

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

ANÁLISIS DEL AMBIENTE SONORO EN UNA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE NEONATOLOGÍA

PACS: (43.80.+p Bioacoustics, 43.50.+y Noise: its effects and control, 43.66.+y Psychological acoustics)

Hernández-Molina, Ricardo¹, Francisco Zacarías¹, Virginia Puyana¹, Víctor M. Rodríguez¹, Juan L. Beira¹, Cueto Ancela, José Luis¹, Lubian López, Simón²,

¹Laboratorio de Ingeniería Acústica. Universidad de Cádiz, Puerto Real, Cádiz, España.
Telf. 956016140.

{ricardo.hernandez@uca.es, francisco.fernandez@uca.es, virginiapuyana@yahoo.es,
victor.rodriguez@uca.es, jluis.beira@uca.es, joseluis.cueto@uca.es}

²Hospital Puerta del Mar, Cádiz, España. {slubian@yahoo.es}

Palabras Clave: neonatos, presión sonora, incubadora, fuente de ruido, UCIN.

ABSTRACT.

The objective of this work is focused in the study of the main sources of noise present in an intensive care room of neonatology and the sound environment derived from the normal operation of the same. The noise levels generated by the different emitters in the room are analyzed, including the influence of the behavior of the people who usually work in it. The purpose is to evaluate the acoustic quality existing in that space under normal working conditions, the acoustic characteristics of the room, calculate the values of the daily noise doses, and analyze the possible influence of noise levels on the incubators where they are located. the neonates. For this the method used is based on continuous sound records for a period of time long enough to be considered representative of the normal activity expected to be carried out in this type of rooms.

RESUMEN.

El objetivo de este trabajo se centra en el estudio de las principales fuentes de ruido presentes en una sala de cuidados intensivos de neonatología y el ambiente sonoro derivado del normal funcionamiento de las mismas. Se analizan los niveles de ruidos generados por los diferentes emisores existentes en la sala, incluyendo la influencia del comportamiento de las personas que suelen trabajar en ella. El objeto es evaluar la calidad acústica existente en ese espacio en condiciones normales de trabajo, las características acústicas de la sala, calcular los valores de las dosis diarias de ruido, y analizar la posible influencia de los niveles de ruido sobre las incubadoras donde se encuentran los neonatos. Para ello, el método empleado se basa en registros sonoros continuos durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo para que se pueda considerar representativo de la actividad normal que se espera se lleva a cabo en este tipo de salas.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

1. INTRODUCCIÓN

Las unidades de cuidados intensivos neonatales, requieren de especiales cuidados de diseño dirigidos a minimizar los niveles de estrés al que se pueden encontrar sometidos los niños prematuros. La práctica clínica muestra que la reducción de ciertos estímulos ambientales como el ruido, la luz, los olores, la manipulación, el dolor y la posición, puede mermar la secuela neurológica en los niños prematuros, lo que ayuda a una mejor organización de su sistema nervioso central a través de la disminución de conductas de estrés¹.

La tendencia actual en el diseño de las unidades de cuidados intensivos se encuentra claramente expuesta en el trabajo publicado por la Asociación Española de Pediatría: “*Revisión de los estándares y recomendaciones para el diseño de una unidad de neonatología*”². En el mismo se realizan unas recomendaciones desde diversos puntos de vista, tanto médicos como arquitectónicos, con especial relevancia a los aspectos relativos al espacio, ubicación de la unidad, área de atención directa al neonato, instalación eléctrica, iluminación y nivel de ruido, equipamiento, personal de enfermería, sistemas de comunicaciones, mantenimiento y renovación. La tendencia descrita se encuentra dentro del concepto conocido como: “Cuidado centrado en la familia” (CCF)³, en cuyo desarrollo se enfrenta a dos graves obstáculos, la naturaleza del espacio destinado a este tipo de unidades⁴ y las características arquitectónicas del dicho espacio⁵.

Con el objeto de intentar solucionar los problemas relacionados con el diseño de las unidades de cuidados intensivos de neonatología, se han planteado diversas recomendaciones de carácter multidisciplinar que integran las aportaciones médicas, arquitectónicas y los estándares y recomendaciones internacionales, entre los que debemos destacar los 24 estándares emanados de la Quinta Conferencia de Consenso sobre el Diseño de Cuidados Intensivos Neonatales celebrada en enero de 2002 en Clearwater (Florida, EE.UU.)⁶. En España existe en la actualidad una normativa de obligado cumplimiento que afecta directamente al diseño de este tipo de espacios, considerados como de “*especial protección acústica*”. Desde el año 2003 en que se aprueba la “*Ley del Ruido*”⁷ y posteriormente (2007) el “*documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación*”⁸ es obligatorio implementar el concepto de calidad acústica en los proyectos destinados a todas las actividades con especial atención a aquellas consideradas de especial protección como es el caso, en el que se establece objetivos de calidad en zonas de uso hospitalario de 30 dB en periodo noche y 40 dB en periodo día (para dormitorios), muy por debajo de lo medido in situ en las UCIN y en el interior de las incubadoras.

En el diseño de las unidades de cuidados intensivos neonatales, es importante tener en cuenta el concepto de “*ambiente sonoro*”. El control del ruido y de las posibles vibraciones (transmitidas o directas) en este tipo de espacios es una prioridad, para ello el diseño arquitectónico es fundamental (selección del suelo, revestimientos de paredes y techos, sistema de calefacción, ventilación, etc.).

Queremos destacar que el objetivo, en este tipo de espacios, es eliminar o reducir la mayor cantidad posible de ruido en la sala. Este ruido de fondo puede tener su origen en fuentes vibratorias, existentes o colindantes a la propia sala (*instalaciones tales como ascensores, unidades de aire acondicionado, montacargas, tuberías, las propias incubadoras, teléfonos, ordenadores, alarmas, carritos de utillaje y los equipos de soporte vital existentes en la misma*). Por tanto, una vez seleccionado el espacio destinado a una unidad de cuidados intensivos, es de vital importancia tener en cuenta las posibles fuentes de ruido que pueden y que van a estar presentes en la misma. A partir de esos datos, se hace necesaria una especial atención en la

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

selección de los diferentes materiales ya que son determinantes: los revestimientos de las paredes, suelos, techos y de los distintos huecos (puertas y ventanas) para un buen comportamiento final de la construcción con respecto al ruido.

