

ESTUDIO DE AGRESORES VIBROACÚSTICOS EN UNIDADES NEONATALES

Gema Gonzalez¹, Romina del Rey², Jose Miguel Sequí³, Jesús Alba², Maria del Carmen Rodríguez³

¹ Escola Politècnica Superior de Gandia. Universitat Politècnica de València
{gegonma@epsg.upv.es}

² Departamento de Física Aplicada. Centro de Tecnologías Físicas. Universitat Politècnica de València.
{roderey@fis.upv.es, jesalba@fis.upv.es}

³ Departamento de Pediatría. Hospital Francesc de Borja. Gandia.
{sequi_jos@gva.es}

Resumen

Las salas Neonatales (Uneos) no han sido diseñadas con el cuidado específico para asegurar un confort acústico adecuado. El equipamiento necesario de estas salas (alarmas y equipo médico), así como la presencia de otras fuentes habituales de ruido (aire acondicionado), hacen que el estudio para obtener el diagnóstico acústico de estas salas sea complejo. En trabajos anteriores ya se realizó el diagnóstico de los niveles de ruido aéreo a los que pacientes neonatales están sometidos en salas UNEOS. Se ha evidenciado que es necesario conocer también a qué niveles de vibración están sometidos. Los rangos de frecuencia de actuación son totalmente distintos, y por tanto, también los caminos de transmisión de este agente contaminante. En este trabajo se muestran los primeros resultados del diagnóstico de vibraciones a las que los pacientes neonatales están sometidos durante su ingreso en la sala neonatal del Hospital Francesc de Borja de la ciudad de Gandia, Valencia, España.

Palabras clave: vibraciones, neonatos.

Abstract

Neonatal rooms have not been designed with specific concern to ensure adequate acoustic comfort. The necessary equipment of these rooms (alarms, medical equipment), as well as common noise sources (air conditioning), make the study to obtain the acoustic diagnosis of these rooms complex. In previous works, the diagnosis of airborne noise levels to which neonatal patients are subjected in Neonatal rooms has already been made. It has been shown that it is also necessary to know what vibration levels they are subject to. The frequency ranges of action are totally different, and therefore, also the transmission paths of this pollutant. This work shows the first results of the diagnosis of vibrations to which neonatal patients are subjected during their admission to the neonatal ward of the Francesc de Borja Hospital in the city of Gandia, Valencia, Spain.

Keywords: vibrations, neonatal.

PACS n°. 43.50.x, 43.50.Jh

1 Introducción

Una unidad neonatal (uneo) es un área donde existe mucha contaminación electro-acústica por los múltiples factores ambientales, entre los que se encuentran, no solamente equipo electromédico y médico, sino también PCs, teléfonos, luminarias, cableado, y la propia conversación entre personas. El equipamiento habitual de una sala uneo, como las alarmas, pulsioxímetros, bombas de infusión etc., no han sido diseñadas pensando en el confort ambiental de pacientes neonatales. Así como tampoco el entorno de la sala uneo, como por ejemplo el aire acondicionado central. La forma geométrica del cierre de las incubadoras y el mecanismo de enganche de este tipo de alarmas a las cunas uneo amplifican ciertas frecuencias de ruido aéreo, esto se ha podido comprobar durante el desarrollo del análisis de ruido aéreo de la sala neonatal del hospital de Gandia [1]. En este anterior trabajo ya se diagnosticaron los niveles de ruido aéreo a los que pacientes neonatales están sometidos en salas uneo. Se ha evidenciado que es necesario conocer también a que niveles de vibración están sometidos. Los rangos de frecuencia de actuación son totalmente distintos, y por tanto, también los caminos de transmisión de éste agente contaminante. También serán diferentes los protocolos de actuación y las posibles soluciones.

El diagnóstico de vibraciones no es fácil de conocer. Tradicionalmente el estudio de vibraciones se ha centrado básicamente en la detección de vibraciones en los edificios [2] y en los lugares de trabajo [3]. En el estudio de la influencia de estas vibraciones en el cuerpo humano queda muchísimo por hacer, y más todavía en el caso que nos ocupa de pacientes neonatales. Sí que existen estudios [4-8] que evalúan las vibraciones que llegan a pacientes neonatos durante el transporte (terrestre o aéreo de un hospital a otro). Pero es muy poco lo que se conoce de las vibraciones a las que están sometidos pacientes neonatales durante su ingreso [9].

La Norma Internacional ISO 2631-2: 2003 [10] advierte que la respuesta humana a las vibraciones es muy compleja. El Real Decreto [11] por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el Sistema de Seguridad Social, enumera entre otras enfermedades derivadas de exposición a la vibración “Enfermedades osteoarticulares o neurovasculares provocadas por vibraciones mecánicas” o “dispatías de la columna dorsolumbar causadas por vibraciones repetitivas de todo el cuerpo”. Es también conocido que estar sometido a vibraciones de cuerpo completo genera efectos agudos en la salud como, por ejemplo, alteraciones sensoriales del sistema nervioso central. Pero sobre los efectos de las vibraciones en neonatos queda mucho por investigar. Algún trabajo se ha planteado si las vibraciones durante el transporte de neonatos es una posible causa de la morbilidad [8]. En la actualidad, la comunidad pediátrica piensa que es probable que exista repercusión cerebral. Por este motivo es fundamental conocer los niveles de vibración a los que los pacientes neonatales están sometidos en salas uneos y poder protocolizar este tipo de análisis a cualquier ámbito pediátrico. En este trabajo se muestran los primeros resultados del diagnóstico de vibraciones en la sala neonatal del Hospital Francesc de Borja de la ciudad de Gandia, Valencia, España.

