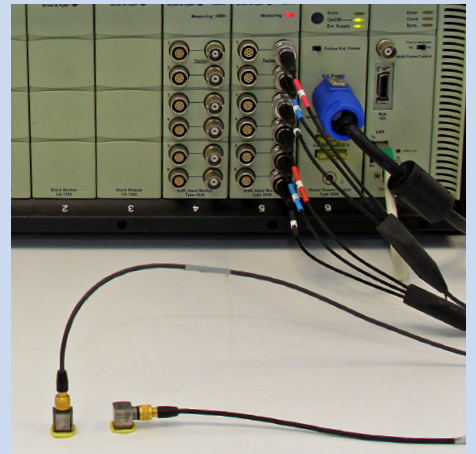




ANÁLISIS FRECUENCIAL DE MEDIDAS DE VIBRACIONES EN LIJADORAS



Título:

Análisis frecuencial de medidas de vibraciones en lijadoras

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Juan Leiva Pérez

Rafael Sanchez-Guardamino Elorriaga

Colaboradores:

Jorge Concepción Rioja

Gerardo Díaz de la Torre

Rosa Méndez Zurutuza

Alfredo Palacio Simarro

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O. A., M.P.

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27

www.insst.es

Composición:

Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSST

Edición:

Madrid, diciembre 2022

NIPO (en línea): 118-22-079-5

Hipervínculos:

El INSST 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 INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:

<https://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



ANÁLISIS FRECUENCIAL DE MEDIDAS DE VIBRACIONES EN LIJADORAS

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	7
2 OBJETO	7
3 METODOLOGÍA DE TRABAJO	7
3.1 MEDIOS TÉCNICOS	8
3.2 ESTRATEGIA DE MUESTREO	9
3.3 SEGMENTACIÓN DEL ESPECTRO FRECUENCIAL PARA LA VIBRACIÓN MANO-BRAZO	9
4 RESULTADOS OBTENIDOS	10
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	10
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA FAMILIA DE LIJADORAS	11
4.2.1 LIJADORA BOSCH PSS 180A	11
Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A	12
Influencia del material en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A	12
Influencia del número de manos en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A	14
Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A	17
4.2.2 LIJADORA BOSCH GSS 230 AE	19
Influencia de la posición del acelerómetro de la mano guía en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE	19
Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230	21
Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230	27
Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE	33
5 CONCLUSIONES SOBRE EL ANÁLISIS FRECUENCIAL EN LIJADORAS	39
6 ANEXO A: DATOS OBTENIDOS EN BANDAS DE OCTAVA PARA LA LIJADORA BOSCH PSS 180A	40
7 ANEXO B: DATOS OBTENIDOS EN BANDAS DE OCTAVA PARA LA LIJADORA BOSCH GSS 230 AE	44
BIBLIOGRAFÍA	52

1 INTRODUCCIÓN

El antecedente al presente estudio es el informe técnico “Vibraciones en máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones. Parte 1: Máquinas de mantenimiento y Parte 2: Máquinas de jardinería y limpieza”. De dichos informes se desprende que los valores de vibraciones varían significativamente al modificar las condiciones de ensayo. Parámetros como el material sobre el que se trabaja o el útil empleado con la máquina (por ejemplo, el tipo de broca de un taladro) tienen una influencia muy considerable en los niveles de las aceleraciones eficaces obtenidas en los ensayos.

El tratamiento de los resultados en dichos informes se ciñó a los valores eficaces de la aceleración transmitida por las máquinas al sistema mano-brazo, a_{hv}^1 . El estudio consistió en reproducir en diferentes fechas las mismas condiciones de trabajo de la máquina durante los ensayos variando uno de los parámetros, y manteniendo el resto constante, para observar su influencia en las aceleraciones que resultaban de los ensayos.

En esta segunda etapa se pretende explotar los datos registrados para realizar un análisis de la distribución de la aceleración por frecuencias. Este estudio consiste en determinar el perfil del espectro frecuencial característico de cada máquina, a fin de observar la existencia de frecuencias dominantes, y su comportamiento al variar las condiciones de ensayo.

La importancia de conocer el perfil frecuencial de las máquinas según los parámetros de funcionamiento reside en que su comportamiento, al variar dichos parámetros, puede condicionar la eficacia de las medidas de control para la reducción de la exposición a vibraciones mecánicas que se hayan adoptado. En cualquier caso, su conocimiento es fundamental para el diseño del programa de medidas técnicas que reduzca eficazmente la exposición a vibraciones.

2 OBJETO

El objeto de este informe es conocer la distribución frecuencial característica de las máquinas pertenecientes a la familia de lijadoras, que formaron parte del estudio “Vibraciones en máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones. Parte 1: Máquinas de mantenimiento”, que se indican a continuación:

1. Lijadora BOSCH PSS180A, con la que se realizaron 14 ensayos.
2. Lijadora BOSCH GS 230 AE, con la que se realizaron 22 ensayos.

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.

¹ a_{hv} es la vibración generada por la máquina y transmitida al sistema mano-brazo, representada por la aceleración total eficaz ponderada en frecuencia

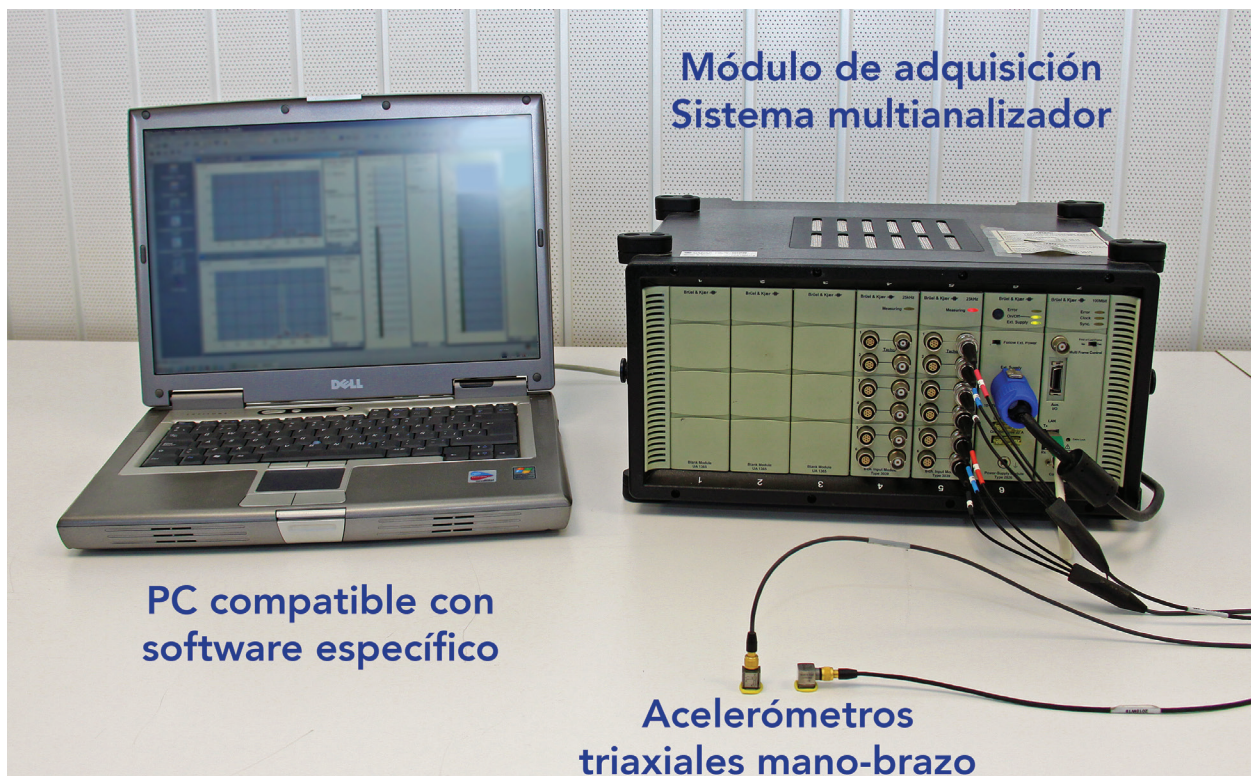
3.1 MEDIOS TÉCNICOS

Los medios técnicos utilizados para los ensayos de medida de las vibraciones en las lijadoras son:

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

Esta instrumentación multicanal permite realizar análisis de frecuencias y 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 la persona trabajadora. Generalmente, se utiliza en interiores. La lectura se registra directamente en el ordenador, a través de un paquete específico de software.

Figura 1. Imagen de los medios técnicos utilizados en los ensayos de medida



- Otros medios materiales:
 - Acelerómetro triaxial mano-brazo Bruel & Kjaer, modelo 4520-002,
 - excitador portátil de calibración Bruel & Kjaer, tipo 4294,
 - cables de conexión,
 - adaptadores de mano y
 - software y hardware asociados al equipo.

Se utilizaron equipos homologados, calibrados y que cumplían la norma UNE-EN ISO 8041:2006 "Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida", versión vigente en las fechas en las que se realizaron los ensayos.

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 esta forma, por cada ensayo se han realizado entre 3 y 6 medidas de campo promediadas en el tiempo, con una duración aproximada de 25 s.

Para cada una de las lijadoras, se han reproducido en diferentes años ensayos bajo determinadas condiciones de trabajo, con el fin de hacer posteriores comparativas.

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

- La lijadora y las condiciones de funcionamiento durante el ensayo.
- Los materiales sobre los que se iban a realizar los ensayos: contrachapado de 5 capas y madera de pino.
- Los parámetros de ensayo a analizar para establecer la comparativa de los resultados obtenidos son: tamaño de grano, material sobre el que se utiliza la máquina, número de manos utilizadas, operario/a y velocidad de la máquina (estos dos últimos parámetros solo para el modelo BOSCH GSS 230 AE).
- Acelerómetros y lugar más apropiado de colocación.
- 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 aproximada de 25 segundos para cada condición de trabajo, aunque en algún caso fue inferior.
- Operario/a designado/a para trabajar con la máquina. En algún año se han testado las máquinas con hasta 3 personas.
- Ficha de campo para registrar los resultados. Incluía la fecha del ensayo, los datos generales de la máquina, condiciones del ensayo (velocidad de la máquina, material de trabajo, etc.), referencia de cada trabajador/a y otros detalles de la operación.

3.3 SEGMENTACIÓN DEL ESPECTRO FRECUENCIAL PARA LA VIBRACIÓN MANO-BRAZO

El intervalo de aplicación de los valores medidos para la predicción de los daños de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo está restringido al intervalo de frecuencias nominales de 5,6 a 1400 Hz.

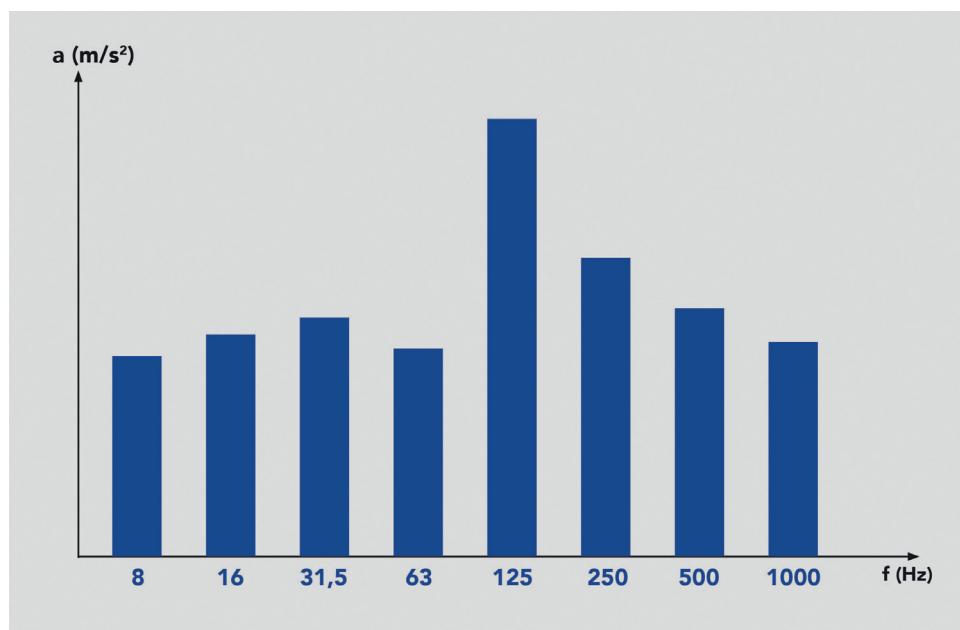
Las medidas con el analizador de frecuencias se realizaron en tercios de octava. A fin de evitar la complejidad de manejar estos resultados en el informe, se presentan los datos en bandas de octava, teniendo en cuenta que tres tercios de octava equivalen a una octava.

La relación entre las frecuencias límite de cada banda de tercio de octava es la siguiente,

$$f_s = \sqrt[3]{2} \times f_i, \text{ y la frecuencia central de la banda es la media geométrica de ambos límites } f_c = \sqrt{f_i \times f_s}.$$

De esta forma, los valores centrales de las bandas de octava son: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500 y 1000.

Figura 2. Representación gráfica de un espectro de aceleración en frecuencias de octava



4 RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Se han realizado un total de 36 ensayos entre las dos máquinas, con un mínimo de 3 medidas de campo por ensayo. Las medidas de campo realizadas reflejan situaciones reales de trabajo utilizando las lijadoras con lijas de distintos tamaños de grano y hasta 3 operarios/as diferentes. El perfil de los 3 trabajadores es: varones en edad adulta, jóvenes y de mediana edad, de complexión normal o fuerte. Los operarios 1 y 2 están habituados al manejo de herramientas portátiles, mientras que el operario 3 las utiliza esporádicamente.

Los ensayos se llevaron a cabo desde el año 2011 hasta el año 2014, y únicamente para la lijadora BOSCH GSS 230 AE se efectuaron mediciones a dos velocidades diferentes.

En la tabla 1 se muestra el número de ensayos y de medidas para cada lijadora.

LIJADORAS			
Marca y modelo de máquina	N.º de ensayos	N.º de medidas	Año / útil, material, nº manos, operario/a, velocidad (v)
BOSCH PSS 180A	14	55	- Año 2011 / grano-lija, Tipo madera, nº manos, -, -. - Año 2012 / grano-lija, Tipo madera, nº manos, -, -. - Año 2014 / grano-lija, Tipo madera, nº manos, -, -.
BOSCH GSS 230 AE	22	89	- Año 2011 / grano-lija, -, nº manos, operario/a, v. - Año 2012 / grano-lija, -, nº manos, operario/a, v. - Año 2014 / grano-lija, -, nº manos, operario/a, v.
TOTAL	36	144	

Tabla 1. Número de ensayos y número de medidas para cada lijadora

4.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA FAMILIA DE LIJADORAS

En este apartado se muestra la consistencia de los resultados obtenidos en los ensayos que bajo las mismas condiciones se repitieron en distintos años. Por otra parte, se analiza la influencia de cada parámetro estudiado en la distribución frecuencial, más allá de la magnitud de aceleración eficaz, que fue objeto del anterior informe "Vibraciones en máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones. Parte 1: Máquinas de mantenimiento".

4.2.1 LIJADORA BOSCH PSS 180A

Los datos de aceleración eficaz distribuida en bandas de octava obtenidos en los ensayos para la lijadora BOSCH PSS 180A se adjuntan en el anexo A.

Las tablas A.1 y A.2 recogen los resultados de todos los ensayos realizados por año, especificando las condiciones bajo las cuales se realizaron, para la mano preferente y la mano guía, respectivamente. El resto de las tablas del Anexo, desde A.3 hasta A.8, son un reordenamiento de las dos primeras tablas con el fin de facilitar el análisis de los parámetros estudiados para la lijadora BOSCH PSS 180A, que se enumeran a continuación:

- Material: **Contrachapado y madera de pino**

El contrachapado es de 5 capas. En 2014 todos los ensayos se realizaron sobre madera de pino.

- Tamaño de grano de la lija: **grano 120 y grano 180**

En 2011 se estudió la diferencia entre el grano 120 y grano 180. En 2012 y 2014 todos los ensayos se realizaron con grano 180.

- N.º de manos utilizadas: **2 manos y 1 mano**

Durante los ensayos con una mano se mantenía la mano preferente sobre la empuñadura de la herramienta, mientras que la mano guía se mantenía sin contacto sobre la máquina. En 2011 no se colocó el acelerómetro en la localización de la mano guía, por lo que no hay registro en esa posición. En 2012 y 2014 sí se colocó el acelerómetro sobre la máquina en la posición de la mano guía, aunque se estuviera manejando la máquina únicamente con la mano preferente.

- Operario: **Operario 1, operario 2 y operario 3**

Solo se ensayó la lijadora BOSCH PSS 180A con los operarios 2 y 3 durante el año 2014.

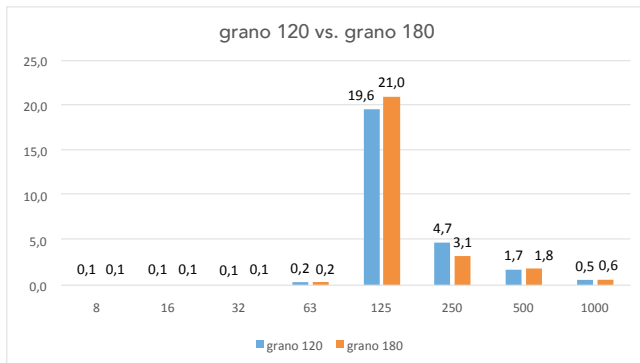
MANO PREFERENTE				
AÑO 2011				
Operario 1				
	Grano 120		Grano 180	
f (Hz)	2m	1m	2m	1m
8	0,13	0,11	0,13	0,11
16	0,12	0,10	0,12	0,11
31,5	0,09	0,06	0,10	0,07
63	0,24	0,11	0,21	0,19
125	19,56	4,97	21,00	11,23
250	4,72	15,52	3,11	12,30
500	1,68	2,77	1,76	2,54
1000	0,49	0,65	0,56	0,67
a_{hw}	20,20	16,54	21,31	16,87

Tabla 2. Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – Mano preferente

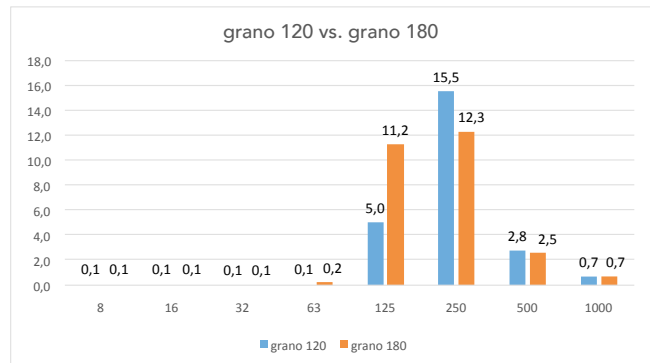
Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

En la tabla 2 se muestran los resultados extraídos de la tabla A.1 del Anexo A. El parámetro de tamaño de grano, grano 120 y grano 180, se estudió únicamente en el año 2011. El resto de los años se utilizó únicamente el tamaño de 180.

Gráfica 1. Operario 1, chapa y 2 manos - mano preferente



Gráfica 2. Operario 1, chapa y 1 mano - mano preferente

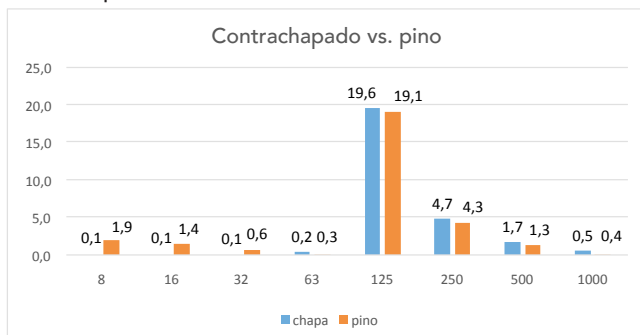


Se ha estudiado la influencia del parámetro tamaño de grano en la distribución frecuencial de la aceleración, manteniendo constante los parámetros operario, operario 1, y material, contrachapado, para la mano preferente. En el caso de utilización de dos manos (Gráfica 1) se ha registrado un perfil frecuencial muy similar entre grano 120 y grano 180, con una frecuencia dominante de 125 Hz. Por otro lado, en el caso de utilización de una sola mano (Gráfica 2) se ha obtenido un perfil similar para ambos tamaños de grano para frecuencias bajas y muy altas. Sin embargo, mientras que para grano 120 hay una clara frecuencia dominante, 250 Hz, no es así para el grano 180, ya que la energía se reparte igualmente entre las frecuencias dominantes, 125 y 250 Hz.

