

Muestreo y evaluación de la exposición a *vibraciones mecánicas* en el sector de la construcción

Los trabajadores del sector de la construcción están expuestos a vibraciones causadas por el uso de la maquinaria necesaria para desempeñar sus tareas, las cuales se transmiten al cuerpo del trabajador tanto a través del sistema mano-brazo como de cuerpo completo. Nuestro objetivo es conocer y evaluar el estado de este colectivo, midiendo su exposición a las vibraciones y comparando los resultados obtenidos con los límites que marca el R.D. 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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones. Analizando las vibraciones transmitidas a través del sistema mano-brazo, se observa cómo su manejo durante cortos espacios de tiempo no hace obligatorio el uso de protectores, no ocurriendo lo mismo en el caso de los martillos percutores, en los que sí es obligatorio. Para el caso de vibraciones transmitidas a través del sistema de cuerpo completo, aunque el tiempo de exposición es mayor que para el caso de la maquinaria manual, no aparece como necesario el uso de elementos protectores, pero se recomienda una buena elección de la maquinaria a utilizar y un mantenimiento adecuado de la misma.

Las vibraciones mecánicas son movimientos oscilatorios generados por un cuerpo vibrante. Se trata, pues, de una manifestación de la energía que se traduce en oscilaciones de las partículas que constituyen la materia, las cuales se transmiten o propagan desde un foco de origen a través de un medio físico cualquiera. En general, y salvo la aparición de fenómenos de resonancia, la transmisión de las vibraciones sufre una atenuación que es función del medio por el que se propagan (1,2).

Respecto a la exposición a las vibraciones y sus efectos sobre la salud, éstas pueden ser divididas en dos grupos:

Vibraciones mano-brazo. Son aquellas que se transmiten a través del sistema mano-brazo del trabajador, y tienen su origen en el manejo de herramientas mecánicas manuales, rotativas o percutoras, así como en la manipulación de volantes y palancas de vehículos y máquinas generadoras de vibraciones (1,2).



Latinstock

Los principales sectores afectados por este tipo de vibraciones son el forestal, el de la construcción y el industrial, debido al manejo de maquinaria manual y herramientas de percusión.

El 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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones (3), establece el valor límite de exposición diaria normalizado para un periodo de ocho horas (A(8)) en 5 m/s^2 , y el valor de A(8) que da lugar a una acción en $2,5 \text{ m/s}^2$.

La exposición a vibraciones mano-brazo (1-5) es la causante de muchas enfermedades profesionales, de forma que las exposiciones periódicas afectan a los dedos, ataques vasculares que se acentúan con el frío, causando el conocido síndrome de los dedos blancos o fenómeno de Raynaud. Estas vibraciones afectan también al sistema nervioso, lo que provoca que, después de una exposición, se duerman las manos o se produzcan pinchazos y cosquilleos en las mismas.

Vibraciones de cuerpo completo. Son aquellas que se transmiten al cuerpo del trabajador, principalmente a través del asiento desde el que maneja el vehículo o máquina generadora de vibración. Se producen principalmente en aquellos trabajos consistentes en el uso de maquinaria móvil (por ejemplo, en la utilizada para el transporte de personas o mercancías), aunque en ocasiones máquinas de gran tamaño y potencia pueden transmitir vibraciones al suelo o a estructuras sobre las que se encuentra el trabajador (1,2).

El 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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones (3),

establece el valor límite de A(8) en $1,15 \text{ m/s}^2$, y el valor de A(8) que da lugar a una acción en $0,5 \text{ m/s}^2$.

La exposición a vibraciones de cuerpo completo (1,2,6-8) tiene sus efectos en la espalda y la zona estomacal, pero la evidencia científica no está muy contrastada. Así, algunos países europeos han aceptado la combinación de dolores de espalda, dolor ciático y cambios degenerativos en el sistema espinal como una enfermedad ocupacional cuando se está expuesto a vibraciones de cuer-

po completo. Este tipo de vibraciones puede afectar también a la percepción visual, a la lectura y a las capacidades motoras.