2 Análisis de vibraciones en la sala neonatal

La sala de neonatos en estudio se encuentra ubicada en la planta primera del Hospital Comarcal Francesc de Borja de Gandia, centro público de la Generalitat Valenciana que se incluye en el Departamento de Salud de Gandia. La descripción de esta sala, se encuentra detallada en [1]. El número de cunas e incubadoras de la sala es variable, con una capacidad media de 6 incubadoras, pudiendo llegar a ser hasta un máximo de 10.

Además del personal sanitario, la sala recibe de forma periódica las visitas de los padres de los recién nacidos, recomendando al menos una visita cada 3h coincidiendo con las tomas de alimento. Cabe destacar la gran cantidad de dispositivos de control médico instalados en la sala, que contribuyen, como se puede observar en [1] al aumento de la presión sonora, pudiendo elevar también los niveles de vibraciones cuando estos dispositivos se encuentren en funcionamiento. En este trabajo, se muestran resultados del estudio de análisis de vibraciones sin ningún tipo de dispositivo de control médico en funcionamiento, aunque sí ha sido posible evaluar la posible influencia del aire acondicionado de la sala en funcionamiento. El estudio de la influencia de los diferentes dispositivos será imprescindible en un futuro para un correcto diagnóstico, pero no ha sido posible llevarlo a acabo a estas fechas, debido a la situación de pandemia por el COVID-19.

Se han realizado un total de 744 registros de vibraciones, distribuidos en distintos días y franjas horarias. Estos registros se han distribuido en las incubadoras y en las cunas. En todo momento hay neonatos ingresados en incubadora y en cuna, además, todos los neonatos que empiezan su ingreso en incubadora, pasan a estar en cuna antes de obtener su alta médica. En la figura 1 se muestran los diferentes escenarios de estos registros. En los apartados 2.1 y 2.2 se muestra el detalle de los puntos escogidos para el registro en incubadora y en cuna, respectivamente.



Incubadora neonatal



Cuna de la sala neonatal

Figura 1 – Escenarios de registro en la sala UNEO del Hospital de Gandía.

2.1 Análisis de vibraciones en incubadoras neonatales

En las incubadoras neonatales de la sala uneo del Hospital de Gandía, se realizaron un total de 456 registros distribuidos como se indica en la Figura 2.

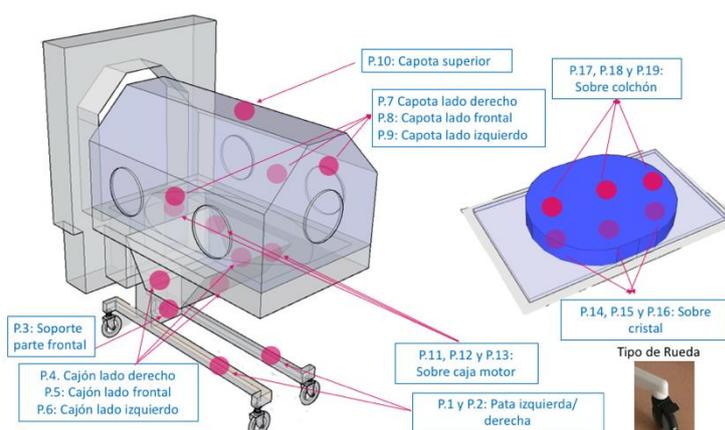


Figura 2 - Posiciones de los registros realizados en el escenario de la incubadora.

Después de realizar un análisis estructural de la escena anterior, se valoró definir 19 posiciones de registro de vibración en la incubadora, intentando analizar así todas las posibles influencias: transmisión de las vibraciones ocasionadas por la propia estructura de la sala, influencia del cajón con el que cuentan todas las incubadoras, influencia del motor (este motor permite controlar las condiciones de temperatura, humedad y oxígeno a las que debe de estar sometido el paciente neonatal), influencia de la placa soporte del colchón y del colchón, así como la influencia de la forma geométrica de la propia capota de cierre de la incubadora.

Todos los registros fueron tomados con sonómetro Brüel&Kjær 2250 en el módulo de analizador FFT avanzado, utilizando un acelerómetro Brüel&Kjær Type 4370. Los primeros registros fueron tomados en el margen de frecuencias de 0 Hz hasta 500 Hz para detectar posibles anomalías a frecuencias altas. Para el estudio de vibraciones, nos centramos en el rango de frecuencias de los 0 Hz -80 Hz, tal y como especifica el Real Decreto 1367/2007 [12] dónde se establece el rango de frecuencias a evaluar en el estudio del Nivel de Aceleración Global - La_w

2.2 Análisis de vibraciones en cunas neonatales

En las cunas neonatales de la sala Uneo del Hospital de Gandia, se realizaron un total de 288 registros distribuidos como se indica en la Figura 3.