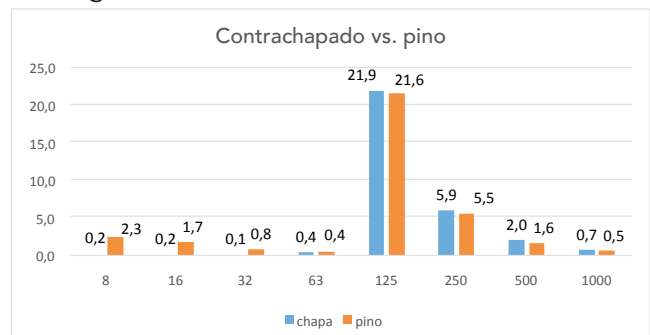
Influencia del material en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

A partir de los datos de las tablas A.3 y A.4, se ha elaborado desde la Gráfica 3 hasta la Gráfica 11, que se detallan a continuación:

Gráfica 3. Operario 1, grano 120 y 2 manos - mano preferente



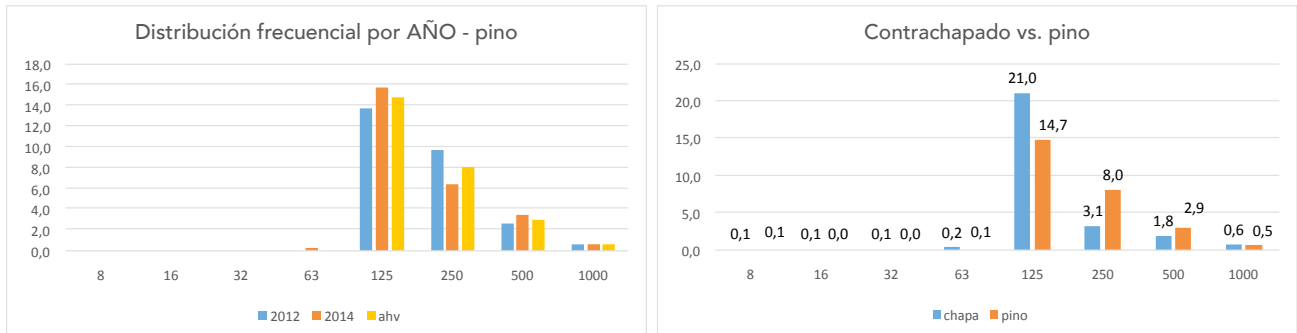
Gráfica 4. Operario 1, grano 120 y 2 manos - mano guía



Se observa que para grano 120 y 2 manos, tanto para la mano preferente (Gráfica 3) como para la mano guía (Gráfica 4), el perfil de la distribución frecuencial de la aceleración es similar cualquiera que sea el material sobre el que trabaja la lijadora - contrachapado o madera de pino -, presentando niveles bajos a frecuencias bajas y siendo la frecuencia dominante 125 Hz.

Para operario 1, grano 120 y uso de 2 manos, los perfiles frecuenciales obtenidos para contrachapado y para madera de pino son muy similares, tanto para la mano preferente como para la mano guía.

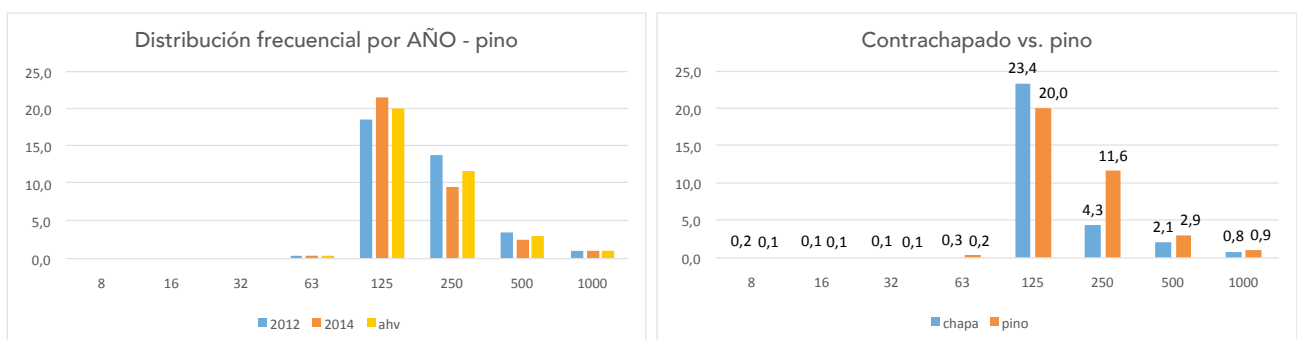
Gráficas 5 y 6. Operario 1, grano 180 y 2 manos - mano preferente



La gráfica de distribución frecuencial por año sobre madera de pino (Gráfica 5) revela un perfil similar para los dos años en los que se ensayó bajo las mismas condiciones, 2012 y 2014. A frecuencias bajas, los valores son prácticamente nulos, a 125 Hz se obtienen los valores máximos y para frecuencias altas se produce un paulatino descenso.

La gráfica comparativa de los materiales – contrachapado vs. madera de pino – (Gráfica 6) muestra un perfil frecuencial semejante para los dos materiales, siendo más brusco el descenso de la aceleración a partir de frecuencias altas para el contrachapado. De esta forma, para el contrachapado hay una frecuencia dominante clara, 125 Hz. Sin embargo, para la madera de pino la energía se concentra en los 125 Hz, y en frecuencias altas próximas, 250 y 500 Hz, en menor medida.

Gráficas 7 y 8. Operario 1, grano 180 y 2 manos - mano guía

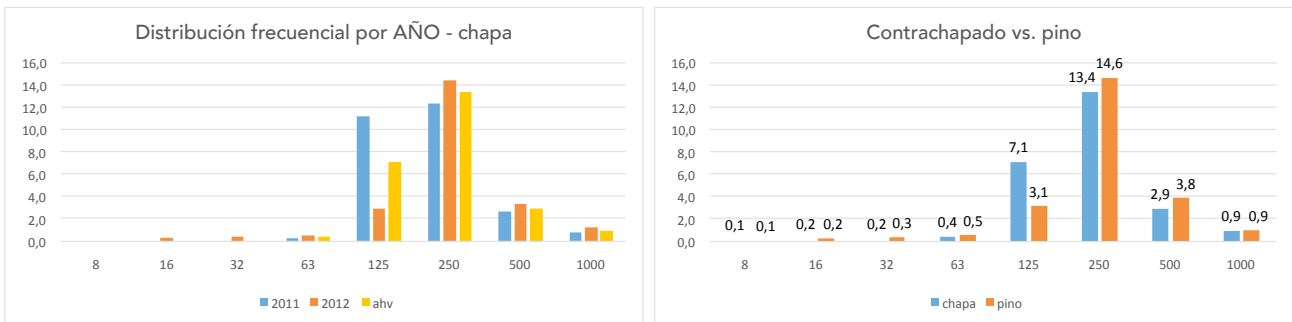


Para la mano guía, cabe decir los mismos comentarios que para la mano preferente, es decir, mismo perfil frecuencial por año (Gráfica 7) para la madera de pino, y mismo perfil entre contrachapado y madera de pino (Gráfica 8), siendo más acusada la caída de la aceleración en 125 y 250 Hz para el contrachapado.

Cuando se utilizó solo la mano preferente se observa una diferencia significativa en el perfil frecuencial de los ensayos realizados en 2011 y 2012 a la frecuencia de 125 Hz (Gráfica 9). En 2011 el perfil es plano entre 125 y 250 Hz, no así en 2012. En la gráfica contrachapado vs. madera

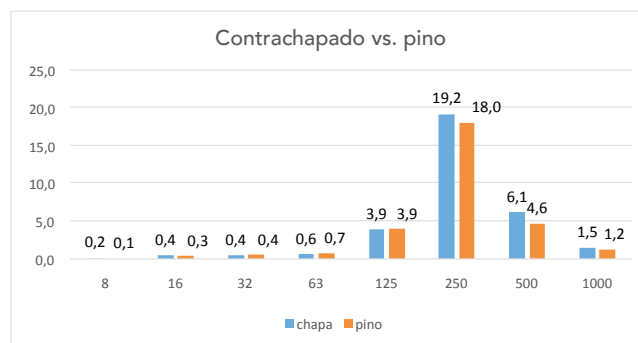
de pino (Gráfica 10) para la mano preferente se ve reflejado una falta de simetría respecto a la frecuencia dominante, 250 Hz, entre los perfiles frecuenciales de los dos materiales.

Gráficas 9 y 10. Operario 1, grano 180 y 1 mano - mano preferente



Sin embargo, para la mano guía, se observa un perfil frecuencial similar para ambos materiales (Gráfica 11), contrachapado y madera de pino, además con valores muy similares en cada banda de octava.

Gráfica 11. Operario 1, grano 180 y 1 mano - mano guía



Como conclusión general, se puede desprender que más allá de las diferentes magnitudes registradas de la aceleración, el perfil frecuencial para los dos materiales testados, contrachapado y madera de pino, son idénticos. Por tanto, a partir de ahora no distinguiremos la condición de material a la hora de analizar los parámetros que influyen en la distribución frecuencial de la aceleración.

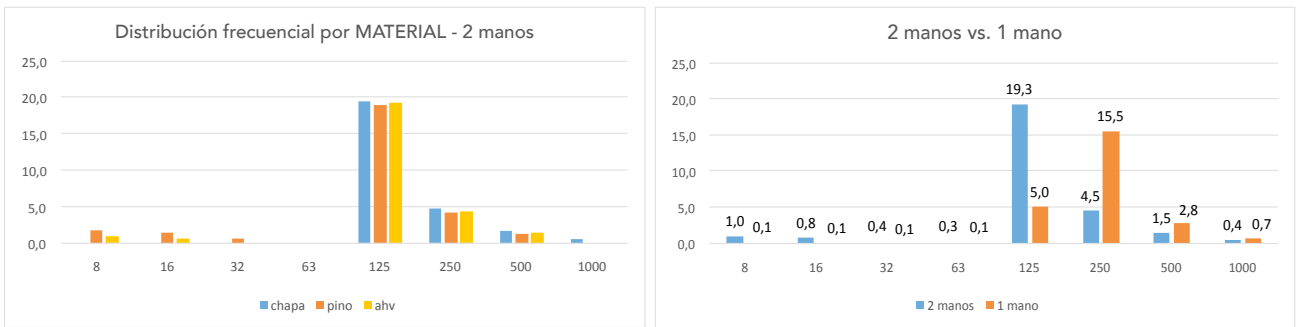
Influencia del número de manos en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

A partir de los datos recogidos en la tabla A.5 del anexo A, se deducen las Gráficas 12 hasta la Gráfica 18.

La gráfica de distribución frecuencial por material, usando dos manos (Gráfica 12), corrobora la conclusión de que el material no influye en el perfil frecuencial de la vibración, tal como se acaba de mencionar.

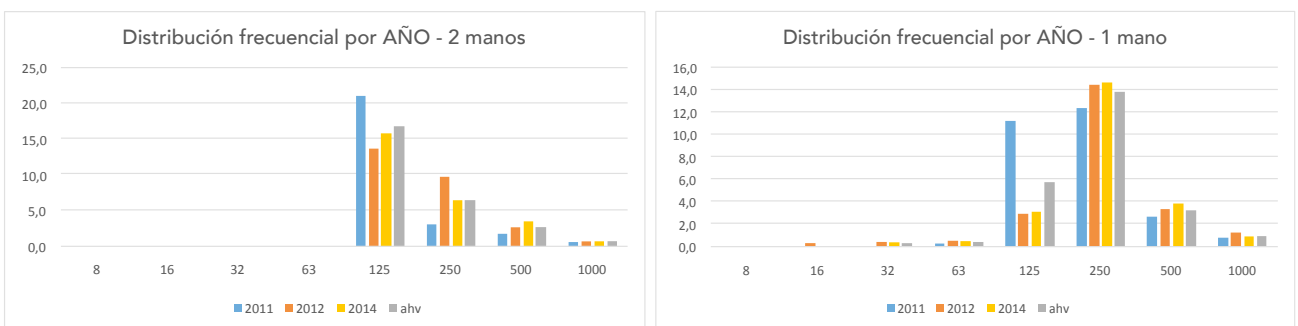
Por otra parte, la gráfica de la comparativa entre 2 manos y 1 mano (Gráfica 13) muestra un desplazamiento de la frecuencia dominante a una banda de octava superior cuando se utiliza 1 mano, de 125 Hz a 250 Hz.

Gráficas 12 y 13. Operario 1 y grano 120 - mano preferente

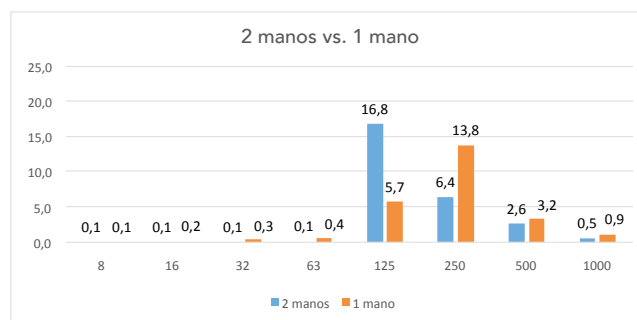


En el caso de operario 1 y grano 180, mano preferente, se observa en las gráficas de distribución frecuencial por año, tanto para 2 manos y 1 mano (Gráficas 14 y 15, respectivamente), bastante homogeneidad entre el año 2012 y 2014, y un comportamiento más irregular en el resultado obtenido en el año 2011.

Gráficas 14 y 15. Operario 1 y grano 180 - mano preferente

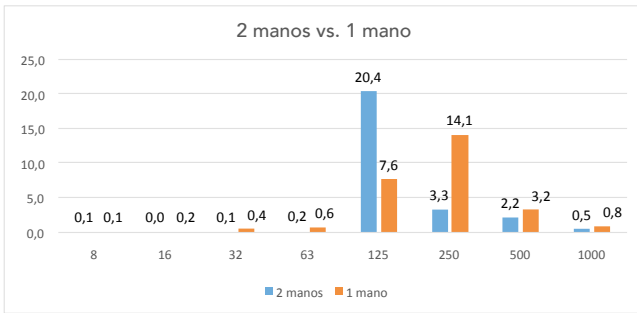


Gráfica 16. Operario 1 y grano 180 - mano preferente

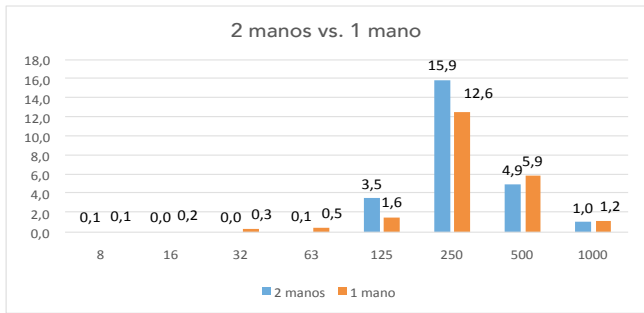


La gráfica de la comparativa en 2 manos y 1 mano (Gráfica 16) revela, como ya ocurría para un grano 120, un desplazamiento de la frecuencia dominante cuando se utiliza 1 mano de 125 a 250 Hz.

Gráfica 17. Operario 2 y grano 180 - mano preferente



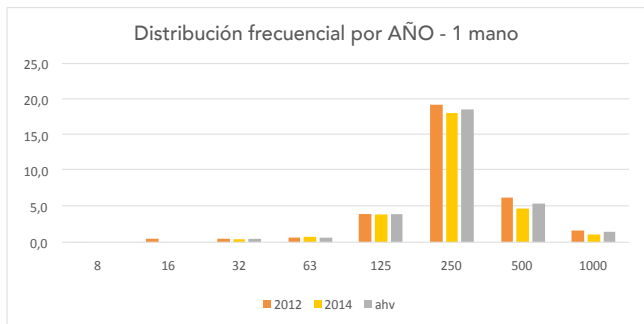
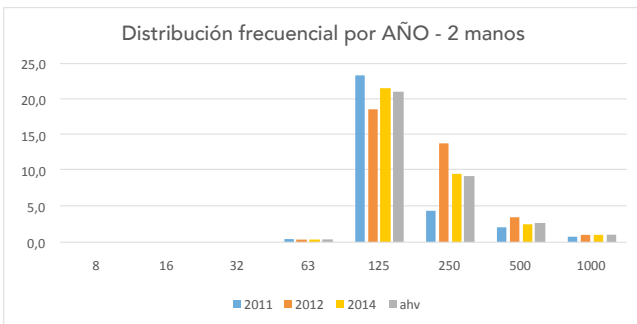
Gráfica 18. Operario 3 y grano 180 - mano preferente



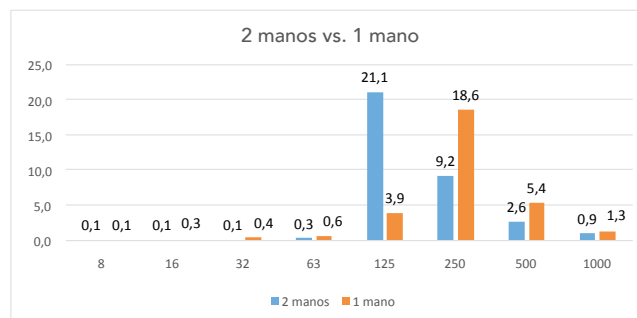
Manteniendo el mismo tamaño de grano, grano 180 para el operario 2 (Gráfica 17), se observa el mismo desplazamiento que para el operario 1. Sin embargo, para el operario 3 (Gráfica 18) coincide la frecuencia dominante, 250 Hz cuando utiliza tanto 2 manos como 1 mano.

Las gráficas que van numeradas desde 19 hasta 23 se derivan de la tabla A.6 del anexo A.

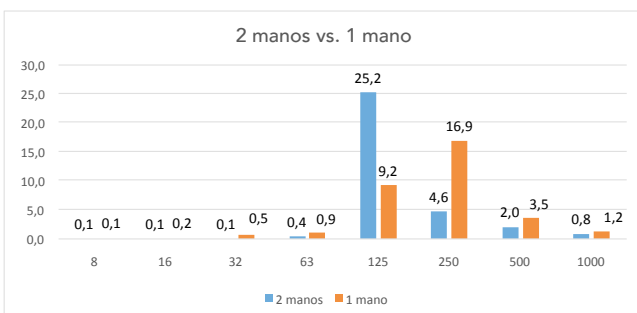
Gráficas 19 y 20. Operario 1 y grano 180 - mano guía



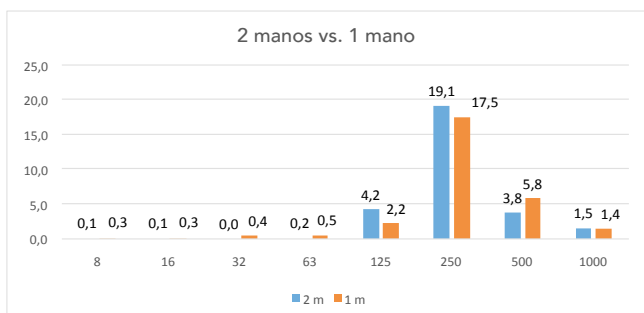
Gráfica 21. Operario 1 y grano 180 - mano guía



Gráfica 22. Operario 2 y grano 180 - mano guía



Gráfica 23. Operario 3 y grano 180 - mano guía

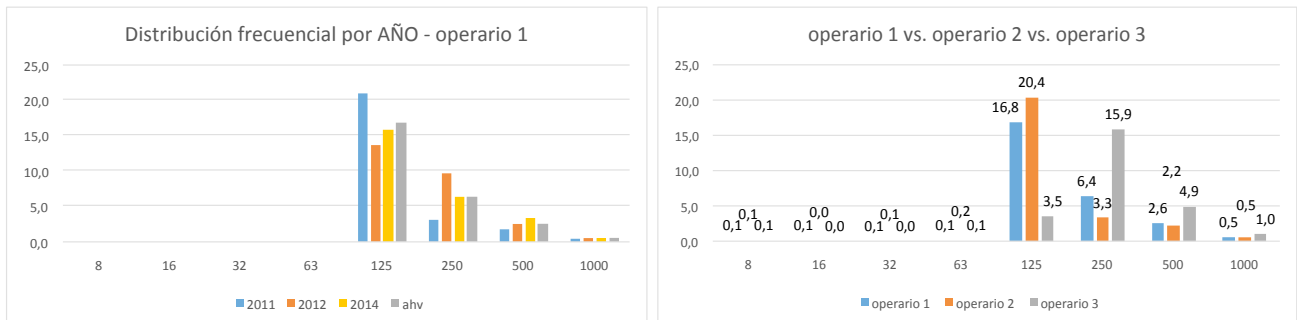


Del análisis de los resultados obtenidos para el acelerómetro localizado en la posición de la mano guía, en la comparativa entre el uso de 2 manos y 1 mano, se extraen las mismas conclusiones que para la mano preferente.

Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

De los datos mostrados en las tablas A.7 y A.8 del anexo A, se elaboran las Gráficas 24 a 27 a fin de valorar el parámetro "operario" para la mano preferente, y las Gráficas 28 a 31 para la mano guía, respectivamente.

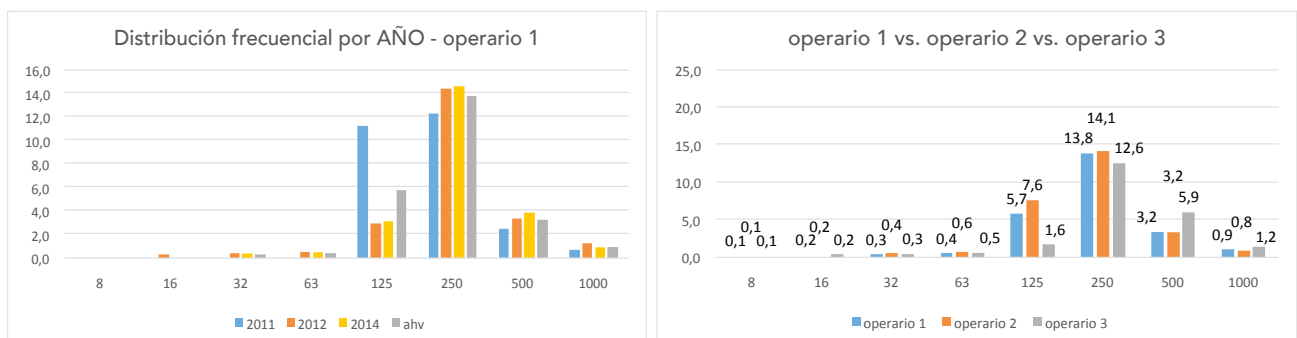
Gráficas 24 y 25. Grano 180 y 2 manos - mano preferente



La gráfica de distribución frecuencial por año correspondiente a grano 180 y 2 manos, muestra un perfil similar para los 3 años, aunque para el año 2011 la caída de la aceleración entre las bandas 125 y 250 Hz es mucho más acusada que para los otros dos años.

En la gráfica comparativa entre los 3 operarios, se observa un perfil frecuencial similar para los operarios 1 y 2, en cambio para el operario 3 el perfil está desplazado, siendo la frecuencia dominante 250, en lugar de 125 Hz.

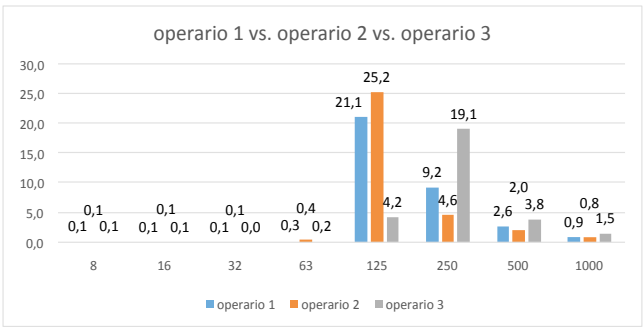
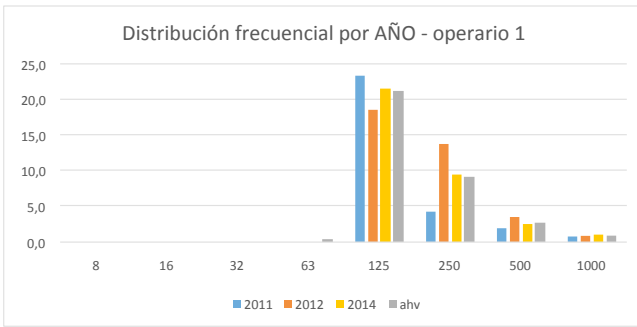
Gráficas 26 y 27. Grano 180 y 1 mano - mano preferente



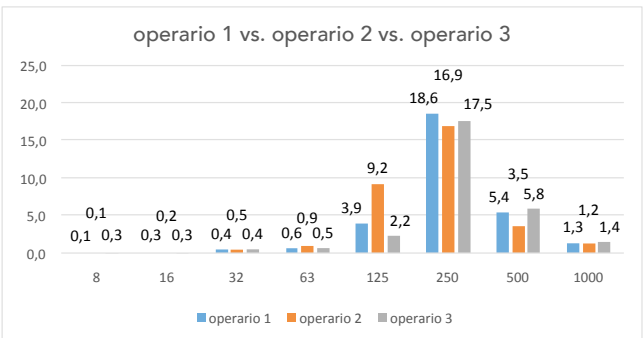
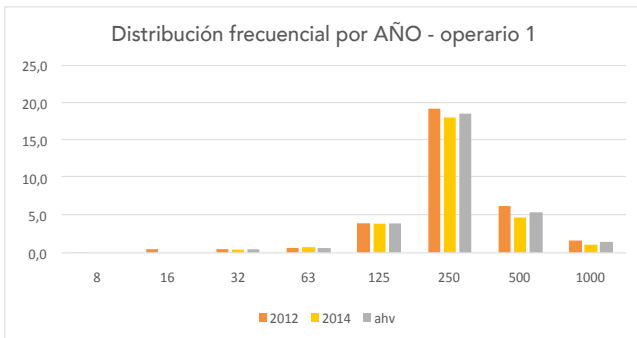
Tal como se observa en la Gráfica 26, la distribución frecuencial por año para el operario 1, grano 180 y utilizando solo una mano, muestra una distorsión para el año 2011, ya que hay dos frecuencias dominantes 125 y 250 Hz. En los ensayos de los años 2012 y 2014 se obtuvo una frecuencia dominante, 250 Hz.

En la gráfica comparativa de los 3 operarios (Gráfica 27) se observa un perfil frecuencial similar para los 3 operarios, para los que la frecuencia dominante es 250 Hz.

Gráficas 28 y 29. Grano 180 y 2 manos - mano guía



Gráficas 30 y 31. Grano 180 y 1 mano - mano guía



Para la mano guía, tanto utilizando 2 manos como una sola mano, los perfiles frecuenciales concuerdan con los obtenidos para la mano preferente (Gráficas 28 y 29) y, por tanto, se pueden aplicar los mismos comentarios, excepto que en la gráfica de distribución frecuencial por año para una sola mano (Gráfica 30) no hay registro del acelerómetro colocado en la posición de la mano guía, por lo que no hay constancia de la distorsión detectada para la mano preferente.

4.2.2 LIJADORA BOSCH GSS 230 AE

Los datos de aceleración eficaz distribuida en bandas de octava obtenidos en los ensayos para la lijadora BOSCH GSS 230 AE se adjuntan en el anexo B.

Las tablas B.1 y B.2 recogen los resultados de todos los ensayos realizados por año, especificando las condiciones bajo las cuales se realizaron, para la mano preferente y la mano guía, respectivamente. En el resto de las tablas incluidas en el anexo se reordenan las dos primeras para facilitar el análisis de los parámetros correspondientes. Se realizaron 22 ensayos para la lijadora BOSCH GSS 230 AE repartidos durante 3 años, 2011, 2012 y 2014. Se utilizó para todos los ensayos madera de pino. Se han analizado distintos parámetros para comprobar su influencia en las vibraciones. Estos parámetros son los que se enumeran a continuación:

- Posición del acelerómetro de la mano guía: **Posición 1 y posición 2**

Se ensayó para el operario 2 en el año 2011, para distintos tamaños de grano y distintas velocidades, registrándose los valores por bandas de octava para la mano preferente y la mano guía. Se adjunta esquema de posición 1 y posición 2. Los demás ensayos se realizaron con el acelerómetro en posición 1.

Figura 3. Imagen de la posición 1 del acelerómetro.



Figura 4. Imagen de la posición 2 del acelerómetro.



- Tamaño de grano de la lija: **grano 80 y grano 120**

En 2011 y 2014 se analizó la diferencia entre grano 80 y grano 120, para cada operario y cada velocidad. Todos los ensayos de 2012 se realizaron con grano 80.

- Operario: **Operario 1 y operario 2**

Se analizó la diferencia entre operario 1 y operario 2 en 2011 y 2014, puesto que en 2012 solo se hicieron ensayos con el operario 1.

- Velocidad: **Velocidad mínima y velocidad máxima**

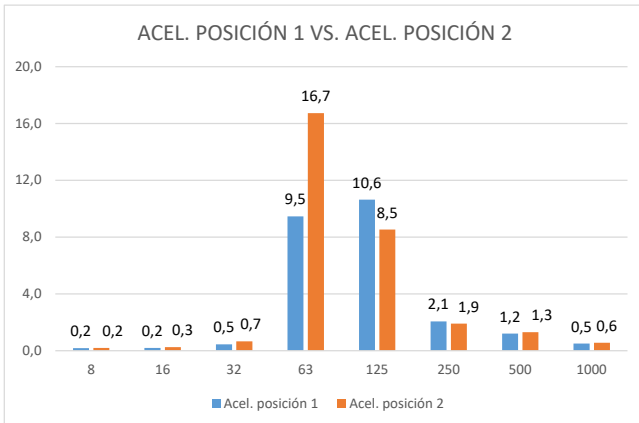
La velocidad mínima es la posición 1 del selector y la velocidad máxima corresponde a la posición 6.

Influencia de la posición del acelerómetro de la mano guía en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE

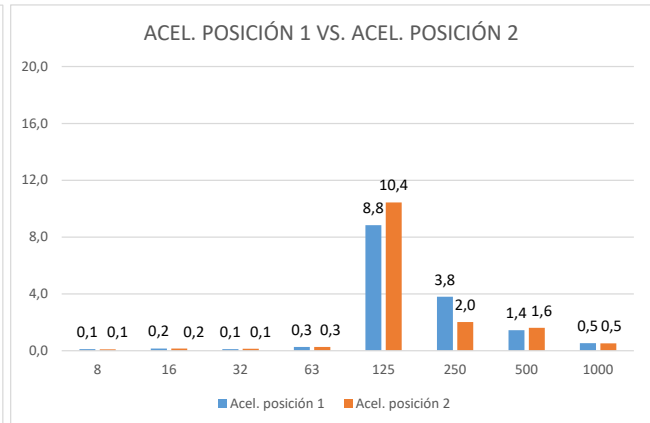
Conforme a los datos de la tabla B.3 adjunta en el anexo B, que recoge los resultados por bandas de octava para la mano preferente, se elaboran las G

ráficas 32 a 35, que analizan la influencia de la posición del acelerómetro de la mano guía en la distribución frecuencial de la vibración obtenida en la mano preferente durante las mediciones.

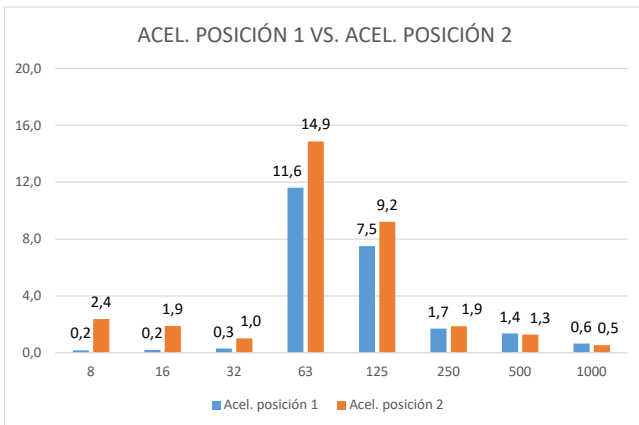
Gráfica 32. Grano 80 y $V_{mín}$ - mano preferente



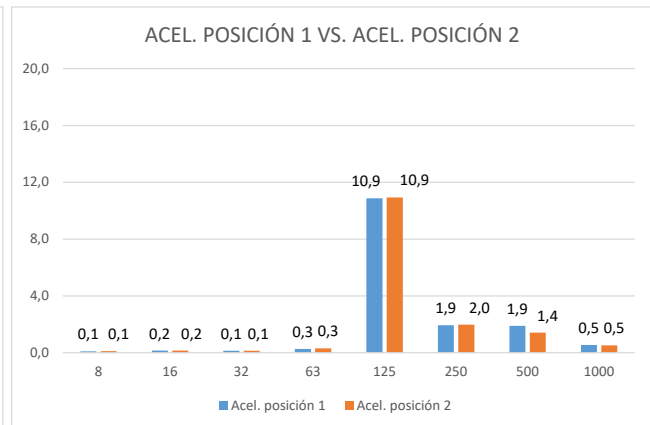
Gráfica 33. Grano 80 y $V_{máx}$ - mano preferente



Gráfica 34. Grano 120 y $V_{mín}$ - mano preferente

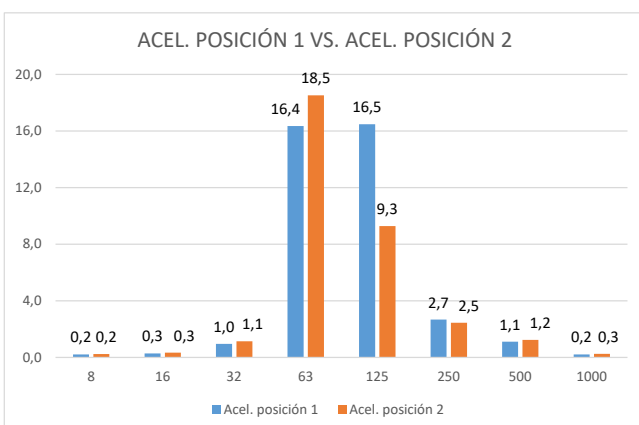


Gráfica 35. Grano 120 y $V_{máx}$ - mano preferente

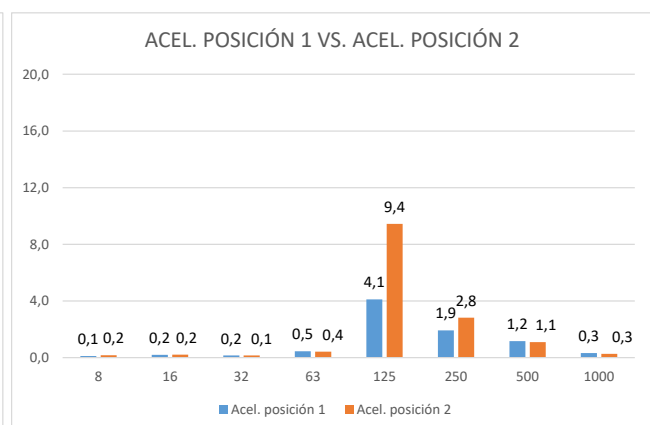


De las gráficas comparativas entre las dos posiciones alternativas del acelerómetro de la mano guía- posición 1 y posición 2 - se desprende que el perfil frecuencial registrado (Gráficas 32 a 35) por el acelerómetro de la mano preferente es similar para 3 de las 4 condiciones estudiadas en función de los parámetros tamaño de grano y velocidad. Los perfiles frecuenciales de las dos posiciones alternativas para el caso de grano 80 y velocidad mínima (Gráfica 32) presenta diferencia en el segmento de bandas de octava de 63 y 125 Hz.

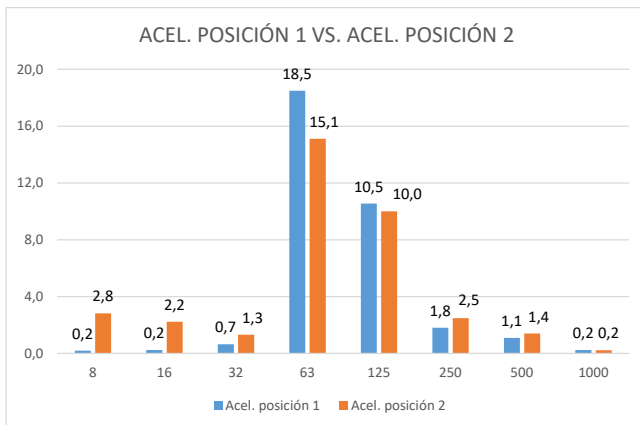
Gráfica 36. Grano 80 y $V_{mín}$ - mano guía



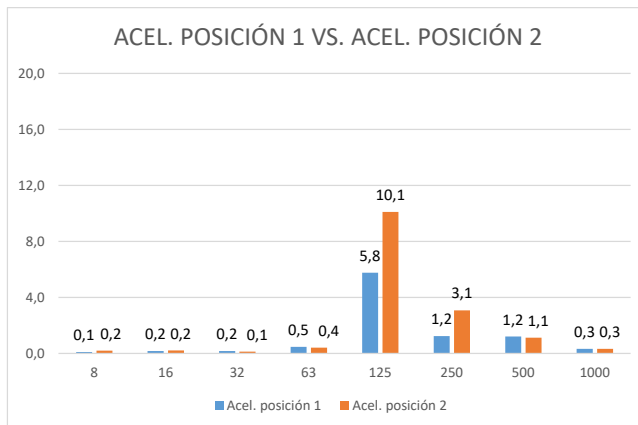
Gráfica 37. Grano 80 y $V_{máx}$ - mano guía



Gráfica 38. Grano 120 y V_{mín} - mano guía



Gráfica 39. Grano 120 y V_{máx} - mano guía



Las Gráficas 36 a 39 se confeccionan a partir de los datos de la tabla B.4 del anexo B, que contienen los resultados por bandas de octava para la mano guía. Estas gráficas permiten observar la influencia de la posición del acelerómetro de la mano guía en la distribución frecuencial de la vibración obtenida en la mano guía.

Para la mano guía se pueden hacer las mismas consideraciones realizadas para la mano preferente respecto a la comparativa entre los perfiles frecuenciales de las dos posiciones alternativas del acelerómetro de la mano guía (Gráficas 36, 37, 38 y 39). Por otra parte, se puede adelantar que para velocidad máxima el perfil frecuencial muestra una frecuencia dominante más marcada, 125 Hz, que para velocidad mínima 63 – 125 Hz (Gráficas 37 y 39 frente a las gráficas 36 y 38, para grano 80 y grano 120 respectivamente).

Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230

1. Caso operativo 1 y mano preferente: Se observa para velocidad mínima una distribución frecuencial de la aceleración por año muy variable para frecuencias medias, que son las dominantes, especialmente 63 Hz, más acusado en el caso del tamaño de grano 80, que en el de grano 120.

En cuanto a la gráfica comparativa del tamaño de grano, se observa un perfil plano para un tamaño de grano 80 en frecuencias medias, mientras que para un tamaño de grano 120 se registra un máximo a 63 Hz y un brusco descenso a 125 Hz.

Una lectura similar se puede hacer para las gráficas con velocidad máxima, aunque en el caso de tamaño de grano 80, las frecuencias dominantes están desplazadas una banda de octava superior, es decir de frecuencias medias a frecuencias media-altas. Ello se ve reflejado en la gráfica comparativa de tamaños de grano, en el que para el grano 120 el perfil de frecuencias medias, que son dominantes, es plano y para el grano 80 el perfil plano de las frecuencias dominantes está desplazado hacia la derecha, es decir al espectro medio-alto.

2. Caso operativo 2 y mano preferente: Para velocidad mínima la distribución frecuencial de la aceleración por año es muy variable para el tamaño de grano 80 a una frecuencia de 63 Hz. Para tamaño de grano 120 se han obtenido resultados muy similares en distintos años.

Respecto a la gráfica comparativa del tamaño de grano se observa un perfil inverso en frecuencias medias para cada uno de los dos tamaños de grano estudiados.

Para velocidad máxima, se vuelve a apreciar un desplazamiento de las frecuencias dominantes

hacia una banda de octava superior respecto a velocidad mínima. La variabilidad del perfil frecuencial por año no es tan acusada para grano 80, y, sin embargo, en esta ocasión sí se aprecia una variabilidad a lo largo de los años para un tamaño de grano 120. La gráfica comparativa de tamaños de grano revela perfiles frecuenciales similares para grano 80 y grano 120.

3. Caso operario 1 y mano guía: los comentarios realizados en el caso de la mano preferente para velocidad mínima son perfectamente aplicables en este caso. No hay diferencia entre mano preferente y mano guía.

Para velocidad máxima y grano 80 se han obtenido valores más homogéneos en una frecuencia de 250 Hz para la mano guía que los obtenidos a la misma frecuencia para la mano preferente. La gráfica comparativa entre los perfiles frecuenciales correspondientes a los tamaños de grano revela perfiles inversos a frecuencia medias.