Las vibraciones son analizadas con respecto a su amplitud, frecuencia, dirección y exposición. Generalmente la amplitud se expresa mediante valores de aceleración (m/s^2) para ciertas bandas de frecuencia. Las frecuencias a evaluar se corresponden con el rango de 1 a 80 Hz para vibraciones de cuerpo completo y de 5 a 1.250 Hz para vibraciones



transmitidas a través del sistema mano-brazo. En cuanto a la dirección, normalmente analizamos las vibraciones en tres ejes ortogonales (x, y, z), considerando algunas veces los ángulos de rotación. Por su parte, el concepto de exposición es similar al usado en otras áreas relacionadas con la salud e higiene, siendo una integración de la aceleración durante la duración de la vibración (1-8).

Ciertos rangos frecuenciales son considerados más nocivos que otros, así que se hace necesario ponderar las mediciones en función de la cantidad de vibración que se produce a cada una de las frecuencias. De esta forma, la ponderación frecuencial refleja la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado a cada frecuencia, siendo necesario realizar ponderaciones adecuadas para cada uno de los ejes de referencia (1-8).

Metodología

Para la realización de las medidas, el equipamiento elegido ha consistido en un vibrómetro modelo 4447 de la marca Brüel & Kjaer, con los adaptadores necesarios para la colocación del acelerómetro, y el *software* Vibration Explorer de la misma marca para la evaluación de la exposición a vibraciones de trabajadores (9).

Las mediciones realizadas se han unificado teniendo en cuenta no el oficio desempeñado por el trabajador, sino el uso de maquinaria común, ya que aunque se trate de oficios distintos, el uso de la misma maquinaria implica igual exposición a la vibración, optándose, no obstante, por aquellos oficios que presentan un uso continuado de la maquinaria, lo que implica un mayor riesgo para los trabajadores que aquellos oficios en los que el uso de la maquinaria se realiza de forma puntual.

Estrategia de medición

Tomando como base los requerimientos del R.D. 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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones, y las normas ISO 5349-1:2001 e ISO 2631-1:1997, se han establecido dos estrategias de medición independientes, una para cada uno de los grupos en los que se divide la evaluación de la exposición a las vibraciones en cuerpo humano. (1-8) Además, en este punto se han tenido en cuenta los resultados de otros estudios relacionados con la medición de exposición a vibraciones (10-21).

Vibraciones mano-brazo

A la hora de realizar medidas de exposición a vibraciones en el sistema mano-brazo tomamos como referencia la normativa ISO 5349-1:2001 (4), normativa recomendada en el R.D. 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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones para este tipo de evaluaciones (3), y la guía de buenas prácticas para la realización de este tipo de mediciones (5).

Las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo se deben medir en las tres direcciones de un sistema de coordenadas ortogonal como el definido en

la figura 1, debiéndose medir la vibración en los tres ejes de forma simultánea, motivo por el cual la instrumentación a utilizar a la hora de realizar este tipo de medidas debe contener un acelerómetro triaxial.

El acelerómetro se debe montar de forma rígida y debidamente acoplado entre la mano y la fuente de vibración, utilizándose para ello una serie de adaptadores, de forma que al posicionar el acelerómetro no se interfiera en el acoplamiento entre la mano y la herramienta que se esté utilizando.

A la hora de cuantificar la magnitud de la vibración se debe utilizar el valor r.m.s. de la aceleración ponderada en frecuencia (a_{hw}) en m/s^2 .

El tiempo de medición para la evaluación de la vibración en el sistema mano-brazo debe ser elegido de forma que la medida sea representativa de la vibración de la máquina. Así, si la vibración es constante se podrá establecer un tiempo de medición menor, y si se trata de una vibración cíclica, el tiempo de medición debe ser tal que garantice la evaluación de al menos un ciclo de trabajo de la máquina, debiéndose especificar en cualquier caso el tiempo de medida utilizado.