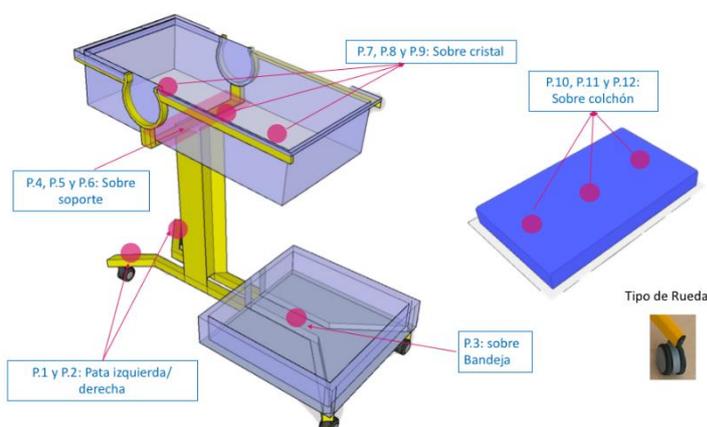


Figura 3 - Posiciones de los registros realizados en el escenario de la cuna.

En el estudio de la cuna, se valoró ejecutar 12 registros de vibración para intentar así obtener un estudio de todas las posibles influencias de transmisión de las vibraciones y poder detectar los puntos más conflictivos.

Todos los registros fueron tomados con el mismo equipamiento que en el estudio de las incubadoras y descrito en el apartado anterior, al igual que los rangos frecuenciales de estudio.

3 Resultados

En este apartado se muestran resultados de los valores registrados de aceleración tanto en la incubadora neonatal (apartado 3.1) como en la cuna de la sala neonatal (apartado 3.2).

Además, se han obtenido indicadores de detalle de las vibraciones bajo el cumplimiento del Real Decreto 1367/2007 [12] por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de Ruido [13], en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Según el Real Decreto 1367/2007 se establecen como objetivos de calidad acústica para el ruido y las vibraciones, la no superación en el espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales de los valores de los índices de inmisión de ruido y vibraciones. Se establecen como valores límite del índice de vibración, La_w , los siguientes:

Tabla 1 - Valores de índice de vibración impuestos por la normativa española.

Uso del edificio	Índice de vibración La_w (dB)
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

Los valores del índice de vibraciones La_w (dB) evaluados deben ser inferiores a los 72 dB (uso hospitalario) y no deben exceder nunca los 77 dB, según Decreto en ningún caso se permiten excesos superiores a los 5 dB definidos en la Tabla 1.

Se ha obtenido el valor del índice de vibración La_w (dB), tal como se indica en el capítulo 9 destinado al análisis de vibraciones del libro de la Sociedad Española de Acústica (SEA), titulado *Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones* [2].

3.1 Resultados en incubadoras neonatales

Se muestran a continuación los valores de aceleración promediados para los diferentes días de medidas en algunos de los 19 puntos registrados y detallados en la Figura 2. Se ha decidido mostrar los resultados de los puntos de medida: 11, 14 y 17. Estos puntos corresponden al interior de la incubadora, en la zona de cama, a la altura de la cabeza del neonato. Los puntos 11, 14 y 17 son geoméricamente el mismo, pero difieren en lo siguiente: el punto 11 es justo sobre la caja donde se sitúa el motor de la incubadora, sobre esta superficie, el diseño de la propia incubadora sitúa un cristal, punto 14, y por último sobre este

cristal es donde se sitúa el colchón sobre el que descansa el neonato, punto 17. Además, cada uno de los puntos ha sido evaluado en diferentes escenarios, estos son: fondo, aire (aire acondicionado de la sala encendido), motor (solamente el motor de la incubadora encendido y motor-aire (aire acondicionado de la sala encendido y motor de la incubadora encendido). En la Figura 4 se muestran los niveles de aceleración L_a (dB) para cada uno de estos 3 puntos y para cada escenario. Se muestran estos resultados en el espectro frecuencial de 0 Hz hasta los 500 Hz, ya que se realizó un primer diagnóstico con detalle para poder identificar algún problema a frecuencias superiores a los 80 Hz.

