



Exposición laboral a Vibraciones de mano brazo y de cuerpo entero

**Servicio de Higiene Industrial y Salud Laboral
Área de Higiene Industrial**

MN-61

**Gabriel Pérez López
Diciembre 2011**

1º.- Introducción

La presente memoria se elabora con la información y los conocimientos adquiridos durante la realización del Proyecto 410 HI, Exposición Laboral a Vibraciones Mecánicas Mano-Brazo y Cuerpo Entero, desarrollado durante el ejercicio 2010 por el Servicio de Higiene Industrial y Salud Laboral en el ISSL de Murcia.

A su vez esta misma información ha servido para colaborar con el estudio desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, destinado a conocer el estado de la exposición a las vibraciones mecánicas en el ámbito laboral y coordinado por el Centro Nacional de Verificación de Maquinaria de Vizcaya.

Igualmente en ejercicios anteriores se realizaron por parte de este ISSL de Murcia otros proyectos relacionados con las vibraciones en el lugar de trabajo, de los cuales se obtuvieron numerosos datos correspondientes a mediciones en el sistema de mano brazo y en diferentes sectores de actividad y tareas.

El Proyecto 410 HI de 2010 es una continuación de otros anteriores, de cuyos resultados se dio cumplida información en jornadas técnicas y seminarios impartidos en sus correspondientes ejercicios anuales.

La presente monografía recoge una gran parte de los datos obtenidos durante el desarrollo de los proyectos de vibraciones durante todos los ejercicios en los que estos se desarrollaron.

Durante las primeras etapas del proyecto se realizaron mediciones en el sistema de mano brazo en sectores de actividad tales como construcción, carpintería de madera, cerrajería y albañilería y trabajos auxiliares.

La última etapa del proyecto se dedicó especial atención a las vibraciones en el sistema de cuerpo entero, sin obviar las que pudieran afectar en su caso al sistema de mano brazo. Tal es el caso de los conductores de maquinaria, vehículos y equipos móviles que pueden estar expuestos a vibraciones en el sistema de cuerpo entero a través del asiento y al sistema de mano brazo mediante la sujeción del volante especialmente y de otros elementos auxiliares.

A lo largo de esta monografía se muestran las tareas objeto de medición, adjuntando fotografía del equipo de trabajo así como ciertas particularidades en la colocación del acelerómetro, y los resultados obtenidos.

Este proyecto se ha desarrollado considerando las disposiciones legales que establece el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre y muy específicamente los aspectos técnicos y de mediciones regulados por el mismo.

Así mismo, este Real Decreto 1311/2005, establece entre otras disposiciones, los valores límites y los valores de acción para la exposición de los trabajadores a vibraciones, tanto en el sistema de cuerpo entero como el sistema de mano brazo y señala las normas UNE e ISO que han de ser consideradas tanto para la medición como para la evaluación de la exposición a vibraciones.

A lo largo de esta monografía se indican las tareas objeto de medición, adjuntando fotografía de los equipos de trabajo así como ciertas particularidades y características de los mismos.

2º.- Metodología.

2.1.- Actividades laborales y tareas.

Construcción; estructuras de hormigón armado y obra de fábrica de ladrillo.

Martillo eléctrico
Martillo perforador
Rozadora
Radial
Taladro broca Lidia
Martillo neumático de aire comprimido
Martillo perforador de aire comprimido
Pistolete

Carpintería de madera.

Cepilladora
Fresadora
Sierra de calar
Sierra circular
Lijadora orbital
Lijadora de banda

Cerrajería

Taladro broca de hierro
Radial

Albañilería

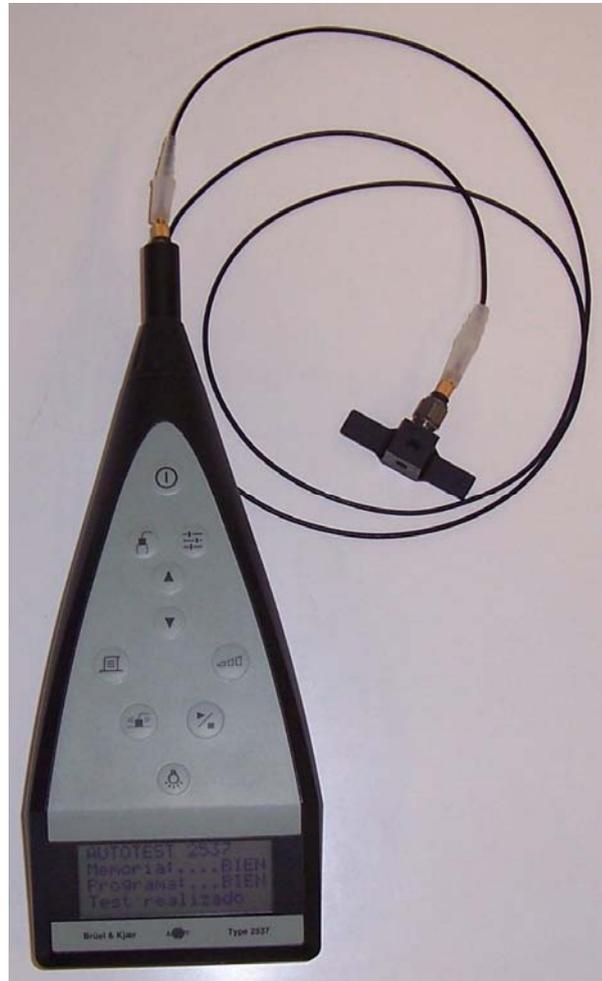
Bartidora de masas
Radial

Agricultura a cielo abierto y en invernaderos.

Tractores de diferentes marcas, tamaños y potencias, equipados con útiles de labranza y acondicionamiento del terreno.

2.2.- Equipos de medida

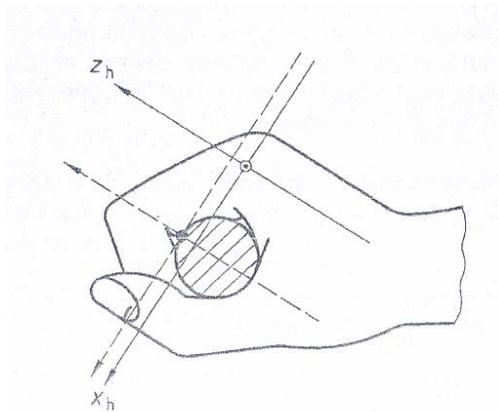
Para el sistema de mano-brazo se utilizó el medidor de vibraciones de Bruel&Kjaer, tipo 2537 de conformidad con la norma ISO 8041, equipado con un acelerómetro tipo 4505 con capacidad para realizar mediciones en un solo eje.



