

Vibraciones en Máquinas Portátiles y otras de Pequeñas Dimensiones



PARTE 1:

MÁQUINAS DE MANTENIMIENTO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Título:

Vibraciones en Máquinas Portátiles y otras de Pequeñas Dimensiones.
Parte 1: Máquinas de mantenimiento

Autor:

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

Elaborado por:

Rafael Sánchez-Guardamino Elorriaga
Juan Leiva Pérez
Begoña Juan y Seva Guevara
Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Bizkaia (CNVM, INSHT)

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insht.es

Composición:

Azcárate & Asocia2

Edición:

Diciembre 2016

NIPO (en línea): 272-16-063-6

Hipervínculos:

El INSHT no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSHT del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Catálogo general de publicaciones oficiales:
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Catálogo de publicaciones del INSHT:
<http://www.insht.es/catalogopublicaciones/>



ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	4
2 OBJETO	4
3 METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
3.1 MEDIOS TÉCNICOS	5
3.2 ESTRATEGIA DE MUESTREO.....	6
4 RESULTADOS OBTENIDOS	7
4.1 LIJADORA BOSCH PSS180A	9
4.2 LIJADORA BOSCH GSS 230 AE	11
4.3 TALADRO BOSCH 1199.7.....	13
4.4 TALADRO BOSCH GSB 22-2RCE	16
4.5 TALADRO METABO SBE-800/2S-R+L.....	19
4.6 TALADRO WURTH H-28-MAS	22
4.7 TALADRO ATORNILLADOR HITACHI DV 18 DSL	23
4.8 SIERRA DE CALAR BOSCH GST 135 BCE	24
4.9 SIERRA DE CALAR METABO STEB 10S PLUS.....	26
4.10 MARTILLO PERCUTOR METABO BH E6045S.....	28
4.11 AMOLADORA BOSCH GWS 18-180	30
4.12 AMOLADORA BOSCH GWS 10-125C	31
4.13 AMOLADORA BOSCH GWS 23.....	32
4.14 SIERRA SABLE METABO PSE 1200.....	33
5 CONCLUSIONES	35
5.1 ANÁLISIS POR PARÁMETRO.....	35
5.1.1 Mano Preferente vs Mano Guía y Diferente posición de la mano guía.....	35
5.1.2 Dureza del material.....	36
5.1.3 Diferentes Útiles de Trabajo.....	36
5.1.4 Velocidad de la Máquina	36
5.1.5 Valor medido vs Valor declarado.....	37
5.1.6 Balanceo de la máquina	37
5.2 ANÁLISIS POR FAMILIA DE MÁQUINAS	37
5.2.1 LIJADORAS	37
5.2.2 TALADROS.....	38
5.2.3 SIERRAS DE CALAR.....	42
5.2.4 AMOLADORAS.....	43
6 CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO	44
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXO I RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE CAMPO REALIZADAS POR MÁQUINA	47

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo establecido por el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre exposición a vibraciones mecánicas, la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas se debe realizar determinando el valor del parámetro $A(8)$, que representa el valor de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un período de 8 horas, y comparando el valor obtenido con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite que vienen fijados en el propio Real Decreto y que, para el caso de vibraciones mano-brazo, son 2,5 y 5 m/s^2 respectivamente.

Para poder determinar el $A(8)$ mencionado se necesita conocer:

- La vibración generada por la máquina y transmitida al sistema mano-brazo del operador (representada por la aceleración eficaz ponderada en frecuencia): a_{hv}
- El tiempo de exposición del operador a esa vibración: T

Estos dos parámetros vienen relacionados por la fórmula:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

T_0 es el tiempo de exposición de referencia (8h).

En estudios anteriores se ha podido observar que las vibraciones generadas por máquinas portátiles y guiadas a mano son muy elevadas y fluctuantes. Por ello, y debido al gran uso que se hace de estas máquinas en muchos sectores profesionales, se ha considerado oportuno hacer un estudio más detallado de forma que se pueda tener más información al respecto.

2 OBJETO

El objeto de este informe es presentar los resultados obtenidos en las máquinas de mantenimiento dentro del proyecto "Medida de las vibraciones de máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones", cuya finalidad principal es conocer la aceleración eficaz ponderada, como magnitud que determina la vibración de las máquinas, en condiciones reales y/o simuladas de trabajo. Para ello se realizaron numerosas mediciones para cada máquina según sus diferentes usos y condiciones de funcionamiento.

Desde el año 2011 se han estudiado en este proyecto 29 máquinas a través de más de 260 ensayos, en los que se ha recopilado gran cantidad de información que ha requerido una labor compleja de análisis y estudio. En este primer informe se presentan las 14 máquinas de mantenimiento que forman parte del estudio y todas las condiciones de trabajo analizadas para cada máquina. En un informe posterior se presenta el análisis de los resultados obtenidos para 15 máquinas de jardinería y limpieza.

Con este proyecto, por tanto, se persigue ampliar el conocimiento del comportamiento de las vibraciones al variar las condiciones de trabajo de las máquinas portátiles en situaciones reales (parámetros de la máquina, trabajador, material) y proporcionar información que facilite a los empresarios el cumplimiento de su deber de evaluar la exposición de los trabajadores a las vibraciones mecánicas, tal y como establece el Real Decreto 1311/2005.

Este proyecto tiene el objetivo adicional de alimentar la base de datos BASEVIBRA, accesible desde la página web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con datos medidos en situaciones reales, de forma que permita la evaluación por estimación de los riesgos derivados de la exposición a vibraciones por el uso de máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo empleada cumple con las especificaciones dadas en las Normas:

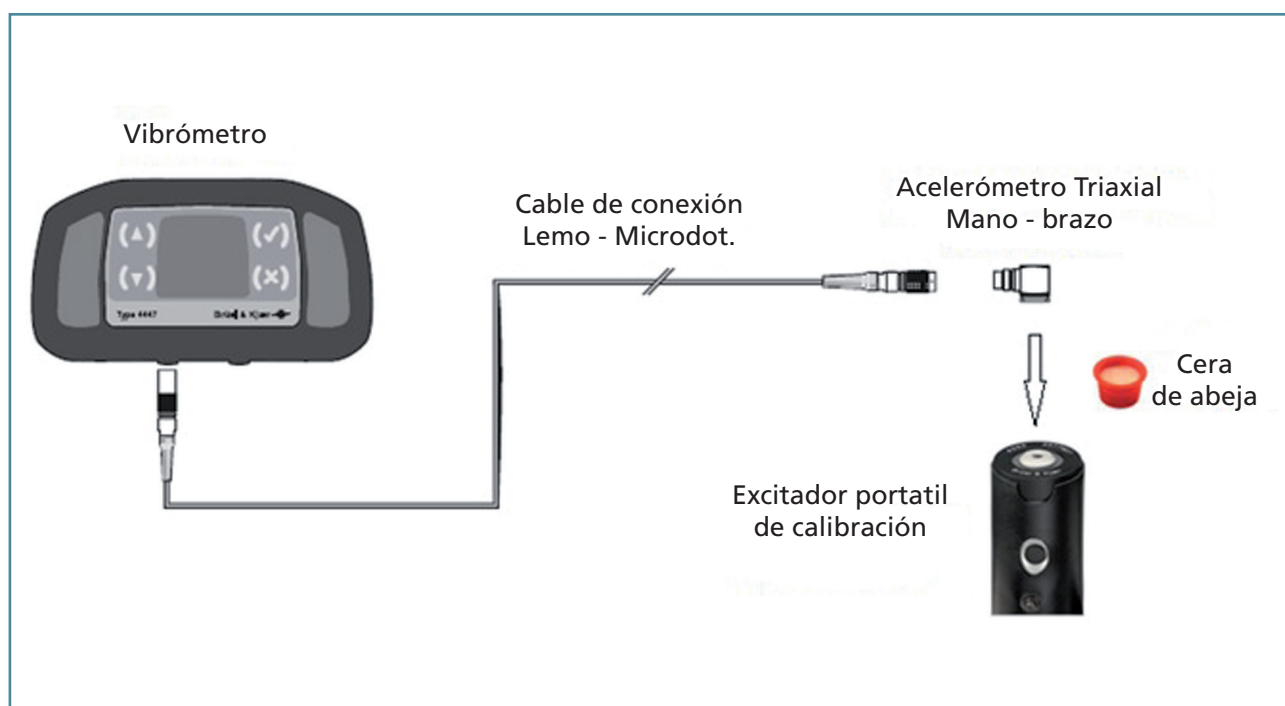
- Norma UNE-EN ISO 5349-1:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma UNE-EN ISO 5349-2:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo.

3.1 MEDIOS TÉCNICOS

Los medios técnicos utilizados para los ensayos de medida de las vibraciones de máquinas de mantenimiento, objeto de este informe, fueron:

- Analizador portátil de vibraciones en el cuerpo humano de 4 canales (vibrómetro tipo 4447).

Se ha utilizado este equipo portátil para recoger la medida de vibraciones de máquinas cuya operación requería el desplazamiento del operario (tareas dinámicas) o, generalmente, en tareas de exterior, ya que este equipo de medida permitía ser portado por el propio trabajador.



- Módulo de adquisición Front End tipo 3560 D con sistema multianalizador PULSE tipo 7700.

Esta instrumentación multicanal permite el análisis de frecuencias y la medición de la aceleración eficaz simultánea en ambas manos. Se utiliza para la medición de las vibraciones correspondientes a las máquinas asociadas a actividades estáticas, pues este equipo no puede ser portado por el operario. Generalmente, se utiliza en interiores. La lectura se registra directamente en el ordenador, a través de un paquete específico de software.



- Otros medios materiales:

- acelerómetro triaxial mano-brazo Brüel & Kjaer, modelo 4520-002,
- excitador portátil de calibración de acelerómetro Brüel & Kjaer, tipo 4294,
- cables de conexión,
- adaptadores de mano y
- software y hardware asociado al equipo

Estos equipos están homologados y cumplen la norma ISO 8041:2005. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.

3.2 ESTRATEGIA DE MUESTREO

Las estrategias de muestreo se han diseñado conforme a lo establecido en la norma UNE-EN ISO 5349, partes 1 y 2, si bien para poder alcanzar los objetivos de este proyecto se han llevado a cabo un número de ensayos y unos tiempos de medición superiores a lo indicado en la norma. De tal forma que la aceleración eficaz reflejada para un ensayo corresponde a 4 o 5 medidas de campo promediadas en el tiempo, con una duración cada una de ellas de entre 25 y 40 seg.

En la mayoría de los casos se han intentado reproducir (en diferentes años) las mismas condiciones de trabajo, con una misma máquina, para poder hacer posteriores comparativas.

Previamente a la realización de los ensayos, se diseñó la estrategia de muestreo en la que se establecía:

- la máquina portátil o la máquina de pequeñas dimensiones que se iba a ensayar.
- las condiciones de funcionamiento de la máquina que eran de interés: velocidad, trayectoria, ciclos, útiles.
- las condiciones de operación: utilización con una mano o dos manos.
- los materiales sobre los que se suele trabajar según los modos de funcionamiento previstos por el fabricante: madera, metal, hormigón,...
- acelerómetros triaxiales a colocar (para una o dos manos) y lugar más apropiado.
- número de veces a repetir cada medida y tiempo de muestreo: en la mayoría de los casos se realizaron un mínimo de 4 medidas con una duración no inferior a 20 segundos para una misma condición de trabajo.
- operario designado para trabajar con la máquina: respetando siempre el listado de trabajadores autorizados para utilizar determinadas máquinas.

Así mismo, se establecieron las condiciones de seguridad bajo las cuales los operarios utilizarían las máquinas durante las mediciones de campo. Las fotografías que presentan cada máquina pretenden mostrar también, en la medida de lo posible, la localización de los acelerómetros. En algunos casos el operario aparece sin guantes de protección (con la máquina parada) para ilustrar de forma más nítida la ubicación de los acelerómetros.

A la hora de registrar los resultados, se cumplimentó una ficha de campo con los datos generales de la máquina, modelo, fecha del ensayo, condiciones del ensayo (velocidad de la máquina, material sobre el que se trabaja, tamaño de la herramienta, etc.), referencia de operario y las mediciones obtenidas, que al mismo tiempo quedaban registradas en el equipo de medida.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

Se han analizado 14 máquinas portátiles utilizadas habitualmente en tareas de mantenimiento, con un total de 182 ensayos, y con un mínimo de 4 medidas de campo por ensayo. La mayoría de las medidas de campo realizadas reflejan situaciones reales de trabajo y han participado diferentes operarios familiarizados con las máquinas ensayadas.

Las máquinas de mantenimiento analizadas han sido las que aparecen en la tabla 1.

En este apartado se muestran las gráficas más representativas de los ensayos realizados para cada máquina estructurada de la siguiente forma:

- Una gráfica general del intervalo de aceleraciones eficaces ponderadas (a_{hv}) obtenido con todos los ensayos realizados para esa máquina. Incluye, por tanto, todos los valores obtenidos bajo las distintas condiciones de trabajo estudiadas.
- La barra de color rojo refleja el intervalo de valores de las vibraciones registradas para los diferentes ensayos realizados; y la barra de color azul, la mediana, que es el valor central de todo el conjunto de datos ordenados de menor a mayor, y que al desechar sucesivamente los valores extremos, elimina el efecto de mediciones extraordinariamente bajas o altas por causa desconocida.

- Gráficas específicas en las que se puede observar cómo varía la aceleración eficaz ponderada (eje y) al cambiar las condiciones de trabajo respecto a un determinado parámetro de ensayo (eje x). Por ejemplo:
 - mano preferente / mano guía
 - velocidad mínima / velocidad máxima
 - tamaño de útil 1 / tamaño de útil 2 (por ejemplo, broca 4/broca 6)
- Tabla resumen de los parámetros estudiados para esa máquina, en la que se indica la influencia de cada parámetro en la vibración obtenida durante los diversos ensayos bajo distintas condiciones de trabajo.

Conviene remarcar que los valores presentados a continuación son valores de aceleración eficaz ponderada en frecuencia (α_{hv}) cuya única finalidad es orientar sobre las posibles magnitudes de vibraciones generadas por diferentes máquinas en diferentes condiciones de trabajo y **no corresponden al parámetro A(8)**, pues no se han tenido en cuenta los tiempos de exposición del operario a la vibración.

Por tanto, los resultados que se indican en el presente informe no se pueden comparar directamente con los Valores Límite de Exposición ni con los Valores de Exposición que dan lugar a una acción, establecidos en el Real Decreto 1311/2005.

Los valores de aceleración eficaz obtenidos en los ensayos bajo diferentes condiciones de trabajo para cada máquina se incluyen en el Anexo I – Resultados de las medidas de campo realizadas por máquina.

TABLA 1
NÚMERO DE ENSAYOS REALIZADOS POR MÁQUINA

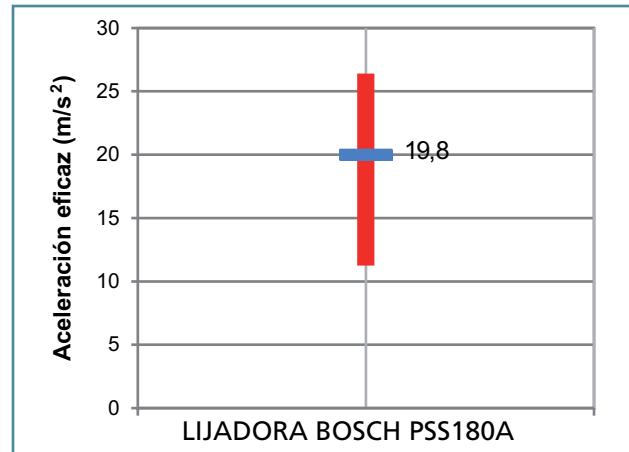
DISTRIBUCIÓN DE ENSAYOS POR MÁQUINA		
Denominación de la máquina	Nº ensayos	Nº de mediciones de campo
LIJADORA BOSCH PSS180A	14	55
LIJADORA BOSCH GSS 230 AE	22	89
TALADRO BOSCH 1199.7	35	134
TALADRO BOSCH GSB 22-2RCE	26	102
TALADRO METABO SBE-800/25-R+L	26	104
TALADRO WURTH H-28-MAS	8	30
TALADRO ATORNILLADOR HITACHI DV 18 DSL	2	8
SIERRA DE CALAR BOSCH GST 135 BCE	14	51
SIERRA DE CALAR METABO STEB 10S PLUS	12	48
MARTILLO PERCUTOR METABO BH E6045S	8	32
AMOLADORA BOSCH GWS 18-180	3	16
AMOLADORA BOSCH GWS 10-125C	5	18
AMOLADORA BOSCH GWS 23	3	13
SIERRA SABLE METABO GWS 23-230	4	14
TOTAL	182	714

4.1 LIJADORA BOSCH PSS180A

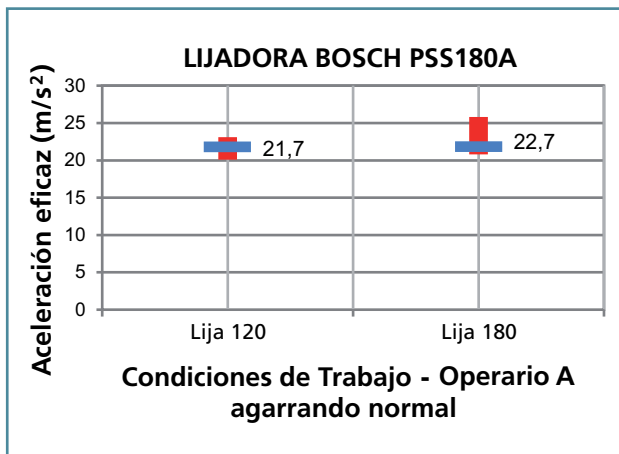
Para esta máquina se realizaron un total de 14 ensayos. A la hora de medir, se emplearon dos tipos de lija, la de espesor de grano de 120 y la de 180 y se trabajó sobre material aglomerado y madera de pino. La lijadora la manejaron hasta tres operarios diferentes y se estudió el agarre con una y dos manos. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



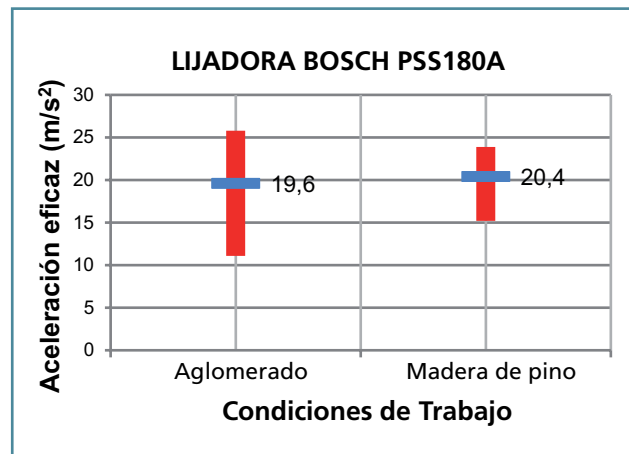
Imagen de la Lijadora BOSCH PSS180A



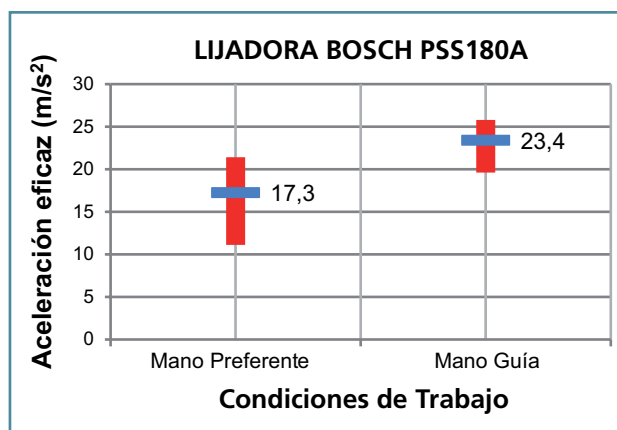
Gráfica 1. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 2. Resultados con diferentes útiles de trabajo para el operario A



Gráfica 3. Resultados con diferentes materiales de trabajo



Gráfica 4. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Teniendo en cuenta los niveles tan altos de vibraciones obtenidos para esta máquina, se observa que la influencia del aumento en el tamaño del grano de la lija es pequeña.

Se analizaron diferentes tipos de madera por si pudieran tener influencia en los niveles de vibraciones generados.

Los resultados obtenidos según el parámetro analizado son los que se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2
LIJADORA BOSCH PSS180A - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE
CADA PARÁMETRO ANALIZADO

PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La vibración de la mano preferente es ligeramente superior a la de la mano guía.
Material a ensayar	No se han apreciado diferencias significativas en los valores de aceleración registrados.
Diferentes Útiles de Trabajo	Comparando los resultados del mismo operario se observa un ligero aumento de la vibración con tamaño de grano mayor.
Velocidad de la Máquina	No procede para esta máquina porque no tiene regulación de velocidad. Sin embargo, se hicieron pruebas en las que se analizó que el arranque/parada no afecta significativamente al valor final de la vibración.
Valor medido vs Valor declarado	El valor de vibración obtenido en los ensayos es muy superior al valor declarado por el fabricante.

4.2 LIJADORA BOSCH GSS 230 AE

Para esta máquina se realizaron un total de 22 ensayos. A la hora de medir, se emplearon dos tipos de lija, la de espesor de grano de 80 y la de 120 y se trabajó sobre madera de pino a dos velocidades. Además, la lijadora la manejaron dos operarios diferentes. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.

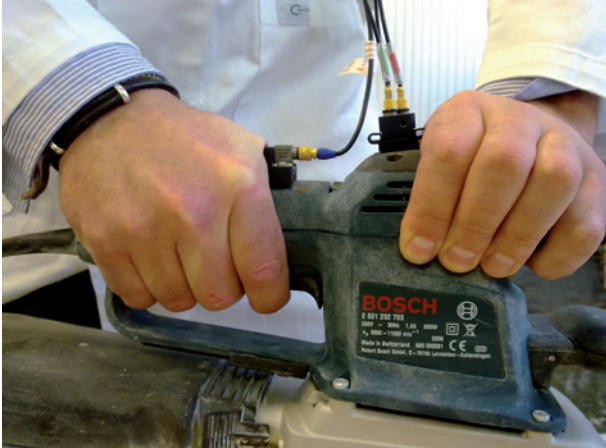
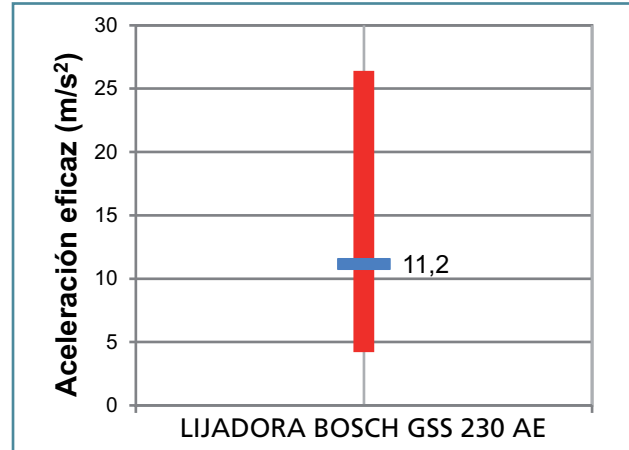
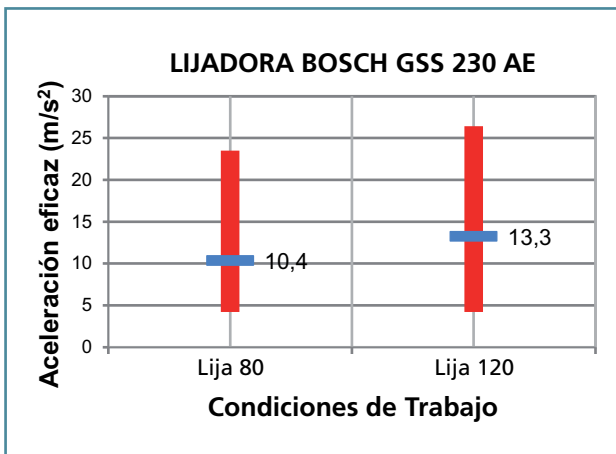


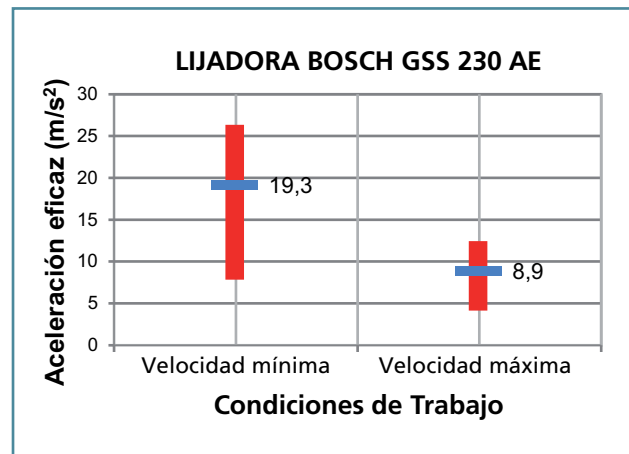
Imagen de la Lijadora BOSCH GSS 230 AE



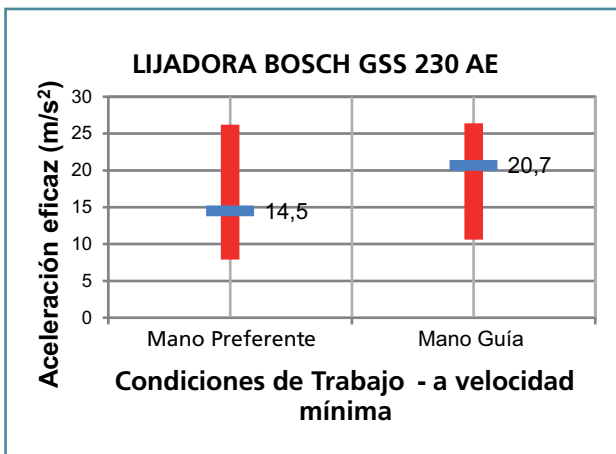
Gráfica 5. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 6. Resultados con diferentes útiles de trabajo



Gráfica 7. Resultados con diferentes velocidades de trabajo



Gráfica 8. Resultados comparando mano preferente vs mano guía a distintas velocidades

Los resultados indican que aumenta el nivel de vibraciones generado por la máquina cuando se aumenta el grano de la lija empleada.