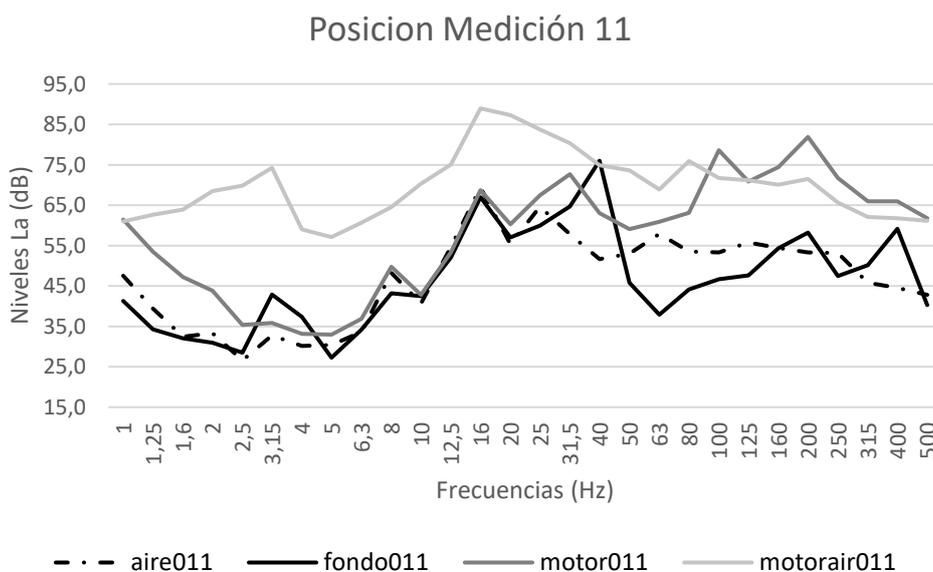


Figura 4 a) Niveles de aceleración promedio para el punto 11 de la incubadora (sobre cajón del motor de la incubadora). Comparativa de diferentes escenarios.

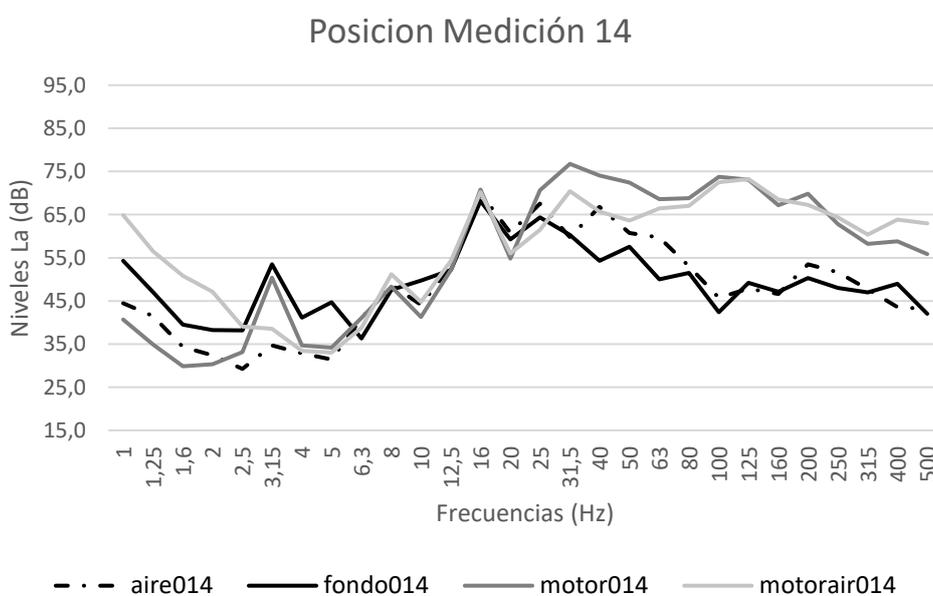


Figura 4 b) Niveles de aceleración promedio para el punto 14 de la incubadora (sobre cajón del motor + vidrio de la incubadora). Comparativa de diferentes escenarios.

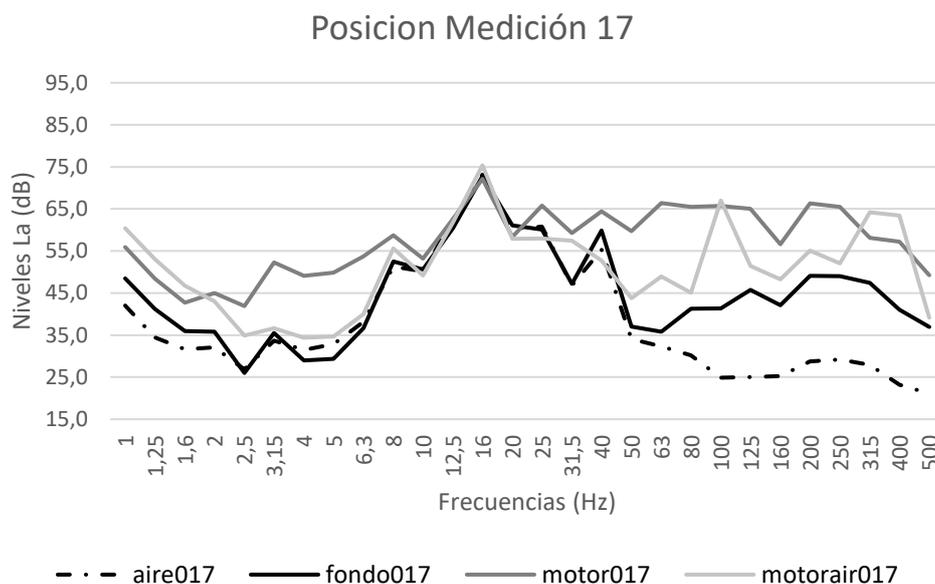


Figura 4 c) Niveles de aceleración promedio para el punto 17 de la incubadora (sobre cajón del motor + vidrio de la incubadora+ colchón). Comparativa de diferentes escenarios.