Acelerómetro 4505 de Bruel&Kjaer para mediciones en un solo eje



Sistema de ejes de referencia para el sistema de mano brazo; UNE EN ISO 5349-2 (2002)



Para el sistema de cuerpo entero y de mano brazo el equipo de medida utilizado es un medidor de vibraciones referenciado como Larson Davis HVM 100.



Este equipo dispone de las siguientes características para las mediciones que ejecuta en el sistema de mano brazo:

- Valor rms de la aceleración con ponderación W_h
- Valor de la aceleración rms, ponderada en cada eje: a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz}
- Valor de la resultante $a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$
- Valor de la exposición diaria $A(8)$
- Acelerómetro triaxial; medición simultánea en los tres ejes
- Valor $A(8)$:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_i^n a_{hvi}^2 xT_i}$$

Equipo de medida para las vibraciones del sistema de cuerpo entero



Este equipo dispone de las siguientes características para las mediciones que ejecuta en el sistema de cuerpo entero:

- .- Valor rms de la aceleración con ponderación Wh
- .- Valor de la aceleración rms, ponderada en cada eje: a_{wx}, a_{wy}, a_{wz}
- .- Valor de la resultante $a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$
- .- Valor de la exposición diaria A(8)
- .- Acelerómetro triaxial alojado en el centro de disco negro.
- .- Valor A(8)

2.3.- Procedimientos de medición

El Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre establece que las mediciones se realizarán de conformidad con los Anexos A y B.

A. Vibración transmitida al sistema mano-brazo.

1. Evaluación de la exposición.

La evaluación del nivel de exposición a la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un período de referencia de ocho horas, $A(8)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales a_{hwX} , a_{hwY} y a_{hwZ} , como se define en los capítulos 4 y 5 y en el anexo A de la norma UNE-EN ISO 5349-1 (2002).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

2. Medición.

Cuando se proceda a la medición, de conformidad con el artículo 4.1:

Los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión; los métodos y aparatos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida, con arreglo a la norma UNE-EN ISO 5349-2 (2002).

- a. Cuando se trate de aparatos que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará por referencia al valor más elevado; también se dará información sobre la otra mano.

3. Interferencias.

Las disposiciones del artículo 4.4.d se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

4. Riesgos indirectos.

Las disposiciones del artículo 4.4.d se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

5. Equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual contra la vibración transmitida al sistema mano-brazo pueden contribuir al programa de medidas mencionado en el [artículo 5.2](#).

B. Vibración transmitida al cuerpo entero

1. Evaluación de la exposición.

La evaluación del nivel de exposición a las vibraciones se basa en el cálculo de la exposición diaria A(8) expresada como la aceleración continua equivalente para un período de ocho horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5, 6 y 7, el anexo A y el anexo B de la norma ISO 2631-1 (1997).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

En el sector de la navegación marítima podrán tenerse en cuenta únicamente, para la evaluación de las exposiciones, las vibraciones de frecuencia superior a 1 Hz.

2. Medición.

Cuando se proceda a la medición, de conformidad con el artículo 4.1, los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión. Los métodos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida.

3. Interferencias.

Las disposiciones del artículo 4.4.d se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

4. Riesgos indirectos.

Las disposiciones del artículo 4.4.d se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

5. Prolongación de la exposición.

Las disposiciones del artículo 4.4.g se aplicarán, en particular, cuando la naturaleza de la actividad implique la utilización por parte de los trabajadores de locales de descanso bajo responsabilidad del empresario; excepto en casos de fuerza mayor, la exposición del cuerpo entero a las vibraciones en estos locales debe reducirse a un nivel compatible con las funciones y condiciones de utilización de estos locales.

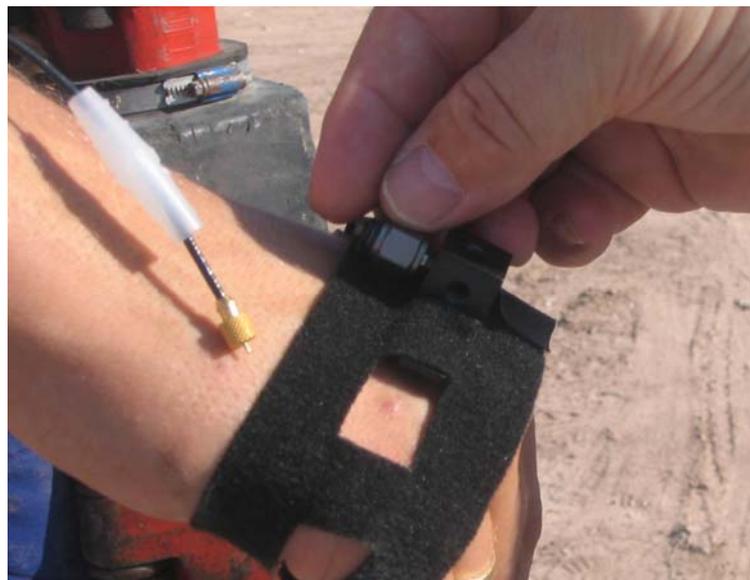
3.- Resultados de las mediciones

3.1.- Mediciones en el sistema de mano brazo con acelerómetro uniaxial

Martillo neumático perforando bloques de hormigón



Colocación del acelerómetro sobre la mano



Colocación del acelerómetro sobre la empuñadura de la máquina.



Otros detalles de la colocación del acelerómetro sobre la empuñadura



MARTILLO NEUMÁTICO acelerómetro en la mano del trabajador		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	23,1	38,50
Y	22,9	
Z	20,6	

MARTILLO NEUMÁTICO acelerómetro en la empuñadura de la máquina		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	22,6	23,63
Y	15,88	
Z	13,67	

Las diferencias que se aprecian en los ejes Y y Z cuando el acelerómetro está colocado sobre la mano del trabajador y cuando está colocado sobre la empuñadura, ponen de manifiesto la importancia de considerar diversos factores implicados en la medición, como son la fuerza de agarre y la posición de las manos.

Perforadora eléctrica o pistolete



Colocación del acelerómetro sobre la empuñadura



PISTOLETE acelerómetro en la empuñadura de la máquina		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	13,3	41,80
Y	33,1	
Z	21,8	

Perforadora eléctrica



PERFORADORA ELÉCTRICA; broca 20 mm Ø acelerómetro en la mano del trabajador		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	7,24	16,66
Y	13,4	
Z	6,76	

PERFORADORA ELÉCTRICA; broca 20 mm Ø acelerómetro en la empuñadura de la máquina		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	9,01	15,92
Y	9,44	
Z	9,12	

Radial con disco de diamante sobre hormigón.