En el caso de esta lijadora se observa un claro incremento de las vibraciones cuando se trabaja con velocidad más lenta.

Así como la exposición de la mano preferente tiene menos variabilidad independientemente de la velocidad de trabajo seleccionada, en el caso de la exposición de la mano guía la diferencia es drásticamente mayor cuando se trabaja a velocidad lenta.

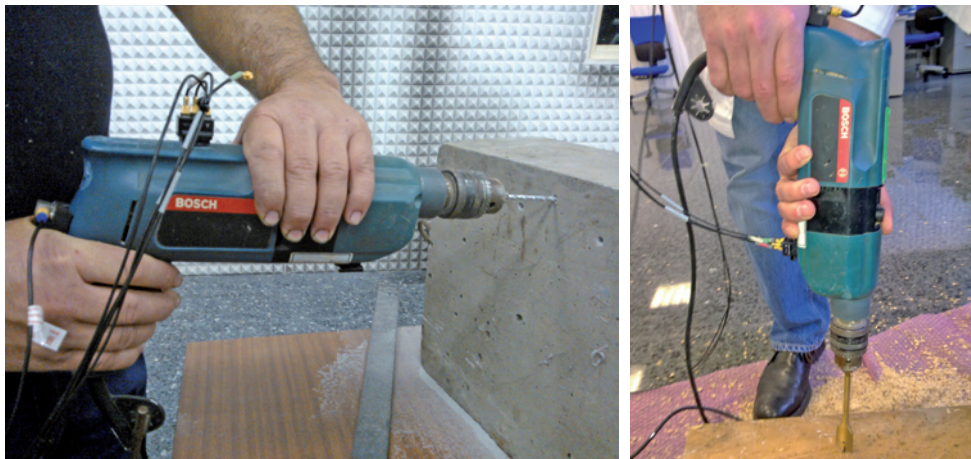
Los resultados obtenidos según el parámetro analizado son los que aparecen en la Tabla 3.

TABLA 3
LIJADORA BOSCH GSS 230 AE - RESULTADOS EN FUNCIÓN
DE CADA PARÁMETRO ANALIZADO

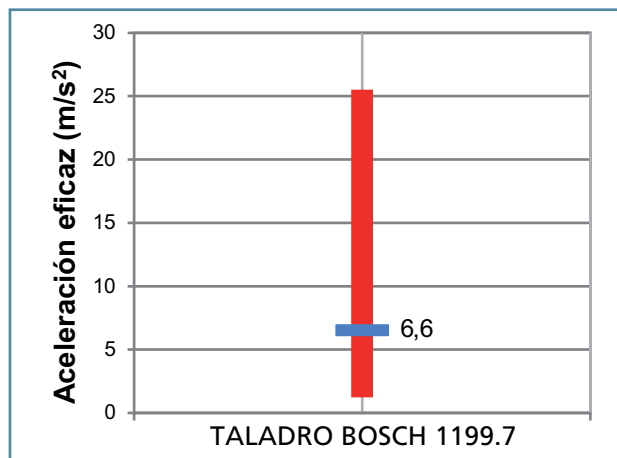
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	A velocidad mínima, las vibraciones de la mano guía son muy superiores a las de la mano preferente. Sin embargo, a velocidad máxima, las vibraciones de la mano preferente son muy superiores a las de la mano guía.
Diferentes Útiles de Trabajo	Con esta lijadora se aprecia un considerable incremento en la vibración con la lija de 120 de grano frente a la de 80 de grano.
Velocidad de la Máquina	La exposición a vibraciones es muy superior trabajando a velocidad mínima que a velocidad máxima. Por otro lado, también se hicieron pruebas en las que se analizó que el arranque/parada no afectaba significativamente al valor final de la vibración.
Valor medido vs Valor declarado	El valor de vibración obtenido en los ensayos es muy superior al valor declarado por fabricante.

4.3 TALADRO BOSCH 1199.7

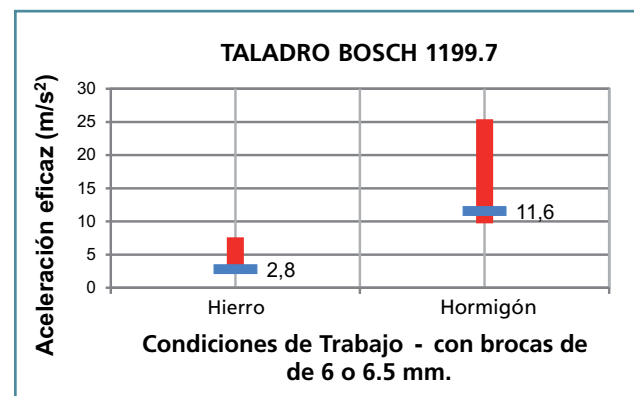
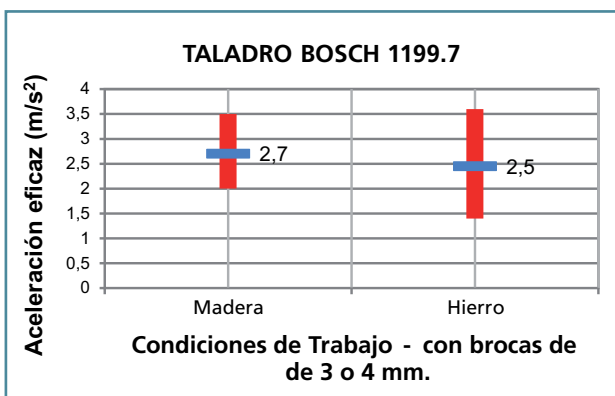
Para esta máquina se realizaron un total de 35 ensayos. A la hora de medir, se emplearon brocas de distinto tamaño y se trabajó sobre madera, hierro y hormigón a dos velocidades. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía. Obsérvese que en aquellos ensayos que se taladró en dirección vertical, se cambió la posición de la mano guía, y consecuentemente se modificó la ubicación del acelerómetro correspondiente.



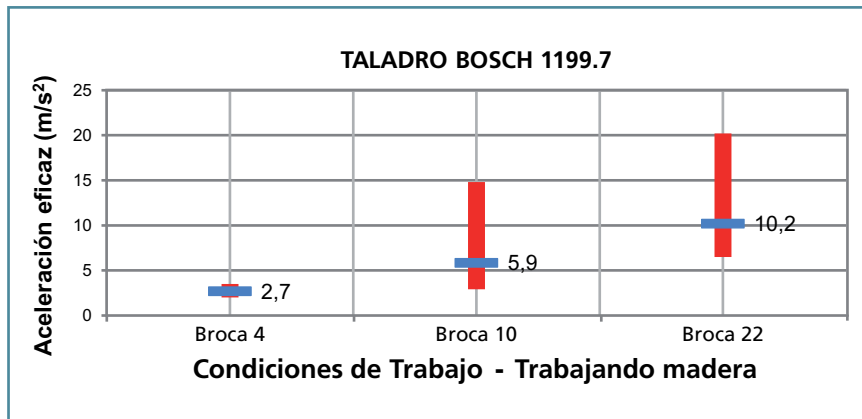
Imágenes del Taladro BOSCH 1199.7



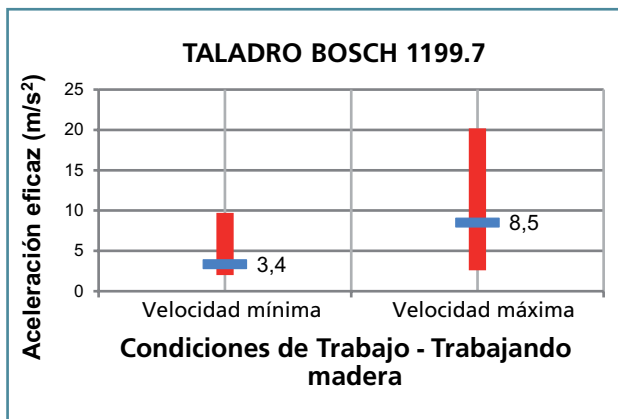
Gráfica 9. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



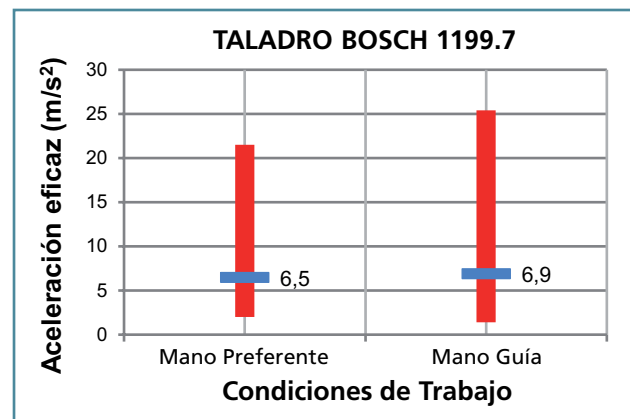
Gráfica 10. Resultados con diferentes materiales de trabajo



Gráfica 11. Resultados con diferentes útiles de trabajo



Gráfica 12. Resultados con diferentes velocidades de trabajo empleando madera



Gráfica 13. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Cuando las brocas son pequeñas (3 o 4 mm) se observan diferencias mínimas en las vibraciones generadas al trabajar los diferentes materiales. Hay que remarcar que se ha intentado asemejar el tamaño de la broca, pero estas son necesariamente diferentes según se trabaje el hierro o la madera.

Sin embargo cuando se aumenta el tamaño de la broca y se compara la tarea de taladrar chapas de hierro frente a bloques de hormigón (o paredes de hormigón), se observa un claro incremento en el nivel de vibraciones cuando se trabaja el hormigón.

En este ensayo hay que destacar que el espesor de los materiales utilizados difiere bastante ya que se ha intentado buscar situaciones y tareas habituales con dichas máquinas, y mientras que para el hormigón se han analizado tareas que impliquen la realización de agujeros con percutor para introducir tacos, en el caso del hierro se ha ensayado sobre chapas de hierro de diferentes espesores pero todos ellos inferiores a 15 mm.

Se observa (véase Gráfica 11) un claro incremento en las vibraciones generadas cuando se trabaja sobre un mismo material pero se va aumentando el tamaño de la broca.

Los resultados obtenidos según el parámetro analizado son los que se observan en la Tabla 4.

TABLA 4
TALADRO BOSCH 1199.7 – RESULTADOS EN FUNCIÓN DE CADA
PARÁMETRO ANALIZADO

PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	Debido a la gran variabilidad de resultados obtenidos (rango de mano guía entre 1,4 y 25,4), no se puede concluir qué mano está más expuesta a vibraciones. La diferencia de las medianas entre ambas manos es irrelevante.
Material a ensayar	Se ha comprobado que el material influye en la vibración generada, de forma que se han obtenido los valores más altos para el hormigón. Debe tenerse en cuenta que las brocas son diferentes para cada material, aunque sean del mismo tamaño, y que, en el caso del hormigón, la herramienta no sólo gira sino que también percute. Sin embargo, hierro y madera, para tamaños de broca equivalentes, presentan vibraciones similares.
Diferentes Útiles de Trabajo	Al trabajar sobre madera, se observa que la vibración aumenta drásticamente a medida que aumenta el tamaño de broca.
Velocidad de la Máquina	Para hierro y hormigón se trabaja a velocidad mínima por las propias características de la operación y del material. Para el caso de la madera, los resultados muestran que la vibración aumenta drásticamente al aumentar la velocidad. Este aumento es más acusado para tamaños de broca mayores.
Valor medido vs Valor declarado	No se puede comparar ya que no se dispone de valor declarado.
Posición de la Mano Guía	Cuando el acelerómetro de la mano guía se coloca en la panza del taladro (parte inferior, lejos del motor), el nivel de vibraciones disminuye.

4.4 TALADRO BOSCH GSB 22-2RCE

Para esta máquina se realizaron un total de 26 ensayos. A la hora de medir, se emplearon cuatro tipos de broca y se trabajó sobre hierro, madera y hormigón. Para el hormigón se realizaron ensayos sobre pared, taladrando en horizontal, y sobre suelo, taladrando en vertical sobre un bloque de hormigón. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.

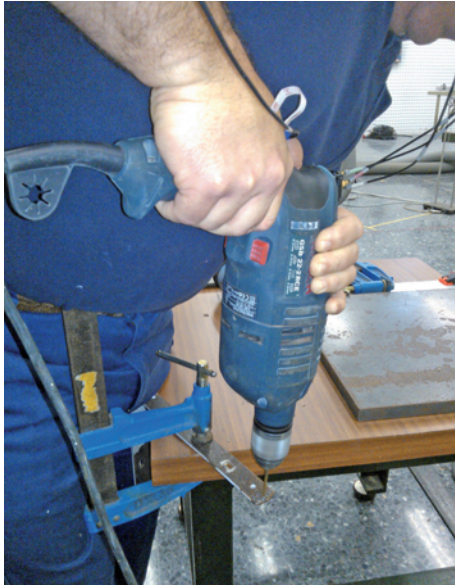
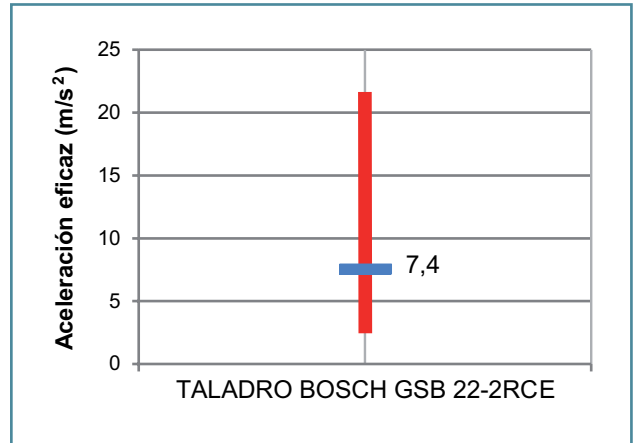
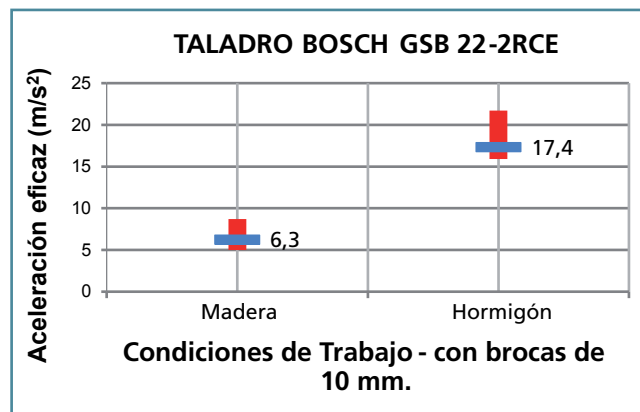
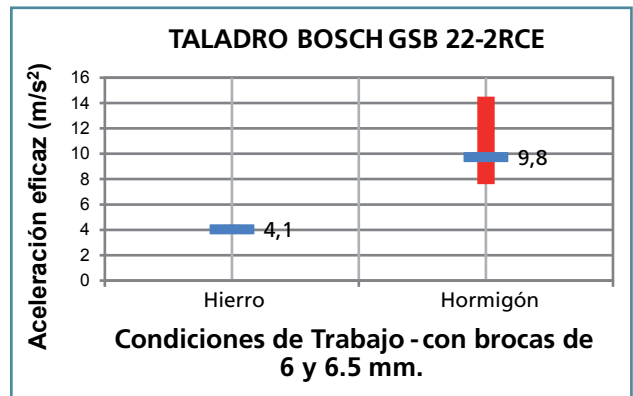
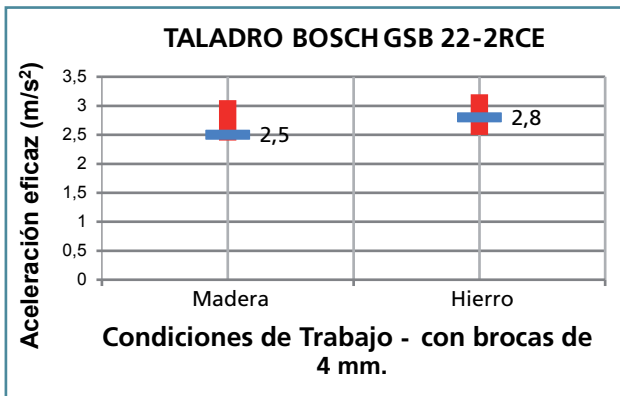


Imagen del Taladro BOSCH GSB 22-2RCE



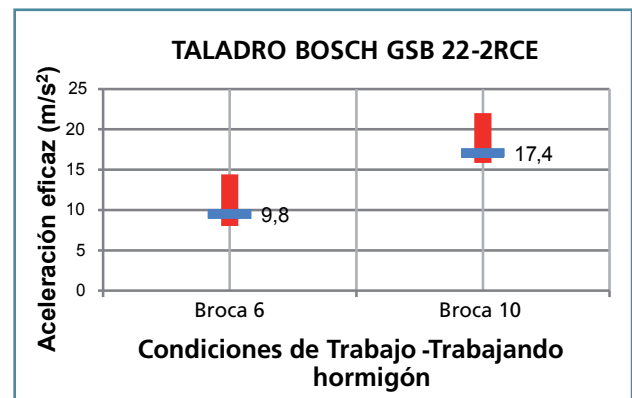
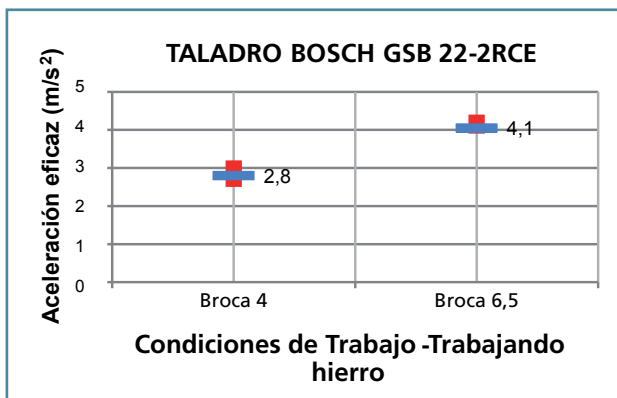
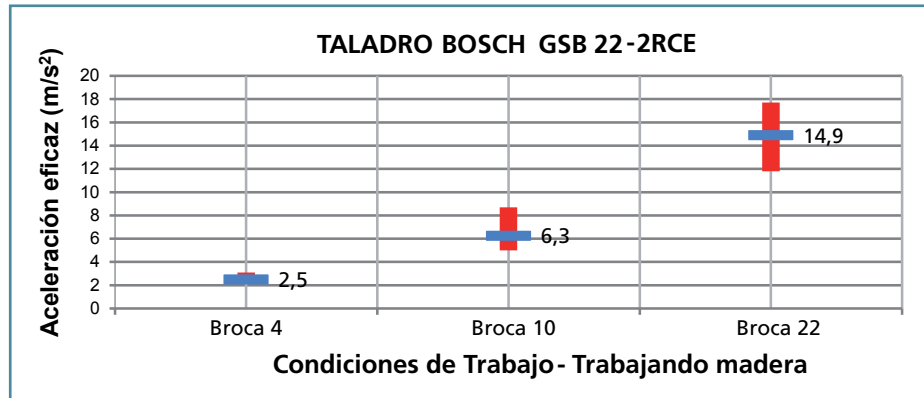
Gráfica 14. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 15. Resultados con diferentes materiales de trabajo

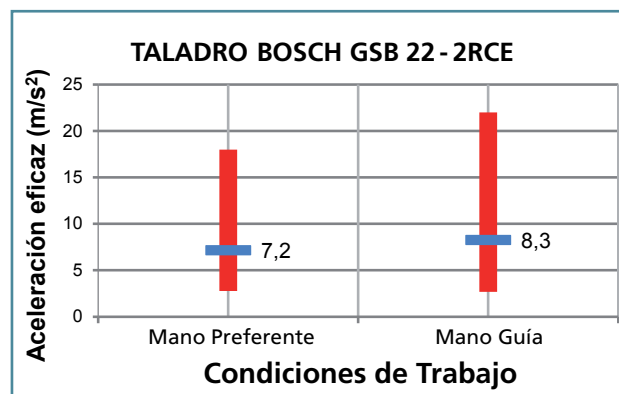
En estos ensayos se analizó el trabajo con diferentes materiales intentando mantener el mismo diámetro de broca, si bien dichas brocas eran necesariamente diferentes según el material a trabajar (véase Gráfica 15).

Al igual que con el taladro anterior, en este ensayo hay que destacar que el espesor de los materiales utilizados difiere bastante y se ha intentado buscar situaciones y tareas habituales con dichas máquinas; mientras que para el hormigón se han analizado tareas que impliquen la realización de agujeros con percutor para introducir tacos, en el caso del hierro se ha ensayado sobre chapas de hierro de diferentes espesores pero todos ellos inferiores a 15 mm y sin percusión.



Gráfica 16. Resultados con diferentes útiles para madera, hierro y hormigón

En esta gráfica se representan los resultados obtenidos trabajando sobre un mismo material (madera, hierro u hormigón) pero variando el tamaño del útil empleado (mayor tamaño de broca).



Gráfica 17. Resultados mano preferente vs mano guía

Se observa claramente que independientemente del material con el que se trabaje, existe un aumento considerable en las vibraciones generadas a medida que se aumenta el tamaño del útil con el que se trabaja.

Los resultados obtenidos para los parámetros analizados se pueden observar en la Tabla 5.

TABLA 5
TALADRO BOSCH GSB 22-2RCE - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE
CADA PARÁMETRO ANALIZADO

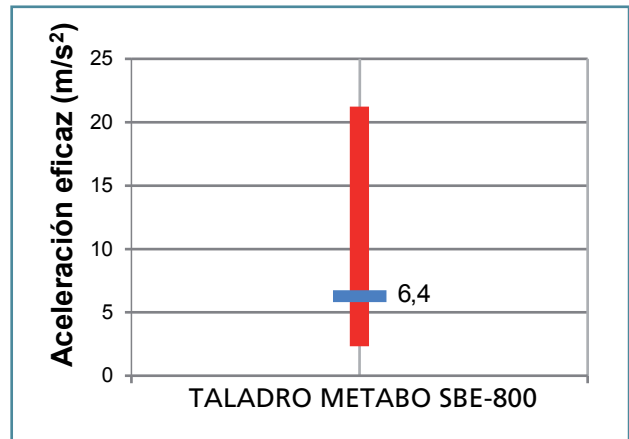
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La vibración de la mano guía es ligeramente superior a la de la mano preferente.
Material a ensayar	Se ha verificado que el material influye en la vibración con tamaños de útil similares, registrando valores más altos con materiales más duros (hormigón). Sin embargo, para el hierro y la madera se obtuvieron valores similares al utilizar broca de 4 mm, siendo la madera más blanda que el hierro.
Diferentes Útiles de Trabajo	Tanto para madera como para hormigón se observa claramente un aumento importante de los niveles de vibraciones a medida que aumenta el tamaño de la broca empleada. Para hierro se ha registrado un aumento, aunque no tan importante, de los niveles de vibración al aumentar el tamaño de broca
Valor medido vs Valor declarado	En general los valores medidos son considerablemente inferiores al valor declarado por el fabricante, excepto para hormigón y para brocas de 22 mm.