Figura 4 - Niveles de aceleración promedio para los puntos 11, 14 y 17 de la incubadora. Comparativa de diferentes escenarios.

Se muestran en la Figura 5 el índice de vibración La_w (dB) de los puntos detallados en las gráficas anteriores, por escenarios.

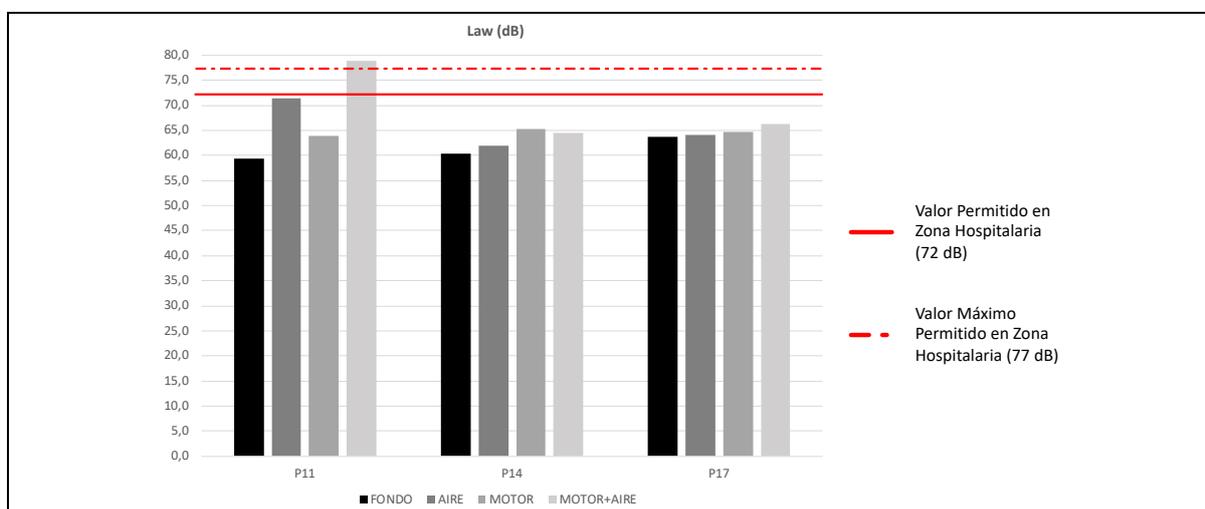


Figura 5 - Nivel de aceleración global registrados en las posiciones de medición 11, 14 y 17 en el escenario de la incubadora.

3.2 Resultados en cunas neonatales

Se muestran a continuación los valores de aceleración promediados para los diferentes días de medidas en algunos de los 12 puntos registrados y detallados en la Figura 3. En este caso se decide mostrar los resultados de los puntos 5, 7 y 10. Estos puntos corresponden a la posición central del eje de la cuna sobre el cual se sustenta la caja donde se instala el colchón del paciente neonatal, es por ello que se añaden las posiciones de medida correspondientes a la cabeza del neonato con y sin colchón. Los puntos 7 y 10 son geoméricamente el mismo, pero difieren en lo siguiente: el punto 7 es justo sobre la caja donde se sitúa el colchón y sobre el colchón se sitúa el punto 10. También para el estudio de la cuna se han contemplado distintos escenarios, estos son: fondo, aire (aire acondicionado de la sala encendido), y din (cuna en movimiento). Se muestran en la siguiente figura (Figura 6) los niveles de aceleración L_a (dB) para cada uno de estos 3 puntos y para cada escenario. Se muestran estos resultados en el espectro frecuencial de 0 Hz hasta los 200 Hz. Para obtener el valor de aceleración global L_{a_w} se utilizan los valores hasta los 80 Hz.

