

Vibraciones: alternativas para evaluar el riesgo de vibraciones. Estimación

Vibrations: alternatives to assess the vibration risk. Estimations
Vibrations: alternatives pour évaluer le risque de vibration. Estimations

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Elaborado por:

Begoña Juan y Seva Guevara
Rafael Sanchez-Guardamino

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN
DE MAQUINARIA. INSHT

Desde la publicación del Real Decreto 1311/2005 el empresario tiene la obligación de evaluar el riesgo de la exposición de los trabajadores a vibraciones mecánicas. Para ello, se deja abierta la posibilidad de evaluar el riesgo sin necesidad de medir, permitiendo recurrir a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de vibración de la máquina, incluida la información facilitada por el fabricante en el manual de instrucciones, que debe ser conforme a lo establecido en la Directiva de Máquinas.

El objeto de esta NTP es abordar la evaluación por estimación del riesgo de vibraciones mecánicas utilizando diferentes fuentes de información, incluyendo ejemplos prácticos de las diferentes situaciones que pueden encontrarse para su mayor comprensión. Esta NTP complementa a la ya publicada NTP 792: Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación.

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

1. INTRODUCCION

Tradicionalmente en el mundo de la higiene industrial se ha asociado la evaluación de un riesgo derivado de la exposición a un contaminante físico o químico con la necesidad de medir "in situ" los niveles del contaminante al que está expuesto el trabajador. Sin embargo, el Real Decreto 1311/2005 supone un hito, ya que permite evaluar la exposición a vibraciones a través de diferentes métodos:

- Métodos de medición directa de la magnitud de la vibración (aceleración eficaz)
 - Métodos de estimación de la magnitud de la vibración.
- Por lo tanto, cualquiera de las dos alternativas podría utilizarse para evaluar el riesgo por exposición a vibraciones, si bien lo más apropiado sería utilizarlas complementariamente y, en general, se recomienda analizar primero los métodos de estimación disponibles, y en el caso de que los resultados no permitan hacer una valoración concluyente de la exposición a vibraciones, sería conveniente recurrir a la medición.

La evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas se realiza determinando el valor de la exposición equivalente diaria para un período de 8 horas, A(8), y comparando este valor obtenido con los valores de referencia fijados en el RD 1311/2005.

Para poder determinar este A(8), se deben conocer previamente dos variables:

- 1ª variable: el tiempo de exposición del trabajador, t.
- 2ª variable: la aceleración eficaz de la vibración (a_w), y para calcular esta segunda variable "la aceleración eficaz (a_w)", podemos recurrir al método de medición directa y/o al método de estimación mencionados anteriormente.

2. ESTIMACIÓN DE LA ACELERACIÓN EFICAZ

El método de estimación se basa en utilizar valores de aceleración eficaz, ya medidos y publicados, como si fuesen los valores de aceleración eficaz medidos para la máquina y tarea concretas a evaluar.

Por ello, la estimación de la aceleración eficaz será tanto más precisa cuanto mayor similitud exista entre la máquina/tarea medida y publicada, y la máquina/tarea a evaluar. En la "Guía técnica del INSHT para evaluar las vibraciones mecánicas" se describen los requisitos que se deberían cumplir para poder realizar la estimación de la aceleración eficaz.

Como fuentes de información de valores de vibraciones publicados tenemos:

1. Fuentes de información de **valores de emisión de vibraciones**: Los valores de emisión de vibraciones declarados por el propio fabricante en el manual de instrucciones de la máquina o en su página web, o valores de emisión publicadas en páginas web de asociaciones de fabricantes para dichas máquinas (o similares), bases de datos de emisión de vibraciones para diferentes máquinas, etc.
2. Fuentes de información de **valores de exposición a vibraciones**: Valores de exposición a vibraciones publicados en bases de datos y estudios científico/técnicos para diferentes máquinas y diferentes tareas.

Cuantas más fuentes de información se consulten y comparen para estimar la aceleración eficaz, más fiable será dicha estimación.