4. Caso operario 2 y mano guía: Las gráficas de distribución por año tanto para los dos tamaños de grano estudiados, 80 y 120, como para las velocidades, velocidad mínima y velocidad máxima conducen a los mismos comentarios que para la mano preferente (caso 2). Igual que en el caso de la mano preferente, la gráfica comparativa de tamaños de grano revela perfiles frecuenciales similares para grano 80 y grano 120.

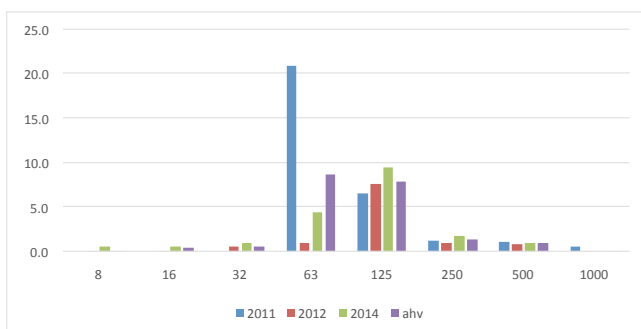
A continuación se muestran las gráficas para cada uno de estos cuatro casos:

1. Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano preferente

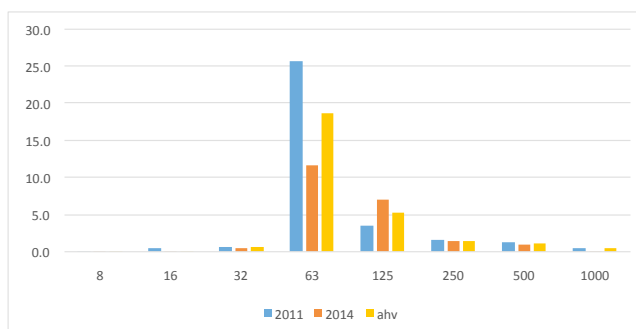
Las Gráficas 40 a 42, y las Gráficas 43 a 45 se deducen de la tabla B.5 adjunta en el anexo B, para operario 1 y mano preferente; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- OPERARIO 1 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO PREFERENTE

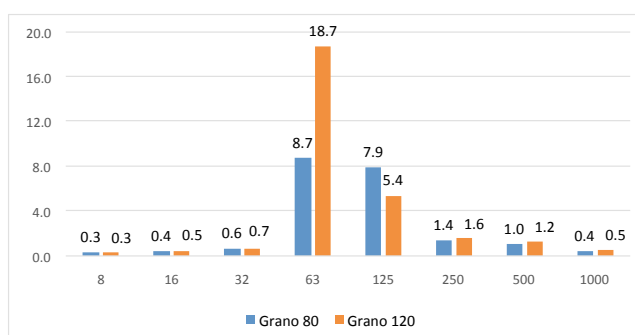
Gráfica 40. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 41. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120

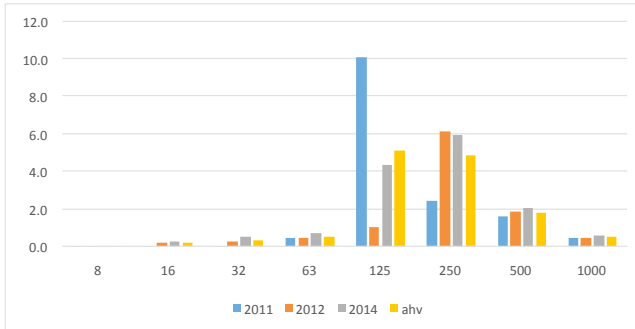


Gráfica 42. Grano 80 vs. grano 120

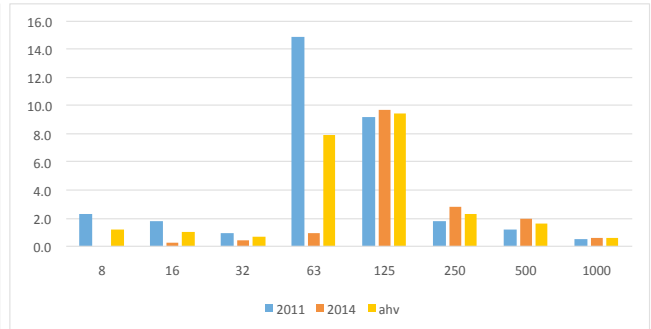


- OPERARIO 1 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO PREFERENTE

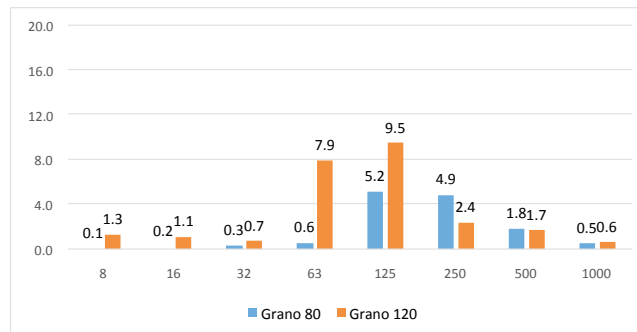
Gráfica 43. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 44. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120



Gráfica 45. Grano 80 vs. grano 120

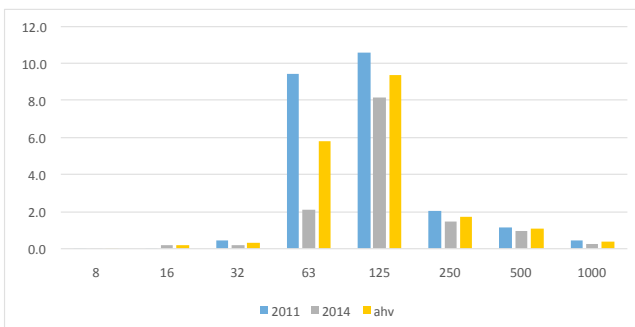


2. Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano preferente

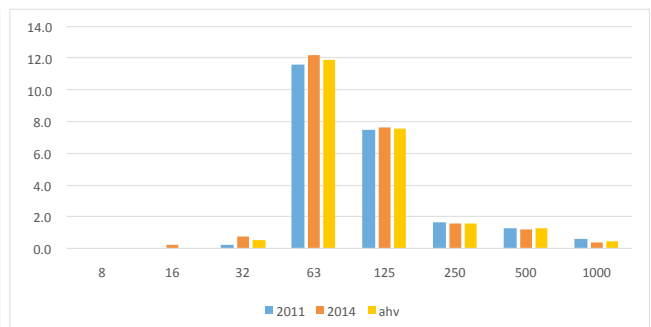
Las Gráficas 46, 47 y 48, y las Gráficas 49, 50 y 51 se deducen de la tabla B.6 adjunta en el anexo B, para operario 2 y mano preferente; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- OPERARIO 2 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO PREFERENTE

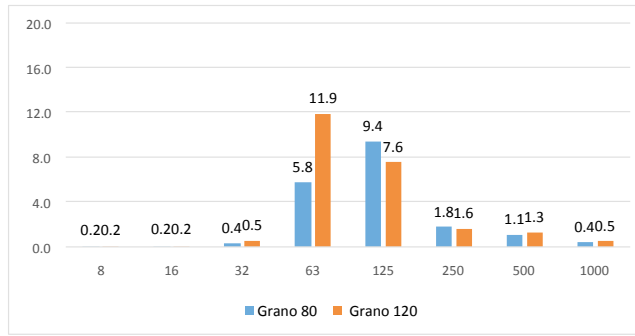
Gráfica 46. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 47. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120

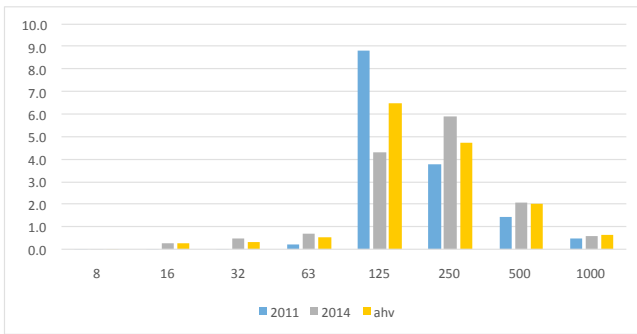


Gráfica 48. Grano 80 vs. grano 120

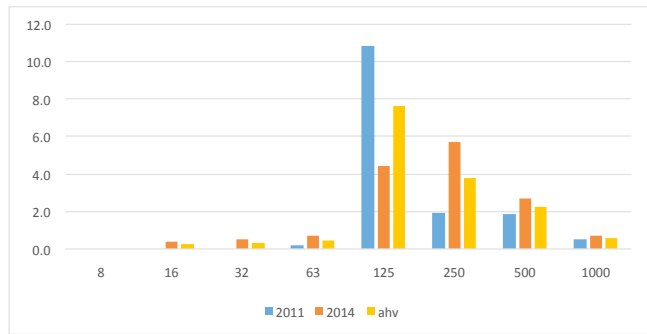


- OPERARIO 2 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO PREFERENTE

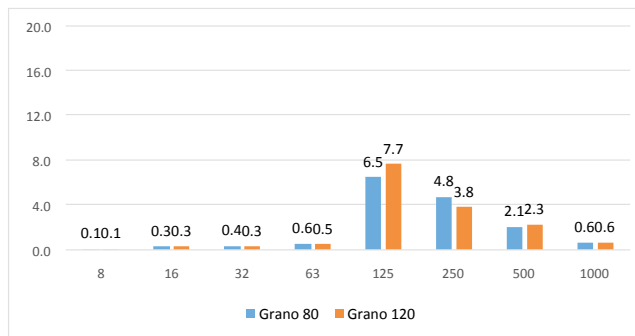
Gráfica 49. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 50. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120



Gráfica 51. Grano 80 vs. grano 120

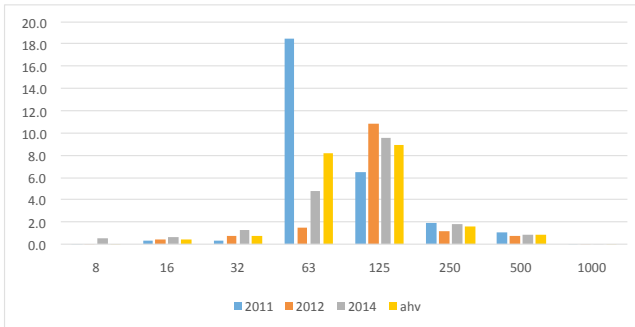


3. Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano guía

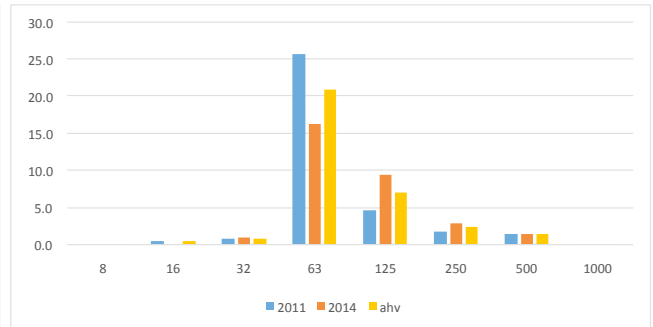
Las gráficas 52, 53 y 54, y las gráficas 55, 56 y 57 se deducen de la tabla B.7 adjunta en el anexo B, para operario 1 y mano guía; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- OPERARIO 1 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO GUÍA

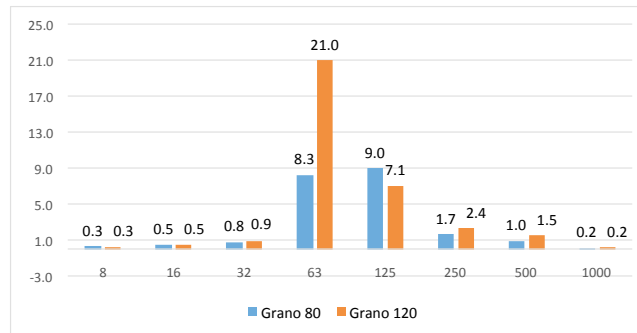
Gráfica 52. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 53. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120

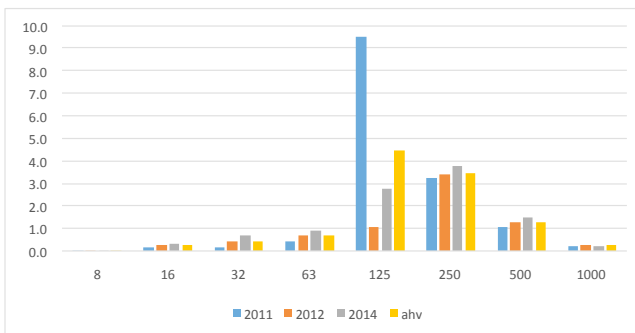


Gráfica 54. Grano 80 vs. grano 120

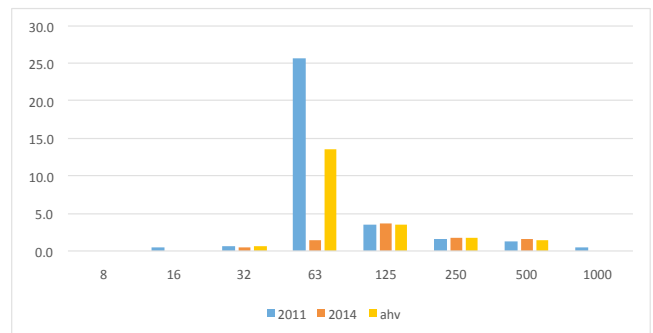


- OPERARIO 1 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO GUÍA

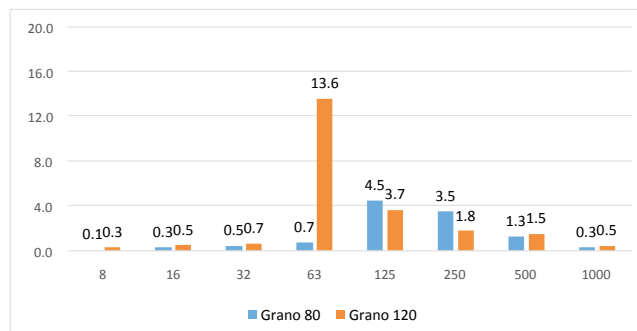
Gráfica 55. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 56. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120



Gráfica 57. Grano 80 vs. grano 120

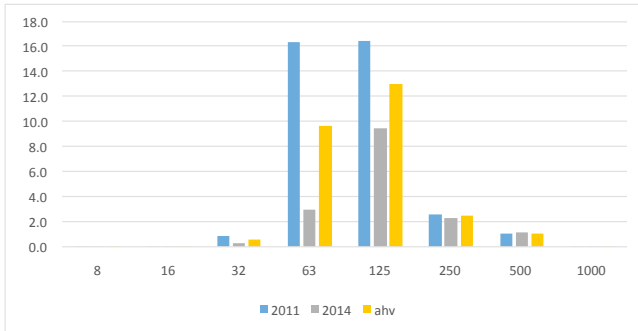


4. Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano guía

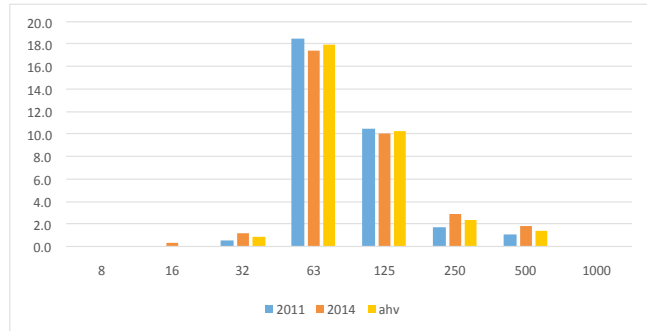
Las Gráficas 58, 59 y 60, y Gráficas 61,62 y 63 se deducen de la tabla B.8 adjunta en el anexo B, para operario 2 y mano guía; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- OPERARIO 2 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO GUÍA

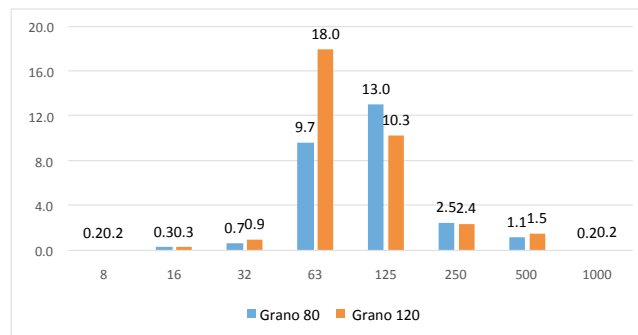
Gráfica 58. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 59. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120

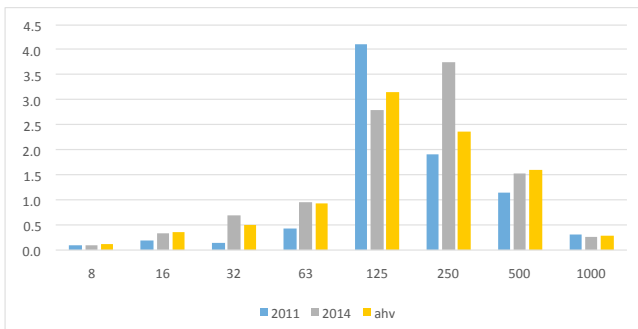


Gráfica 60. Grano 80 vs. grano 120

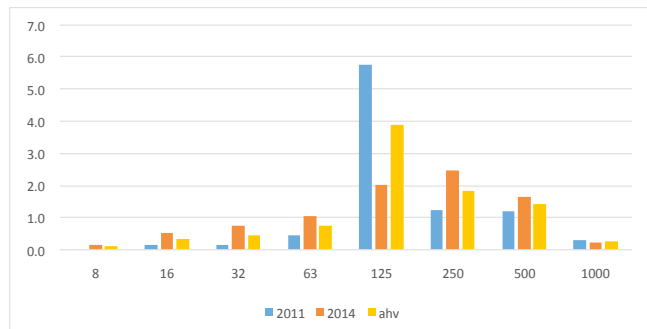


- OPERARIO 2 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO GUÍA

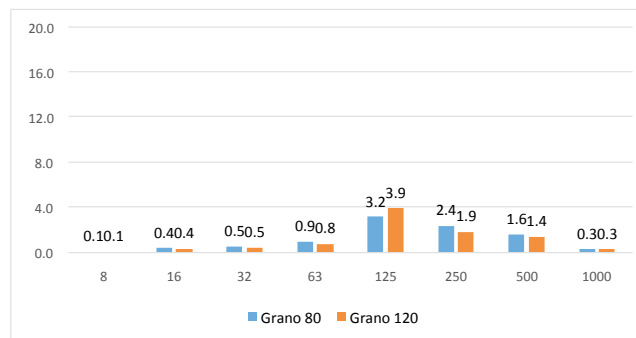
Gráfica 61. Distribución frecuencial por AÑO - grano 80



Gráfica 62. Distribución frecuencial por AÑO - grano 120



Gráfica 63. Grano 80 vs. grano 120



Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230

1. Caso grano 80 y mano preferente: Se observa para velocidad mínima una distribución frecuencial de la aceleración por año muy variable para 63 Hz, para ambos operarios.

En cuanto a la gráfica comparativa de operarios, se observa un perfil frecuencial inverso entre ambos operarios en el segmento de frecuencias medias, que son las dominantes.

Para velocidad máxima, también se desprende de las gráficas de distribución frecuencial por años una variabilidad notable entre diferentes años, y por otra parte un desplazamiento de las frecuencias dominantes del intervalo 63 – 125 Hz al intervalo de frecuencias medias – altas, 125 -250 Hz. Las gráficas comparativo entre ambos operarios revela perfiles frecuenciales similares.

2. Caso grano 120 y mano preferente: Para velocidad mínima la distribución frecuencial de la aceleración por año es muy variable para el operario 1 a una frecuencia de 63 Hz. Para el operario 2 se han obtenido resultados prácticamente idénticos en distintos años.

Respecto a la gráfica comparativa del tamaño de grano se observa un perfil similar con un máximo a una frecuencia de 63 Hz. La caída de la aceleración a 125 Hz es más acusada para el operario 1 que para el operario 2.

Para velocidad máxima ocurre, al contrario, el operario 1 registra valores de aceleraciones por banda de octava muy estables en el tiempo, mientras que el operario 2 es más variable en el tiempo. Se vuelve a apreciar un desplazamiento de las frecuencias dominantes hacia una banda de octava superior respecto a velocidad mínima. La gráfica comparativa de operarios revela perfiles frecuenciales similares para el operario 1 y el operario 2.

3. Caso grano 80 y mano guía: Los comentarios realizados en el caso de la mano preferente para velocidad mínima son perfectamente aplicables en los gráficos de distribución frecuencial por año. La gráfica comparativa de los perfiles frecuenciales entre ambos operarios es similar.