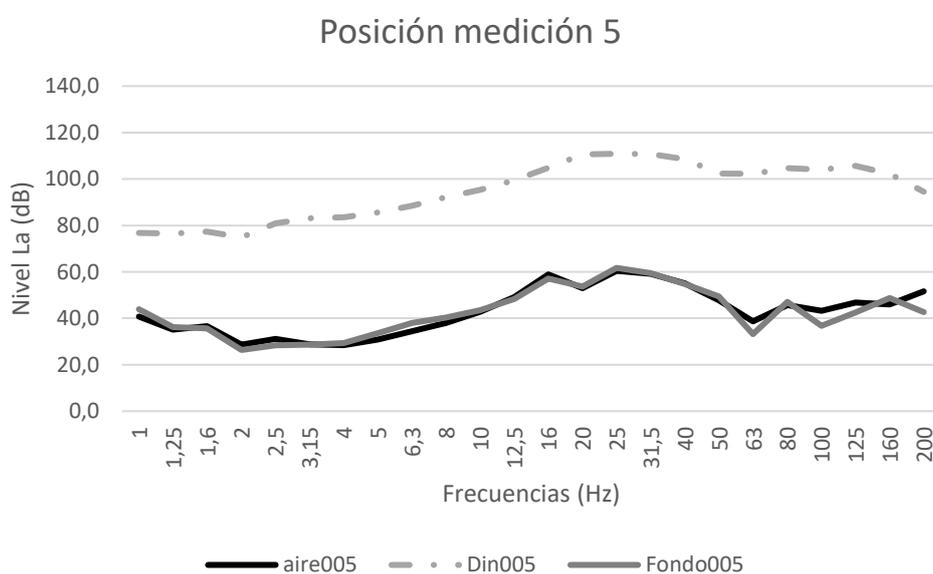


Figura 6 a) Niveles de aceleración promedio para el punto 5 de la cuna (sobre el eje de la cuna). Comparativa de diferentes escenarios.

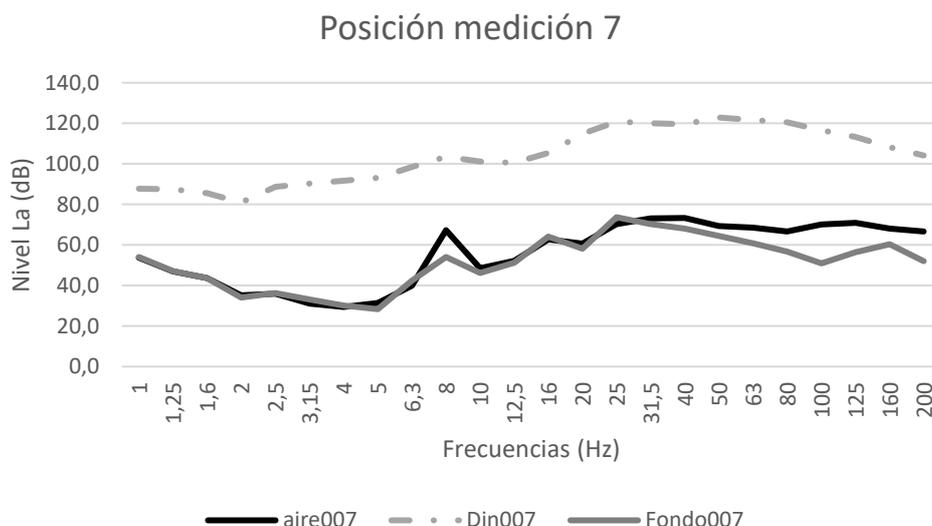


Figura 6 b) Niveles de aceleración promedio para el punto 7 de la incubadora (sobre vidrio de la cuna). Comparativa de diferentes escenarios.

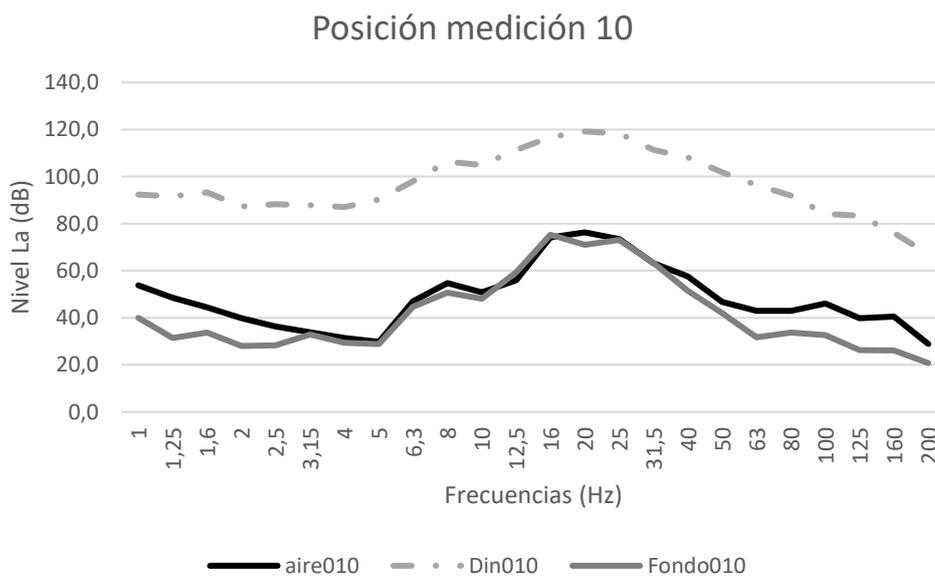


Figura 6 c) Niveles de aceleración promedio para el punto 10 de la cuna (sobre vidrio de la cuna+ colchón). Comparativa de diferentes escenarios.

Figura 6 - Niveles de aceleración promedio para los puntos 5, 7 y 10 de la cuna. Comparativa de diferentes escenarios

Al analizar estos resultados se consideró de especial interés estudiar con detalle el escenario de la cuna en estado dinámico. Es decir, desde el estado de reposo y arranque, hasta la frenada del sistema, pasando por el desplazamiento del pavimento del hospital. En la Figura 7 a) se muestra un ejemplo del análisis de la amplitud de la señal de vibración durante el tiempo de desplazamiento de la cuna en uno de los puntos de medida, y en la figura 7 b) el mismo desplazamiento se muestra en función de la frecuencia.