RADIAL O MÁQUINA DE DISCO acelerómetro en la mano del trabajador		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	5,37	8,04
Y	4,26	
Z	4,21	

Rozadora



Situación del acelerómetro



ROZADORA acelerómetro en la mano derecha del trabajador		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	a_{hv} m/s ²
X	7,85	19,50
Y	11,8	
Z	13,4	

Sierra de calar



SIERRA DE CALAR			
Acelerómetro en la mano izquierda del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	3,42	8,44	< 2,5
Y	7,41		
Z	2,16		

SIERRA DE CALAR			
Acelerómetro en la mano derecha del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	1,71	5,80	< 2,5
Y	5,18		
Z	1,97		

Como puede apreciarse las mediciones reales arrojan valores que superan el valor indicado por el fabricante del equipo.

Lijadora de banda para madera



Colocación del acelerómetro



LIJADORA DE BANDA Nº 1			
Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
	Mano izquierda / derecha		
X	2,91 / 0,5	3,60 / 2,46	< 2,5
Y	1,58 / 2,16		
Z	1,42 / 1,07		

LIJADORA DE BANDA Nº 2			
Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
	Mano izquierda / derecha		
X	1,73 / 0,5	2,64 / 1,55	< 2,5
Y	1,38 / 1,38		
Z	1,44 / 0,5		

Se aprecia en estas mediciones que para la mano izquierda es posible superar el valor indicado por el fabricante de máquina.

Lijadora orbital



LIJADORA ORBITAL			
Acelerómetro en la mano derecha del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ²	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	1,86	2,83	< 2,5
Y	1,47		
Z	1,56		

En este tipo de máquina también se supera el valor indicado por el fabricante.

Cepillo eléctrico



CEPILLO ELÉCTRICO Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano izquierda / derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	1,0 / 0,5	1,43 / 1,37	< 2,5
Y	1,01 / 1,24		
Z	0,2 / 0,3		

En este tipo de máquina los valores medidos cumplen con la indicación del fabricante.

Sierra circular



SIERRA CIRCULAR acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	0,1	1,86	< 2,5
Y	1,85		
Z	0,1		

Fresadora



FRESADORA Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano izquierda / derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	0,1 / 0,2	0,25 / 0,25	< 2,5
Y	0,2 / 0,1		
Z	0,1 / 0,1		

Taladro cerrajería



TALADRO DE CERRAJERÍA; BROCA DE 9 mm Ø Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	2,85	5,04	< 2,5
Y	3,54		
Z	2,18		

TALADRO DE CERRAJERÍA; BROCA DE 4 mm Ø Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	1,82	4,85	< 2,5
Y	3,46		
Z	2,88		

Radial de cerrajería



RADIAL DE CERRAJERÍA; DISCO 125 mm Ø Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	0,2	1,14	< 2,5
Y	1,08		
Z	0,3		

RADIAL DE CERRAJERÍA; DISCO 150 mm Ø Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	Fabricante a_{hv} m/s ²
X	0,2	2,44	< 2,5
Y	1,68		
Z	1,77		

RADIAL DE CERRAJERÍA; DISCO 150 mm Ø Acelerómetro en la mano del trabajador			
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²	
X	2,34	7,75	
Y	6,99		
Z	2,42		

Batidora de masas; mezcladora.



BATIDORA DE MASA		
Acelerómetro en la mano del trabajador		
Eje	$a_{hwx,y,z}$ m/s ² Mano derecha	Mediciones a_{hv} m/s ²
X	8,12	12,53
Y	8,22	
Z	4,85	

Se aprecia pues que mediciones reales en el lugar de trabajo arrojan valores que pueden exceder en muchas ocasiones los valores indicados por los fabricantes de las máquinas, por lo que es recomendable la medición directa en el lugar de trabajo. Igualmente se aprecia que algunos equipos arrojan elevados valores de aceleraciones, por lo que en estos casos el tiempo de exposición es un parámetro fundamental a la hora de valorar el riesgo y establecer sistemas de control.

3.2.- Mediciones de cuerpo entero y de mano brazo en tractores agrícolas

Las mediciones fueron realizadas en diversas explotaciones agrarias, con maquinaria de diferentes marcas, modelos y equipamientos y trabajando sobre terrenos de muy distintas características.

En cada uno de los apartados siguientes se indican las características de las máquinas y sus entornos de trabajo así como los resultados obtenidos en las mediciones realizadas tanto en el sistema de cuerpo entero como en el de mano brazo.

1ª Máquina. Grupo G's España. Finca Los Paches. El Albujión.



Máquina 1	Tractor Massey Ferguson 160 CV año 2004 Matricula : E-1297-BDC			
Equipo auxiliar	Apero de labranza			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media del terreno 12 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero 1ª Medición	$1,4x_{a_{wx}} = 0,687 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}} = 0,767 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,928 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,928 \text{ m/s}^2$
Cuerpo entero 2ª Medición	$1,4x_{a_{wx}} = 0,236 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}} = 0,203 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,279 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,279 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,35 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,77 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 1,14 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,93 \text{ m/s}^2$

2ª Máquina. Grupo G's España. Finca Los Paches. El Albujión.



Máquina 2	Tractor John Deere 6930 Premium 165 CV año 2008 Matric.: E-7976-BFL			
Equipo auxiliar	Apero de labranza			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media 8 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x_{a_{wx}} = 0,205 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}} = 0,232 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,285 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,285 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,29 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,96 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 1,36 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 2,10 \text{ m/s}^2$

3ª Máquina. Grupo G's España. Finca Los Paches. El Albuñón.



Máquina 3	Tractor Massey Ferguson 160 CV año 2004 Matricula : E-1297-BDC			
Equipo auxiliar	Apero de labranza			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media del terreno 10 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x_{a_{wx}} = 0,212 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}} = 0,207 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,214 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,214 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 0,08 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,084 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 0,052 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,127 \text{ m/s}^2$

4ª Máquina. Grupo G's España. Finca El Albuñón. El Albuñón.



