición mano-brazo y de 1,15 m/s² en exposición de cuerpo entero.
- Valor de exposición que requiere una acción: 2,5 m/s² en el caso de la exposición mano-brazo y de 0,5 m/s² en exposición de cuerpo entero.

Tabla 1. Valores de referencia RD 1311/2005

Tipo de exposición	Valor límite (m/s ²)	Valor que requiere acción (m/s ²)
Mano-brazo	5	2,5
Cuerpo entero	1,15	0,5

Esta regulación, muy necesaria para la protección de los trabajadores, permite por lo tanto determinar un valor de referencia para cualquier aplicación o proceso de trabajo donde las vibraciones se vean involucradas.

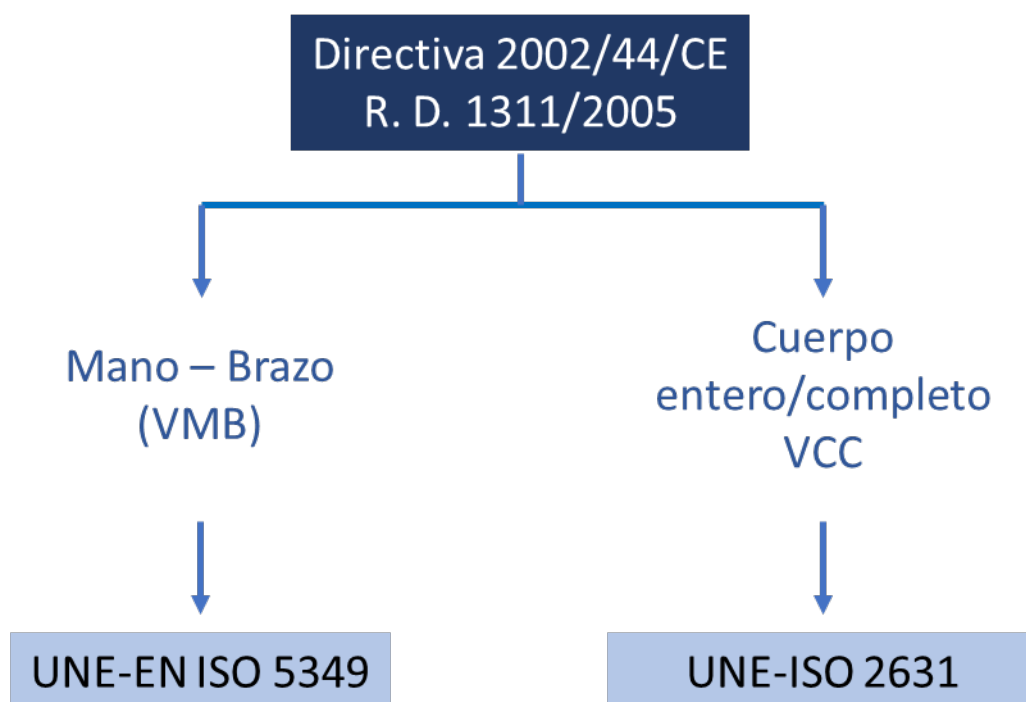
Sin embargo, desde el punto de vista metrológico surgen dos cuestiones principales:

- ¿Cómo se obtiene este valor de referencia, cuál es su trazabilidad?
- ¿Qué procedimiento se emplea para obtener el valor de exposición en un proceso de trabajo y comparar el resultado obtenido a los valores de referencia?

La respuesta a ambas preguntas se facilita en los contenidos y anexos del citado RD 1311/2005. Concretamente, el Real Decreto establece un parámetro, A(8), el cuál corresponde al valor de la exposición diaria sobre un periodo estándar de 8 horas.