4.5 TALADRO METABO SBE-800/2S-R+L

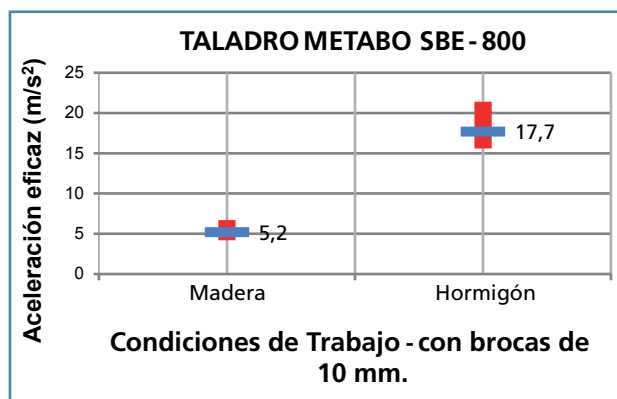
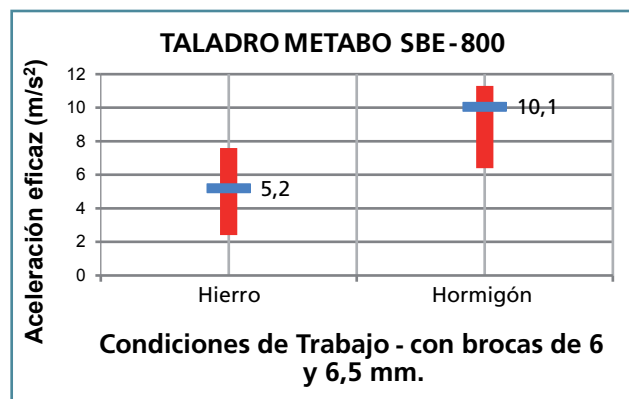
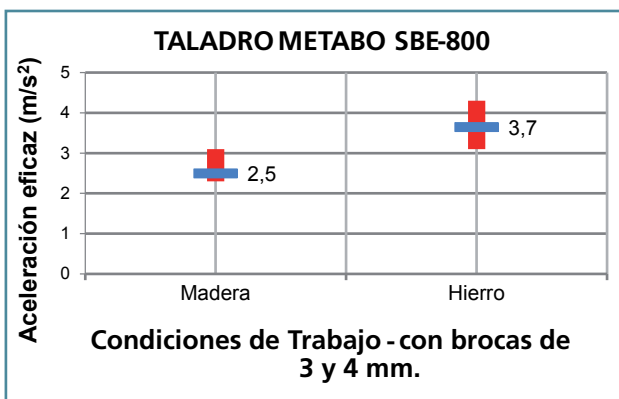
Para esta máquina se realizaron un total de 26 ensayos. A la hora de medir, se emplearon cuatro tipos de broca, se trabajó sobre hierro, madera y hormigón y se hicieron pruebas perforando el material y sin perforar (sin atravesar todo el espesor del material). En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



Imagen del Taladro METABO SBE-800/2S-R+L



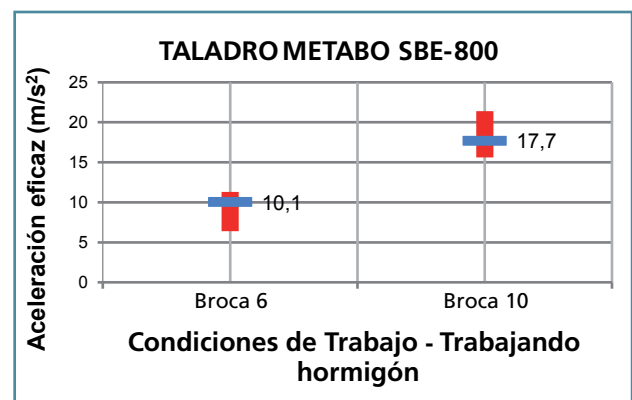
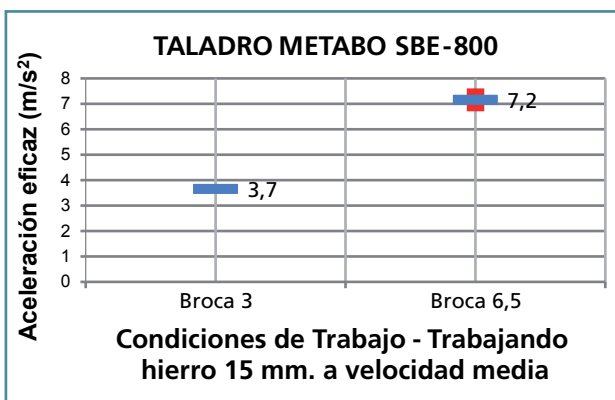
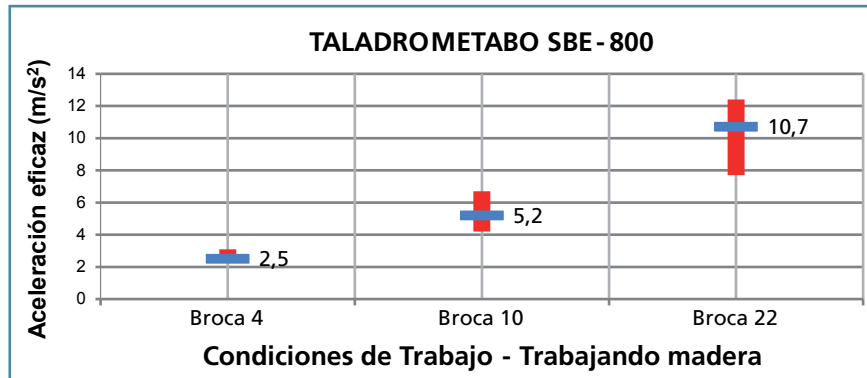
Gráfica 18. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



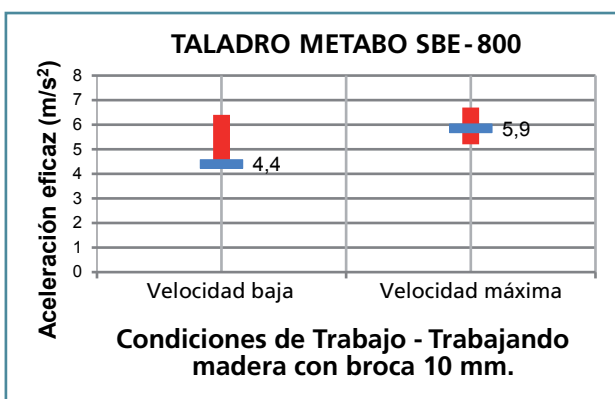
Gráfica 19. Resultados con diferentes materiales de trabajo

Con este tercer taladro se repitieron las mismas condiciones de trabajo que con los taladros anteriores para poder realizar posteriores comparativas, de forma que se volvió a analizar el trabajo con diferentes materiales (madera, hierro y hormigón) intentando mantener el mismo diámetro de broca.

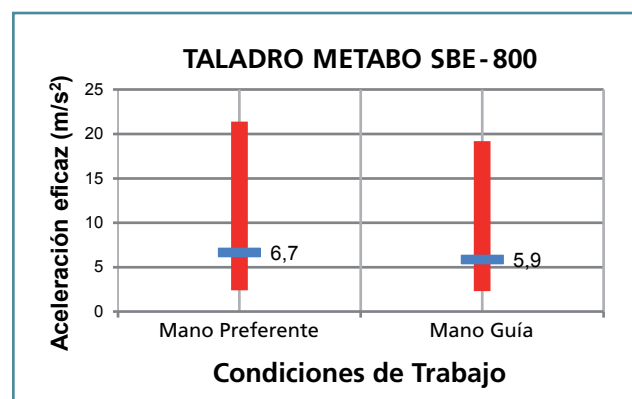
Al igual que con los taladros anteriores, en estos ensayos hay que destacar que el espesor de los materiales utilizados difiere bastante ya que se ha intentado buscar situaciones y tareas habituales con dichas máquinas; y mientras que para el hormigón se ha analizado tareas que impliquen la realización de agujeros con percutor para introducir tacos, en el caso del hierro se ha ensayado sobre chapas de hierro de diferentes espesores pero todos ellos inferiores a 15 mm sin percusión.



Gráfica 20. Resultados con diferentes útiles para madera, hierro y hormigón



Gráfica 21. Resultados con diferentes velocidades de trabajo empleando madera



Gráfica 22. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Al igual que con los taladros anteriores, se realizaron ensayos sobre un mismo material y cambiando el tamaño de útil observándose que aumenta el nivel de vibraciones a medida que aumenta el tamaño de la broca.

En la Gráfica 21 se pueden ver los resultados obtenidos trabajando con diferentes velocidades, sobre un mismo material (madera) con broca 10 mm. Se observa un incremento de las vibraciones a mayor velocidad de trabajo.

Los resultados obtenidos para los parámetros analizados se plasman en la Tabla 6

TABLA 6
TALADRO METABO SBE-800/2S-R+L - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE
CADA PARÁMETRO ANALIZADO

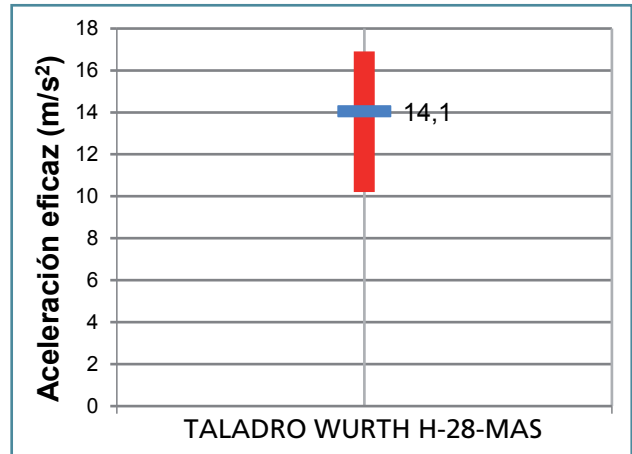
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	En general, la mano preferente vibra ligeramente más que la mano guía.
Material a ensayar	Al comparar distintos materiales con útiles de trabajo similares, se observa que a mayor dureza del material, aumenta la vibración, especialmente para el hormigón, cuya vibración crece drásticamente.
Diferentes Útiles de Trabajo	Para los 3 materiales, madera, hierro y hormigón, se observa claramente un aumento importante de los niveles de vibraciones a medida que aumenta el tamaño de la broca empleada.
Velocidad de la Máquina	Para madera y broca de 10 mm se observa que al aumentar la velocidad de trabajo, la vibración aumenta significativamente.
Valor medido vs Valor declarado	No se puede comparar ya que no se dispone del valor declarado por el fabricante.

4.6 TALADRO WURTH H-28-MAS

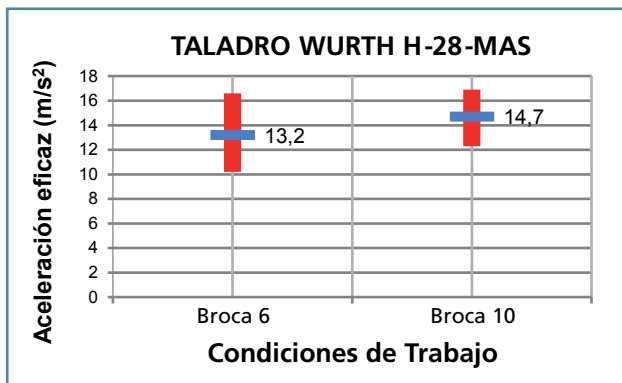
Para esta máquina se realizaron un total de 8 ensayos durante dos años. A la hora de medir, se emplearon dos tipos de broca sobre los bloques de hormigón. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



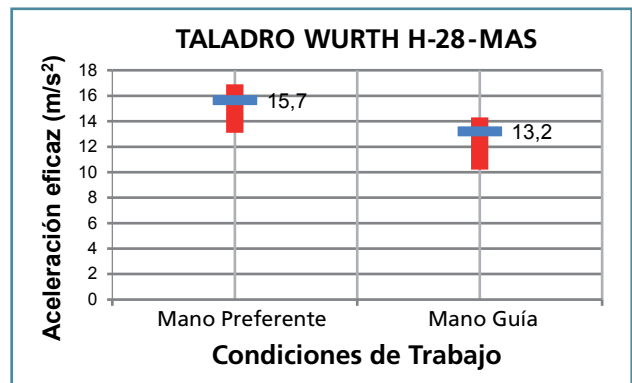
Imagen del Taladro WURTH H-28-MAS



Gráfica 23. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 24. Resultados con diferentes útiles de trabajo



Gráfica 25. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

En el caso de este taladro todos los ensayos se realizaron sobre bloques de hormigón. Se observa que, (véase Gráfica 24) cuando se aumenta el tamaño de la broca empleada, también aumenta la vibración generada.

Los resultados obtenidos para los parámetros analizados son los que aparecen en la Tabla 7.

TABLA 7
TALADRO WURTH H-28-MAS - RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO ANALIZADO

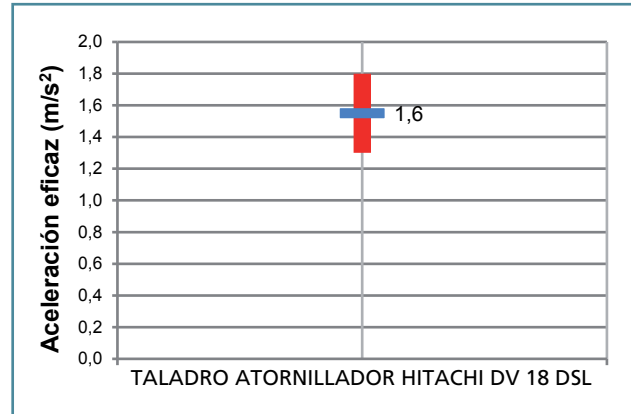
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La mano preferente está expuesta a un nivel de vibraciones considerablemente mayor que la mano guía.
Diferentes Útiles de Trabajo	Se observa que el nivel de vibraciones aumenta con el tamaño de broca.
Valor medido vs Valor declarado	El valor obtenido en los ensayos es muy inferior al valor de vibraciones facilitado por el fabricante.

4.7 TALADRO ATORNILLADOR HITACHI DV 18 DSL

Para esta máquina se realizaron un total de dos ensayos durante dos años. A la hora de medir, se ha atornillado/desatornillado en viga de madera de pino con punta de estrella. En los ensayos se utilizó un único acelerómetro triaxial, ya que esta máquina se utiliza con una sola mano.



*Imagen del Taladro Atornillador
HITACHI DV 18 DSL*



Gráfica 26. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas

En los ensayos realizados con este taladro se observa que los niveles de vibraciones son generados, principalmente, cuando se emboca la punta del atornillador en la cabeza del tornillo, mientras que luego, durante la operación de atornillado en sí, la vibración disminuye drásticamente (véase Anexo I).

El fabricante no ha facilitado las vibraciones generadas por esta máquina en su manual de instrucciones por lo que no se puede comparar con los resultados de campo obtenidos.

4.8 SIERRA DE CALAR BOSCH GST 135 BCE

Para esta máquina se realizaron un total de 14 ensayos durante tres años. A la hora de medir, se trabajó sobre aluminio, hierro y contrachapado, seleccionando la velocidad y el balanceo de máquina adecuados a la naturaleza y espesor del material empleado. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.

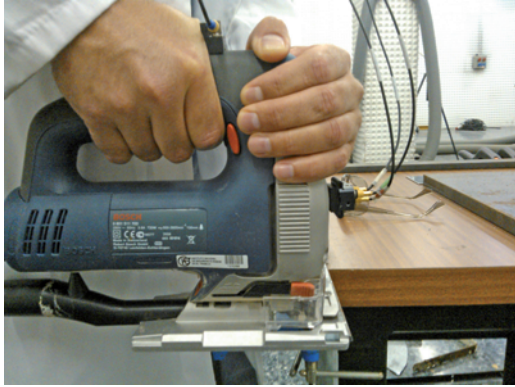
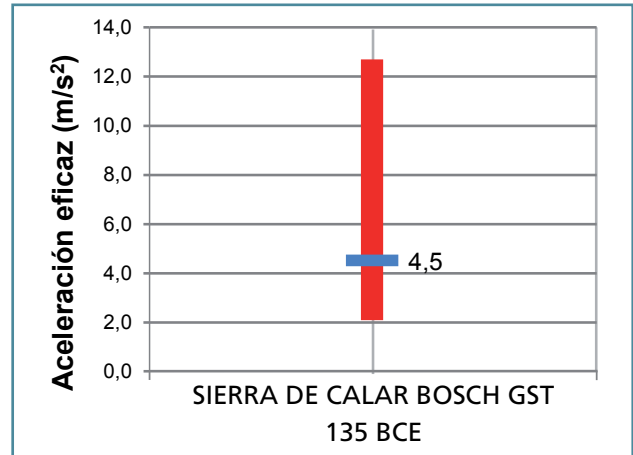
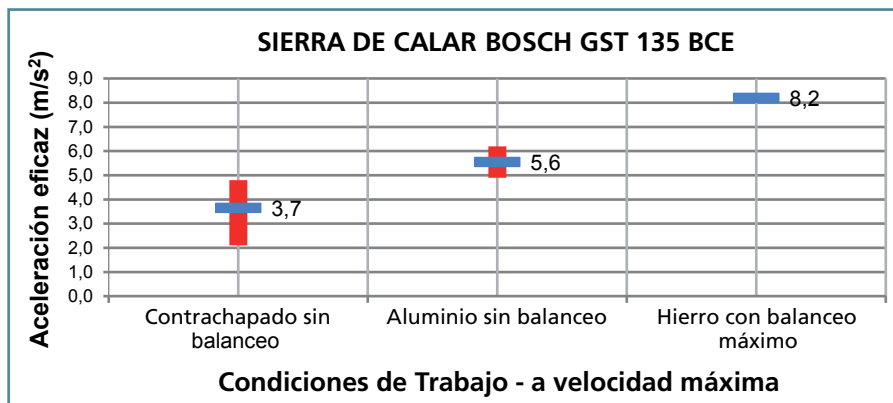


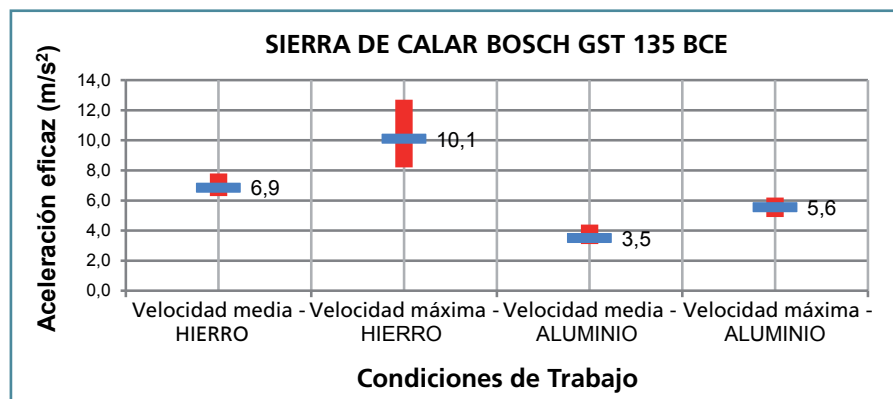
Imagen de la Sierra de Calar BOSCH GST 135 BCE



Gráfica 27. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



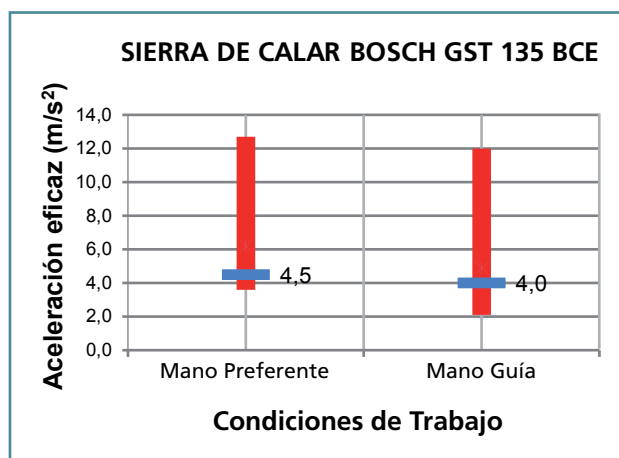
Gráfica 28. Resultados con diferentes materiales de trabajo



Gráfica 29. Resultados con diferentes velocidades de trabajo y diferentes materiales de trabajo

Se trabaja con diferentes materiales de diferentes espesores tal y como se realiza en situaciones reales de trabajo. Cuando se selecciona la opción del balanceo, se observa un incremento de las vibraciones generadas.

Se realizan ensayos variando la velocidad de trabajo sobre un mismo material y se observa que el nivel de vibraciones obtenido es mayor a medida que aumenta la velocidad de trabajo (véase Gráfica 29).



Gráfica 30. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Los resultados obtenidos para los parámetros analizados se pueden ver en la Tabla 8.

TABLA 8
SIERRA DE CALAR BOSCH GST 135 BCE - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE CADA PARÁMETRO ANALIZADO

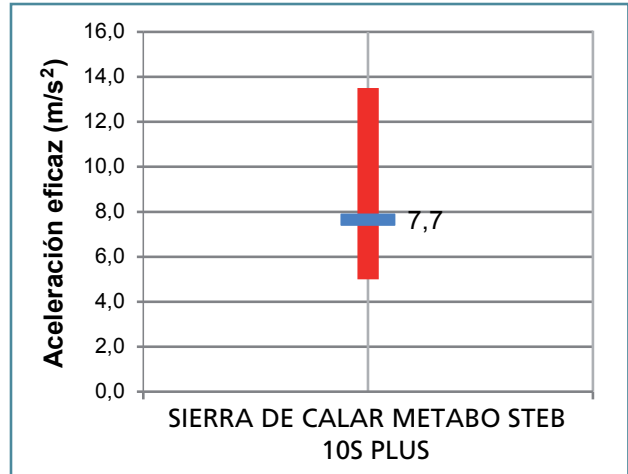
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La diferencia de vibración entre ambas manos es irrelevante.
Material a ensayar	Se ha verificado que el material influye en la vibración, registrando valores más altos con materiales más duros, lo que contrasta con los datos declarados por el fabricante.
Velocidad de la Máquina	Se observa para hierro y aluminio un incremento considerable de vibraciones al aumentar la velocidad de trabajo.
Valor medido vs Valor declarado	El valor de vibración medido frente al declarado por el fabricante es significativamente inferior en el caso de la madera y considerablemente superior en el caso del hierro.