Para velocidad máxima se han obtenido distribuciones frecuenciales muy parecidas a las obtenidas para velocidad mínima, sólo que desplazada hacia la derecha. De la gráfica comparativa de los perfiles frecuenciales entre ambos operarios se desprende que son muy similares.

4. Caso grano 120 y mano guía: Las gráficas de distribución por año para velocidad mínima muestra poca variabilidad en el tiempo para cualquiera de los dos operarios sobre los que han realizado los ensayos. La gráfica comparativa entre ambos operarios revela con los

perfiles frecuenciales de ambos operarios son similares siendo más acusada la caída del operario 1 al pasar de 63 a 125 Hz.

A velocidad máxima, existe más variabilidad en el tiempo a frecuencias medias para ambos operarios. Los perfiles frecuenciales entre ambos operarios difieren en gran medida, sobre todo por la aceleración registrada para el operario 1 a 63 Hz, debido al elevado nivel registrado en el año 2011, 25.67 m/s², que contrasta con el obtenido en el ensayo de 2014, 1.49 m/s². Lo que, sumado al desplazamiento de la frecuencia dominante a frecuencias superiores al incrementar la velocidad, que se viene comentando en el informe parece indicar que algún error no identificado pudo ocurrir durante la medición.

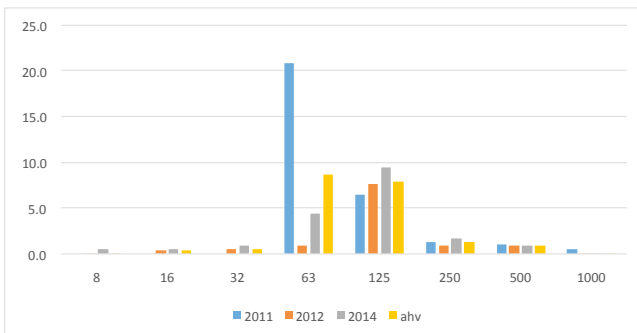
A continuación se muestran las gráficas para cada uno de estos cuatro casos:

1. Influencia del operario en el perfil frecuenciale de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Grano 80 y mano preferente

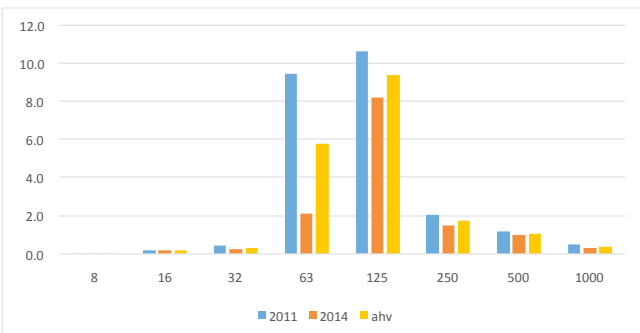
Las Gráficas 64, 65 y 66, y las Gráficas 67, 68 y 69 se deducen de la tabla B.9 adjunta en el anexo B, para tamaño de grano 80 y mano preferente; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- GRANO 80 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO PREFERENTE

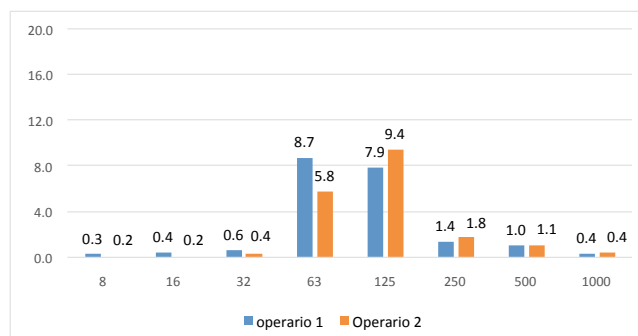
Gráfica 64. Distribución frecuenciale por AÑO - operario 1



Gráfica 65. Distribución frecuenciale por AÑO - operario 2

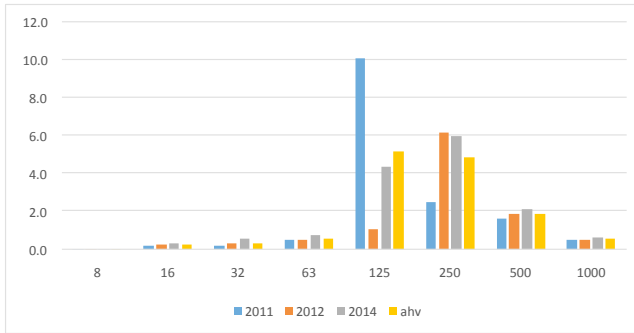


Gráfica 66. Operario 1 vs. operario 2

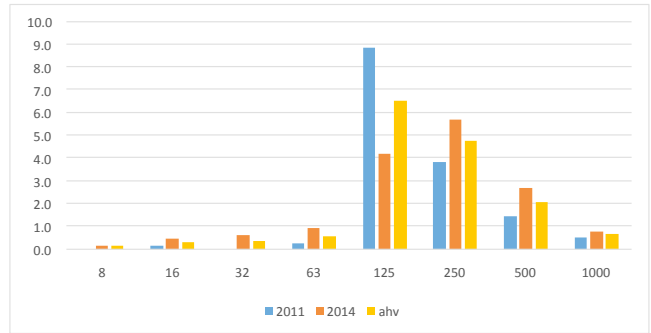


- GRANO 80 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO PREFERENTE

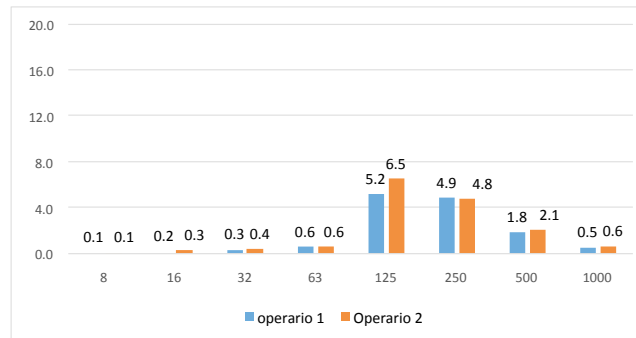
Gráfica 67. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 68. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2



Gráfica 69. Operario 1 vs. operario 2

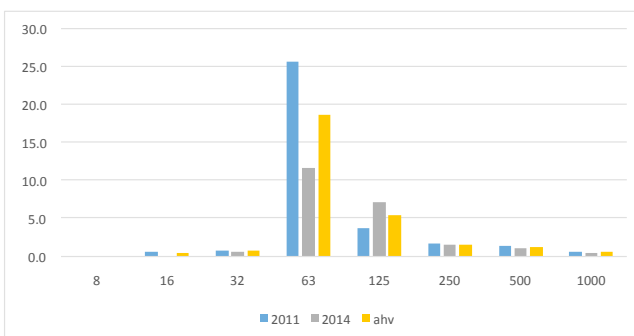


2. Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Grano 120 y mano preferente

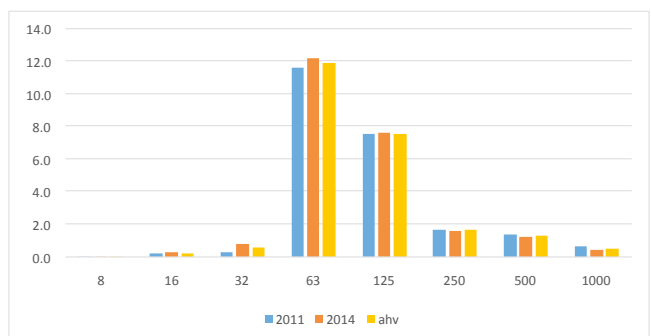
Las Gráficas 70, 71 y 72, y las Gráficas 73, 74 y 75 se deducen de la tabla B.10 adjunta en el anexo B, para tamaño de grano 120 y mano preferente; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- GRANO 120 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO PREFERENTE

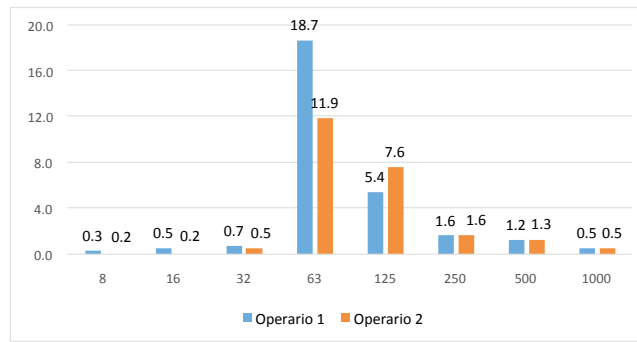
Gráfica 70. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 71. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2

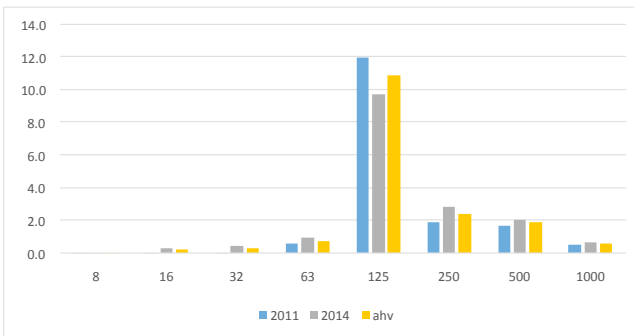


Gráfica 72. Operario 1 vs. operario 2

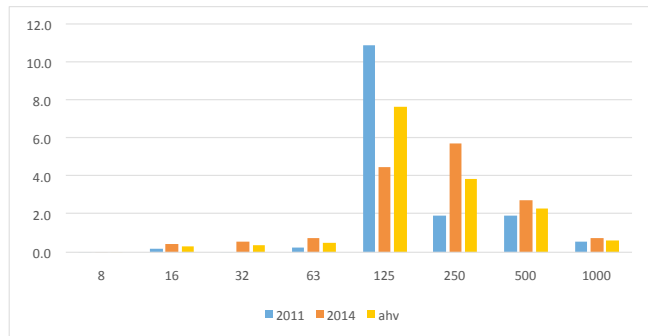


- GRANO 120 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO PREFERENTE

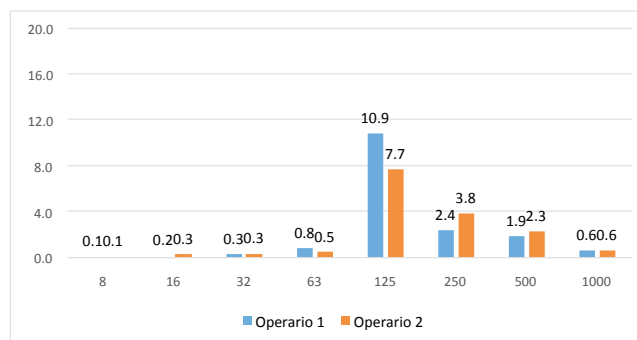
Gráfica 73. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 74. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2



Gráfica 75. Operario 1 vs. operario 2

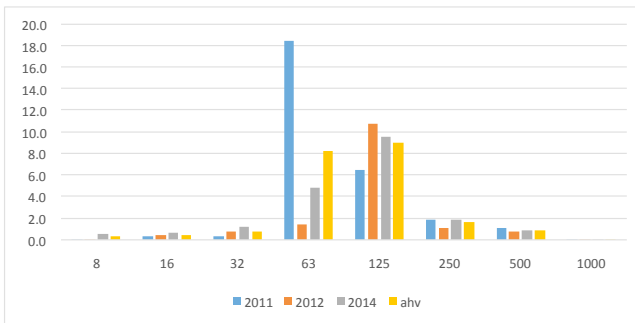


3. Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Grano 80 y mano guía

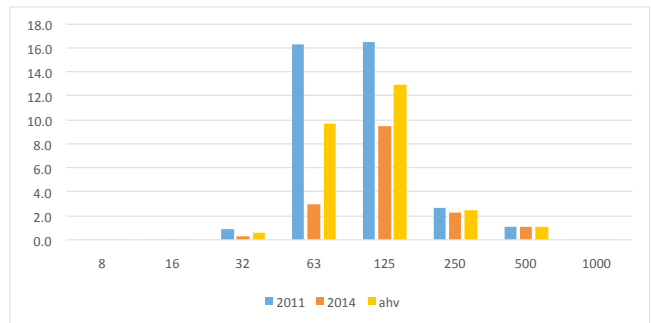
Las Gráficas 76, 77 y 78, y las Gráficas 79, 80 y 81 se deducen de la tabla B.11 adjunta en el anexo B, para tamaño de granos 80 y mano guía; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- GRANO 80 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO GUÍA

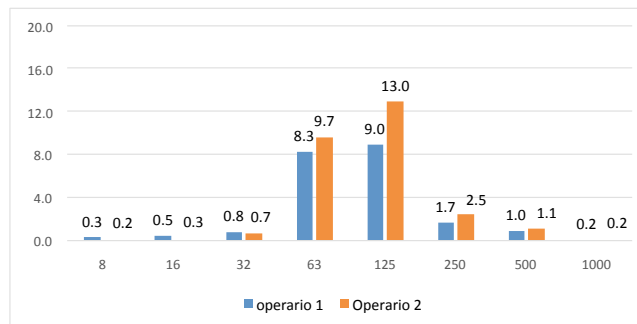
Gráfica 76. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 77. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2

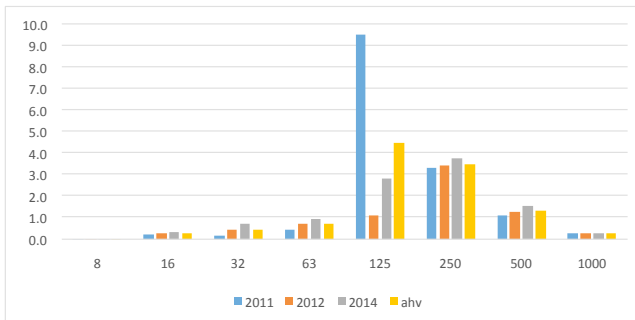


Gráfica 78. Operario 1 vs. operario 2

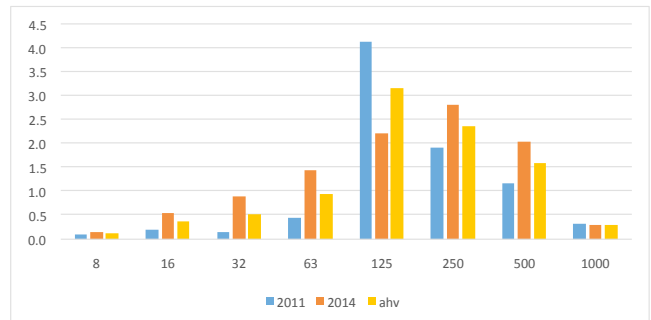


- GRANO 80 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO GUÍA

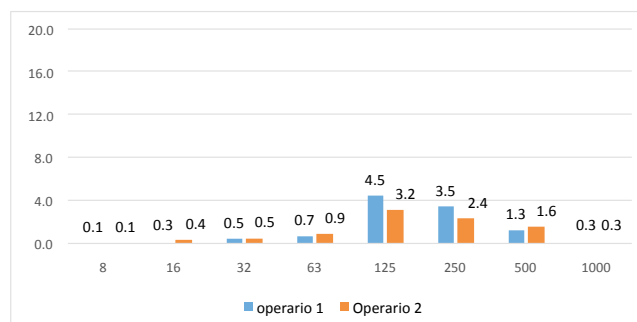
Gráfica 79. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 80. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2



Gráfica 81. Operario 1 vs. operario 2

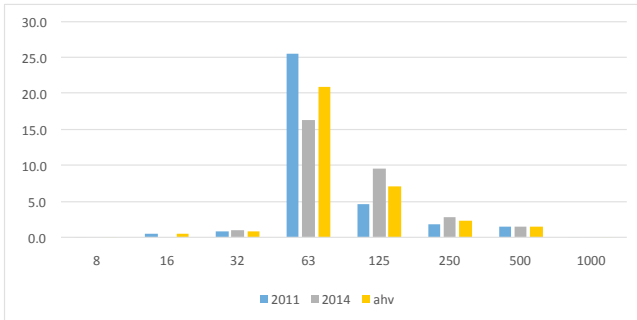


4. Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Grano 120 y mano guía

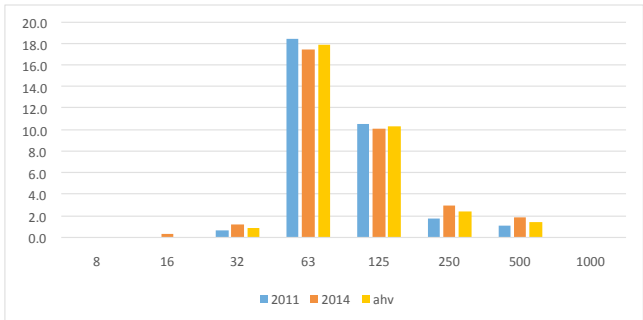
Las Gráficas 82, 83 y 84, y las Gráficas 85, 86 y 87 se deducen de la tabla B.12 adjunta en el anexo B, para tamaño de grano 120 y mano guía; para velocidad mínima y velocidad máxima, respectivamente.

- GRANO 120 + VELOCIDAD MÍNIMA + MANO GUÍA

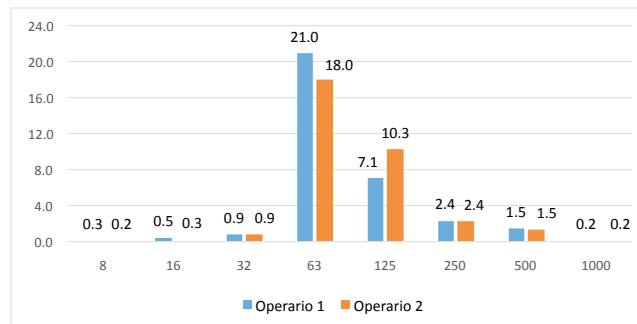
Gráfica 82. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 83. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2

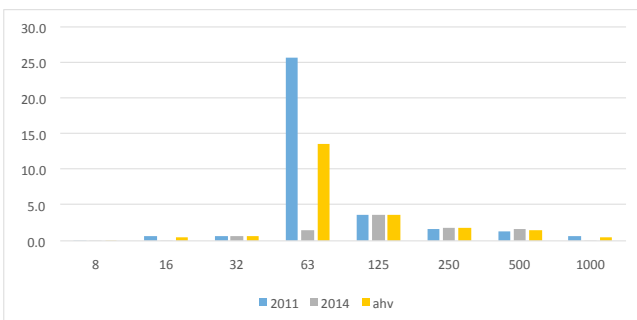


Gráfica 84. Operario 1 vs. operario 2

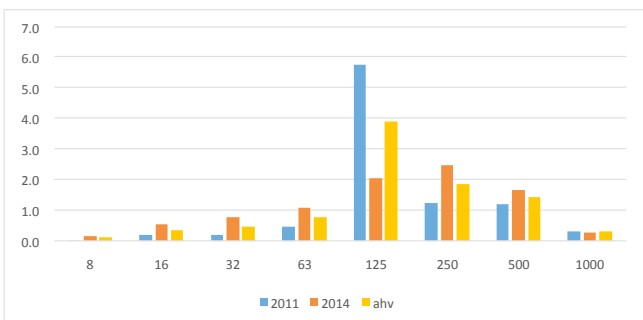


- GRANO 120 + VELOCIDAD MÁXIMA + MANO GUÍA

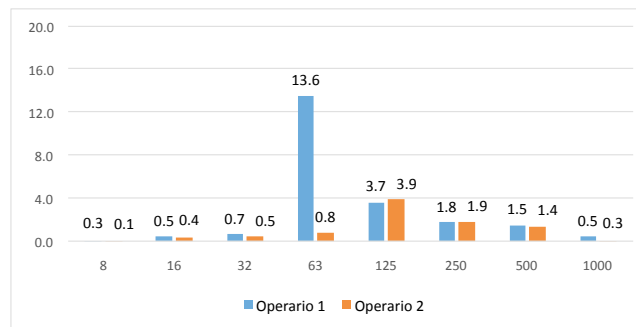
Gráfica 85. Distribución frecuencial por AÑO - operario 1



Gráfica 86. Distribución frecuencial por AÑO - operario 2



Gráfica 87. Operario 1 vs. operario 2



Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE

1. Caso operario 1 y mano preferente: En el caso de grano 80, se observa para velocidad mínima una distribución frecuencial de la aceleración por año muy variable para una frecuencia de 63 Hz. Para velocidad máxima se obtuvo valores muy variables en los diferentes años a una frecuencia de 125 Hz.