Máquina 4	Tractor Frenndt 714 Vario 147 CV año 2003 Matricula : E-4076-BCT			
Equipo auxiliar	Apero de labranza			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media del terreno 12 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x_{a_{wx}} = 0,535 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}} = 0,530 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,440 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,535 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,18 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,740 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 0,840 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,62 \text{ m/s}^2$

5ª Máquina. Grupo G's España. Finca Puerto Carril (cítricos). Águilas



Máquina 5	Tractor DEUTH DX 3700F 70 CV año 1997 Matricula :MU-VE 46972			
Equipo auxiliar	Trajilla			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Aplicación de productos fitosanitarios, transporte de material, preparación de parcelas, preparación del terreno, poda y otras tareas en cultivos cítricos.			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x_{a_{wx}} = 0,497 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}} = 0,553 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 1,00 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,00 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 2,2 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 1,24 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 2,04 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 3,24 \text{ m/s}^2$

6ª Máquina. Grupo G's España. Finca Puerto Carril (cítricos). Águilas



Máquina 6	Tractor DEUTH DX 3900F 80 CV año 1997 Matricula :MU-VE 46971			
Equipo auxiliar	Trajilla			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Aplicación de productos fitosanitarios, transporte de material, preparación de parcelas, preparación del terreno, poda y otras tareas en cultivos cítricos.			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero 1ª Medición	$1,4x a_{wx}=0,481 \text{ m/s}^2$	$1,4 x a_{wy}=0,467 \text{ m/s}^2$	$a_{wz}=1,01 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,01 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx}=2,2 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy}= 1,24 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz}= 2,04 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 3,24 \text{ m/s}^2$

7ª Máquina. Grupo G's España. Primicias B-C- Invernadero nº 28. Águilas



Máquina 7	Tractor LAMBORGHINI RUNNER 450 45 CV año 2003 Matricula :MU-VE 46987			
Equipo auxiliar	Rastrillo			
Terreno	Invernaderos de tomates			
Tarea	Aplicación de productos fitosanitarios, transporte de materiales y tareas de limpieza.			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 8 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x a_{wx}=0,541 \text{ m/s}^2$	$1,4 x a_{wy}=0,056 \text{ m/s}^2$	$a_{wz}=0,979 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,979 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx}=2,10 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy}= 1,14 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz}= 1,94 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 3,07 \text{ m/s}^2$

8ª Máquina. Grupo G's España. Ambala Invernadero nº 1. Águilas



Máquina 8	Tractor CASE EUROPE H 609 55 CV año 1998 Matricula : E-6819 BBB			
Equipo auxiliar	Rastrillo			
Terreno	Invernaderos de tomates			
Tarea	Aplicación de productos fitosanitarios, transporte de materiales y tareas de limpieza			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 9 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x_{a_{wx}}=0,5 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}}=0,376 \text{ m/s}^2$	$a_{wz}=0,539 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,57 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,30 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 1,10 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 1,64 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 2,507 \text{ m/s}^2$

9ª Máquina. Grupo G's España. Ambala Invernadero nº 2. Águilas



Máquina 9	Tractor CASE III H 605 50 CV año 1998 Matricula : E- 4291 - BBB			
Equipo auxiliar	Rastrillo			
Terreno	Invernaderos de tomates			
Tarea	Aplicación de productos fitosanitarios, transporte de materiales y tareas de limpieza			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 9 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$1,4x_{a_{wx}}=0,614 \text{ m/s}^2$	$1,4 x_{a_{wy}}=0,57 \text{ m/s}^2$	$a_{wz}=0,97 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,02 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,64 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,823 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 1,15 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 2,507 \text{ m/s}^2$

10ª Máquina. Explotaciones agrícolas Samper. Gea y Truyol



Máquina 10	Tractor Landini Rex 105 F 105 CV año 2005			
Equipo auxiliar	Trajilla			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media 12 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 7,5 horas/día			
Cuerpo entero Medición	$a_{wx} = 0,389 \text{ m/s}^2$	$a_{wy} = 0,405 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,399 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,39 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,35 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,97 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 0,64 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,72 \text{ m/s}^2$

11ª Máquina. Explotaciones agrícolas Samper. Gea y Truyol



Máquina 11	Tractor FIAT F 115 115 CV año 2004			
Equipo auxiliar	Trajilla			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media 12 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 7,5 horas/día			
Cuerpo entero	$a_{wx} = 0,34 \text{ m/s}^2$	$a_{wy} = 0,339 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,349 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,33 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 0,99 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 0,64 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 1,36 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,74 \text{ m/s}^2$

12ª Máquina. Finca Collado y Susana. Mazarrón



Máquina 12	Tractor John Deere Mod. 6230 110 CV año 2007			
Equipo auxiliar	Trajilla			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno para siembra Irregularidad media 10 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 6 horas/día			
Cuerpo entero	$a_{wx} = 0,57 \text{ m/s}^2$	$a_{wy} = 0,62 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 1,27 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,09 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,67 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 1,79 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 0,92 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 2,26 \text{ m/s}^2$

13ª Máquina. Finca Collado y Susana



Máquina 13	Tractor Same Explorer 100 99 CV año 2006			
Equipo auxiliar	Trajilla			
Terreno	Campo de cultivo			
Tarea	Preparación de terreno Irregularidad media 12 cm			
Resultados				
Tiempo	Tiempo de exposición habitual indicado por trabajador y empresario: 7,5 horas/día			
Cuerpo entero	$a_{wx} = 0,63 \text{ m/s}^2$	$a_{wy} = 0,71 \text{ m/s}^2$	$a_{wz} = 0,9 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 0,87 \text{ m/s}^2$
Mano-brazo	$a_{hwx} = 1,27 \text{ m/s}^2$	$a_{hwy} = 1,49 \text{ m/s}^2$	$a_{hwz} = 1,90 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 2,64 \text{ m/s}^2$

4.- Conclusiones

Según se dispone en el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, los valores límites para la exposición a vibraciones en los sistemas de mano brazo y de cuerpo entero son 5 m/s^2 y $1,15 \text{ m/s}^2$ respectivamente. Estos valores corresponden a una exposición de 8 horas y consecuentemente no pueden ser comparados con los valores instantáneos o continuos a los que pueda estar expuesto el trabajador durante cierto periodo de tiempo de muestreo.

Así mismo dicho Real Decreto 1311/2005, dispone unos valores de acción, los cuales no siendo valores límites obligan al empresario a tomar determinadas medidas correctivas cuando son superados. Dichos valores de acción son respectivamente de $2,5 \text{ m/s}^2$ y de $0,5 \text{ m/s}^2$ para los sistemas de mano brazo y de cuerpo entero.