4.9 SIERRA DE CALAR METABO STEB 10S PLUS

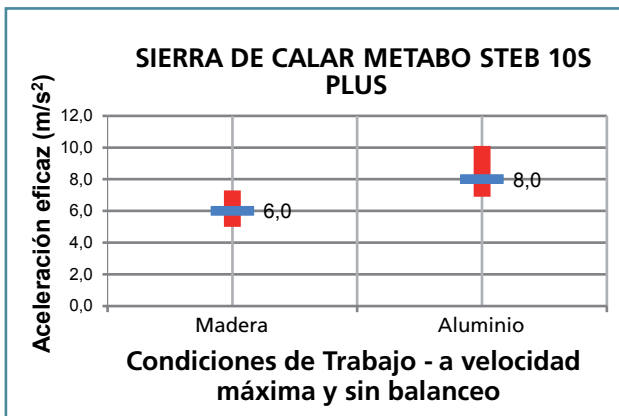
Para esta máquina se realizaron un total de 12 ensayos. A la hora de medir, se trabajó sobre aluminio, hierro y madera, seleccionando la velocidad y el balanceo de máquina adecuados a la naturaleza y espesor del material empleado. Para la madera se analiza el efecto del cambio de balanceo de la máquina. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



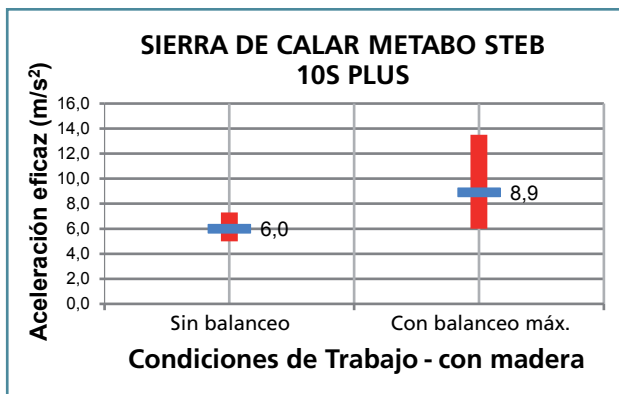
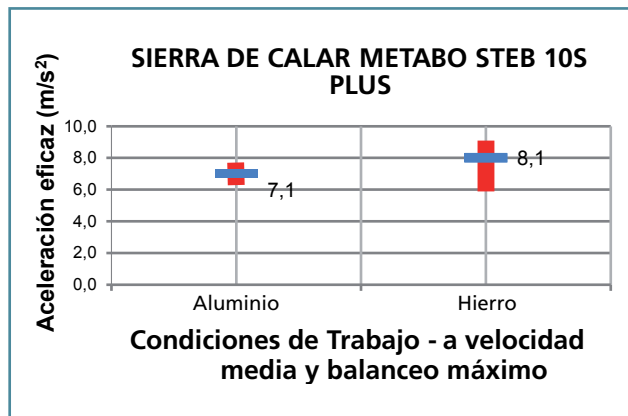
Imagen de la Sierra de Calar METABO STEB 10S PLUS



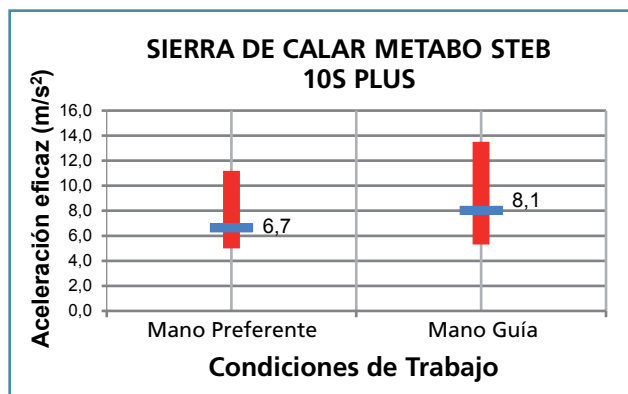
Gráfica 31. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 32. Resultados con diferentes materiales de trabajo



Gráfica 33. Resultados con diferentes balanceos sobre madera (aglomerado)



Gráfica 34. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Se observa (véase Gráfica 32) que para diferentes condiciones de trabajo ensayadas, el nivel de vibraciones aumenta a medida que aumenta la dureza del material a trabajar.

Se analiza la influencia del modo de funcionamiento "con balanceo" frente al nivel de vibración absorbido por el sistema mano-brazo. Se comprueba que a mayor balanceo de la herramienta de trabajo, mayor es el nivel de vibraciones registrado.

Los resultados obtenidos para los parámetros analizados son los enumerados en la Tabla 9.

TABLA 9
SIERRA DE CALAR METABO STEB 10S PLUS - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE
CADA PARÁMETRO ANALIZADO

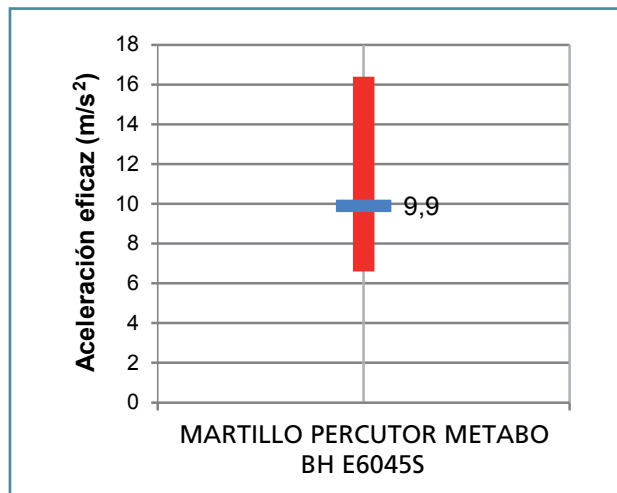
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	Para esta sierra de calar la mano guía está expuesta a un mayor nivel de vibración que la mano preferente.
Material a ensayar	Se ha verificado que el material influye en la vibración, registrándose valores más altos con materiales más duros.
Valor medido vs Valor declarado	Los valores medidos en campo para cualquiera de los tres materiales son superiores al valor declarado por el fabricante.
Balanceo de la Máquina	Al trabajar sobre madera, cuanto mayor es el balanceo, mayor es el nivel de vibraciones que se genera y transmite a la mano.

4.10 MARTILLO PERCUTOR METABO BH E6045S

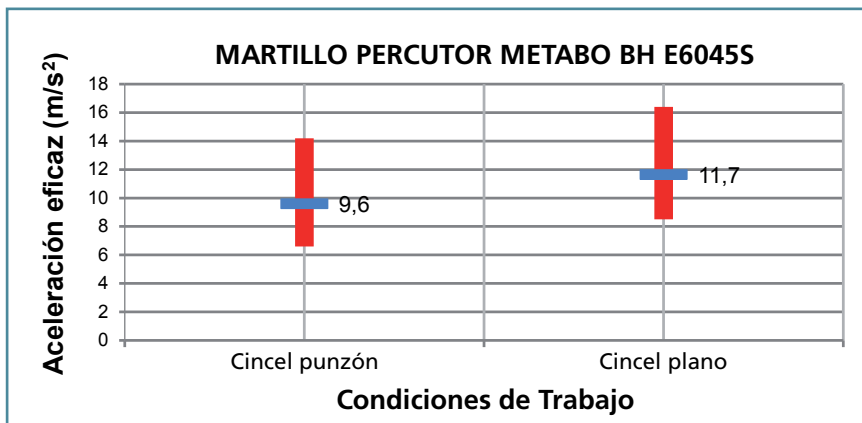
Para esta máquina se realizaron un total de 8 ensayos. A la hora de medir, se emplearon dos tipos de cincel y se trabajó sobre hormigón. En los ensayos se recogió la medida de mano preferente y mano guía, pero no simultáneamente, ya que las medidas se hicieron en el exterior con el vibrómetro portátil que sólo puede recoger la información de un acelerómetro a la vez.



Imágenes del martillo percutor METABO BH E6045S

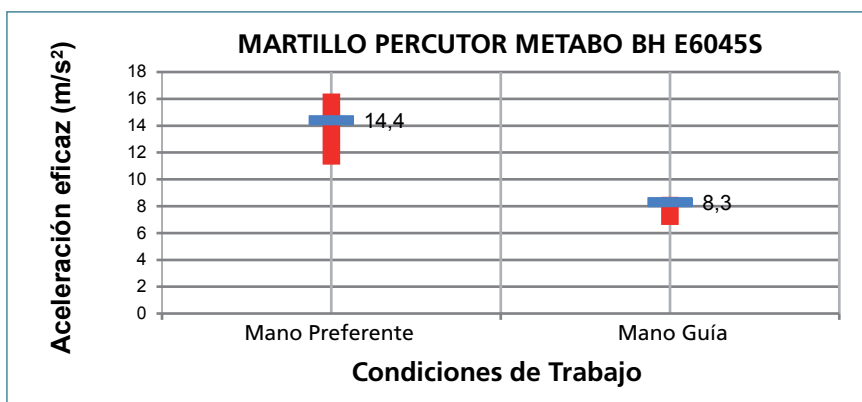


Gráfica 35. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 36. Resultados con diferentes útiles de trabajo

Para la realización de este ensayo se mantuvo la misma dureza en el material de ensayo (dureza del suelo) y se varió el útil de trabajo (véase Gráfica 36). Se observa que al trabajar con el cincel plano se registra un nivel de vibraciones superior al registrado con el cincel punzón.



Gráfica 37. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Los resultados obtenidos para cada parámetro se registran en la Tabla 10.

TABLA 10
MARTILLO PERCUTOR METABO BH E6045S - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE CADA PARÁMETRO ANALIZADO

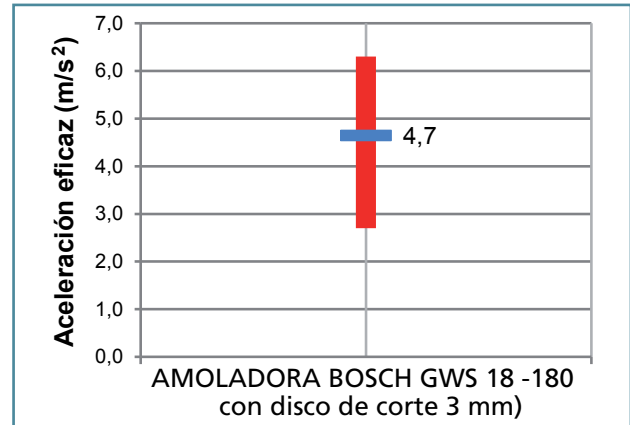
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La vibración de la mano preferente es muy superior a la de la mano guía.
Diferentes Útiles de Trabajo	Se aprecia un incremento considerable en el nivel de vibraciones al cambiar del cincel tipo punzón al cincel tipo plano.
Valor medido vs Valor declarado	El valor obtenido en las mediciones de campo es ligeramente mayor que el declarado por el fabricante.

4.11 AMOLADORA BOSCH GWS 18-180

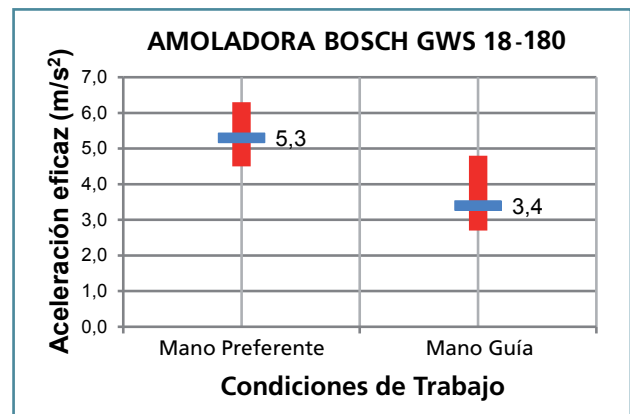
Para esta máquina se realizaron un total de tres ensayos empleando un disco de corte de 3 mm sobre barras de hierro. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



Imagen de la amoladora BOSCH GWS 18-180



Gráfica 38. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 39. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Los resultados obtenidos en el ensayo comparando la vibración absorbida por la mano preferente frente a la vibración absorbida por la mano guía se observan en la Gráfica 39. Los niveles registrados para la mano preferente son superiores a los de la mano guía.

Los resultados obtenidos para cada parámetro están recogidos en la Tabla 11.

TABLA 11
AMOLADORA BOSCH GWS 18 - 180 - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE CADA PARÁMETRO ANALIZADO

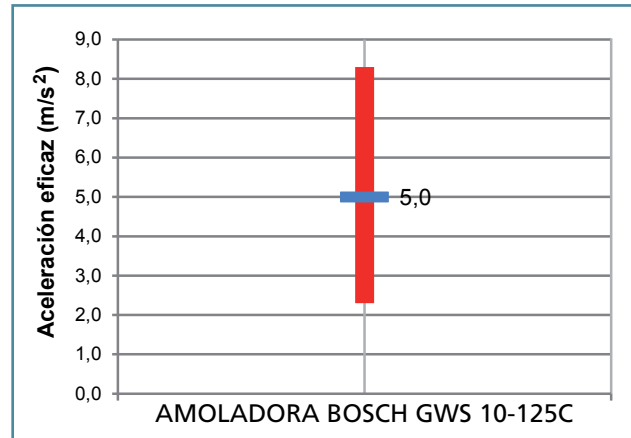
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La vibración de la mano preferente es considerablemente superior a la de la mano guía.
Valor medido vs Valor declarado	El valor medido es considerablemente inferior al valor de vibraciones facilitado por el fabricante.

4.12 AMOLADORA BOSCH GWS 10-125C

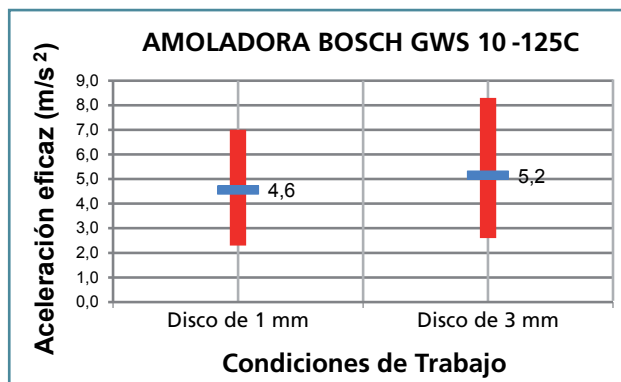
Para esta máquina se realizaron un total de cinco ensayos empleando diferentes discos de corte de 1 y 3 mm sobre barras de hierro. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



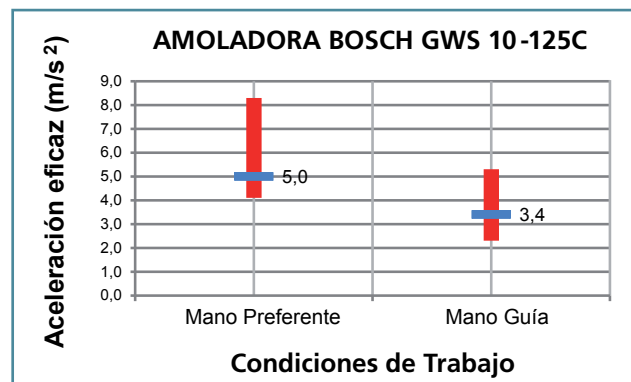
Imagen de la amoladora BOSCH GWS 10-125C



Gráfica 40. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 41. Resultados con diferentes útiles de trabajo



Gráfica 42. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Se realizan ensayos cambiando el diámetro del disco de corte de la amoladora para analizar cómo afecta a los niveles de vibración. Si bien hay un pequeño incremento en el nivel de vibraciones con el disco de corte mayor, la diferencia no es relevante (véase Gráfica 41).

Los resultados obtenidos para cada parámetro se recogen en la Tabla 12.

TABLA 12
AMOLADORA BOSCH GWS 10 - 125C - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE CADA PARÁMETRO ANALIZADO

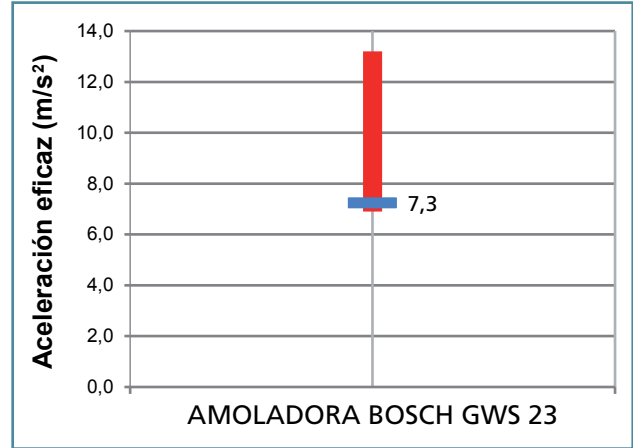
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La vibración de la mano preferente es significativamente superior a la de la mano guía.
Diferentes Útiles de Trabajo	Se observa un ligero incremento de las vibraciones cuando aumenta el grosor del disco de corte.
Valor medido vs Valor declarado	El valor medido es considerablemente inferior al valor de vibraciones facilitado por el fabricante.

4.13 AMOLADORA BOSCH GWS 23

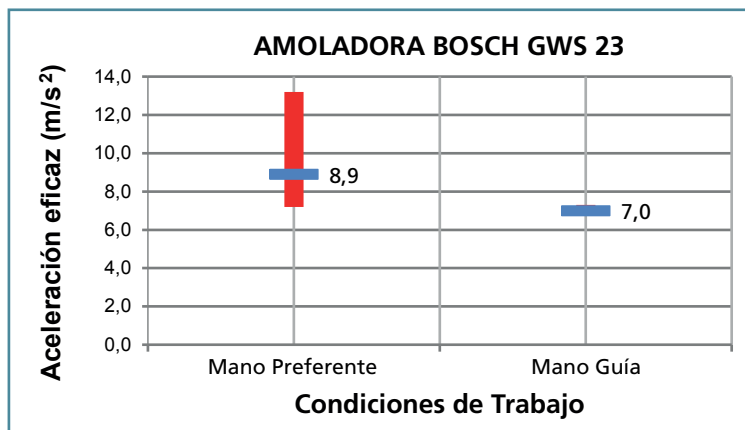
Para esta máquina se realizaron un total de tres ensayos empleando un disco de corte de 3 mm sobre barras de hierro. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



Imagen de la amoladora BOSCH GWS 23



Gráfica 43. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 44. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Al igual que en los ensayos realizados para las amoladoras anteriores, se observa que el nivel de vibraciones registrado para la mano preferente es superior al registrado para la mano guía (véase Gráfica 44).

Los resultados obtenidos para los parámetros analizados son los que aparecen en la Tabla 13.

TABLA 13
AMOLADORA BOSCH GWS 23 - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE CADA PARÁMETRO ANALIZADO

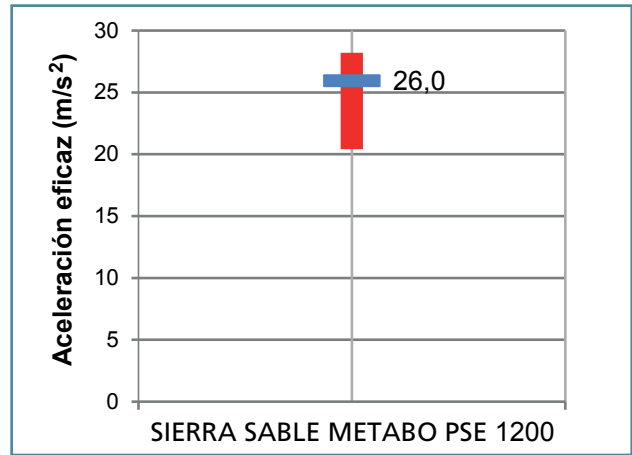
PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	La vibración de la mano preferente es superior a la de la mano guía.
Valor medido vs Valor declarado	El valor medido es, en general, inferior al valor de vibraciones facilitado por el fabricante.

4.14 SIERRA SABLE METABO PSE 1200

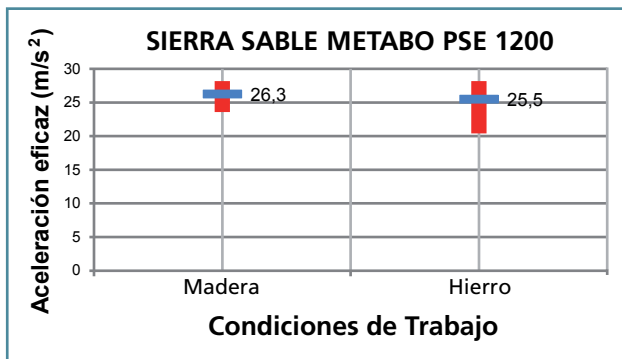
Para esta máquina se realizaron un total de cuatro ensayos. A la hora de medir, se trabajó tabla de madera y barras de hierro, ambas con cuchilla wood&metal, variando el balanceo pendular/lineal. En los ensayos se utilizaron dos acelerómetros triaxiales simultáneamente, uno para la mano preferente y otro para la mano guía.



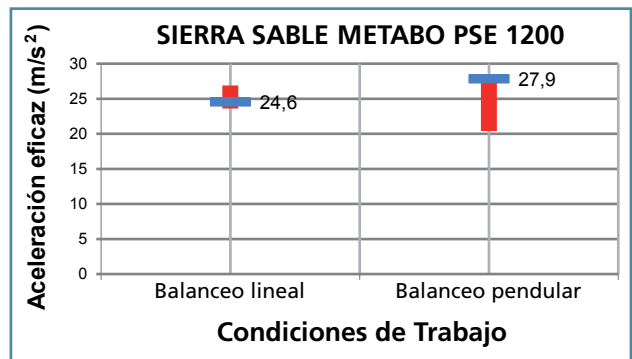
Imagen de la sierra sable METABO PSE 1200



Gráfica 45. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



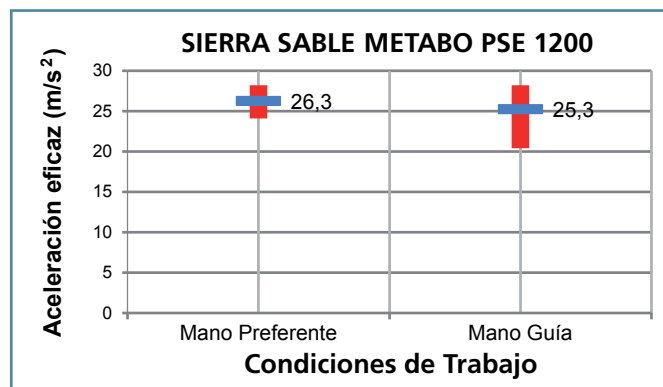
Gráfica 46. Resultados con diferentes materiales de trabajo



Gráfica 47. Resultados con diferentes balanceos

Los ensayos con esta máquina registran unos niveles de vibraciones muy altos, ya sea trabajando madera o trabajando hierro (véase Gráfica 46).

Tanto con el balanceo lineal como con el balanceo pendular los niveles obtenidos de vibraciones son extremadamente altos (véase Gráfica 47).



Gráfica 48. Resultados comparando mano preferente vs mano guía

Los resultados obtenidos para cada parámetro son los que se observan en la Tabla 14.

TABLA 14
SIERRA SABLE METABO PSE 1200 - RESULTADOS EN FUNCIÓN DE
CADA PARÁMETRO ANALIZADO

PARÁMETRO	RESULTADO
Mano Preferente vs Mano Guía	Las vibraciones generadas para ambas manos son muy altas, siendo ligeramente superior la de la mano preferente.
Material a ensayar	Las vibraciones generadas al trabajar diferentes materiales son muy altas, registrándose ligeras diferencias entre hierro y madera.
Valor medido vs Valor declarado	El valor medido en campo es muy superior al valor declarado por el fabricante.
Balaneo de la Máquina	Cuando se trabaja con el balaneo pendular se registra un nivel de vibraciones superior.

5 CONCLUSIONES

Tras analizar todos los resultados obtenidos para las diferentes máquinas portátiles ensayadas, cabe confirmar que las vibraciones generadas por este tipo de máquinas, en condiciones reales o simuladas de trabajo, están influenciadas por muchas variables que se presentan de forma simultánea, lo que hace complicado (debido a la gran dispersión de resultados) poder obtener conclusiones generales que sean extrapolables al conjunto de máquinas ensayadas.

No obstante, se ha realizado el análisis por parámetros y por familias de máquinas para intentar ilustrar los resultados obtenidos en las mediciones de campo realizadas.

5.1 ANÁLISIS POR PARÁMETRO

En este apartado se presentan diagramas de sectores para los distintos parámetros analizados. En ellos, para cada condición del parámetro, se indica el número de máquinas que lo cumplen y el porcentaje sobre el número de máquinas para las que se ha analizado dicho parámetro.