Ya que cualquier tipo de maquinaria presentará una contribución de las vibraciones en cada uno de los tres ejes, y a pesar de que la medida en cada uno de los tres ejes debe ser indicada de for-

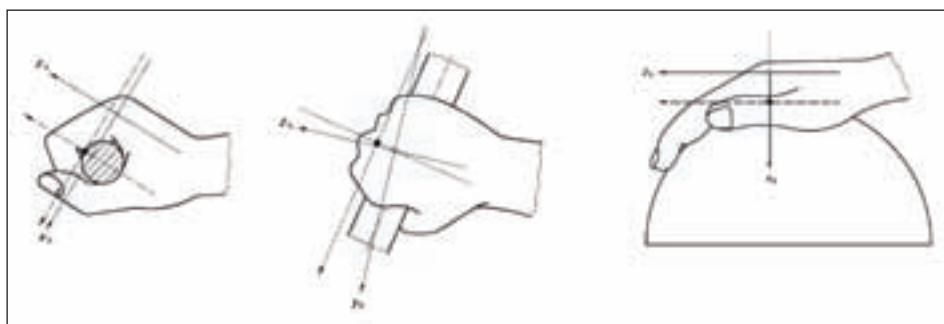


Figura 1. Sistema de coordenadas para el sistema mano-brazo.

ma separada, podemos combinar las contribuciones para cada uno de los ejes en un único valor, teniendo en cuenta que todas son igualmente perjudiciales. El valor resultado de la combinación de las contribuciones para los tres ejes se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hx}^2 + a_{hy}^2 + a_{hz}^2} \quad ; [m/s^2] \quad (1)$$

Cuando queremos caracterizar la exposición a la vibración transmitida al sistema mano-brazo, hay que tener en cuenta que ésta no sólo depende de la magnitud de la vibración, sino también de la duración de la exposición, considerando como tiempo de exposición el tiempo que las manos están expuestas a la vibración dentro de la jornada laboral, pudiendo ser menor el tiempo de exposición que la jornada de trabajo.

Para poder establecer comparaciones entre distintas fuentes de exposición o diferentes duraciones, la exposición diaria a vibraciones se expresa en términos de energía equivalente 8h, para cuyo cálculo usamos la ecuación siguiente:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad ; [m/s^2] \quad (2)$$

donde T es el tiempo total de la exposición a la vibración a_{hv} , y T_0 es el valor de referencia de 8 h.

En los casos en los que el trabajo realizado esté compuesto por distintas operaciones, la exposición diaria a la vibración será una combinación de todas las tareas realizadas, teniendo en cuenta el tiempo de exposición de cada una de ellas, para lo que se utiliza la ecuación

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad ; [m/s^2] \quad (3)$$

donde a_{hvi} es el valor total de vibración para la operación i, n es el número total de operaciones individuales y T_i es la duración de la operación i.

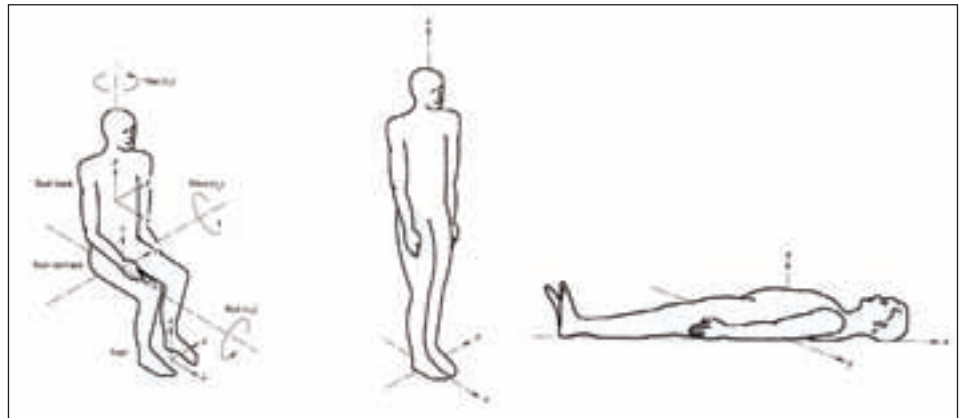


Figura 2. Sistema de coordenadas para cuerpo completo.

Vibraciones cuerpo completo

A la hora de realizar medidas de exposición a vibraciones cuerpo completo tomamos como referencia la normativa ISO 2631-1:1997(6), normativa recomendada en el R.D. 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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones para este tipo de evaluaciones (3), y la guía de buenas prácticas para la realización de este tipo de mediciones (8).