Los valores medidos a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z} y su resultante a_{hv} para el sistema de mano brazo y $1,4 \times a_{wx}$, $1,4 \times a_{wy}$, a_{wz} para el sistema de cuerpo entero representan cada uno de ellos el nivel de exposición continuo a vibraciones durante el desarrollo de una tarea concreta.

Los valores $A(8)$ obtenidos mediante la expresión:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_i^n a_{hvi}^2 x T_i}$$

representan el nivel de exposición del trabajador a vibraciones, ponderado en el tiempo en relación con una exposición de 8 horas.

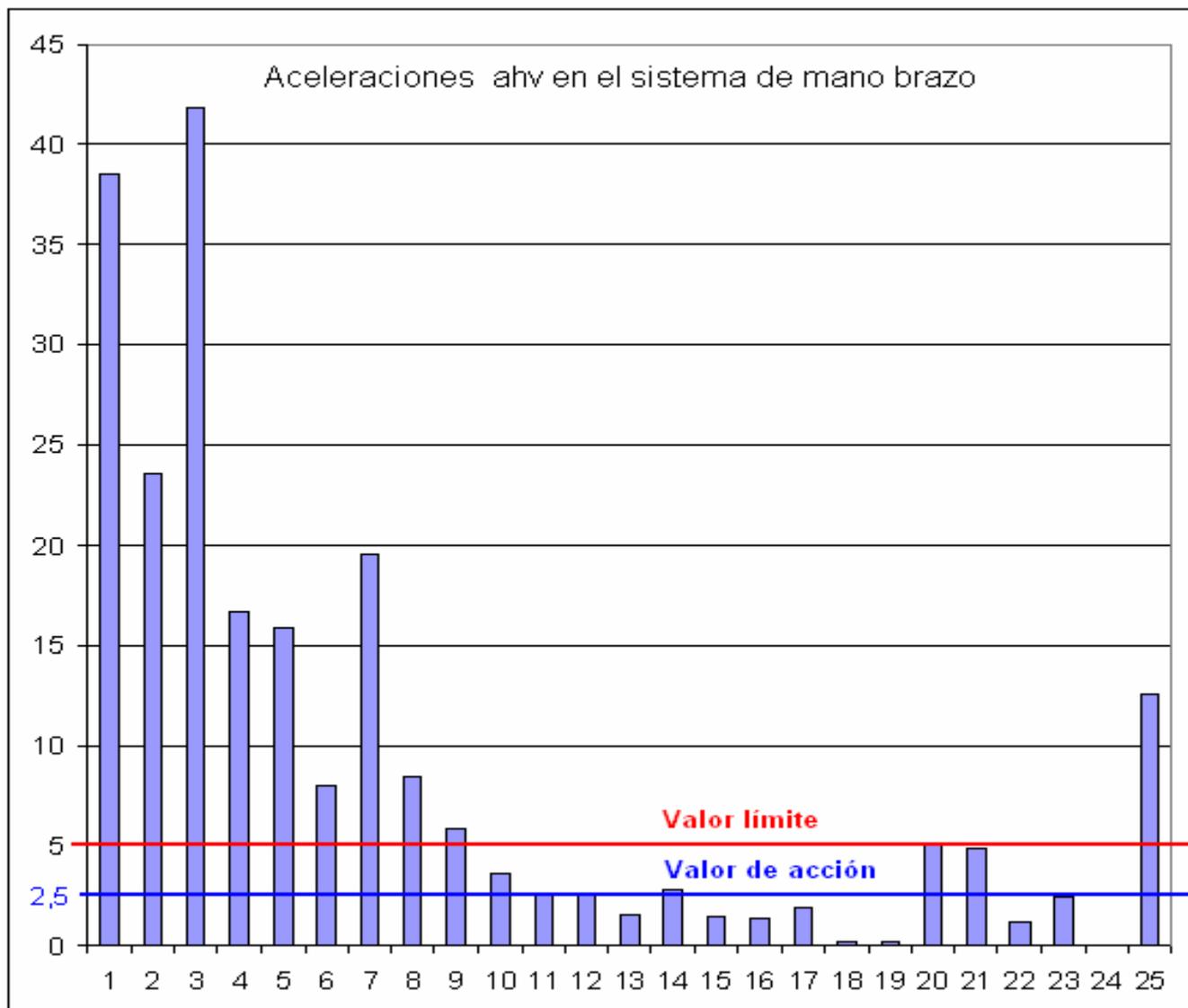
Para el sistema de cuerpo entero, el valor a_{hvi} de la expresión anterior, se sustituye por el mayor de los tres valores $1,4 \times a_{wx}$, $1,4 \times a_{wy}$, $1 \times a_{wz}$

Estos valores $A(8)$ son los que se comparan con los valores límites de exposición y con los valores de acción indicados anteriormente.

No obstante y dado que los valores $A(8)$ son funciones del tiempo T de exposición, y este puede ser muy variable para cada actividad y empresa, se han comparado los resultados obtenidos, tanto los valores continuos de exposición como los valores $A(8)$ calculados para cada tarea considerando una exposición ideal de 8 horas, con los valores límites de exposición y los valores de acción, a los efectos de visualizar la intensidad de las exposiciones en diferentes parámetros.

4.1.- Conclusiones para el sistema de mano brazo en herramientas y equipos manuales.

El gráfico que se muestra a continuación contiene los valores medidos en los diferentes equipos de trabajo manuales con el acelerómetro para mediciones en un solo eje ya descrito con anterioridad.



nº	Máquina	ahv	nº	Máquina	ahv
1	Martillo neumático_1	38,5	14	Lijadora orbital	2,83
2	Martillo neumático_2	23,63	15	Cepillo eléctrico Izq.	1,43
3	Pistolete	41,8	16	Cepillo eléctrico Der.	1,37
4	Perforadora eléctrica_1	16,66	17	Sierra circular	1,86
5	Perforadora eléctrica_2	15,92	18	Fresadora Izq.	0,25
6	Radial	8,04	19	Fresadora Der.	0,25
7	Rozadora	19,5	20	Taladro_9	5,04
8	Sierra de calar_1	8,44	21	Taladro_4	4,85
9	Sierra de calar_2	5,8	22	Radial cerrjería_125	1,14
10	Lijadora de banda 1 Izq.	3,6	23	Radial cerrjería_150	2,44
11	Lijadora de banda 1 Der.	2,46	24	Radial cerrjería_3	7,75
12	Lijadora de banda 2 Izq.	2,64	25	Batidora de masa	12,53
13	Lijadora de banda 2 Der.	1,55			

Se aprecia en el gráfico anterior (y se comprueba mejor en la tabla situada a continuación del mismo) que 9 de las 25 mediciones representan valores inferiores a $2,5 \text{ m/s}^2$, correspondiente al valor de acción ya referido.