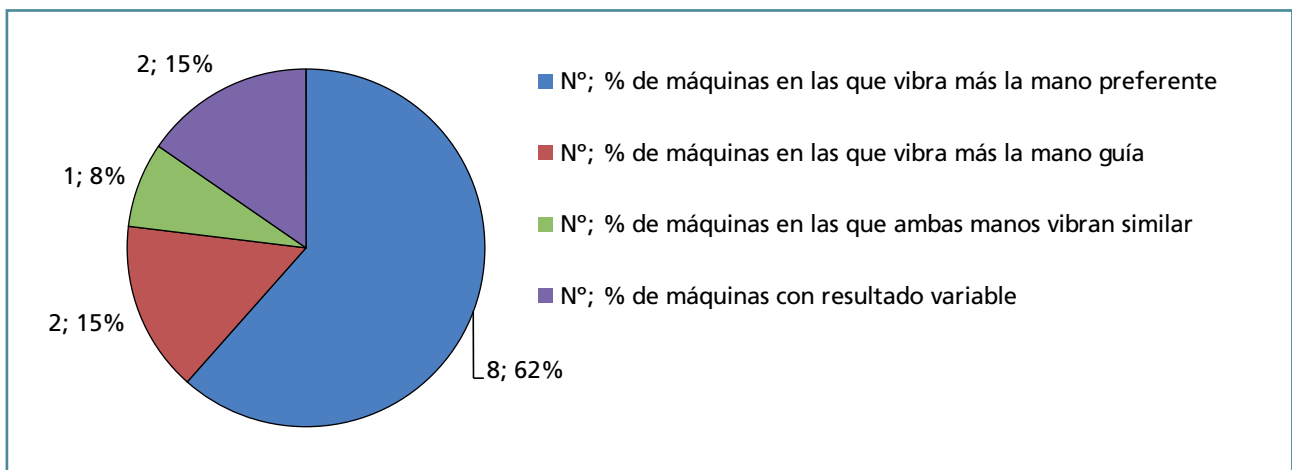


Gráfico 1. Nivel de vibraciones absorbidas por la Mano preferente vs Mano guía

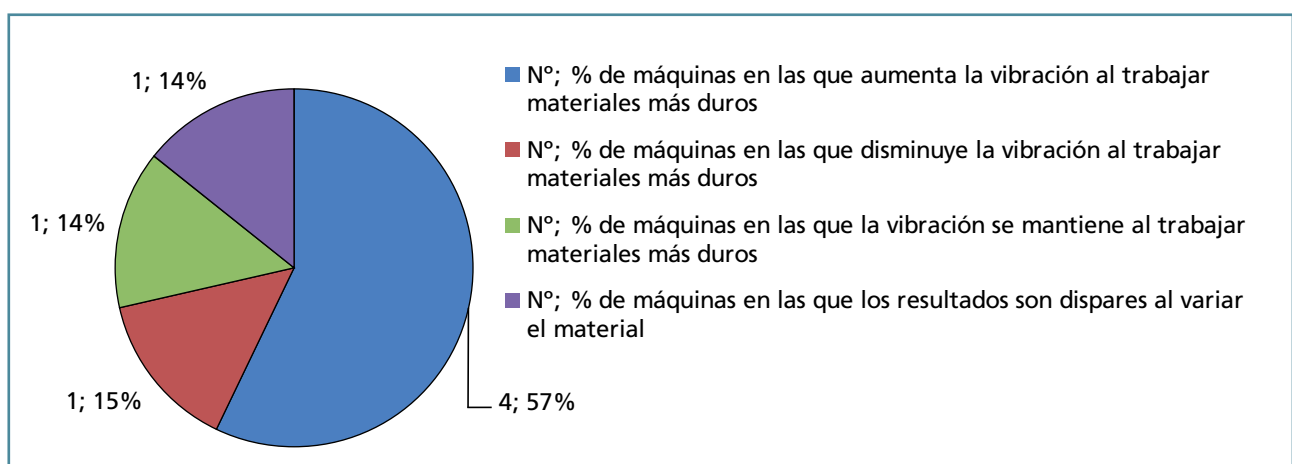


Gráfico 2. Material a ensayar

5.1.1 Mano Preferente vs Mano Guía y Diferente posición de la mano guía

Los resultados indican que en más del 60% de las máquinas ensayadas, la vibración ha sido mayor en la mano preferente que en la mano guía.

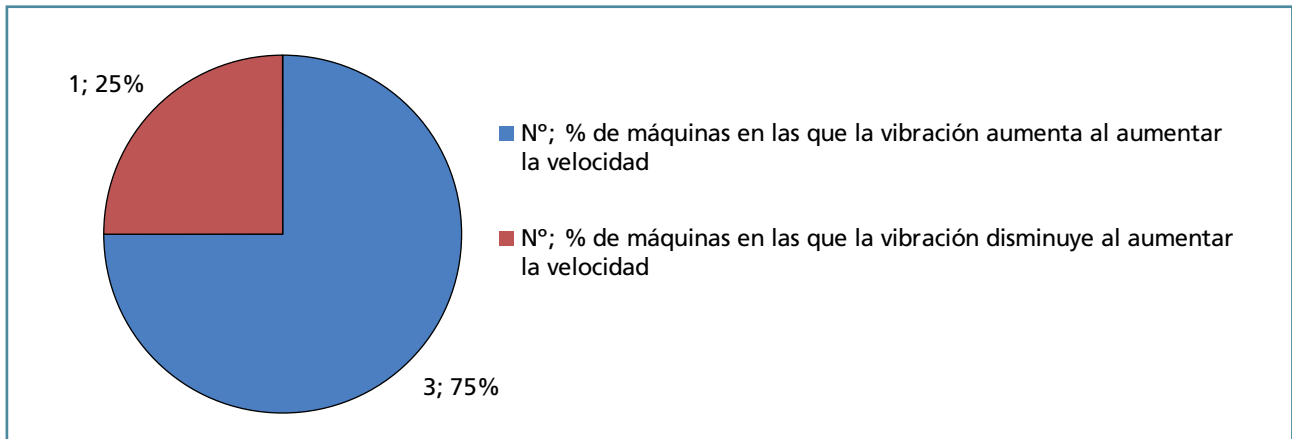


Gráfico 3. Velocidad de la máquina

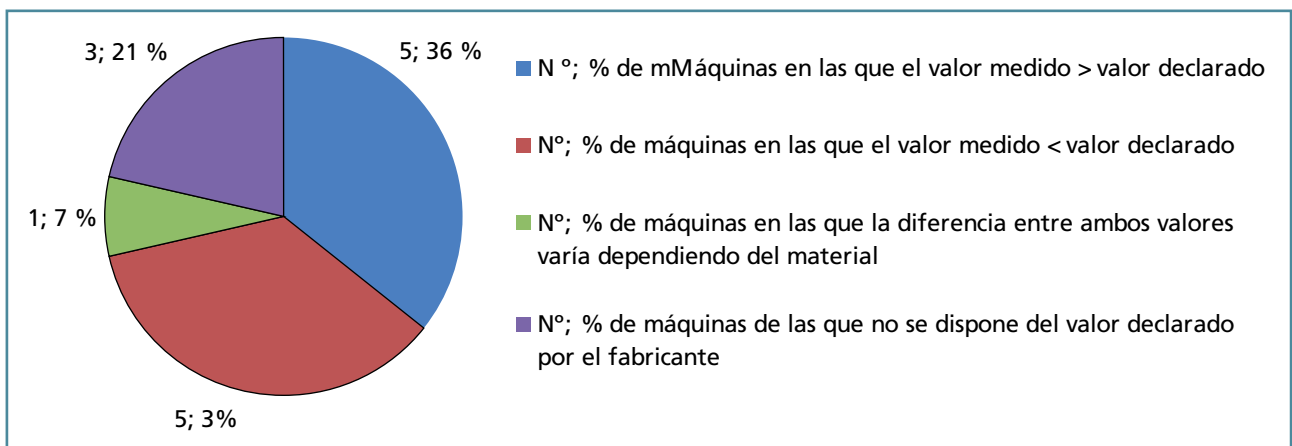


Gráfico 4. Valor medido vs Valor declarado

No obstante, la variabilidad de este parámetro está claramente relacionada con el diseño de la máquina a ensayar.

En las máquinas en las que se han analizado las vibraciones transmitidas a la mano guía dependiendo de las diferentes posiciones que esta puede tener, los resultados no han sido concluyentes.

5.1.2 Dureza del material

En las máquinas en las que se han realizado ensayos con diferentes materiales, los resultados obtenidos indican que, en general, cuanto más duro es el material a trabajar, mayor es la vibración a la que está expuesto el sistema mano-brazo, obteniéndose los mayores niveles de vibraciones cuando se trabaja con hormigón.

5.1.3 Diferentes Útiles de Trabajo

Del análisis de las 8 máquinas en las que se ha estudiado cómo afecta el cambio de útil en la vibración, se puede concluir que, al aumentar el tamaño del útil (tamaño de la broca, tamaño del grano, del disco de corte), aumenta la vibración.

5.1.4 Velocidad de la Máquina

En general, y para las máquinas estudiadas se observa un incremento de vibraciones al aumentar la velocidad de trabajo de la herramienta.

5.1.5 Valor medido vs Valor declarado

La proporción del número de máquinas en las que el valor medido en campo supera el valor declarado por el fabricante, con respecto a aquellas en las que el valor medido en campo es inferior al declarado por el fabricante, es equitativa.

Estas discrepancias entre los valores obtenidos en campo en situaciones reales de trabajo y las aportadas por el fabricante en sus manuales de instrucciones pueden ser debidas a varias razones entre las que podrían citarse las siguientes:

- que el fabricante haya obtenido e informado de los valores de vibraciones emitidos por su máquina utilizando un código de ensayo anterior a la norma UNE EN ISO 20643: 2005 y, por tanto, que dichos códigos de ensayo utilizados pudiesen no ser representativos de las condiciones reales de trabajo con esa máquina;
- que las condiciones de trabajo en las que el fabricante haya obtenido el valor de emisión de vibraciones de la máquina (basándose en un código de ensayo determinado) no coincida con las condiciones de trabajo analizadas en este estudio;
- que el fabricante no haya informado debidamente en el manual de instrucciones de las vibraciones generadas por la máquina;
- que, debido a la alta variabilidad de las condiciones de trabajo ensayadas para situaciones reales de trabajo, no se pueda estrechar el intervalo de resultados del estudio.

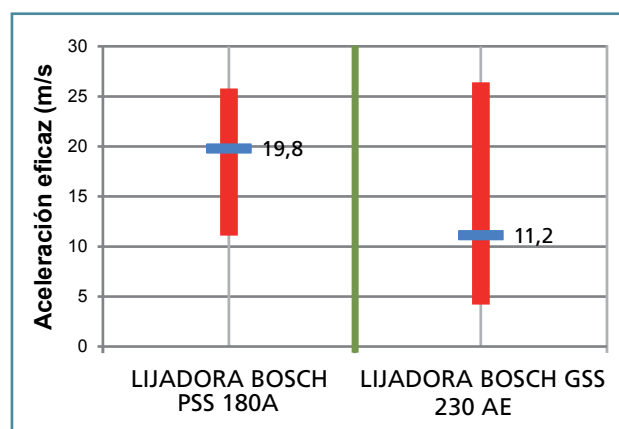
5.1.6 Balanceo de la máquina

Se observa un claro incremento en las vibraciones generadas por la máquina cuando se selecciona este modo de funcionamiento y conforme aumenta el grado de balanceo.

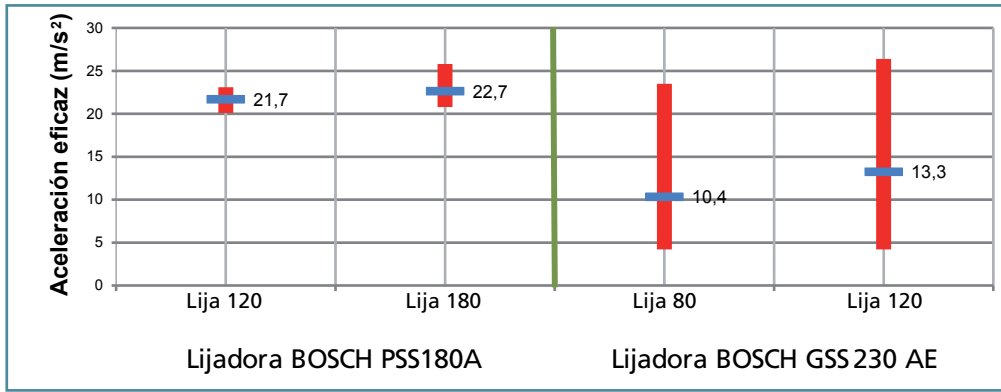
5.2 ANÁLISIS POR FAMILIA DE MÁQUINAS

En este epígrafe se presentan los resultados por cada familia de máquinas analizada, con la finalidad de comparar los niveles de vibración obtenidos para cada uno de los modelos/marcas ensayados.

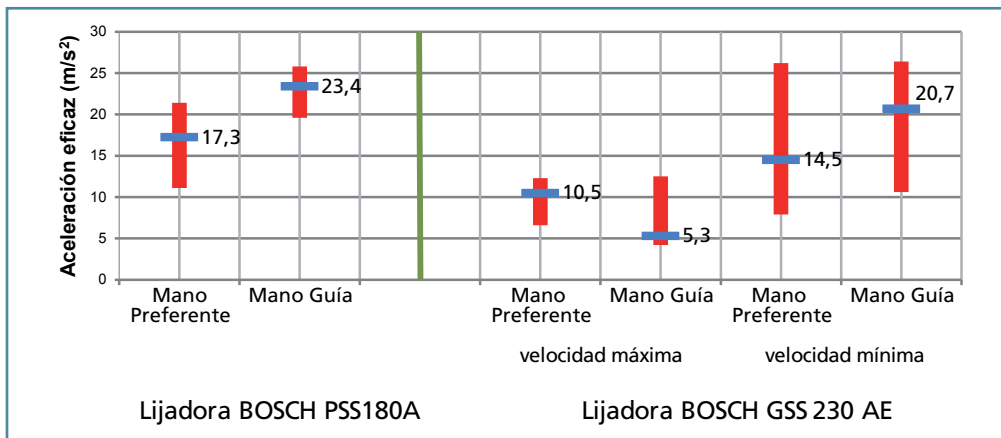
5.2.1 LIJADORAS



Gráfica 49. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 50. Comparativa entre diferentes útiles de trabajo

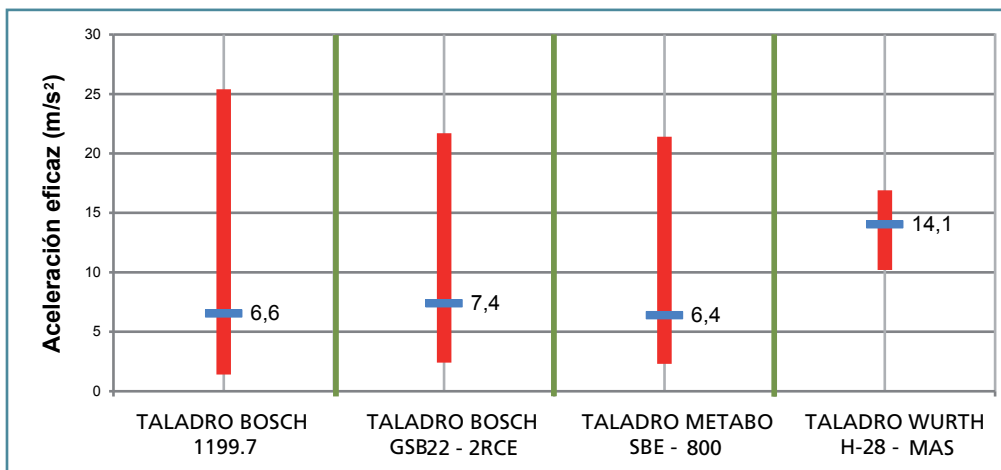


Gráfica 51. Comparativa entre mano preferente vs mano guía

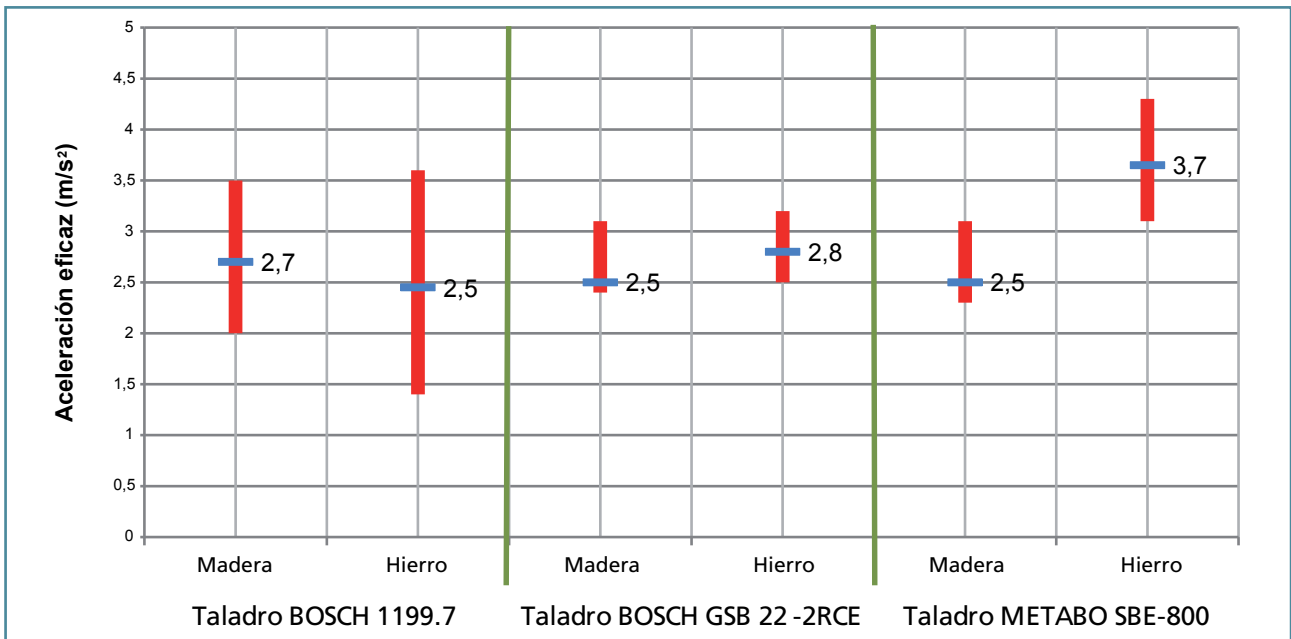
Se observa que en ambas lijadoras se obtiene mayor vibración al aumentar el tamaño de grano del útil. En el caso de la Lijadora BOSCH GSS 230 AE esta relación es más acusada que para el modelo PSS 180A.

Existe discrepancia en el comportamiento de ambas lijadoras respecto a las vibraciones registradas para la mano preferente y la mano guía: mientras en el modelo PSS 180A vibra más la mano guía que la mano preferente, en el modelo GSS 230 AE depende del régimen de velocidad de funcionamiento (véase Gráfica 51).

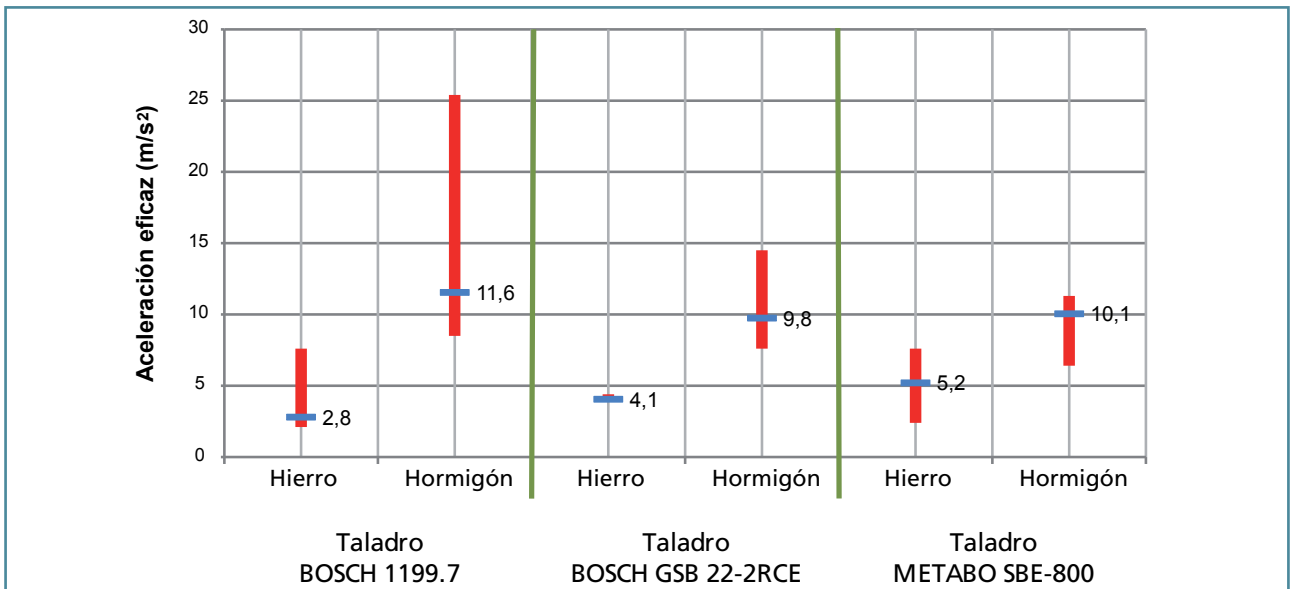
5.2.2 TALADROS



Gráfica 52. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 53. Comparativa entre madera y hierro con brocas de 3 o 4 mm.



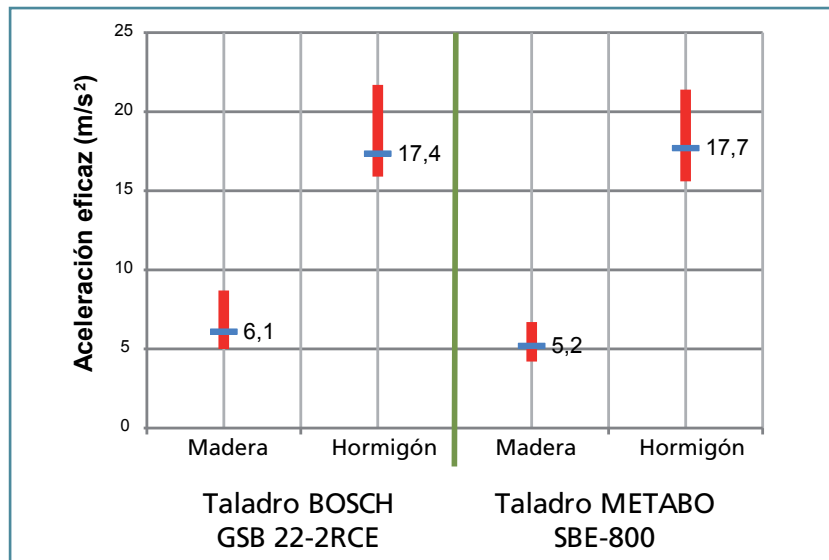
Gráfica 54. Comparativa entre hierro y hormigón con brocas de 6 o 6,5 mm

Se puede observar en la Gráfica 52, comparativa, que las medianas obtenidas son similares en los tres primeros taladros analizados.

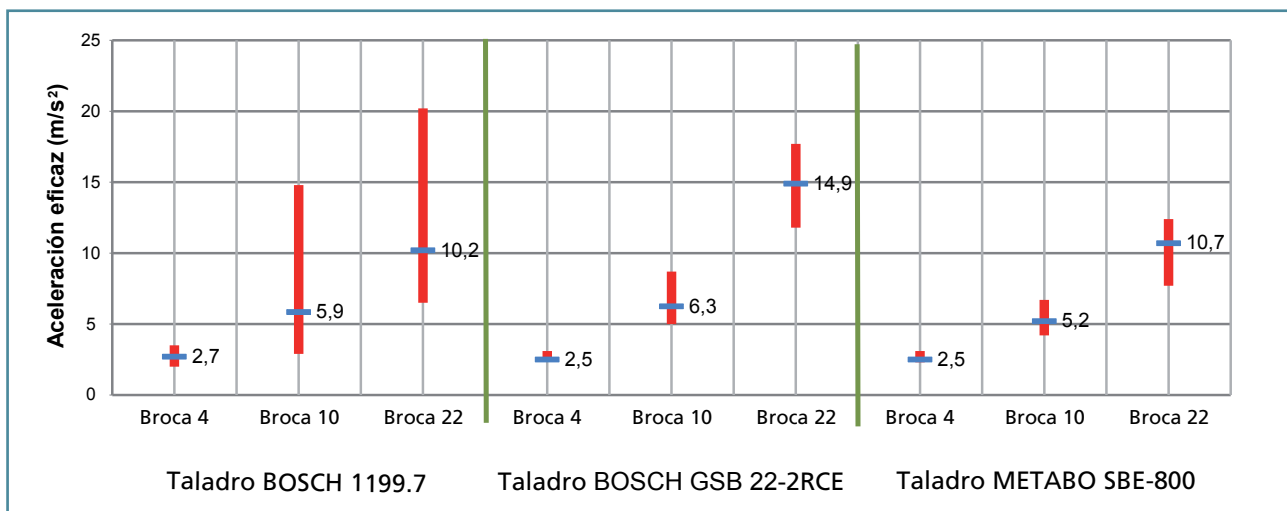
Cabe señalar que el cuarto taladro, incluido también en la gráfica comparativa, solo ha sido analizado trabajando con hormigón (material para el cual se obtienen siempre valores de vibración más altos), por lo que su mediana no es comparable con las otras tres (que reflejan las vibraciones con madera, hierro y hormigón), si bien se han querido recoger en la gráfica todas las máquinas de una misma familia analizadas.