En cuanto a la gráfica comparativa de la velocidad, se observan perfiles frecuenciales similares, teniendo en cuenta que el perfil de velocidad máxima está desplazada una banda de octava superior respecto a la velocidad mínima. Para velocidad mínima las frecuencias dominantes son 63 y 125 Hz, mientras que para velocidad máxima las frecuencias dominantes son 125 y 250 Hz.

Para las gráficas con grano 120, la variabilidad temporal del perfil frecuencial para cualquiera de las velocidades es mucho menor que en el caso de un tamaño de grano 80. La gráfica comparativa entre velocidades revela perfiles frecuenciales semejantes, aunque con el desplazamiento señalado en el párrafo anterior.

2. Caso operario 2 y mano preferente: Las gráficas de distribución frecuencial por año correspondientes tanto a velocidad mínima como a velocidad máxima desvelan cierta variabilidad, menos acusada que en el caso anterior. Los perfiles frecuenciales de cada una de las velocidades para grano 80 no son tan similares, ya que la curva de velocidad mínima es creciente entre 63 y 125 Hz y la de velocidad máxima es decreciente entre 125 y 250 Hz. Aquí también la curva de la velocidad máxima muestra el desplazamiento hacia la derecha respecto a la curva de la velocidad mínima.

Para grano 120, la variabilidad temporal también es menor que para grano 80. La gráfica comparativa entre velocidades muestra perfiles frecuenciales similares con el desplazamiento señalado anteriormente.

3. Caso operario 1 y mano guía: Los comentarios realizados en el caso de la mano preferente para tamaño de grano 80 y velocidad mínima son perfectamente aplicables en este caso. No hay diferencia entre mano preferente y mano guía.

Para velocidad máxima y grano 80 se han obtenido valores más homogéneos temporalmente en una frecuencia de 250 Hz para la mano guía que los obtenidos a la misma frecuencia para la mano preferente. La gráfica comparativa entre los perfiles frecuenciales correspondientes a las velocidades revela perfiles inversos a frecuencias medias y medias-altas, aunque el perfil a esas frecuencias es bastante plano tanto para velocidad mínima como para velocidad máxima.

Para grano 120 y velocidad mínima se ha registrado baja variabilidad en el tiempo, mientras que para velocidad máxima se obtuvo una gran variabilidad a una frecuencia de 63 Hz, al obtenerse en 2011 una aceleración muy elevada, por encima de 25 m/s². Este es el único caso en el que no se observa un desplazamiento hacia la derecha de la curva de velocidad máxima con respecto a la curva de velocidad mínima.

4. Caso operario 2 y mano guía: Las gráficas de distribución por año, tanto para el tamaño de grano 80 como para velocidad mínima, presentan gran variabilidad a lo largo de los años; para velocidad máxima se obtuvo poca variabilidad y valores muy bajos. La gráfica comparativa entre velocidades muestra perfiles inversos en las frecuencias medias y medias-altas.

En cuanto al tamaño de grano 120, se observa menor variabilidad temporal que para tamaño de grano 80. La gráfica comparativa entre velocidad mínima y velocidad máxima presenta perfiles similares, con el desplazamiento hacia la derecha de la segunda respecto a la primera.

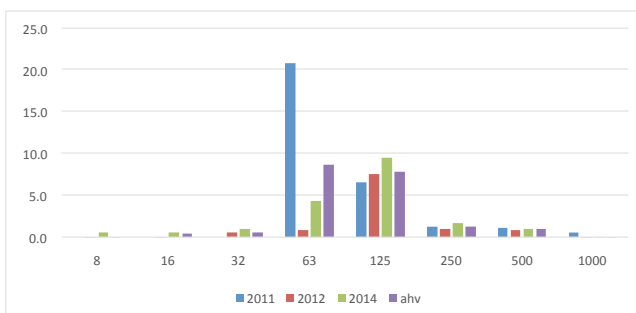
A continuación, se muestran las gráficas para cada uno de estos cuatro casos:

1. Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano preferente.

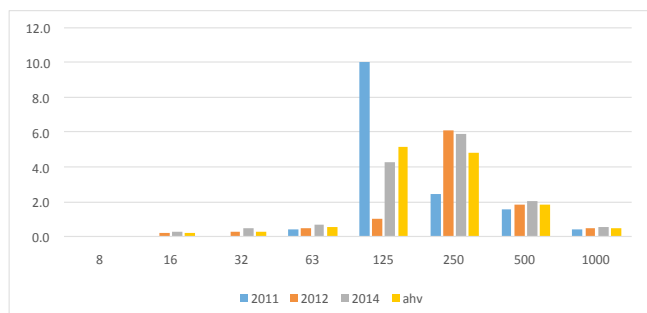
Las Gráficas 88, 89 y 90, y las Gráficas 91, 92 y 93 se deducen de la tabla B.13 adjunta en el anexo B, para operario 1 y mano preferente; para tamaño de grano 80 y tamaño de grano 120, respectivamente.

- OPERARIO 1 + GRANO 80 + MANO PREFERENTE

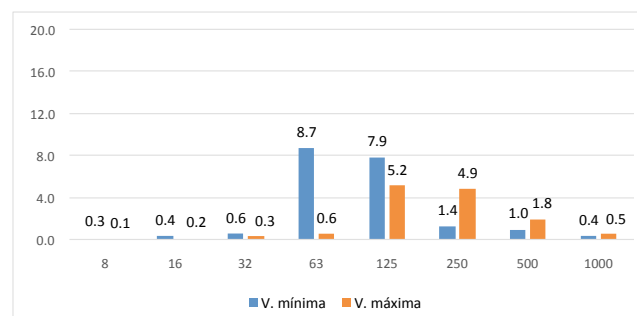
Gráfica 88. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 89. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima

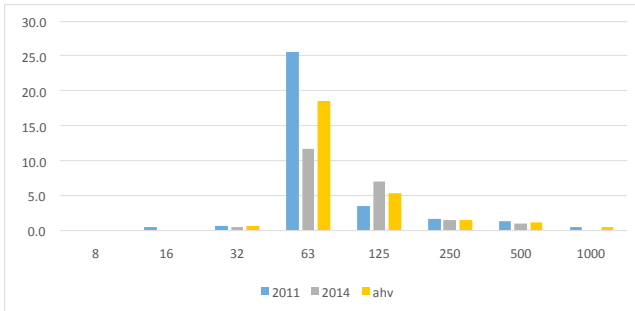


Gráfica 90. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

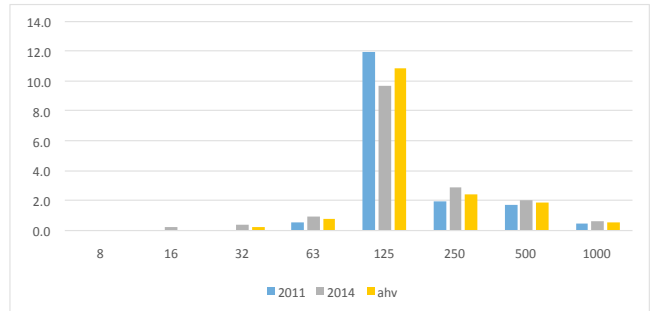


- OPERARIO 1 + GRANO 120 + MANO PREFERENTE

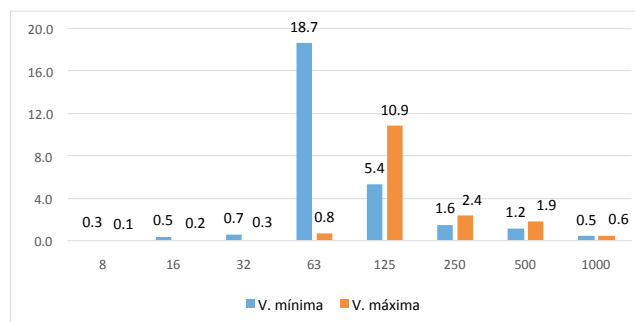
Gráfica 91. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 92. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima



Gráfica 93. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

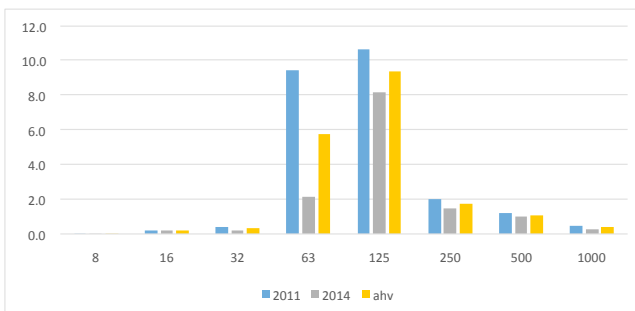


2. Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano preferente

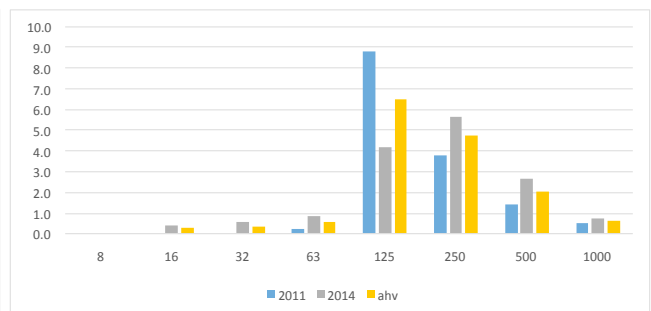
Las Gráficas 94, 95 y 96, y las Gráficas 97, 98 y 99 se deducen de la tabla B.14 adjunta en el anexo B, para operario 2 y mano preferente; para tamaño de grano 80 y tamaño de grano 120, respectivamente.

- OPERARIO 2 + GRANO 80 + MANO PREFERENTE

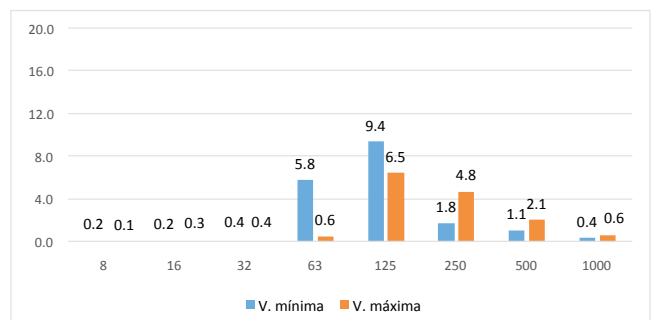
Gráfica 94. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 95. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima

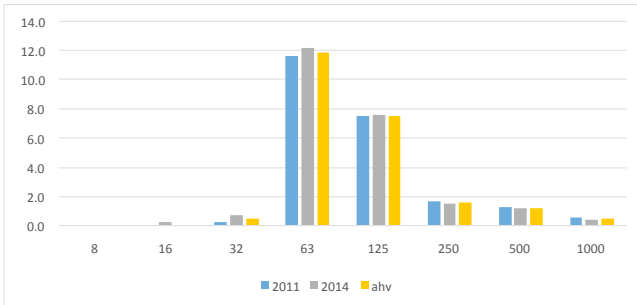


Gráfica 96. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

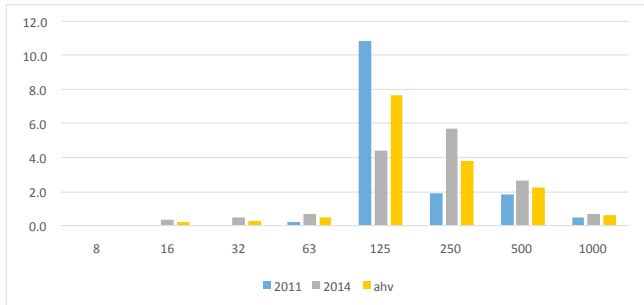


- OPERARIO 2 + GRANO 120 + MANO PREFERENTE

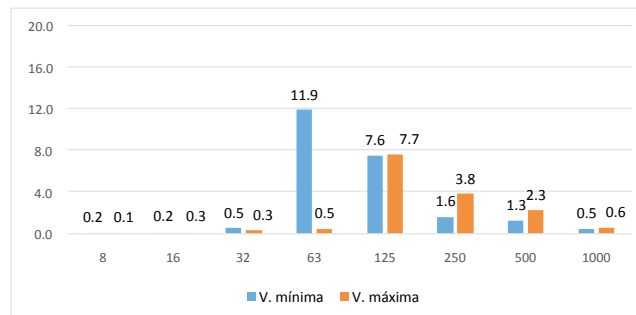
Gráfica 97. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 98. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima



Gráfica 99. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

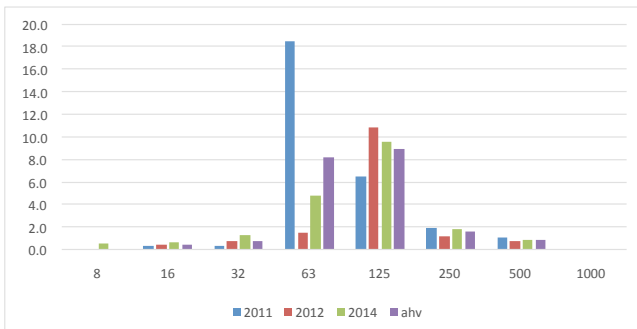


3. Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano guía.

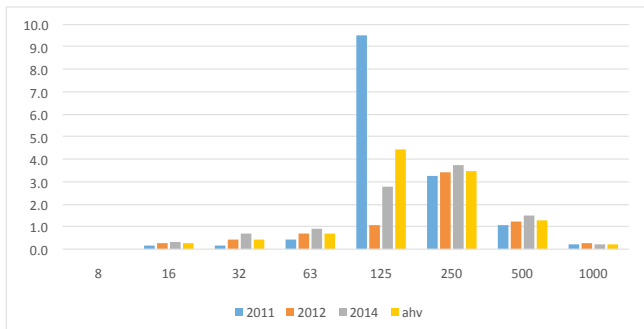
Las Gráficas 100, 101 y 102, y las Gráficas 103, 104 y 105 se deducen de la tabla B.15 adjunta en el anexo B, para operario 1 y mano guía; para tamaño de grano 80 y tamaño de grano 120, respectivamente

- OPERARIO 1 + GRANO 80 + MANO GUÍA

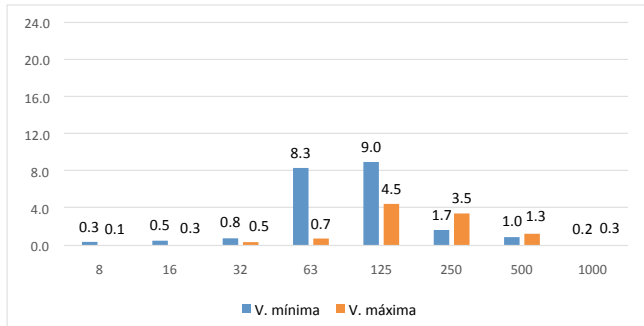
Gráfica 100. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 101. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima

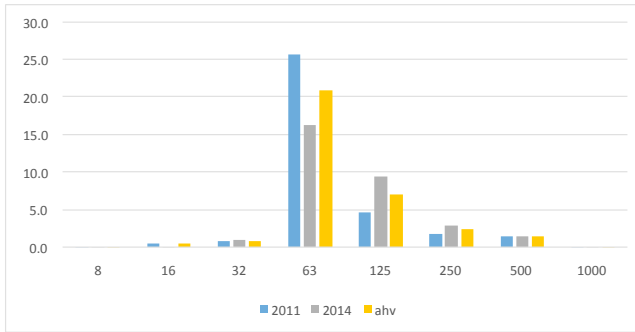


Gráfica 102. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

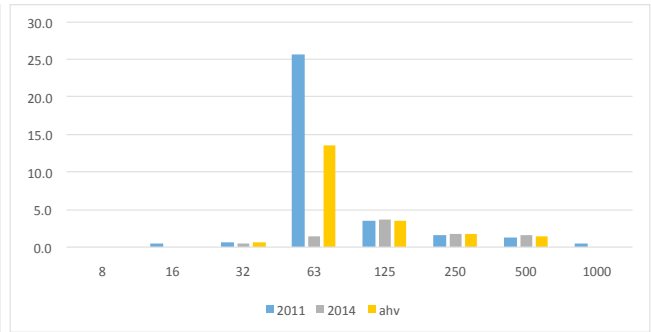


- OPERARIO 1 + GRANO 120 + MANO GUÍA

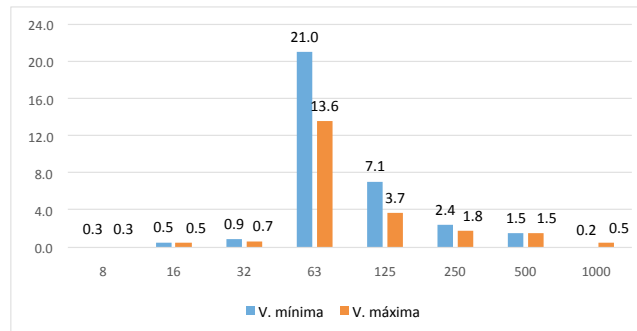
Gráfica 103. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 104. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima



Gráfica 105. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

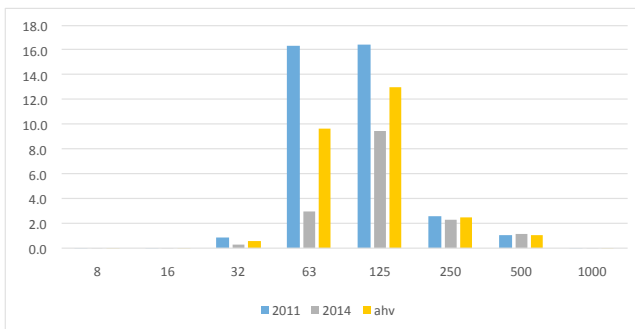


4. Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano guía.