Así mismo y de las mismas fuentes, se comprueba que 4 mediciones sobre el mismo montante total de 25 mediciones se sitúan en el intervalo entre el valor de acción y el valor límite.

Finalmente se aprecia que 13 mediciones de las 25 referidas superan, de forma general muy ampliamente, el valor límite.

Así pues, y en referencia a esta última conclusión, más del 50% de las máquinas objeto de estudio, pueden sobrepasar fácilmente el valor límite para la exposición a vibraciones en el sistema de mano brazo.

Las conclusiones anteriormente expuestas se han realizado sobre la base de que el tiempo de exposición diario sea de 8 horas a los efectos de poder interpretar la posible trascendencia de los valores continuos de exposición en cada una de las máquinas para tales exposiciones diarias.

Queda claro que la utilización de una máquina como la señalada como número 1, martillo neumático_1, la cual arroja un valor de aceleración de $38,5 \text{ m/s}^2$, podría no representar ningún exceso sobre el valor límite si su tiempo de manipulación fuese inferior a 8 minutos diarios.

Igualmente la máquina nº 21, taladro_4, con un $a_{hv} = 4,85 \text{ m/s}^2$, superaría el valor límite a las 8,5 horas de trabajo.

Queda claro que si bien los valores continuos de exposición pueden ser representativos de la intensidad de la misma, la valoración real de la exposición diaria de un trabajador precisa inexcusablemente de la consideración de su tiempo de exposición.

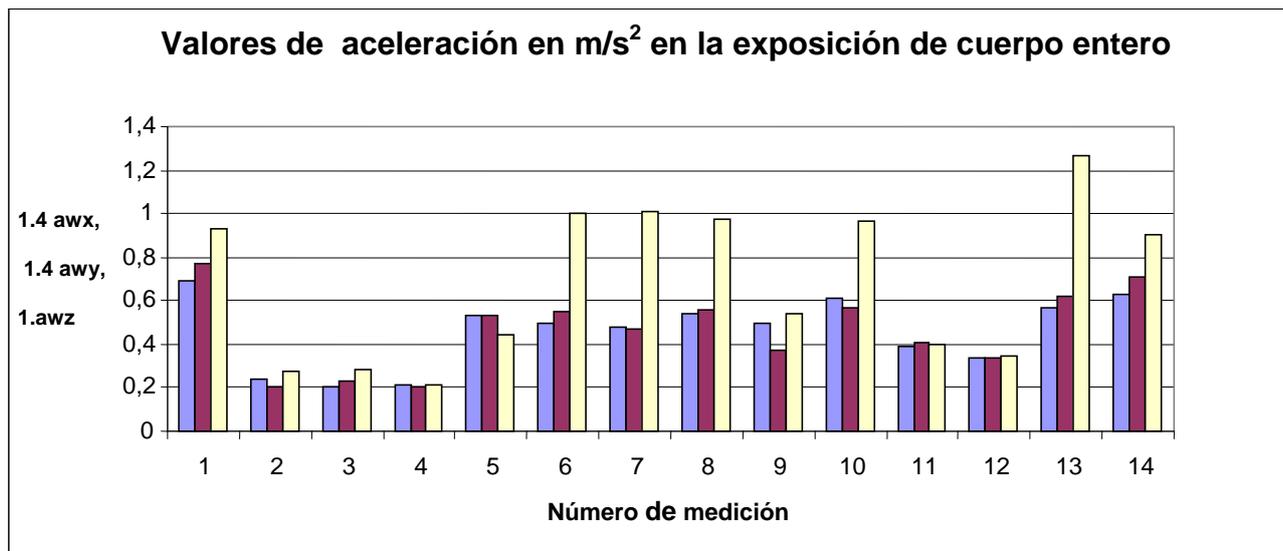
4.2.- Conclusiones para el sistema de cuerpo entero y de mano brazo en equipos móviles

Distinguimos en esta sección los valores obtenidos en las mediciones realizadas en el sistema de cuerpo entero correspondientes al trabajador sobre el asiento del tractor, y los valores medidos en el sistema de mano brazo en la acción de sujetar el volante con las manos del trabajador.

4.2.1.- Sistema de cuerpo entero: trabajador sentado en su puesto de conducción.

En el gráfico nº 1 se han representado los valores de exposición continuos a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} , multiplicados por su correspondiente coeficiente, para cada un de las mediciones realizadas.

Gráfico Nº 1



Mediciones de cuerpo entero: gráfico nº 1					
nº	Equipo				
1	Tractor Massey Ferguson	160 CV	año 2004	Matricula : E-1297-BDC	
2	Tractor Massey Ferguson	160 CV	año 2004	Matricula : E-1297-BDC	
3	Tractor John Deere 6930 Premium	165 CV	año 2008	Matric.: E-7976-BFL	
4	Tractor Massey Ferguson	160 CV	año 2004	Matricula : E-1297-BDC	
5	Tractor Frenidt 714 Vario	147 CV	año 2003	Matricula : E-4076-BCT	
6	Tractor DEUTH DX 3700F	70 CV	año 1997	Matricula :MU-VE 46972	
7	Tractor DEUTH DX 3900F	80 CV	año 1997	Matricula :MU-VE 46971	
8	Tractor LAMBORGHINI RUNNER 450	45 CV	año 2003	Matricula :MU-VE 46987	
9	Tractor CASE EUROPE H 609	55 CV	año 1998	Matricula : E-6819 BBB	
10	Tractor CASE III H 605	50 CV	año 1998	Matricula : E- 4291 - BBB	
11	Tractor Landini Rex 105 F	105 CV	año 2005		
12	Tractor FIAT F115	115 CV	año 2004		
13	Tractor John Deere Mod. 6230	110 CV	año 2007		
14	Tractor Same Explorer 100	99 CV	año 2006		

- Se recuerda que cada una de las mediciones realizadas corresponden en realidad a varias mediciones tomadas a los efectos de encontrar los valores más representativos de cada tarea. Por ello las 14 mediciones mostradas han supuesto en realidad la toma de más de 50 mediciones efectivas.