En general se ha obtenido un mayor nivel de vibraciones cuanto más duro era el material a ensayar.

En la Gráfica 54, comparativa, se aprecia más claramente que, cuanto mayor es la dureza del material a trabajar, mayores vibraciones se generan.



Gráfica 55. Comparativa entre madera y hormigón con brocas de 10 mm



Gráfica 56. Comparativa entre distintos tamaños de broca trabajando MADERA

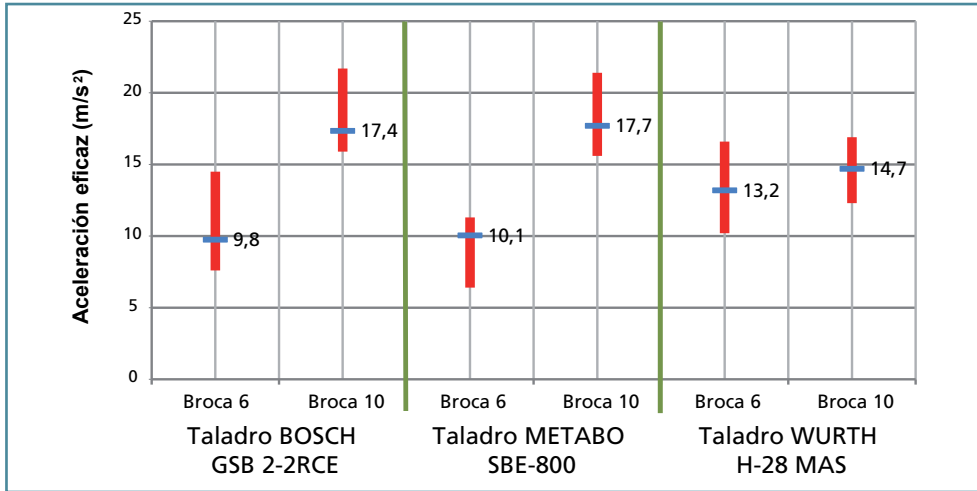
De forma general y para los cuatro taladros analizados se puede concluir que, para tamaños de broca similares, trabajando el hormigón se generan niveles de vibraciones mucho mayores que trabajando la madera y el hierro. En algunos casos se observa que hasta se triplica dicho valor. Estas diferencias no son tan apreciables entre madera y hierro.

Por tanto, se puede concluir que, en general, al aumentar la dureza del material, aumenta la vibración.

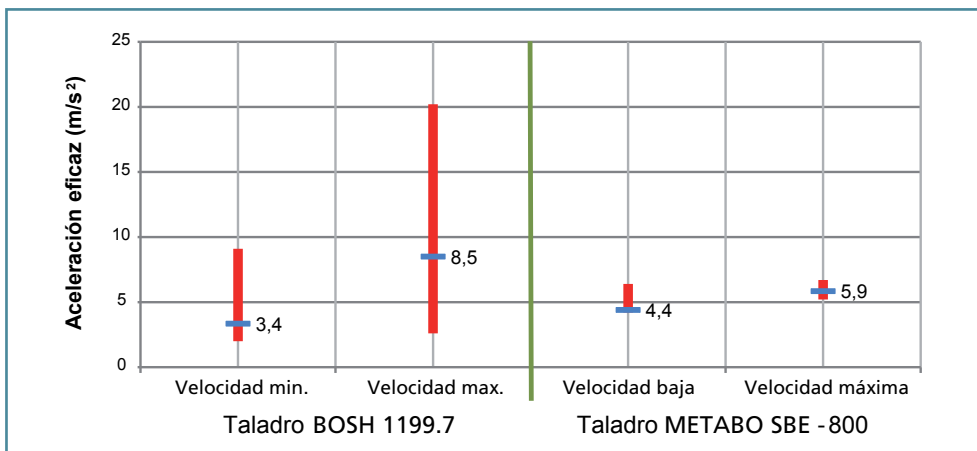
En los tres taladros analizados trabajando la madera, se observa un claro incremento del nivel de vibraciones conforme aumenta el tamaño del útil empleado. Este incremento puede llegar incluso a quintuplicar el nivel de vibración obtenido.

También se observa que los tres taladros se comportan de manera muy similar para los tres tamaños de útil analizados.

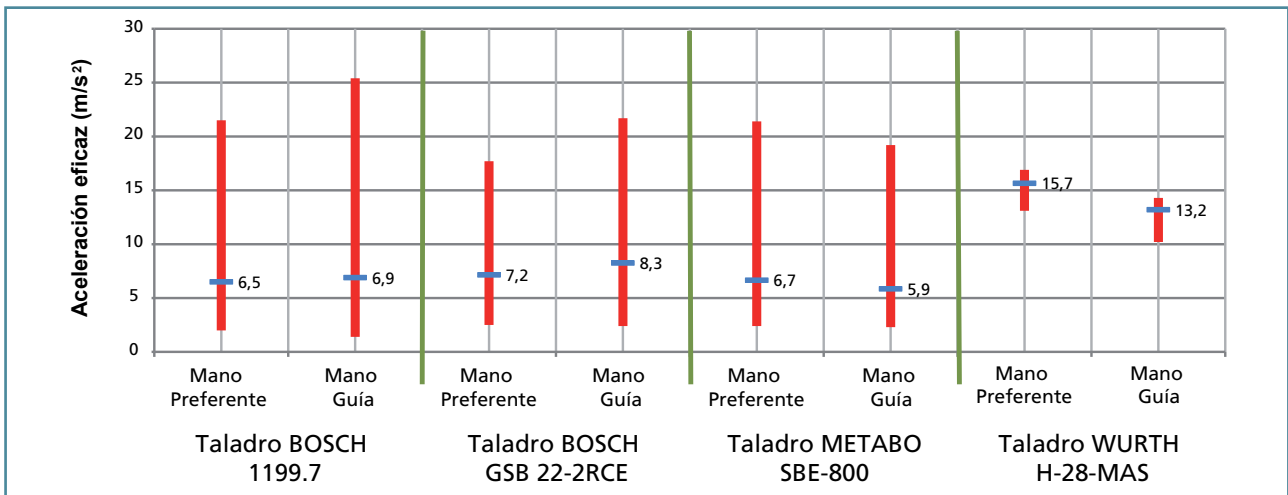
En la Gráfica 57 se vuelve a comprobar claramente el aumento en el nivel de vibraciones conforme aumenta el tamaño del útil empelado.



Gráfica 57. Comparativa entre distintos tamaños de broca trabajando HORMIGÓN



Gráfica 58. Comparativa entre diferentes velocidades de trabajo trabajando con madera

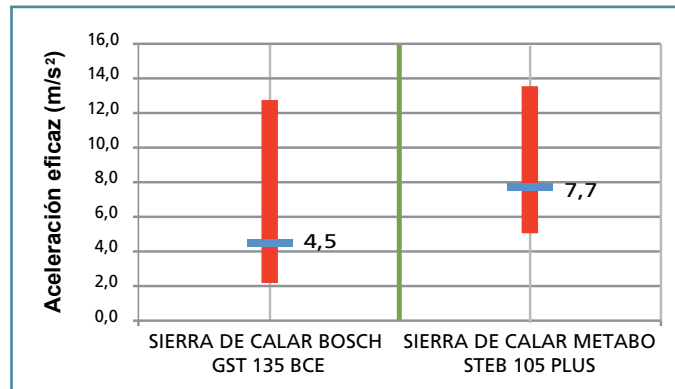


Gráfica 59. Comparativa entre mano preferente vs mano guía

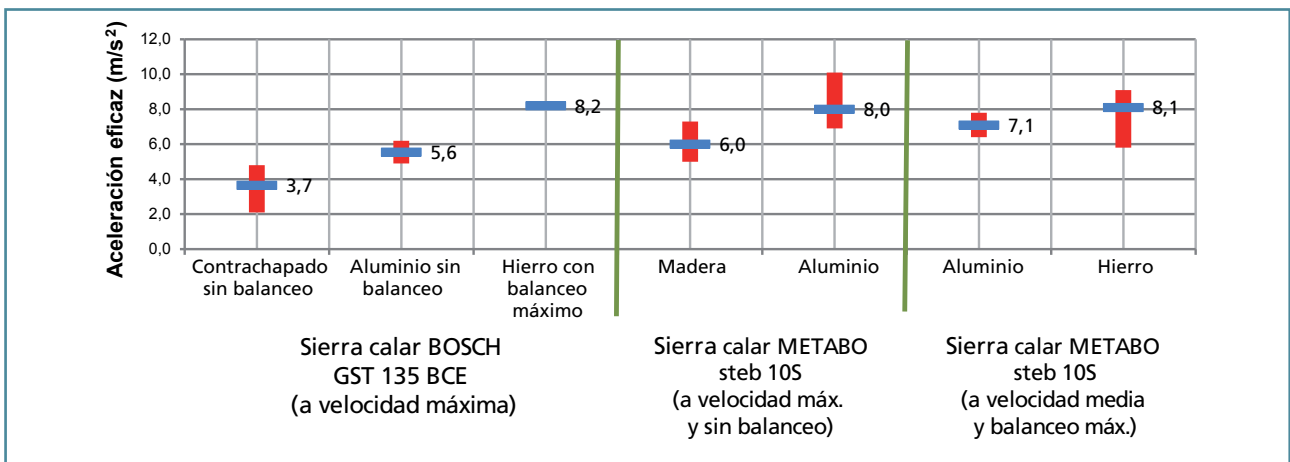
La Gráfica 58 muestra la influencia del aumento de la velocidad de la máquina (de la broca) cuando se trabaja la madera, observándose un incremento de vibraciones al aumentar la velocidad de trabajo. Este aumento es más acusado para tamaños de broca mayores.

El comportamiento de los taladros analizados respecto a qué mano está sometida a más vibraciones (mano preferente vs mano guía) es muy variable por lo que no se pueden obtener conclusiones (véase Gráfica 59).

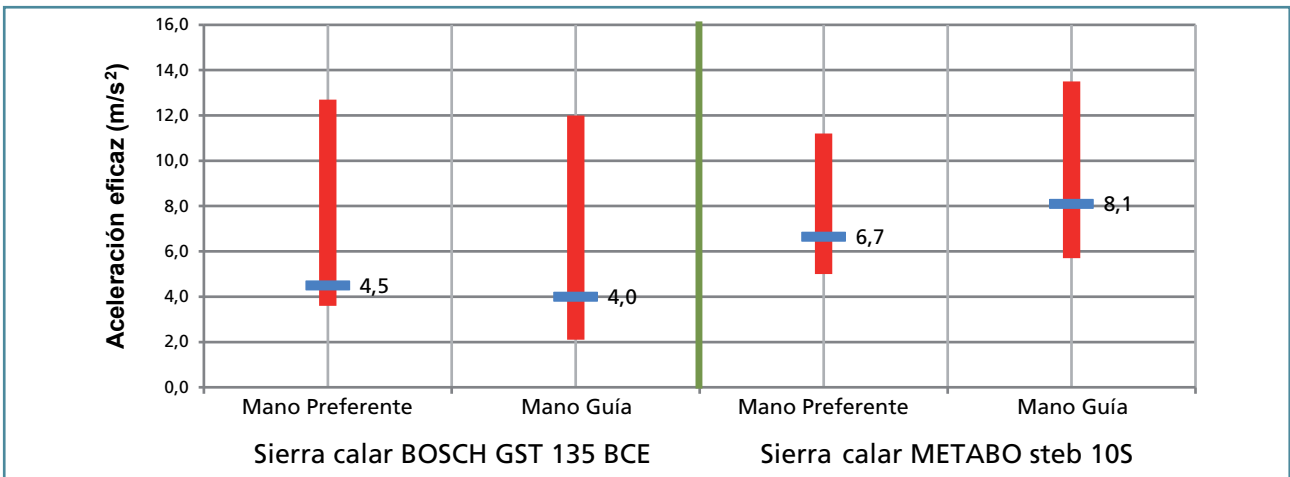
5.2.3 SIERRAS DE CALAR



Gráfica 60. Comparativa de sierras de calar. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 61. Comparativa entre diferentes materiales de trabajo

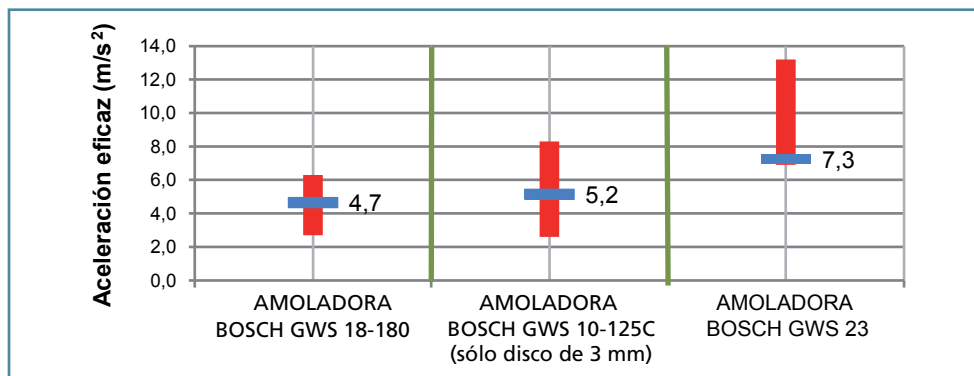


Gráfica 62. Comparativa entre mano preferente vs mano guía

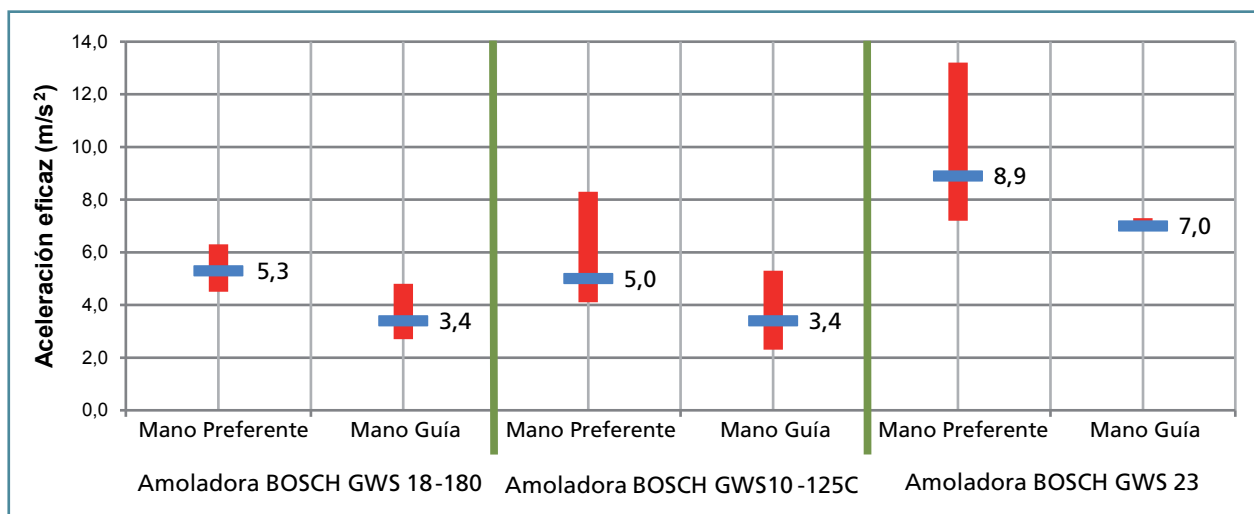
Para las sierras analizadas se observa que a medida que aumenta la dureza del material trabajado, aumenta también el nivel de vibraciones generado.

El comportamiento de las sierras de calar analizadas respecto a qué mano está sometida a más vibraciones (mano preferente vs mano guía) es muy variable por lo que no se pueden obtener conclusiones (véase Gráfica 62).

5.2.4 AMOLADORAS



Gráfica 63. Comparativa de amoladoras. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 64. Comparativa entre mano preferente vs mano guía

En los tres modelos de amoladoras analizadas se observa que la vibración a la que está sometida la mano preferente es mayor que la vibración a la que está sometida la mano guía (véase Gráfica 64).

6 CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO

Tal y como se sospechaba, los valores de vibraciones obtenidos para las máquinas portátiles analizadas han sido considerablemente altos y, en particular, habría que destacar:

- La sierra sable.
- Las lijadoras cuando trabajan a velocidad mínima.
- Los taladros cuando están trabajando sobre hormigón.

De las 14 máquinas de mantenimiento analizadas en este informe, sólo se obtuvieron valores de vibración (aceleraciones eficaces) inferiores a $5,0 \text{ m/s}^2$ para tres máquinas (véase Gráfica 65).

No obstante, y como ya se ha comentado anteriormente, los valores obtenidos y reflejados en dicha gráfica, son solo valores de aceleración eficaz (representados a partir de la mediana de todas las condiciones de trabajo analizadas) y no pueden utilizarse directamente como valores de $A(8)$, pues previamente habría que conocer el tiempo de exposición (o de utilización real de la máquina) y aplicar la fórmula correspondiente para calcular el $A(8)$.

Sin embargo, estos valores de aceleración eficaz obtenidos sirven para ilustrar y obtener más información de cara a poder realizar una evaluación por estimación de las vibraciones a las que están expuestos los operarios que manejan dichas máquinas portátiles, que, si bien es cierto que producen niveles altos de vibraciones al operario que las maneja, también es cierto que los tiempos de uso de dichas máquinas suele ser pequeños.

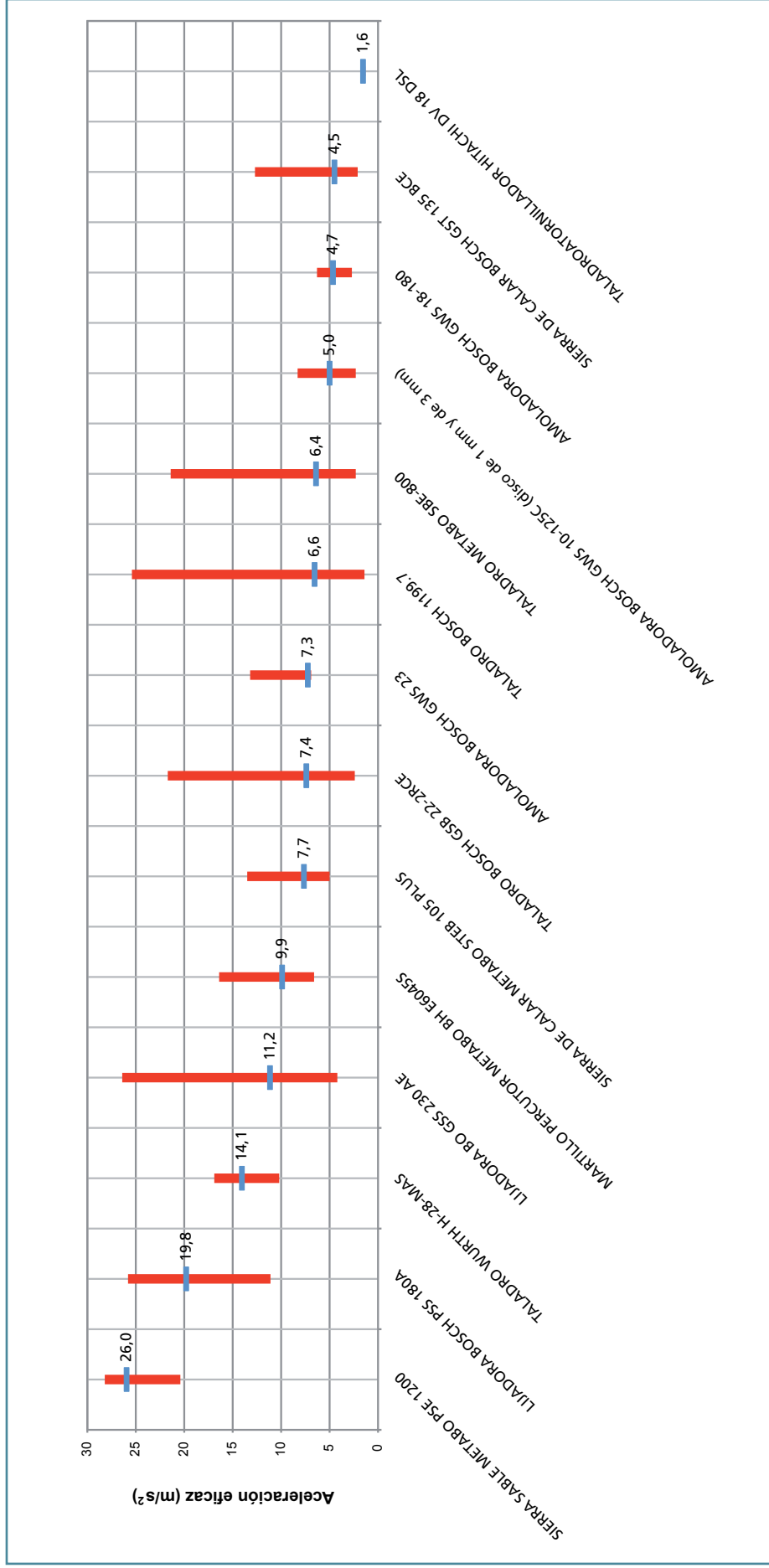
Respecto a los parámetros analizados y como ya se ha comentado anteriormente, la gran variabilidad de resultados obtenidos, influenciados por las muchas variables que se presentan de forma simultánea en las medidas de campo (diferentes fuerzas de agarre de la herramienta según la hora del día, según el operario está habituado o no, según las diferentes formas de asir la herramienta, etc.), hace difícil el poder obtener conclusiones extrapolables al conjunto de las máquinas portátiles.

No obstante, en general podría decirse lo siguiente:

- se produce un nivel de vibraciones mayor, a medida que aumenta la dureza del material trabajado;
- se produce un nivel de vibraciones mayor, a medida que aumenta la velocidad de trabajo de la máquina (a excepción de las lijadoras que se comportan al contrario),
- se produce un nivel de vibraciones mayor a medida que aumenta el tamaño del útil empleado, ya sea broca de mayor grosor o lija de mayor grano;
- no se ha podido determinar qué mano (si la preferente o la mano guía) está expuesta a un nivel de vibraciones mayor;
- los valores de emisión de vibraciones facilitados por los fabricantes en sus manuales de instrucciones no se aproximan a los valores de exposición a vibraciones obtenidos en campo para situaciones reales de trabajo, de ahí la necesidad de utilizar la norma UNE-CEN/TR 15350:2013 IN si se quiere realizar la evaluación por estimación partiendo de los datos facilitados por el fabricante.

Valores de vibración mano-brazo ordenada por valor de la mediana de la aceleración eficaz

En la Gráfica 65 se reúnen los resultados de las 14 máquinas estudiadas en las que se indican el intervalo de las aceleraciones eficaces y la mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas. La gráfica está ordenada por valor decreciente de la mediana.