La identificación de las fuentes de ruido, nos permite intentar eliminarlas o al menos disminuirlas en la medida de lo posible. Fuera del entorno de las incubadoras (*lo que denominaremos entorno ambiental de la sala*) cualquier evento sonoro puede tener una gran influencia dentro de la misma (*entorno sonoro del neonato*). Aunque es cierto que existen factores específicos relacionados con los niveles de ruido existentes en el interior de las propias incubadoras, los perfiles acústicos de la UCIN y de las incubadoras, se comportan como un sistema inter-relacionado⁹, es decir: el aumento o disminución del entorno ambiental de la sala influye de manera directa en el entorno sonoro del neonato, (*conversaciones del personal, apoyar objetos, golpear sobre incubadoras, abrir y cerrar sus portezuelas, radios, teléfonos, impresoras, etc.*) en este sentido algunos autores concluyen que es necesaria la monitorización simultánea de los niveles de la presión sonora en la sala (UCIN) y en el interior de la incubadora¹⁰.

En relación con los equipos presentes en la sala, algunos estiman que éstos deben racionalizarse en función de las necesidades reales y seleccionarse con un criterio de escala de ruido inferior a 40 dBA, teniendo en cuenta que el nivel de ruido de fondo total en la unidad de cuidados intensivos debe mantenerse por debajo de 55 dBA, pero se recomienda que no exceda los 70 dBA¹¹. En cualquier caso, se debe tener presente que la presencia de ruidos excesivos en la sala pueden influir negativamente en el desarrollo de las estructuras auditivas de los recién nacidos y muy especialmente en los prematuros.

2. METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo se centra en la determinación de los niveles de presión sonora presentes en una sala "tipo" de cuidados intensivos neonatales. En este sentido se ha llevado a cabo por un lado, una revisión bibliográfica con el objeto de poder valorar la gestión del ruido en este tipo de salas, para ello se han consultado distintas bases de datos tales como: *Cuiden, Scielo, Cochrane, Dianelt, Medline, Lilacs, Latindex, Bireme, Medigraphics.com, Medigraphics Artemisa en línea, Springer Link, Imbiomed, Medynet.com y Elsevier*. Por otro lado, se ha llevado a cabo una fase experimental en la que se han realizado diferentes mediciones de los niveles de ruido existentes en la sala durante períodos de tiempo superiores a las 24 horas a lo largo de diferentes semanas. El objetivo es intentar determinar el ambiente sonoro existente en los periodos día y noche, cuales son las principales fuentes de ruido, identificar el número de alarmas de los equipamientos electro-médicos¹² en una sala de cuidados intensivos de neonatología y en qué medida pueden afectar al entorno sonoro del neonato.

Para el estudio se seleccionó la UCI neonatal del Hospital Puertas del Mar de la Ciudad de Cádiz (España), la cual cuenta con 13 incubadoras disponibles, todas ellas dotadas con los equipos de monitorización necesarios para garantizar la seguridad de los neonatos. No todas las incubadoras son iguales, podemos diferenciar básicamente tres tipos, Dräger Caleo (4), Ohmeda Giraffe (5) y Ohmeda Ohio Care Plus(2) además de 3 cunas térmicas de Dräger modelo Babytherm. Todas las incubadoras de la unidad cuentan con monitores de cabecera modelo SC 7000/9000XL de Siemens. En este caso, la UCI cuenta con un sistema de monitorización centralizado que se encarga del control general de las diferentes incubadoras.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

2.1. Instrumentación y parámetros de medida

Para la realización de las mediciones se han empleado varios sonómetros como son *Brüel & Kjaer* modelos 2270 y 2250, así como el calibrador *Brüel & Kjaer* modelo 4231. Antes de realizar las mediciones todos los equipos fueron previamente verificados y calibrados. Los datos registrados se trataron mediante los software *Evaluator Type 7820* de *Brüel & Kjaer* y *Microsoft Excel*. El micrófono del S2270 se situó en el interior de una incubadora al objeto de analizar la influencia del ruido de la sala en el interior de la misma, a la altura de donde se encontraría la cabeza del infante, colocado sobre el colchón se afianza mediante el uso de un pequeño trípode. En la medición de la sala, el micrófono se situó a la altura del techo, prácticamente en el centro de la habitación a unos 2 metros de la pared más próxima y alejada del techo. En este caso, próximo a dos incubadoras y cerca de la mesa de monitorización de los enfermeros (Fig1.).

En todos los casos los registros fueron de un segundo a lo largo de mediciones en continuo de al menos 24 horas. Los principales parámetros registrados han sido el nivel continuo equivalente con ponderación A y sin ponderación (valores L_{Aeq} y L_{Zeq} en dB) para la valoración de los niveles de presión sonora existentes en la sala y en el interior de las incubadoras. Así mismo, se registraron los valores espectrales en 1/3 de octava lineales (L_{Zeq}) para cada banda de frecuencia (entre 12,5Hz y 20kHz), los valores máximos y mínimos con ponderación temporal fast (L_{AFmax} y L_{AFmin}), y los valores con ponderación temporal impulse (L_{Aleq}) y los valores de pico con ponderación C (L_{Ceq}).



Figura 1: UCIN

2.2. Muestra y criterios de selección

A lo largo de los periodos de ensayo, la muestra de neonatos prematuros existente en la UCIN, ha sido variable, constatando que en todos los casos se encontraban en el interior de las incubadoras. Se trataban de lactantes prematuros de menos de 32 semanas de gestación (*Edad posmenstrual EPM*) y con menos de 1.500g de peso al nacer. El estudio se circunscribe a la sala de cuidados intensivos neonatales.

3. RESULTADOS

3.1. Planteamiento

El ambiente sonoro de la UCIN a semejanza del ambiente fetal, tiene un papel importante en el desarrollo normal del sistema auditivo¹³. El desarrollo del sistema auditivo comienza alrededor de la 3 a la 6 semana de gestación¹⁴, aunque el desarrollo fisiológico completo no se alcanza hasta al menos un año después del nacimiento, todas las estructuras esenciales ya se perciben alrededor de las 25 semanas de gestación¹⁵.

La maduración del sistema auditivo fetal se caracteriza por un aumento en la sensibilidad espectral, tanto a las bajas frecuencias como a las altas, y por una disminución del umbral auditivo¹⁶. Al inicio, el rango de sensibilidad auditiva es muy restringido, entre los 500 Hz a los 1000Hz durante el tercer trimestre, si lo comparamos con los 400Hz a 4kHz a término y el

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

rango de los adultos entre 30Hz a los 20kHz. En este sentido, se han obtenido respuestas auditivas en recién nacidos pretérmino a las 25 semanas de gestación con estímulos de 65dBA, el estímulo baja considerablemente en el caso de neonatos a término a los 25 dBA. Es interesante observar que aunque presentan umbrales más bajos para los sonidos dentro del rango de la percepción del habla (entre los 500Hz y los 3kHz), ya está presente la estimulación ante sonidos de baja y media frecuencia¹⁷.

Los recién nacidos pretérmino presentan un grave riesgo de pérdida de audición sensitivo neural y posibles trastornos en el desarrollo del lenguaje¹⁸. Si bien este tipo de trastornos aparecen en niños con umbrales auditivos normales, aparecen con mayor frecuencia entre los niños que nacieron pretérmino¹⁹.

El ambiente sonoro en el interior del útero está conformado por sonidos rítmicos, estructurados y que provienen fundamentalmente de la madre. La intensidad del sonido, según varios autores se encuentra en torno a los 70/85 dBA²⁰ con un claro predominio de las frecuencias bajas frente a las altas, que se atenúan cuando alcanzan la cavidad intrauterina, es decir, 20 dBA a 50Hz frente a 70 dBA a 4kHz²¹. Según estos estudios es muy probable que el feto esté expuesto a valores despreciables por encima de los 1000Hz²² (Fig2).

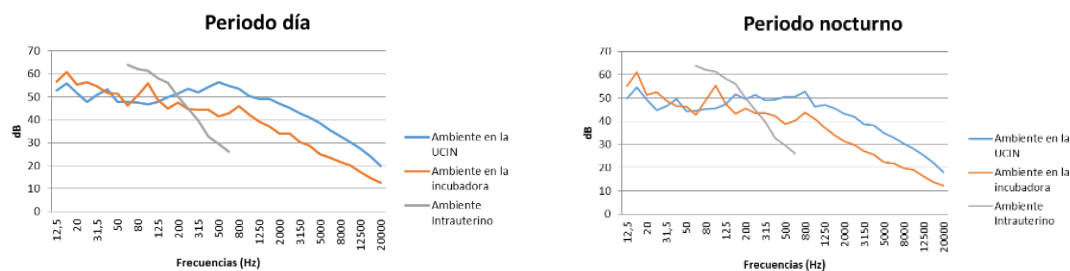


Figura 2: Comparación del ambiente auditivo específico para la frecuencia del feto in útero (Ref.: 22) y del recién nacido prematuro en la UCIN. (Elaboración propia)

En la figura 2, se observa que el ambiente sonoro en la UCIN, es completamente diferente al ambiente intrauterino que acabamos de exponer, tanto en las intensidades que pueden llegar a existir como en las características del espectro sonoro.

El ruido ambiente está generado por las fuentes que se describen en este trabajo y que de una u otra manera influyen en la persistencia de un paisaje sonoro muy agresivo frente al ambiente existente en el útero. Este ambiente sonoro afecta de manera diferente a los neonatos alojados en las cunas térmicas (*abiertas y por tanto totalmente expuestas*) y a aquellos que se encuentran alojados en las incubadoras. En este último caso y prescindiendo de la antigüedad y/o modelo de la incubadora, ésta puede proteger al neonato del ruido existente en la sala, especialmente atenuando altas frecuencias de forma parcial (*entre 12 y 14 dBA en algunos casos*²³). No obstante, en el interior de las incubadoras, el neonato se encuentra expuesto a manipulaciones²⁴, aperturas y cierre de las puertas, golpeteos en la cubierta para estimular al neonato que se encuentre con apnea o bradicardia, que pueden llegar a alcanzar valores muy elevados²⁵ (*cercanos a los 100 dBA*). Además y debido a su geometría y a los materiales con los que se diseñan las cubiertas de estos equipos, se producen fenómenos de resonancia en su interior básicamente alimentados por los niveles de ruido generados por el motor de la incubadora²⁶, niveles que se suman a los provenientes del exterior. En general hemos podido constatar que los niveles de presión sonora en el interior de las incubadoras (funcionando) son

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

superiores a los del exterior, lo cual coincide con lo indicado por muchos autores en la bibliografía²⁷.

3.2. Fuentes y alarmas

Las principales fuentes de ruido existentes en la UCIN durante las mediciones han sido: el sistema de ventilación y aire acondicionado, cuyo funcionamiento es continuo a lo largo de todo el día, si bien su aportación al ambiente sonoro en sala no es determinante, puede llegar a suponer incrementos de entre los 60/70 dBA a los 79,2 dBA²⁸. En una sala controlada y sin presencia de ninguna otra fuente de ruido, hemos podido constatar que los valores de estos equipos oscilan entre los 36,9 y 38,7 dBA en periodo de funcionamiento, y niveles en sala que oscilan entre los 29,7 y 32 dBA cuando están desconectados. En el espectro en bandas de frecuencia, se observa que predominan las bajas frecuencias frente a las altas donde su influencia es muy pobre. En la figura 3, se muestran el L_{Aeq} y los valores correspondientes a las bandas de frecuencia de 500Hz, 1kHz, y 4 kHz.

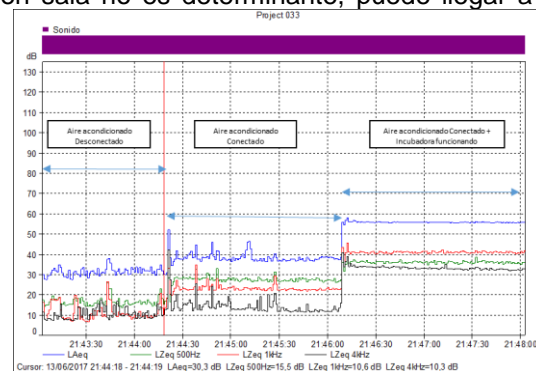


Figura 3. Espectro del A/A

Más determinante pueden llegar a ser los cambios de turno. Existen datos que muestran aumentos de los niveles de presión sonora de 56,0 a 75,7 en los cambios de turno médico y de 55,3 a los 72,2 en los cambios de enfermería²⁹. En nuestras mediciones hemos podido constatar estos datos encontrando valores de entre los 69,7 y los 76,3 dBA en los cambios de turno. En la figura 4, facilitamos la evaluación de los niveles de presión sonora experimentados en el cambio de turno, ocurrido entre las 07:50h y las 08:15h de la mañana. En el espectro se observa con claridad que se excitan todas las bandas de frecuencia del espectro y especialmente las de media y alta frecuencia disminuyendo progresivamente a partir de la banda de 4kHz.

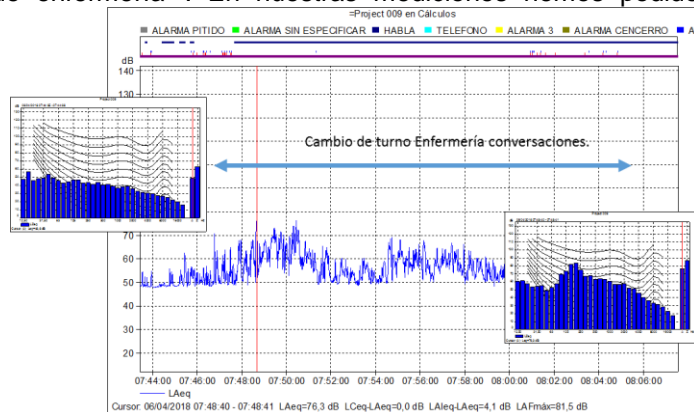


Figura 4. Niveles de presión sonora durante cambio de turno

Otros tipos de fuentes que se han registrado han sido el uso de los telefonos y/o móviles (Fig. 5), que aportan picos tonales con valores superiores a los 63,7 dB en la banda de 800Hz y valores de L_{Aeq} de 64,6 dBA. Otras fuentes que aportan picos por encima de estos valores los constituyen la manipulación de los carros de utillaje, el arrastre de sillas ocasionó niveles de 83,4 dBA, el transporte de la incubadora caracterizados por la existencia de niveles de presión sonora con componentes tonales e impulsivas que pueden llegar a sobrepasar los 89dBA³⁰. También son destacables eventos

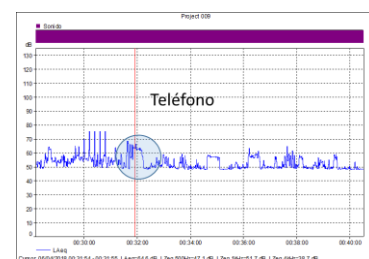


Figura 5. Teléfono + alarmas

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

periódicos a lo largo del día, tales como las propias visitas médicas, cuyos valores pueden fácilmente superar los 50dBA³¹, y los derivados de la manipulación del neonato en su incubadora como la apertura y cierre de las portezuelas, en este caso se ha comprobado que en una manipulación suave pueden alcanzar los 81 dBA y si la manipulación es más brusca los niveles pueden llegar a los 85/95 dBA³².

La colocación de informes clínicos sobre el techo de la incubadora produce niveles de ruido entre los 84 y 87 dBA que pueden alcanzar los 95,6 dBA si se dejan caer bruscamente³³. Otros episodios que hemos podido comprobar, ocurren durante los momentos en que es necesaria regular la administración de oxígeno, de tal manera que pasar de 10 a 12 litros por minuto provoca un aumento de 81dBA a los 84 dBA³⁴ respectivamente.

Especial atención por su relevante influencia en el ambiente sonoro de la unidad de cuidados intensivo lo constituyen el llanto del neonato y las alarmas de los diferentes equipos de soporte existentes en la unidad. En relación con el llanto, hay estudios³⁵ que demuestran que es una de las actividades que registran valores más altos, hasta los 75/80 dBA³⁶. En nuestro estudio pudimos comprobar que puede suponer un incremento de hasta 15 dBA respecto el periodo en que no se registró actividad alguna (nocturno) con 48,1 dBA.

En relación con las alarmas de los aparatos médicos (Fig. 6), éstas tienen una especial relevancia dada su persistencia en el tiempo, repetitividad y la intensidad que pueden llegar a alcanzar. No obstante hemos de indicar que el ruido provocado por las voces y alarmas de los equipos tiene un mayor impacto en el ambiente de la sala que en el interior de la incubadora³⁷. En este sentido, existen varios trabajos realizados acerca de la incidencia de las alarmas en unidades de cuidados intensivos³⁸.

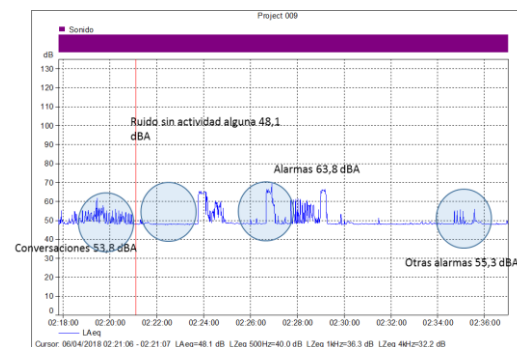


Figura 6. Alarmas

En relación con las alarmas, es necesario tener en cuenta que en determinadas situaciones una mala gestión de las mismas pueden llevar a que se produzcan situaciones no deseadas. El equipo puede desactivarlas, ajustar sus parámetros fuera de los rangos adecuados para cada paciente, disminuir su volumen, reducir su número y en definitiva realizar modificaciones que eviten una alerta sobre determinadas condiciones clínicas del paciente³⁹. En los estudios consultados se constata que este tipo de manipulaciones generan una falsa sensación de seguridad en la unidad.

Es importante evaluar si el número y el volumen de las alarmas son lo suficientemente audibles dentro de la UCIN, al programarlas es necesario tener en cuenta el ruido ambiental de la sala y las recomendaciones que en este sentido ya se han comentado anteriormente, así como el número de profesionales de la unidad en cada momento, un volumen demasiado bajo puede generar situaciones no deseadas⁴⁰.

La Asociación Brasileña de Normas Técnicas – ABNT, establece para ambientes internos de hospitales (departamentos, enfermerías, salas cuna y centro quirúrgico) un nivel sonoro entre 35 y 45 dBA, siendo el primero considerado nivel de confort auditivo y el segundo el límite

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

aceptable⁴¹, los mismos valores son aceptados por la United States Environmental Protection Agency.

En relación con las alarmas existentes en una UCI neonatal, hemos consultados varios estudios con el objeto de poder contrastarlos con los obtenidos en nuestros ensayos. En estos trabajos se comprueba que la mayoría de las alarmas que se producen en este tipo de unidades son del tipo umbral (threshold 70%)⁴², es decir, estaban fuera del límite predefinido y se relacionaban a la presión arterial sistólica (45%), saturación de oxígeno (19%), frecuencia cardíaca (18%), presión arterial promedio (12%) y frecuencia respiratoria (4%). La saturación de oxígeno generó 90% de las alarmas técnicas. Otro estudio prospectivo observacional, mostró la presión arterial sistólica (45,4%) con el mayor número de alarmas, seguida de la saturación de oxígeno (29,5%)⁴³.

En nuestros ensayos, dado que las mediciones se realizaron en continuo con registros cada segundo, supuso una gran cantidad de tiempo poder discriminar las principales alarmas y eventos a lo largo de todo el tiempo de medida. Las principales alarmas fueron las siguientes: presión arterial, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno (con Prioridad alta y baja), pulsosímetro (frecuencia cardíaca u oxígeno), calentador del respirador, respirador Servoi y respirador Babylog, temperatura, bomba de alimentación Kangoo (suena cuando finaliza la alimentación, aprox. a la ½ hora de su inicio), final del medicamento (suena cuando finaliza el medicamento, aprox. a la ½ hora de su inicio) y errores de la incubadora. Se ha de tener en cuenta que en función del modelo de incubadora, la alarma de temperatura y el respirador es distinta. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Nombre	LAeq [dB]	LZeq 500Hz	LZeq 1kHz	LZeq 2kHz	LZeq 4kHz	LAFmáx [dB]
Prioridad alta	65,8	54,0	51,9	46,6	39,6	85,3
Prioridad baja	64,3	56,3	52,1	48,8	40,4	79,4
Pulsosímetro	59,8	53,8	49,1	45,8	41,4	85,9
Calentador de respirador	67,2	66,4	51,3	49,7	45,4	79,8
Respirador Babylog	60,0	53,9	55,7	44,5	38,7	71,4
Respirador Servoi	61,1	55,4	50,1	46,6	42,1	85,3
Bomba alimentación Kangoo	60,8	55,9	50,5	46,6	47,0	83,4
Temperatura	69,1	70,4	57,5	51,6	40,8	76,4
Final medicamento	62,5	56,8	52,9	48,4	40,7	82,5
Fallo incubadora	62,9	57,0	52,5	46,3	49,0	78,4

Tabla 1. Valores correspondientes a las alarmas detectadas en los ensayos (24 horas)

En la lectura de los datos obtenidos tenemos que la Bomba de alimentación Kangoo, presenta valores comprendidos entre los 48,1 dBA y los 74, 8 dBA con un promedio energético de 60,8 dBA y niveles máximos de 83, 4 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 572 registros de un total de 2.697, lo que supone el 21,32%.

Nº Total de eventos/ alarmas registradas	2.697	100%	Persistencia (h.)
Prioridad alta	60	2,22%	0:12:53
Prioridad baja	102	3,78%	0:29:26
Pulsosímetro	110	4,08%	1:03:15
Calentador de respirador	968	35,89%	0:29:42
Respirador Babylog	4	0,15%	0:01:24
Respirador Servoi	558	20,69%	0:16:51
Bomba alimentación Kangoo	575	21,32%	0:23:42
Temperatura	58	2,15%	0:03:17
Final medicamento	35	1,30%	0:16:56
Fallo incubadora	51	1,89%	0:18:08
Otros sonidos	176	6,53%	

Tabla 2. Persistencia de las alarmas

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

El calentador del respirador, presentó valores comprendidos entre los 48,3 dBA y los 75,6 dBA con un promedio energético de 67,2 dBA y niveles máximos de 78,2 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 968 registros de un total de 2.697, lo que supone el 35,89%.

Las alarmas por fallo en la incubadora presentaron valores comprendidos entre los 49,3 dBA y los 71,0 dBA con un promedio energético de 62,9 dBA y niveles máximos de 74,5 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 51 registros de un total de 2.697, lo que supone el 1,89%.

Las alarmas por final del medicamento, presentaron valores comprendidos entre los 51,8 dBA y los 68,3 dBA con un promedio energético de 62,5 dBA y niveles máximos de 82,5 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 35 registros de un total de 2.697, lo que supone el 1,30%.

En el caso de las alarmas correspondientes a la presión arterial, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno con prioridad alta, se obtuvieron valores comprendidos entre los 49,0 dBA y los 78,9 dBA con un promedio energético de 65,8 dBA y niveles máximos de 85,3 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 60 registros de un total de 2.697, lo que supone el 2,22%. Así cuando la prioridad es baja, se obtuvieron valores comprendidos entre los 53 dBA y los 71,2 dBA con un promedio energético de 64,3 dBA y niveles máximos de 77,5 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 102 registros de un total de 2.697, lo que supone el 3,78%.

En el caso del Pulsiosímetro (frecuencia cardíaca u oxígeno), se obtuvieron valores comprendidos entre los 48,6 dBA y los 67,3 dBA con un promedio energético de 59,8 dBA y niveles máximos de 85,9 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 110 registros de un total de 2.697, lo que supone el 4,08%.

En el caso del Respirador Babylog, se obtuvieron valores comprendidos entre los 55,1 dBA y los 63,4 dBA con un promedio energético de 60,0 dBA y niveles máximos de 71,4 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 4 registros de un total de 2.697, lo que supone el 0,15%.

En el caso del Respirador Servoi, se obtuvieron valores comprendidos entre los 49,8 dBA y los 78,6 dBA con un promedio energético de 61,1 dBA y niveles máximos de 85,3 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 558 registros de un total de 2.697, lo que supone el 20,69%.

En el caso de las alarmas asociadas a la incubadora por fallo en la temperatura, se registraron valores comprendidos entre los 59,6 dBA y los 74,1 dBA con un promedio energético de 69,1 dBA y niveles máximos de 75,2 dBA. El nº de veces que ha estado presente durante el tiempo de medición ha sido de 58 registros de un total de 2.697, lo que supone el 2,15%.

Se registraron otros sonidos asociados a eventos puntuales, que no se pudieron asociar a un evento concreto, registrándose valores comprendidos entre los 48,6 dBA y los 67,7 dBA y

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

niveles máximos de 78,7 dBA. El nº de veces que han estado presentes durante el tiempo de medición ha sido de 176 registros de un total de 2.697, lo que supone el 6,53%.

No todas las alarmas suenan durante el mismo tiempo, las hay de muy corta duración y otras que están presentes durante más tiempo. Aunque varias de ellas pueden sonar a la vez. Hay alarmas que suenan muchas veces a lo largo del día pero tienen son de una duración muy corta cada vez.

En el cuadro no se han incluido las alarmas de monitorización (presencia), que suenan simplemente porque el neonato ese encuentra en la incubadora, hay dos tipos: La primera de ellas tiene una duración de 01:44:01 horas y se repite 4.725 veces a lo largo de la medición. La segunda tiene una duración de 02:16:05 horas y se repite 6.759 veces a lo largo de las 24 horas. Por otro lado las conversaciones tiene una duración de 16:13:21 horas y el teléfono suena 27 veces a lo largo del día con una duración total de 08:11 minutos.

4. DISCUSIÓN

Si comparamos los valores obtenido para cada una de las alarmas registradas con los valores recomendados en el estudio llevado a cabo por Philbin MK_[11], en el que se nos indica que el nivel de ruido de fondo total en la unidad de cuidados intensivos debe mantenerse por debajo de 55 dBA, pero se recomienda que no excedan los 70 dBA, tenemos que todos los valores obtenidos una vez promediados, están por debajo de este último límite, pero todos exceden del valor recomendado de 55 dBA. Si los comparamos con los valores recomendados por los diferentes organismos internacionales en ningún caso los niveles de presión sonora emitidos por las diferentes alarmas se encuentran dentro de los parametros recomendados ni de día ni de noche.

En diciembre de 2005, el Journal of the Acoustical Society of America publicó un estudio por Busch-Vishniac⁴⁴ y colaboradores, en el que se analizaban los datos disponibles en los hospitales en todo el mundo entre 1960 y 2005. Ningún hospital cumplía las directrices de la Organización Mundial de la Salud -OMS(recomienda 30 dB para garantizar sueño nocturno reparador) el estudio demostró la existencia de niveles sonoros de más de 70 dB durante el día y 60 dB durante la noche no son inusuales.

Por otro lado, la incidencia del número y tipo de los dispositivos de alarmas y el propio sistema interno de trabajo en este tipo de unidades pueden provocar lo que se conoce como "fatiga de alarmas"⁴⁵ cuya peor consecuencia puede ser la inacción ante una situación en la que la alarma no es respondida, generando un posible efecto adverso en el paciente⁴⁶.

Es cierto que todos los estudios consultados se concluye que los rangos propuestos por la OMS son tan bajos que difícilmente son alcanzables en las actuales Unidades de Cuidados intensivos Neonatales⁴⁷, nosotros mismos hemos obtenido durante el periodo noche, en el que se constata que no hay presencia de actividad alguna, valores de 48,1 dBA lo que nos representa el valor más bajo obtenido durante todo el proceso de medición. Si bien, también es cierto que en la mayoría de los casos consultados, el ruido del personal, de las alarmas y los equipos es claramente mejorable.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En este sentido, se puede comprobar que en la actualidad hay diferentes iniciativas que avanzan en esta dirección. Una se caracteriza por la protección del neonato mediante el uso de tapones de silicona, al menos durante el tiempo que se encuentra en las incubadoras. La otra es más general y va en la línea de implementar mejoras en la gestión de las alarmas y la conducta del personal.

En el primer caso, es recomendable la lectura del estudio publicado por Cochrane, en la que plantean reducir los niveles de ruido que afectan al lactante mediante el empleo de orejeras o tapones de oído, parten de la hipótesis que al disminuir estos niveles de ruido es posible disminuir el estrés al que se encuentran sometidos, lo cual redundaría en un aumento en el crecimiento y reduciría los resultados neonatales adversos.

El estudio realizado sobre 34 prematuros con menos de 32 semanas de gestación y menos de 1500g de peso, no obtuvo resultados concluyentes en cuanto a una mejoría en el aumento de peso. Dado el pequeño tamaño de la muestra, no es posible hacer recomendaciones para la práctica clínica pero se proponen la realización de ensayos con muestras más representativas y un seguimiento más exhaustivo⁴⁸.

La segunda iniciativa que más ha llamado nuestra atención, está relacionada con la mejora en la gestión de la monitorización de las alarmas, sin que ello suponga reducir la seguridad de los pacientes. El proyecto denominado UCI silenciosa^[37] parte de la base de la monitorización individual de cada uno de los pacientes y la posibilidad de sustituir todas las alarmas acústicas por señales visuales en el monitor de la central de alarmas a la par que cambia significativamente de configuración. Una vez solucionada la situación se restablece la configuración inicial. En alguna de las alarmas, dada su prevalencia (caso de la saturación de oxígeno), se decidió incorporar un pequeño gráfico que mostraba su evolución en los últimos 30 minutos.

Este tipo de iniciativas tienen un efecto directo sobre el ambiente sonoro en la sala de UCIN, dado que se eliminan una de las principales fuentes de ruido existentes en la actualidad. No obstante sería muy aconsejable incorporar en el interior de las incubadoras un pequeño micrófono que recogiera los datos existentes en el interior de la misma. Este dato aunque en sí mismo no es un parámetro médico, si puede correlacionarse con determinados valores basales del neonato y daría un indicativo del ambiente sonoro de su entorno próximo y de la respuesta al estímulo.

También sería aconsejable, tal y como aconsejan algunos profesionales⁴⁹, instalar “sistemas de gestión de las alarmas y de la monitorización con sistemas centralizados donde los profesionales obtengan la información en otra zona, sin estar al lado del paciente”, organizar mejor, los flujos de personal y respetar las horas de sueño.

5. CONCLUSIONES

Del estudio llevado a cabo, podemos destacar varias conclusiones:

En el caso del ruido global existentes en la sala de cuidados intensivos de referencia, se puede constatar que el valor promedio a lo largo de todo el tiempo de medición alcanzó los 65,7 dBA con la presencia de valores máximos de 87,3 dBA, en cuanto su contenido en frecuencias

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

asociadas al lenguaje, los valores obtenidos han sido: LZeq 500Hz = 58,9 dB; LZeq 1kHz = 54,8 dB; LZeq 2kHz = 52,7 dB; LZeq 4kHz = 48,0 dB.

Durante el periodo nocturno existen intervalos de tranquilidad, en los que no se han obtenido registros de actividad y en cuyos momentos se obtienen los valores más bajos, 47,9/48,1 dBA con la presencia de valores máximos de 48,4 dBA, en cuanto su contenido en frecuencias asociadas al lenguaje, los valores obtenidos han sido: LZeq 500Hz = 40,1 dB; LZeq 1kHz = 36 dB; LZeq 2kHz = 36 dB; LZeq 4kHz = 31,9 dB.

Los valores obtenidos, se encuentran en línea con los expuestos en los diferentes estudios que se han consultado y viene recalcar la presencia de valores en las UCINs, por encima de los valores recomendados por las organizaciones internacionales, especialmente por la Asociación Americana de Pediatría y recomiendan la creación de programas de intervención.

No obstante, si los resultados finales del proyecto "UCI silenciosa" llegan al objetivo propuesto, significaría la eliminación de la alarmas acústicas de estas salas lo cual nos llevaría a los valores mencionados en el párrafo anterior. Ello implica que habría que controlar las fuentes de ruido restantes. Las conversaciones del personal de la unidad y su sistema de trabajo, implementando guías y protocolos tendentes a obtener un ambiente más adecuado. Las otras fuentes, requieren de mejoras en el diseño del local destinado a las unidades de cuidados intensivos, con la incorporación del tratamiento acústico de los paramentos, suelo, techo y huecos.

La revisión crítica de los artículos médicos consultados, revelan una relación entre las alteraciones fisiológicas de los neonatos y la magnitud del estímulo sonoro, comprobándose que cuando el estímulo es bajo (<60dB) la frecuencia cardíaca disminuye, sin embargo, ante intensidades altas >70 dB, se acelera la frecuencia respiratoria. Estos datos nos animan a proponer líneas de investigación futuras dirigidas a comprobar la existencia de correlaciones entre la magnitud de los niveles de la presión sonora y los parámetros médicos más relevantes.

6. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al personal de UCIN del Hospital Puerta del Mar su ayuda en la realización de este Proyecto.

7. BIBLIOGRAFÍA

¹ Gascón GS, García Berman RM. Environmental impact on the neonate. *Rev Enferm* 2011; 34:6-14.

² M.García Del Río, M.Sánchez Luna E.Doménech Martínez, Izquierdo Macián, A.Losada Martínez, J.Perapoch López. "Revisión de los estándares y recomendaciones para el diseño de una unidad de neonatología. Review of standards and recommendations for the design of a neonatology unit"; *Anales de Pediatría*; Volume 67, Issue 6, December 2007, Pages 594-602

³ Hall JH, Jonson BH. Family centered care. Bethesda MD: Institute for Family-Centered Care; 1997.

⁴ Achaval A, Buscaglia JC, Larguía M. Remodelación del Servicio de Neonatología. Propuesta de un modelo racional y funcional. *Rev. Hosp Mat Inf Ramón Sardá*. 2003; 22:16-8.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

⁵ Mathur NS. A single-room NICU the next generation evolution in the design of neonatal intensive care units. 2004.

⁶ Recommended Standards for Newborn ICU Design. Report of the Fifth Consensus Conference on Newborn ICU Design.

⁷ Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido BOE n. 276 de 18/11/2003

⁸ Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE núm. 254; martes 23 octubre 2007.

⁹ Dra. Josefina Gallegos-Martínez, Dr. Jaime Reyes-Hernández, Lic. Enf. Viridiana Azucena Fernández-Hernández, Dr. Luis Oscar González-González; Índice de ruido en la unidad neonatal. Su impacto en recién nacidos; Acta Pediátrica de México Volumen 32, Núm. 1, enero-febrero, 2011.

¹⁰ Pinheiro, Eliana Moreira; Guinsburg, Ruth; Nabuco, Marco Antonio de Araújo and Kakehashi, Tereza Yoshiko. Ruido en la Unidad de Terapia Intensiva Neonatal y en el interior de la incubadora. *Rev. Latino-Am. Enfermagem* [online]. 2011, vol.19, n.5, pp.1214-1221. ISSN 1518-8345.

¹¹ Philbin MK. Planning the acoustic environment of a neonatal intensive care unit. *Clin Perinatol.* 2004; 31:331-52.

¹² Adriana Carla Bridi, Thiago Quinellato Louro. Roberto Carlos Lyra da Silva; Alarmas clínicas en terapia intensiva: implicaciones de la fatiga de alarmas para la seguridad del paciente. *Rev. Latino-Am. Enfermagem* nov.-dic. 2014;22(6):1034.

¹³ Gordon B. Avery, Mary Ann Fletcher, Mhairi G. MacDonald; Neonatología Fisiopatología y manejo del recién nacido: Sistemas sensoriales del neonato; Ed. Médica Panamericana, 2001, 5ª Ed. ISBN: 950-0600714; pag 96-99.

¹⁴ Rubel EW Auditory system development. In: Gottlieb G, Krasnegor N, eds. Measurement of audition and vision in the first year of postnatal life: a methodological overview. Camden, NJ: Ablex Publishing, 1985:53.

¹⁵ Parmelee HP, Sigman MD, ed. Perinatal brain development and behavior. In Mussen PH, ed. Handbook of child psychology, vol II, 2nd ed. New York: John Wiley and sons, 1983:95.

¹⁶ Aslin RN, Pisoni DB, Jusczyk PW. Auditory development and speech perception in infancy. In: Mussen PH, ed. Handbook of child psychology, vol II, 2nd ed. New York: John Wiley and sons, 1983: 573.

¹⁷ Berg, KM, Smith M. Behavioral thresholds for tones during infancy. *J Exp Child Psychol* 1983;35:409.

¹⁸ Schulte FJ, Stennert E, Wulbrand H, et al. The ontogeny of sensory perception in preterm infants. *Eu j Pediatr* 1977: 126:211.

¹⁹ Kurtzberg D, Stapells DR, Wallance IF. Event-related potential assesment of auditory system integrity: implications for language development. In: Vietze PM, Vaughan HG, eds. Early identification of infants with developmental disabilities. Philadelphia: Grune & Stratton, 1988:160.

²⁰ Gerherdt K. Characteristics of the fetal sheepsound environment. *Semin Perinatol* 1989; 13:362.

²¹ Armitage SE, Baldwin BA, Vince MA. The fetal sound of sheep. *Science* 1980; 208:1174.

²² Walker D, Grimwade J, Wood C. Intrauterine noise: a component of the fetal environment. *Am J Obstet Gynecol* 1940; 109:91.

²³ Donis Paz AC. Contaminación acústica en la Unidad de Neonatología del Hospital Roosevelt [tesis de grado]. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud; 2013.

²⁴ Lara Moreno Argayo; Valoración del manejo de la luz y el ruido en unidades neonatales. Revisión bibliográfica. Universidad de Valladolid, 2015.

²⁵ Juan Luis Beira Jiménez, Virginia Puyana Romero, Ricardo Hernández Molina, Francisco Fernández Zacarías, Pedro Jesús Bustillo Velázquez Gaztelu; Acústica de una incubadora neonatal; 48º Congreso Español de Acústica; Encuentro Ibérico de Acústica ; A Coruña 3-6

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Octubre 2017 / Antonio Calvo Manzano (ed. lit.), Antonio Pérez López (ed. lit.), 2017, ISBN 978-84-87985-29-4, págs. 345-353.

²⁶ F.Fernández zacarías; J.L.Beira Jiménez; P.J.Bustillo Velázquez-Gaztelu; R.Hernández molina; Simón Lubián López. Noise level in neonatal incubators: A comparative study of three models. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*; Volume 107, April 2018, Pages 150-154; Universidad de Cádiz, 2018. ISSN: 0165-5876.

²⁷ Ellander G, Hellström G. Reduction of noise levels in intensive care units for infants: evaluation of an intervention program. *Heart & Lung*. 1995;24(5):376-9.

²⁸ Gottfried AW, Wallace-Lande P, Sherman-Brown S, King J, Coen C, Hodgman JE. Physical and social environment of newborn infants in special care units. *Sciencie* 1981;214: 673-675.

²⁹ Muñoz V. Informe Técnico de Medición de Niveles de Presión Sonora en la Unidad de Neonatología del Hospital San José. 2001.

³⁰ Sittig SE, Nesbitt JC, Krageschmidt DA, Sobczak SC, Johnson RV. Noise levels in a neonatal transport incubator in medically configured aircraft. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2011;75:74-76.

³¹ Ichisato STM, Scochi CGS. Ruídos na unidade de cuidado intensivo neonatal durante as passagens de plantão (enfermagem e/ou médica) e visita médica. *Ciência, Cuidado e Saúde* 2006;5(Supl):127-33.

³² Rodarte MDO, Scochi CGS, Leite AM, Fuginaga CI, Zamberlan NE, Castral TC. O ruído gerado durante a manipulação das incubadoras: Implicações para o cuidado de enfermagem. *Rev Latino-am de Enfermgem* 2005;13(1):79-85.

³³ Oliveira PF, França DC, Mor R. O nível de ruído na unidade de terapia intensiva neonatal e seus efeitos. *Rev CEFAC* 2003;5:367-72.

³⁴ Lichtig I, Maki K. Estudos de níveis de ruídos ambientais e de ruídos gerados pelas incubadoras em uma unidade de terapia intensiva neonatal.

³⁵ Hasek Nogueira MdF, Chamma Di Piero K, Goncalves Ramos E, Nogueira de Souza M, P. Dutra MV. Mensuración de ruido en unidades neonatales e incubadoras con recién nacidos: revisión sistemática de literatura. *Rev Latino-Am Enferm*. 2011; 19(1): 1-10.

³⁶ Adriana Nieto Sanjuanero. Evaluación de los Niveles de Ruido en una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales. Tesis Doctoral. Universidad autónoma de Madrid Facultad de Medicina, departamento de pediatría. Madrid 2012; pag80 y siguientes.

³⁷ Lichtig I, Maki K. Estudo de níveis de ruídos ambientais e de ruídos gerados em incubadoras em uma unidade de terapia intensiva neonatal. *Pediatria*. 1992;14(1):30-4.

³⁸ Dr. Xavier Soler. ¡Atención, silencio! Unidad de Cuidados Intensivos Ruido de alarmas en la Unidad de Cuidados Intensivos. Unidad de Cuidados Intensivos – Unidad Coronaria, y Unidad de Medicina y Cirugía Sin Sangre del *Centro Médico Teknon–Quirónsalud*. Hospitecnia Revista de Arquitectura, Ingeniería, Gestión hospitalaria y sanitaria. ISSN: 2462-7348 Boletín 13 I 09/04/2018 *Atmósferas hospitalarias*

³⁹ Institute ECRI. Top 10 health technology hazards for 2013. Guidance article, v41, issue 11. 2012. [acesso 8 nov 2012].

⁴⁰ Beccaria LM, Pereira RAM, Contrin LM, Lobo SMA, Trajano DHL. Eventos adversos na assistência de enfermagem em uma unidade de terapia intensiva. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2009;21(3):276-82.

⁴¹ Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT; 1987.

⁴² Soares Aurélio F, Tochetto TM. Ruído em uma unidade de terapia intensiva neonatal: mensuração e percepção de profissionais e pais. *Rev Paul Pediatr* 2010; 28(2):162-169.

⁴³ Siebig S, Kuhls S, Imhoff M, Gather U, Schölmerich J, Wrede CE. Intensive care unit alarms-How many do we need? *Crit Care Med*. 2010;38(2):451-6.

⁴⁴ Busch-Vishniac IJ, West JE, Barnhill C, Hunter T, Orellana D, Chivukula R. Noise levels in Johns Hopkins Hospital. *J Acoust Soc Am*. 2005 Dec; 118(6):3629-45.

⁴⁵ Welch J. Alarm fatigue hazards: the sirens are calling. *JAMA*. 2012;307(15):1591-2.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

⁴⁶ Hyman W. Clinical alarm effectiveness and alarm fatigue. *Rev Pesqui: Cuidado é Fundamental Online* [Internet]. 2012. [acesso 2 nov 2012];4(1).

⁴⁷ Julie L Darbyshire. J, Duncan Young; An investigation of sound levels on intensive care units with reference to the WHO guidelines. *Critical Care*, 2013. 17:R187

⁴⁸ Reducción de ruidos en la unidad de cuidados intensivos neonatales para lactantes prematuros o de muy bajo peso al nacer (Revisión Cochrane traducida). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015 Issue 1.

⁴⁹ Isabel Gallardo Ponce. Madrid La UCI silenciosa, mejor para niños y padres. Simposio Innovaciones en UCIN. 9 noviembre, 2015.