La estimación de este parámetro depende del caso considerado: vibraciones mano-brazo (VMB) o vibraciones de cuerpo entero o completo (VCC). Las VMB se evalúan a través de las normas UNE-EN 5349-1:2002 y UNE-EN 5349-2:2002, mientras que las vibraciones de tipo VCC se evalúan según lo indicado en la norma UNE-ISO 2631-1 (Figura 2)

Figura 2: Vista esquemática de la normativa aplicable para las vibraciones VMB y VCC



Este parámetro A(8) es evaluado por el empresario y es comparado con los valores de referencia mostrados en la Tabla 1. La determinación de este parámetro se efectúa a través de una estimación basada en la información facilitada por los fabricantes, tal y como especifica el Real Decreto:

“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”

Por lo tanto, la evaluación del nivel de exposición a las vibraciones mecánicas depende de los métodos de trabajo concretos y los valores suministrados por los fabricantes en cada caso. No se trata por tanto de una medición de las vibraciones sufridas por el trabajador durante la utilización de la maquinaria.

Al tratarse de una estimación y estar basada en distintas fuentes de información (según el fabricante de la maquinaria a emplear), los resultados obtenidos para un determinado proceso de trabajo pueden verse acompañados de un alto valor de incertidumbre.

En primer lugar, los valores de exposición son magnitudes obtenidas por los fabricantes; en la mayoría de casos el fabricante obtiene estos valores según el requisito esencial 2.2 de la Directiva 98/37/CE. En otras ocasiones emplea ensayos específicos que responden a un código de ensayo concreto que es suministrado junto con el valor de referencia.

En la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 se proporciona información sobre como evaluar la exposición a vibraciones procedentes de máquinas y herramientas manuales a motor. Como se ha comentado, tanto esta norma como el RD 1311/2005 los métodos que en ella se describen emplean los valores existentes de distintas fuentes. En la propia norma se indica la posibilidad de encontrar una cierta variabilidad debida a los métodos de estimación empleados. Por ejemplo, se advierte explícitamente de la posible variación de las vibraciones en función del paso del tiempo, el puesto de trabajo o la máquina empleada. Además, los valores sobre la exposición a vibraciones existentes se obtienen a partir de estudios de vibraciones con diferentes códigos de ensayo, lo que desde un punto de vista metrológico complica mucho asegurar la intercomparabilidad entre distintas máquinas, distintas condiciones de uso o distintos fabricantes de una misma maquinaria.

Todas estas influencias se traducen en una incertidumbre asociada a los valores estimados para evaluar la exposición a vibraciones, la cual puede ser bastante elevada. Como se ha expuesto, en el caso de los valores obtenidos y diseminados por los fabricantes, se siguen diferentes códigos de ensayo, y la incertidumbre del valor de emisión de vibraciones finalmente declarado se estima de acuerdo a la norma UNE-EN 12096:1998. A pesar de seguir esta norma, los distintos códigos de ensayo empleados hacen que sea difícil intercomparar las distintas mediciones.

Por otro lado, a raíz de las influencias mencionadas (degradación de la maquinaria a lo largo del tiempo, diferentes condiciones de uso de una misma máquina, la incertidumbre del valor de vibración durante el uso real es mucho mayor, como se advierte en la norma UNE-CEN/TR 15350:2013.

Si bien esta norma facilita una serie de consideraciones e indicaciones para la estimación de la incertidumbre asociada a los valores de exposición a vibraciones, algunos aspectos no quedan completamente resueltos. Como indica (Brocal, Sebastián & González-Gaya, 2016a), aunque se prevén factores de corrección ante los distintos valores obtenidos por los fabricantes, es necesario tener en cuenta también las condiciones de los distintos códigos de ensayo. Por ejemplo, si las mediciones efectuadas se llevan a cabo según ensayos uniaxiales o triaxiales. Además, es importante determinar la similitud entre un determinado código de ensayo y el uso final que se le da al equipo.

Por todo lo expuesto, queda patente que las clasificaciones de la norma podrían profundizar más en ciertos aspectos para optimizar la calidad e intercomparabilidad de las mediciones obtenidas.