Gráfica 65. Vibración mano-brazo ordenada por valor decreciente de la mediana (aceleración eficaz ponderada)
(En color rojo se refleja el rango de vibración y en azul la mediana)

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. 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.
3. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
4. UNE-EN ISO 5349-1:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales.
5. UNE-EN ISO 5349-2:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo.
6. UNE-EN 12096:1998. Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de los valores de emisión vibratoria.
7. UNE-EN ISO 20643. Vibración mecánica-Máquinas portátiles y guiadas a mano. Principios para la evaluación de la emisión de la vibración.
8. UNE-EN ISO 28927. conjunto de normas sobre vibraciones en herramientas neumáticas y otras no eléctricas.
9. UNE-EN 60745. conjunto de normas sobre vibraciones en herramientas eléctricas.
10. UNE-EN ISO 8041: 2006. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.
11. INSHT. Notas Técnicas de Prevención nºs 784, 792 y 839; relativas a la evaluación de la exposición a vibraciones.
12. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 40. "El enfoque actual en el estudio de las vibraciones y Real Decreto 1311/2005.
13. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 48. "Guías Técnicas: Ruido y Vibraciones Mecánicas".
14. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 66. "Exposición a vibraciones en trabajos forestales".
15. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 75. "Evaluación por estimación del riesgo por vibraciones mecánicas".

ANEXO I

RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE CAMPO REALIZADAS POR MÁQUINA

A continuación se exponen los ensayos de campo correspondientes a las 14 máquinas estudiadas. Para cada máquina se presenta:

- En primer lugar, los datos identificativos de la máquina (código, tipo de máquina, marca, modelo), el valor declarado por el fabricante en su manual (si existe) y si la máquina se encuentra sometida a un programa de mantenimiento.
- En segundo lugar, un gráfico con una escala de valores de aceleración eficaz de 0 a 15 m/s^2 , mostrándose en color verde los valores inferiores al valor que da lugar a una acción; en color naranja, los valores superiores al valor que da lugar a una acción e inferiores al valor límite; y en color rojo, los valores que superan el valor límite. Con el fin de ilustrar, al menos comparativamente en referencia a dicha escala, el rango de aceleraciones obtenido del conjunto de ensayos realizados por máquina, se presenta una barra de color morado con el rango de A(8) correspondiente al rango de aceleraciones para un tiempo de exposición del operador de 8 horas.
- En tercer lugar, los resultados de los ensayos realizados indicando el año en que se ha llevado a cabo, los resultados para la mano preferente (columna izquierda), los resultados correspondientes a la mano guía (columna derecha) y los comentarios al respecto.

1. LIJADORA BOSCH PSS180A

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
01	LIJADORA	BOSCH	PSS180A	6 m/s ²	SÍ
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p> <p>0 2,5 5 10 15</p> <p>11, 25,</p>					
AÑO 2011	<p>a_{hv} (Preferente)= 20,1 (Aglomerado, lija 120, dos manos, operario A)</p> <p>a_{iv} (Preferente)= 20,4 (Chapa, lija 120, dos manos, operario A)</p> <p>a_{iv} (Preferente)= 16,6 (Chapa, lija 120, una mano, operario A)</p> <p>a_{iv} (Preferente)= 21,4 (Chapa, lija 180, dos manos, operario A)</p> <p>a_{iv} (Preferente)= 17,5 (Chapa, lija 180, una mano, operario A)</p>				<p>a_{iv} (Guía)= 23 (Aglomerado, lija 120, dos manos, operario A)</p> <p>a_{iv} (Guía)= 23,1 (Chapa, lija 120, dos manos, operario A)</p> <p>-----</p> <p>a_{iv} (Guía)= 23,9 (Chapa, lija 180, dos manos, operario A)</p> <p>-----</p>
	<ul style="list-style-type: none"> La mano guía (agarra la boina de la lijadora) está sometida a más vibración que la preferente (empuñadura habitual). La mano preferente está sometida a más vibración cuando la máquina se agarra con las dos manos (unos 4 m/s² de diferencia). No hay mucha diferencia entre las lijas de diferentes espesores, 120 y 180 de espesor de grano (alrededor de 1m/s² de diferencia). Frecuencias dominantes entre 160 - 200 Hz Los valores declarados no se sabe exactamente en qué condiciones de trabajo se calcularon pero están muy por debajo de los valores obtenidos en los ensayos. 				
AÑO 2012	<p>a_{iv} (Preferente)= 17,3 (Aglomerado, lija 180, dos manos)</p> <p>a_{iv} (Preferente)= 15,2 (Chapa, lija 180, una mano)</p>				<p>a_{iv} (Guía)= 23,7 (Aglomerado, lija 180, dos manos)</p> <p>-----</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Se observa que la mano guía sigue estando sometida a más vibraciones que la mano preferente. Del mismo modo que en el año anterior, cuando la máquina se sujeta solo con una mano, la vibración a la que está sometida dicha mano también es inferior. 				

<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 17,8 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario B)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 15,6 (Aglomerado, lija 180, una mano, operario B)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 20,8 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario A)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,1 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario A cogiendo muy suave la lijadora)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 16,6 (Aglomerado, lija 180, una mano, operario A)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,2 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario C)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 14,2 (Aglomerado, lija 180, una mano, operario C)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 23,8 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario B)</p> <p>-----</p> <p>a_{hv} (Guía)= 25,8 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario A)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 19,6 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario A cogiendo muy suave la lijadora)</p> <p>-----</p> <p>a_{hv} (Guía)= 20,0 (Aglomerado, lija 180, dos manos, operario C)</p> <p>-----</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Se observa que la mano guía sigue estando sometida a más vibraciones que la mano preferente. • Del mismo modo que en el año anterior, cuando la máquina se sujeta solo con una mano, la vibración a la que está sometida dicha mano también es inferior, exceptuando el ensayo en el que se sujeta la lijadora muy suave en el que se obtiene un valor significativamente menor que los demás. • Se hicieron pruebas para comprobar que, al apretar menos, la vibración registrada es menor (aunque el ruido era mayor). • El arranque-parada también se comprobó que no afectaba mucho al valor final de la vibración. 		

2. LIJADORA BOSCH GSS 230 AE

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
02	LIJADORA	BOSCH	GSS 230 AE	4,5 (k=1,5)	SÍ
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p>					
AÑO 2011					
Operario 1			Operario 2		
a_{hv} (Preferente)= 14,5 (Madera de pino, lija 80, velocidad mínima) a_{hv} (Preferente)= 9,7 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 14,3 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima) a_{hv} (Preferente)= 11,2 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima)			a_{hv} (Guía)= 23,5 (Madera de pino, lija 80, velocidad mínima) a_{hv} (Guía)= 4,7 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 21,7 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima) a_{hv} (Guía)= 6,1 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima)		
a_{hv} (Preferente)= 19,6 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima) a_{hv} (Preferente)= 11,2 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 19,0 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad mínima) a_{hv} (Preferente)= 10,8 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 22,2 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad mínima) a_{hv} (Preferente)= 10,5 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 26,2 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima) a_{hv} (Preferente)= 12,3 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima)			a_{hv} (Guía)= 20,7 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima) a_{hv} (Guía)= 10,7 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 21,1 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad mínima) a_{hv} (Guía)= 10,0 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 20,1 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad mínima) a_{hv} (Guía)= 10,2 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 26,4 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima) a_{hv} (Guía)= 12,5 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima)		

<ul style="list-style-type: none"> Se observa que para el operario 1 (actividad ocasional del trabajador) cuando acciona la máquina a velocidad mínima, la vibración de la mano guía es considerablemente mayor que la de la mano preferente; y cuando utiliza la máquina a velocidad máxima, vibra más la mano preferente. En el caso del operario 2 (actividad habitual del trabajador), tanto a velocidad mínima como a velocidad máxima, se obtienen valores similares en ambas manos. Para ambos operarios, la exposición a vibraciones es drásticamente mayor trabajando a velocidad mínima que a velocidad máxima (prácticamente del doble en algunos casos $\pm 12 \text{ m/s}^2$). Con esta lijadora se aprecia un ligero incremento con la lija de 120 de grano frente a la de 80 de grano sobre todo a la velocidad más lenta de trabajo (entre 4-6 m/s^2). 	<p>a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Madera de pino, lija 80, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,6 (Madera de pino, lija 80, velocidad máxima)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 11,4 (Madera de pino, lija 80, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,2 (Madera de pino, lija 80, velocidad máxima)</p>
<p>Comparando al mismo operario un año más tarde y estableciendo las mismas condiciones de trabajo se observa que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Al igual que el año anterior, cuando la velocidad de trabajo es lenta, la mano guía que agarra la parte superior de la máquina, sufre mayor vibración que la preferente. Sin embargo, cuando la velocidad es alta, la mano guía sufre menos que la preferente. La vibración sufrida por el operario este año ha sido ligeramente inferior. <p>AÑO 2012</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,1 (Madera de pino, lija 80, velocidad mínima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 14,0 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 10,5 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 8,8 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad mínima, operario A)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 7,8 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima, operario A)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 15,2 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima, operario A)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 8,1 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima, operario A)</p> <p>AÑO 2014</p> <p>a_{hv} (Guía)= 11,4 (Madera de pino, lija 80, velocidad mínima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 5,3 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 19,5 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 5,0 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima, operario B)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,6 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad mínima, operario A)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,6 (Madera de pino, lija nueva 80, velocidad máxima, operario A)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 21,4 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad mínima, operario A)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,2 (Madera de pino, lija nueva 120, velocidad máxima, operario A)</p>	<ul style="list-style-type: none"> La exposición a vibraciones es mucho mayor trabajando a velocidad mínima que a velocidad máxima, como ocurría en años anteriores. Las vibraciones en la mano guía son mayores que la preferente a velocidades lentas. A velocidad máxima, vibra más la mano preferente. Con esta lijadora se aprecia un ligero incremento con la lija de 120 de grano frente a la de 80 de grano sobre todo a la velocidad más lenta de trabajo. El arranque-parada también se comprobó que no afectaba mucho al valor final de la vibración. El valor declarado por el fabricante es muy bajo comparado con los ensayos. 	

3. TALADRO BOSCH 1199.7

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
03	TALADRO	BOSCH	1199.7	-	SÍ
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p> <p>1,4</p> <p>2,5</p> <p>5</p> <p>10</p> <p>15</p> <p>25,</p>					
AÑO 2011	a_{hv} (Preferente)= 2,5 (Madera, broca 4, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=2,8 (Madera, broca 4, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 2,5 (Madera, broca 4, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=2,6 (Madera, broca 4, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=2,8 (Madera, broca 4, velocidad mínima)
	a_{hv} (Preferente)= 2,8 (Madera, broca 4, velocidad máxima)	a_{hv} (Preferente)= 3,2 (Madera, broca 10, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 2,8 (Madera, broca 4, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=3,3 (Madera, broca 10, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=3,3 (Madera, broca 10, velocidad mínima)
	a_{hv} (Preferente)= 3,2 (Madera, broca 10, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 7,8 (Madera, broca 10, velocidad máxima)	a_{hv} (Preferente)= 3,2 (Madera, broca 10, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=6,9 (Madera, broca 10, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=6,9 (Madera, broca 10, velocidad máxima)
	a_{hv} (Preferente)= 7,8 (Madera, broca 10, velocidad máxima)	a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Madera, broca 22, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 7,8 (Madera, broca 10, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=8,1 (Madera, broca 22, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=8,1 (Madera, broca 22, velocidad mínima)
	a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Madera, broca 22, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 17,6 (Madera, broca 22, velocidad máxima)	a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Madera, broca 22, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=16,4 (Madera, broca 22, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=16,4 (Madera, broca 22, velocidad máxima)
	a_{hv} (Preferente)= 17,6 (Madera, broca 22, velocidad máxima)	a_{hv} (Preferente)= 2,9 (Hierro, broca 6, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 17,6 (Madera, broca 22, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=2,9 (Hierro, broca 6, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=2,9 (Hierro, broca 6, velocidad mínima)
	a_{hv} (Preferente)= 2,9 (Hierro, broca 6, velocidad mínima)	a_{hv} (Preferente)= 3,5 (Hierro, broca 3, velocidad máxima)	a_{hv} (Preferente)= 2,9 (Hierro, broca 6, velocidad mínima)	a_{hv} (Guía)=3,6 (Hierro, broca 3, velocidad máxima)	a_{hv} (Guía)=3,6 (Hierro, broca 3, velocidad máxima)
	a_{hv} (Preferente)= 3,5 (Hierro, broca 3, velocidad máxima)		a_{hv} (Preferente)= 3,5 (Hierro, broca 3, velocidad máxima)		
<p>Taladrar en viga de madera en el suelo: el ciclo incluye varios taladros seguidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> A menor velocidad de trabajo, menor exposición a vibraciones (con la broca pequeña del 4 casi no se nota la diferencia de velocidades, pero con la broca del 10 y del 22, la diferencia de velocidades duplica la vibración). La vibración aumenta a medida que aumenta la broca, cuando se trabaja sobre madera (de 2,5 m/s² hasta 17,5 m/s²) Ambas manos sufren exposición a vibraciones parecida (< de 1 m/s² de diferencia) independientemente de la velocidad y de la broca. Frecuencias dominantes entre 25-100 Hz (para las distintas brocas y velocidades). 					

<p>Taladrar en chapa de hierro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vibración aumenta un poco al aumentar la velocidad pero no significativamente (+1 m/s²). • No hay diferencia entre las dos manos. • Frecuencia dominante 10-63 Hz. • Para una broca de grosor parecido, la vibración no varía mucho entre madera y chapa metálica. 	<p>a_{hv} (Guía)= 2,7 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,2 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 11 (Hormigón, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,5 (Hormigón, broca 6, velocidad mínima, acelerómetro puesto abajo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,7 (Madera, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 3,5 (Madera, broca 4, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,7 (Madera, broca 10, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 14,2 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 7,6 (Madera, broca 22, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 18,1 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 1,4 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,1 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 11,6 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,8 (Hormigón suelo, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 9,7 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, con percusión, acelerómetro puesto abajo)</p>
<p>AÑO 2012</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 3,2 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,7 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 10,6 (Hormigón, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 8,5 (Hormigón, broca 6, velocidad mínima, acelerómetro puesto abajo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,6 (Madera, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 3,5 (Madera, broca 4, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 4,8 (Madera, broca 10, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 14,8 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Madera, broca 22, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 20,2 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,1 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,7 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,5 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 9,9 (Hormigón suelo, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,4 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión, acelerómetro puesto abajo)</p>
<p>Taladrar en chapa de hierro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se aprecia una vibración ligeramente mayor en la mano preferente frente a la mano Guía. • En cuanto al aumento de velocidad y cambio de broca, los resultados no son concluyentes. • Frecuencia dominante a 40 Hz se da el pico, pero realmente hay espectro considerable entre 20-125 Hz y a 500 Hz. <p>Taladrar en madera</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vibración aumenta mucho conforme va aumentando el tamaño de broca. Pasa de 2,6 m/s² a 7,9 m/s² a velocidad máxima. • La vibración también aumenta considerablemente cuando se aumenta la velocidad de trabajo y para la broca del 22 se desaconseja totalmente la velocidad máxima de trabajo. • Ambas manos sufren exposición parecida, independientemente de la velocidad y de la broca. 	

<p>Taladrar en bloque de hormigón</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el operario trabaja en pared (el agarre es peor), la vibración aumenta ligeramente ($\pm 1,6m/s^2$). • No hay prácticamente diferencia entre la mano preferente y la mano guía ($\pm 1m/s^2$). • Cuando el acelerómetro de la mano guía se coloca en la panza del taladro (abajo), el nivel de vibraciones es menor ($-0,9m/s^2$). 	<p>a_{hv} (Preferente)= 2,0 (Madera, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,7 (Madera, broca 4, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,9 (Madera, broca 10, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 9,2 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,5 (Madera, broca 22, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,3 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,0 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,6 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,2 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima, agujero nuevo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,9 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 21,5 (Hormigón suelo, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,6 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión, acelerómetro puesto abajo)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 2,3 (Madera, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,7 (Madera, broca 4, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 3,4 (Madera, broca 10, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 7,2 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 9,1 (Madera, broca 22, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 12,6 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,2 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 7,6 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,9 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima, agujero nuevo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 21,3 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 25,4 (Hormigón suelo, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 14,9 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, con percusión, acelerómetro puesto abajo)</p>
<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 2,0 (Madera, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,7 (Madera, broca 4, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,9 (Madera, broca 10, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 9,2 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,5 (Madera, broca 22, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,3 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,0 (Hierro espesor 15 mm, broca 4, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,6 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,2 (Hierro espesor 15 mm, broca 6,5, velocidad mínima, agujero nuevo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,9 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 21,5 (Hormigón suelo, broca 6, velocidad mínima, percusión)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,6 (Hormigón pared, broca 6, velocidad mínima, percusión, acelerómetro puesto abajo)</p>	<p>Taladrar en chapa de hierro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se aprecia una vibración ligeramente mayor en la mano preferente frente a la mano guía. • En cuanto al aumento de velocidad y cambio de broca, los resultados no son concluyentes si el agujero que se hace es nuevo. Si se aprovecha un agujero previo, a mayor broca, mayor vibración. <p>Taladrar en madera</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vibración aumenta mucho conforme va aumentando el tamaño de broca. • La vibración también aumenta considerablemente cuando se aumenta la velocidad de trabajo. • Ambas manos sufren exposición parecida, aunque ligeramente superior la mano guía. <p>Taladrar en bloque de hormigón</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el operario trabaja en suelo, la vibración aumenta ligeramente. • Ligeramente superior la vibración en la mano guía. • Cuando el acelerómetro de la mano guía se coloca en la panza del taladro (abajo), el nivel de vibraciones baja.

4. TALADRO BOSCH GSB 22-2RCE

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA																				
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO															
4	TALADRO	BOSCH	GSB 22-2RCE	9m/s ²																
ANÁLISIS DE RESULTADOS																				
<p>Si Texp= 8 h</p> <table border="1"> <caption>Vibration Levels by Material</caption> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Color</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Green</td> <td>0 - 2.5</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>2.5 - 5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Red</td> <td>5 - 10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Purple</td> <td>10 - 21</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table>						Material	Color	Value	Green	0 - 2.5	2.5	Orange	2.5 - 5	5	Red	5 - 10	10	Purple	10 - 21	21
Material	Color	Value																		
Green	0 - 2.5	2.5																		
Orange	2.5 - 5	5																		
Red	5 - 10	10																		
Purple	10 - 21	21																		
AÑO 2011	a_{hv} (Preferente)= 2,8 (Viga madera, broca 4, velocidad máxima) a_{hw} (Preferente)= 7,1 (Viga madera, broca 10, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 14,9 (Viga madera, broca 22, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 6,9 (Viga madera, broca 10, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo)			a_{hw} (Guía)= 3,1 (Viga madera, broca 4, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 7,8 (Viga madera, broca 10, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 17,7 (Viga madera, broca 22, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 8,7 (Viga madera, broca 10, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo)																
	a_{hv} (Preferente)= 9,7 (Hormigón. percutor, broca 6, velocidad media) a_{hv} (Preferente)= 16,8 (Hormigón. percutor, broca 10, velocidad media)			a_{hw} (Guía)= 12,0 (Hormigón. percutor, broca 6, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 21,7 (Hormigón. percutor, broca 10, velocidad media)																
	Taladrar sobre viga de madera en el suelo:																			
	<ul style="list-style-type: none"> No hay casi diferencia utilizando diferentes taladros (modelo 1199.7 y GSB-22-2RCE). Tampoco hay casi diferencia entre diferentes operarios para la misma broca. La diferencia entre colocar el acelerómetro de la mano guía en la panza o arriba no llega a 1m/s². La vibración aumenta considerablemente a medida que se aumenta el número de la broca (igual que en el taladro modelo 1199.7). Taladrar en hormigón:																			
<ul style="list-style-type: none"> La vibración aumenta considerablemente al aumentar el grosor de la broca (+7 m/s²). También se aprecia que la mano guía está sometida a más vibración que la mano preferente. 																				

<p>AÑO 2012</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 2,8 (Hierro 15 mm, broca 4, velocidad media) a_{hv} (Preferente)= 3,1 (Hierro 15 mm, broca 4, velocidad media) a_{hv} (Preferente) = 4,4 (Hierro 15 mm, broca 6,5 , velocidad media) a_{hv} (Preferente)= 2,5 (Madera, broca 4, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 5,9 (Madera, broca 10, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo) a_{hv} (Preferente)= 5,0 (Madera, broca 10, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 11,8 (Madera, broca 22, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 8,3 (Hormigón pared percutor, broca 6, velocidad media) a_{hv} (Preferente)= 7,6 (Hormigón suelo percutor, broca 6, velocidad media) a_{hv} (Preferente)= 16,8 (Hormigón suelo percutor, broca 10, velocidad media)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 2,8 (Hierro 15 mm, broca 4, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 3,2 (Hierro 15 mm, broca 4, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 4,2 (Hierro 15 mm, broca 6,5, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 2,4 (Madera, broca 4, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 5,7 (Madera, broca 10, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo) a_{hv} (Guía)= 5,5 (Madera, broca 10, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 11,8 (Madera, broca 22, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 9,5 (Hormigón pared percutor, broca 6, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 9,2 (Hormigón suelo percutor, broca 6, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 18,1 (Hormigón suelo percutor, broca 10, velocidad media)</p>
<p>Taladrar en chapa de hierro:</p> <ul style="list-style-type: none"> No hay diferencia prácticamente entre las dos manos. Tampoco hay mucha diferencia entre medir únicamente un agujero o hacer un ciclo seguido midiendo varios agujeros con golpe al final. Entre utilizar una broca del 4 o del 6,5, aumenta ligeramente la aceleración (+ 1,2 m/s²). Frecuencia dominante entre 25-50 Hz. <p>Taladrar en viga de madera en el suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> A medida que aumenta la broca, aumenta considerablemente la vibración y pasa de una aceleración de 2,4 m/s² a 11,8 m/s². No hay prácticamente diferencia entre la mano preferente y la mano guía. Cuando el acelerómetro de la mano guía se coloca abajo en la panza, la vibración de esta es ligeramente superior (+0,2m/s²). <p>Taladrar en bloque de hormigón:</p> <ul style="list-style-type: none"> La vibración que sufre el operario se duplica (en ambas manos) cuando aumentamos el grosor de la broca. Cuando se trabaja en la pared, la vibración obtenida también es mayor debido a la peor fuerza de agarre. La mano guía sufre más vibración que la preferente. 		
<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 2,5 (Madera, broca 4, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo) a_{hv} (Preferente)= 7,2 (Madera, broca 10, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 2,5 (Hierro 15 mm, broca 4, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 3,9 (Hierro 15 mm, broca 6,5, velocidad media) a_{hv} (Guía)= 2,5 (Madera, broca 4, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo) a_{hv} (Guía)= 6,4 (Madera, broca 10, velocidad máxima, acelerómetro puesto abajo)</p>

<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 6,1 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 14,9 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 9,8 (Hormigón pared percutor, broca 6, velocidad media)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 14,5 (Hormigón suelo percutor, broca 6, velocidad media)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,0 (Hormigón suelo percutor, broca 10, velocidad media)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,7 (Hormigón pared percutor, broca 10, velocidad media)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 5,6 (Madera, broca 10, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 17,6 (Madera, broca 22, velocidad máxima)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 11,2 (Hormigón pared percutor, broca 6, velocidad media)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 14,1 (Hormigón suelo percutor, broca 6, velocidad media)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 15,9 (Hormigón suelo percutor, broca 10, velocidad media)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 17,8 (Hormigón pared percutor, broca 10, velocidad media)</p>
<p>Taladrar en chapa de hierro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay diferencia prácticamente entre las dos manos. • Tampoco hay mucha diferencia entre medir únicamente un agujero o hacer un ciclo seguido midiendo varios agujeros con golpe al final. • Entre utilizar una broca del 4 o del 6,5, aumenta ligeramente la aceleración quizás porque se aprovecha el agujero. <p>Taladrar en viga de madera en el suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A medida que aumenta la broca, aumenta considerablemente la vibración. • No hay prácticamente diferencia entre la mano preferente y la mano guía, excepto para broca 22. • Cuando el acelerómetro de la mano guía se coloca abajo en la panza, la vibración de esta es ligeramente mayor. <p>Taladrar en bloque de hormigón:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vibración que sufre el operario se duplica (en ambas manos) cuando aumentamos el grosor de la broca. • La mano guía sufre vibración parecida a la preferente. 		