Cuando queremos evaluar la exposición a vibraciones de cuerpo completo, debemos medir la vibración producida en cada uno de los tres ejes, de acuerdo con un sistema de referencia en el que el origen esté situado en el punto desde el que la vibración entra en el cuerpo humano, y que depende de la posición en la que se realice el trabajo, tal y como puede observarse en la figura 2.

El transductor se debe localizar entre el cuerpo humano y la fuente de vibración, estableciéndose como principales áreas de contacto la superficie del asiento, el respaldo del mismo y los pies.

La duración de las medidas debe ser suficiente para tener una precisión estadística que garantice la evaluación de una exposición típica, debiéndose indicar el tiempo de medida que se ha utilizado.

La evaluación de las vibraciones cuerpo completo siguiendo la norma ISO

2631 debe incluir el valor r.m.s. de la aceleración ponderada, cuyo valor se expresa en m/s^2 .

La forma en que las vibraciones afectan a la salud, el confort, la percepción y el mareo es dependiente del contenido frecuencial de las mismas, de forma que se requieren diferentes ponderaciones frecuenciales para cada uno de los ejes (W_k para la dirección z y W_d para los ejes x e y), y una ponderación especial para evaluar la baja frecuencia causante del mareo (W_p).

Debido a que la vibración no se produce en un único eje, el valor r.m.s. total de la aceleración ponderada se calcula a partir de la vibración en cada uno de los tres ejes ortogonales de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$a_v = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2} \quad ; [m/s^2] \quad (4)$$

donde a_{wx} , a_{wy} y a_{wz} son los valores r.m.s. de la aceleración ponderada para cada uno de los ejes ortogonales y k_x , k_y y k_z son los factores de multiplicación, que varían dependiendo de la finalidad de los resultados, estableciéndose los siguientes valores si se está evaluando la vibración con respecto a la salud de las personas:

eje x: W_d , $k = 1,4$

eje y: W_d , $k = 1,4$

eje z: W_k , $k = 1$

Para calcular el valor de exposición diaria de los trabajadores $A(8)$, y poder comparar los resultados con los límites indicados en el R.D. 1311, se procede mediante el cálculo del valor de exposición diaria $A(8)$ para cada uno de los ejes, de acuerdo con las ecuaciones (5), (6) y (7), estableciéndose como valor $A(8)$ el máximo de entre los tres ejes:

$$A_x(8) = 1,4a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad ; [m/s^2] \quad (5)$$

$$A_y(8) = 1,4a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad ; [m/s^2] \quad (6)$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad ; [m/s^2] \quad (7)$$

siendo T_0 el valor de referencia de 8h.

Cuando el trabajo realizado por un trabajador implica varias tareas, se obtendrá el valor de exposición total para cada uno de los ejes, de acuerdo con la ecuación (8), y se establecerá como $A(8)$ global el valor máximo de entre los anteriores.

$$A(8) = \sqrt{A_x(8)^2 + A_y(8)^2 + A_z(8)^2 + \dots} \quad ; [m/s^2] \quad (8)$$

Resultados

En las gráficas siguientes se compara el valor de $A(8)$ (habiéndose calculado el mismo para una duración de ocho horas que suele durar una jornada laboral) para cada una de las máquinas que componen el grupo, indicándose de igual forma los valores de acción (línea amarilla) y límite (línea roja) que marca el R.D. 1311 para ese tipo de exposición a vibraciones.

Amoladoras grandes

El trabajo realizado con las amoladoras grandes consiste principalmente en

cortar material (ladrillos, baldosas, adoquines, vigas, tubos...) para adecuarlo al lugar donde debe ser colocado, en eliminar rebabas de hormigón en ciertos lugares o en la realización de rozas para instalaciones.

A la hora de trabajar con esta máquina, el trabajador la agarra manualmente y procede a realizar la tarea anteriormente comentada, tal y como puede observarse en la figura 3, de forma que, a la hora de realizar la medición, se ha colocado el acelerómetro triaxial con el adaptador UA-3016 entre la mano del trabajador y la máquina que utiliza.

Los resultados obtenidos para la familia de amoladoras grandes se observan en la figura 4.

Amoladoras pequeñas

El trabajo realizado con las amoladoras pequeñas consiste principalmente en cortar material menos duro que el que se corta con las amoladoras grandes, como pueden ser azulejos o baldosas, para adecuarlo al lugar donde debe ser colocado en la realización de remates; estas máquinas también se utilizan para la realización de remates en cocinas, para quitar tornillos en la pared o para la realización de rozas.

A la hora de trabajar con esta máquina, al igual que en el caso anterior, el trabajador la agarra manualmente y procede a realizar la tarea indicada en el párrafo anterior, tal y como puede observarse



Figura 3. Trabajo realizado con amoladora grande.



Figura 5. Trabajo realizado con amoladora pequeña.

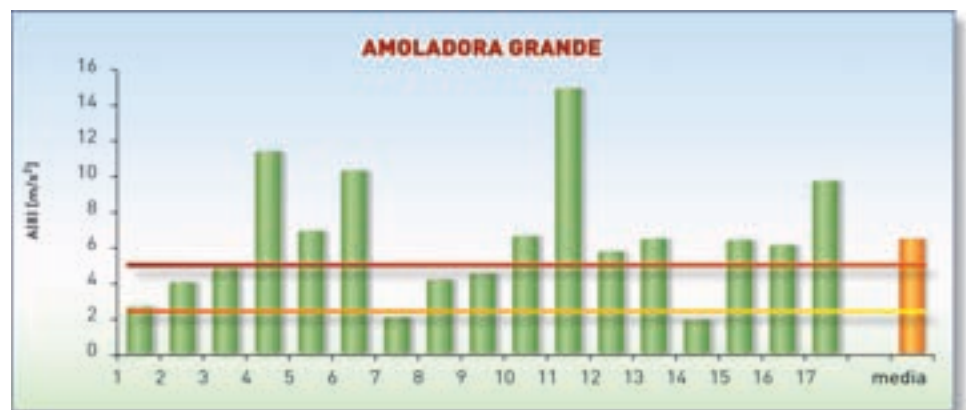


Figura 4. Comparativa para el grupo de radiales grandes.



Figura 6. Comparativa para el grupo de radiales pequeñas.

en la figura 5, de forma que, a la hora de realizar la medición, se ha colocado el acelerómetro triaxial con el adaptador UA-3016 entre la mano del trabajador y la máquina que utiliza.

Los resultados obtenidos para la familia de amoladoras pequeñas se observan en la figura 6.

Taladros

El trabajo realizado con esta herramienta se basa fundamentalmente en la realización de agujeros en piezas de distintos materiales (mármol, piedra, madera...) para su colocación.

De la misma forma que para el caso de las amoladoras, los usuarios de taladros, para desempeñar sus tareas, agarran el mismo con la mano y proceden a realizar las tareas comentadas, tal y como puede observarse en la figura 7, de forma que, a la hora de realizar la medición, se ha colocado el acelerómetro triaxial con el adaptador UA-3016 entre la mano del trabajador y la máquina que utiliza.

Los resultados obtenidos para la familia de taladros se observan en la figura 8.

Martillos percutores

El trabajo realizado mediante la utilización de martillos percutores consiste en picar en forjados y paredes para la

realización de agujeros para instalaciones, así como en picar y eliminar los sobrantes de hormigón en el suelo o las escaleras.

La forma de trabajo con martillos percutores consiste en agarrar los mismos con las dos manos y proceder a realizar las tareas comentadas anteriormente, tal y como puede observarse en la figura 9, de forma que, a la hora de realizar la medición, se ha colocado el acelerómetro triaxial con el adaptador UA-3016 entre la mano del trabajador y la máquina que utiliza.

Los resultados obtenidos para la familia de martillos percutores se observan en la figura 10.



Figura 7. Trabajo realizado con taladro.



Figura 9. Trabajo realizado con martillo percutor.



Figura 11. Trabajo realizado con maquinaria pesada.



Figura 8. Comparativa para el grupo de taladros.



Figura 10. Comparativa para el grupo de martillos percutores.



Figura 12. Comparativa para el grupo de maquinaria pesada.

Maquinaria pesada

A pesar de la disparidad de máquinas evaluadas en este grupo, podemos resumir el uso de las mismas para la carga, descarga, transporte y colocación de material, la limpieza de escombros y la realización de zanjas.

Cuando los trabajadores utilizan maquinaria pesada para el desarrollo de sus tareas, se sitúan en el interior de las mismas, sentados en el asiento que incorporan a tal efecto, lo que a la hora de realizar este tipo de mediciones se ha situado el acelerómetro triaxial 4315-B-002 entre el asiento y el cuerpo del operador.

Los resultados obtenidos para la familia de maquinaria pesada se observan en la figura 12.

Discusión

A continuación se ofrece al análisis de los resultados expuestos en el apartado anterior para cada grupo de máquinas.

Amoladoras grandes

A la vista de los resultados expuestos para este tipo de máquinas en el gráfico de la figura 4, se puede observar cómo la mayoría de las situaciones evaluadas, en una jornada de ocho horas superarían el valor límite de vibración expuesto en el R.D. 1311, encontrándose por debajo de este valor sólo seis de las 17 mediciones realizadas, de las cuales dos se encuentran incluso por debajo del valor que da lugar a una acción.

Ahora bien, si tenemos en cuenta que esta máquina no se utiliza durante la totalidad de la jornada laboral, que en la mayoría de los casos la exposición está en torno a las dos o tres horas, y que si se usa durante toda la jornada laboral su empleo se restringe a periodos cortos durante los que se lleva a cabo la tarea de corte, los trabajadores expuestos a este tipo de vibraciones no superarían en la mayoría de los casos los valores indicados en la legislación vigente, aunque sí que sería aconsejable el uso de elementos protectores al utilizar este tipo de herramientas, como pueden ser los guantes aislantes.

Amoladoras pequeñas

A raíz de los resultados mostrados en el gráfico de la figura 6, podemos observar cómo de los resultados para las 13 mediciones realizadas únicamente tres superan el valor límite que se indica en el Real Decreto 1311 para una exposición de ocho horas, siendo estas mediciones las que se corresponden con las tareas de corte de los materiales más duros (baldosas y bloques) y de realización de rozas en muros de carga.

Si evaluamos ahora el valor de exposición a vibraciones que da lugar a una acción, comprobamos cómo todas las máquinas sobrepasan este valor.

Ahora bien, si tenemos en cuenta que, igual que en el caso anterior, esta máquina no se utiliza durante la totalidad de la jornada laboral, que en la mayoría de los casos la exposición está en torno a las dos o tres horas, y que si se emplea durante toda la jornada laboral su uso se restringe a periodos cortos durante los que se lleva a cabo la tarea de corte, los trabajadores expuestos a este tipo de vibraciones se encuentran muy por debajo de los valores límite indicados en la legislación vigente, no siendo necesario el uso de elementos protectores en la mayoría de casos en los que se utiliza esta herramienta.

Taladros

Los resultados mostrados en el gráfico de la figura 8 ponen de manifiesto cómo tres de las cinco mediciones realizadas superan el valor límite de 5 m/s^2 establecido en la legislación para exposición a vibraciones mano-brazo, y las dos mediciones restantes superan el valor de acción de $2,5 \text{ m/s}^2$ establecido.

Si calculamos el tiempo máximo de exposición permitido para las tres mediciones que sobrepasan el valor límite, éste gira en torno a las tres horas de media. Esto, unido a que el uso de este tipo de máquinas no se realiza de forma continuada a lo largo de toda la jornada laboral, sino que más bien se utiliza durante periodos más o menos frecuentes de la misma, permite afirmar que aunque el valor de exposición no llegara a superar el valor límite establecido, sería conveniente adoptar medidas de protección durante el uso de este tipo de máquinas, como pueden ser los guantes aislantes.

Martillos percutores

En el gráfico de la figura 10 se observa cómo los resultados de todas las mediciones realizadas para este tipo de máquinas exceden sobradamente el valor límite que se establece en el R.D. 1311 para la exposición a vibraciones mano-

brazo, hecho que también se observa si calculamos los tiempos máximos de utilización de este tipo de máquinas, los cuales son de poco más de una hora en la mayoría de los casos.

Así, teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, cabe reseñar que en el uso de martillos percutores se deben establecer no sólo medidas individuales de protección a las vibraciones, como el uso de guantes aislantes, sino también otras medidas como la rotación de puestos de trabajo o la adquisición de martillos cuyas características impliquen una menor transmisión de las vibraciones al trabajador, con el fin de disminuir al máximo este tipo de exposición.

Comparativa de las mediciones mano-brazo

Si procedemos a la comparación de las medias obtenidas para cada grupo de máquinas en las exposiciones mano-brazo a través del gráfico de la figura 13, observamos que, a excepción de las amoladoras pequeñas, todas las máquinas exceden del valor límite de 5 m/s^2 que establece la legislación en materia de prevención de riesgos laborales debidos a este tipo de exposiciones.

A pesar de ello, y tal y como se ha puesto en apartados anteriores, única-



Latinstock

mente serían obligatorias medidas de prevención en el uso de martillos percutores, cuyo valor, según observamos, se sitúa muy por encima a los obtenidos para otros tipos de máquinas. Para el resto de maquinaria evaluada, debido a su uso durante periodos cortos más o menos frecuentes a lo largo de la jornada laboral, no sería obligatorio adoptar medidas de prevención, aunque sí bastante aconsejable.

Maquinaria pesada

Centrándonos ahora en las mediciones realizadas sobre exposición a vibraciones en cuerpo completo, podemos observar cómo únicamente tres de las 16 mediciones realizadas sobrepasan el valor límite de $1,15 \text{ m/s}^2$ que establece el R.D. 1311, encontrándose algunas de ellas incluso por debajo del valor de $0,5 \text{ m/s}^2$ que da lugar a una acción.

Si aislamos las tres mediciones que superan el valor límite, nos encontramos con que dichas máquinas son conducidas entre escombros, lo que quiere decir que un terreno más limpio ayudaría a reducir la exposición a vibraciones;

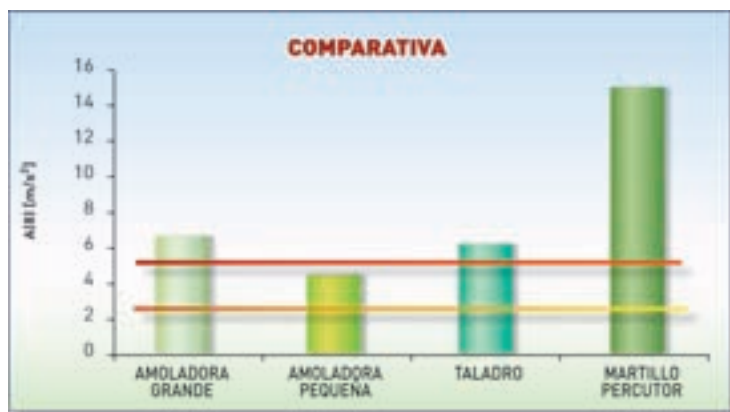


Figura 13. Comparativa de las mediciones mano-brazo.

además, la pericia y profesionalidad del trabajador juega un importante papel cuando se trabaja en este tipo de situaciones.

El hecho de que sean pocas las máquinas que superan los $1,15 \text{ m/s}^2$, y debido a que en este caso los trabajadores sí que utilizan la máquina durante toda la jornada laboral, muestra que no son necesarias medidas adicionales que reduzcan la transmisión de vibraciones al trabajador, sino que únicamente una buena elección de la máquina y un manejo adecuado de la misma son suficientes para garantizar que los valores de exposición no sean excesivos.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados y análisis expuestos en los apartados anteriores, podemos concluir el presente trabajo exponiendo que los trabajadores del sector de la construcción, debido al uso de las máquinas necesarias pa-

ra las tareas que realizan, se ven expuestos a vibraciones que penetran en el cuerpo tanto a través del sistema mano-brazo como del sistema cuerpo completo.

Aunque en muchos de los casos de exposiciones a través del sistema mano-brazo las vibraciones se encuentran por debajo de los valores límite que indica el R.D. 1311/2005, es aconsejable el uso de elementos protectores cuando se utiliza determinada maquinaria, como los taladros o las amoladoras, mostrándose obligatorio el uso de dichos protectores en máquinas con un nivel de vibración mayor, como los martillos percutores.

Para el caso de vibraciones que se transmiten a través del sistema cuerpo completo, salvo para ciertos supuestos concretos, las vibraciones no superan los valores límite marcados en el R.D. 1311/2005, por lo que una buena elección de la maquinaria es suficiente para garantizar unos valores de exposición alejados del valor límite.