3. Requerimientos metrológicos en la normativa de vibraciones

Como se ha expuesto en la sección anterior, la evaluación de la exposición a vibraciones en los procesos de trabajo se lleva a cabo por métodos de estimación, los cuales emplean documentación facilitada por los fabricantes de las distintas máquinas para llevar a cabo tales estimaciones.

Dado que se emplean valores cuantitativos, las propias normas establecen métodos para determinar las incertidumbres que acompañan a tales valores, pero la variabilidad de casos

hace que en ocasiones sean necesarios factores de corrección a dichas incertidumbres. Finalmente, se dan casos en que los factores de incertidumbre pueden llegar a ser superiores al 20% del parámetro A(8) (Brocal, Sebastián & González-Gaya, 2016b). En otras ocasiones, las indicaciones requieren de una mayor profundización.

A continuación se comentan algunos de esos aspectos que requerirían de un mayor detalle en el tratamiento de los valores y sus incertidumbres, tomando como ejemplo las normas UNE-EN 5349-1:2002 y UNE-EN 5349-2:2002:

- En el subapartado 4.2.1 de la norma 5349-1 se habla de la necesaria calibración del equipo. Sin embargo, de manera contradictoria, apunta a continuación: "Este equipo, para su correcto funcionamiento, debe comprobarse antes de su empleo". Este comentario hace dudar entre si sería necesaria una calibración metrológica completa, o si sería suficiente con una comprobación del equipo o una comprobación a partir de algún otro mensurando.
- El apartado 6.3 de la norma UNE-EN 5349-2:2002 se titula: "Comprobación y verificación de la cadena de mediciones" y dentro de él, en el subapartado 6.3.1 "Comprobaciones regulares de funcionalidad" se utiliza un "calibrador de las vibraciones" pero la descripción del proceso da a entender de que no se trataría de una calibración completa, sino de un ajuste del equipo previo a su utilización.
- Cabe destacar que en el capítulo 7 de la norma UNE-EN 5349-2:2002 "Incertidumbre de la evaluación de la exposición diaria a las vibraciones" si se lleva a cabo un estudio de aspectos de carácter metrológico y se introducen consideraciones en cuanto a las incertidumbres de medida, aunque con una terminología algo diferente a la habitual en el lenguaje metrológico ("factores" en lugar de "magnitudes de influencia") que pueden generar confusión a la hora de estimar tales incertidumbres.

Aunque se sugieren dichos "factores" no se especifica una manera de estimarlos; de hecho en las notas de este apartado puede observarse apreciaciones por las cuales se indica que las incertidumbres asociadas a instrumentos suelen ser menores que otras de las consideradas, pero no establece un medio de estimación. Por otro lado, asume que la propia calibración del instrumento es uno de esos factores sin llegar a explicar en más detalle como tratarlo en tal caso.

- Otra de las variables a tener en cuenta en el proceso es el tiempo de exposición, cuya medición también tendrá asociada un cierta incertidumbre. De nuevo, la norma no especifica un método para su estimación, sino que simplemente indica una relación con las características propias de cada experimento, pero no se estima tal relación.
- En el apartado 7.3 de la norma UNE-EN 5349-2:2002: se habla de las condiciones de los ensayos de cara a la evaluación de las incertidumbres. Se especifica la necesidad de múltiples medidas, lo que traducido a un ámbito metrológico sería una forma de obtener la contribución de la repetibilidad a la incertidumbre global. Sin embargo, en los ejemplos propuestos se propone cambiar las condiciones de medición (empleando distintas configuraciones en las máquinas), situación que en el ámbito de la metrología sería

En base a los ejemplos mostrados, puede concluirse que las normas UNE-EN 5349-1:2002 y UNE-EN 5349-2:2002 dan un tratamiento superficial de los aspectos relacionados con las mediciones y la trazabilidad de las medidas, si bien su necesidad es considerada (así lo indica algunas indicaciones y comentarios claros, como en el apartado "8. Información a Registrar" donde se especifica la necesidad de recoger la "trazabilidad de la calibración".