Fuentes de información: Valores de vibraciones declarados por los fabricantes en sus manuales de instrucciones

La Directiva Máquinas 2006/42/CE (y la anterior 98/37/CE), establece los requisitos esenciales de seguridad y salud que deben cumplir las máquinas que se comercialicen o pongan en servicio dentro de la UE, incluyendo requisitos específicos relacionados con las vibraciones y que obliga a los fabricantes a declarar en sus manuales de instrucciones la siguiente información:

- Valor o valores de las vibraciones generadas por la máquina.
 - Incertidumbres asociadas
 - Condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición, así como códigos de ensayo empleados.
- Por lo tanto, cuando se utilice la información que figura en el manual de instrucciones de una máquina, se debe tener en cuenta no solo el valor de la vibración sino también la incertidumbre asociada, de forma que:

$$\text{Valor de las vibraciones} + \text{Incertidumbre (K)} = \text{Valor declarado por el fabricante (a}_g\text{)}$$

Este valor declarado por el fabricante, a_g , es el que se debe utilizar para estimar la aceleración eficaz.

Sin embargo, si los valores de emisión declarados por el fabricante no están basados en mediciones en los 3 ejes simultáneos, es decir, no se dan valores totales de vibraciones (valores basados en códigos de ensayo anteriores al año 2005, año de la primera publicación de la norma UNE EN ISO 20643), los valores indicados en el manual de instrucciones pueden presentar cierta desviación y no ser representativos del uso real de la máquina.

Por ello, y en el caso de las vibraciones mano brazo (VMB), estos valores declarados por el fabricante, a_g , deberían ser corregidos según el informe técnico **UNE-CEN/TR 15350:2013 IN**. "Directrices para la evaluación de la exposición a vibraciones transmitidas por la mano usando la información disponible incluyendo la información proporcionada por los fabricantes de maquinaria".

Dicho documento, a fin de corregir la citada desviación, establece unos factores de corrección según la norma (o código de ensayo) que aparezca en el manual y según la tarea y máquina a evaluar, y que de manera resumida son:

- En máquinas eléctricas, neumáticas e hidráulicas el

valor declarado por el fabricante se debe multiplicar por 1, 1,5 o 2 (según norma utilizada y tarea a evaluar: tablas E.1, F.1 y H.1 del *UNE-CEN/TR 15350 IN*).

- En máquinas con motor de combustión (tabla G.3), generalmente el valor declarado por el fabricante no se debe multiplicar por ningún factor de corrección, si bien hay alguna excepción.
- Si las máquinas a evaluar no están incluidas en las tablas anteriormente mencionadas, se debe aplicar un factor de corrección de al menos 1.5 (ya sean eléctricas, neumáticas, de combustión o hidráulicas).

Además el documento también indica que:

- Cuando el valor de emisión de vibraciones de una máquina sea inferior a 2.5 m/s², no es necesario que el fabricante declare en el manual el valor concreto obtenido, pero sí debe indicar que el nivel de vibración de su máquina no excede de 2.5 m/s². En este caso, si el técnico quiere evaluar el riesgo de exposición a vibraciones mediante la estimación de la magnitud, a partir de los datos facilitados por el fabricante en el manual de instrucciones, se debe utilizar el valor de 2,5 m/s², y aplicar los factores de corrección indicados en las correspondientes tablas según máquina/tarea.
- Si los valores de vibración declarados por el fabricante son inferiores a 2.5 m/s² y se hace referencia a normas de emisión publicadas anteriormente a la Norma UNE EN ISO 20643, para evaluar por estimación se recomienda usar el valor de 2.5 m/s² y aplicar los factores de corrección correspondiente según máquina, norma y tarea.

EJEMPLO 1: Vibraciones mano-brazo: valores suministrados por el fabricante con incertidumbre asociada

Un operario utiliza en su jornada laboral una sierra caladora, modelo HSC 351 EG, para serrar chapas de metal. Se quiere estimar el valor de la aceleración eficaz que se transmite al sistema mano-brazo del trabajador a partir de los datos suministrados por el fabricante (figura 1). Los datos extraídos del manual de instrucciones (figura 1) son:

- Norma utilizada: EN 50144-2-10
- Valor de la aceleración de emisión: $a_g = 3,5 \text{ m/s}^2$
- Valor de la incertidumbre: $K = 1,5 \text{ m/s}^2$