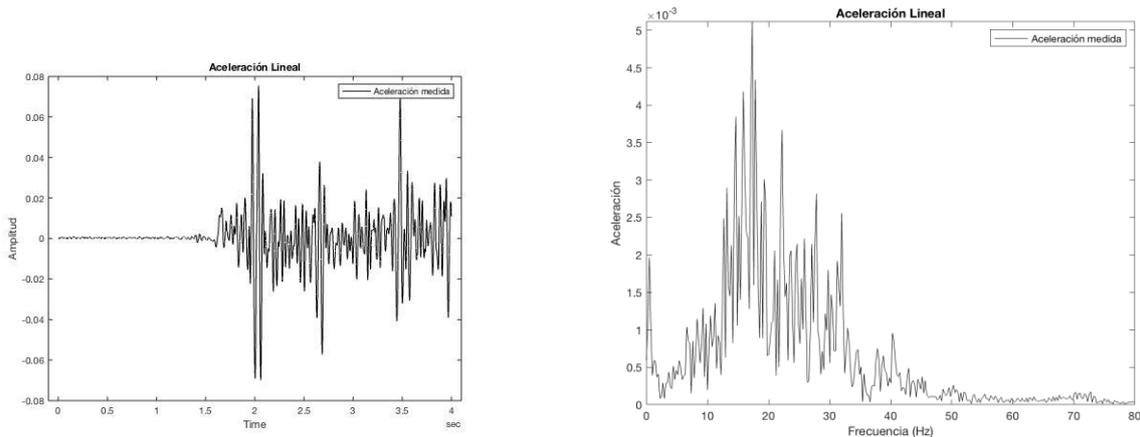


Figura 7 a) Aceleración lineal grabada con el acelerómetro en la posición 7 del escenario de la cuna.

Figura 7 b) Frecuencias afectadas en el proceso de arranque y frenada en el escenario de la cuna.

Figura 7 – Amplitud de la vibración en función del tiempo de movimiento. Registro de arranque, desplazamiento y frenada en la posición 7 de la cuna.

Se muestra en la Figura 8 el índice de vibración La_w (dB) de los puntos detallados en las gráficas anteriores, por escenarios.

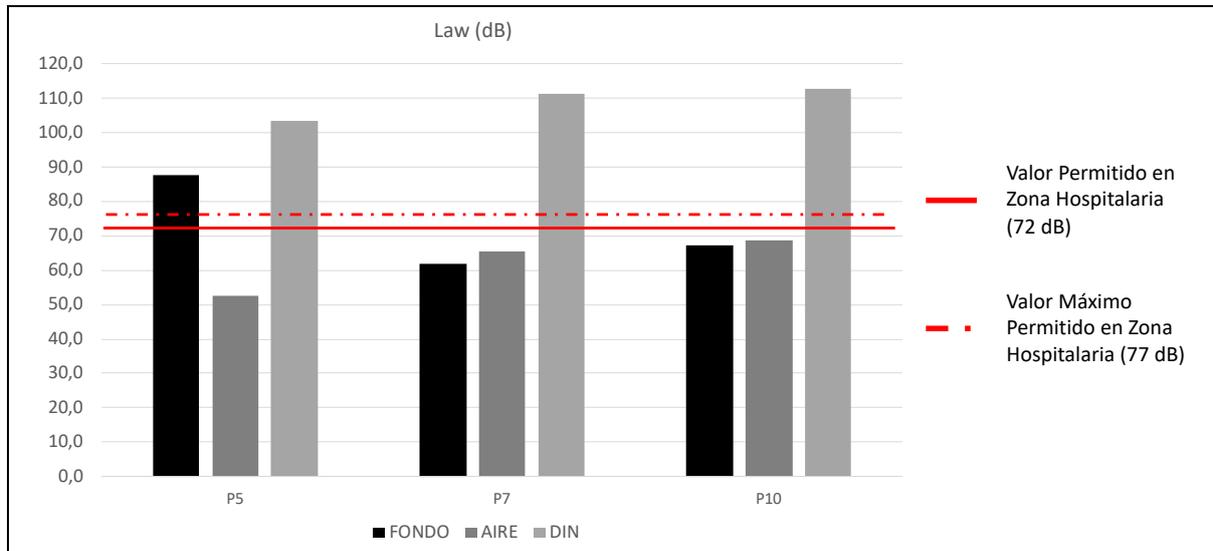


Figura 8 - Nivel de aceleración global registrados en las posiciones de medición 5, 7 y 10 en el escenario de la cuna.

4 Conclusiones

En este trabajo se muestran los primeros resultados del diagnóstico de vibraciones a los que los pacientes neonatales están sometidos durante su ingreso en la sala neonatal del Hospital Francesc de Borja de la

ciudad de Gandía, Valencia, España. Este trabajo es parte del resultado de una acción preparatoria conjuntamente entre la UPV y la Fundación FISABIO. Se han registrado niveles de aceleración a los que pueden estar sometidos los neonatos durante su ingreso en la sala de neonatos en diferentes escenarios. En algunos escenarios se han registrado valores del nivel de aceleración global La_w superiores a los valores permitidos por la legislación vigente actual, en ámbito hospitalario.