Sin embargo, se echa en falta un tratamiento científico y coherente desde un punto de vista metrológico. Si bien las indicaciones parecen asumir la necesidad de este enfoque y de una

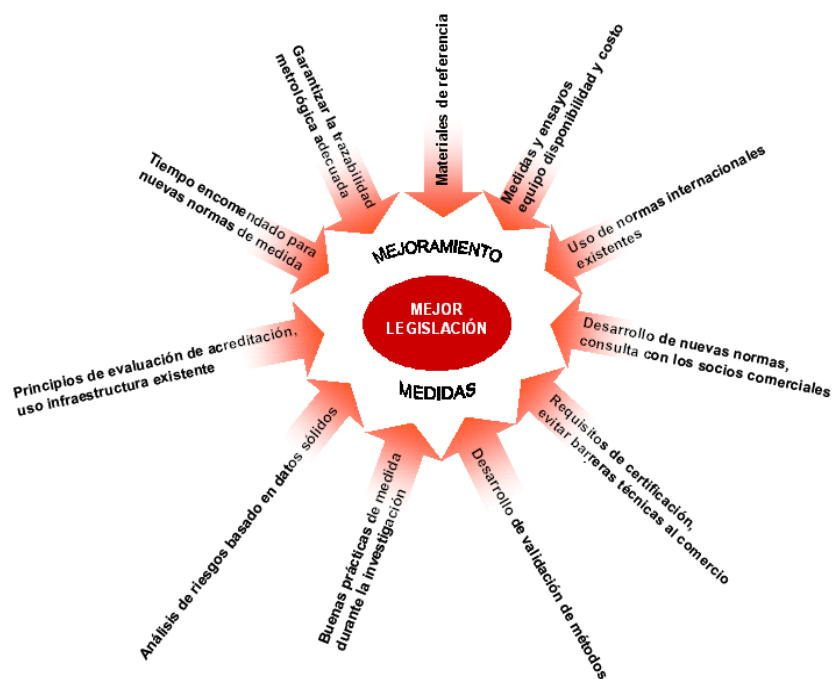
profundización en esto aspectos, no hay una definición o planteamiento claros en cuanto al tratamiento de las incertidumbres asociadas a las mediciones de vibraciones mano-brazo.

4. Aplicación de un enfoque metroológico para la mejor evaluación de las vibraciones.

En el campo de PRL una de las principales líneas de acción pasa por detectar y evitar posibles accidentes, dolencias problemas debidos al entorno laboral. En tal sentido, existe un amplio abanico de normas respecto, que en muchas ocasiones se basa en valores cuantitativos, acerca de los cuales establecer límites admisibles, acciones preventivas e incluso que sirven de referencia para acciones legislativas. Sin embargo, en ocasiones estos valores no siempre están bien tratados o no son fácilmente caracterizables. Este es el caso de los valores de exposición a vibraciones anteriormente expuestos.

Como ocurre en otros ámbitos y aplicaciones, es necesario la correcta evaluación de los parámetros mediante los cuales se regula la gestión del equipo y los procesos de trabajo. Como se expone en (Centro Español de Metrología, 2008), a la hora de emplear mediciones en un proceso legislativo es especialmente relevante existen una serie de cuestiones que es importante plantear, como cuáles son los parámetros que deben medirse, si es posible emplear la infraestructura metroológica existente o si será posible asegurar la trazabilidad de los resultados obtenidos. Queda patente por tanto la relación entre una buena legislación y unos valores de referencia y mediciones correctamente establecidos y fiables (Figura 3)

Figura 3: Aspectos metroológicos a estudiar de cara a un proceso legislativo (de Centro Español de Metrología, 2008)



Si bien es cierto que las normativas actuales son útiles desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, para mejorar su calidad sería necesario mejorar el tratamiento propuesto para los valores medidos y su trazabilidad. Un posible enfoque a la hora de afrontar esta solución sería el desarrollo de una gestión documental conjunta,

añadiendo un enfoque metrológico en lo referente a valores de referencia y medidas, que fuese capaz de mejorar la comunicación entre fabricantes, usuarios finales y al prevención de riesgos laborales, de tal manera que se busque minimizar, o al menos caracterizar, la variabilidad observada en la evaluación de la exposición a vibraciones por parte de los usuarios finales.