		HSC 351 BEG	HSC 351 EG
Nivel total de vibraciones (suma vectorial de tres direcciones) determinado según norma EN50144-2-10			
Serrado de madera:			
Valor de vibraciones generadas a_g	m/s ²	6	5
Tolerancia K	m/s ²	2	1,5
Serrado de chapa de metal:			
Valor de vibraciones generadas a_g	m/s ²	6	3,5
Tolerancia K	m/s ²	1,5	1,5
El nivel total de vibraciones indicado en estas instrucciones ha sido determinado según el procedimiento de medición fijado en la norma EN 50144-2-10 y puede servir como base de comparación con otras herramientas eléctricas. También es adecuado para estimar provisionalmente la solicitación experimentada por las vibraciones. El nivel de vibraciones indicado ha sido determinado para las aplicaciones principales de la herramienta eléctrica.			

Figura 1: Extracto del Manual de instrucciones de la sierra caladora.

Máquina	Código de ensayo de vibraciones	Condiciones de trabajo del código de ensayo	Categoría del código de ensayo	Tarea real considerada	Comentarios y restricciones cuando se emplean los valores declarados para una estimación aproximada de exposición
Sierra caladora	EN 50144-2-10 (todas las ediciones) EN 60745-2-11:2003	Cortando aglomerado	3, B, 1	Serrando diferentes materiales	Multiplicar por un factor de 1,5
	EN 60745-2-11:2003 /A11:2007 (y posterior) (triaxial)	Cortando aglomerado de 38 mm	1, A, 1	Cortando tableros	El valor en el uso real será probablemente igual ^b
		Cortando láminas de metal de 3 mm	1, A, 1	Cortando láminas de metal	El valor en el uso real será probablemente igual ^b

Figura 2. Restricciones al empleo de valores declarados para estimar la exposición (tabla E.1. UNE-CEN/TR 15350 IN).

A continuación se calcula la aceleración declarada por el fabricante:

$$a_d = a_e + K = 3,5 \text{ m/s}^2 + 1,5 \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

Conforme lo establecido en la tabla E.1, relativa a máquinas eléctricas, del informe UNE-CEN/TR 15350 IN, para las sierras caladoras cuya vibración generada se haya determinado aplicando la norma UNE-EN 50144-2-10, se debe "Multiplicar por un factor de 1,5" (ver figura 2), por lo que hay que aplicar el factor de corrección por el tipo de máquina y el código de ensayo de vibraciones empleado.

La aceleración eficaz resulta:

$$a_{hv,eq} = fc \times a_d = 1,5 \times 5 \text{ m/s}^2 = 7,5 \text{ m/s}^2$$

(el factor de corrección se multiplica una vez sumada la incertidumbre).

Este será el valor de la aceleración a utilizar para el cálculo de la exposición diaria equivalente a vibraciones del trabajador.

En el caso de que el fabricante NO proporcione la incertidumbre (k), la Norma UNE-EN 12096 facilita una tabla que puede ayudar a estimar la incertidumbre asociada a la aceleración medida por el fabricante (ver figura 3).

Valor medio, a		Incertidumbre, K
Vibraciones mano brazo	Vibraciones de cuerpo completo	
2,5 m/s ² < a ≤ 5 m/s ²	0,5 m/s ² < a ≤ 1 m/s ²	0,5 a
a > 5 m/s ²	a > 1 m/s ²	0,4 a

Figura 3. Estimación de la incertidumbre asociada según la Norma UNE-EN 12096.

EJEMPLO 2: Mano-brazo: valores suministrados por el fabricante sin incertidumbre asociada

Un operario utiliza una lijadora manual de banda, con motor eléctrico, para el lijado de tableros de madera. La empresa le proporciona a su Servicio de Prevención el manual de instrucciones del fabricante, para que pueda estimar la vibración que se transmite al operario al utilizar la lijadora.

El Técnico de Prevención observa en el manual de instrucciones de la lijadora que el valor de la aceleración de emisión es 9 m/s², obtenido aplicando el código de ensayo EN 60745-2-2:2003 /A11:2007, y que el fabricante no proporciona el dato de incertidumbre.