En la figura 4 se muestran las comparaciones de los niveles de aceleración de 3 puntos distintos sobre la cuna neonatal, y se estudia la influencia de diferentes escenarios como aire acondicionado, funcionamiento del motor de la incubadora o el colchón. Se observa que, en los 3 puntos estudiados, y en todos los escenarios evaluados, existe un pico de nivel de aceleración entorno a los 20Hz. Esta baja frecuencia es fundamental para el análisis del valor global, así como para la influencia de las vibraciones en cuerpo humano, por lo tanto, hemos encontrado un punto de partida sobre el cual, cuando la situación lo permita, será necesario actuar para reducir los niveles de vibraciones que llegan al paciente neonatal. Se evidencia en la misma figura 4, la influencia de la placa de vidrio sobre el motor del cajón, así como también la influencia del colchón sobre esta, reduciéndose los niveles de aceleración. En la figura 5 se muestran las comparativas de los índices de vibración, parámetro de detalle que nos permite saber si se cumple con los valores legislados para niveles de vibración en diferentes usos de los edificios, en el caso que nos ocupa, en el uso hospitalario. Se observa que en el punto 11, sobre el cajón del motor de la incubadora, y en el escenario de aire acondicionado en marcha y motor de la incubadora en marcha, se superan los valores máximos permitidos (77 dB) y que, con el aire acondicionado en funcionamiento en la sala, se está muy cerca de llegar al valor permitido (72 dB).

En cuanto al estudio de la cuna en la sala neonatal, también se muestran 3 puntos distintos y diferentes escenarios. Tal y como se observa en la figura 6, en el caso de las cunas es de especial interés el estudio del escenario dinámico, es decir cuando la cuna se encuentra en movimiento. La figura 7 a) muestra la amplitud de la aceleración en función del tiempo, en ella se identifican los puntos de máxima vibración a los que el paciente neonatal queda expuesto en el arranque, el cambio de sentido en la dirección y la frenada. En la figura 7 b), que muestra la muestra amplitud en función de la frecuencia, se observa que los mayores valores están localizados, una vez más, a bajas frecuencias. La figura 8 muestra como, en la cuna en movimiento, se superan muy por encima, los valores máximos permitidos (72 dB-77 dB) permitidos, llegando incluso hasta los 110 dB.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto NEO-VIBRA, en la Convocatoria de ayudas para el programa UPV-FISABIO (polisabio 2019), subprograma fomento de acciones preparatorias.

Referencias

- [1] del Rey, Romina; Alba, Jesús; Sequi, Jose; Revert, Marta. Análisis Acústico del entorno de la sala Neonatal del Hospital de Gandia. *XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica – TECNIACUSTICA '18*, Cádiz 2018.
- [2] Alba J., del Rey R. *Evaluación de las vibraciones en el espacio interior de las edificaciones. Acústica ambiental: análisis, legislación y soluciones*, pp-353-384. Sociedad Española de Acústica, 2009. ISBN: 84-87985-18-1.
- [3] Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores.

- [4] Bailey, V.; Szyld, E.; Cagle, K.; Kurtz, D.; Chaaban, H.; Wu, D.; Williams, P. *Modern Neonatal Transport: Sound and Vibration Levels and Their Impact on Physiological Stability*. *Am. J. Perinatol.* 15 March 2019, 36 (04), 352–359. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1668171>
- [5] Blaxter, L.; Yeo, M.; McNally, D.; Crowe, J.; Henry, C.; Hill, S.; Mansfield, N.; Leslie, A.; Sharkey, D. *Neonatal Head and Torso Vibration Exposure during Inter-Hospital Transfer*. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part H J. Eng. Med.* **5 February 2017**, 231 (2), 99–113. <https://doi.org/10.1177/0954411916680235>.
- [6] Castellote, A. *Fisiopatología Del Transporte En Helicóptero Physiopathology of Helicopter Transport*. **2016**, 9–10.
- [7] Macnab, A.; Chen, Y.; Gagnon, F.; Bora, B.; Laszlo, C. *Vibration and Noise in Pediatric Emergency Transport Vehicles: A Potential Cause of Morbidity?* *Aviat. Space. Environ. Med.* March 1995, 66 (3), 212–219.
- [8] Youngblut, J. M.; Lewandowski, W.; Casper, G. R.; Youngblut, W. R. *Vibration in Metal and Non-Metal Incubators*. *Biomed. Instrum. Technol.* 1994, 28 (6), 476–480.
- [9] Ciesielki S, Kopke J, Kidawa B. *Incubator noise and vibration-possible iatrogenic influence on neonate*. *International Journal of Pediatric otorhinolaryngology*, 1980, Feb; 1(4): 309-16.
- [10] ISO 2631-2:2003. *Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 2:Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*.
- [11] Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el Sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- [12] BOE, 254. Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la *Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. España, 2007.
- [13] BOE, 276. *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*, España, 2003.