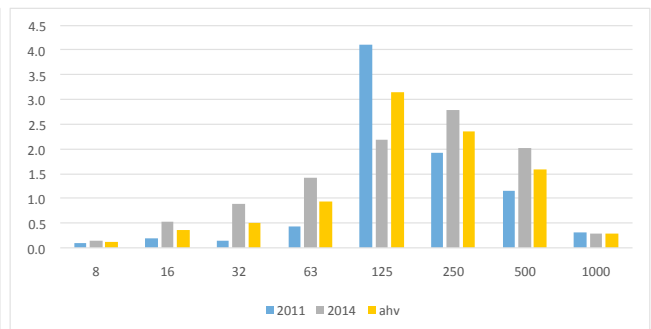
Las Gráficas 106, 107 y 108, y las Gráficas 109, 110 y 111 se deducen de la tabla B.16 adjunta en el anexo B, para operario 2 y mano guía; para tamaño de grano 80 y tamaño de grano 120, respectivamente

- OPERARIO 2 + GRANO 80 + MANO GUÍA

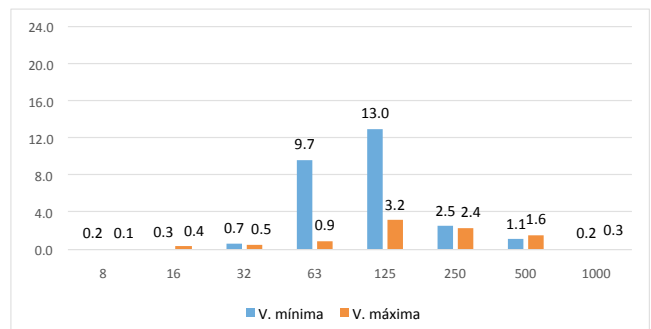
Gráfica 106. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 107. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima

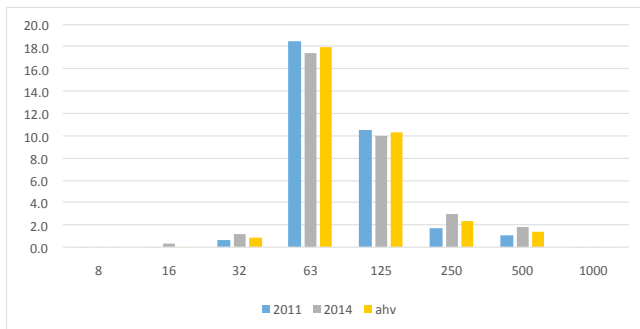


Gráfica 108. Velocidad mínima vs. velocidad máxima

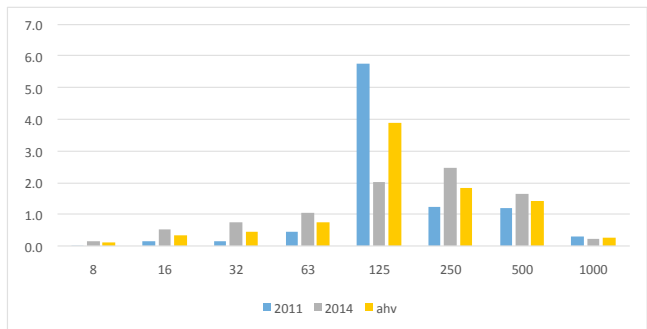


- OPERARIO 2 + GRANO 120 + MANO GUÍA

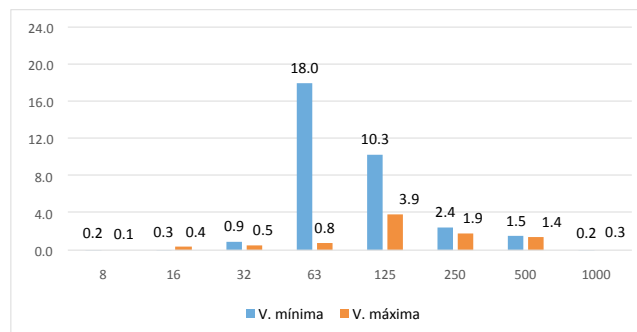
Gráfica 109. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad mínima



Gráfica 110. Distribución frecuencial por AÑO - velocidad máxima



Gráfica 111. Velocidad mínima vs. velocidad máxima



5 CONCLUSIONES SOBRE EL ANÁLISIS FRECUENCIAL EN LIJADORAS

1. Respecto al parámetro **tamaño de grano** se concluye que los perfiles frecuenciales de la lijadora BOSCH PSS 180A son similares para distintos tamaños de grano, presentando en algunos casos perfiles más suavizados. En el caso de la lijadora BOSCH GSS 230 AE se obtuvieron resultados dispares dependiendo del operario y de la velocidad, de forma que en algunos casos los perfiles frecuenciales de distintos tamaños de grano eran similares, en otros inversos. En alguna ocasión sin llegar a ser inversos, para un tamaño de grano el perfil presentaba cambios bruscos; para otro tamaño de grano el perfil no variaba tanto.
2. En cuanto al parámetro **material**, que solo fue estudiado en la lijadora BOSCH PSS 180A, los resultados permiten concluir que el material no influye en el perfil frecuencial de la aceleración, ya que los perfiles obtenidos para los dos materiales utilizados en los ensayos, contrachapado y madera de pino son prácticamente idénticos.
3. En referencia al parámetro **número de manos** utilizadas durante los ensayos, que solo fue considerado en la lijadora BOSCH PSS 180A, se produce un desplazamiento de la frecuencia dominante, de 125 a 250 Hz, al pasar de dos manos a una mano. Los perfiles frecuenciales no son similares para dos de los tres operarios sobre los que se hizo el estudio. Sin embargo, para el tercer operario los perfiles frecuenciales correspondientes al uso de dos manos frente a una mano sí son similares, siendo la frecuencia dominante de 250 Hz para ambos casos.
4. Analizado el parámetro **posición del acelerómetro de la mano guía** solo para la lijadora BOSCH 230 AE se concluye que para velocidad máxima los perfiles frecuenciales de ambas posiciones del acelerómetro son prácticamente idénticos, independientemente del tamaño de grano. Sin embargo, para velocidad mínima el hecho de que los perfiles frecuenciales sean similares depende del tamaño de grano, respecto a la posición del acelerómetro de la mano guía.
5. El parámetro **velocidad** solo fue considerado en los ensayos de la lijadora BOSCH 230 AE. No se puede concluir si los perfiles frecuenciales de velocidad mínima y velocidad máxima son similares o inversos, ya que varía en los cuatro casos estudiados. Lo que sí se puede concluir es que para velocidad máxima la frecuencia dominante está desplazada, 250 Hz respecto a la frecuencia dominante correspondiente a la velocidad mínima, 125 Hz.
6. Con relación al parámetro **operario** los resultados no permiten extraer ninguna conclusión, pues no son consistentes. Los ensayos sobre la lijadora BOSCH 230 AE se llevaron a cabo con dos operarios en cuatro condiciones diferentes, en algunos casos los perfiles frecuenciales eran similares, pero en otros inversos. La lijadora BOSCH PSS 180A fue ensayada con 3 operarios, resultando perfiles similares para dos de ellos, aunque en uno de ellos el perfil es más suave que en el otro. Para el tercer operario, el perfil frecuencial difiere de los otros operarios. Probablemente, esto sea debido a que el tercer operario es el que está menos habituado al manejo de herramientas portátiles.

Respecto a la variabilidad temporal de los ensayos bajo las mismas condiciones, se concluye que es muy elevada, particularmente para ciertas frecuencias, 63 Hz y en determinadas condiciones. Las condiciones de uso con una mano o velocidad mínima son más inestables que las condiciones de uso con dos manos y velocidad máxima, respectivamente.

6 ANEXO A: DATOS OBTENIDOS EN BANDAS DE OCTAVA PARA LA LIJADORA BOSCH PSS 180A

MANO PREFERENTE														
AÑO 2011					AÑO 2012				AÑO 2014					
operario 1					grano 180				grano 180					
grano 120			grano 180		operario 1		operario 1		operario 2			operario 3		
2 m		1 m	2 m	1 m	2 m	1 m	2 m	1 m	2 m	2 M*	1 m	2 m	1 m	
f (Hz)	chapa	pino	chapa	chapa	chapa	pino	chapa	pino	pino	pino	pino	pino	pino	pino
8	0,13	1,88	0,11	0,13	0,11	0,08	0,12	0,06	0,07	0,06	0,03	0,07	0,07	0,10
16	0,12	1,43	0,10	0,12	0,11	0,05	0,25	0,05	0,17	0,05	0,03	0,16	0,04	0,22
32	0,09	0,65	0,06	0,10	0,07	0,03	0,36	0,05	0,34	0,07	0,03	0,42	0,03	0,33
63	0,24	0,28	0,11	0,21	0,19	0,09	0,52	0,14	0,50	0,20	0,08	0,61	0,10	0,46
125	19,56	19,07	4,97	21,00	11,23	13,69	2,90	15,79	3,12	20,37	1,03	7,59	3,52	1,55
250	4,72	4,28	15,52	3,11	12,30	9,68	14,40	6,40	14,63	3,29	9,22	14,07	15,88	12,55
500	1,68	1,28	2,77	1,76	2,54	2,57	3,34	3,33	3,83	2,16	5,93	3,19	4,90	5,89
1000	0,49	0,38	0,65	0,56	0,67	0,53	1,22	0,54	0,92	0,45	1,16	0,76	1,00	1,19
a _{hv}	20,20	19,74	16,54	21,31	16,87	16,97	15,13	17,37	15,48	20,75	11,07	16,34	17,02	14,02

2m = 2 manos; 1m = 1 mano; chapa = contrachapado; pino = madera de pino

Tabla A.1 Resultados por bandas de octava en m/s² de la lijadora BOSCH PSS 180A para mano preferente

MANO GUÍA												
AÑO 2011				AÑO 2012				AÑO 2014				
operario 1				grano 180				grano 180				
grano 120		grano 180		operario 1		operario 1		operario 2			operario 3	
2 m		2 m		2 m	1 m	2 m	1 m	2 m	2 M*	1 m	2 m	1 m
f (Hz)	chapa	pino	chapa	pino	chapa	pino	pino	pino	pino	pino	pino	pino
8	0,20	2,29	0,17	0,10	0,20	0,08	0,10	0,07	0,09	0,12	0,13	0,29
16	0,15	1,75	0,15	0,07	0,41	0,06	0,25	0,06	0,06	0,21	0,08	0,34
32	0,10	0,79	0,12	0,05	0,42	0,07	0,41	0,09	0,04	0,49	0,04	0,39
63	0,39	0,41	0,35	0,20	0,58	0,26	0,66	0,38	0,12	0,95	0,21	0,53
125	21,91	21,56	23,36	18,51	3,87	21,46	3,86	25,23	1,94	9,24	4,24	2,21
250	5,90	5,49	4,32	13,73	19,16	9,48	18,00	4,61	18,40	16,95	19,09	17,53
500	1,99	1,57	2,06	3,42	6,15	2,43	4,63	2,02	6,14	3,54	3,79	5,80
1000	0,70	0,54	0,80	0,88	1,51	0,96	1,16	0,80	1,91	1,21	1,53	1,39
a _{hv}	22,80	22,52	23,86	23,32	20,56	23,61	19,03	25,75	19,59	19,69	19,98	18,66

2m = 2 manos; 1m = 1 mano; chapa = contrachapado; pino = madera de pino

Tabla A.2 Resultados por bandas de octava en m/s² de la lijadora BOSCH PSS 180A para mano guía

Nota: Las columnas sombreadas con la cabecera 2 M*, correspondiente a los ensayos del operario 2, año 2014 y grano 180 se refiere a ensayos realizados con las dos manos, pero sujetando la herramienta con poca fuerza. Se perseguía valorar la influencia de la fuerza de agarre en la magnitud de la vibración. Sin embargo, dado que no está cuantificado, se ha decidido no tener en cuenta estos ensayos en este estudio frecuencial.

Influencia del material en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

MANO PREFERENTE											
Grano 120			Grano 180								
2 m		1 m	2 m					1 m			
chapa	pino	chapa	chapa	pino			a _{hv}	chapa		pino	
f (Hz)	2011	2011	2011	2011	2012	2014	a _{hv}	2011	2012	a _{hv}	2014
8	0,13	1,88	0,11	0,13	0,08	0,06	0,07	0,11	0,12	0,12	0,07
16	0,12	1,43	0,10	0,12	0,05	0,05	0,05	0,11	0,25	0,18	0,17
32	0,09	0,65	0,06	0,10	0,03	0,05	0,04	0,07	0,36	0,21	0,34
63	0,24	0,28	0,11	0,21	0,09	0,14	0,12	0,19	0,52	0,36	0,50
125	19,56	19,07	4,97	21,00	13,69	15,79	14,74	11,23	2,90	7,07	3,12
250	4,72	4,28	15,52	3,11	9,68	6,40	8,04	12,30	14,40	13,35	14,63
500	1,68	1,28	2,77	1,76	2,57	3,33	2,95	2,54	3,34	2,94	3,83
1000	0,49	0,38	0,65	0,56	0,53	0,54	0,54	0,67	1,22	0,94	0,92

2m = 2 manos; 1m = 1 mano; chapa = contrachapado; pino = madera de pino

Tabla A.3 Influencia del **material** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s² – **Mano preferente**

MANO GUÍA								
120			180					
2 m		2 m					1 m	
chapa	pino	chapa	pino			a _{hv}	chapa	pino
f (Hz)	2011	2011	2011	2012	2014	a _{hv}	2012	2014
8	0,20	2,29	0,17	0,10	0,08	0,09	0,20	0,10
16	0,15	1,75	0,15	0,07	0,06	0,06	0,41	0,25
32	0,10	0,79	0,12	0,05	0,07	0,06	0,42	0,41
63	0,39	0,41	0,35	0,20	0,26	0,23	0,58	0,66
125	21,91	21,56	23,36	18,51	21,46	19,99	3,87	3,86
250	5,90	5,49	4,32	13,73	9,48	11,61	19,16	18,00
500	1,99	1,57	2,06	3,42	2,43	2,92	6,15	4,63
1000	0,70	0,54	0,80	0,88	0,96	0,92	1,51	1,16

2m = 2 manos; 1m = 1 mano; chapa = contrachapado; pino = madera de pino

Tabla A.4 Influencia del **material** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s² – **Mano guía**

Influencia del número de manos en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

MANO PREFERENTE																	
operario 1													operario 2		operario 3		
grano 120					grano 180								grano 180		grano 180		
2 manos			1 mano	2 manos				1 mano				2 manos	1 mano	2 manos	1 mano		
chapa	pino		chapa	chapa	pino	pino		chapa	chapa	pino		chapa	chapa	pino	pino	pino	pino
f (Hz)	2011	2011	a_{hv}	2011	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2014	2014	2014	2014	2014
8	0,13	1,88	1,01	0,11	0,13	0,08	0,06	0,09	0,11	0,12	0,07	0,10	0,06	0,07	0,07	0,07	0,10
16	0,12	1,43	0,77	0,10	0,12	0,05	0,05	0,07	0,11	0,25	0,17	0,18	0,05	0,16	0,04	0,04	0,22
32	0,09	0,65	0,37	0,06	0,10	0,03	0,05	0,06	0,07	0,36	0,34	0,25	0,07	0,42	0,03	0,03	0,33
63	0,24	0,28	0,26	0,11	0,21	0,09	0,14	0,15	0,19	0,52	0,50	0,40	0,20	0,61	0,10	0,10	0,46
125	19,56	19,07	19,31	4,97	21,00	13,69	15,79	16,83	11,23	2,90	3,12	5,75	20,37	7,59	3,52	3,52	1,55
250	4,72	4,28	4,50	15,52	3,11	9,68	6,40	6,39	12,30	14,40	14,63	13,78	3,29	14,07	15,88	15,88	12,55
500	1,68	1,28	1,48	2,77	1,76	2,57	3,33	2,55	2,54	3,34	3,83	3,23	2,16	3,19	4,90	4,90	5,89
1000	0,49	0,38	0,44	0,65	0,56	0,53	0,54	0,54	0,67	1,22	0,92	0,94	0,45	0,76	1,00	1,00	1,19

a_{hv} = aceleración promedio; chapa = contrachapado; pino = madera de pino

Tabla A.5 Influencia del número de manos utilizadas en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – Mano preferente

MANO GUÍA												
operario 1							operario 2			operario 3		
grano 180							grano 180			grano 180		
2 manos				1 mano			2 manos	1 mano	2 manos	1 mano	2 manos	1 mano
chapa	pino	pino		chapa	pino		pino	pino	pino	pino	Pino	
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2012	2014	a_{hv}	2014	2014	2014	2014	
8	0,17	0,10	0,08	0,12	0,20	0,10	0,15	0,07	0,12	0,13	0,29	
16	0,15	0,07	0,06	0,09	0,41	0,25	0,33	0,06	0,21	0,08	0,34	
32	0,12	0,05	0,07	0,08	0,42	0,41	0,42	0,09	0,49	0,04	0,39	
63	0,35	0,20	0,26	0,27	0,58	0,66	0,62	0,38	0,95	0,21	0,53	
125	23,36	18,51	21,46	21,11	3,87	3,86	3,86	25,23	9,24	4,24	2,21	
250	4,32	13,73	9,48	9,18	19,16	18,00	18,58	4,61	16,95	19,09	17,53	
500	2,06	3,42	2,43	2,64	6,15	4,63	5,39	2,02	3,54	3,79	5,80	
1000	0,80	0,88	0,96	0,88	1,51	1,16	1,33	0,80	1,21	1,53	1,39	

a_{hv} = aceleración promedio; chapa = contrachapado; pino = madera de pino

Tabla A.6 Influencia del número de manos utilizadas en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – Mano guía

Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH PSS 180A

MANO PREFERENTE-GRANO 180												
2 manos				1 mano				2 manos	1 mano	2 manos	1 mano	
operario 1								operario 2		operario 3		
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2014	2014	2014	2014
	chapa	pino	pino		chapa	chapa	pino		pino	pino	pino	pino
8	0,13	0,08	0,06	0,09	0,11	0,12	0,07	0,10	0,06	0,07	0,07	0,10
16	0,12	0,05	0,05	0,07	0,11	0,25	0,17	0,18	0,05	0,16	0,04	0,22
32	0,10	0,03	0,05	0,06	0,07	0,36	0,34	0,25	0,07	0,42	0,03	0,33
63	0,21	0,09	0,14	0,15	0,19	0,52	0,50	0,40	0,20	0,61	0,10	0,46
125	21,00	13,69	15,79	16,83	11,23	2,90	3,12	5,75	20,37	7,59	3,52	1,55
250	3,11	9,68	6,40	6,39	12,30	14,40	14,63	13,78	3,29	14,07	15,88	12,55
500	1,76	2,57	3,33	2,55	2,54	3,34	3,83	3,23	2,16	3,19	4,90	5,89
1000	0,56	0,53	0,54	0,54	0,67	1,22	0,92	0,94	0,45	0,76	1,00	1,19

a_{hv} = aceleración promedio;

chapa = contrachapado;

pino = madera de pino

Tabla A.7 Influencia del **operario** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente**

MANO GUÍA-GRANO 180											
2 manos				1 mano				2 manos	1 mano	2 manos	1 mano
operario 1								operario 2		operario 3	
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2012	2014	a_{hv}	2014	2014	2014	2014
	chapa	pino	pino		chapa	pino		pino	pino	pino	pino
8	0,17	0,10	0,08	0,12	0,20	0,10	0,15	0,07	0,12	0,13	0,29
16	0,15	0,07	0,06	0,09	0,41	0,25	0,33	0,06	0,21	0,08	0,34
32	0,12	0,05	0,07	0,08	0,42	0,41	0,42	0,09	0,49	0,04	0,39
63	0,35	0,20	0,26	0,27	0,58	0,66	0,62	0,38	0,95	0,21	0,53
125	23,36	18,51	21,46	21,11	3,87	3,86	3,86	25,23	9,24	4,24	2,21
250	4,32	13,73	9,48	9,18	19,16	18,00	18,58	4,61	16,95	19,09	17,53
500	2,06	3,42	2,43	2,64	6,15	4,63	5,39	2,02	3,54	3,79	5,80
1000	0,80	0,88	0,96	0,88	1,51	1,16	1,33	0,80	1,21	1,53	1,39

a_{hv} = aceleración promedio

chapa = contrachapado;

pino = madera de pino

Tabla A.8 Influencia del **operario** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía**

7 ANEXO B: DATOS OBTENIDOS EN BANDAS DE OCTAVA PARA LA LIJADORA BOSCH GSS 230 AE

f (Hz)		MANO PREFERENTE																					
		AÑO 2011						AÑO 2012						AÑO 2014									
		Operario 1			Operario 2			Operario 1			Operario 2			Operario 1			Operario 2						
Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120		Acel.posición 1		Acel.posición 2		Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120	
Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax
8	0,13	0,08	0,15	0,09	0,11	0,17	0,10	0,21	0,10	2,37	0,11	0,21	0,11	0,18	0,18	0,15	0,14	0,17	0,14	0,17	0,14	0,14	0,14
16	0,30	0,15	0,13	0,13	0,20	0,19	0,15	0,26	0,15	1,88	0,16	0,41	0,25	0,35	0,31	0,21	0,45	0,28	0,42	0,28	0,42	0,42	0,42
32	0,35	0,15	0,15	0,15	0,46	0,29	0,14	0,66	0,13	1,01	0,15	0,59	0,32	0,98	0,64	0,26	0,60	0,80	0,55	0,80	0,55	0,55	0,55
63	20,84	0,47	0,58	0,58	9,46	11,61	0,26	16,73	0,27	14,87	0,31	0,96	0,51	4,40	0,71	11,70	1,00	12,19	0,74	12,19	0,74	0,74	0,74
125	6,55	10,06	3,64	11,99	10,63	8,84	7,51	10,87	8,53	10,44	9,22	7,65	1,07	9,52	4,34	7,13	9,73	8,21	7,63	4,46	7,63	4,46	4,46
250	1,32	2,49	1,69	1,95	2,06	3,81	1,69	1,94	1,91	2,03	1,86	0,97	6,13	1,79	5,94	1,52	2,88	1,50	1,58	5,74	1,58	5,74	5,74
500	1,12	1,60	1,35	1,73	1,21	1,44	1,35	1,90	1,30	1,61	1,28	0,94	1,86	1,02	2,08	1,13	2,04	1,00	2,68	1,21	2,70	2,70	2,70
1000	0,57	0,48	0,66	0,52	0,50	0,53	0,64	0,55	0,56	0,52	0,54	0,29	0,51	0,29	0,61	0,42	0,68	0,33	0,76	0,42	0,73	0,73	0,73
a _w	21,92	10,51	26,05	12,30	14,45	9,76	14,01	11,22	18,95	10,78	17,93	7,87	6,54	10,77	7,73	13,86	10,44	8,69	7,69	14,55	7,69	14,55	7,85

Vmin = velocidad mínima (selector en posición 1); Vmax = Velocidad máxima (selector en posición 6)