Dado que no se dispone del dato de incertidumbre, para su cálculo se tiene que aplicar lo señalado en la Norma UNE-EN 12096, (ver figura 3) y que en este caso

es $K = a_e \times 0,4 = 9 \times 0,4 = 3,6 \text{ m/s}^2$. El valor declarado es, por tanto,

$$a_d = a_e + K = 9 + 3,6 = 12,6 \text{ m/s}^2$$

Para las lijadoras cuya vibración generada se haya determinado aplicando la norma EN 60745-2-2:2003 / A11:2007, la tabla E.1, relativa a máquinas eléctricas, del informe UNE-CEN/TR 15350 IN, indica que "el valor en el uso real será probablemente igual".

Como dicho valor no debe ser corregido, el valor declarado ($a_d = 12,6 \text{ m/s}^2$) coincide con el valor de aceleración a utilizar para el cálculo de la exposición diaria equivalente a vibraciones del trabajador.

En el caso de las vibraciones de cuerpo entero (VCE), si bien el fabricante también está obligado a facilitar la misma información en el manual de instrucciones (es decir, valor más elevado de la vibración, incertidumbre asociada, y condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición), la realidad es que pocos son los fabricantes que facilitan esta información, y por lo tanto esta vía de estimación de la aceleración eficaz a través de la información facilitada por el fabricante en sus manuales se hace muy difícil.

EJEMPLO 3: Cuerpo entero: valores suministrados por el fabricante con incertidumbre asociada

Un operario realiza tareas de mantenimiento de productos paletizados en estanterías en un almacén, y para ello utiliza una carretilla elevadora.

En la figura 4, se observa que sólo incluye el valor de la aceleración de emisión correspondiente al eje Z. Ello es debido a que en las vibraciones de cuerpo entero la aceleración se determina seleccionando la mayor aceleración de emisión entre las correspondientes a los tres ejes. En carretillas elevadoras es habitual que el eje dominante sea el eje Z, y en este caso la aceleración a_e es 0,7 m/s², y la incertidumbre K es 0,2; de donde:

$$a_d = a_e + K = 0,7 + 0,2 = 0,9 \text{ m/s}^2.$$

Este será el valor de la aceleración a utilizar para el cálculo de la exposición diaria equivalente a vibraciones del trabajador.

Fuentes de información: Valores de exposición a vibraciones recogidos en bases de datos y estudios técnicos publicados.

Existen otras fuentes de información como bases de datos y estudios científico/técnicos publicados en internet y elaborados a partir de estudios realizados por organismos oficiales, empresas especializadas en la materia de

Valores característicos de vibración para vibraciones soportadas por el cuerpo

Los valores se han determinado según EN 13059 usando carretillas con equipo estándar según la hoja de especificaciones (conduciendo sobre un recorrido de prueba con montículos)

Valores característicos especificados según EN 13059			
Vibración característica media	$a_{w,25}$	=	0,7 m/s ²
Incertidumbre	κ	=	0,2 m/s ²

Vibración característica especificada para vibraciones soportadas por las manos o los brazos

Vibración característica	< 2,5 m/s ²
--------------------------	------------------------

NOTA

La vibración característica para vibraciones soportadas por el cuerpo no se puede usar para determinar el nivel de carga real de las vibraciones durante el funcionamiento. Esto depende de las condiciones de funcionamiento (estado de la vía, método de operación, etc.) y, por tanto, se deberán determinar in situ cuando proceda. Es obligatorio especificar las vibraciones para las manos o brazos aunque los valores no indiquen ningún riesgo, como en este caso.

Figura 4. Extracto del Manual de instrucciones de la carretilla elevadora.

DIRECCION WEB	IDIOMA	VALORES EXPOSICIÓN	VALORES EMISIÓN
http://vibraciones.insht.es:86/	Español	X	--
http://www.portaleagentifisici.it/index.php?lg=EN	Inglés	X	X
http://www.vibration.db.umu.se/HavSok.aspx?lang=EN	Inglés	X	X
https://las-bb.brandenburg.de/karla/index.asp	Alemán	X	X

Tabla 1. Ejemplos de bases de datos europeas.

reconocido prestigio, etc. que también pueden ayudar a estimar la aceleración eficaz generada por una máquina para una tarea concreta. (Ver tabla 1).

Es importante resaltar que cuando se utilizan estas fuentes de información, ya sean bases de datos o estudios técnicos publicados, se debe tener claro si la información facilitada recoge

- valores de emisión de vibraciones, es decir, los valores declarados por el fabricante y por lo tanto habrá que tener en cuenta todo lo dicho en el apartado anterior «Fuentes de información: Valores de vibraciones declarados por los fabricantes en sus manuales de instrucciones».
- valores de exposición a vibraciones, es decir, resultados de mediciones hechas a trabajadores en situaciones reales de trabajo y por lo tanto no habrá que realizar los cálculos mencionados en el apartado «Fuentes de información: Valores de vibraciones declarados por los fabricantes en sus manuales de instrucciones».

Entre las bases de datos europeas, la base de datos elaborada por el INSHT “BaseVibra”, es la única que actualmente está disponible en castellano. Es una base de datos de valores reales de exposición a vibraciones mecánicas elaborada con datos provenientes no solo de ensayos propios del INSHT, sino también con datos de mediciones aportadas por CCAA y empresas privadas.

EJEMPLO 4: Mano-brazo valores de exposición recogidos en bases de datos

Un operario de una calderería se encarga de soldar chapas de acero. Para ello prepara los bordes a soldar con una amoladora marca BOSCH modelo GWS 20-230 H con disco de lija.

Al entrar en la base de datos, se selecciona “vibraciones mano-brazo” y el “tipo de máquina” (amoladora), obteniendo el listado de marcas, modelos y condiciones de trabajo.

Se elige la marca (BOSCH), el modelo (GWS 20 – 230 H) y, si es el caso, entre las condiciones de funcionamiento, aquella que más se ajuste a las operaciones que se realizan con la máquina. Si la máquina concreta no se encuentra en la base de datos, se puede consultar modelos similares de la misma marca o de otras marcas que realicen tareas similares.

La figura 5 muestra los valores correspondientes a dichas condiciones de trabajo.

En concreto, para esta máquina y tarea, se han registrado valores de exposición a vibraciones para ambas manos, sin embargo se debe elegir la aceleración eficaz total, a_{hv} , más desfavorable de las dos manos, que en este caso es $a_{hv} = 11.1 \text{ m/s}^2$.

Por lo tanto la aceleración eficaz estimada para dicha tarea en cuestión sería $a_{hv} = 11.1 \text{ m/s}^2$

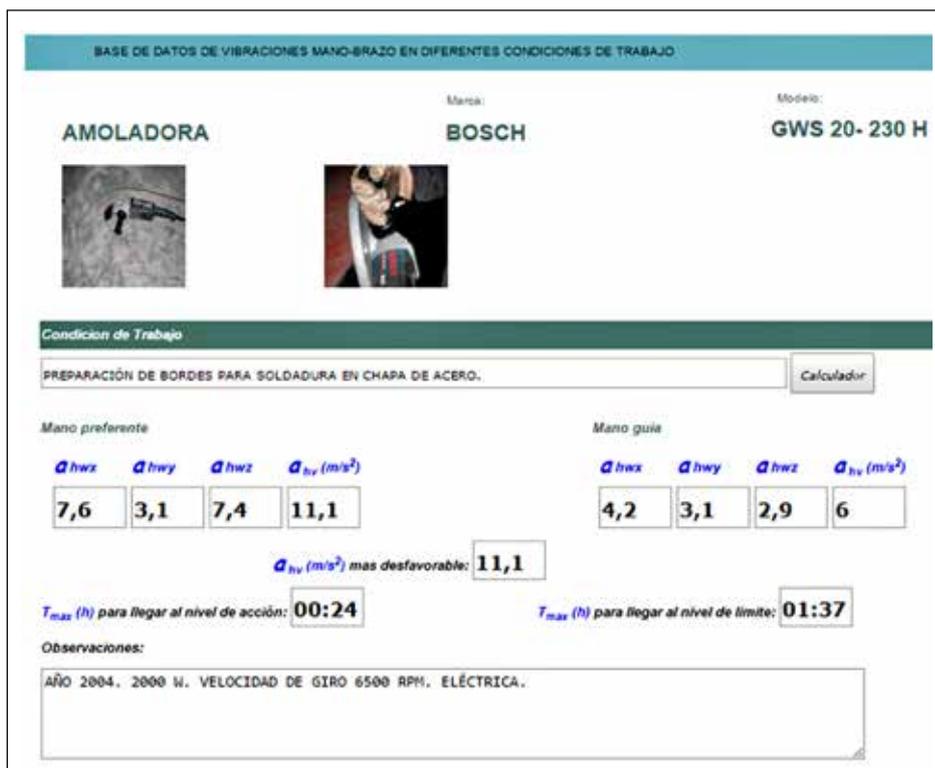


Figura 5. base de datos "BaseVibra (INSHT) Imagen de pantalla con datos de aceleración eficaz para la amoladora BOSCH GWS 20-230 H.

3. INTERPRETACIÓN DE LA ESTIMACIÓN REALIZADA

Una vez analizadas las diferentes fuentes de información disponibles, se puede realizar una estimación del valor de vibraciones (aceleración eficaz) asociada a una máquina/tarea, y junto con el tiempo de exposición del trabajador, calcular el $A(8)_{estimado}$ correspondiente, cuyo valor obtenido puede dar lugar a:

- Resultados que permiten evaluar sin necesidad de medir:

$$A(8)_{estimada} \ll VLA \quad \text{ó} \quad A(8)_{estimada} > VL$$

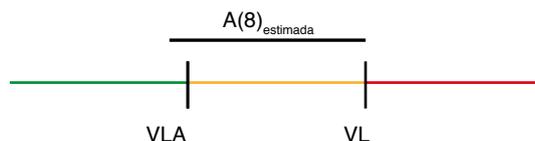


NOTA: Tanto el VLA (valor de exposición diario que da lugar a una acción) como el VL (Valor límite de exposición diario) vienen establecidos en el RD 1311/2005 y son diferentes según se evalúen vibraciones mano brazo (VMB) o vibraciones cuerpo entero (VCE)

Si al comparar con los valores límites indicados en el RD 1311/2005 el valor de $A(8)_{estimado}$ está muy por debajo del VLA, entonces no será necesario realizar mediciones directas y se podrá concluir con el proceso de evaluación.

Del mismo modo si la $A(8)_{estimada}$ se sitúa por encima del VL, tampoco será imprescindible realizar mediciones para evaluar la situación, puesto que directamente se pueden indicar las medidas de control oportunas para disminuir dichos niveles de vibración.

- Resultados en los que podría ser necesario medir: $VLA < A(8)_{estimada} < VL$ o si $A(8)_{estimada} < VLA$ pero está muy próximo.



En estos casos en los que el valor del $A(8)_{estimado}$ está cerca del VLA o del VL (o en el intervalo definido por estos), se recomienda, si es posible, llevar a cabo mediciones, a no ser que se decida adoptar directamente las medidas de control que corresponderían a las situaciones más desfavorables.

No obstante es el Higienista Industrial, encargado de realizar la evaluación, quien deberá decidir si con las fuentes de información disponibles puede realizar la evaluación por estimación, y si considera que ésta es suficiente o, por el contrario, es necesario llevar a cabo las mediciones oportunas.

BIBLIOGRAFÍA

Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (vibraciones) de 25 de junio de 2002. D.O.C.E. núm. L177/13-19, de 6 de julio de 2002.

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. BOE núm. 265 de 5 de noviembre.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

NTP 792. Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

NTP 839. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

UNE-CEN/TR 15350: 2013 IN.

Vibraciones mecánicas. Directrices de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano usando la información disponible incluyendo la información proporcionada por los fabricantes de la maquinaria.

UNE-EN 12096: 1998.

Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de los valores de emisión vibratoria.

NORMA UNE-EN 20643: 2008 + A1: 2012.

Vibraciones mecánicas. Máquinas sujetas y guiadas con la mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones (ISO 20643: 2008 + Amd 1: 2012)

Evaluación por estimación del riesgo por vibraciones mecánicas.

Revista Seguridad y Salud en el Trabajo publicada por el INSHT nº 75.