En este sentido, un enfoque similar al ya desarrollado en muchos laboratorios de medición de distintos sectores, con una gestión documental común que aumenta la transparencia y la comparación de resultados y valores. Un buen ejemplo de este enfoque sería el aplicado por la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, un documento plenamente aceptado por todos los laboratorios de calibración y ensayo de distintas magnitudes y aplicaciones.

En ella “se especifican los requisitos generales para la competencia, la imparcialidad y la operación coherente de los laboratorios”. Gracias al cumplimiento de esta norma, otros laboratorios, autoridades reglamentarias, organismos de acreditación o los clientes de un determinado laboratorio reconocen la competencia del mismo. De forma análoga, la norma EN ISO/IEC 17020 propone vías similares para su empleo en los diferentes organismos que realizan inspección.

Extrapolando estas características, como ya se ha hecho en otros ámbitos (NTP 582), el desarrollo de este tipo de gestión, llevada al ámbito de la exposición de vibraciones, podría permitir el aseguramiento de la validez de los datos obtenidos.

Algunos ejemplos de acciones favorables a la hora de mejorar la estructura y transparencia de los valores de referencia y la documentación asociada a los mismos en el ámbito de las vibraciones en los procesos de trabajo se listan a continuación:

- Creación de un plan estratégico, que busque mejorar las mediciones y valores cuantitativos en el estudio de los valores de referencia de exposición a vibraciones. En dicho plan se recogerían todas las acciones necesarias, desde la formación a la ejecución práctica de los códigos de ensayo aplicables.

Este tipo de estrategia se puede encontrar en varios sectores fuera del ámbito puramente metrológico, con un nivel de implantación muy alto en industrias como la farmacológica o la industria química.

- Ante la relación de los valores de referencia y la normativa aplicable la PRL en la exposición a vibraciones, es importante considerar todos los aspectos implicados en la determinación de los valores de referencia. Por ello, en el desarrollo de marcos legislativos en materia de vibraciones sería interesante la creación de un grupo multidisciplinar, que integre en su seno fabricación y códigos de ensayo (fabricantes), PRL y Metrología. De ese modo se llevaría a cabo una evaluación más fidedigna del ciclo de vida del producto y sus posibles variaciones en el tiempo.
- Dentro del plan estratégico anteriormente citado tendría cabida una línea de desarrollo centrada en la formación en el ámbito específico de los ensayos de vibraciones y la prevención de riesgos laborales asociada a la exposición a las mismas en los procesos de trabajo.

En este sentido, y especialmente de cara al análisis de los valores cuantitativos facilitados por los fabricantes, sería necesario un especial hincapié en los aspectos metrológicos de la evaluación de estos parámetros.

Una buena formación en el aspecto metrológico combinada con un enfoque centrado en la seguridad de las personas daría como resultado profesionales capaces de evaluar los riesgos con una mayor fiabilidad. El interés de un buena base en el campo de la metrología queda patente en todas las áreas cuyo desempeño depende de valores cuantitativos y mediciones. En la actualidad, puede encontrarse una amplia formación en

este ámbito dentro del Programa Modular/Máster en Metrología, donde se abordan diferentes aspectos en el ámbito de la metrología, desde cálculos de incertidumbre y estudio de las técnicas de medición en distintas magnitudes hasta aspectos normativos relacionados con la metrología.

- El empleo de un enfoque metrológico en la elaboración de los documentos y normativas asociados a la obtención de valores de referencia y mediciones (similar a la de la citada norma UNE-EN ISO/IEC 17025) permitiría asegurar la imparcialidad de los agentes implicados, mejorando la transparencia de los procesos y ensayos de evaluación de las vibraciones, llevados a cabo bajo distintas condiciones y por distintos fabricantes.

El cumplimiento de requisitos comunes aseguraría la competencia de cada agente implicado; más aún, permitiría mejorar la comunicación entre fabricantes y el aseguramiento de la trazabilidad de las mediciones que estos efectúan.

- La gestión documental en base a un denominador común podría asegurar la trazabilidad documental además de la trazabilidad de las mediciones concretas de cada ensayo.

De este modo, a pesar de la dificultad para reproducir las condiciones de ensayo durante el uso real de la maquinaria, podrían rastrearse fácilmente los procedimientos, ensayos o calibraciones efectuados hasta alcanzar el valor suministrado por un determinado fabricante para evaluar la exposición de un trabajador a vibraciones ante el uso de una herramienta concreta.

Tomando de nuevo como ejemplo la norma , muchas de las acciones anteriormente descritas podrían beneficiarse de una serie de líneas de acción análogas a las establecidas en esta norma para los laboratorios de ensayo.

La norma aborda varios aspectos clave en la gestión de un laboratorio para el aseguramiento de la competencias del mismo. Algunas de los aspectos y requisitos de esta norma que tendrían cabida en una documentación análoga en el ámbito de la evaluación de la exposición a vibraciones se citan a continuación:

- Requisitos de imparcialidad, por el cual se asegura no recibir presiones a la hora de desarrollar la actividad correspondiente, asegurando al mismo tiempo la imparcialidad de las actividades inherentes a los ensayos, sus resultados o las partes implicadas.
- En aspectos más técnicos, se especifica la necesidad del control de las condiciones ambientales, adecuando las mismas a la actividad a desarrollar. En un documento análogo desarrollado para su empleo por los fabricantes que realicen los ensayos diferentes podría permitir sentar las bases para unas condiciones de ensayo y ambientales comúnmente aceptadas.

Las instalaciones, equipos supletorios y condiciones deberían ser seguidos, controlados y registrados, asegurando así la trazabilidad documental de las características de los ensayos de vibraciones.

- Existen toda una serie de requisitos acerca de los equipos a emplear. En este sentido, dada la pluralidad de las distintas máquinas empleadas, el documento propuesto podría recoger de manera conjunta todas las especiales casuísticas que se pudiesen dar, minimizando así la variabilidad y la dispersión de los resultados ante el empleo de distintos equipos o diferentes códigos de ensayo.

Se establecen también las necesidades de calibración de los medios empleados para el ensayo de la maquinaria. De este modo, se aseguraría un control de la posible desviación sufrida por los equipos empleados en los ensayos, se aseguraría la

trazabilidad de los mismos y posiblemente podría minimizarse la incertidumbre asociada a los valores de referencia suministrados por los distintos fabricantes.

- Por último, en un documento como el propuesto sería imperativo incluiría los aspectos a observar con el fin de asegurar la trazabilidad metrológica de las medidas alcanzadas por los distintos fabricantes.

Su posterior aplicación al uso real de las máquinas también podría beneficiarse de un estudio detallado de las distintas casuísticas, contemplando de esta forma la posible diseminación o desviación de los valores de uso real respecto de los valores obtenidos en ensayos con entornos y condiciones controlados por parte de los fabricantes.

5. Conclusiones

En esta comunicación se han analizado desde un punto de vista metrológico las características básicas de los procesos indicados por la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 para el estudio de la exposición a vibraciones en los procesos de trabajo, así como otras normas centradas en la medición y evaluación de esta exposición.

Estas normas se basan en valores cuantitativos para la evaluación de la exposición a vibraciones. Sin embargo, los métodos empleados para determinar dichos valores son métodos de estimación y no de medición. Esto, sumado a la gran pluralidad en el tipo y condiciones de uso de la maquinaria contemplada, provoca que no siempre pueda asegurarse la correcta transferencia de las propiedades metrológicas de los mismos.

No solo la variedad en tipos de equipo, sino también la variedad de ensayos posibles para evaluar las vibraciones emitidas por los equipos durante su uso, llevan a una dispersión de los resultados y a la necesidad de estimaciones de incertidumbres que, agravadas por la variabilidad de las condiciones de trabajo, pueden ser muy elevadas.