Tabla B.1 Resultados por bandas de octava en m/s² de la lijadora BOSCH GSS 230 AE para mano preferente

f (Hz)		MANO GUÍA																					
		AÑO 2011						AÑO 2012						AÑO 2014									
		Operario 1			Operario 2			Operario 1			Operario 2			Operario 1			Operario 2						
Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120		Acel.posición 1		Acel.posición 2		Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120	
Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax
8	0,17	0,10	0,39	0,37	0,21	0,11	0,20	0,24	0,17	2,82	0,19	0,21	0,10	0,60	0,11	0,21	0,20	0,18	0,22	0,22	0,16	0,16	0,16
16	0,35	0,20	0,62	0,60	0,28	0,20	0,25	0,34	0,22	2,24	0,21	0,46	0,28	0,73	0,36	0,47	0,37	0,27	0,56	0,38	0,53	0,53	0,53
32	0,36	0,19	0,87	0,74	0,95	0,15	0,65	1,14	0,15	1,32	0,14	0,83	0,45	1,30	0,71	0,98	0,60	0,38	0,90	1,24	0,78	0,78	0,78
63	18,48	0,46	25,64	25,67	16,36	0,45	18,49	0,47	18,53	0,42	15,11	0,42	1,50	4,87	0,96	16,34	1,49	2,97	1,44	17,43	1,08	1,08	1,08
125	6,56	9,52	4,64	3,64	16,48	4,12	10,55	5,77	9,29	9,44	10,00	10,10	10,84	9,58	2,80	9,54	3,69	9,53	2,20	10,08	2,04	2,04	2,04
250	1,94	3,29	1,91	1,69	2,68	1,93	1,82	2,45	2,83	2,48	3,08	1,19	3,45	1,87	3,77	2,93	1,88	2,35	2,81	2,99	2,48	2,48	2,48
500	1,17	1,11	1,49	1,35	1,12	1,16	1,10	1,24	1,09	1,40	1,13	0,76	1,28	0,95	1,54	1,59	1,74	1,16	2,04	1,88	1,66	1,66	1,66
1000	0,19	0,26	0,21	0,66	0,21	0,32	0,24	0,32	0,25	0,27	0,23	0,33	0,18	0,30	0,12	0,27	0,21	0,25	0,14	0,29	0,24	0,26	0,26
a _w	19,75	10,15	26,19	26,05	23,43	4,73	21,41	6,06	20,95	9,93	18,74	11,08	3,95	11,07	5,10	19,24	4,79	10,33	4,50	20,49	3,90	3,90	3,90

Vmin = velocidad mínima (selector en posición 1); Vmax = Velocidad máxima (selector en posición 6)

Tabla B.2 Resultados por bandas de octava en m/s² de la lijadora BOSCH GSS 230 AE para mano guía

Influencia de la posición del acelerómetro de la mano guía en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE

MANO PREFERENTE								
AÑO 2011								
Operario 2								
f (Hz)	Acel posición 1				Acel posición 2			
	Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120	
	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax
8	0,18	0,11	0,17	0,10	0,21	0,10	2,37	0,11
16	0,20	0,16	0,19	0,15	0,26	0,15	1,88	0,16
32	0,46	0,12	0,29	0,14	0,66	0,13	1,01	0,15
63	9,46	0,26	11,61	0,26	16,73	0,27	14,87	0,31
125	10,63	8,84	7,51	10,87	8,53	10,44	9,22	10,93
250	2,06	3,81	1,69	1,94	1,91	2,03	1,86	1,99
500	1,21	1,44	1,35	1,90	1,30	1,61	1,28	1,42
1000	0,50	0,53	0,64	0,55	0,56	0,52	0,54	0,52
a _{hv}	14,45	9,76	14,01	11,22	18,95	10,78	17,93	11,22

V_{mín} = velocidad mínima (selector en posición 1); V_{máx} = Velocidad máxima (selector en posición 6)

Tabla B.3 Influencia de la **posición acelerómetro de la mano guía** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s² – **Mano preferente**

MANO GUÍA								
AÑO 2011								
Operario 2								
f (Hz)	Acel posición 1				Acel posición 2			
	Grano 80		Grano 120		Grano 80		Grano 120	
	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax
8	0,21	0,11	0,20	0,10	0,24	0,17	2,82	0,19
16	0,28	0,20	0,25	0,18	0,34	0,22	2,24	0,21
32	0,95	0,15	0,65	0,18	1,14	0,15	1,32	0,14
63	16,36	0,45	18,49	0,47	18,53	0,42	15,11	0,42
125	16,48	4,12	10,55	5,77	9,29	9,44	10,00	10,10
250	2,68	1,93	1,82	1,24	2,45	2,83	2,48	3,08
500	1,12	1,16	1,10	1,21	1,24	1,09	1,40	1,13
1000	0,21	0,32	0,24	0,32	0,25	0,27	0,23	0,33
a _{hv}	23,43	4,73	21,41	6,06	20,95	9,93	18,74	10,64

V_{mín} = velocidad mínima (selector en posición 1); V_{máx} = Velocidad máxima (selector en posición 6)

Tabla B.4 Influencia de la **posición acelerómetro de la mano guía** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s² – **Mano guía**

Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano preferente

MANO PREFERENTE														
Operario 1														
Velocidad mínima							Velocidad máxima							
Grano 80				Grano 120			Grano 80				Grano 120			
f (Hz)	2011	2012	2014	a _{av}	2011	2014	a _{av}	2011	2012	2014	a _{av}	2011	2014	a _{av}
8	0,13	0,21	0,57	0,30	0,37	0,18	0,27	0,08	0,11	0,11	0,10	2,37	0,18	1,27
16	0,30	0,41	0,62	0,44	0,60	0,35	0,48	0,15	0,25	0,31	0,24	1,88	0,31	1,09
32	0,35	0,59	0,98	0,64	0,74	0,64	0,69	0,15	0,32	0,53	0,33	1,01	0,45	0,73
63	20,84	0,96	4,40	8,73	25,67	11,70	18,68	0,47	0,51	0,71	0,56	14,87	1,00	7,94
125	6,55	7,65	9,52	7,91	3,64	7,13	5,38	10,06	1,07	4,34	5,16	9,22	9,73	9,47
250	1,32	0,97	1,79	1,36	1,69	1,52	1,60	2,49	6,13	5,94	4,85	1,86	2,88	2,37
500	1,12	0,94	1,02	1,03	1,35	1,13	1,24	1,60	1,86	2,08	1,85	1,28	2,04	1,66
1000	0,57	0,29	0,29	0,38	0,66	0,42	0,54	0,48	0,51	0,61	0,53	0,54	0,68	0,61

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.5 Influencia del **tamaño de grano** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente, operario 1**

Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano preferente

MANO PREFERENTE													
Operario 2													
Velocidad mínima							Velocidad máxima						
Grano 80				Grano 120			Grano 80				Grano 120		
f (Hz)	2011	2014	a _{hv}	2011	2014	a _{hv}	2011	2014	a _{hv}	2011	2014	a _{hv}	
8	0,18	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,11	0,14	0,13	0,10	0,14	0,12	
16	0,20	0,21	0,21	0,19	0,28	0,24	0,16	0,45	0,31	0,15	0,42	0,28	
32	0,46	0,26	0,36	0,29	0,80	0,55	0,12	0,60	0,36	0,14	0,55	0,34	
63	9,46	2,15	5,81	11,61	12,19	11,90	0,26	0,90	0,58	0,26	0,74	0,50	
125	10,63	8,21	9,42	7,51	7,63	7,57	8,84	4,18	6,51	10,87	4,46	7,66	
250	2,06	1,50	1,78	1,69	1,58	1,64	3,81	5,70	4,75	1,94	5,74	3,84	
500	1,21	1,00	1,11	1,35	1,21	1,28	1,44	2,68	2,06	1,90	2,70	2,30	
1000	0,50	0,33	0,41	0,64	0,42	0,53	0,53	0,76	0,65	0,55	0,73	0,64	

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.6 Influencia del **tamaño de grano** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente, operario 2**

Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano guía

MANO GUÍA														
Operario 1														
Velocidad mínima								Velocidad máxima						
Grano 80				Grano 120				Grano 80				Grano 120		
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,17	0,21	0,60	0,33	0,39	0,21	0,30	0,10	0,10	0,11	0,10	0,37	0,20	0,28
16	0,35	0,46	0,73	0,51	0,62	0,47	0,55	0,20	0,28	0,36	0,28	0,60	0,37	0,49
32	0,36	0,83	1,30	0,83	0,87	0,98	0,92	0,19	0,45	0,71	0,45	0,74	0,60	0,67
63	18,48	1,50	4,87	8,28	25,64	16,34	20,99	0,46	0,73	0,96	0,72	25,67	1,49	13,58
125	6,56	10,84	9,58	8,99	4,64	9,54	7,09	9,52	1,09	2,80	4,47	3,64	3,69	3,66
250	1,94	1,19	1,87	1,66	1,91	2,93	2,42	3,29	3,45	3,77	3,50	1,69	1,88	1,78
500	1,17	0,76	0,95	0,96	1,49	1,59	1,54	1,11	1,28	1,54	1,31	1,35	1,74	1,54
1000	0,19	0,18	0,12	0,16	0,21	0,21	0,21	0,26	0,30	0,27	0,27	0,66	0,25	0,45

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.7 Influencia del **tamaño de grano** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía, operario 1**

Influencia del tamaño de grano en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano guía

MANO GUÍA															
Operario 2															
Velocidad mínima							Velocidad máxima								
Grano 80				Grano 120			Grano 80			Grano 120					
f (Hz)	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,21	0,18	0,19	0,20	0,22	0,21	0,11	0,15	0,13	0,10	0,16	0,13			
16	0,28	0,27	0,28	0,25	0,38	0,31	0,20	0,56	0,38	0,18	0,53	0,36			
32	0,95	0,38	0,67	0,65	1,24	0,94	0,15	0,90	0,53	0,18	0,78	0,48			
63	16,36	2,97	9,67	18,49	17,43	17,96	0,45	1,44	0,95	0,47	1,08	0,77			
125	16,48	9,53	13,00	10,55	10,08	10,31	4,12	2,20	3,16	5,77	2,04	3,91			
250	2,68	2,35	2,51	1,82	2,99	2,41	1,93	2,81	2,37	1,24	2,48	1,86			
500	1,12	1,16	1,14	1,10	1,88	1,49	1,16	2,04	1,60	1,21	1,66	1,43			
1000	0,21	0,14	0,18	0,24	0,24	0,24	0,32	0,29	0,31	0,32	0,26	0,29			

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.8 Influencia del **tamaño de grano** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía, operario 2**

**Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230
AE – Grano 80 y mano preferente**

MANO PREFERENTE														
Grano 80														
Velocidad mínima							Velocidad máxima							
Operario 1				Operario 2			Operario 1				Operario 2			
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,13	0,21	0,57	0,30	0,18	0,15	0,17	0,08	0,11	0,11	0,10	0,11	0,14	0,13
16	0,30	0,41	0,62	0,44	0,20	0,21	0,21	0,15	0,25	0,31	0,24	0,16	0,45	0,31
32	0,35	0,59	0,98	0,64	0,46	0,26	0,36	0,15	0,32	0,53	0,33	0,12	0,60	0,36
63	20,84	0,96	4,40	8,73	9,46	2,15	5,81	0,47	0,51	0,71	0,56	0,26	0,90	0,58
125	6,55	7,65	9,52	7,91	10,63	8,21	9,42	10,06	1,07	4,34	5,16	8,84	4,18	6,51
250	1,32	0,97	1,79	1,36	2,06	1,50	1,78	2,49	6,13	5,94	4,85	3,81	5,70	4,75
500	1,12	0,94	1,02	1,03	1,21	1,00	1,11	1,60	1,86	2,08	1,85	1,44	2,68	2,06
1000	0,57	0,29	0,29	0,38	0,50	0,33	0,41	0,48	0,51	0,61	0,53	0,53	0,76	0,65

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.9 Influencia del **operario** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente, grano 80**

**Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230
AE – Grano 120 y mano preferente**

MANO PREFERENTE												
Grano 120												
Velocidad mínima						Velocidad máxima						
Operario 1			Operario 2			Operario 1			Operario 2			
f (Hz)	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,37	0,18	0,27	0,17	0,17	0,17	0,09	0,18	0,14	0,10	0,14	0,12
16	0,60	0,35	0,48	0,19	0,28	0,24	0,13	0,31	0,22	0,15	0,42	0,28
32	0,74	0,64	0,69	0,29	0,80	0,55	0,15	0,45	0,30	0,14	0,55	0,34
63	25,67	11,70	18,68	11,61	12,19	11,90	0,58	1,00	0,79	0,26	0,74	0,50
125	3,64	7,13	5,38	7,51	7,63	7,57	11,99	9,73	10,86	10,87	4,46	7,66
250	1,69	1,52	1,60	1,69	1,58	1,64	1,95	2,88	2,42	1,94	5,74	3,84
500	1,35	1,13	1,24	1,35	1,21	1,28	1,73	2,04	1,88	1,90	2,70	2,30
1000	0,66	0,42	0,54	0,64	0,42	0,53	0,52	0,68	0,60	0,55	0,73	0,64

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.10 Influencia del **operario** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente, grano 120**

**Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230
AE – Grano 80 y mano guía**

MANO GUÍA														
Grano 80														
Velocidad mínima							Velocidad máxima							
Operario 1				Operario 2			Operario 1				Operario 2			
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,17	0,21	0,60	0,33	0,21	0,18	0,19	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,15	0,13
16	0,35	0,46	0,73	0,51	0,28	0,27	0,28	0,20	0,28	0,36	0,28	0,20	0,56	0,38
32	0,36	0,83	1,30	0,83	0,95	0,38	0,67	0,19	0,45	0,71	0,45	0,15	0,90	0,53
63	18,48	1,50	4,87	8,28	16,36	2,97	9,67	0,46	0,73	0,96	0,72	0,45	1,44	0,95
125	6,56	10,84	9,58	8,99	16,48	9,53	13,00	9,52	1,09	2,80	4,47	4,12	2,20	3,16
250	1,94	1,19	1,87	1,66	2,68	2,35	2,51	3,29	3,45	3,77	3,50	1,93	2,81	2,37
500	1,17	0,76	0,95	0,96	1,12	1,16	1,14	1,11	1,28	1,54	1,31	1,16	2,04	1,60
1000	0,19	0,18	0,12	0,16	0,21	0,14	0,18	0,26	0,30	0,27	0,27	0,32	0,29	0,31

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.11 Influencia del **operario** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía, grano 80**

**Influencia del operario en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230
AE – Grano 120 y mano guía**

MANO GUÍA												
Grano 120												
Velocidad mínima						Velocidad máxima						
Operario 1			Operario 2			Operario 1			Operario 2			
f (Hz)	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,39	0,21	0,30	0,20	0,22	0,21	0,37	0,20	0,28	0,10	0,16	0,13
16	0,62	0,47	0,55	0,25	0,38	0,31	0,60	0,37	0,49	0,18	0,53	0,36
32	0,87	0,98	0,92	0,65	1,24	0,94	0,74	0,60	0,67	0,18	0,78	0,48
63	25,64	16,34	20,99	18,49	17,43	17,96	25,67	1,49	13,58	0,47	1,08	0,77
125	4,64	9,54	7,09	10,55	10,08	10,31	3,64	3,69	3,66	5,77	2,04	3,91
250	1,91	2,93	2,42	1,82	2,99	2,41	1,69	1,88	1,78	1,24	2,48	1,86
500	1,49	1,59	1,54	1,10	1,88	1,49	1,35	1,74	1,54	1,21	1,66	1,43
1000	0,21	0,21	0,21	0,24	0,24	0,24	0,66	0,25	0,45	0,32	0,26	0,29

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.12 Influencia del **operario** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía, grano 120**

Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano preferente

MANO PREFERENTE														
Operario 1														
	Grano 80								Grano 120					
	V. mínima				V. máxima				V. mínima			V. máxima		
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,13	0,21	0,57	0,30	0,08	0,11	0,11	0,10	0,37	0,18	0,27	0,09	0,18	0,14
16	0,30	0,41	0,62	0,44	0,15	0,25	0,31	0,24	0,60	0,35	0,48	0,13	0,31	0,22
32	0,35	0,59	0,98	0,64	0,15	0,32	0,53	0,33	0,74	0,64	0,69	0,15	0,45	0,30
63	20,84	0,96	4,40	8,73	0,47	0,51	0,71	0,56	25,67	11,70	18,68	0,58	1,00	0,79
125	6,55	7,65	9,52	7,91	10,06	1,07	4,34	5,16	3,64	7,13	5,38	11,99	9,73	10,86
250	1,32	0,97	1,79	1,36	2,49	6,13	5,94	4,85	1,69	1,52	1,60	1,95	2,88	2,42
500	1,12	0,94	1,02	1,03	1,60	1,86	2,08	1,85	1,35	1,13	1,24	1,73	2,04	1,88
1000	0,57	0,29	0,29	0,38	0,48	0,51	0,61	0,53	0,66	0,42	0,54	0,52	0,68	0,60

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.13 Influencia de la **velocidad** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente, operario 1**

Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano preferente

MANO PREFERENTE												
Operario 2												
	Grano 80						Grano 120					
	V. mínima			V. máxima			V. mínima			V. máxima		
f (Hz)	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,18	0,15	0,17	0,11	0,14	0,13	0,14	0,17	0,15	0,10	0,14	0,12
16	0,20	0,21	0,21	0,16	0,45	0,31	0,19	0,28	0,24	0,15	0,42	0,28
32	0,46	0,26	0,36	0,12	0,60	0,36	0,29	0,80	0,55	0,14	0,55	0,34
63	9,46	2,15	5,81	0,26	0,90	0,58	11,61	12,19	11,90	0,26	0,74	0,50
125	10,63	8,21	9,42	8,84	4,18	6,51	7,51	7,63	7,57	10,87	4,46	7,66
250	2,06	1,50	1,78	3,81	5,70	4,75	1,69	1,58	1,64	1,94	5,74	3,84
500	1,21	1,00	1,11	1,44	2,68	2,06	1,35	1,21	1,28	1,90	2,70	2,30
1000	0,50	0,33	0,41	0,53	0,76	0,65	0,64	0,42	0,53	0,55	0,73	0,64

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.14 Influencia de la **velocidad** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano preferente, operario 2**

Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 1 y mano guía

MANO GUÍA														
Operario 1														
Grano 80								Grano 120						
V. mínima				V. máxima				V. mínima			V. máxima			
f (Hz)	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2012	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,17	0,21	0,60	0,33	0,10	0,10	0,11	0,10	0,39	0,21	0,30	0,37	0,20	0,28
16	0,35	0,46	0,73	0,51	0,20	0,28	0,36	0,28	0,62	0,47	0,55	0,60	0,37	0,49
32	0,36	0,83	1,30	0,83	0,19	0,45	0,71	0,45	0,87	0,98	0,92	0,74	0,60	0,67
63	18,48	1,50	4,87	8,28	0,46	0,73	0,96	0,72	25,64	16,34	20,99	25,67	1,49	13,58
125	6,56	10,84	9,58	8,99	9,52	1,09	2,80	4,47	4,64	9,54	7,09	3,64	3,69	3,66
250	1,94	1,19	1,87	1,66	3,29	3,45	3,77	3,50	1,91	2,93	2,42	1,69	1,88	1,78
500	1,17	0,76	0,95	0,96	1,11	1,28	1,54	1,31	1,49	1,59	1,54	1,35	1,74	1,54
1000	0,19	0,18	0,12	0,16	0,26	0,30	0,27	0,27	0,21	0,21	0,21	0,66	0,25	0,45

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.15 Influencia de la **velocidad** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía, operario 1**

Influencia de la velocidad en el perfil frecuencial de la vibración de la lijadora BOSCH GSS 230 AE – Operario 2 y mano guía

MANO GUÍA												
Operario 2												
Grano 80						Grano 120						
V. mínima			V. máxima			V. mínima			V. máxima			
f (Hz)	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}	2011	2014	a_{hv}
8	0,21	0,18	0,19	0,11	0,15	0,13	0,20	0,22	0,21	0,10	0,16	0,13
16	0,28	0,27	0,28	0,20	0,56	0,38	0,25	0,38	0,31	0,18	0,53	0,36
32	0,95	0,38	0,67	0,15	0,90	0,53	0,65	1,24	0,94	0,18	0,78	0,48
63	16,36	2,97	9,67	0,45	1,44	0,95	18,49	17,43	17,96	0,47	1,08	0,77
125	16,48	9,53	13,00	4,12	2,20	3,16	10,55	10,08	10,31	5,77	2,04	3,91
250	2,68	2,35	2,51	1,93	2,81	2,37	1,82	2,99	2,41	1,24	2,48	1,86
500	1,12	1,16	1,14	1,16	2,04	1,60	1,10	1,88	1,49	1,21	1,66	1,43
1000	0,21	0,14	0,18	0,32	0,29	0,31	0,24	0,24	0,24	0,32	0,26	0,29

a_{hv} = aceleración promedio

Tabla B.16 Influencia de la **velocidad** en el perfil frecuencial de la vibración en m/s^2 – **Mano guía, operario 2**

8 BIBLIOGRAFÍA

- Vibraciones en máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones. Parte 1: Máquinas de mantenimiento.
- 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.
- Norma UNE-EN ISO 8041:2006, "Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida".



DT.116.1.22