Considerando que la exposición laboral fuese de 8 horas diarias a los efectos de poder interpretar la posible trascendencia de los valores continuos de exposición en cada una de las máquinas, los valores continuos $1,4 \times a_{wx}$, $1,4 \times a_{wy}$, a_{wz} , resultarían ser iguales a los valores A(8) correspondientes. Aceptada dicha consideración, se deduce del gráfico nº 1 que el valor de acción $0,5 \text{ m/s}^2$ es alcanzado solamente en un 64,28% de las mediciones (y consecuentemente no alcanzado en un 35,71 %), superándose el valor límite de $1,15 \text{ m/s}^2$ en el 7,14% de las mismas y en un solo eje.

Queda claro, al igual que se indicó en el apartado 4.1.- Conclusiones para el sistema de mano brazo en herramientas y equipos manuales, que si bien los valores continuos de exposición pueden ser representativos de la intensidad de la misma, la valoración real de la exposición diaria de un trabajador precisa imprescindiblemente de su tiempo de exposición.

No obstante es preciso indicar que en el caso vibraciones de cuerpo entero y en las tareas que han sido objeto de estudio, los tiempos de exposición real de los trabajadores son, casi sin excepción, los correspondientes a toda su jornada laboral, por lo que los valores continuos medidos adquieren una importancia significativa por su aproximación a los valores A(8) calculados con dichos tiempos de exposición.

En el gráfico número 2 se muestran los niveles de exposición deducidos de cada medición considerando que el tiempo es de 8 horas correspondiente a una jornada laboral.

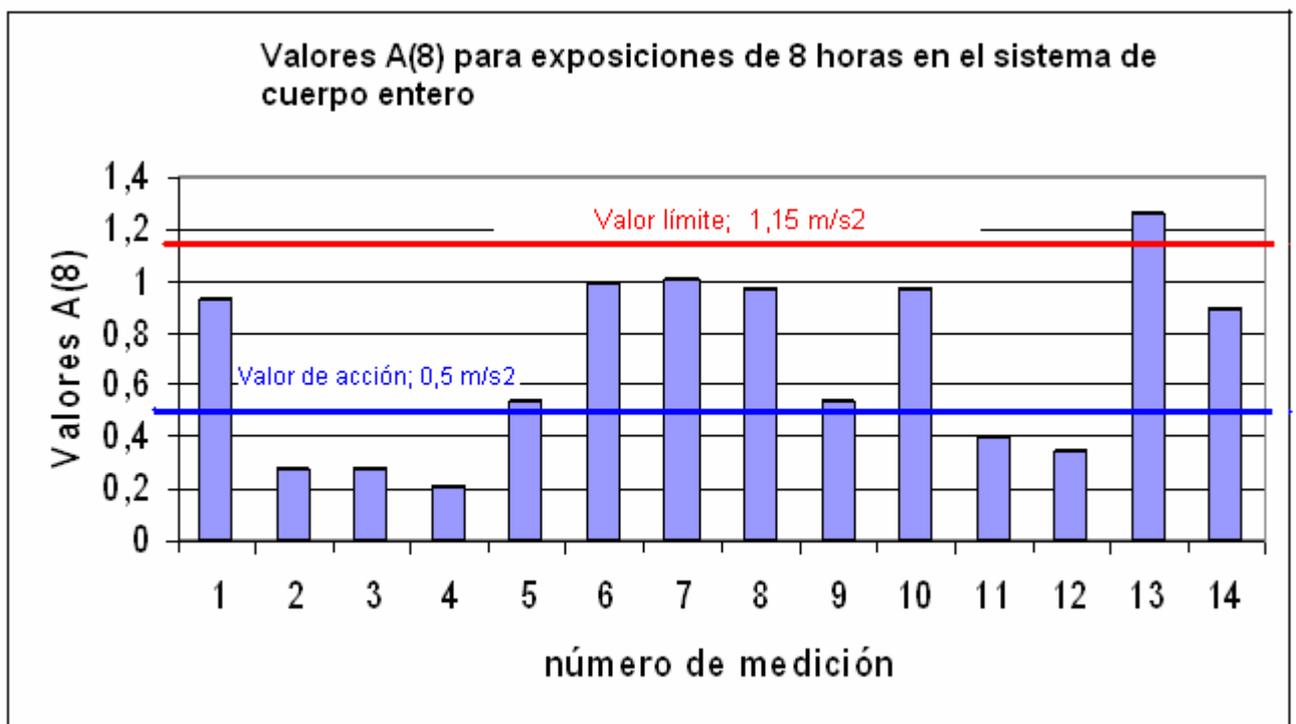


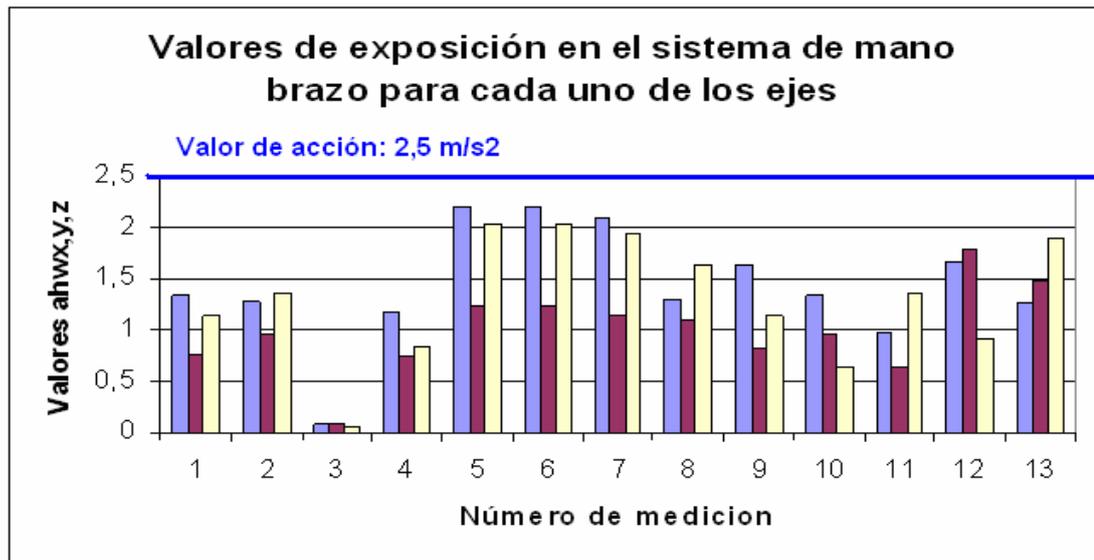
Gráfico nº 2

Se aprecia que 5 mediciones no alcanzan el valor de acción establecido en $0,5 \text{ m/s}^2$ y que solamente 1 medición supera el valor límite $1,15 \text{ m/s}^2$.