Si bien las normas tratan de abordar esta problemática, el tratamiento de las mediciones y sus incertidumbres asociadas no profundiza en los aspectos más científicos de la estimación de las mismas, por lo que desde el punto de vista de la metrología se hecha en falta un tratamiento metrológico de los resultados, asegurando la trazabilidad de las mediciones e incertidumbres finalmente obtenidas.

En esta comunicación se propone plantear la adición de un enfoque metrológico a la normativa existente, el cuál, en combinación con la información y métodos existentes, permitiría grupos multidisciplinares de expertos de las áreas implicadas (metrología, fabricación, prevención, etc.) participen activamente en la determinación de los aspectos clave a valorar a la hora de asegurar la validez, la transparencia y la trazabilidad de los valores de referencia suministrados por los fabricantes de maquinaria.

A modo de ejemplo de una normativa comúnmente aceptada en su ámbito, se propone estudiar la aplicación de distintos aspectos de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, extrapolando algunas de sus características y valores al ámbito de los ensayos para determinar los valores de exposición a vibraciones.

Gracias a una profundización en el tratamiento de las mediciones y la estimación de sus incertidumbres asociadas sería posible mejorar la trazabilidad de los resultados, además de la intercomparabilidad y la fiabilidad de las mediciones de exposición a vibraciones en procesos de trabajo, mejorando así el cuidado y la prevención de riesgos sobre la salud de las personas.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Dr. Brocal sus comentarios y la guía que sus publicaciones han supuesto para la realización del presente trabajo. Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad “Analysis and Assessment of technological requirements for the design of a New and Emerging Risks standardized management SYSTEM (A2NERSYS)” de referencia DPI2016-79824-R.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR, UNE-ISO 2631-1. Evaluación de la exposición humana a choques de cuerpo entero. Madrid, 2008.
- AENOR. UNE-EN 5349-1. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales. Madrid. 2002.
- AENOR. UNE-EN 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. Madrid. 2002
- AENOR, UNE-EN 12096. Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de los valores de emisión vibratoria. Madrid. 1998.
- AENOR. UNE-CEN/TR 15350 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. Madrid. 2013.
- AENOR, UNE-EN ISO/EC 17020. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección. Madrid, 2012.
- Brocal, F., Sebastián, M. A., & González-Gaya, C. (2016). Propuesta para la mejora metodológica del proceso de evaluación del riesgo por exposición laboral a vibraciones mano-brazo mediante estimación. International Congress on Project Management and Engineering Cartagena, 13-15th July 2016, (20th), 2371-2381.
- 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, 9 al 11 de noviembre de 2016
- Centro Español de Metrología. (2008). Metrología Abreviada (3a edición). (n.d.). Obtenido el 29 de febrero de 2020, desde: <https://www.cem.es/sites/default/files/metrologia20abreviada.pdf>
- 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. Obtenido el 29 de abril de 2020, desde: <http://www.eurofound.europa.eu/surveys/data-visualisation/sixth-european-workingconditions-survey-2015>

Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). (2012). Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (3a edición).

Lavín Ortiz, N., & Rueda Calvo, M. J. (2016). El enfoque actual en el estudio de las vibraciones y Real Decreto 1311/2005. Seguridad y Salud en el Trabajo - INSST, 40, 16-22.

Lorente-Pedreille, R. M., Medina-Martín, M. N., Sáenz-Nuño, M. A., & Sebastián, M. Á. (2018). La trazabilidad de la medición del par en la generación de energía eólica. XXII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos. Obtenido el 29 de febrero de 2020, desde:

http://dspace.aeipro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1610/AT03-022_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martí Veciana, A. NTP 582 : Gestión de los equipos de medición en un laboratorio de higiene industrial. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, INSST. Madrid (2001).

UNE, UNE-EN ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Madrid, 2017.

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.

Unión Europea, Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 junio de 1998 relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