Además de todo lo anterior, cabe reseñar que la inclusión de forma preventiva de elementos de protección de exposición a las vibraciones, en los puestos de trabajo de este tipo de sector, es una buena práctica, ya que, como se ha podido observar, los valores de exposición obtenidos varían dependiendo de la máquina y tarea, pero también de la persona que la realice, y en el caso del sector de la construcción, del tipo de material constructivo implicado en la tarea, ya que los resultados muestran valores distintos para diferentes trabajadores que realizan tareas análogas con la misma máquina.

Finalmente, cabe destacar la aún baja sensibilidad de los trabajadores ante este tipo de exposición, ya que aunque la mayoría de los trabajadores encuestados asegura estar informado de los riesgos para la salud derivados de la exposición a las vibraciones, son muy pocos los que toman medidas protectoras en su vida laboral. ♦

PARA SABER MÁS

- [1] Mansfield, Neil J. Human response to vibration. CRC PRESS. 2005. ISBN: 0-203-57102-9.
- [2] South, Tim. Managing noise and vibration at work. A practical guide to assessment, measurement and control. Elsevier. 2004. ISBN: 0 7506 6342 1.
- [3] BOE 265 05-11-2005. R.D. 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. 2005.
- [4] ISO 5349-1. Mechanical vibration –Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration– Part 1: General requirements. 2001.
- [5] Guide to good practice on hand-arm vibration. Draft V 5.3. 2005.
- [6] ISO 2631-1. Mechanical vibration and shock –Evaluation of human exposure to whole-body vibration– Part 1: General requirements. 1997.
- [7] ISO 2631-5. Mechanical vibration and shock –Evaluation of human exposure to whole-body vibration– Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks. 2004.
- [8] Guide to good practice on whole-body vibration. Draft V 4.2. 2005.
- [9] Brüel & Kjaer. Technical documentation –Human Vibration Analyzer– Type 4447. Naerum (Denmark), 2007.
- [10] Santurio, José M^o; Ferrera, Amanda y López, Víctor Manuel. Exposición a vibraciones globales en maquinaria de obra pública. Estudio de situación (Proyecto SV-PA-02-16). Universidad de Oviedo. 2003.
- [11] Mayton, Alan G. *et al.* Comparison of whole-body vibration exposures on older and newer haulage trucks at an aggregate stone quarry operation.
- [12] Alfaro Degan, Guido *et al.* Combined evaluation of the noise and vibration at a traventino quarry. Actas del congreso ICSV16. 2009.
- [13] Malchaire, J.; Piette, A. y Mullier, I. Vibration exposure on fork-lift trucks. Ann. Occup. Hyg., Vol. 40, pp. 79-91. 1996.
- [14] Pinto, I. y Stacchini, N. Low back pain in port machinery operators. Journal of Sound and Vibration, Vol. 253(1), pp. 3-20. 2002.
- [15] Pitts, Paul. EU guides to good practice with a view to implementation of Directive 2002/44/EC on the risks arising from physical agents (vibrations). Actas del congreso Euronoise. 2006.
- [16] Nelson, Chris. Practical assessment of risk from hand-arm vibration. Actas del congreso Euronoise. 2006.
- [17] Fuentes Robles, Marcos *et al.* Incidencias de la Directiva 2002/44/CE sobre disposiciones mínimas por exposición a vibraciones en equipos industriales. Actas del congreso Tecnicástica. 2005.
- [18] Pääkkönen, Rauno. Prevention of vibration. 2005.
- [19] Pääkkönen, R.; Sauni, R.; Uitti, J. y Toppila, E. Evaluation of hand-transmitted vibration exposure on basis of a questionnaire. Actas del congreso Euronoise 08 Paris. 2008.
- [20] Marjanen, Ykä. Long term measurements and analysis of day-to-day variability on whole body vibration exposure levels in work environments. Actas del congreso ICSV13. 2006.
- [21] Burström, Lage; Lundström, Ronnie; Hagberg, Mats y Nilsson, Tohr. Comparison of different measures for hand-arm vibration exposure. Safety Science. Vol. 28. Nº 1. pp. 3-14. 1998.