Se concluye pues que en el sistema de cuerpo entero y para las máquinas muestreadas, el valor de acción $0,5 \text{ m/s}^2$ se alcanzado por más del 50% de las máquinas y el valor límite $1,15 \text{ m/s}^2$ es ligeramente superado en un 7 % de las mismas.

4.2.2.- Sistema de mano brazo: manos del trabajador sobre el volante del vehículo.

En el gráfico nº 3 se muestran los valores obtenidos en cada uno de los ejes x,y,z.



Mediciones en el sistema de mano brazo: Gráfico nº 3					
nº	Equipo				
1	Tractor Massey Ferguson	160 CV	año 2004	Matricula : E-1297-BDC	
2	Tractor John Deere 6930 Premium	165 CV	año 2008	Matric.: E-7976-BFL	
3	Tractor Massey Ferguson	160 CV	año 2004	Matricula : E-1297-BDC	
4	Tractor Frenndt 714 Vario	147 CV	año 2003	Matricula : E-4076-BCT	
5	Tractor DEUTH DX 3700F	70 CV	año 1997	Matricula :MU-VE 46972	
6	Tractor DEUTH DX 3900F	80 CV	año 1997	Matricula :MU-VE 46971	
7	Tractor LAMBORGHINI RUNNER 450	45 CV	año 2003	Matricula :MU-VE 46987	
8	Tractor CASE EUROPE H 609	55 CV	año 1998	Matricula : E-6819 BBB	
9	Tractor CASE Ill H 605	50 CV	año 1998	Matricula : E- 4291 - BBB	
10	Tractor Landini Rex 105 F	105 CV	año 2005		
11	Tractor FIAT F115	115 CV	año 2004		
12	Tractor John Deere Mod. 6230	110 CV	año 2007		
13	Tractor Same Explorer 100	99 CV	año 2006		

El gráfico nº 4 muestra los valores de exposición continuos a_{hv} para cada medición.

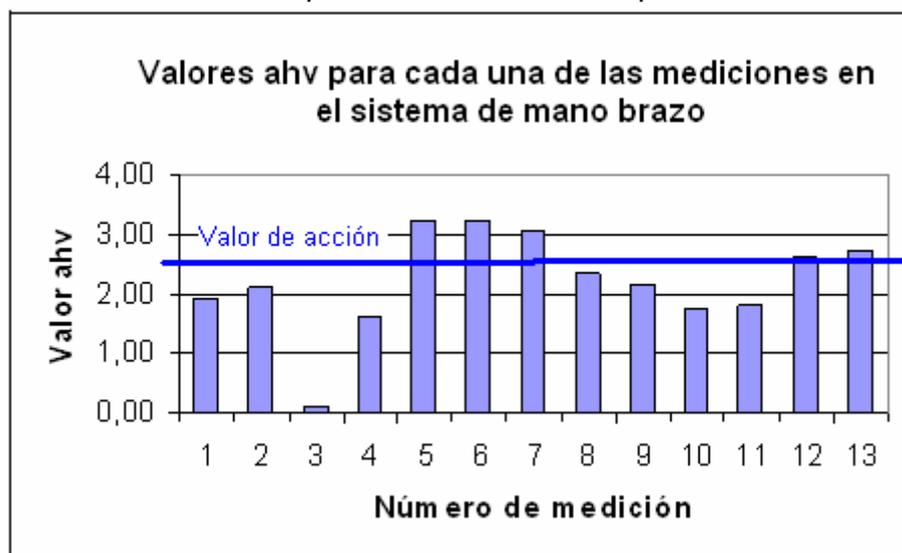


Gráfico nº 4

El gráfico nº 5 muestra los valores A(8) resultantes de considerar exposiciones de 8 horas

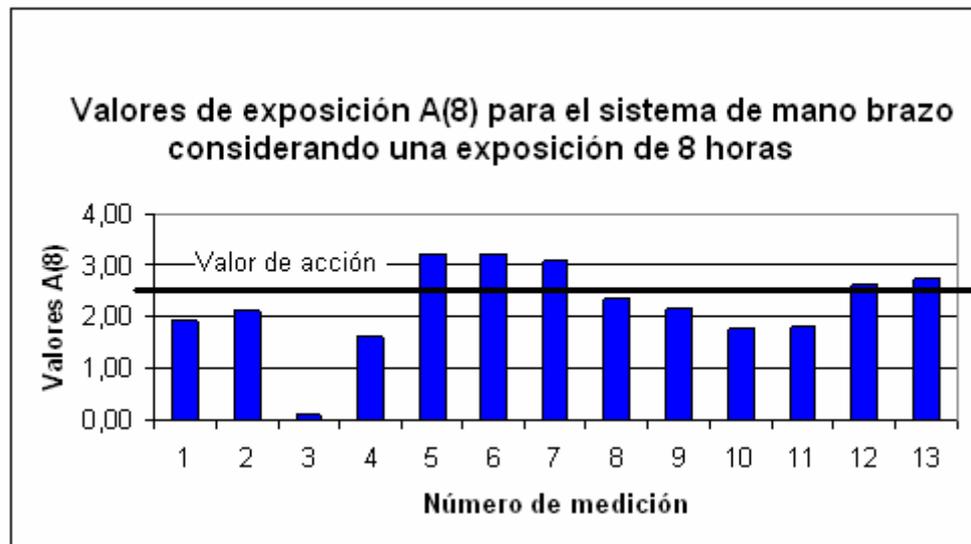


Gráfico nº 5

Las conclusiones que se extraen de los tres últimos gráficos mostrados son las siguientes:

- Los valores a_{hv} superan en un 35 % de las mediciones el valor de acción para el sistema de mano brazo.
- Considerando tiempos de exposición de 8 horas, los valores A(8) resultarían ser iguales a los a_{hv} , y consecuentemente superarían el 35% de las mediciones los valores de acción para este sistema.
- En ninguna medición se ha superado el valor límite, 5 m/s^2 , para el sistema de mano brazo considerando tiempos de exposición de 8 horas.

De todo ello se resumen que para este tipo de maquinaria y su entorno de trabajo, y referido al sistema de cuerpo entero, es frecuente alcanzar el valor de acción y muy poco probable la superación del valor límite.

Así mismo en este tipo de maquinaria es poco frecuente superar el valor de acción para el sistema de mano brazo e improbable o muy poco probable la superación del valor límite para este mismo sistema.

En el Palmar, Murcia, a 22 de diciembre de 2011