5. TALADRO METABO SBE-800/25-R+L

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
6	TALADRO	METABO	SBE-800/25-R+L		
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p> <p>2,4 21, 15 10 5 0 2,5</p>					
AÑO 2011	a_{hv} (Preferente)= 4,3 (Chapa Hierro 4 mm, velocidad máxima, broca 3) a_{hv} (Preferente)= 2,4 (Chapa Hierro 4 mm, velocidad baja, broca 6) a_{hv} (Preferente)= 3,1 (Madera velocidad máxima, broca 4) a_{hv} (Preferente)= 6,6 (Madera velocidad máxima, broca 10) a_{hv} (Preferente)= 10,7 (Madera velocidad baja, broca 22 perforando) a_{hv} (Preferente)= 9,4 (Madera velocidad baja, broca 22 sin perforar)	a_{hv} (Guía)= 4,1 (Chapa Hierro 4 mm, velocidad máxima, broca 3) a_{hv} (Guía)= 2,4 (Chapa Hierro 4 mm, velocidad baja, broca 6) a_{hv} (Guía)= 2,5 (Madera velocidad máxima, broca 4) a_{hv} (Guía)= 5,2 (Madera velocidad máxima, broca 10) a_{hv} (Guía)= 9,4 (Madera velocidad baja, broca 22 perforando) a_{hv} (Guía)= 7,7 (Madera velocidad baja, broca 22 sin perforar)	a_{hv} (Preferente)= 5,2 (Madera velocidad baja, broca 10)	a_{hv} (Guía)= 4,2 (Madera velocidad baja, broca 10)	
	<ul style="list-style-type: none"> La mano preferente está ligeramente sometida a más vibración. Para la madera, a mayor broca y mayor velocidad, mayor vibración. Perforar la tabla de madera produce mayor vibración. Para el hierro, el efecto de la velocidad baja predomina sobre el aumento de broca, y la vibración baja. Frecuencias dominantes entre 40 -80 Hz. 				
AÑO 2012	a_{hv} (Preferente)= 3,8 (Chapa hierro 15 mm, velocidad media, broca 4) a_{hv} (Preferente)= 7,6 (Chapa hierro 15 mm, velocidad media, broca 6,5)	a_{hv} (Guía)= 3,5 (Chapa hierro 15 mm, v. media, broca 4) a_{hv} (Guía)= 6,7 (Chapa hierro 15 mm, v. media, broca 6,5)			

<ul style="list-style-type: none"> • La mano preferente está ligeramente sometida a más vibración. • A mayor broca, mayor vibración. • Frecuencias dominantes entre 40 -80 Hz. 	<p>a_{hv} (Preferente)= 11,3 (Hormigón velocidad máxima, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 21,4 (Hormigón velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 10,8 (Hormigón velocidad máxima, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 17,1 (Hormigón velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 2,5 (Madera velocidad máxima, broca 4)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,4 (Madera velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 12,0 (Madera velocidad baja, broca 22 perforando)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 12,4 (Madera velocidad baja, broca 22 sin perforar)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 4,2 (Madera velocidad baja, broca 10)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La mano preferente está ligeramente sometida a más vibración. • Para la madera y hormigón, a mayor broca y mayor velocidad, mayor vibración. • Perforar la tabla de madera produce parecida vibración. • Frecuencias dominantes entre 40 -80 Hz. 	<p>a_{hv} (Guía)= 10,2 (Hormigón velocidad máxima, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 19,2 (Hormigón velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 9,9 (Hormigón velocidad máxima, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 17,0 (Hormigón velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,3 (Madera velocidad máxima, broca 4)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 5,2 (Madera velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,5 (Madera velocidad baja, broca 22 perforando)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,7 (Madera velocidad baja, broca 22 sin perforar)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,5 (Madera velocidad baja, broca 10)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La mano preferente sigue estando sometida a más vibración que la mano guía. • Para la madera y hormigón, a mayor broca y mayor velocidad, mayor vibración. • Para el hierro, al contrario de lo que ocurría en 2011, el efecto del aumento en el tamaño de la broca predomina sobre la disminución de la velocidad, y la vibración aumenta.
<p>AÑO 2013</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 8,7 (Hormigón velocidad máxima, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 16,2 (Hormigón velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 5,9 (Chapa hierro 4 mm, velocidad baja, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 3,4 (Chapa hierro 4 mm, velocidad máxima, broca 3)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 3,0 (Madera velocidad máxima, broca 4)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,7 (Madera velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 12,3 (Madera velocidad baja, broca 22 sin perforar)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 4,3 (Madera velocidad baja, broca 10)</p>	<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 6,4 (Hormigón velocidad máxima, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 15,6 (Hormigón velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,5 (Chapa hierro 4 mm, velocidad baja, broca 6)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 3,1 (Chapa hierro 4 mm, velocidad máxima, broca 3)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 2,4 (Madera velocidad máxima, broca 4)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 5,3 (Madera velocidad máxima, broca 10)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,5 (Madera velocidad baja, broca 22 sin perforar)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 6,4 (Madera velocidad baja, broca 10)</p>	

6. TALADRO WURTH H-28-MAS

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA																	
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO												
21	TALADRO	WURTH	H-28-MAS	Taladrando 21±1,5 Cincelandando 15,5±2,5													
ANÁLISIS DE RESULTADOS																	
<p>Si Texp= 8 h</p> <table border="1"> <caption>Data from Vibration Chart</caption> <thead> <tr> <th>Broca (mm)</th> <th>Color</th> <th>Approximate Acceleration Level</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>Green</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Orange</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Purple</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>						Broca (mm)	Color	Approximate Acceleration Level	6	Green	2.5	10	Orange	5	16	Purple	16
Broca (mm)	Color	Approximate Acceleration Level															
6	Green	2.5															
10	Orange	5															
16	Purple	16															
AÑO 2013	<ul style="list-style-type: none"> a_{hv} (Preferente)= 16,6 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Preferente)= 16,9 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) a_{hv} (Preferente)= 16,1 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Preferente)= 16,1 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) a_{hv} (Preferente)= 14,8 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Preferente)= 15,1 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) 		<ul style="list-style-type: none"> a_{hv} (Guía)= 13,1 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Guía)= 13,8 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) a_{hv} (Guía)= 13,0 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Guía)= 13,5 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) a_{hv} (Guía)= 13,3 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Guía)= 14,3 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) 														
<ul style="list-style-type: none"> Medidas de ambas manos simultáneamente. Frecuencias de interés 63 Hz en ambas manos. 																	
AÑO 2014	<ul style="list-style-type: none"> a_{hv} (Preferente)= 13,1 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Preferente)= 15,2 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) 		<ul style="list-style-type: none"> a_{hv} (Guía)= 10,2 (Velocidad máxima broca 6 mm, hormigón) a_{hv} (Guía)= 12,3 (Velocidad máxima broca 10 mm, hormigón) 														
<ul style="list-style-type: none"> Medidas de ambas manos simultáneamente. Frecuencias de interés: 63 Hz en ambas manos. Resultados más bajos en las medidas de este año. 																	

7. TALADRO ATORNILLADOR HITACHI DV 18 DS

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
22	TALADRO ATORNILLADOR	HITACHI	DV 18 DSL		
<p>ANÁLISIS DE RESULTADOS</p> <p>Si Texp= 8 h</p> <p>1,3 1,6</p> <p>0 2,5 5 10 15</p>					
AÑO 2013	<p>a_{hv} (Preferente)= 1,8 (Velocidad según tarea. Atornillar/desatornillar en viga de madera de pino. Punta de estrella)</p> <ul style="list-style-type: none"> Únicamente se mide la mano preferente. La mano izquierda la usa para sujetar el tornillo. Frecuencias de interés: 50-400. Se observa en los espectros que la aceleración sube mucho a la hora de embocar la punta del atornillador en la cabeza del tornillo. El resto del tiempo de la tarea se observa que la vibración baja bastante. No se ha tenido en cuenta la vibración que se produce al embocar la punta del atornillador en la cabeza del tornillo. 				
AÑO 2014	<p>a_{hv} (Preferente)= 1,3 (Velocidad según tarea. Atornillar/desatornillar en viga de madera de pino. Punta de estrella)</p> <ul style="list-style-type: none"> Estas medidas se hicieron con los técnicos de Osalan. Podemos ver que los niveles de aceleración medidos son bajos. 				

8. SIERRA DE CALAR BOSCH GST 135 BCE

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
5	SIERRA DE CALAR	BOSCH	GST 135 BCE	5 (+/-) 1.5 madera 3.5 (+/-) 1.5 chapa	SÍ
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p>					
AÑO 2011	<p>(Preferente)= 3,6 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 4,6 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 3,7 (Contrachapado 33 mm, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 7,8 (hierro 4 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p>		<p>a_{hv} (Guía)= 2,1 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 4,8 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 2,1 (Contrachapado 33 mm, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 6,8 (Hierro 4 mm, velocidad media, balanceo máximo) a_{hv}</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> Serrar madera (contrachapado): La vibración casi no se ve afectada por el aumento de grosor del contrachapado. Sale un poco más expuesta la mano preferente que la guía ($\pm 1,5$). Frecuencia dominante para el contrachapado: 50 Hz. Serrar chapa de hierro 4 mm: La mano preferente es la que sufre mayor vibración, pero nada destacable (± 1). Cuando se pasa a cortar hierro, la vibración aumenta un poco más del d Serrar oble. Frecuencia dominante para el corte del hierro: 31 Hz. 				
AÑO 2012	<p>a_{hv} (Preferente)= 4,3 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima, balanceo 1) a_{hv} (Preferente)= 6,9 (Hierro 4 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p>		<p>a_{hv} (Guía)= 2,8 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima, balanceo. 1) a_{hv} (Guía)= 7,1 (Hierro 4 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p>		

<p>AÑO 2012</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 8,2 (Hierro 4 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 4,2 (Aluminio 1 mm, velocidad media, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 4,4 (Aluminio 1 mm, velocidad media, sin balanceo)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 8,2 (Hierro 4 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 3,2 (Aluminio 1 mm, velocidad media, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 3,1 (Aluminio 1 mm, velocidad media, sin balanceo)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Serrar madera (contrachapado): • Pequeña variación con respecto a las mediciones del año pasado. • La mano preferente sigue estando un poco más expuesta que la mano guía. • Serrar chapa de hierro 4 mm: • Las diferencias con el año anterior son de $\pm 0,9$. • Las diferencias entre mano preferente y guía son despreciables. • Se observa un incremento pequeño de $\pm 7,3$, al aumentar la velocidad de trabajo. • La frecuencia dominante para el corte de hierro de 4 mm es entre 20-63Hz para vel. media y entre 40-100 Hz para velocidad máxima. • En el corte de aluminio la intensidad se reduce a más de la mitad, pudiendo deberse al diferente grosor del metal (de 4 mm a 1 mm) o a eliminar el balanceo. En este caso sí coincide más con lo declarado por el fabricante. • Sin embargo, en este caso la velocidad de trabajo no influye. • La mano preferente sufre mayor vibración ($\pm 1,3$). • La frecuencia dominante para el corte de aluminio de 1 mm es entre 20-100 Hz. 		
<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 4,4 (Contrachapado 16 mm, velocidad máxima, balanceo. 1)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,8 (Hierro 14 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 12,7 (Hierro 14 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 3,8 (Aluminio 1 mm, velocidad media, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,2 (Aluminio 1 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 2,9 (contrachap 16 mm, velocidad máxima, balanceo. 1)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 6,3 (Hierro 14 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 12,0 (Hierro 14 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 3,1 (Aluminio 1 mm, velocidad media, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 4,9 (Aluminio 1 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Serrar madera (contrachapado): • Pequeña variación con respecto a las mediciones del año pasado. • La mano preferente sigue estando un poco más expuesta que la mano guía. • Serrar chapa de hierro 4 mm: • Las diferencias con el año anterior son pequeñas. • Vibra más la mano preferente ligeramente. • Se observa un incremento al aumentar la velocidad de trabajo. • Frecuencias dominantes: 25-50 Hz. 		

9. SIERRA DE CALAR METABO 10S PLUS

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA																									
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO																				
7	SIERRA DE CALAR	METABO	STEB 10S PLUS	Metal 5±1,5 Madera 3,5±1,5																					
ANÁLISIS DE RESULTADOS																									
<p>Si Texp= 8 h</p> <table border="1"> <caption>Vibration Acceleration Levels (a_{hv}) and Time (T_{exp})</caption> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Color</th> <th>Acceleration Range (a_{hv})</th> <th>Time (T_{exp})</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Green</td> <td>Green</td> <td>0 - 2,5</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>Orange</td> <td>2,5 - 5</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>Red</td> <td>Red</td> <td>5 - 10</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>Purple</td> <td>Purple</td> <td>10 - 15</td> <td>13,0</td> </tr> </tbody> </table>						Material	Color	Acceleration Range (a _{hv})	Time (T _{exp})	Green	Green	0 - 2,5	5,0	Orange	Orange	2,5 - 5	5,0	Red	Red	5 - 10	5,0	Purple	Purple	10 - 15	13,0
Material	Color	Acceleration Range (a _{hv})	Time (T _{exp})																						
Green	Green	0 - 2,5	5,0																						
Orange	Orange	2,5 - 5	5,0																						
Red	Red	5 - 10	5,0																						
Purple	Purple	10 - 15	13,0																						
AÑO 2011	<p>a_{hv} (Preferente)= 6,0 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 8,2 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 7,5 (Aluminio 0,8 mm, velocidad máxima sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 8,0 (Hierro 4 mm, velocidad media balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 6,4 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 9,6 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 8,1 (Aluminio 0,8 mm, velocidad máxima sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 8,2 (Hierro 4 mm, velocidad media balanceo máximo)</p>																								
	<ul style="list-style-type: none"> La mano guía (que se sitúa en el frontal de la máquina) sufre más vibraciones que la mano preferente. Cuanto más balanceo, mayor es el nivel de vibraciones que se genera y transmite a la mano. El nivel de vibración también es mayor cuanto más dureza tiene el material a cortar. Valores parecidos en distintas sierras de calar estudiadas. Frecuencias dominantes tanto para la madera como para el aluminio y el hierro entre 30 y 50 Hz. 																								
AÑO 2013	<p>a_{hv} (Preferente)= 6,0 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 11,2 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 7,9 (Aluminio 0,8 mm, velocidad máxima sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 5,8 (Hierro 4 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 7,3 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, Sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 13,5 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 10,1 (Aluminio 0,8 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 9,1 (Hierro 4 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p>																								

- La mano guía (que se sitúa en el frontal de la máquina) sufre más vibraciones que la mano preferente.
- Cuanto más balanceo, mayor es el nivel de vibraciones que se genera y transmite a la mano.
- Las mediciones de este año no permiten concluir sobre la influencia de la dureza del material en el nivel de vibración.
- Valores parecidos en distintas sierras de calar estudiadas.
- Valores ligeramente superiores a 2011.
- Frecuencias dominantes tanto para la madera como para el aluminio y el hierro entre 30 y 50 Hz.

<p>AÑO 2014</p>	<p>a_{hv} (Preferente)= 5,0 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,0 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,9 (Aluminio 0,8 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Preferente)= 6,4 (Aluminio 0,8 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p>	<p>a_{hv} (Guía)= 5,7 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 7,0 (Aglomerado 33 mm, velocidad máxima, balanceo máximo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 8,1 (Aluminio 0,8 mm, velocidad máxima, sin balanceo)</p> <p>a_{hv} (Guía)= 7,8 (Aluminio 0,8 mm, velocidad media, balanceo máximo)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • mano guía (que se sitúa en el frontal de la máquina) sufre más vibraciones que la mano preferente. • En el caso de la madera, cuanto más balanceo y más velocidad, mayor es el nivel de vibraciones que se genera y transmite a la mano. • Para el aluminio tiene más influencia la velocidad que el balanceo, pues al aumentar la velocidad y reducir el balanceo, la vibración aumenta. • El nivel de vibración también es mayor cuanto más dureza tiene el material a cortar. • Valores parecidos en distintas sierras de calar estudiadas. • Valores ligeramente inferiores a otros años. • Frecuencias dominantes tanto para la madera como para el aluminio y el hierro entre 30 y 50 Hz. La 		

10. MARTILLO PERCUTOR METABO BH E6045S

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
10	MARTILLO PERCUTOR	METABO	BH E6045S	9 m/s ²	SÍ
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p> <p>6,6 16,6 15 10 5 2,5 0</p>					
AÑO 2012	a_{hv} (Preferente)= 14,2 (Cinzel tipo punzón, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 14,6 (Cinzel tipo plano, velocidad máxima)		a_{hv} (Guía)= 8,1 (Cinzel tipo punzón, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 8,5 (Cinzel tipo plano, velocidad máxima)		
<ul style="list-style-type: none"> No se aprecia variación en el nivel de vibraciones debido al cambio de cinzel. La mano preferente está más expuesta a vibraciones que la mano guía. Las medidas se han realizado con el vibrómetro por lo que las medidas de ambas manos no son simultáneas. 					
AÑO 2014	a_{hv} (Preferente)= 11,1 (Cinzel tipo punzón, velocidad máxima) a_{hv} (Preferente)= 16,4 (Cinzel tipo plano, velocidad máxima)		a_{hv} (Guía)= 6,6 (Cinzel tipo punzón, velocidad máxima) a_{hv} (Guía)= 8,7 (Cinzel tipo plano, velocidad máxima)		
<ul style="list-style-type: none"> La mano preferente está más expuesta a vibraciones que la mano guía. Las medidas se han realizado con el vibrómetro por lo que las medidas de ambas manos no son simultáneas Las medidas realizadas este año han sido realizadas con distinto operario al 2012. 					

11. AMOLADORA BOSCH GWS 18-180

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
17	AMOLADORA	BOSCH	GWS 18-180	6 ± 1,5	SÍ
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p>					
AÑO 2012	a_{hv} (Preferente)= 5,3 (Disco de corte de 3 mm)				a_{hv} (Guía)= 3,4 (Disco de corte de 3 mm)
<ul style="list-style-type: none"> • Corte de barra de hierro 40 mm x 16 mm. • La mano preferente está expuesta a más vibraciones que la mano guía (+1,9 m/s²). • No se registra ninguna diferencia cuando la medida implica varios cortes seguidos. • Frecuencias dominantes de 315-400 Hz para mano preferente y de 100 Hz para mano guía. 					
AÑO 2013	a_{hv} (Preferente)= 4,5 (Disco de corte de 3 mm)				a_{hv} (Guía)= 4,8 (Disco de corte de 3 mm)
<ul style="list-style-type: none"> • Corte de barra de hierro 40 mm x 16 mm. • La mano preferente y la mano guía están expuestas a niveles similares de vibración. • Frecuencias dominantes 315-400 Hz para mano preferente y 100 para mano guía. 					
AÑO 2014	a_{hv} (Preferente)= 6,3 (Disco de corte de 3 mm)				a_{hv} (Guía)= 2,7 (Disco de corte de 3 mm)
<ul style="list-style-type: none"> • Corte de barra de hierro 40 mm x 16 mm. • La mano preferente está mucho más expuesta a vibraciones que la mano guía (+3.6 m/s²). • Frecuencias dominantes 315-400 Hz para mano preferente y 100 para mano guía. 					

12. AMOLADORA BOSCH GWS 10-125C

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA															
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO										
18	AMOLADORA	BOSCH	GWS 10-125C	5,5±1,5											
ANÁLISIS DE RESULTADOS															
<p>Si Texp= 8 h</p> <table border="1"> <caption>Data from Vibration Analysis Chart</caption> <thead> <tr> <th>Disc Thickness (mm)</th> <th>Acceleration (m/s²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>						Disc Thickness (mm)	Acceleration (m/s²)	1	8,3	3	2,3	1	2,5	3	15
Disc Thickness (mm)	Acceleration (m/s²)														
1	8,3														
3	2,3														
1	2,5														
3	15														
AÑO 2012	a_{hv} (Preferente)= 5,0 (Disco de corte de 1 mm) a_{hv} (Preferente)= 8,3 (Disco de corte de 3 mm)		a_{hv} (Guía)= 3,4 (Disco de corte de 1 mm) a_{hv} (Guía)= 5,3 (Disco de corte de 3 mm)												
<ul style="list-style-type: none"> La mano preferente está expuesta a más vibraciones que la mano guía (+3 m/s²). Esta diferencia es mayor cuanto mayor es el disco de corte. También se observa un incremento de las vibraciones cuando aumenta el grosor del disco de corte (3,3m/s²). No se registra ninguna diferencia cuando la medida implica varios cortes seguidos. Frecuencias dominantes: 315 Hz mano preferente y 315-800 Hz eje x para mano guía. Con disco de 3 mm. Frecuencias dominantes MP 100 - 400 Hz y MG 100 Hz. 															
AÑO 2013	a_{hv} (Preferente)= 7,0 (Disco de corte de 1 mm)		a_{hv} (Guía)= 5,2 (Disco de corte de 1 mm)												
<ul style="list-style-type: none"> Se nota un incremento en la vibración con respecto al año 2012. Uno de los factores que puede influir es el desgaste del disco de corte. Es un disco de 1 mm que se desgasta con cierta rapidez. Frecuencias dominantes de 160 Hz para mano preferente y 125 - 160 Hz para mano guía. Han cambiado las frecuencias dominantes respecto a 2012. 															
AÑO 2014	a_{hv} (Preferente)= 4,1 (Disco de corte de 1 mm) a_{hv} (Preferente)= 5,0 (Disco de corte de 3 mm)		a_{hv} (Guía)= 2,3 (Disco de corte de 1 mm) a_{hv} (Guía)= 2,6 (Disco de corte de 3 mm)												
<ul style="list-style-type: none"> Disminución con el disco de 1 mm y las frecuencias dominantes más próximas a 2012. MP 315 - 630 Hz. MG 125-500hz. Con disco de 3 mm .Frecuencias dominantes MP 400 Hz y MG 100 - 400 Hz. 															

13. AMOLADORA BOSCH GWS 23

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
19	AMOLADORA	BOSCH	GWS 23	7,5±1,5	
ANÁLISIS DE RESULTADOS					
<p>Si Texp= 8 h</p> <p style="text-align: center;">6,9 13,9</p>					
AÑO 2012	a_{hv} (Preferente)= 8,9 (Disco de corte de 3 mm)				a_{hv} (Guía)= 7,3 (Disco de corte de 3 mm)
	<ul style="list-style-type: none"> La mano preferente está expuesta a más vibraciones que la mano guía (+1,6 m/s²). Cuando la medida implica varios cortes seguidos se produce un incremento en el nivel de vibraciones. Frecuencias dominantes de 63-80 Hz para mano preferente y 63 Hz para mano guía. 				
AÑO 2013	a_{hv} (Preferente)= 13,2 (Disco de corte de 3 mm)				a_{hv} (Guía)= 6,9 (Disco de corte de 3 mm)
	<ul style="list-style-type: none"> La mano preferente está expuesta a más vibraciones. Muy superiores a 2012. Cuando la medida implica varios cortes seguidos, se produce un incremento en el nivel de vibraciones. Frecuencias dominantes de 63-80 Hz para mano preferente y 63-80 Hz para mano guía. 				
AÑO 2014	a_{hv} (Preferente)= 7,2 (Disco de corte de 3 mm)				a_{hv} (Guía)= 7,0 (Disco de corte de 3 mm)
	<ul style="list-style-type: none"> La mano preferente se aproxima a valores de 2012. Mucha variación entre años. Cuando la medida implica varios cortes seguidos, se produce un incremento en el nivel de vibraciones. Frecuencias dominantes de 63 Hz para mano preferente y 63 Hz para mano guía. 				

14. SIERRA SABLE METABO GWS 23-230

IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA					
CÓDIGO MÁQUINA	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO
23	SIERRA SABLE	METABO	PSE 1200	20 m/s ²	
<p>ANÁLISIS DE RESULTADOS</p> <p>Si Texp= 8 h</p>					
AÑO 2014	a_{hv} (Preferente)= 25,0 (Tablón de 20x5 cm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo lineal)		a_{hv} (Guía)= 23,6 (Tablón de 20x5 cm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo lineal)		
	a_{hv} (Preferente)= 27,5 (Tablón de 20x5 cm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo pendular)		a_{hv} (Guía)= 28,2 (Tablón de 20x5 cm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo pendular)		
	a_{hv} (Preferente)= 28,2 (Hierro. 40x15 mm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo pendular)		a_{hv} (Guía)= 20,4 (Hierro 40x15 mm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo pendular)		
	a_{hv} (Preferente)= 24,1 (Hierro. 40x15 mm Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo lineal)		a_{hv} (Guía)= 26,9 (Hierro 40x15 mm. Cuchilla Wood & Metal 31932. Balanceo lineal)		



ET.141.1.16



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO