

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Empresariales
Departamento Industrial



**Tecnología para la gestión de ruido en
hoteles de sol y playa. Aplicación en
Varadero**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

Autor: MSc. Ing. Yoel Almeda Barrios

Universidad de Matanzas (UM)

Matanzas, 2022

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Empresariales
Departamento Industrial



**Tecnología para la gestión de ruido en
hoteles de sol y playa. Aplicación en
Varadero**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

Autor: MSc. Ing. Yoel Almeda Barrios

Universidad de Matanzas (UM)

Tutor: Dr. Cs. Joaquín García Dihigo

Universidad de Matanzas (UM)

Matanzas, 2022

Dedicatoria

A Alexa y Odailys, mis fuentes de motivación.

Agradecimientos

Difícil tarea resulta en unas pocas líneas reconocer a tantas personas que, de una forma u otra, han apoyado en este empedrado y difícil camino.

- Al Juaco, por ser el faro que marca mi rumbo, por constituir para mí más que un tutor un amigo, un padre. Por darme la oportunidad de heredar su más valioso tesoro: el conocimiento que con tanta modestia me comparte a diario. A su familia que ya también es mía.
- A mi familia por el apoyo en todo momento. A mamá y Jose por su sacrificio en pos de mi formación.
- A mis amigos y compañeros de la universidad y la vida, esos que siempre están cuando lo necesito: Katy, Lixandra, Alfredo y Luis Enrique.
- A todos mis diplomantes por confiar en mí, por darme el privilegio de asesorar sus investigaciones y contribuir con ello a las mías.
- A mis compañeros de trabajo, por cubrirme la retaguardia para permitirme cumplir este anhelo. En especial a la Dr. C Laura E. Becalli Puerta, Directora de Relaciones Internacionales de la U. M.
- A mis alumnos por exigir de mí lo mejor cada día, por recordarme en cada clase la belleza de esta profesión e impulsar mi compromiso de ser mejor profesional.
- Al MINTUR Varadero y sus directivos. A los directivos y trabajadores de los hoteles Iberostar Varadero, Meliá Marina, Be Live Experience Tuxpan y Meliá Las Américas por corresponder mis esfuerzos y propuestas con compromiso y trabajo.
- A los doctores María Sotolongo Sánchez, Tatiana Escoriza Martínez, Reynol Hernández Maden, Yadrián García Pulido, Manuel Pino Batista y Abel Gallardo Sarmiento por sus certeros comentarios para perfeccionar la investigación.
- Al Dr.C Orlando Santos Pérez por su ayuda incondicional. Ingeniero civil con formación de amplio espectro y un excelente ser humano.
- Al Dr C Leonel Marrero Artabe, ejemplo de modestia infinita, entrañable compañero y amigo; por sus consejos y ayuda.
- A los profesores que, más allá de sus funciones, impulsaron con ímpetu el proceso de formación. En especial a la Dra C. Dianelys Nogueira Rivera coordinadora del programa de formación doctoral, la Dra C. Yadamy Rodríguez Sánchez Jefa del Área Autorizada y al Dr C. Edgar Borot Peraza Vicerrector de Investigación y Posgrado de la UM.

Síntesis

Las instalaciones hoteleras cubanas, y en particular las ubicadas en destinos turísticos de sol y playa, no poseen un enfoque de gestión en el tratamiento de la contaminación por ruido que integre técnicas, procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control, lo cual constituye el **problema científico** a resolver en la presente investigación. En consecuencia, se propone como **objetivo general** desarrollar una tecnología para la gestión de ruido en hoteles de sol y playa que integre técnicas, procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control. Los principales resultados se centran en la creación de una tecnología para la gestión del ruido mediante un procedimiento de despliegue que incluye la valoración del confort acústico; el uso de los mapas de ruido como herramienta de diagnóstico, la selección, modificación y creación de métodos de control de ruido y un procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción acústica de diversos materiales. El objeto de estudio fueron 4 hoteles de sol y playa en Varadero: Iberostar Varadero, Meliá Marina, Be Live Experience Tuxpan y Meliá Las Américas. Se validó la **hipótesis de investigación** mediante la comparación de los Niveles de Presión Sonora antes-después de la implementación, modelación y/o estimación de un grupo de medidas primarias, secundarias y organizativas; en un total de 20 áreas afectadas de los 4 hoteles y donde se demostró de forma general que se logró reducir los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes con mejoras en los parámetros de confort acústico.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE Y DE LA PRÁCTICA SOBRE EL RUIDO Y SU GESTIÓN.....	9
1.1 Antecedentes y evolución del ruido como agente contaminante	9
1.2 Aspectos generales de ruido.....	10
1.3 Normativas y bases legales a nivel internacional y nacional	14
1.4 Principales etapas consideradas por los estudios de ruido. Análisis crítico	15
1.4.1 Identificación de fuentes de ruido.....	16
1.4.2 Evaluación del ruido	17
1.4.2.1 Evaluación del confort acústico	17
1.4.3 Diagnóstico de la contaminación acústica: mapas de ruido	18
1.4.4 Control de ruido	19
1.5 El ruido en la gestión empresarial	24
1.5.1 Análisis crítico de los procedimientos para la gestión de ruido	25
1.6 El ruido en el turismo	35
1.7 Estado de la práctica.....	37
1.8 Conclusiones parciales	39
CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE RUIDO EN HOTELES DE SOL Y PLAYA	40
2.1 Concepción teórica de la tecnología	40
2.2 Procedimientos de despliegue de la tecnología	42
2.2.1 Etapa 1. Preparación de condiciones iniciales.....	43
2.2.2 Etapa 2: Identificación y caracterización de las fuentes de ruido.....	44
2.2.3 Etapa 3. Evaluación de los niveles de ruido.....	46
2.2.3.1 Procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α)	50
2.2.4 Etapa 4. Diagnóstico de los niveles de ruido (mapas de ruido)	55
2.2.5 Etapa 5. Diseño de medidas de control.....	57
2.2.5.1 Posibles medidas primarias a aplicar.....	57
2.2.5.2 Posibles medidas secundarias a aplicar.....	58
2.2.5.3 Posibles medidas organizativas a aplicar	67
2.2.6. Etapa 6. Implementación y seguimiento.....	68
2.3 Conclusiones parciales	69
CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE GESTIÓN DE RUIDO EN HOTELES DE SOL Y PLAYA EN VARADERO	70
3.1 Selección y caracterización del objeto de estudio	70

3.2 Resultados de la aplicación de la tecnología mediante sus procedimientos de despliegue en los hoteles seleccionados	71
3.2.1 Etapa 1. Preparación de condiciones iniciales.....	71
3.2.2 Etapa 2: Identificación y caracterización de fuentes y áreas ruidosas	73
3.2.3 Etapa 3. Evaluación.....	76
3.2.3.1 Coeficiente de absorción acústica determinado para varios materiales	81
3.2.4 Etapa 4. Diagnóstico	86
3.2.5 Etapa 5. Control.....	87
3.2.5.1 Aplicación de medidas primarias.....	87
3.2.5.2 Aplicación de medidas secundarias	87
3.2.5.3 Aplicación de medidas organizativas	94
3.2.6 Etapa 6. Implementación y seguimiento.....	95
3.3 Conclusiones parciales	96
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	100

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Anexo 1.1: Definiciones de ruido dadas por varios autores	
Anexo 1.2: Parámetros que caracterizan al sonido	
Anexo 1.3: Principales normas de ruido en Cuba	
Anexo 1.4: Modelos de gestión según ISO 31000, ISO 45001, ISO 14001 e ISO 9001 .	126
Anexo 1.5: Presencia de atributos en los procedimientos de gestión de ruido	
Anexo 2.1: Criterio N de evaluación para ruidos constantes	
Anexo 2.2: Valores máximos admisibles de ruido según la NC 871: 2011	
Anexo 2.3: Límites de confort establecidos por la NTP 503: 1998	
Anexo 2.4: Valores indicativos del índice PSIL	
Anexo 2.5: Atenuación en el aire (γ) en dB/100 m, en función de la frecuencia, la temperatura centígrada (T) y la humedad relativa ambiente (HRA)	
Anexo 2.6: Valores del coeficiente de absorción para diversos materiales	
Anexo 2.7: Coeficiente de aislamiento sonoro o pérdidas por transmisión del sonido (R) para varios materiales	
Anexo 3.1: Cumplimiento de las premisas para aplicar la tecnología	
Anexo 3.2-a : NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Marina	

Anexo 3.2-b : NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Be Live Experience Tuxpan

Anexo 3.2-c : NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Las Américas

Anexo 3.3-a: Mapas de ruido en el hotel Iberostar Varadero

Anexo 3.3-b: Mapas de ruido en el hotel Meliá Marina

Anexo 3.3-c: Mapas de ruido en el hotel Be Live Experience Tuxpan

Anexo 3.3-d: Mapas de ruido en el hotel Meliá Las Américas

Anexo 3.4: Aval emitido por la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas sobre el empleo de conchas acústicas

Anexo 3.5: Avals emitidos por las administraciones de los hoteles sobre los resultados de los estudios de ruido

Introducción

INTRODUCCIÓN

El ruido constituye uno de los factores que pueden afectar las óptimas condiciones de trabajo (Salvendy, 2012). Ha sido reconocido en la actualidad como el contaminante ambiental más difundido y con mayor influencia en la sociedad y en el desarrollo de las actividades de la vida diaria (Kumar et. al., 2018; Arachchige et. al., 2019; Bello et. al., 2019; Dang et. al., 2019; Gomeseria, 2019; Shahidan & Hannan, 2020; Ajibade et. al., 2021; Al-Taai, 2021).

A más de 250 años de la Revolución Industrial que multiplicó los niveles de ruido que se generaban como consecuencia de la explotación de las primeras máquinas de vapor, las empresas modernas continúan buscando las alternativas para disminuir la generación del contaminante en sus procesos de producción o servicios.

Algunas organizaciones han concebido la disminución del ruido como una de las estrategias para asegurar la competitividad en el mercado mediante la preservación de la salud del trabajador, la satisfacción del cliente y la integridad medioambiental; prestándole particular importancia a las tecnologías que sean capaces de mantener los niveles de ruido por debajo de las normas establecidas en cada país, ya que estos factores son actualmente evaluados por los consumidores, especialmente aquellos de mercados exigentes (Rastelli Montbrun et. al., 2017).

La Organización Mundial de la Salud estima que al menos 432 millones de adultos presentan pérdida auditiva incapacitante en el mundo; que el 50% de las pérdidas auditivas podrían evitarse mediante prevención, un diagnóstico precoz y una gestión eficaz y que, más de 4 millones de años de vida saludable se perdieron debido a las pérdidas auditivas inducidas por ruido (WHO, 2019). Este fenómeno se debe a que más de 80 millones de personas están expuestas a niveles de ruido ambiental superiores a 85 decibeles (dB) y otros 170 millones, se exponen a niveles entre 65-85 dB diariamente (Amable Álvarez et. al., 2017).

Derivado de la exposición al ruido, se asocian un elevado número de afectaciones. En la salud el paso del tiempo agrava las consecuencias y, donde comenzaban a proliferar sentimientos de molestias, estrés y otras afecciones leves; se pueden evidenciar incluso enfermedades como la hipoacusia o la sordera profesional (AAE, 2014). Por otra parte, existen consecuencias negativas en la comunicación (López Barrio & Carles Arribas, 1997) y un grupo de consecuencias de carácter general como la pérdida del atractivo de los

inmuebles, disminución de la productividad, aumento de los errores, aumento de los accidentes, disminución de la calidad de la producción o el servicio y de la calidad medioambiental (Caballero Núñez *et. al.*, 2016).

En este sentido varias investigaciones han estudiado las consecuencias negativas del ruido, tanto desde el punto de vista auditivo y en la salud (Lie *et. al.*, 2016; Auger *et. al.*, 2018; Gupta *et. al.*, 2018; Setyawan, 2021) como desde aristas sociales, comerciales o económicas (Reinten *et. al.*, 2017; Sierra Calderón *et. al.*, 2017).

Internacionalmente, cada país posee su normativa propia de ruido donde establecen los límites admisibles. El criterio más generalizado es el límite de exposición a 85 dBA¹ durante una jornada laboral de ocho horas diarias, aunque algunos países recomiendan valores superiores como es el caso de Estados Unidos (90 dBA), México (90 dBA) y Canadá (87 dBA). Específicamente en el continente americano millones de trabajadores están desprotegidos contra el ruido ocupacional. El 27% de los países de la región aún no ha establecido regulaciones con respecto a los niveles de ruido permisibles (Arenas & Suter, 2014).

En Cuba, la NC 871:2011, norma referente para la evaluación del ruido ocupacional, propone un máximo admisible de 85 dBA (Leq-ruidos no constantes) u 80 NdB (Criterio N-ruidos constantes). No obstante, a diferencia de las normas de países desarrollados como Australia, Nueva Zelanda o España, Cuba no contempla en su marco legal disposiciones relativas al confort acústico. El confort acústico constituye un estado de satisfacción con las condiciones acústicas (Antoniadou & Papadopoulos, 2017) con oportunidad de realizar actividades acústicas sin molestar a otras personas (Rasmussen & Rindel, 2010).

Este parámetro tiene un valor significativo en el sector de los servicios y específicamente en las actividades turísticas donde la satisfacción del cliente es determinante. En consecuencia, varias investigaciones han demostrado la incapacidad de las instalaciones de alcanzar los parámetros de confort y las quejas de los clientes en relación a su incumplimiento (Gramez & Boubenider, 2017; Espinel Torroja, 2018; Vargas Febres, 2018; Rodríguez Cisneros & Baldeón Quispe, 2018; Moradpour *et. al.*, 2018; Aguilar, 2019; Claudi *et. al.*, 2019; Jablonska & Trocka-Leszynska, 2019 y Dawe *et.al.*, 2021). Específicamente en hoteles, los estudios de Hodgson (2008) y de Che Din *et al.* (2014) demuestran que el

¹ A partir del criterio de evaluación Nivel Sonoro Equivalente Continuo (Leq).

ambiente acústico es uno de los parámetros menos satisfactorios en la evaluación del confort de la instalación por parte de los clientes.

Varadero, con la infraestructura hotelera más grande del país, tiene más de 60 hoteles de sol y playa con 21500 habitaciones, de las cuales el 80% está en hoteles 4 y 5 estrellas (Hernández Domínguez, *et. al.*, 2021). Estos hoteles, deben ser capaces de gestionar de forma adecuada los ruidos que se generan en el interior de la instalación para reducir la exposición de trabajadores y clientes.

No obstante, el enfoque de gestión de ruido y la adopción del propio término son muy limitados a nivel global. Como definen Krükle & Bendere (2017) la gestión del ruido es una actividad encaminada a mantener bajas exposiciones al ruido, de modo que no existan molestias o afectaciones a la salud. Países desarrollados como Australia y Nueva Zelanda proponen, a partir de bases normativas, el establecimiento de programas de gestión del ruido ocupacional (SA/SNZ, 2005; SWA, 2018).

Justificativa de la investigación

En Cuba la gestión no constituye el núcleo de la prevención del riesgo de ruido. Específicamente en las instalaciones hoteleras cubanas, el ruido es analizado solamente como un indicador más de los sistemas de gestión medioambiental o de seguridad y salud en el trabajo (López Moreda, 2010; Quiala Armenteros, 2011; Ferras Moreno, 2019; Novoa Oropeza, 2020; Ochoa Avila & Leyva Driggs, 2021; Martínez Rodríguez *et. al.*, 2021) pero no se profundiza en su gestión integral que considere las técnicas, procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control.

Un análisis de 15 procedimientos para la gestión de ruido recogidos en normas, guías de actuación, planes de prevención o en aplicaciones específicas en sectores determinados como la educación y la industria permitió detectar las siguientes limitaciones:

- La evaluación del ruido se realiza únicamente por índices de exposición (fundamentalmente L_{eq} y L_{pico}^2) y no contempla la valoración del confort acústico y su influencia en los trabajadores y los clientes de la organización.
- Los procedimientos que proponen los mapas de ruido como herramienta de diagnóstico sólo valoran su uso en exteriores para analizar la influencia en las poblaciones cercanas, no para el análisis en los locales interiores.

² Constituye el valor de pico del nivel de presión sonora. Se mide con la respuesta PEAK del sonómetro, correspondiente con una integración de la señal menor o igual a 50 μ s (NC 871:2011)

- No contemplan de manera exhaustiva las posibles medidas de control de ruido que se pueden aplicar; son únicamente mencionadas algunas de ellas.
- No se profundiza, desde el punto de vista técnico, en las metodologías de diseño que permitan el control de ruido.

Por otra parte, según los directivos de los principales organismos del país, existen reiteradas violaciones a las disposiciones obligatorias de los límites admisibles y un amplio desconocimiento de estas normativas por los directivos, trabajadores y clientes, así como de los efectos nocivos del ruido y las vías para su evaluación y control³.

Un análisis de las quejas de trabajadores y clientes en 5 hoteles de sol y playa del destino Varadero (Almeda Barrios, 2018; Cabrera Padrón, 2018; González Falcón, 2018; Perdomo Héctor, 2018; Hernández Rodríguez, 2018; González González, 2019) reflejó que, como promedio, el 47% de los clientes había manifestado molestias como consecuencia de la exposición a ruidos y el 54% de los trabajadores en estas instalaciones referían incomodidad con los ruidos existentes en su área de trabajo. Este análisis refuerza la necesidad de un enfoque de gestión en el tratamiento de los problemas de ruido en instalaciones hoteleras de sol y playa para mitigar las afectaciones antes mencionadas.

Además, como parte del análisis del estado de la práctica respecto a los estudios de ruido, específicamente en hoteles de sol y playa, se determinó que:

- Aun no se generaliza el enfoque de gestión en el estudio de los problemas de ruido en las organizaciones por lo cual la mayor parte de las investigaciones actuales están basadas en etapas específicas del proceso; fundamentalmente la evaluación y el establecimiento de medidas de control organizativas (Caballero Núñez *et. al.*, 2016; Amable Álvarez *et. al.*, 2017; Medina Ruíz *et. al.*, 2018; Hernández Peña *et. al.*, 2019; Betancourt Morffis, 2019; Fajardo Segarra *et. al.*, 2019).
- Hacen poco énfasis en la planificación y en el monitoreo, seguimiento, comunicación y consulta como parte del principio de mejora continua.

Los elementos descritos con anterioridad permiten plantear el siguiente **problema científico**: las instalaciones hoteleras cubanas, y en particular las ubicadas en destinos turísticos de sol y playa, no poseen un enfoque de gestión en el tratamiento de la

³ Declaraciones dadas por los directivos de organismos como MINTUR, MINSAP, CITMA, MTSS en las mesas redondas informativas “Mucho, mucho ruido” del 23/6/2011 y “Enfrentar al ruido y a los ruidosos” del 19/7/2016.

contaminación por ruido que integre técnicas, procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control.

Para darle solución al problema científico planteado, se estableció el sistema de objetivos siguiente:

Objetivo general: Desarrollar una tecnología para la gestión de ruido en hoteles de sol y playa que integre técnicas, procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control.

Objetivos específicos:

1. Fundamentar el estado del arte y de la práctica sobre el ruido y su gestión a partir de un análisis de los estudios de ruido, sus principales etapas y los procedimientos existentes para gestionarlo.
2. Diseñar la tecnología y sus procedimientos de despliegue para la gestión del ruido en hoteles de sol y playa.
3. Integrar, a partir de su oportuna selección, modificación o creación, una serie de técnicas y métodos para el control de ruido en hoteles de sol y playa.
4. Validar la tecnología en hoteles seleccionados en el destino turístico de Varadero, Cuba.

El **objeto de estudio teórico** es: la gestión del ruido en hoteles de sol y playa y el **objeto de estudio práctico** constituye: hoteles Iberostar Varadero, Meliá Marina, Be Live Experience Tuxpan y Meliá Las Américas.

En correspondencia con el problema científico planteado se formuló la **hipótesis** general de investigación siguiente: el desarrollo y aplicación de la tecnología que integre técnicas, procedimientos y metodologías de identificación, evaluación, diagnóstico y control para la gestión del ruido en hoteles de sol y playa, permitirá la reducción de los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes; así como obtener mejoras en los parámetros de confort acústico.

Variable independiente: tecnología para la gestión del ruido en hoteles de sol y playa.

Variable dependiente: reducción de los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes, así como mejoras en los parámetros de confort acústico

La **novedad científica** de la investigación radica en la elaboración de una tecnología para la gestión de ruido en hoteles de sol y playa que integra y contextualiza un grupo de

técnicas, procedimientos y metodologías de identificación, evaluación, diagnóstico y control. Asociado a lo anterior, constituyen novedosos los **aportes teórico-metodológicos** siguientes:

- El empleo de un sonómetro promediador integrador vinculado al software informático Smaart 7 para el análisis por bandas de octava de los Niveles de Presión Sonora (NPS);
- La inclusión, por primera vez e el sector hotelero cubano, de los criterios de confort acústico en los procesos de evaluación a partir de los niveles e índices que establece la NTP 503:1998;
- La determinación del coeficiente de absorción sonora (alfa) de materiales de amplio uso en las instalaciones hoteleras mediante un tubo de impedancias (tubo de Kundt) creado;
- El uso de los mapas de ruido contextualizados a locales interiores como herramienta para el diagnóstico de la contaminación acústica en hoteles;
- El diseño de conchas acústicas para el control de ruido en actividades de animación en el sector hotelero.

Por otra parte, constituyen valores de la investigación los siguientes:

- **Valor práctico:** está asociado a la aplicación de la propuesta en hoteles de sol y playa en Varadero y a su posibilidad de generalización dentro o fuera de este destino, siempre y cuando se realicen las adecuaciones pertinentes a cada escenario evaluativo.
- **Valor económico:** la aplicación de oportunas medidas de control contribuirá a que los hoteles puedan reducir los niveles de ruido existentes para así impedir la pérdida de clientes insatisfechos, garantizar su repitencia, así como fortalecer la imagen comercial y posicionamiento en los mercados.
- **Valor socio-ambiental:** tributará a la protección del entorno en los destinos turísticos, en particular en Varadero. Sus resultados pueden considerarse como una contribución a la certificación medioambiental y a los sistemas de seguridad y salud en el trabajo.
- **Valor docente:** sustentado en la inclusión de los aspectos novedosos antes reflejados en la preparación metodológica de asignaturas de pregrado, así como en la formación de posgrado para la carrera Ingeniería Industrial. En el caso específico

del equipamiento creado, la generalización de su empleo en prácticas de laboratorio para diversas carreras evidencia un elevado alcance.

Se emplearon diferentes **métodos teóricos** y **empíricos** de investigación. Dentro de los teóricos se encuentran: el **analítico-sintético**, utilizado para desglosar el problema en sus partes esenciales, sintetizar e incorporar los aportes del conocimiento científico. El **histórico-lógico** para el análisis de la evolución de la temática estudiada y la reseña de aquellos elementos que han marcado hitos en su devenir histórico. El **deductivo-inductivo** para el análisis de la temática, primero de forma general para después particularizar en cuatro casos de estudios en el destino Varadero, mediante una tecnología que podrá generalizarse en el futuro a otras instalaciones hoteleras. El **enfoque de sistema**, utilizado para brindar una visión holística de la tecnología creada, la cual le transfiere nuevas cualidades a sus etapas individuales.

En los **métodos empíricos** utilizados sobresalen la revisión documental, la observación, las encuestas a clientes y entrevistas a trabajadores para la identificación de fuentes y áreas ruidosas. Se emplearon además la medición de parámetros y la modelación de algunas medidas de control propuestas. A su vez los métodos empíricos están relacionados con instrumentos (algunos informáticos) de medición (sonómetro promediador-integrador vinculado al software *Smaart 7* para obtener el desglose por el espectro de frecuencias de los niveles de ruido), de diagnóstico (software ArcGIS 10.3 con la herramienta ArcMap para obtener mapas de ruido), el tubo de impedancias o tubo de Kundt con un montaje experimental que permite el cálculo del coeficiente de absorción, así como diagramas de flujo (software Microsoft Office como Excel y Visio).

La tesis está estructurada de la siguiente forma: introducción, desarrollo (en tres capítulos), conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. La introducción recoge los antecedentes, la fundamentación del estudio, el diseño metodológico, la novedad científica, los métodos utilizados, los aportes esperados y la estructura de la tesis.

El desarrollo se subdivide en tres capítulos. El primero profundiza en el ruido y los procedimientos para su gestión; las principales etapas en los estudios de ruido, su prevalencia en el turismo y en hoteles de sol y playa y el marco legal que soporta la investigación. En el segundo se elabora la tecnología y sus procedimientos de despliegue, donde se incluyen las principales técnicas y métodos para la identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido. Son utilizadas tablas, gráficos, figuras y anexos para una

mejor comprensión de los contenidos. En el tercero se analizan los resultados de la aplicación en los hoteles seleccionados y la validación de la hipótesis de investigación mediante la comparación de los valores antes-después de los NPS y la valoración del logro de los parámetros de confort acústico. En los tres capítulos se incluyen conclusiones parciales. En las conclusiones y recomendaciones se plantean los aspectos más relevantes de la investigación que dan respuesta a los objetivos y corroboran la hipótesis planteada. Se enfatiza en la perspectiva de desarrollo de la tecnología con el enfoque de gestión de ruido. En el acápite de referencias bibliográficas se recoge la literatura consultada, citada o referenciada.

La investigación incluye el estudio de un total de 236 obras. El 53,4% (126) es de los últimos 5 años; el 67,4% (159) es de los últimos diez años; y, el 50,4% se encuentra en idioma extranjero. Son referenciadas un total de 11 (4,7%) investigaciones doctorales y la referencia a trabajos correspondientes al autor representan el 3,8% (9).

CAPÍTULO 1

ESTADO DEL ARTE Y DE LA PRÁCTICA

SOBRE EL RUIDO Y SU GESTIÓN

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE Y DE LA PRÁCTICA SOBRE EL RUIDO Y SU GESTIÓN

Los análisis, consultas y estudios realizados en esta Tesis Doctoral, en el área de la gestión de ruido, permiten plantear el hilo conductor y la estructura de este capítulo que refleja el estado del arte y de la práctica, a partir del problema científico a resolver, y sintetizado en la introducción de este documento. En el hilo conductor para mostrar el estado del arte y de la práctica de la investigación, que se observa en la figura 1.1, se consideran aspectos como:

- la base conceptual referente al ruido y las principales afectaciones derivadas de la exposición a niveles dañinos.
- el marco legal que soporta la investigación.
- las principales etapas que comprenden los estudios de ruido
- los procedimientos para la gestión de ruido
- el ruido y su influencia en el turismo y en hoteles de sol y playa.

1.1 Antecedentes y evolución del ruido como agente contaminante

Los orígenes del ruido y su estudio son tan antiguos como la civilización humana. Desde la antigüedad el hombre ha luchado, o al menos protestado, contra su efecto. En la época de los romanos se recogen escritos denunciando el ruido de las carretas en las adoquinadas calles de esa urbe algunos siglos antes de nuestra era. También por aquellas épocas la contaminación acústica producida por las cataratas está descrita como uno de los primeros efectos negativos del ambiente sobre el hombre tal y como observó Plinio el Viejo (28-79 DC) al detectar la sordera contraída por los nativos que vivían y pescaban cerca de las cascadas y rápidos del alto Nilo.

Estas primeras Formaciones Económico Sociales: la Comunidad Primitiva, el Esclavismo y el Feudalismo, desarrollaron sus actividades sin polucionar al medio con ondas sonoras desagradables o peligrosas, ya que los medios de producción utilizados no generaban ruido (García Dihigo, 2017).

Ya en 1713 Bernardo Ramazzini escribió en su obra "De Morbis Artificum Diatriba" que los trabajadores del bronce perdían la audición a causa del martillo sobre el metal, motivo por el cual, aquellas personas que envejecían haciendo el mismo trabajo expuestos a ruido, terminarían siendo sordas por completo (Maran & Stell, 1981).

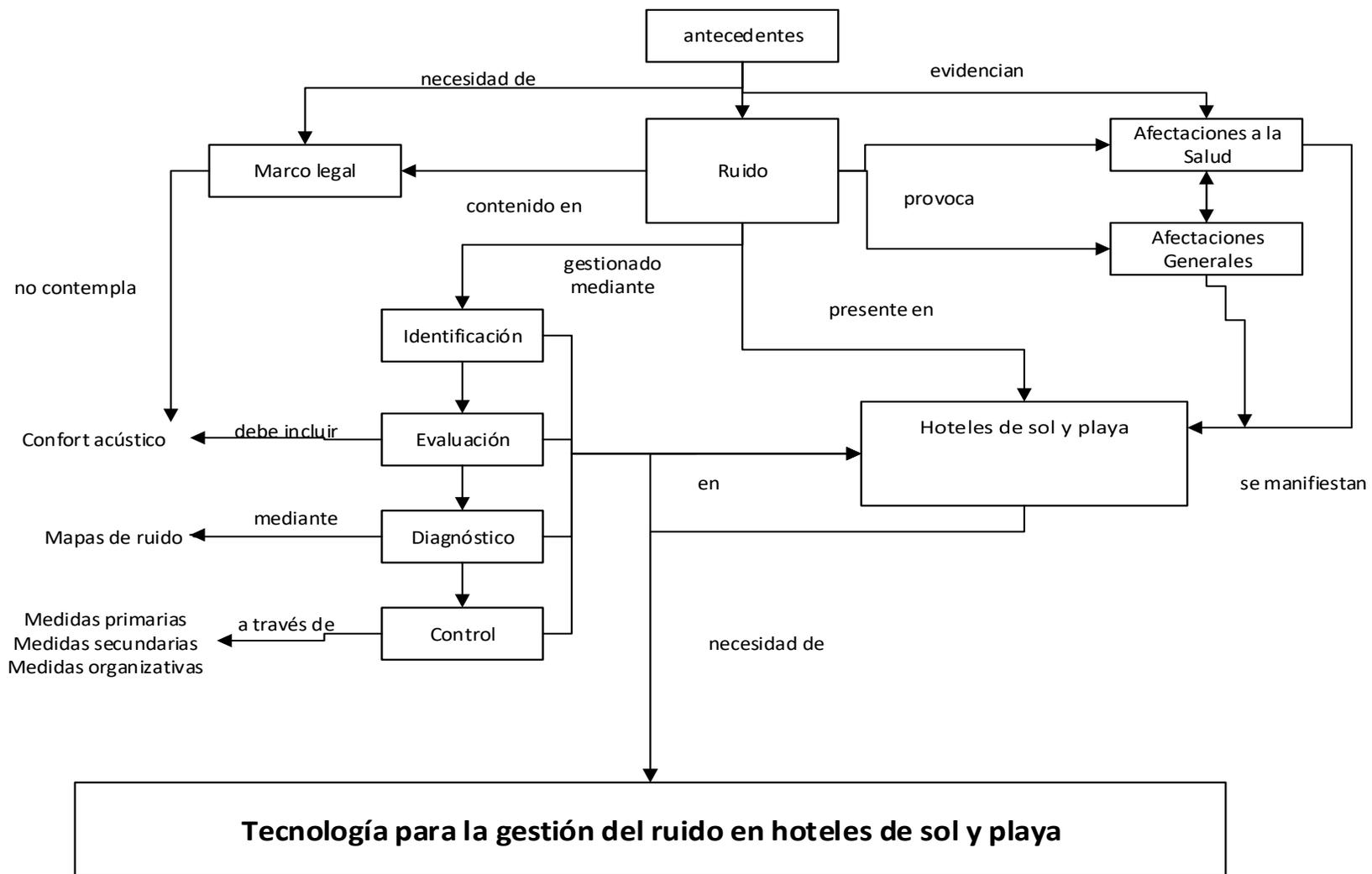


Figura 1.1. Hilo conductor de la investigación. Fuente: elaboración propia.

A mediados del siglo XVIII, con la Revolución Industrial y los innumerables cambios tecnológicos asociados a ella con la aparición de las primeras máquinas, movidas por vapor al inicio y por electricidad después, aparece el ruido como un riesgo en el ambiente industrial, hasta entonces desconocido por el hombre y acerca del cual se ignoraban el daño y las secuelas que en el organismo provocaban, aunque los trastornos auditivos y en cierto modo psicológicos eran evidentes (García Dihigo & Real Pérez, 2005).

Motivado por el creciente desarrollo industrial y la multiplicación de la circulación vehicular con las evidentes afectaciones auditivas asociadas, aparecieron en Europa las primeras normas sobre ruido en la década de 1930. La Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió la primera declaración internacional que estimó las consecuencias del ruido sobre la salud humana en el año 1972; en esta publicación se categorizó el ruido como un contaminante generalizado más del ambiente. No fue, sino hasta 1978 que catalogaron al ruido como un contaminante específico en el marco de la Conferencia de Estocolmo (Cattaneo, *et. al.*, 2008).

En el presente siglo, como plantea Salazar Bugueño (2013), la industria, el tránsito en sus diversas formas, los equipos de audio cada vez más sofisticados y más potentes, así como los lugares de esparcimiento y recreación también son fuentes de ruido que cada vez más influyen en la contaminación sonora del medio.

1.2 Aspectos generales de ruido

- **Definiciones de ruido**

El ruido constituye uno de los variados factores que pueden afectar las óptimas condiciones de trabajo (Salvendy, 2012). Ha sido reconocido en diversos estudios como el contaminante ambiental más difundido y con mayor influencia en la sociedad y en el desarrollo de las actividades de la vida diaria (Kumar *et. al.*, 2018; Arachchige *et. al.*, 2019; Bello *et. al.*, 2019; Dang *et. al.*, 2019; Gomeseria, 2019; Shahidan & Hannan, 2020; Ajibade *et. al.*, 2021; Al-Taai, 2021)

Muchos son los autores que han aportado definiciones sobre el ruido. En el anexo 1.1 se relacionan algunas de estas definiciones; la omisión de otras, responde a lo extenso que resultaría su tratamiento y que, en general, se considera que las omitidas consultadas son similares, en su esencia, a las que se han incluido.

Como se puede apreciar en las definiciones ofrecidas, los autores consultados coinciden en que el ruido es todo sonido indeseado que tiene la capacidad de ocasionar molestias o

afectaciones a la salud de quienes se exponen. Por tal motivo, en el plano físico el sonido y el ruido poseen iguales propiedades.

- **Parámetros que caracterizan al sonido**

Existen una serie de parámetros que caracterizan desde el punto de vista físico al sonido, entre ellos la frecuencia, la longitud de onda, el Nivel de Presión Sonora (NPS), la reflexión, la reverberación, la difracción, la absorción, la intensidad sonora y la potencia sonora. En el anexo 1.2 se ofrece una descripción de los parámetros antes mencionados y las unidades de medición correspondientes.

- **Fisiología de la audición**

El oído (ver figura 1.2) es el órgano sensorial responsable de la audición y del mantenimiento del equilibrio mediante la detención de la posición corporal y del movimiento de la cabeza (Imam & Hannan, 2017).

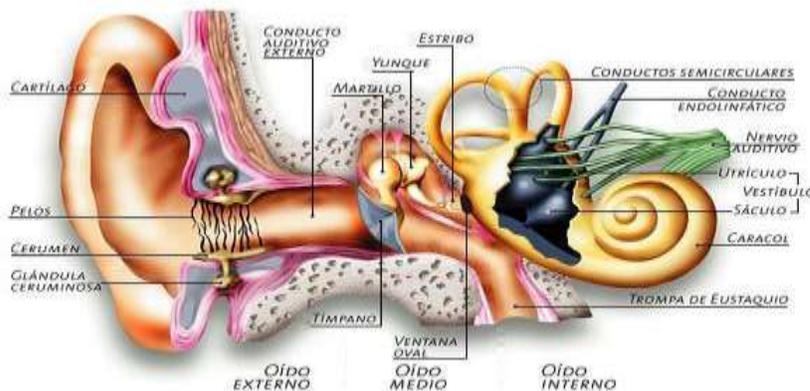


Figura 1.2. Anatomía descriptiva básica del oído. Elementos básicos y partes.

Fuente: Cubillana Herrero (2015).

La audición comienza con la llegada de la onda sonora al oído externo. El oído externo está compuesto por el pabellón auricular, formación que recibe las ondas sonoras y las lleva hacia el conducto auditivo externo que en su porción más profunda termina en la membrana timpánica. Así, el pabellón auricular funciona como una especie de embudo que ayuda a dirigir el sonido hacia el interior del oído.

No todas las ondas sonoras pueden ser percibidas por el oído humano, pues este es sensible únicamente a aquellas cuya frecuencia está comprendida entre los 20 Hz y los 20.000 Hz. En el aire dichos valores extremos corresponden a longitudes de onda que van desde 16 metros hasta 1,6 centímetros respectivamente (Cubillana Herrero, 2015).

Como plantea el Manual de Anatomía Fisiológica (Hall & Hall, 2020) cuando el sistema auditivo es estimulado por una fuente sonora externa, la señal es captada y modificada por el pabellón auricular y transmitida a lo largo del conducto auditivo externo hacia la membrana timpánica, que a su vez mueve la cadena de huesecillos⁴, facilitando de esta manera su llegada hasta la cóclea, sitio en el que la presión es transmitida a lo largo de los líquidos del oído interno hasta ser convertida, por las células ciliadas, en señales eléctricas que son enviadas a través del nervio auditivo y la vía auditiva, para finalmente ser captadas por los centros corticales auditivos del cerebro e interpretadas como sonido.

- **Clasificaciones del ruido**

Los ruidos poseen varias clasificaciones que permiten diferenciarlos. Estas clasificaciones están en correspondencia con determinados parámetros que los caracterizan o las formas en que se generan o propagan. De especial interés resulta la clasificación que se realiza atendiendo a la variación del nivel de presión sonora en el tiempo puesto que la mayoría de los criterios de evaluación se basan en ella. Tal y como plantean Viña Brito & Gregori Torada (1987) y Alonso Becerra *et. al.* (2007) esta clasificación incluye:

- Ruido constante: Ruido cuyo nivel de presión sonora no fluctúa significativamente durante el período de observación, es decir, los niveles determinados según la respuesta lenta del sonómetro varían en no más de 5 dB en las 8 horas laborales.
- Ruido no constante: Ruido cuyo nivel de presión sonora fluctúa significativamente durante el período de observación, es decir, los niveles determinados según la respuesta lenta del sonómetro, varían en más de 5 dB en las 8 horas laborales.

Los ruidos no constantes, por definición, incluyen otras clasificaciones de ruido: los intermitentes cuyo nivel disminuye repentinamente hasta el nivel de ruido de fondo varias veces durante el período de observación; los fluctuantes cuyo nivel cambia continuamente y en una apreciable extensión durante el período de observación y los de impulso que fluctúan a una razón elevada en tiempos menores a 1 segundo. Estas tres clasificaciones pueden tener asociados también métodos e índices de evaluación específicos.

Otras clasificaciones pueden ser (Kurra, 2020):

- Ruido ambiental: Normalmente está presente en el ambiente, de intensidad medible, compuesto usualmente por sonidos de varias fuentes cercanas y lejanas.

⁴ Se conocen como martillo, yunque y estribo.

- Ruido de fondo: aquel que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente de objeto de evaluación.
 - Ruido tonal: ruido cuyo espectro presenta tonos audibles discretos, es decir, que el nivel de presión sonora determinado en los medios geométricos, de los tercios de octava es superior en 10 dB al nivel de presión sonora de la banda de octava contigua.
- **Afectaciones por la exposición a ruido.**

Derivado de la exposición al ruido, se asocian un elevado número de afectaciones. Las mismas se manifiestan de manera diversa, generalmente pueden agruparse en afectaciones a la salud u otras afectaciones de carácter general de la siguiente forma (Guski et al., 2017):

- Afectaciones a la salud: La principal afectación constituye la hipoacusia o sordera profesional⁵. Los efectos nocivos no auditivos incluyen una serie de efectos fisiológicos (nauseas, aturdimientos, reducción del control muscular) y efectos psicológicos que se manifiestan en disminución de la concentración, insomnio, fatiga mental, depresión e inducción de trastornos neuróticos y un incremento del estrés que puede revertir en efectos mayores. La Agencia Ambiental Europea (AAE, 2014) contempla además el posible fallecimiento por la exposición a ruido, para ilustrarlo estableció una pirámide que valora los efectos del ruido en la salud a partir de su severidad (Rodríguez Casals, 2016).
- Otras afectaciones de carácter general: interferencias en las comunicaciones orales con efectos negativos sobre el rendimiento y la seguridad de los trabajadores, pérdida del atractivo de los inmuebles, disminución de la productividad, elevados costos sanitarios, aumento de los accidentes, aumento de los errores, disminución de la calidad de la producción o el servicio y de calidad medioambiental (López Barrio & Carles Arribas, 1997; Caballero Núñez, Díaz Marrero, & Trujillo García, 2016).

Varias investigaciones han estudiado las afectaciones provocadas por ruido, tanto desde el punto de vista auditivo y en la salud (Lie et. al, 2016; Auger et. al, 2018; Gupta et. al., 2018; Setyawan, 2021) como desde aristas sociales, comerciales o económicas (Reinten et. al., 2017; Sierra Calderón et. al, 2017). Las revisiones en la literatura de Brown & Van Kamp, (2017); Nieuwenhuijsen et al, (2017); Sliwinska-Kowalska & Zaborowski, (2017); Van Kempen et al., (2018); Clark & Paunovic, (2018); Basner & McGuire, (2018) y Clark &

⁵ Pérdida temporal o total de la audición como consecuencia del desplazamiento del umbral auditivo. Cuba la reconoce como una de las 35 enfermedades profesionales en la Ley 116-2014 Código del Trabajo.

Paunovic, (2018) evidencian la presencia de múltiples investigaciones que evalúan, por la importancia que reviste su análisis, las afectaciones provocadas por los ruidos. Los estudios médicos, en su mayoría, valoran las pérdidas auditivas mediante la aplicación de pruebas audiométricas. Por otra parte la aplicación de encuestas, entrevistas, las valoraciones subjetivas de ambientes de trabajo destacan entre las herramientas más aplicadas para valorar otras afectaciones, de carácter general, producidas por los ruidos.

1.3 Normativas y bases legales a nivel internacional y nacional

Diferentes países y organizaciones internacionales implantan mediante decretos, normas y leyes, su reglamentación respecto al ruido, lo que abarca desde los niveles permisibles del mismo hasta cómo proteger a los trabajadores que están constantemente expuestos a la contaminación acústica.

El nivel de ruido que establecen las normas de la mayoría de los países es por lo general de 85 dBA durante una jornada laboral de ocho horas diarias (Rodríguez Manzo, 2015). Algunos recomiendan niveles superiores como es el caso de Estados Unidos (90 dBA), México (90 dBA) y Canadá (87 dBA).

La Organización Mundial de la Salud propuso con la publicación de la Guía para el ruido urbano (WHO,1999) un marco rector para el establecimiento de normas y políticas a nivel regional y nacional que permitieran la gestión del ruido. Aunque muchos países contemplan en su marco normativo los niveles permisibles, en una búsqueda realizada solamente Australia, Nueva Zelanda y algunos miembros de la Comunidad Europea han establecido legislaciones que incluyen el enfoque de gestión en el tratamiento de la contaminación por ruido.

En el continente americano millones de trabajadores están desprotegidos contra el ruido ocupacional. Tras un análisis de la legislación en 22 países del continente, Arenas & Suter (2014) determinaron que existen diferencias notables entre países en los valores definidos para el límite de exposición permisible y que el 27% de los países de la región aún no ha establecido regulaciones con respecto a los niveles de ruido permisibles.

En Cuba, desde el punto de vista laboral, la Constitución de la República en el artículo 69 reconoce que “El Estado garantiza el derecho a la seguridad y salud en el trabajo mediante la adopción de medidas adecuadas...”. Por otra parte, la Ley 116: 2014-Código del Trabajo en los artículos 127, 134, 135 y 137 del Capítulo XI establece un conjunto de obligaciones para garantizar condiciones seguras y saludables a los trabajadores.

La Ley 116: 2001 en el inciso f del epígrafe 3.7 establece que el ambiente sonoro y las características acústicas del local deben ser tales que se eviten los efectos nocivos del ruido sobre la salud, la seguridad y la eficiencia del trabajador, incluyendo los efectos de las fuentes externas y la Ley No 81/1997 de medio ambiente, en el artículo 147 expresa las prohibiciones de generación de sonidos que afecten la salud de la población. Para hacer cumplir estas disposiciones el Decreto Ley 200/99 establece las contravenciones en materia de medio ambiente.

Específicamente, existen varias normas vinculadas con el ruido, en el anexo 1.3 se ofrece una breve descripción del objeto de cada una de ellas.

La NC 871:2011 es la norma referente para la evaluación del ruido ocupacional en Cuba, propone un máximo admisible de 85 dBA (Leq-ruidos no constantes) o 80 NdB (Criterio N-ruidos constantes) que está en correspondencia con la mayoría de las normativas internacionales.

A diferencia de las normas en otros países (fundamentalmente de la Unión Europea), Cuba no contempla en su marco legal disposiciones relativas al confort acústico. Para los países en desarrollo esta constituye una aspiración difícil de alcanzar, puesto que no sobrepasar los límites de ruido ya es un aspecto sumamente complejo (Omokhodion *et al.*, 2008).

1.4 Principales etapas consideradas por los estudios de ruido. Análisis crítico

Los estudios de ruido deben comprender una serie de etapas lógicas caracterizadas por el enfoque de gestión que propone la NC ISO 31000-2 sobre la gestión de riesgos y que estén en correspondencia además con la NC ISO 14001-2: 2017 sobre los sistemas de gestión medioambiental, la NC ISO 45001:2018 sobre los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo y la NC ISO 9001 sobre sistemas de gestión de la calidad. En el anexo 1.4 se muestran los procedimientos o modelos de gestión que proponen las normas anteriormente mencionadas.

En este sentido, desde el punto de vista operativo, la gestión de ruidos puede considerarse un proceso sistémico e iterativo que comprende la identificación de fuentes de ruido, su evaluación, diagnóstico y control (Almeda Barrios, 2018). En los siguientes subepígrafes se realiza un análisis crítico de cada una de estas etapas a partir de sus características, principales métodos o herramientas que se emplean y la posible contextualización en hoteles de sol y playa.

1.4.1 Identificación de fuentes de ruido

Cualquier proceso de identificación consiste en obtener una representación del sistema a partir de los datos disponibles del mismo (Biagola & Figueroa, (2009) citado por Redel Macías, et. al., (2010)). En el caso de los estudios de ruido, la identificación debe ser capaz de garantizar que se conozcan con exactitud las fuentes generadoras que existen.

En concordancia con NSW (2021) el primer paso implica encontrar situaciones que potencialmente podrían causar daño a las personas. Los peligros generalmente surgen de los siguientes aspectos del trabajo y su interacción: el entorno de trabajo físico; los equipos, materiales y sustancias utilizados; las tareas laborales y cómo se realizan; y el diseño y gestión de obra.

El potencial de que el ruido sea peligroso no siempre es obvio. La identificación de peligros es una forma de averiguar qué actividades laborales tienen el potencial de contribuir a la pérdida auditiva u otro daño causado por el ruido.

Algunos de los métodos de identificación de ruidos que recoge la literatura son (NSW WHS, 2021):

- Realizar una evaluación completa del lugar de trabajo.
- observar el trabajo; entrevistas con los trabajadores sobre cómo se realiza el trabajo y sobre cualquier problema que puedan tener.
- inspección de la planta y el equipo utilizado durante las actividades laborales
- observación de la planta y el equipo cuando están en uso
- entrevistas con fabricantes, proveedores, asociaciones industriales, especialistas y profesionales en salud y seguridad, y
- revisión de informes de seguimiento y de incidentes.

Otros investigadores incluyen el proceso de identificación como un componente más de la evaluación del ruido. De esta forma emplean como método fundamental de identificación la medición in-situ o la modelación de los NPS; tal es el caso de Crocker, et.al. (2004); Cortínez, & Sequeira, (2010); Józwik et. al. (2018) y Baldinelli et al. (2021).

Los métodos de identificación de fuentes de ruido que recoge la literatura están dirigidos fundamentalmente a la aplicación en plantas industriales y procesos productivos. Su extrapolación a procesos servuctivos, específicamente en hoteles de sol y playa, debería incluir además la valoración del cliente y su satisfacción con respecto a la existencia de ruidos molestos en la instalación.

1.4.2 Evaluación del ruido

La evaluación del ruido es un proceso encaminado a comparar el grado de exposición con “límites saludables” (Murphy *et. al.*, 2021). Crocker & Arenas (2020) plantean que existen muchas formas de medir y evaluar el ruido, que se traducen en diferentes medidas, descriptores o escalas. Analizan diferentes índices valorativos de ruido ajustados a la evaluación en interiores o como consecuencia del ruido aéreo, de tráfico y comunitario; así como los criterios de aceptabilidad de los niveles de ruido para varias actividades.

A partir de una revisión de las principales normas nacionales e internacionales vinculadas con la evaluación del ruido (ver epígrafe 1.3), se determinaron como los índices o criterios más empelados para dicha evaluación: nivel sonoro (L_p), Noise Reduction (NR), nivel sonoro equivalente continuo (L_{eq}), nivel estadístico (L_{10}), nivel sonoro máximo o pico (L_{max}), nivel sonoro de fondo (L_F). Las propias normas establecen además los niveles máximos admisibles (NMA) para la valoración de los índices. El criterio de valoración más generalizado es el nivel sonoro equivalente continuo (L_{eq}) para ruidos no constantes con un límite permisible de 85 dBA para ocho (8) horas de trabajo.

La norma ISO 1996-1 (ISO, 2005) describe los procedimientos básicos de evaluación. Especifica además en los métodos de evaluación del ruido medioambiental e indica directrices para predecir la respuesta potencial a la molestia de una comunidad sometida a la exposición a largo plazo procedente de diferentes tipos de ruidos medioambientales.

Los procesos de evaluación pueden ser aplicados en cualquier contexto, aunque como interpretación los niveles de presión sonora medidos no representan comodidad. Esta última debería incluir además la percepción humana del entorno acústico (Vardaxis *et.al.*, 2018).

1.4.2.1 Evaluación del confort acústico

Un enfoque ergonómico del ambiente sonoro debe ir más allá de la medida del ruido y debe considerar la comodidad acústica del personal (Párraga Velásquez & García Zapata, 2005). La reducción del ruido mediante la mejora del confort acústico es una de las medidas vinculadas a conceptos clave para el medio ambiente (Kramers *et al.*, 2013).

En tal sentido se define el confort acústico como un estado de satisfacción con las condiciones acústicas (Antoniadou & Papadopoulos, 2017) con oportunidad de realizar actividades acústicas sin molestar a otras personas (Rasmussen & Rindel, 2010).

Las normas internacionales establecen criterios de confort en concordancia con los planteamientos anteriores. La NTP 503 (1998) y la ISO 3382-1 (2009) proponen la evaluación del confort acústico en espacios de trabajo a partir de la aplicación de índices valorativos. En Cuba no se aplican criterios de confort para la evaluación de ruido.

En consecuencia, varias investigaciones han demostrado la incapacidad de las instalaciones de alcanzar los parámetros de confort y las quejas de los clientes en relación a su incumplimiento, entre ellas: Barti Domingo (2017); Gramez & Boubenider (2017); Espinel (2018); Vargas Febres (2018); Rodríguez Cisneros & Baldeón Quispe (2018); Moradpour *et. al.* (2018); Aguilar (2019); Claudi *et. al.* (2019); Jablonska & Trocka-Leszynska (2019) y Dawe *et.al.* (2021). Incluso entre los hoteles sostenibles⁶, los estudios de Hodgson (2008) y de Che Din *et al.* (2014) evidencian que el ambiente acústico es uno de los parámetros menos satisfactorios en la evaluación del confort de la instalación por parte de los clientes.

1.4.3 Diagnóstico de la contaminación acústica: mapas de ruido

El concepto de diagnóstico se inscribe dentro de un proceso de gestión preventivo y estratégico. Se constituye como un medio de análisis que permite el cambio de un estado de incertidumbre a otro de conocimiento para su adecuada dirección (Valls Figueroa, 2006)

Hansen & Hansen (2017) plantean que el diagnóstico de ruido está estrechamente relacionado con la identificación de dónde proviene. En tal sentido, los mapas de ruido han sido identificados por diversos autores como una herramienta de diagnóstico de los niveles de contaminación acústica, entre ellos: (Carnicero Pérez, *et. al.*, 2009; Moraga Cabello, 2011; Manzano, 2015; Engel & Zannin, 2017; Barrigón Morillas *et. al.*, 2018)

Los mapas de ruido son un instrumento que permite el diagnóstico de la exposición a la contaminación acústica de una determinada zona (Almeda Barrios, Y. *et. al.*, 2021c). Para su diseño pueden emplearse disímiles metodologías y softwares.

Las principales metodologías de muestreo espacial mediante medidas experimentales para realizar mapas de ruidos son (Betancourt Morffis, 2019): metodología de retícula o rejilla; metodologías de viales o tráfico; muestreos en zona específicas; muestreo en función de los usos del suelo y metodologías de zonas aleatorias.

⁶ También conocidos como hoteles “verdes”. Por definición son aquellas instalaciones diseñadas respetando el medio ambiente y cuyo funcionamiento no tiene un impacto negativo en el lugar donde se encuentra construido ni su entorno (Jovanović, 2019).

Por otra parte, algunos de los softwares empleados son: ProfetaSONIC TACTIC Suite; Canarina CUSTIC; CADNA-A; OTL-TERRAIN; SoundPLAN; ArcGIS.

Existen además una serie de recomendaciones a seguir establecidas por la Comisión Europea (CE, 2002) para la correcta elaboración de los mapas, mediante la obtención de los siguientes datos, que se consideran necesarios:

Datos relacionados con la fuente del ruido: flujo del tráfico para cada tramo por horario; velocidad media del tráfico para cada tramo; composición del tráfico; tipo de superficie de carretera.

Datos relacionados con la propagación del sonido: Altura de edificios; coeficiente de absorción de edificios; humedad y temperatura.

Datos relacionados con el receptor del sonido: La finalidad de estos datos es cuantificar el número de población expuesta a determinados niveles de ruido.

La norma ISO 1996-2 (ISO, 2017) identifica los mapas de ruido como herramientas de gestión urbana, aunque considera que pueden ser empleados también para el estudio de los ruidos en el interior de las organizaciones.

El análisis de la literatura permitió detectar un elevado número de investigaciones dedicadas al diseño de mapas de ruido en zonas urbanas, con énfasis en el análisis de la influencia del tráfico vehicular; entre las más recientes están: Szopińska, (2017); Zambon et. al (2017); Wang et.al., (2018); Khan et. al. (2018); Kim et. al (2019); Flórez Aragua et. al. (2020); Wrótny & Bohatkiewicz (2020) y Lan & Cai (2021). Contradictoriamente, el estudio de su aplicación en áreas interiores de las organizaciones, es bastante limitado. En Cuba, Ibrahim (1996) los empleó para mostrar la distribución de los NPS en locales afectados por ruido en el interior de las termoeléctricas y Acosta Prieto et. al. (2021) en interiores de una industria ferroviaria. Almeda Barrios (2018) demostró su utilidad en el diagnóstico de la contaminación sonora en locales interiores, específicamente en hoteles de sol y playa.

1.4.4 Control de ruido

El control de ruido, es una rama de la acústica dedicada a generar soluciones para atenuar los niveles de ruido de equipos y maquinarias, con el fin de brindar una mejora en el ambiente y calidad de vida. En el caso de los hoteles, el objetivo del control de ruido es mejorar las condiciones ambientales de trabajadores, vecinos y usuarios (Rastelli Montbrun, et. al., 2017)

En este epígrafe, con base en la consulta de un conjunto de libros especializados que tratan los fundamentos del control del ruido y las aplicaciones prácticas de las técnicas de control

(Sharland, 1972; Crocker & Price, 1975; Irwin & Graf, 1979; Crocker & Kessler, 1982; Bell & Bell, 1993; Fahy & Walker, 1998; Barron, 2003; Bies & Hansen, 2003; Ver & Beranek, 2005; Wilson, 2006; Henao Robledo, 2014; Hansen *et. al.*, 2017; García Dihigo, 2017; Crocker & Arenas, 2020) y otros textos que contienen capítulos vinculados al tema (Viña Brito & Gregori Torada, 1987; García Dihigo & Real Pérez, 2005, Alonso Becerra *et. al.*, 2007; Rodríguez González *et. al.*, 2007; Farrer Velázquez *et. al.*; 2010) se realiza un análisis de las estrategias y métodos de control de ruido más empleados.

Para Kerr *et al.* (2017) las soluciones de control de ruido se han pasado por alto en gran medida debido a la falta de cumplimiento normativo y a la suposición general de que los controles de ruido son demasiado difíciles y costosos para ser factibles

Un enfoque que agrupa las acciones según su probable eficacia para reducir o eliminar el peligro de ruido es el enfoque de jerarquía de control (ver figura 1.3) asumido por la NC ISO 45001. La jerarquía clasifica las medidas de control desde el nivel más alto de protección y confiabilidad hasta el más bajo (NSW WHS, 2021).

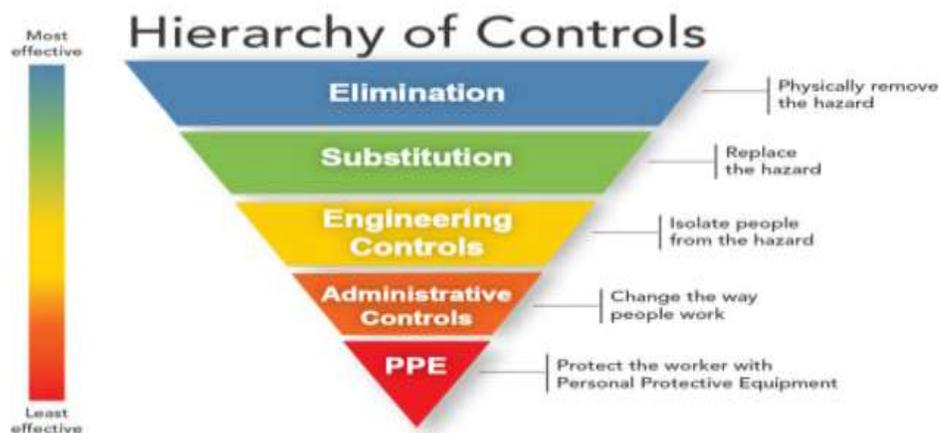


Figura 1.3. Pirámide de jerarquía de control de riesgos. Fuente: Niosh & CDC (2018)

En concordancia con los planteamientos anteriores diversos autores (Viña Brito & Gregori Torada, 1987; Hong, 2005; Alonso Becerra *et. al.*, 2007; Rodríguez González *et. al.*, 2007; Barron, 2010; Crocker & Arenas 2020) proponen emplear el modelo simple fuente-camino-receptor que se analiza a continuación.

1. Actuar sobre la fuente de generación (medidas primarias)
2. Actuar sobre los medios de propagación (medidas secundarias)
3. Actuar sobre el receptor (medidas organizativas)

- **Medidas primarias**

Las medidas primarias, consideradas las más efectivas, van encaminadas a actuar sobre las causas técnicas que producen el ruido, por lo que es imprescindible estudiar las formas en que se produce y a partir de ahí seleccionar las medidas más adecuadas (Viña Brito & Gregori Torada, 1987; Rodríguez González et. al, 2007).

Como plantean Viña Brito & Gregori Torada, (1987) se debe valorar primeramente la sustitución de procesos, equipos, materiales por otros menos ruidosos, si es que la tecnología lo permite. De no lograrse entonces se puede modificar la fuente de ruido.

Para Crocker & Arenas, (2020), entre las más empleadas se encuentran:

- Elegir la máquina más silenciosa disponible
- Reducir las amplitudes de fuerza
- Aplicar fuerzas más lentamente
- Usar materiales más blandos para impactar superficies
- Equilibrar las partes móviles
- Mejorar la lubricación
- Mejorar la alineación de los rodamientos
- Utilizar absorbentes dinámicos
- Cambiar las frecuencias propias de los elementos de la máquina.
- Incrementar la amortiguación de los elementos de la máquina.
- Aislar los paneles de la máquina de las fuerzas
- Reducir las áreas de superficie radiante (agregando agujeros)
- Escalonar el tiempo de las operaciones de la máquina en una planta

Rodríguez González et. al. (2007) realizan una división de las medidas primarias atendiendo a la causa que genera el ruido; así analiza posibles soluciones para la transmisión de la vibración de un cuerpo, las emisiones por cuerpos vibrátiles, los impactos mecánicos, la oscilación de corrientes de aire, los torbellinos en la periferia de fuentes impulsoras de aire, transmitido por conductos de ventilación y la transmisión del ruido estructural. Esta propuesta incluye todas las posibles medidas primarias que fueron identificadas en la revisión de otras

fuentes bibliográficas por lo cual se considera pertinente su empleo como referente en el análisis de medidas primarias a aplicar.

Tal y como plantean Viña Brito & Gregori Torada (1987) y Lazo Antúnez et. al. (2009) la mejor manera de combatir el ruido es sobre su fuente, no obstante, constituyen las medidas más difíciles de implementar (Hong, 2005; Sliwinska-Kowalska & Davis, 2012), fundamentalmente por lo costosas que resultan (Gates & Jones, 2007).

- **Medidas secundarias**

Las medidas secundarias buscan reducir la transmisión de las ondas sonoras en el medio (fundamentalmente en el aire) a partir del establecimiento de controles de ingeniería soportados, en muchas ocasiones, en metodologías de cálculo.

Entre las posibles medidas a emplear se encuentran los revestimientos acústicos de locales, el diseño de cápsulas y cabinas, la división parcial de locales, las pantallas acústicas y las conchas acústicas. A continuación se describen sus características principales:

- Revestimiento acústico de locales: es una de las técnicas más utilizadas para reducir los altos niveles de presión sonora cuando existe un campo reverberante; este método resulta de interés en los puestos de trabajos en los cuales el problema es falta de inteligibilidad, por ejemplo, en el sector de servicio y de la enseñanza (García Dihigo & Real Pérez, 2005).
- Cápsulas: constituyen un enclaustramiento de la fuente generadora de ruido. Con la construcción de tales estructuras, la energía sonora se mantiene dentro del encierro por reflexión en sus paredes. Se basa en dos principios: la desvinculación acústica (y posiblemente vibratoria) entre la fuente y el receptor por medio de una cubierta aislante para el equipo, y la disipación de energía sonora con elementos absorbentes de alto rendimiento, ubicados principalmente en las proximidades de la fuente, donde el campo sonoro es más intenso y por consiguiente la disipación es mayor. (Miyara, 1999)
- Cabinas: para Rodríguez González et al. (2007) la cabina constituye un blindaje para el hombre que se puede emplear cuando es posible efectuar el mando a distancia de las operaciones de trabajo; el tiempo de interrelación directa del operario con el equipamiento es mínima, se trata de puntos de control de la producción o de locales de descanso.

- División parcial de locales: consiste en dividir los locales para separar los emisores de los receptores de ondas sonoras. La división puede ser total o parcial. La división total es posible cuando ésta no trae consigo interferencias en la producción (Rodríguez González et al., 2007).
- Pantallas acústicas: al igual que la división de locales consisten en colocar elementos constructivos que limiten la exposición al ruido generado por una o varias fuentes sonoras. Existen varias experiencias del empleo de barreras acústicas para reducir el ruido urbano y de tráfico vehicular. Autores como Maekawa (1968) y Pérez Miñana (1969) referidos por Barron (2010); Miyara (1999); Giménez de Paz (2001) y Romero Ibáñez (2010) proponen métodos para el diseño de pantallas acústicas. Por otra parte, Lau & Tang, (2009) proponen su diseño en interiores.
- Conchas acústicas: constituyen es un elemento arquitectónico utilizado para reflejar el sonido generado en su interior hacia la zona de audiencia, presenta generalmente una forma cóncava que permite focalizar la energía acústica (Miyara, 1999; Hidalgo Goñi, 2019).

El uso de las pantallas acústicas y conchas acústicas es asociado con una rama de la arquitectura conocida como acústica gráfica. Carrión Isbert, (1998) plantea que su uso puede estar destinado a disminuir los niveles de presión sonora en lugares como iglesias, habitaciones de lectura y bibliotecas o aumentarlos en otros como salones de ópera, teatros y salas de conciertos. El uso de la acústica gráfica como método de control tiene como objetivo fundamental contribuir al confort acústico en los locales (Kuttruff & Mommertz, 2012).

- **Medidas organizativas**

Por último, las medidas organizativas se corresponden con los controles administrativos y el uso de equipos de protección personal en la pirámide de jerarquía de control. Constituyen las medidas menos efectivas debido a que no logran reducir los niveles de ruido que se generan y transmiten en los locales o puestos de trabajo, sino que limitan la exposición de los afectados.

Algunas de las más empleadas son (Pleban, 2021):

- Organizar los horarios de modo que se realice un trabajo ruidoso cuando solo unos pocos trabajadores están presentes
- Notificar a los trabajadores y a otras personas con anticipación sobre el trabajo ruidoso para que puedan limitar su exposición

- Restringir el acceso a áreas ruidosas solo al personal esencial
- Señalizar áreas ruidosas y restringir el acceso
- Alternar las tareas ruidosas con las silenciosas
- Proporcionar áreas tranquilas para descansos para los trabajadores expuestos a trabajos ruidosos
- Limitar el tiempo que los trabajadores pasan en áreas ruidosas moviéndolos a lugares silenciosos.
- Emplear medios de protección personal cuando los riesgos derivados de la exposición al ruido no se pueden eliminar o minimizado por otras medidas de control más eficaces. También se pueden emplear como medida provisional hasta que se implementen otras medidas de control o donde se necesita protección adicional por encima de lo que se ha logrado utilizando otras medidas de control del ruido.

Como propone Kausek, (2007) otras medidas complementarias que se pueden implementar están relacionadas con procedimientos, instructivos, charlas, capacitaciones que aporten a la advertencia e información del peligro existente.

En el caso específico de los hoteles, las medidas organizativas debieran comprender además soluciones que disminuyan las molestias y posibles afectaciones a los clientes, en correspondencia con los criterios de confort acústico.

1.5 El ruido en la gestión empresarial

Implementar la gestión en la empresa se ha convertido en una necesidad para responder a los requerimientos del cliente interno y externo (Higuera Gutiérrez & Rugeles Ferreira, 2019)

Para lograrlo es imprescindible optimizar el sistema de procesos vinculado directamente a su objeto social y lograr el reconocimiento de la organización como un todo, obtener beneficios con la aplicación consecuente de la gestión por procesos, tales como el incremento del nivel de coherencia del sistema para alcanzar los objetivos planificados, asegurar que cada uno de los sistemas de gestión que la componen no sea más importante que el otro y todos por igual funcionen con integración (Llanes Font & Lorenzo Llanes, 2017).

En este sentido las empresas trabajan en lograr sistemas integrados de gestión que permitan niveles superiores de desempeño. Como se comentaba en el epígrafe 1.3, la gestión del ruido puede enmarcarse como una aplicación del proceso de gestión de riesgos que propone ISO 31000 en plena armonía con los restantes sistemas de gestión de la instalación como los de seguridad y salud en el trabajo, medio ambiente y calidad.

El término gestión de ruido fue introducido en la literatura en la última década del siglo pasado. Las crecientes afectaciones que venían manifestándose motivaron a dar un abordaje integral del problema de ruido, de forma tal que fuera analizado con un enfoque de gestión (Van Renterghem *et. al.*, 2019).

Como definen Krükle, & Bendere, (2017) la gestión del ruido es una actividad encaminada a mantener bajas exposiciones al ruido, de modo que no existan molestias o afectaciones a la salud. Persigue como objetivo adicional promover la evaluación y el control del ruido como parte de los programas de salud ambiental (WHO, 1999).

La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible establece un grupo de principios en los que se pueden basar las políticas gubernamentales (Sanahuja Perales & Tezanos Vázquez, 2017), incluidas las políticas de gestión del ruido; ellos son:

- El principio de precaución: en todos los casos, el ruido debe reducirse al mínimo nivel alcanzable en una situación particular. Donde exista una posibilidad razonable de que la salud pública se vea perjudicada, se deben tomar medidas para proteger la salud pública sin la espera de una prueba científica completa.
- El principio de quien contamina paga: los costos totales asociados con la contaminación acústica (incluido el seguimiento, la gestión, la reducción de los niveles y la supervisión) deben cumplirse por los responsables de la fuente del ruido.
- El principio de prevención: siempre que sea posible, deben tomarse medidas para reducir el ruido en la fuente.

A nivel de país el establecimiento de prioridades en la gestión del ruido se refiere a priorizar los riesgos para la salud que deben evitarse y concentrarse en las fuentes de ruido más importantes. Diferentes países han adoptado una variedad de enfoques para el control del ruido, utilizando diferentes políticas y regulaciones (Van Renterghem *et. al.*, 2019).

Por otra parte, se determinó que el enfoque de gestión de ruido y la adopción del propio término son muy limitados a nivel global. Un análisis bibliográfico mediante la consulta a bases de datos internacionales en una ventana de tiempo de 2000 a 2020 mostró pocos resultados al introducir el término “gestión de ruido” (*“noise management”*), con excepción de los vinculados al cumplimiento de las normas Australia/Nueva Zelanda en dichos países.

1.5.1 Análisis crítico de los procedimientos para la gestión de ruido

Un análisis de los procedimientos para la gestión de ruidos permitió identificar dos grandes grupos: los procedimientos para la gestión del ruido urbano y los de gestión del ruido

ocupacional. El ruido urbano puede tener una marcada influencia en los hoteles de sol y playa, sobre todo en aquellos que están ubicados cerca de avenidas o centros poblacionales. Por otra parte, en los hoteles de sol y playa, la gestión del ruido ocupacional debe considerar los parámetros de confort acústico y su repercusión en los clientes. Los objetivos y características de estos procedimientos son:

1. Procedimientos para la gestión del ruido urbano: se encargan fundamentalmente de trazar estrategias y planes de acción para reducir el impacto en la sociedad del ruido generado en actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales. Generalmente, emplean como herramienta fundamental de gestión los mapas de ruido. La directiva 49/2002 de la Unión Europea (EP&CEU, 2002) estableció las bases para el desarrollo de leyes y políticas que fomentaran la gestión del ruido ambiental en espacios urbanos. Estos procedimientos no contemplan el estudio del ruido en el interior de los locales.
2. Procedimientos de gestión del ruido ocupacional: Su objetivo es ayudar a gestionar eficazmente el ruido en las organizaciones y prevenir las afectaciones auditivas como consecuencia de la exposición. Buscan implementar un programa y una estrategia integrales para la gestión del ruido. Soportan la gestión en el compromiso con la acción, demostrado a través de la participación personal y la asignación de recursos adecuados. Este principio está en correspondencia con los que propone la norma NC ISO 45001 que ubica en el centro del modelo de gestión el compromiso de la dirección y la participación de los trabajadores.

Por la correspondencia de los procedimientos de gestión de ruido ocupacional con los objetivos de la presente investigación, se realiza un análisis crítico de quince (15) procedimientos que fueron detectados en la literatura. A continuación se brinda una descripción general, así como los aspectos positivos y negativos de cada procedimiento analizado.

- Guía de control para la gestión del ruido en el trabajo (NOHS, 1991)

Descripción general: Procedimiento compuesto por 5 etapas fundamentales: comunicación inicial; evaluación de la posición actual; establecer objetivos y políticas; establecer la estrategia de gestión de ruido; monitoreo y seguimiento.

Aspectos positivos: Contempla la creación de un comité para analizar los problemas de ruido. Propone un procedimiento específico para complementar la identificación de fuentes

de ruido que complementa con el empleo de encuestas para valorar la opinión de los trabajadores y proveedores. Establece un procedimiento específico para el diagnóstico de las fuentes de ruido en función del tipo de ruido que se genera en el cual tiene en cuenta las posibles causas, pruebas para identificarlas e incluye ejemplos de tratamiento ante las posibles situaciones. Recomienda el establecimiento de políticas de ruido en la organización a partir de los beneficios esperados. Procedimiento específico para la adquisición de equipos silenciosos.

Aspectos negativos: Obliga al empleo de consultores externos especializados para estudiar los problemas de ruido que si bien puede dar mayor profundidad al análisis y a los resultados; limita la autonomía de la entidad para gestionar el ruido. No profundiza en las técnicas y metodologías a emplear para la evaluación y control de ruido, solamente menciona algunas medidas a utilizar.

- Procedimiento basado en el criterio para una norma de exposición al ruido ocupacional (NIOSH, 1998)

Descripción general: Procedimiento basado en las recomendaciones para conservar la audición con énfasis en la prevención de las pérdidas auditivas inducidas por ruido ocupacional.

Aspectos positivos: Profundiza desde el punto de vista técnico en el proceso de medición. Establece un criterio de evaluación anual basado en la aplicación de audiometrías a los trabajadores. Propone la creación de una base de datos de buenas prácticas en el control de ruido para la toma de decisiones. Otorga importancia a la educación y motivación de los trabajadores para afianzar el logro de los objetivos de la gestión de riesgos.

Aspectos negativos: No considera el diagnóstico de contaminación sonora como parte del procedimiento. Basa la mejora continua únicamente en las pérdidas auditivas mediante la aplicación de las audiometrías a los trabajadores. Se enfoca a la manufactura, no contempla procesos de servicio y la opinión del cliente.

- Guía para la gestión del ruido urbano (WHO,1999)

Descripción general: Esta guía contempla una serie de aspectos relativos a los estudios de ruido y las proyecciones de los países con un enfoque de gestión. Tiene por objetivo facilitar a nivel gubernamental la adopción de las estrategias encaminadas a lograr los objetivos de la gestión de ruido.

Aspectos positivos: Establece un proceso para el desarrollo e implementación de políticas y estrategias de gestión de ruido. Menciona el uso de encuestas en los estudios de ruido. Contempla la evaluación en entornos específicos, en períodos de tiempo sensibles y la influencia en grupos de alto riesgo. Valora la influencia del transporte, poblaciones cercanas y de la ubicación del objeto de estudio en los niveles de ruido. Propone el uso de sistemas de vigilancia de los efectos nocivos del ruido. Incluye los análisis costo-beneficio y costo-efectividad en la toma de decisiones. Incluye la educación e información como una medida de gestión efectiva.

Aspectos negativos: Es muy general, se concentra en la determinación de las políticas y estrategias. Solamente menciona los posibles métodos y medidas a implementar, pero no refleja las especificaciones técnicas para su instrumentación.

Procedimiento para la gestión del ruido ocupacional (SA/SNZ, 2005)

Descripción general: Un grupo de normas que tienen por objetivo identificar, evaluar y controlar el riesgo de pérdida auditiva inducida por ruido. Constituyen la base de una serie de procedimientos específicos diseñados en base a sus recomendaciones.

Aspectos positivos: Incluye los procedimientos específicos para la medición y evaluación del ruido. Contempla el establecimiento de programas de protección auditiva a los trabajadores. Propone el uso de encuestas para la identificación de fuentes de ruido. Contempla el monitoreo y seguimiento mediante la opinión de los implicados y la reevaluación periódica. La instrucción, información y capacitación de los trabajadores es un pilar del procedimiento.

Aspectos negativos: Solo evalúa los índices L_{eq} para la exposición y E_t para las afectaciones o daños. Es limitada la propuesta de posibles medidas de control que se pueden emplear, sus metodologías de diseño no son descritas. No contempla el uso de los mapas de ruido para diagnosticar la contaminación sonora.

- Procedimiento de gestión de ruido OSHA (OSHA, 2008)

Descripción general: La Administración de Riesgos y Seguridad Ocupacional de Estados Unidos establece un cuerpo normativo basado en la regulación 1910.95 que rige la gestión de ruido ocupacional. Propone un procedimiento, duraciones y contenidos técnicos como la gestión de riesgos, programa de cuantificación de la exposición al ruido ocupacional, procedimientos y métodos de evaluación de riesgos activos, y detalles de implementación

de un plan de conservación de la audición. Contempla el control de gestión a partir del establecimiento de la inspección y un régimen de sanciones por incumplimiento.

Aspectos positivos: Comprende la identificación a partir de la combinación de resultados audiométricos, de medición y por criterio de trabajadores. Refuerza la importancia del control a partir de detallar en algunas medidas de diseño. Contempla la retroalimentación mediante mecanismos de reevaluación y criterio de los trabajadores, incluye la formación y motivación de los trabajadores como parte de la mejora continua.

Aspectos negativos: Solamente evalúa el índice Leq para la comparación cuantitativa. Aunque referencia algunas fuentes donde se pueden encontrar el diseño de medidas de control específico, faltan requisitos técnicos para la implementación. No enfatiza en el diagnóstico interno ni en el empleo de mapas de ruido.

- Procedimiento para la gestión efectiva de ruido basado en el indicador de exposición de ruido y nuevas estrategias (Tickell, 2012)

Descripción general: A partir de un estudio de las mejores prácticas en la gestión de ruido propone un procedimiento basado en el uso del indicador de exposición de ruido y el diseño de nuevas estrategias para su control.

Aspectos positivos: Declara la necesidad de un equipo que incluya especialistas para realizar la gestión de ruido. Valora las fases de diseño y funcionamiento de una planta y comprende los procedimientos específicos para la compra de equipos silenciosos. Énfasis en el papel del área de mantenimiento en la evaluación y diagnóstico de los niveles de ruido, así como en el diseño de medidas y compra de equipamiento.

Aspectos negativos: Emplea únicamente el índice Leq para la evaluación. No profundiza en los posibles métodos que se pueden aplicar en cada momento del control, haciendo énfasis solamente en el control mediante la adquisición de equipos silenciosos. No declara la retroalimentación a partir del seguimiento a las propuestas y su efectividad.

- Gestión de ruido, incorporando un plan de gestión del ruido vehicular en canteras (Corkery, et.al., 2013)

Descripción general: Constituye un procedimiento ajustado a la gestión del ruido en canteras que incluye la valoración del tráfico vehicular.

Aspectos positivos: Aplica encuestas como método suplementario de recogida de información. Propone el mejoramiento continuo mediante un protocolo de monitoreo.

Incluye una valoración de la influencia del tráfico vehicular en los niveles de ruido, así como la influencia del ruido en el entorno de la organización. Define los roles y responsabilidades de los implicados en el proceso. Declara los objetivos y salidas asociadas a su cumplimiento. Contempla la capacitación en la fase preparativa.

Aspectos negativos: Emplea únicamente el índice Leq para la evaluación del ruido. Aunque divide las posibles medidas de control según su jerarquía, no detalla en las metodologías de cálculo. No contempla el uso de mapas de ruido en el diagnóstico en interiores.

- Procedimiento de gestión de ruido Tomlinson Building Ltd (Tomlinson, 2016)

Descripción general: Procedimiento para la gestión del ruido en obras constructivas.

Aspectos positivos: Contempla, por las características de la actividad a la que se dirige, la gestión del ruido en exteriores a partir de regulaciones específicas para obras de construcción que establecen niveles por debajo de los límites de la normativa de ruido (Leq=85 dBA). El monitoreo como parte del seguimiento a las poblaciones cercanas forma parte de la retroalimentación.

Aspectos negativos: No declara la creación de un grupo de trabajo ni las responsabilidades de sus miembros. No propone el empleo de la jerarquía de control ni contempla una lista de las posibles medidas a aplicar. No contempla el diagnóstico como parte del procedimiento. Solo emplea el índice Leq para la evaluación del ruido.

- Procedimiento para la gestión del ruido en el trabajo de la Universidad del Oeste de Scotland (UWS, 2018)

Descripción general: La Universidad del Oeste de Scotland propone un procedimiento de gestión aplicable a toda la universidad, divisiones y unidades, así como a aquellas actividades con presencia de ruidos perjudiciales, para reducir el riesgo por exposición en trabajadores y estudiantes.

Aspectos positivos: Propone el empleo de un consultor externo para asesorar el estudio preliminar de evaluación. Incluye los programas de prevención auditiva el procedimiento para el monitoreo de las pérdidas auditivas mediante pruebas audiométricas. Define las responsabilidades. Incluye la información, instrucción y entrenamiento de los trabajadores, declara las posibles dudas que se le pueden aclarar.

Aspectos negativos: Emplea como índices evaluativos únicamente Leq y Lpico. No contempla la opinión de los estudiantes, los cuales forman una parte importante del sistema

analizado. No incluye el diagnóstico del ruido. Aunque propone el empleo de la jerarquía de control de riesgos para la adopción de medidas de control, solamente menciona algunas medidas puntuales que se pueden aplicar, no detalla los procedimientos o metodologías para los controles de ingeniería.

- Código de práctica para la gestión del ruido y la prevención de la pérdida auditiva en el trabajo. (WHSQ, 2018)

Descripción general: Este código proporciona orientación sobre cómo gestionar los riesgos para la salud y la seguridad asociado con el ruido en el lugar de trabajo.

Aspectos positivos: Contempla la influencia de grupos de interés (trabajadores, proveedores, clientes) en la gestión de ruido. Declara la información, capacitación, instrucción y supervisión a los trabajadores como importantes complementos para lograr la efectividad del control. Ilustra las técnicas de identificación de ruido que se pueden aplicar. Explica detalladamente algunas medidas de control en la fuente (controles de ingeniería) que se pueden aplicar. Propone el uso de documentos de respaldo para los reportes de información. Detalla en el mantenimiento y revisión de las medidas de control mediante la consulta a los trabajadores.

Aspectos negativos: Emplea como índices evaluativos únicamente Leq y Lpico. No declara la periodicidad con la que se deben realizar los estudios, basa su iteración únicamente en opiniones de los trabajadores.

- Procedimiento para la gestión y control del ruido en locales de ocio (Joynes, 2019)

Descripción general: Procedimiento para la gestión del ruido aplicable a lugares que incluyen el ruido del entretenimiento, el ruido mecánico de equipos de servicios, ruido de los clientes que llegan y salen, y ruido de las entregas al lugar.

Aspectos positivos: Analiza de manera diferenciada la gestión del ruido a partir de las causas que lo generan.

Aspectos negativos: Está encaminado únicamente en la evaluación y control, por lo cual obvia el enfoque de gestión al no contemplar una etapa organizativa y una de verificación. No declara las posibles medidas que se pueden aplicar.

- Gestión de ruido en proyectos de transporte terrestre (LTA, 2019)

Descripción general: Un procedimiento para la gestión del ruido basado específicamente en el establecimiento de planes de gestión en proyectos de construcción de transporte terrestre.

Aspectos positivos: Considera la gestión del ruido en las fases pre-constructiva y constructiva. Declara los roles y responsabilidades del personal durante la ejecución del proyecto. Contempla el diseño de mapas de ruido en el diagnóstico de la contaminación acústica. Propone la creación de un plan de gestión de ruido que recoja todos los elementos de la gestión. Propone el monitoreo continuo y seguimiento a los problemas, mediante la instalación de equipos de medición de ruido en puntos específicos de la obra. Propone un procedimiento específico para la retroalimentación del procedimiento general. Incluye la capacitación en las medidas administrativas.

Aspectos negativos: Establece la contratación obligatoria de un consultor externo para la realización de los estudios. Considera únicamente el índice Leq para la evaluación del ruido. Aunque ilustra algunas de las posibles medidas a aplicar para el control, no especifica las metodologías o procedimientos a emplear.

- Procedimiento para la gestión de ruidos en dos universidades australianas (UNSW, 2016) y (Monash University, 2019)

Descripción general: El procedimiento proporciona información sobre la gestión de los riesgos de salud y seguridad asociados con la exposición al ruido en el lugar de trabajo integrando la actuación de trabajadores y estudiantes.

Aspectos positivos: Propone un sistema de diagnóstico inicial compuesto por la aplicación de encuestas específicas, audiometrías y mediciones in-situ. Declara los roles y responsabilidades de los implicados en su ejecución. Establece procedimientos específicos para identificación de riesgo de ruido, reporte de molestias y aplicación de audiometrías.

Aspectos negativos: No explica los métodos o procedimientos específicos para la evaluación y el control. No toma en consideración la opinión de los estudiantes en la detección de problemas de ruido. No se valora el diagnóstico y el empleo de mapas de ruido para ello. En el caso del control solamente se mencionan algunas de las medidas a aplicar, no se dan detalles técnicos de cómo implementarlas.

- Enfoque equilibrado para la gestión de ruido de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2019)

Descripción general: El Enfoque Equilibrado toma en cuenta las necesidades y requerimientos de la gente vecina a los aeropuertos, así como los intereses de la industria de la aviación y los gobiernos. Ofrece un marco claro y estandarizado para el manejo del ruido de aeronaves en aeropuertos sensibles al ruido en todo el mundo. Este procedimiento evalúa primero la situación de ruido en un determinado aeropuerto para identificar el problema de ruido y definir los objetivos con herramientas y procedimientos tales como el delineamiento de ruido, los índices de ruido, puntos de referencia y planes de gestión de ruido, y después analiza y define una selección de medidas correctivas.

Aspectos positivos: El empleo de índices específicos que se ajustan a las características de las instalaciones aeroportuarias, la valoración de los niveles de afectación en poblaciones cercanas a la instalación con el empleo del mapeo de contornos de ruido para su diagnóstico, una propuesta de posibles medidas operativas y organizativas para la mitigación de los ruidos, el monitoreo y seguimiento mediante la implementación de indicadores clave de desempeño que valoran la opinión de las comunidades cercanas.

Aspectos negativos: Los mapas de ruido se proponen para analizar para el ruido en exteriores, no contempla el análisis de los locales del aeropuerto. Las medidas de control están orientadas al control de ruido generado por las aeronaves, pero obvia la posible generación por otras fuentes o áreas de la instalación. No se declara la periodicidad con la que se debe realizar el estudio.

- Procedimiento de gestión ruido de la compañía eléctrica Stanwell (Stanwell, 2020)

Descripción general: La compañía eléctrica Stanwell propone un procedimiento para la gestión de ruido en sus instalaciones.

Aspectos positivos: Abarca a los contratistas y clientes como partes interesadas. Incluye la valoración audiométrica como indicador de evaluación. Contempla la revisión periódica, consulta y comunicación como parte de la retroalimentación del procedimiento.

Aspectos negativos: No declara los posibles métodos a emplear para la identificación, diagnóstico y control de ruido. Propone únicamente el valor límite del índice Leq para la evaluación del ruido. Emplea como índices evaluativos únicamente Leq y Lpeak. Su alcance es general y no se ajusta a las características de la empresa. Aunque asume la jerarquía de control de riesgos, no declara los posibles métodos a emplear.

Por otra parte, como complemento del análisis anterior, se construye una matriz binaria (Anexo 1.5) que relaciona los atributos con los procedimientos en que se presentan, lo que

sirve de base para un análisis de redes mediante el empleo del software Ucinet, versión 6.698 (Figura 1.4)

Los atributos identificados son los siguientes: A1: Definición de una etapa organizativa, A2: Empleo de consultores externos especializados, A3: Presencia de la consulta y participación, A4: Propuesta de técnicas de identificación, A5: Descripción de técnicas de identificación, A6: Propuesta de métodos e indicadores de evaluación, A7: Descripción de métodos e indicadores de evaluación, A8: Empleo de los mapas de ruido para el diagnóstico, A9: Propuesta de técnicas de control, A10: Descripción de técnicas de control, A11: Considera el monitoreo y verificación (Retroalimentación).

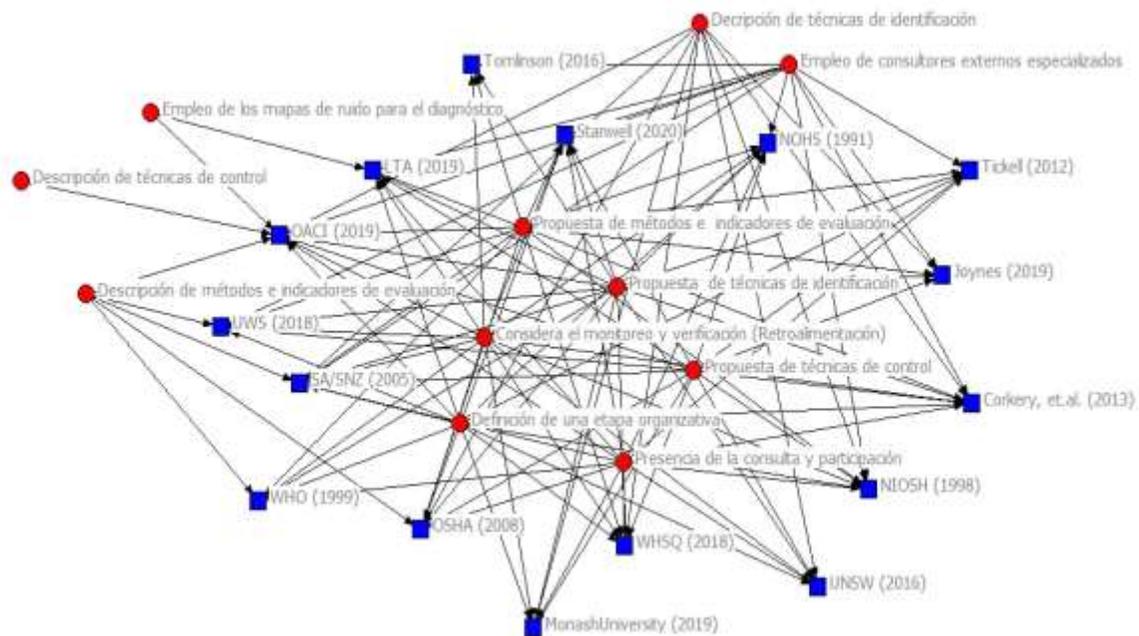


Figura 1.4. Presencia de atributos en procedimientos de gestión de ruido analizados. Fuente: elaboración propia.

Resaltan por su presencia los atributos: propuesta de técnicas de identificación, definición de una etapa organizativa, propuesta de métodos e indicadores de evaluación, propuesta de técnicas de control y considera el monitoreo y verificación (retroalimentación). Los procedimientos con mayor presencia de los atributos definidos son los de SA/SNZ (2005), OSHA (2008), Corkery *et. al.* (2013), LTA (2019) y OACI (2019). No se constata ningún procedimiento adecuado a las particularidades de la gestión de ruido en hoteles de sol y playa.

A partir del análisis integral de los procedimientos de gestión de ruido se exponen algunas consideraciones generales:

Todos los procedimientos analizados proponen la información y capacitación inicial, así como la creación de grupos de trabajo en la etapa organizativa; algunos de ellos sugieren u obligan a usar consultores externos especializados para realizar los estudios. La definición de los roles y responsabilidades de los implicados constituye un aspecto relevante en la fase de organización. Aunque algunas propuestas, por su alcance, contemplan el establecimiento de políticas y estrategias, no se considera necesaria su inclusión puesto que no determinan, desde el punto de vista operativo, el cumplimiento del objetivo fundamental de los procedimientos de gestión de ruido. Todos los procedimientos consultados siguen la jerarquía de control de riesgos para la propuesta de medidas de control, muchos de ellos declaran su cumplimiento mediante el modelo simple fuente-camino-receptor. El cumplimiento del principio de mejora continua se refleja en la mayor parte de los procedimientos mediante una fase de monitoreo y seguimiento que tiene en cuenta los programas de vigilancia de la salud mediante audiometrías y la aplicación de instrumentos de chequeo como listas o encuestas; aunque existe variabilidad entre los procedimientos de la periodicidad con que se debe realizar.

Principales limitaciones detectadas en los procedimientos analizados:

- La evaluación del ruido se realiza únicamente por índices de exposición (fundamentalmente L_{eq} y L_{pico}) y no contempla la valoración del confort acústico y su influencia en los trabajadores y los clientes de la organización.
- Los procedimientos que proponen los mapas de ruido como herramienta de diagnóstico sólo valoran su uso en exteriores para analizar la influencia en las poblaciones cercanas, no para el análisis en los locales interiores.
- No contemplan de manera exhaustiva las posibles medidas de control de ruido que se pueden aplicar; son únicamente mencionadas algunas de ellas.
- No se profundiza, desde el punto de vista técnico, en las metodologías de diseño que permitan el control de ruido.

1.6 El ruido en el turismo

Uno de los indicadores que afecta la sostenibilidad de las instalaciones hoteleras es el ruido. El turismo sostenible es de gran interés e importancia en la actualidad, pues se trata de una alternativa viable para aproximarse a una nueva formulación de desarrollos turísticos integrados compatiblemente con el espacio local (Cordero Fernández, 2017)

El ruido afecta significativamente el desarrollo del turismo, pero las actividades derivadas de este son a su vez generadoras de ruido. Este enfoque fue demostrado por Ay & Gunay

(2019) que analizaron como en destinos turísticos europeos, africanos y asiáticos existen afectaciones en trabajadores y pobladores cercanos a instalaciones turísticas por el ruido que generan las actividades de animación propias del turismo y a su vez, como estos elevados niveles de ruido han creado una imagen negativa del destino por las quejas de clientes insatisfechos, con repercusiones directas en su comercialización.

Un elevado porcentaje de las quejas vinculadas a la exposición al ruido reportadas por clientes en los hoteles se corresponde con la calidad del sueño (McGar, 2015; Basner & McGuire 2018; Chen et. al., 2018; Mao, et. al., 2018). Por tal motivo en 2015, *Knowledge Center Sound Insulation*, una red de especialistas en aislación acústica y sonora con sede en Holanda, comenzó a otorgar certificaciones de *Quiet Room* (habitación silenciosa) a los hoteles para informar a los turistas que una o más habitaciones cumplen con determinados estándares (Arko, 2015).

La relajación y el buen descanso en un hotel, es una de las características básicas buscada por los clientes. Para algunos turistas, un sonido muy bajo puede ser perturbador y considerarse molesto. Por ejemplo, mientras toman el sol en una playa, puede haber turistas molestos por el sonido de la música transmitida en un nivel relativamente bajo de una instalación turística ubicada allí (Christou, et. al., 2021).

El diseño de los hoteles y la cultura de sus trabajadores influye de forma decisiva en la presencia de ruidos (Lestari & Nabilah, 2018). Las habitaciones cercanas a los ascensores, a salas de juego o bares, en pisos bajos y cercanas a la calle constituyen una fuente potencial de insatisfacción de los turistas a partir de las quejas por ruidos que entorpecen el sueño (Jablonska & Trocka-Leszczynska, 2019).

En el caso de la exposición al ruido ocupacional, los trabajadores de mantenimiento, animación y cocinas son los más afectados en hoteles (Deeb, et.al., 2020). En concordancia con la afirmación anterior Cabrera Padrón (2018); Hernández Rodríguez (2018); González Falcón (2018); Perdomo Hector (2018) y Almeda Barrios (2019b) determinaron que el acceso de los trabajadores de mantenimiento a salas de máquinas, la operación de grupos electrógenos y el mantenimiento a sistemas de ventilación constituyen algunas de las actividades de mayor riesgo de exposición a ruidos. En el caso de las cocinas el funcionamiento de los equipos de fregado y la manipulación de calderos y otros utensilios metálicos clasificaron como las principales fuentes de generación. Por último, la operación de equipos de audio o el trabajo de los animadores en la cercanía de las fuentes de amplificación fueron los riesgos por exposición al ruido más comunes.

1.7 Estado de la práctica

Se realizó una búsqueda bibliográfica para fundamentar el estado de la práctica en los estudios de ruido y el enfoque de gestión en su tratamiento, con énfasis en el turismo y los hoteles de sol y playa. A continuación se resaltan los principales resultados encontrados.

El autor Stearn (2018), basado en un estudio bibliográfico de noventa (90) artículos científicos relacionados con el monitoreo audiométrico, controles administrativos, controles de ingeniería, programas de conservación de la audición, dispositivos de protección auditiva, legislación / regulación, otoprotección farmacológica e iniciativas de capacitación / educación; plantea que las investigaciones analizadas siguen la jerarquía de control de riesgos aunque en su mayoría se basan en enfoques de intervención que pasan por alto los controles de ingeniería y se enfocan en la aplicación de medidas organizativas con énfasis en el uso de equipos de protección personal.

En el contexto empresarial internacional diversos estudios contemplan la evaluación y diagnóstico (Subramaniam et. al., 2019; Suhardi et. al., 2021) así como el control de ruido (Zevitas et. al., 2018; Camargo et. al., 2019; Speaks, & Beamer, 2020) en procesos productivos industriales y de manufactura.

Como parte de una evaluación integral de riesgos ergonómicos, Ormanza (2015) propone un procedimiento para la evaluación del ruido basado en los criterios de clasificación que analizan su fluctuación en el tiempo (constantes y no constantes) mediante el empleo del criterio N de evaluación (NR) o el nivel sonoro equivalente continuo (Leq).

Un análisis de la literatura realizado por Artan et. al., (2019) determinó que los criterios de confort acústico más empleados en oficinas son: 1-nivel de ruido, 2-eco y 3-privacidad acústica. Las propias autoras incluyeron la valoración de la opinión de 308 empleados de oficina sobre la importancia y niveles de satisfacción con los criterios de confort acústico. Como resultado los trabajadores destacaron las molestias por el ruido debido a las conversaciones como el parámetro más deficiente.

En el caso del turismo, algunas investigaciones se enfocan en la evaluación y el control de ruido (Rastelli Montbrun et. al., 2017; Lestari & Nabilah, 2018; Kaddatz & Jue, 2019; Matviiyk & Sobin, 2019) pero hacen poco énfasis en su gestión.

En Cuba la mayoría de las investigaciones han estado enfocadas en la evaluación de los efectos del ruido en la salud (Caballero Núñez et. al., 2016; Torres García et. al., 2015;

Amable Álvarez et. al., 2017; Medina Ruíz et. al., 2018; Hernández Peña et. al., 2019) y en el diagnóstico de la contaminación urbana por ruido (Amable Álvarez et. al., 2017; Betancourt Morffis, 2019; Fajardo Segarra et. al., 2019).

En las instalaciones hoteleras el ruido es analizado solamente como un indicador más de los sistemas de gestión medioambiental (López Moreda, 2010; Quiala Armenteros, 2011; Ferras Moreno, 2019; Novoa Oropeza, 2020; Ochoa Avila & Leyva Driggs, 2021; Martínez Rodríguez et. al., 2021) pero no se profundiza, por la connotación ya demostrada, en su gestión de forma independiente.

Específicamente en la provincia de Matanzas existen antecedentes de estudios de ruido citados por García Dihigo (2017):

- Dos artículos sobre evaluación del ruido en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”
- Consultoría de evaluación del ruido en la Evaluación y control de ruido en las discotecas de Artex La Rumba, La Salsa y Las Palmas, año 2006.
- Consultoría de evaluación y control de ruido en la Empresa de Cítricos “Victoria de Girón”, año 2008
- Tesis doctoral sobre la evaluación y control de ruido en las termoeléctricas de Cuba, año 1996. Por su relevancia para la presente investigación, a continuación se realiza un análisis detallado de esta investigación.

Ibrahim (1996) en su tesis doctoral declara la evaluación y control de ruido como fases principales. Incluye en la fase de evaluación, la aplicación de encuestas a los obreros, el análisis de los resultados de las audiometrías realizadas, la medición de los NPS y comparación con los valores normados, así como la construcción de mapas de ruido. El control estuvo caracterizado por el diseño e inserción de atenuadores de ruido que incluyeron: silenciadores, cápsulas, cabinas y pantallas acústicas. La validación de los resultados se realizó a partir de la reevaluación del ruido tras la aplicación de las medidas.

Aunque, tal y como refleja la revisión bibliográfica realizada por Schwela, (2021) han existido avances de determinados países en la gestión del ruido; el alcance de los mismos no se ha manifestado en la práctica empresarial. Las investigaciones descritas por Schwela tienen un alcance gubernamental, sus resultados manifiestan el uso de estrategias, políticas y legislación sobre el ruido, el impacto del ruido ambiental y cumplimiento de los reglamentos, así como su repercusión en la economía.

En resumen, el análisis del estado de la práctica permite afirmar que:

- Aun no se generaliza el enfoque de gestión en el estudio de los problemas de ruido en las organizaciones por lo cual la mayor parte de las investigaciones actuales están basadas en etapas específicas del proceso; fundamentalmente la evaluación y el establecimiento de medidas de control organizativas. Hacen poco énfasis en la planificación y en el monitoreo, seguimiento, comunicación y consulta como parte del principio de mejora continua.
- Es limitada la aplicación de estudios de ruido en el sector hotelero. En Cuba, específicamente en hoteles de sol y playa, el ruido se analiza como parte de los sistemas de gestión medioambiental o de seguridad y salud en el trabajo; pero no se profundiza en los procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control.

1.8 Conclusiones parciales

1. La necesidad de incluir el confort acústico como criterio valorativo del ruido en hoteles de sol y playa en Cuba quedó demostrada a partir del estudio del estado de la práctica que reflejó su presencia como uno de los factores de mayor incidencia en la satisfacción del cliente.
2. Desde el punto de vista operacional, se definieron la identificación, evaluación, diagnóstico y control como las principales etapas en la gestión del ruido. Para cada una de ellas se analizaron las principales técnicas, procedimientos y metodologías que se pueden emplear.
3. El estudio del ruido en los hoteles de sol y playa en Cuba se analiza como parte de los sistemas de gestión medioambiental o de seguridad y salud en el trabajo, pero no se aborda con un enfoque de gestión.
4. Del análisis crítico de 15 procedimientos para la gestión del ruido se detectaron falencias en la evaluación, el diagnóstico y control que pueden ser solventadas mediante la concepción de una tecnología que contemple las técnicas, procedimientos y metodologías analizadas en el epígrafe 1.4.

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE RUIDO EN HOTELES DE SOL Y PLAYA

CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE RUIDO EN HOTELES DE SOL Y PLAYA

Para dar solución al problema científico planteado en la investigación y sobre la base de las conclusiones parciales resultantes del Estado del Arte y de la Práctica, se expone en este capítulo la tecnología y sus procedimientos de despliegue, que permiten la gestión del ruido en hoteles de sol y playa. Referentes para su construcción resultan las “brechas” identificadas del estudio de 15 procedimientos de gestión de ruido y del análisis del estado de la práctica de los estudios de identificación, evaluación, diagnóstico y control del contaminante.

2.1 Concepción teórica de la tecnología

La tecnología responde directamente al cumplimiento de parámetros de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo y de la gestión medioambiental del hotel donde se pretenda aplicar. Repercute también en la satisfacción del cliente externo y en el atractivo de la instalación. Se caracteriza por el enfoque de mejora, donde el empleo oportuno de medidas de control asume un carácter continuo a través del seguimiento y la retroalimentación que permite la toma de acciones correctivas.

La tecnología diseñada persigue como **objetivo principal** reducir, mediante una gestión de ruido eficaz, los niveles a los que se exponen trabajadores y clientes en entidades hoteleras de sol y playa y complementariamente contribuir a mejorar el confort acústico en dichas instalaciones.

Para asegurar su aplicación exitosa, estas organizaciones deben cumplir o estar dispuestas a crear, un grupo de condiciones establecidas en las **premisas** siguientes:

- Elaborada para hoteles de sol y playa que se encuentran en **fase de explotación**.
- **Disponibilidad tecnológica** para realizar los procesos de medición, evaluación y diagnóstico y control de ruido.
- Contar con **personal con formación** en el desarrollo de estudios de ruido.
- **Compromiso de la alta dirección** del hotel con la implementación de la tecnología mediante sus procedimientos de despliegue, con los resultados derivados y la aplicación de las propuestas.
- **Compromiso de los trabajadores** para contribuir de manera activa en la comunicación e información de problemas relativos al ruido, así como para asimilar nuevas condiciones de trabajo resultantes de la implementación de medidas de control.

Por otra parte, la tecnología se sustenta conceptualmente en los **principios** fundamentales siguientes:

- **Parsimonia:** dada por la posibilidad de abordaje de un proceso complejo de forma relativamente simple puesto que permite, por su estructura, ser aplicada por personal con formación elemental.
- **Flexibilidad:** potencialidad de aplicarse a otras instalaciones con características no necesariamente idénticas a las seleccionadas dentro del universo de estudio y por la capacidad de incorporación de actualizaciones y reajustes en los diferentes procedimientos específicos y metodologías.
- **Pertinencia:** por lo necesario que resulta disminuir el ruido para preservar la salud y mejorar las condiciones ambientales de los hoteles.
- **Consistencia lógica:** debido a que la implementación de sus pasos en la secuencia planteada es consistente con la ejecución de este tipo de estudios.
- **Utilidad práctica:** provee a los directivos de información útil para la toma de decisiones en cuanto a la gestión de la seguridad y salud de trabajadores y clientes; con repercusiones directas en el atractivo de la instalación.
- **Mejora continua:** dado por las iteraciones sucesivas establecidas como parte de la retroalimentación que permite el reinicio de etapas ya realizadas con el objetivo de reevaluar los niveles de ruido y adoptar nuevas medidas de ser necesario.

En la figura 2.1 se muestra la tecnología propuesta. Constituye una visión general donde se pueden apreciar los elementos que deben considerarse para la gestión del ruido en hoteles de sol y playa. En la misma se recogen las seis (6) etapas por las que se compone, a saber: preparación de condiciones iniciales, identificación, evaluación, diagnóstico, control, monitoreo y seguimiento. Cada etapa se sustenta en la aplicación de una serie de técnicas que, aplicadas de forma lógica y ordenada, permiten alcanzar el objetivo de la tecnología. Su funcionamiento se basa en el principio de mejora continua y considera, la comunicación, consulta y monitoreo en todo momento, como elementos base para disminuir los niveles de ruido y obtener mejoras en el logro de parámetros de confort acústico.

La gestión de ruido para el sector hotelero permite a los especialistas de la seguridad y salud y a la máxima dirección en dichas entidades una actuación oportuna sobre las fuentes generadoras del contaminante. Los resultados de estos estudios repercuten de forma directa en la salud y bienestar de los trabajadores y clientes.

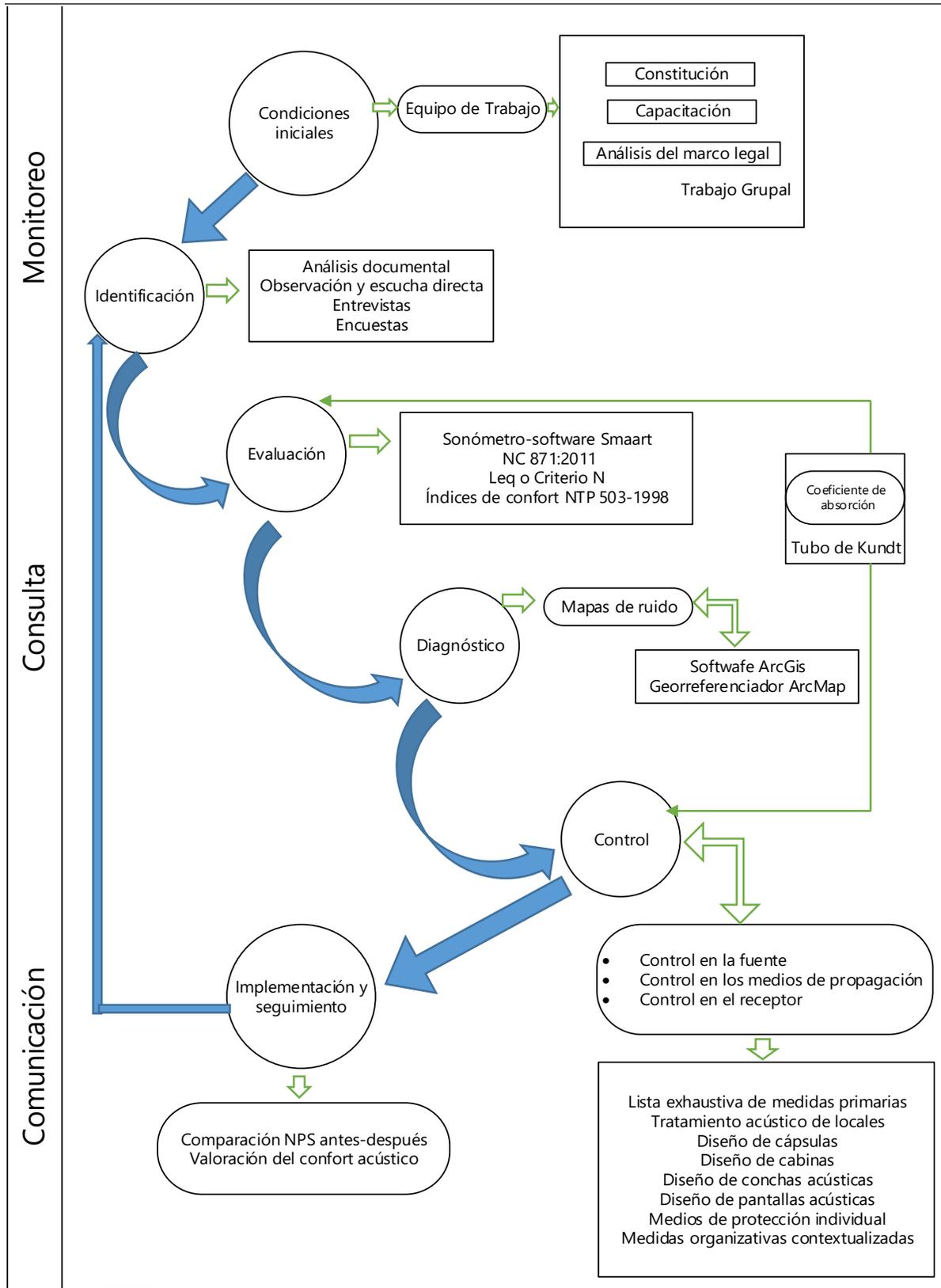


Figura 2.1. Tecnología propuesta para la gestión de ruido. Fuente: elaboración propia.

2.2 Procedimientos de despliegue de la tecnología

En la figura 2.2 se presenta el esquema general que muestra los procedimientos de despliegue de la tecnología propuesta en la investigación.

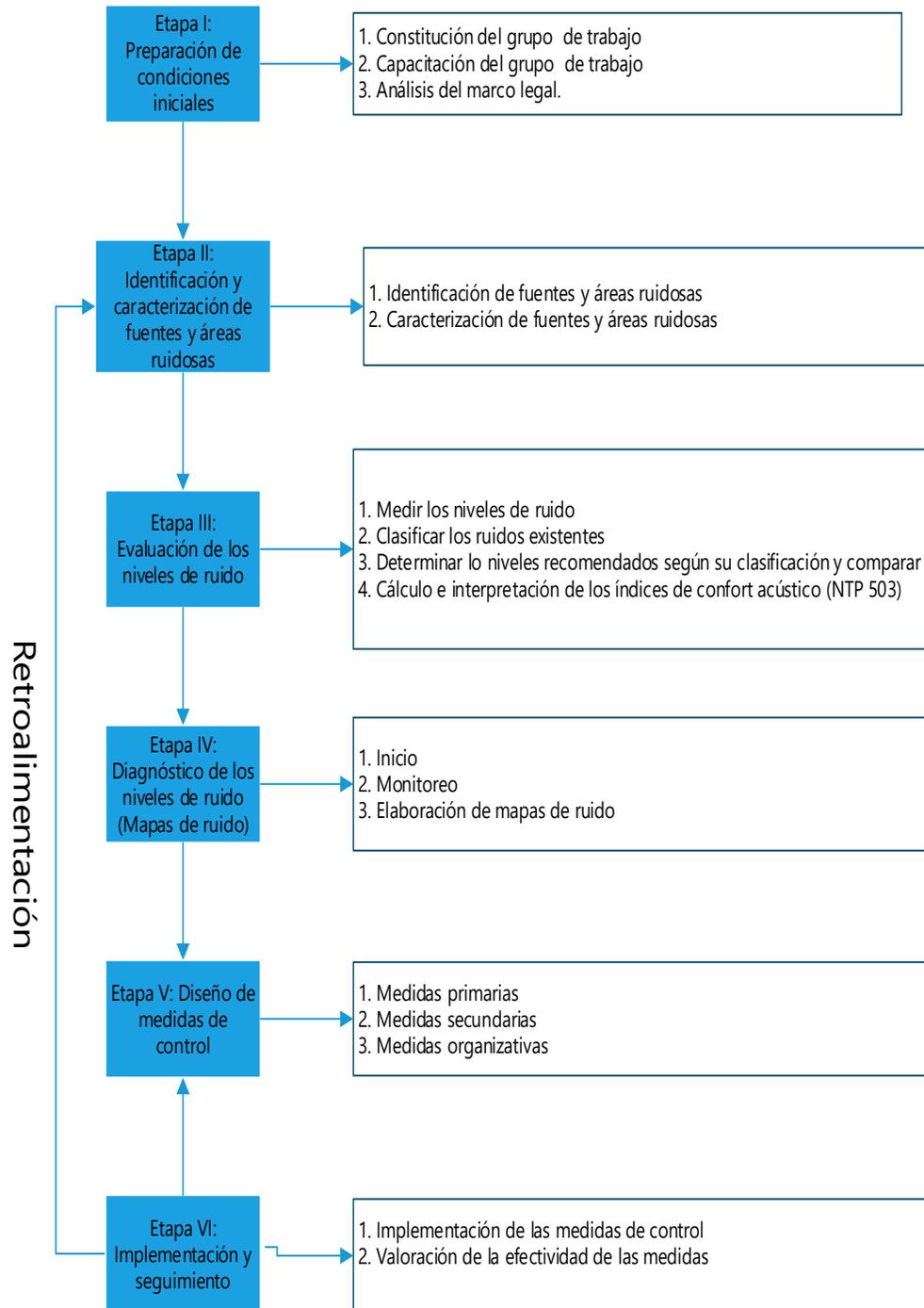


Figura 2.2. Procedimientos de despliegue para la gestión de ruido en hoteles de sol y playa.

Fuente: elaboración propia.

2.2.1 Etapa 1. Preparación de condiciones iniciales

Paso 1. Constitución del grupo de trabajo.

Para constituir el grupo de trabajo para el estudio de ruido se debe garantizar la participación de miembros del consejo de dirección y especialistas. A continuación, se muestran cuáles son los miembros del equipo de trabajo y la fundamentación de su inclusión en el grupo:

- Director asistente: Es responsable del cumplimiento de las tareas operativas de la instalación. Debe presidir el grupo de trabajo por su ubicación en el esquema jerárquico de la organización y la autonomía que posee en la toma de decisiones.
- Director de Capital Humano: Supervisa la actividad de Seguridad y Salud en el trabajo como uno de los subsistemas de la Gestión de los Recursos Humanos.
- Especialista de SST: Responsable de la actividad, encargado de identificar, evaluar, diagnosticar y contribuir a controlar todos los riesgos que se presenten en el hotel. Por las funciones que posee es el encargado de realizar la evaluación, el diagnóstico y desarrollar las medidas de control; así como presentar el informe con los resultados.
- Consultor externo: Su inclusión en el grupo está en correspondencia con las ventajas que se resaltaron en el análisis de los procedimientos de gestión de ruido existentes. En este sentido contar con un especialista con dominio de los métodos y técnicas de identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido que sea capaz de asesorar la realización del estudio, realizar las actividades de capacitación y desarrollar métodos y técnicas específicas es determinante en la efectividad del estudio.
- Jefe de Servicios Técnicos: Dirige las actividades de mantenimiento y por ende debe poseer los datos técnicos del equipamiento existente en la instalación.
- Especialista de Calidad: Procesa las encuestas de satisfacción del cliente externo y las quejas que se producen.
- Médico de la instalación: Dictamina la presencia de afectaciones auditivas en trabajadores y clientes.
- Representante sindical: Representa las opiniones de los trabajadores y vela por sus intereses.

Paso 2. Capacitación del grupo de trabajo.

Para continuar con la aplicación del procedimiento, se deben realizar acciones de formación. El grupo debe poseer conocimientos elementales en aspectos teóricos sobre el ruido, afectaciones que provoca y en el empleo de métodos identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido; así como la importancia del enfoque de gestión en el proceso.

Paso 3. Análisis del marco legal.

En el epígrafe 1.2 se muestra un análisis detallado del marco legal que sustenta el tema. Sobre la base de este análisis se realiza una propuesta de las normas que se deben emplear ante las diversas situaciones que se presentan.

2.2.2 Etapa 2: Identificación y caracterización de las fuentes de ruido

Paso 1: Identificación de las fuentes de ruido.

En este paso se identifican las fuentes de ruido, para así delimitar los elementos generadores del mismo y sus vías de propagación; para ello se emplean las técnicas siguientes:

- Análisis documental: Se materializa a través de la consulta de documentos como el inventario de riesgos laborales, registros de quejas de los clientes, informes de inspecciones o auditorías y otros que ofrezcan información sobre la presencia de ruido en determinadas áreas.
- Observación y escucha directa: El recorrido del grupo de trabajo por todas las áreas de la instalación para detectar anomalías en el funcionamiento de procesos, actividades o equipos específicamente, que se complementa con la escucha directa, constituye una valiosa herramienta para la detección de sonidos molestos.
- Entrevistas a los trabajadores: La aplicación de esta herramienta puede ofrecer información confiable acerca de la presencia del contaminante en áreas de la instalación. Se propone la siguiente guía:

Área donde trabaja: _____

1. ¿ha sentido molestias por la exposición a ruido?
2. ¿considera dañinos los niveles de ruido que se generan en su área de trabajo?
3. ¿en qué horarios percibe los niveles sonoros elevados?
4. ¿los ruidos que percibe provienen de su área de trabajo o de áreas aledañas?
5. ¿se generan por el empleo de equipos o por el desarrollo de actividades?

- Encuestas específicas a clientes: Se deben diseñar encuestas que permitan la identificación de las áreas ruidosas a partir del criterio de los clientes. En ellas deben aparecer todas las áreas del hotel que son frecuentadas por los visitantes, por lo que el instrumento debe ser ajustado específicamente a cada instalación donde se aplique. A continuación se ofrece un ejemplo de encuesta aplicada por Almeda Barrios (2018) para la identificación de áreas ruidosas en un hotel:

Estimado cliente/Dear client/Cher client:

En la siguiente tabla aparecen una serie de áreas del hotel. Seleccione con una "X" aquellas donde usted haya sentido molestias ocasionadas por ruido.

In the following survey appears some areas of the hotel. Select with an "X" those where you have felt discomfort caused by noise.

Dans l'enquête suivante, vous trouverez les noms de quelques endroits de l'hôte. Cochez ceux où vous avez senti des mécontentements causés par le bruit.

Piscina	Pool	Piscine	
Restaurante buffet	Buffet Restaurant	Restaurant buffet	
Lavandería	Laundry	Laverie	
Lobby	Lobby	Lobby	
Teatro	Theater	Théâtre	
Gimnasio	Gym	Gymnase	
Habitaciones	Rooms	Chambres	
Restaurante A	A Restaurant	Restaurant A	
Restaurante B	B Restaurant	Restaurant B	
Restaurante C	C Restaurant	Restaurant C	
Steak House	Steak House	Steak House	
Fun Pub	Fun Pub	Fun Pub	
Tiendas	Stores	Magasins	
Otros: _____	Others: _____	Autres: _____	

Se recomienda emplear la observación y escucha directa como complemento de los restantes métodos para verificar resultados.

Paso 2: Caracterización de las fuentes y áreas ruidosas.

En este paso se debe ofrecer una descripción detallada de las fuentes generadoras de ruido y áreas en que se presenta. De la descripción ofrecida dependerá una correcta valoración de las posibles medidas a implementar.

En el caso que la fuente sea un equipo se deben describir elementos como: función que cumple; régimen de explotación; área en la que se ubica; áreas que afecta y, si se cuenta con la información, parámetros físicos de funcionamiento ofrecido por el fabricante o proveedor como nivel de presión sonora y potencia sonora.

Si la fuente es una actividad entonces se tendrá en cuenta: objetivo; causas; horarios de ejecución; responsables; área en la que se ubica y áreas que afecta.

De las áreas en que se ubica la fuente contaminante y las áreas que afectan es necesario además conocer su funcionalidad y sus características desde el punto de vista arquitectónico-constructivo.

2.2.3 Etapa 3. Evaluación de los niveles de ruido

Paso 1. Medir los niveles de ruido existentes.

Para medir los niveles de presión sonora existentes se utiliza como vía convencional un sonómetro y para el uso del mismo se tienen en cuenta los requisitos de cumplimiento obligatorio establecidos en NC ISO 1999: 2011.

Para realizar las mediciones se cuenta con un sonómetro promediador integrador calibrado que es el empleado por el Centro de Higiene y Epidemiología de Matanzas para tales fines, el cual ofrece directamente el NPS integrado (Leq (A)) en el área estudiada. Su deficiencia radica en que no muestra el análisis por bandas de octava, lo cual impide evaluar los NPS en cada frecuencia de interés

Existen otras herramientas menos precisas (debido a la baja calidad del micrófono) como el empleo de aplicaciones para móviles o softwares informáticos. Como solución se plantea la vinculación del micrófono de alta calidad del sonómetro al software informático *Smaart 7*, el cual permite realizar un análisis por bandas de octava de los niveles de ruido existentes; lo que constituye un **aporte** de la presente tesis doctoral. De este modo se complementan las fortalezas del micrófono del sonómetro con las facilidades que brinda el software.

Paso 2. Clasificar los ruidos existentes.

En correspondencia con el análisis realizado en el epígrafe 1.2, se empleará como criterio básico de clasificación de ruido el que se realiza en función del nivel de presión sonora y su fluctuación en el tiempo (constantes y no constantes).

El criterio de evaluación a utilizar dependerá de la clasificación otorgada; si los ruidos son constantes se aplica el Criterio N (Ndb) de evaluación de ruidos o el criterio del nivel sonoro L (dB(A)) y si son no constantes entonces se debe aplicar el Nivel Sonoro Equivalente Continuo (Leq (A)).

- Criterio N para ruidos constantes

Este criterio de evaluación se basa en una simplificación de las curvas isofónicas, el cual presupone un análisis por bandas de octava del ruido, solo que no lo establece en forma de curvas sino mediante tablas (García Dihigo, 2017); para ello se determina el Nivel de Presión Sonora Existente (Lex) en el área analizada a partir de la medición del sonómetro y se busca el valor del Criterio N (N (dB)) en la tabla que muestra el anexo 2.1.

- Nivel Sonoro Equivalente Continuo (Leq (A)) para ruidos no constantes

El cálculo del Leq puede obtenerse directamente del sonómetro (si el mismo es promediador-integrador) o se puede utilizar el procedimiento propuesto en la NC 871:2011. Como el equipo del que se dispone es promediador-integrador, se empleará la primera variante.

Paso 3. Determinar los niveles recomendados según su clasificación y comparar.

En correspondencia con el análisis realizado en el epígrafe 1.4.2.1 se decidió, debido a la importancia del confort acústico en la satisfacción de los clientes y en el atractivo de la instalación, integrar en la evaluación los criterios que establece la NTP 503:1998 y la opinión del cliente.

En tal sentido se propone realizar el siguiente análisis:

Para todas las áreas:

- Si $N \text{ (dB)}$ o $Leq \text{ (A) (dB)} > \text{Nivel Máximo Admisible (NMA) (dB)}$ según NC 871:2011, los niveles de ruido, según lo normado, son perjudiciales por lo cual es necesario el diagnóstico, diseño y adopción de medidas de control.

Para áreas con presencia de clientes:

- Si N (dB) o Leq (A) (dB) $\leq NMA$ (dB) según NC 871:2011, pero es mayor que el criterio de confort de la NTP 503:1998 los niveles de ruido, según lo normado no son perjudiciales, pero sobrepasan los criterios de confort (dB) por lo cual es necesario el diagnóstico, diseño y adopción de medidas de control.
- Si N (dB) o Leq (A) (dB) \leq criterio de confort (dB) de la NTP 503:1998, pero existen quejas de los clientes en el área evaluada, los niveles de ruido no son perjudiciales, pero la opinión de los clientes condiciona la necesidad de continuar con el estudio para garantizar su satisfacción.

En el anexo 2.2 y 2.3 se muestran las tablas valorativas que establecen los NMA (dB) según la NC 871:2011 y los criterios de confort (dB) según la NTP 503:1998 respectivamente.

Esta variante de evaluación se considera, en el caso de los servicios hoteleros, por la inclusión de criterios de confort acústico y la opinión de los clientes, un **aporte** a los procesos de evaluación tradicionales.

Paso 4. Cálculo e interpretación de índices de confort acústico.

Se propone además el empleo de los índices de valoración de ruido “Nivel de Interferencia Conversacional (PSIL)” y “Tiempo de Reverberación (TR)” que establece la NTP 503:1998 como complemento de los criterios de evaluación anteriores.

Con el índice PSIL se valora la capacidad de un ruido estable de interferir en la conversación entre dos personas en un entorno libre de superficies reflectantes que pudieran reforzar las voces de las personas. Es la media aritmética de los niveles de presión sonora en las bandas de octava con centro en 500; 1000; 2000 y 4000 Hz, tal y como muestra la expresión siguiente:

$$PSIL = \frac{L_{500} + L_{1000} + L_{2000} + L_{4000}}{4} \quad [2.1]$$

El índice proporciona las distancias máximas a las que se puede mantener una conversación inteligible, con voz normal o con voz muy alta en función de los diferentes valores obtenidos. En el anexo 2.4 se ofrece la tabla para la interpretación de sus resultados.

- Tiempo de reverberación (Tr)

El tiempo de reverberación es un índice útil para la evaluación de la calidad acústica de un local. Se define como el tiempo, en segundos, necesario para que después de que cese la emisión de ruido, el nivel de presión sonora disminuya 60 decibelios (NTP 503,1998).

De una búsqueda de las expresiones para el cálculo del tiempo de reverberación se detectaron las propuestas por Norris – Eyring,; Millington – Sette y Sabine reflejadas en Negreira (2018) . Se propone, en correspondencia con Pérez Miñana, (1969); la norma ISO 3382 (ISO, 2009) y Araújo López et. al. (2018) emplear la de Sabine tal y como se muestra a continuación:

$$Tr = \frac{0,161 V}{Atot+4MV} \quad [2.2]$$

Donde:

Tr: Tiempo de reverberación [s]

V: Volumen de la sala [m³]

Atot: Absorción total [sabino]

M: constante de atenuación del sonido en el aire [*m*⁻¹].

La atenuación del sonido en el aire (M), según Miyara (1999) se calcula de la siguiente manera:

$$M = \frac{1}{434} \gamma \quad [2.3]$$

Donde:

γ : atenuación en el aire en dB/100 *m*.

Los valores de γ se extraen de la tabla que ofrece el anexo 2.5.

La absorción total se calcula:

$$Atot = \bar{\alpha} * Stot \quad [2.4]$$

Donde:

$$Stot = \sum S_i \text{ (Superficie total del recinto [m}^2\text{)]} \quad [2.5]$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_i \alpha_i S_i}{Stot} \text{ (Coeficiente medio de absorción del recinto [sabinos/m}^2\text{)]} \quad [2.6]$$

α_i = coeficiente de absorción de la superficie “i” (ver anexo 2.6)

S_i = área de la superficie “i” [m²]

Los valores de alfa (α) se obtienen de tablas recogidas en la literatura. El error que introduce en los cálculos emplear valores aproximados del coeficiente de absorción puede conducir a interpretaciones erróneas y a la ineffectividad en el diseño de medidas de control.

Se detectó además que no se encontraba en las tablas de la literatura el valor de alfa de algunos de los materiales constructivos existentes en varias instalaciones hoteleras de sol y playa en Varadero, lo cual impidió que se pudiera calcular el tiempo de reverberación.

Por tal motivo, en el subepígrafe siguiente se propone un procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción acústica basado en la norma ISO 10534 parte I-Método de ondas estacionarias con el empleo de un tubo de impedancias (o tubo de Kundt). Este constituye uno de los principales **aportes** de la tesis doctoral.

2.2.3.1 Procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α)

En Cuba es limitada la información referente a las propiedades acústicas que se tiene de los materiales que se emplean en la construcción y montaje de obras. Entrevistas sostenidas con representantes del Ministerio de la Construcción (MICONS) en Matanzas reafirmó lo antes expuesto debido a que no cuentan con la tecnología para realizar ensayos que permitan la caracterización acústica de los materiales que fabrican y/o emplean. (Camacho Isaac, 2019); (Díaz Pardo, 2019); (Almeda Barrios *et.al.* 2021a)

Por tal motivo, en correspondencia con los estudios de Castañeda Acevedo & González Betancourt (2004); Infante Salamanca (2012); Parejo Gamboa (2013) y Fernández Arcilla (2015) se propone un procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α) basado en lo recomendado por la norma ISO 10534 parte I (ISO,1998). El procedimiento se compone de 5 pasos como se aprecia en la figura 2.3.

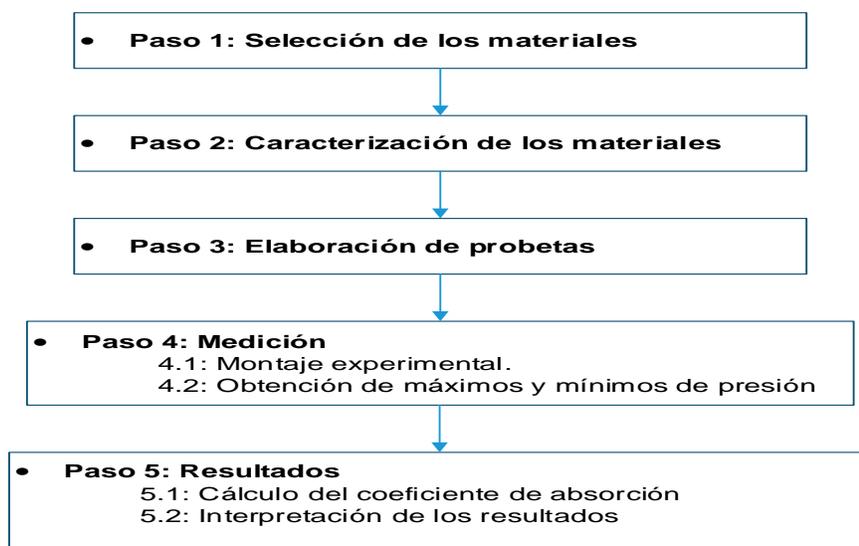


Figura 2.3. Procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción sonora mediante el método de ondas estacionarias. Fuente: elaboración propia.

El procedimiento se basa en el empleo de un tubo de impedancias, o tubo de Kundt como también es conocido, para los procesos de experimentación. El tubo de Kundt es un cilindro largo y estrecho en el que se pueden generar sonidos si se hace vibrar la columna de aire de su interior. (Molina Cornell et al., 2017).

Se construyó un Tubo de Kundt, compuesto por un tubo cilíndrico de vidrio transparente de longitud 135 cm, diámetro interior de 4.4 cm y exterior de 4.8 cm. El tubo es sujetado por una base de madera de longitud 60 cm y altura 13 cm, que cuenta con 2 soportes que hacen función de apoyo para el tubo.

Se dispone de una fuente sonora (bocina) que se acopla en un extremo del tubo, con la potencia e impedancia adecuadas para el amplificador. Dicha fuente está conectada a un amplificador de potencia capaz de alimentar a la bocina de manera que esta pueda transmitir las frecuencias a analizar a través del tubo; se le puede conectar por medio de un cable auxiliar cualquier dispositivo que emita niveles de frecuencia. En este caso se utiliza un celular con la aplicación móvil “Generador de Frecuencia” para sistema operativo Android que permite emitir niveles de frecuencia hasta 22000 Hz.

Se construyó un pistón ajustable que cierra el tubo en el otro extremo y da la posibilidad de variar su longitud y encontrar los largos efectivos para los cuales se desarrollan ondas estacionarias. En la siguiente figura se muestra el tubo construido.



Figura 2.4. Tubo de Kundt fabricado. Fuente: elaboración propia.

A continuación se explican los pasos del procedimiento propuesto.

Paso 1: Selección de los materiales.

Para la selección de los materiales a los cuales se les determinará su coeficiente de absorción sonora se realizará una lista con aquellos más empleados por las empresas constructoras de la provincia vinculadas a la fabricación de obras para el turismo.

Paso 2: Caracterización de los materiales.

Una vez seleccionados los materiales a estudiar, se debe realizar una breve caracterización de los mismos donde se muestren su composición y aquellos rasgos que los hacen relevantes para la investigación, así como sus principales áreas de utilización.

Paso 3: Elaboración de probetas

Las probetas son pequeñas piezas (generalmente de dimensiones normalizadas), constituida por un material determinado (o materiales según el caso) cuyas características se desean estudiar. Las probetas constituyen una muestra representativa del material a estudiar.

Las probetas tienen que encajar perfectamente en la sección transversal del tubo y a su vez tienen que ser capaces de poder desplazarse a través de él. Serán perforadas por el centro con el fin de introducir una varilla metálica con un micrófono atado a ella. Esta varilla se desplazará a lo largo del tubo para poder realizar las mediciones requeridas.

Paso 4: Medición

Las mediciones se efectuarán según lo que establece la ISO 10534 parte I. Esta parte de la norma especifica un método para la determinación del coeficiente de absorción de sonido. Los valores se determinan para la incidencia de sonido normal mediante la evaluación del patrón de onda estacionaria de una onda plana en el tubo, que se genera por la superposición de una onda plana sinusoidal incidente con la onda plana reflejada desde el objeto de prueba.

4.1 Montaje experimental

En la figura 2.5 se expone el diagrama de bloques de la configuración de los equipos usados para la medición.



Figura 2.5. Diagrama de bloques de la configuración de los equipos usados para la medición del coeficiente de absorción a incidencia normal.

Fuente: elaboración propia.

El objeto de prueba se monta en el final del tubo de impedancia. La onda sonora plana sinusoidal incidente p_i es generada por un altavoz en el otro extremo del tubo. La superposición $p = p_i + p_r$ de la onda incidente p_i con la onda reflejada en el objeto de prueba, p_r , produce un patrón de ondas estacionarias en el tubo.

4.2: Obtención de los máximos y mínimos de presión

De acuerdo a Castañeda Acevedo & González Betancourt (2004) la amplitud en un antinodo de presión (máxima presión) es $(A+B)$, y la amplitud en un nodo de presión (mínima presión) es $(A-B)$. No es posible medir A o B directamente, pero se puede medir $(A+B)$ y $(A-B)$, esto se logra al resonar la onda en el tubo, formándose de esta manera ondas estacionarias. Las amplitudes de presión en los nodos y antinodos son medidas con un micrófono, el cual se desliza a lo largo del tubo de impedancias.

A continuación se muestran los pasos a seguir para medir el coeficiente de absorción sonora, basado en la norma ISO 10534 parte I y que se recogen en la investigación realizada por Infante Salamanca (2012):

1. Colocar la muestra de material acústico en el tubo de impedancia.
2. Conectar el micrófono directamente a la entrada del osciloscopio y el generador de señales al parlante.
3. Prender el osciloscopio y fijar una velocidad de barrido de 5ms/div y una ganancia en el canal de 0.5mv/div . Aunque estos parámetros pueden variar en dependencia del material y pueden ser ajustados a consideración del usuario.
4. Fijar el generador de señales para producir 250Hz , en onda sinusoidal.
5. El micrófono se coloca dentro del tubo a 1mm de la superficie de la muestra
6. Se activa el modo xy del osciloscopio para poder visualizar las figuras de *lissajous* ya que este ayuda a determinar el desfase de 90° .
7. Observar la figura resultante en el osciloscopio. Si la figura no se acerca a la forma de un círculo, mover la muestra de material dentro del tubo 0.5cm hasta que se logre.
8. Se desactiva el modo xy para obtener una lectura acerca de la amplitud de la onda, esta amplitud se calcula tras medir la cantidad de cuadros de la grilla del osciloscopio, cada cuadro es de $0,5\text{v}$.
9. Se determina $(A+B)$ que es la máxima presión (antinodo) que se logra cuando el tubo entra en resonancia, formándose de esta manera ondas estacionarias, esta señal siempre se obtiene a 1mm de la muestra.

10. Se determina (A-B) que es la mínima presión correspondiente a la amplitud del nodo, esto se logra con el traslado del micrófono en dirección opuesta a la muestra hasta obtener en el osciloscopio la primera con menor amplitud.

El procedimiento se repite, para las frecuencias en 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

Se realizan 8 mediciones por cada frecuencia en cada muestra.

Paso 5: Resultados

5.1: Cálculo del coeficiente de absorción

Con los datos obtenidos se realizan los cálculos para obtener el coeficiente de absorción de las muestras. Las ecuaciones se relacionan a continuación.

La relación de presión máxima a presión mínima SWR (método de ondas estacionarias)

$$SWR = \frac{(A+B)}{(A-B)} \quad [2.7]$$

Luego de obtener la relación de presiones (SWR), se calcula el coeficiente de reflexión.

$$R = \frac{B}{A} = \frac{SWR+1}{SWR-1} \quad [2.8]$$

Al tener el valor del coeficiente de reflexión se halla el coeficiente de absorción sonora α para las frecuencias de 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

$$\alpha = 1 - R^2 = \frac{(SWR-1)^2}{(SWR+1)^2} \quad [2.9]$$

Una vez obtenidos los 8 coeficientes de absorción α se promedian para cada una de las frecuencias y cada una de las muestras.

5.2: Interpretación de los resultados

Una vez se obtengan los coeficientes de absorción para las distintas frecuencias de interés se hará un análisis del comportamiento acústico que presenta el material objeto de análisis. Esto será posible a partir de la interpretación de las tablas de coeficientes de absorción en función de la frecuencia de cada material. Se le debe prestar especial importancia a en cuáles frecuencias presenta sus picos máximos y mínimos de absorción, para así dar un criterio acerca de su posible utilización.

2.2.4 Etapa 4. Diagnóstico de los niveles de ruido (mapas de ruido)

Se propone el empleo de los mapas de ruido como herramienta fundamental para el diagnóstico de los niveles de contaminación acústica. Por lo novedoso que resulta la extrapolación de esta herramienta del contexto urbano al diagnóstico empresarial en locales de instalaciones hoteleras de sol y playa, se describe a continuación la metodología para el diseño de mapas de ruido, lo cual constituye un **aporte** de la propuesta que se realiza.

Sobre la base de la consulta y determinación de puntos comunes en las metodologías propuestas por Hidalgo Otamendi *et al.* (2008); Segués Echazarreta (2008); Yepes Palacio *et al.* (2009) y Betancourt Morffis (2019); se propone la siguiente secuencia metodológica:

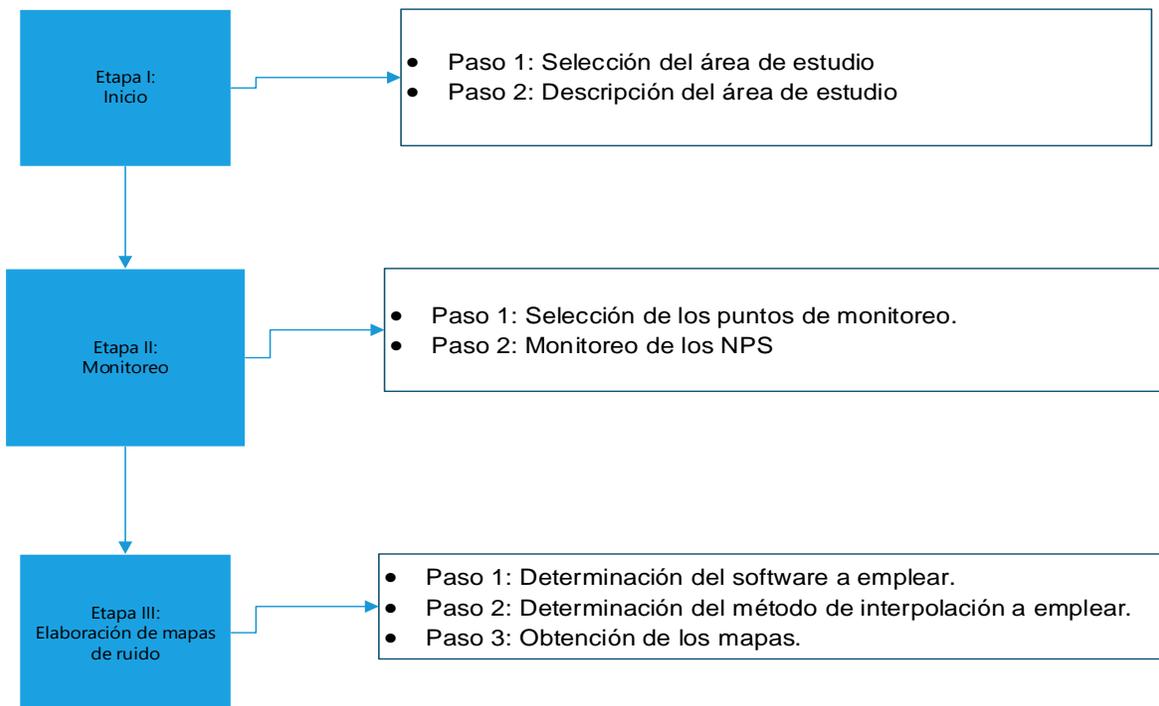


Figura 2.6. Procedimiento para la elaboración de mapas de ruido en hoteles de sol y playa.

Fuente: elaboración propia.

En el paso 1 de la primera etapa se selecciona el área de estudio, que estará en correspondencia con el área seleccionada en la evaluación y en el segundo paso se realiza un levantamiento de datos necesarios como: latitud, longitud, altitud, área aproximada y perímetro aproximado.

La segunda etapa comienza con la selección de los puntos de monitoreo que deben abarcar la totalidad de la zona de estudio. Para ello se propone aplicar una combinación de las metodologías de retícula o rejilla y la de zonas aleatorias en correspondencia con el análisis

de Acero Calderón, Jaimes Becerra & Romero Duque (2016). Se considera como puntos de muestreo los lugares que se ubican en los nodos de la cuadrícula y en algunos casos los lugares más próximos y accesible de los mismos.

El monitoreo que se establece en el paso 2 se debe realizar en correspondencia con los horarios que establecen la ISO 1996-2 y la NC 26 del 2012. Deben cumplirse además los requisitos establecidos por la NC 26 del 2012. El tiempo de medición en vez de ser de una hora, como la señala la NC 26 del 2012, será de 15 minutos, de acuerdo a lo establecido en la ISO 1996-2, la cual indica que este es el tiempo mínimo de medición para la elaboración de mapas de ruido.

En la etapa 3, paso 1, se decide utilizar el software ArcGis, en su versión 10.3. Para la construcción de los mapas de ruido se emplea la herramienta ArcMap de dicho software.

En el paso 2, de los métodos disponibles para realizar la interpolación, se recomienda emplear el Kriging, ya que es el apropiado para cambios graduales de ruido y es utilizado en concentraciones de contaminantes. (Murillo Gómez *et al.*, 2012)

Para la obtención de los mapas, se siguen los pasos siguientes:

1. Georreferenciar la imagen de la zona en que se realiza el estudio, mediante el georreferenciador, de la herramienta del ArcMap del software ArcGIS.
2. Preparar los resultados de las mediciones de los puntos de monitoreo en tablas de Excel, a partir de la siguiente información: código de los puntos, coordenadas y los valores a representar.
3. Importar dichos datos a la herramienta ArcMap del software ArcGIS mediante la opción *"Add xy data"*. Se asigna en el casillero de *X Field*: las coordenadas correspondientes a la longitud, en el casillero de *Y Field*: las coordenadas correspondientes a la latitud.
4. En el panel de ArcToolbox, se puede acceder a los distintos métodos de interpolación mediante la Herramienta *"Spatial Analyst Tools" >> "Interpolation"*.
 - Una vez aquí se puede observar una serie de métodos de interpolación, pero como se mencionó anteriormente, se empleará el método de interpolación Kriging.
5. Cuando ya se tienen los datos interpolados, se procede a editar la escala de los niveles de presión sonora de acuerdo a lo sugerido por la Norma ISO 1996 - 2.
6. Se añaden todos los detalles finales para terminar el mapa tales como leyenda, título y se exporta el mapa en un formato que facilite su manipulación.

2.2.5 Etapa 5. Diseño de medidas de control

En esta etapa, a partir de la evaluación y el diagnóstico realizado, se debe cumplir con el principio de jerarquía de control de riesgos para garantizar la efectividad de las medidas propuestas. La valoración de las medidas a aplicar debe seguir el orden explicado en el capítulo anterior:

1. Actuar sobre el foco o fuente de generación (Medidas primarias)
2. Actuar sobre los medios de propagación (Medidas secundarias)
3. Actuar sobre el receptor (Medidas organizativas)

2.2.5.1 Posibles medidas primarias a aplicar

Primeramente, en correspondencia con Viña Brito & Gregori Torada (1987), se debe valorar la posibilidad de sustituir procesos o equipos por otros más silenciosos. Esta medida, aunque es la más efectiva para la eliminación o reducción de los ruidos, también constituye la más costosa por la necesidad de adquirir nuevas tecnologías.

Debido a la variabilidad en las características de una instalación hotelera de sol y playa a otra y a la dificultad práctica que presenta la adopción de estas medidas, se propone, en correspondencia con el análisis del epígrafe 1.4.4, una lista exhaustiva de las posibles medidas a aplicar planteadas por Rodríguez González *et. al.* (2007).

Estas medidas son aplicables en los hoteles de sol y playa generalmente en salas de máquinas, lavanderías, sistemas de enfriamiento (enfriadoras y conductos), equipos de generación eléctrica y cocinas (Almeda Barrios *et. al.*, 2019a).

En el siguiente cuadro se observan las posibles medidas a aplicar a partir de la causa que genera el ruido.

Cuadro 2.1. Posibles medidas primarias a aplicar.

Causa que genera el ruido	Medidas a adoptar
Transmisión de la vibración de un cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la impedancia del elemento a partir de la utilización de sistemas amortiguados de masa-resorte, • acoplamientos lo más elásticos posibles, • adicionar masas en los puntos de aplicación de fuerzas dinámicas.
Emisiones de ruido por cuerpos vibrátiles	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de frecuencia propia, a través del aumento de la masa o disminución de su coeficiente de rigidez.
Impactos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> • lograr pequeñas fuerzas y movimientos dinámicos, • cambios armónicos de las fuerzas dinámicas, • eliminar cambios bruscos de fuerzas y movimientos, • disminución de velocidades, • minimizar la altura de caída, • evitar el choque metálico entre masas, • lograr altos acabados superficiales y exactitudes en la construcción de maquinarias.
Oscilación de corrientes de aire	<ul style="list-style-type: none"> • lograr corrientes continuas de aire, • obstaculizar las excitaciones periódicas.
Torbillos en la periferia de fuentes impulsoras de aire	<ul style="list-style-type: none"> • colectores de aire con cambio de secciones, • utilización de toberas con flujo lineal.
Trasmitido por conductos de ventilación	<ul style="list-style-type: none"> • reducir las velocidades con que circula el fluido por dentro de los conductos, • utilizar uniones flexibles para la conexión de estos al ventilador, • recubrirlos con materiales absorbentes, • utilizar silenciadores de cámara. • Orificios de escape de gases a altas velocidades. • silenciosos de absorción- buenos en altas frecuencias, • silenciosos de cámara- buenos en bajas frecuencias.
Transmisión del ruido estructural	<ul style="list-style-type: none"> • construcción de capas intermedias elásticas, • construcción de masas de contención y aplicación discontinua de secciones transversales, • construcción de juntas, • utilización de materiales con alto coeficiente de amortiguación, • empleo de Dampers, • construcción de pequeñas superficies emisoras, usando nervios y canales, • utilización de materiales con gran masa por unidad de superficie.

Fuente: tomado de Rodríguez González et.al. (2007)

2.2.5.2 Posibles medidas secundarias a aplicar

Como parte del análisis que se realiza en el epígrafe 1.4.4 de varias metodologías para el control del ruido en su propagación por el aire, fueron **seleccionadas** de la literatura, **modificadas** o **creadas** un grupo de ellas.

El empleo de estas medidas dependerá de las características del área afectada y la fuente (o fuentes) que lo genera; así como del cumplimiento de premisas específicas de cada método.

- **Metodologías seleccionadas**

- **Diseño de cápsulas:** Se propone emplear la metodología propuesta por Rodríguez González *et. al.* (2007) y García Dihigo (2017b). La presencia de fuentes puntuales de ruido como bombas de agua o grupos de generación eléctrica pudiese implicar su empleo como método de control.
- **Diseño de cabinas:** Se propone emplear la metodología propuesta por Rodríguez González *et. al.* (2007) y García Dihigo (2017b). El uso de las cabinas, aunque muy limitado por las características de los servicios hoteleros, pudiera aplicarse en puestos de trabajo específicos de procesos de apoyo ubicados en el interior de las instalaciones como es el caso de las lavanderías.
- **Diseño de conchas acústicas** (acústica gráfica): Se propone emplear la metodología propuesta por Alarcón Aguirre (2002) e Hidalgo Goñi (2019). Por lo novedoso que resulta su empleo en el contexto hotelero se muestra su explicación.

En concordancia con Daumal i Domenech (1994) se propone el empleo del Método de Lyon para el diseño de conchas acústicas.

Lyon es un método gráfico basado en la construcción de rayos sonoros para obtener la equipotencialidad sonora en el plano de la audiencia. El método de diseño consiste en determinar la forma del techo del escenario de tal forma que produzca una reflexión dirigida e intensificada en forma creciente. La forma del techo del escenario se conseguirá tras una serie de aproximaciones gráficas, hasta llegar a formar una concha acústica que cubra de reflexiones a un sector propuesto de audiencia. (Luis Reyes & Guido Solís, 2012)

Según Alarcón Aguirre (2002) e Hidalgo Goñi (2019) estos son los pasos que hay que seguir para aplicar el método.

Paso 1: en forma aproximada se ubican, el foco sonoro S, y los puntos que delimitan la altura y la profundidad del escenario, A y B respectivamente.

Paso 2: se divide el plano de audición en un número par de sectores. Se supondrá que la intensidad en cada sector, será igual a la que existe en sus puntos medios.

Paso 3: encontrar los puntos medios de cada sector.

Paso 4: trazar las dos bisectrices que se obtienen del ángulo formado por SA_v y SB_w, cuya intersección determina el punto O1. (v es el punto medio del sector más cercano al escenario y w es el punto medio del sector más alejado del escenario)

Paso 5: dibujar con centro en O1 y radio O1B el arco AB, donde queda establecida una nueva altura.

Paso 6: comprobar, que, para cada punto medio del plano de audición, la diferencia entre el camino directo y camino el reflejado, queden dentro del límite tolerable de 17 metros y computar la relación de intensidades respecto al sonido que llega por reflexión a esos sectores.

Para lo anterior se deben cumplir dos condiciones:

- a) El coeficiente de reflexión debe ser prácticamente igual a 1.
- b) Las superficies de reflexión que dirigen el sonido a cada uno de los sectores, han de ser equivalentes en tamaño.

La tabla que se muestra a continuación permitirá ofrecer de forma resumida los valores calculados en este paso.

Tabla 2. 1. Modelo para recoger los valores obtenidos para la aproximación del método.

Puntos	Camino del sonido		Diferencia (m)	Inverso del cuadrado del camino reflejado $1/r^2$	Intensidades relativas $(1/r^2)/(1/r^2)_{\min}$
	Reflejado r'(m)	Directo r (m)			
1					
i					

Fuente: tomado de Hidalgo Goñi (2019)

Paso 7: se divide el arco obtenido AB, en partes proporcionales a las intensidades relativas, de menor a mayor y se empieza por A, de forma que el área destinada a intensificar al sector más próximo al escenario sea proporcional a la intensidad relativa dada por el último punto medio, y la que ha de reflejar al sector más alejado, sea proporcional a la intensidad relativa dada por el primer punto medio del plano de audición.

La proporcionalidad está dada por:

$$\alpha = \frac{\angle AO_1B}{\sum Int\ relativas} \quad [2.10]$$

Donde: α = Ángulo del arco de una unidad de superficie reflectora.

Paso 8: encontrar los puntos medios de cada subdivisión, para luego unirlos con los puntos medios de los sectores a los que tienen que dirigir la reflexión.

Paso 9: se trazan las bisectrices de los ángulos formados. Estas bisectrices permitirán trazar una nueva envolvente del arco AB y será la curva que en segunda aproximación se acercará al perfil buscado.

Paso 10: trazado de la nueva envolvente. Para ello se hallan las intersecciones de cada pareja consecutiva de bisectrices: La primera y la segunda se corta en 1, la tercera y la cuarta en 2 y así sucesivamente.

Con centro en 1, se traza el arco B J' con radio 1B, con centro en 2 el arco J' G' con radio 2J', y con centro en 3 el arco G' A' con radio 3G'. Esta nueva curva A'B alterará ligeramente los caminos iniciales recorridos por el sonido, debido a que la altura habrá variado, por lo que de nuevo se aplicará el anterior procedimiento para el oportuno ajuste. Por lo tanto, la nueva envolvente así encontrada diferirá de A'B menos que ésta de AB, entonces como máximo será necesario repetir una vez más la operación. Para mejor comprensión se muestra en la figura 2.7 la realización de este paso.

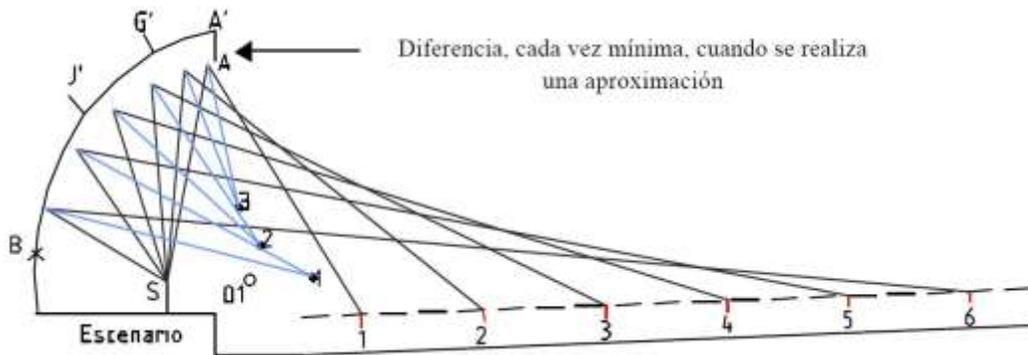


Figura 2.7. Trazado de una nueva envolvente que se acerca al perfil buscado.

Fuente: tomado de Alarcon Aguirre (2002).

La cantidad de superficies reflectoras que tenga la concha, será siempre la mitad de los sectores propuestos en el plano de audición.

- **Metodologías modificadas**

- **Tratamiento acústico de locales:** se realiza una modificación a la metodología planteada por García Dihigo (2017b). Las modificaciones están dadas por la inclusión del cálculo del Tiempo de Reverberación antes y después del diseño como parámetro de efectividad de la medida.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Paso 1: cálculo del tiempo de reverberación.

Se emplea la ecuación 2.2 y las ecuaciones 2.3; 2.4; 2.5 y 2.6.

Paso 2: determinar el nivel de presión sonora a atenuar (NR).

$$NR = Lex - Lrec \quad [2.11]$$

Donde:

NR: nivel de reducción [dB].

Lex: nivel de presión sonora existente [dB].

Lrec: nivel de presión sonora recomendado [dB].

Paso 3: determinar el material a utilizar.

$$\alpha t = \frac{A_2 - A_{tot} + Aat}{St} \quad [2.12]$$

Donde:

A₂: absorción equivalente del local después del tratamiento [sab].

St: superficie a tratar [m²].

Aat: absorción del área a tratar antes del tratamiento. Se obtiene de la ecuación 2.4.

αt: coeficiente de absorción necesario para el tratamiento [sab/m²].

A₂ se calcula por la ecuación siguiente:

$$A_2 = Antlog \left(\frac{NR}{10} \right) \times A_1 \quad [2.13]$$

Se debe seleccionar un material cuyo coeficiente de absorción sea mayor o igual que el obtenido en la ecuación 2.12.

Paso 4: determinar el área óptima a revestir (AOR).

$$AOR = \frac{A_2 - A_{tot}}{\alpha_r} \quad [2.14]$$

Donde:

AOR: área óptima a revestir [m²].

α_r : coeficiente de absorción de reducción [sab/m²]. Se calcula por la siguiente expresión:

$$\alpha_r = \alpha_t - \alpha_{at} \quad [2.15]$$

α_{at} : coeficiente de absorción del material de la superficie tratada antes del tratamiento [sab/m²].

El AOR determina la cantidad de m² que se necesitan revestir con el material seleccionado para cumplir con el NR.

Resaltar en este caso que:

Cuando se realice el cálculo de A₂ y A_{tot} hay que tener en cuenta todos los objetos que se encuentran en el local.

El coeficiente de absorción de las ventanas y puertas abiertas es 1 sab/m².

Una persona absorbe aproximadamente 0.57 sab/m².

Paso 5: recálculo del tiempo de reverberación.

Se emplea la expresión 2.2; pero en esta ocasión se emplea el nuevo valor de absorción total del local, resultante de las modificaciones en los valores de absorción de las superficies recubiertas.

Paso 6: cálculo de la disminución del tiempo de reverberación.

$$\Delta RT = RT_a - RT_d \quad [2.16]$$

Donde:

ΔRT : disminución del tiempo de reverberación [segundos].

RT_a: tiempo de reverberación antes del tratamiento [segundos].

RT_d: tiempo de reverberación después del tratamiento [segundos].

- **Metodologías creadas**

- **Diseño de pantallas acústicas (acústica gráfica):** Se crea un nuevo método a partir de la integración de métodos ya existentes y el aprovechamiento de las ventajas

individuales que poseen. Constituye, desde la perspectiva metodológica y práctica, un significativo **aporte** al diseño de medidas de control de ruido en los medios de propagación.

Para su aplicación en hoteles de sol y playa se deben valorar primeramente los siguientes factores:

- Es un método útil fundamentalmente para áreas que no son frecuentadas por clientes. Si se decide su emplazamiento en estas áreas, debe analizarse la influencia estética que pueda tener en la arquitectura del lugar y de la instalación.
- No debe interferir en el flujo productivo o servuctivo, por lo cual se debe verificar que no interrumpa una zona de tránsito o carga.
- Sus dimensiones deben estar en correspondencia con las regulaciones urbanísticas, sobre todo si se ubican en exteriores.

Se propone un nuevo método para el diseño de pantallas acústicas que integra los métodos de Maekawa (1968) y Pérez Miñana (1969) referidos por Barron (2010).

Premisas:

- Fuente de ruido considerada omnidireccional.
- Se diseña para la frecuencia menor de interés y siempre que sea mayor de 200Hz
- Distancia entre la fuente y el receptor menor de 100 metros.
- Las barreras serán delgadas. Se consideran así siempre que su anchura sea menor que la relación (f/c) ; donde " f " es la frecuencia de trabajo (término en el cual se profundiza más adelante) y " c " la velocidad del sonido [343m/s]
- Las ondas del campo acústico pueden ser consideradas esféricas.

Al igual que los métodos anteriores, se debe partir de la evaluación del ruido.

Paso 1: determinar la frecuencia de trabajo y el Nivel de Presión Sonora (NPS) en la fuente.

Para determinar la frecuencia de trabajo se comprueba aquellos NPS sin la barrera a la distancia entre la fuente y el receptor ($L_{(d)}^0$) y sus frecuencias correspondientes que resultan perjudiciales. Para saber si el NPS existente es dañino se verifica que $L_{ext} > L_{rec}$.

Se selecciona la frecuencia menor, con un $L_{(d)}^0$ perjudicial, siempre que esta supere los 200Hz. Esta frecuencia se denomina frecuencia de diseño o trabajo (f). El NPS en la fuente corresponderá al valor que posee en la frecuencia de trabajo.

Paso 2: determinar si el NPS que llega al receptor es dañino.

Se tiene en cuenta el NPS en la fuente, determinado anteriormente, luego se calcula el NPS que recibe el receptor que se encuentra separado a una distancia de la misma.

$$L_{(d)}^0 = L_s - 20 \log(d) - 10.9 \quad [2.17]$$

Donde:

$L_{(d)}^0$: NPS sin la barrera a la distancia entre la fuente y el receptor (d) [dBA]

L_s : NPS en la fuente [dBA]

d : Distancia entre la fuente y el receptor [m]

Para determinar si es dañino el NPS que llega al receptor se utilizan las ecuaciones 2.17 y 2.11

Paso 3: comprobar que la barrera es delgada.

$$bs < (f/c) \quad [2.18]$$

Donde:

bs : Grosor de la barrera [m]

f : Frecuencia de trabajo [Hz]

c : Velocidad del sonido [343 m/s]

Paso 4: identificar las variables.

Las pantallas acústicas poseen tres dimensiones (altura, largo y grosor o profundidad). En el método que se propone, se deben fijar dos de las tres dimensiones. La dimensión que no se fijó, resultará de un despeje de ecuación solución que engloba al resto de las variables. A continuación se realiza un análisis de las variables y la selección de la variable a calcular:

- bs : grosor o profundidad de la barrera [m]: esta dimensión, por su relación con el material predominante que se elija para la construcción de la barrera; es recomendable fijarla.
- ls : Longitud de la barrera [m]: se propone como dimensión a prefijar, pues como requisito debe sobresalir a ambos lados más allá de la longitud de la fuente o de la longitud de lo que constituya el receptor.
- heq : Altura del equipo o fuente sonora [m]. Esta variable se busca en las especificaciones técnicas del equipo o se mide in situ.

- Ht : Altura de la barrera sobre el equipo o fuente [m]. Esta dimensión es la que se propone calcular en función del resto de las variables.

Paso 5: determinar la altura de la barrera sobre el equipo.

A partir de las ecuaciones descritas por Pérez Miñana (1969); se desarrolló este paso, con las modificaciones de nomenclatura, ajustes y desarrollos de fórmulas pertinentes. Es necesario aclarar que, en lo adelante, las integraciones, despejes y sustituciones de fórmulas que se muestran se realizaron mediante el software Derive 6.0.

De la siguiente ecuación:

$$\Delta L = 10 \log \left[1 + \alpha_f \left(\frac{4\pi}{\Omega - 1} \right) \right] \quad [2.19]$$

Donde:

α_f : coeficiente de absorción en función de la “ f ” de la superficie de la barrera expuesta a la onda sonora [sab]. (Este valor depende del material que se escoja).

Ω : ángulo sólido proyectado sobre la barrera, obtenido de la intercepción de una onda sonora con la propia barrera [Sr].

El término Ω tiene su base de cálculo en las siguientes ecuaciones:

$$\Omega = 4 \text{sen}^{-1}(\text{sen}\beta \times \text{sen}\theta) \quad [2.20]$$

Donde:

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{ls}{2Ht} \right) \quad [2.21]$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{bs}{2Ht} \right) \quad [2.22]$$

Se sustituye ecuaciones 2.21 y 2.22 en 2.20; y si se simplifica el término entre “llaves” y se obtiene:

$$\Omega = 4 \sin^{-1} \left[\frac{bs \times ls}{\sqrt{bs^2 + 4Ht^2} \sqrt{ls^2 + 4Ht^2}} \right] \quad [2.23]$$

Se despeja Ω en la ecuación 2.19:

$$\Omega = \frac{\alpha_f \times 4\pi}{10^{(\Delta L/10)} - 1} + 1 \quad [2.24]$$

Se despeja Ht en la ecuación 2.20:

$$H_t = \frac{\sqrt[4]{\sqrt{\text{sen}^2\left(\frac{\Omega}{4}\right)x(b_s^4 - 2b_s^2l_s^2 + l_s^4) + \text{sen}\left(\frac{\Omega}{4}\right)x(b_s^2 + l_s^2)}}}{\sqrt[4]{\text{sen}\left(\frac{\Omega}{4}\right)}} \quad [2.25]$$

Si se soluciona la ecuación 2.24 y el resultado se sustituye en ecuación 2.25; se tienen entonces todas las variables para la obtención de H_t ; y al sumarla a la heq se obtiene la altura total de la barrera.

Paso 6: determinar la altura total de la barrera.

$$M = H_t + heq \quad [2.26]$$

Donde:

M : Altura total de la barrera [m]

heq : Altura del equipo [m]

Paso 7: determinar el NPS que llega al receptor con la barrera de por medio.

Para comprobar si la barrera es realmente efectiva, se propone la ecuación de Maekawa (1968); la cual se ha modificado en su nomenclatura:

$$L_{(d)}^B = L_s - 20 \log \left(\sqrt{d_{(1)}^2 + Ht^2} + \sqrt{d_{(2)}^2 + Ht^2} \right) - 10 \log \left(\frac{1}{\alpha_b + \alpha_t} \right) - 10.9 \quad [2.27]$$

Donde:

$L_{(d)}^B$: NPS con barrera a la distancia de la fuente al receptor (d) y f [dBA]

$d_{(1)}$: distancia entre la fuente y la barrera [m]

$d_{(2)}$: distancia entre el receptor y la barrera [m]

α_b : coeficiente de la barrera [adimensional]

α_t : coeficiente de transmisión de la barrera [adimensional]

Los términos α_b y α_t se calculan por las siguientes ecuaciones:

El término α_b : $\alpha_b = (N)$

Donde:

N : Número de Fresnel y se determina según la ecuación:

$$N = \frac{2f}{c} \left(\sqrt{d_{(1)}^2 + Ht^2} + \sqrt{d_{(2)}^2 + Ht^2} - d \right) \text{ (para barreras delgadas)} \quad [2.28]$$

Donde:

$$d = d_{(1)} + d_{(2)} \quad [2.29]$$

Para $N \geq 12,7$; $a_b = 0,004$

$$\text{Para } N < 12,7; \quad \alpha_b = \frac{[\tanh(\sqrt{2\pi N})]^2}{2\pi^2 N} \quad [2.30]$$

El término a_t :

$$\alpha_t = 10^{(-Rf/10)} \quad [2.31]$$

Donde:

Rf : Coeficiente de transmisión de la barrera en fusión de la “ f ” [dB] (ver anexo 2.7). Depende del material elegido (en ecuación 2.19) para la construcción de la barrera y se tiene que cumplir que:

$$Rf > -10 \log \left(\frac{\alpha_b}{8} \right) \quad [2.32]$$

En caso de no cumplirse habría que escoger otro material y se vuelve a calcular a partir de la ecuación 2.20.

Paso 8: comprobar si la atenuación que logra la barrera es menor o igual que el valor máximo admisible.

Una vez obtenidas todas las variables que intervienen, se realiza el análisis siguiente:

Con el valor obtenido anteriormente de $L_{(d)}^B$ se comprueba la condición siguiente:

$$L_{(d)}^B \leq L_{rec}$$

En caso de que no se cumpliera lo esperado, se debe volver a rediseñar la barrera a partir del paso 5.

2.2.5.3 Posibles medidas organizativas a aplicar

La adopción de medidas organizativas puede constituir una alternativa a la solución parcial o total del problema de generación de ruidos molestos. Muchas de estas medidas, pueden ser efectivas en el contexto de los hoteles de sol y playa (Almeda Barrios, 2019; Almeda Barrios *et. al.*, 2019a). Entre ellas se pueden emplear:

- Destinar locales que no estén afectados por NPS perjudiciales para el descanso de trabajadores.

- Limitar el volumen de los equipos de audio en actividades recreativas y de animación.
- Desarrollar las actividades recreativas y de animación en espacios adecuados.
- Establecer horarios para el desarrollo de actividades recreativas y de animación.
- Direccionar correctamente los medios de amplificación de audio.
- Limitar los tiempos de exposición de trabajadores expuestos a elevados NPS durante su jornada laboral. Tal puede ser el caso de operadores de audio, trabajadores de lavanderías o trabajadores de servicios técnicos destinados a salas de máquinas. Se puede realizar mediante la rotación del personal o mediante la reducción de los tiempos de trabajo a partir del criterio del Leq.

Por otra parte, las instalaciones hoteleras como organizaciones de servicio se basan en la interacción con el cliente, por lo cual es muy limitada la posible utilización de medios de protección individual. Solamente en áreas y momentos específicos sería conveniente el uso de estos medios de protección auditiva. El acceso y trabajo en salas de máquinas, la operación de grupos electrógenos y el trabajo en puestos de lavanderías que no precisen comunicación son actividades donde pudiese incluirse el uso de protectores auditivos (Almeda Barrios *et. al*, 2019b). Los especialistas de Seguridad y Salud del Trabajo en cada instalación deben valorar, atendiendo a las características de su hotel, la posible utilización de dichos medios.

2.2.6. Etapa 6. Implementación y seguimiento

Esta etapa comprende en el paso inicial la implementación de las medidas de control propuestas. Seguidamente, para dar cumplimiento al principio de mejora continua se deben aplicar los procedimientos de despliegue de la tecnología propuesta en los hoteles de sol y playa en correspondencia con los procedimientos de gestión de riesgos laborales de obligatorio cumplimiento o por decisión de la dirección del hotel ante la presencia de alguna de las siguientes situaciones que condicionan su aplicación de forma acelerada:

- Quejas de los clientes sobre la presencia de ruido en una o varias áreas de la instalación.
- Quejas de los trabajadores sobre la presencia de ruido y las afectaciones a su actividad laboral.
- Trabajadores con afectaciones auditivas de demostrada relación causal con la actividad que realizan.
- Señalamientos de presencia de ruido por parte de inspecciones, autoinspecciones, auditorías internas o externas.

- Rediseño o inserción de nuevas actividades recreativas en áreas del hotel con el uso de amplificación de audio y/o instrumentos musicales.
- Cambios en la tecnología que impliquen la utilización de equipos con posibilidad de generar niveles de ruido superiores a los normados.

2.3 Conclusiones parciales

1. Se propone la tecnología y sus procedimientos de despliegue para la gestión de ruido compuesta por seis (6) etapas que integra procedimientos específicos para la identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido por lo cual constituye una herramienta de apoyo a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo y a la gestión medioambiental en hoteles de sol y playa.
2. El procedimiento específico de evaluación del ruido en hoteles de sol y playa incluye el empleo de los criterios de confort acústico e índices que establece la NTP 503-1999 y la valoración de la opinión del cliente en la determinación de las molestias.
3. La propuesta de métodos de control de ruido comprende una lista exhaustiva de posibles medidas primarias a emplear; una serie de metodologías extraídas de la literatura, modificadas o creadas por el autor para el control en los medios de propagación que potencian el empleo de la acústica gráfica y varias medidas organizativas de posible aplicación contextualizadas a hoteles de sol y playa.
4. Se creó un tubo de Kundt para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α) mediante un procedimiento específico basado en la ISO 10534, lo cual permite mayor precisión en los métodos de evaluación y control de ruido que utilizan dicha información.

CAPÍTULO 3

**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA
TECNOLOGÍA DE GESTIÓN DE RUIDO
EN HOTELES DE SOL Y PLAYA EN
VARADERO**

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE GESTIÓN DE RUIDO EN HOTELES DE SOL Y PLAYA EN VARADERO

A partir del problema científico expuesto en la introducción, se desarrolla la validación práctica de los resultados científicos. Para ello se aplica íntegramente la tecnología mediante los procedimientos de despliegue en cuatro hoteles de sol y playa en Varadero. Se le da respuesta a la hipótesis planteada a partir de la comparación de los NPS antes-después de la implementación de un grupo de medidas de control o su modelación en las instalaciones estudiadas que permiten demostrar la validez de las propuestas desplegadas en el trabajo y la factibilidad de su instrumentación en hoteles de sol y playa.

3.1 Selección y caracterización del objeto de estudio

Se seleccionaron 4 hoteles de sol y playa a partir de una solicitud de representantes del MINTUR en Varadero, específicamente de su Dirección de Capital Humano. La solicitud estuvo fundamentada por 2 criterios principales:

- En los cuatro (4) hoteles propuestos existían evidencias en los inventarios de riesgos laborales, que se complementaban con la opinión de los especialistas de Seguridad y Salud en el Trabajo, de la presencia de ruidos molestos en determinadas áreas de la instalación.
- Se reportaban por el Departamento de Calidad en cada hotel quejas de los clientes por la exposición al ruido en áreas específicas.

Inicialmente se valoró que todos los hoteles seleccionados cumplieren con las premisas para aplicar la tecnología propuesta (Anexo 3.1).

El siguiente cuadro muestra los hoteles estudiados y posteriormente se realiza una breve descripción de cada uno de ellos.

Cuadro 3.1. Hoteles objeto de estudio en la investigación.

Hotel	Grupo	Estrellaje
Iberostar Varadero	Cubanacán	*****
Meliá Marina	Gaviota	*****
Be Live Experience Tuxpan	Cubanacán	****
Meliá Las Américas	Cubanacán	*****

Fuente: elaboración propia

El Hotel Iberostar Varadero opera como un hotel cinco estrellas, perteneciente al Grupo Hoteles Cubanacán S.A. Tiene un contrato de administración y comercialización con la Sociedad Mercantil Mar Caribe Internacional Turismo Limitado, Sociedad Mercantil 100% propiedad de Iberostar Hoteles y Apartamentos S.A. Está conformado por 386 habitaciones a los efectos de explotación, distribuidos en: 288 habitaciones estándar, 36 Family Room, 36 habitaciones Junior Suite, 24 Spa Junior, 2 habitaciones presidenciales.

El hotel Meliá Marina Varadero, comenzó su funcionamiento en el verano de 2013. Funciona como hotel vacacional Todo Incluido, de categoría cinco estrellas, perteneciente al grupo de turismo cubano Gaviota S.A. y gestionado por la cadena española Meliá Hotels International Cuba en contrato de administración bajo la marca Meliá Hotels & Resorts. Cuenta con 771 Habitaciones, 423 en el módulo del hotel, 126 apartamentos que componen el condominio Vista Mar y 222 apartamentos que forman el condominio Vista Marina.

El hotel Be Live Experience Tuxpan, se inauguró el 12 de diciembre de 1990, categoría cuatro estrellas de sol y playa de régimen todo incluido, perteneciente a la cadena Be Live Experience, es un hotel en contrato de administración cuya propiedad está representada por el grupo hotelero Cubanacán, y administrado por Be Live Experience. Posee una edificación que consta de 4 plantas de altura con 233 habitaciones.

El hotel Meliá Las Américas, All Inclusive Golf & Beach Resort, fue inaugurado el 29 de julio de 1994. Es el primer hotel de golf recomendado por la Asociación de Profesionales del Golf de Europa, y el único con acceso directo al Varadero Golf Club. Opera bajo el régimen de empresa mixta. La sociedad por la parte cubana está representada por el Grupo Cubanacán S.A y la parte extranjera, española, por la cadena hotelera Sol Meliá. Posee categoría cinco estrellas y desde mayo del 2005, opera bajo la modalidad Todo Incluido.

3.2 Resultados de la aplicación de la tecnología mediante sus procedimientos de despliegue en los hoteles seleccionados

3.2.1 Etapa 1. Preparación de condiciones iniciales

Paso1. Constitución del grupo de trabajo.

En las 4 instalaciones el equipo de trabajo quedó compuesto por el Director Asistente, el Director de Capital Humano, el Especialista de SST, el Jefe de Servicios Técnicos, el Especialista de Calidad, el médico de la instalación y un representante sindical. Se integraron además dos (2) consultores externos: el investigador principal de esta tesis doctoral y un estudiante de Ingeniería Industrial que desarrollaba su tesis de grado.

Paso 2. Capacitación del grupo de trabajo.

Se realizó un programa de formación elemental de dos (2) encuentros con duración de dos (2) horas cada uno. El curso fue impartido por los consultores externos y se abordaron los temas distribuidos de la forma siguiente:

Encuentro 1: Introducción, elementos teóricos sobre el ruido, afectaciones que provoca, necesidad del enfoque de gestión en su tratamiento.

Encuentro 2: Empleo de métodos identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido.

Paso 3. Análisis del marco legal.

Sustentado en el análisis realizado en el epígrafe 1.3 se proponen las normas que soportan la gestión de ruido.

- Constitución de la República de Cuba- en su artículo 69 declara la responsabilidad de garantizar la seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 116 Código del trabajo- en los artículos 127 y 134 del Capítulo XI declara las obligaciones del empleador y el derecho del trabajador a laborar en condiciones seguras e higiénicas.
- Ley 81:1997 de Medio Ambiente- en sus artículos 147 y 152 plantea la prohibición de factores físicos que afecten la salud humana y la responsabilidad de los diferentes organismos del país de dictar medidas para la evaluación y control de ruido.
- ISO 10534 parte I- Contiene los elementos para la determinación del coeficiente de absorción sonora mediante el método de ondas estacionarias.
- NC 116:2001- en su epígrafe 3.7 establece los requerimientos del ambiente sonoro y las características acústicas de un local.
- NC ISO 1999: 2011- Establece los parámetros de los procesos de medición de ruido.
- NC 871:2011- Establece los niveles máximos admisibles para la evaluación en locales de trabajo.
- NC 26:2007-Establece los niveles máximos admisibles para evaluación en exteriores.
- NTP 503:1998- Propone el empleo de los índices de confort acústico.
- RD 286/2006- Establece elementos y criterios de evaluación de ruido, incluye el uso de señalética.
- NC: 775-9:2010- Establece los niveles de ruido permisibles para los sistemas de aire acondicionado en los diferentes locales de las instalaciones turísticas.

3.2.2 Etapa 2: Identificación y caracterización de fuentes y áreas ruidosas

Paso 1: Identificación de fuentes y áreas ruidosas.

Se aplicaron los métodos de observación, escucha directa y entrevistas a los trabajadores de diversas áreas según la guía diseñada. De igual forma se aplicaron a los clientes en cada hotel encuestas específicas y se revisaron las quejas plasmadas por ellos, recogidas en el departamento de calidad. Se revisaron también los inventarios de riesgos laborales actualizados por áreas de cada instalación. Por último, se realizaron mediciones con el sonómetro promediador-integrador que complementaron la información de las técnicas anteriores y como resultado se identificaron las áreas ruidosas que se muestran en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Áreas ruidosas identificadas en las instalaciones estudiadas.

	Hotel			
	Iberostar Vardero	Meliá Marina	Be Live Experience Tuxpan	Meliá Las Américas
Áreas identificadas	Comedor de empleados	Restaurante buffet "El Pilar"	Restaurante buffet "Cristal"	Comedor de empleados
	Lavandería	Mini-tintorería	Mini-tintorería	Lavandería
	Oficina Coordinación Ama de Llaves	Habitaciones del "the level"	Oficinas del área de Servicios Técnicos	Oficina de mantenimiento
	Lobby bar "Los Arcos"	Oficina cajero central	Oficina perteneciente al personal Costo	Ranchón de la Playa
		Lobby	Habitaciones 313,315,317 y 319	Cocina
			Área de Show	

Fuente: elaboración propia.

Se identificaron entonces las fuentes que provocaban los NPS elevados en las áreas anteriormente mostradas. A continuación se describen las fuentes ruidosas y se ofrece a la

vez el cumplimiento del **Paso 2** de la etapa de investigación al mostrarse una breve caracterización de las mismas.

En el hotel **Iberostar Varadero**:

- **Comedor de empleados:** Manipulación de las vajillas y cubertería en los carritos para llevarlos a fregar y los dispensadores.
- **Lavandería:** El funcionamiento de los equipos del local, fundamentalmente el proceso de centrifugado de las lavadoras.
- **Oficina Coordinación Ama de Llaves:** Quejas de las trabajadoras de la oficina por los niveles de ruido generados por los equipos de la lavandería que queda al frente y no posee una división con dicha oficina.
- **Lobby bar “Los Arcos”:** El lobby bar se encuentra ubicado de manera adyacente al área de show cuyo espectáculo se realiza en el horario promedio de 9:30 pm – 10:30 pm. La recreación realizada en este espacio es fuente emisora de ruido que afecta a los trabajadores del lobby y el confort acústico de los clientes en las mesas y sillas destinadas al descanso y la relajación.

En el hotel **Meliá Marina**:

- **Restaurante buffet El Pilar:** La comunicación verbal de clientes, la manipulación de la vajilla y cubertería. La zona más afectada se debe a la cercanía de las mesas de la estación siete (7) con el área de fregado, cuya puerta de acceso se encuentra en muy mal estado por lo que permanece abierta.
- **Mini-tintorería:** Los niveles sonoros más elevados provienen de dos (2) de las secadoras que se encuentran ubicadas en el área. No están bien ancladas al suelo.
- **Habitaciones pertenecientes al “the level”:** El ruido que afecta la tranquilidad de los clientes está originado por el sistema de enfriamiento el cual está integrado por nueve (9) enfriadoras GREE de 65 toneladas de refrigeración cada una.
- **Oficina cajero central:** Las bombas que integran el circuito producen niveles sonoros elevados lo que ha contaminado el área de trabajo de la contadora.
- **Lobby:** Debido a la ausencia de un local para fiestas en el hotel se utiliza el lobby para la realización de actividades recreativas. El desarrollo de un espectáculo en esta área impide el correcto desarrollo de actividades que tienen lugar en el lobby como son la recepción y la toma del pedido a los clientes que disfrutan del servicio del lobby bar.

En el hotel **Be Live Experience Tuxpan**:

- **Mini-tintorería:** El ruido generado por las secadoras y los extractores de aire.
- **Oficinas del área de Servicios Técnicos:** Detrás de estas oficinas se encuentra la sala de máquina, en la que existe niveles de presión sonora elevados.
- **Oficina del personal de Costo:** El sistema de enfriamiento del hotel se ubica cercano al área de oficinas. Las más próximas en su ubicación son las del personal de costo, aunque igualmente los pasillos y otras oficinas cercanas (economía, recursos humanos) son afectadas en menor cuantía.
- **Habitaciones 313, 315, 317 y 319:** La discoteca “La Bamba” que funciona en horario nocturno de 11:00 pm – 4:00 am, solo los sábados. Presta servicios tanto a los clientes del hotel como a clientes externos. La discoteca se encuentra debajo de estas habitaciones, las vibraciones y sonidos son altamente perceptibles en ellas.
- **Área de show:** La recreación realizada con equipos de amplificación de audio en este espacio es fuente emisora de ruido que afecta a los trabajadores del Bar Piscina y el confort acústico en las habitaciones con vista a la piscina.
- **Restaurante buffet “Cristal”:** Manipulación de la vajilla y cubertería, la comunicación verbal de clientes y el área de cocina cuyo acceso se encuentra ubicado cerca de las mesas de servicio.

En el hotel **Meliá Las Américas**:

- **Comedor de empleados:** El secador de manos, la manipulación de las vajillas y cubertería, la comunicación verbal y el área destinada al fregado.
- **Lavandería:** El funcionamiento de la secadora afecta a tres (3) trabajadoras del área. El anclaje deficiente del equipo propicia transmisión de ruido por vibraciones.
- **Cocina:** En la cocina la máquina de fregado y una hielera fueron las fuentes de ruido detectadas.
- **Ranchón de la playa:** Los clientes se han quejado en muchas ocasiones, producto a los altos niveles de ruido generados por los equipos de audio utilizados por el grupo de animación.
- **Oficina de mantenimiento:** La oficina se ubica frente a la sala de máquinas, pero no posee puerta que evite la transmisión del sonido. Por tal motivo los cuatro (4) trabajadores del local son afectados por los elevados niveles de ruido que generan las máquinas.

3.2.3 Etapa 3. Evaluación

Paso 1. Medir los niveles de ruido existentes.

Las mediciones se realizaron bajo los requisitos de medición que establece la NC ISO 1999:2011. Para ello se empleó el sonómetro vinculado al software *Smaart 7*. En cada área se determinaron los NPS en diferentes puntos de interés con desglose en el espectro de frecuencias. A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra los resultados de las mediciones en el hotel Iberostar Varadero, en el anexo 3.2 a, b y c se encuentran los resultados obtenidos en los tres (3) hoteles restantes.

Tabla 3.1. NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Iberostar Varadero.

Local	Punto de medición	F (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lavandería	Detrás del Mangler	48	65	70	78	80	75	65	56
	Sobre las lavadoras centrifugando	69	78	83	90	81	75	70	67
	Sala de Máquinas	50	63	70	80	85	90	88	72
	Dentro de la lavandería, cerca de la puerta que se comunica con la sala de máquinas	52	63	70	74	79	80	78	61
Oficina Coordinación Ama de llaves	En la puerta del departamento cercana a la lavandería	35	46	61	78	83	72	49	43
	En el centro de la lavandería entre el Mangler y las lavadoras centrifugando	48	65	85	81	81	85	78	49
	En el centro de la oficina Coordinadora Ama de Llaves	50	59	65	66	70	72	69	56
Comedor de empleados	Frente a los dispensadores	50	59	56	64	71	73	60	54
	Sobre la mesa de los trabajadores	52	60	62	70	76	79	72	57
	Mesas alledañas a los dispensadores y los carritos para la cubertería	52	64	66	70	79	80	78	65
Lobby bar "Los Arcos"	Al lado del escenario	56	63	70	79	93	98	90	74
	En la barra del lobby	69	78	83	90	81	75	70	68
	En el centro del área de show	81	89	93	99	96	96	99	87
	Sobre las mesas de los clientes	50	60	67	70	80	83	81	76

Fuente: elaboración propia.

Paso 2. Clasificar los ruidos existentes.

Se clasificaron los ruidos presentes en cada área en constantes o no constantes, el siguiente cuadro ofrece los resultados de dicha clasificación en los cuatro (4) hoteles analizados.

Cuadro 3.3. Clasificación de los ruidos presentes en las áreas de interés.

Hotel	Clasificación	
	Constantes	No constantes
Iberostar Vadero	Lavandería	Oficina coordinación ama de llaves Comedor de empleados Lobby Bar “Los Arcos”
Meliá Marina	Habitaciones del “the level” Oficina cajero central	Restaurante Buffet “El Pilar” Mini tintorería Lobby
Be Live Experience Tuxpan	Oficina del personal de costo Oficinas área de servicios técnicos	Mini tintorería Habitaciones 313,315,317 y 319 Área de show Restaurante buffet “Cristal”
Meliá Las Américas	Lavandería Oficina de mantenimiento	Cocina Comedor de empleados Ranchón de la playa

Fuente: elaboración propia.

Paso 3: Determinar los niveles recomendados según marco legal y comparar.

Se compararon los NMA que establece la NC 871:2011 con los NPS existentes en todos los locales identificados. De igual forma, en las áreas frecuentadas por clientes, se contrastaron los criterios de confort de la NTP 503:1998 con los NPS existentes y se analizaron las opiniones de los clientes (a partir de las encuestas específicas diseñadas) sobre las molestias ocasionadas por el ruido.

Para facilitar la comprensión del análisis realizado se construyó la siguiente tabla, que muestra en cada área identificada de los cuatro (4) hoteles, los NPS existentes, los NMA, el criterio de confort y la valoración de si el ruido en dicha área es perjudicial o no.

Tabla 3.2. Comparación de los niveles de ruido en las áreas analizadas.

Hotel	Área	NPS exist ⁷	NMA (NC 871-2011)	Criterio de confort (NTP 503-1999)	Valoración
Iberostar Vardero	Lavandería	80 NdB	75 NdB	No aplica	Perjudicial
	Oficina ama de llaves	71.1dBA	70 dBA	No aplica	Perjudicial
	Comedor de empleados	77.8 dBA	70 dBA	No aplica	Perjudicial
	Lobby Bar “Los Arcos”	82.4 dBA	70 dBA	50dBA	Perjudicial
Meliá Marina	Habitaciones del “the level”	73 NdB	65 NdB	35NdB	Perjudicial
	Oficina cajero central	75 NdB	65 NdB	No aplica	Perjudicial
	Buffet “El Pilar”	85.4 dBA	70 dBA	50dBA	Perjudicial
	Mini tintorería	87.6 dBA	80 dBA	No aplica	Perjudicial
	Lobby	88.8 dBA	65 dBA	50dBA	Perjudicial
Be Live Experienc e Tuxpan	Oficina personal de costo	80 NdB	65 NdB	No aplica	Perjudicial
	Oficinas servicios técnicos	75 NdB	65 NdB	No aplica	Perjudicial
	Mini tintorería	87.6 dBA	80 dBA	No aplica	Perjudicial
	Habitaciones 313,315,317,319	68.5 dBA	70dBA	40dBA	Perjudicial
	Área de show	89 dBA	70 dBA	50dBA	Perjudicial
	Restaurante buffet “Cristal”	87.3 dBA	70 dBA	50dBA	Perjudicial
Meliá Las Américas	Lavandería	80 NdB	75 NdB	No aplica	Perjudicial
	Oficina de mantenimiento	70 NdB	65 NdB	No aplica	Perjudicial
	Cocina	80 NdB	75 NdB	No aplica	Perjudicial
	Comedor de empleados	83.1 dBA	70 dBA	No aplica	Perjudicial
	Ranchón de la playa	91.1 dBA	70 dBA	50 dBA	Perjudicial

Fuente: elaboración propia.

Como resultado de la comparación todas las áreas analizadas registraron niveles de ruido por encima del criterio que establece la NC 871:2011 lo cual se correspondió con una valoración de perjudicial. Esta valoración corrobora la información obtenida de los métodos de identificación de las áreas ruidosas y demuestra la necesidad de realizar el diagnóstico y control en cada una de ellas.

Es importante resaltar que, a partir de las valoraciones obtenidas, los criterios de confort establecidos para las áreas con presencia de clientes no se cumplen en ninguno de los casos y se observan amplias diferencias entre los niveles existentes y dichos criterios.

⁷ De los ruidos constantes se mostró únicamente el valor de la menor frecuencia perjudicial.

Con el fin de complementar la evaluación y obtener información relevante de las características acústicas de los locales evaluados se realizó el cálculo e interpretación de los índices de confort acústico.

Paso 4. Cálculo e interpretación de índices de confort acústico

Se aplicó primeramente el índice **Nivel de interferencia conversacional (PSIL)** para las áreas donde existían ruidos constantes.

Tabla 3.3. Resultado del cálculo del índice nivel de interferencia conversacional (PSIL) en las áreas con presencia de ruidos constantes.

Hotel	Áreas evaluadas	PSIL (dB)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación normal (m)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en voz muy alta (m)
Iberostar Varadero	Lavandería	77.8	0.13	0.26
Meliá Marina	Habitaciones del “the level”	65	0.25	0.50
	Oficina cajero central	40	4.2	8.4
Be Live Experience Tuxpan	Oficinas de Servicios Técnicos	59.5	0.42	0.85
	Oficina de Costo	64	0.25	0.50
Meliá Las Américas	Lavandería	74.5	0.13	0.26
	Cocina	73	0.13	0.26
	Oficina de mantenimiento	70.5	0.13	0.26

Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos del índice de interferencia conversacional (PSIL) establecen los límites para que el ruido estable que afecta a estas zonas, no interfiera en una conversación clara entre dos o más personas. Como se aprecia, a excepción de la oficina del cajero central en el hotel Meliá Marina, el resto de las áreas evaluadas en los cuatro (4) hoteles

reflejan valores de distancia muy pequeños para considerar satisfactoriamente inteligible las conversaciones normales y en voz muy alta, lo cual ilustra las afectaciones en la comunicación presentes en dichas áreas.

Por otra parte, se aplicó el índice **Tiempo de reverberación (Tr)** en todas las áreas ruidosas.

Tabla 3.4. Resultado del cálculo del índice Tiempo de reverberación (Tr)

Hotel	Áreas objeto de estudio	Tr(s)
Iberostar Varadero	Lavandería	3.95
	Oficina Coordinación Ama de Llaves	0.39
	Comedor de empleados	0.85
	Lobby bar "Los Arcos"	3.42
Meliá Marina	Restaurante Buffet "El Pilar"	0.56
	Mini tintorería	0.47
	Habitaciones del "the level"	1.01
	Oficina cajero central	0.07
	Lobby	1.7
Be Live Experience Tuxpan	Mini-tintorería	0.10
	Oficinas del área de Servicios Técnicos	0.51
	Oficina de Costo	0.72
	Habitaciones 313, 315, 317 y 319	1.06
	Área de show (Bar Piscina)	0.28
	Restaurante buffet "Cristal"	0.34
Meliá Las Américas	Comedor de empleados	0.64
	Lavandería	1.74
	Oficina de mantenimiento	0.51
	Ranchón de la playa	0.18
	Cocina	2.31

Fuente: elaboración propia.

Según la NTP 503-1998 los tiempos de reverberación recomendados, para estos locales (edificio de tipo residencial) deben ser menores que uno (1), pero no todos los valores obtenidos cumplen con esta condición. En todas las instalaciones existen locales con superficies altamente reflectantes y con escasas propiedades acústicas, tal y como reflejan los Tr obtenidos.

Resulta importante aclarar que fueron empleados los valores calculados de α que se muestran en el sub-epígrafe siguiente de este capítulo en los locales donde existían los materiales seleccionados.

De especial interés resultan los valores calculados en la lavandería y en el lobby del hotel Iberostar Varadero, así como en la cocina del hotel Meliá Las Américas. Como se aprecia

constituyen valores sumamente elevados para el volumen de estos locales, condicionados en gran medida por la elevada reflexión de las superficies que poseen lo cual afecta de manera significativa su calidad acústica.

La interpretación de los índices de confort PSIL y Tr refleja propiedades específicas de los locales analizados que complementan la información obtenida de la evaluación anterior. Por su capacidad de valorar la calidad acústica del local analizado y de la comunicación que en él se pueda realizar, podrían ser empleados como criterios valorativos de la efectividad de una medida mediante su comparación antes-después.

3.2.3.1 Coeficiente de absorción acústica determinado para varios materiales

Inicialmente se validó la funcionalidad del tubo de impedancias construido a partir de la comparación de los valores de coeficiente de absorción calculados mediante el montaje experimental propuesto con valores de referencia ofrecidos por un fabricante internacional. El material elegido fue la espuma de poliuretano.

Se construyó una probeta de 5cm de espesor y un diámetro de 4.3 cm en correspondencia con las dimensiones del tubo de impedancias. En la figura siguiente se muestran los resultados del cálculo de su coeficiente de absorción.



Figura 3.1. Coeficiente de absorción sonora en función de la frecuencia de la espuma de poliuretano de 5 cm de espesor. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte Cibiel (2016) muestra los siguientes valores del coeficiente de absorción de la espuma de poliuretano con espesor de 5 cm para las frecuencias de 250 a 4000 Hz de la banda de octavas.

Tabla 3.5. Coeficientes de absorción de referencia de la espuma de poliuretano de 5 cm.

Espuma de poliuretano de 5 cm de espesor					
Frecuencias (Hz)	250	500	1000	2000	4000
α (sab/m ²)	0,32	0,70	0,85	0,94	0,98

Fuente: tomado de (Cibel, 2016)

La comparación de los datos calculados con los de referencia ofreció una elevada similitud; con idénticos valores para las frecuencias centrales de 500, 1000 y 2000 Hz y una desviación de solamente 0,1 sab/m² para las frecuencias de 250 y 4000 Hz. Estos resultados evidencian que los márgenes de error con el instrumento que se construyó son mínimos y permiten su utilización para el cálculo del coeficiente de absorción.

Paso 1: Selección de los materiales

De un listado de 83 materiales empleados en las obras constructivas del turismo (hoteles específicamente), que fue confeccionado a partir de la revisión de los inventarios de materiales de obras y la consulta a los especialistas de la Constructora Hicacos, se seleccionaron cinco (5) a los cuales se le determinó su coeficiente de absorción sonora. La selección estuvo condicionada por la inexistencia de los valores en tablas de la literatura y su grado de utilización en las obras. Dichos materiales fueron: Baldosas 2 cm espesor; madera de roble 1,2 cm espesor; pladur 1,2 cm de espesor; cartón 0,4 cm espesor y fieltro 0,4 cm espesor.

Paso 2 Caracterización de los materiales.

Baldosas 2 cm espesor

Las baldosas son constituidas con base de hormigón, constituyen un material compuesto, empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante (cemento) al que se añade partículas o fragmentos de un agregado (áridos), agua y aditivos específicos. Su principal característica es que resiste de manera notable los esfuerzos de compresión.

Madera de roble 1,2 cm espesor

El roble es una madera bastante fuerte, lo cual provoca que su empleo en carpintería sea muy extendido. Sus propiedades de imputridez lo hacen idóneo en la construcción naval y de muebles. Se usa en la construcción, sobre todo como recubrimiento de muros exteriores y para tejas de madera.

Pladur 1,2 cm espesor

El pladur es un material de construcción utilizado para la ejecución de tabiques interiores y revestimientos de techos y paredes. Suele utilizarse en forma de placas, paneles o tableros industrializados. Consiste en una placa de yeso laminado entre dos capas de cartón, por lo que sus componentes son generalmente yeso y celulosa, aprovechándose de la buena resistencia a la compresión del yeso con la buena resistencia a la flexión que le da el sándwich de cartón.

Cartón 0,4 cm espesor

El cartón es un material formado por varias capas de papel superpuestas, a base de fibra virgen o de papel reciclado. El cartón es más grueso, duro y resistente que el papel. Para el estudio se seleccionó el cartón corrugado que generalmente, se compone de tres o cinco papeles; las dos capas exteriores son lisas y el interior o los interiores ondulados, lo que confiere a la estructura una gran resistencia mecánica.

Fieltro 0,4 cm espesor

El fieltro es un textil no tejido, en forma de lámina, cuya característica principal es que para fabricarlo no se teje, es decir, que no surge del cruce entre trama y urdimbre, como ocurre con las telas. Aunque puede poseer gran extensión nunca resulta pesado, además es resistente a los vientos, aislante del frío, aguanta bastante bien la acción de la lluvia y retarda el fuego.

Paso 3: Elaboración de probetas

Se fabricaron probetas cilíndricas, de diámetro igual a 43 mm y distintos espesores según los requerimientos de los diferentes ensayos realizados.

El diámetro de 43 mm es común para todas las probetas, pues el tubo de impedancias con el que se efectuó el estudio cuenta de un diámetro interno de 44 mm. Esta medida es la adecuada para garantizar que la muestra de ensayo pueda fijarse a la sección transversal del tubo, sin ocurrencia de fugas de sonido que puedan restar validez al ensayo, y a la vez lograr la holgura necesaria para poder desplazar la probeta por el tubo, condición imprescindible para la realización del experimento.

Paso 4: Medición

4.1 Montaje experimental.

Se realizó el montaje experimental en concordancia con la configuración establecida en el capítulo anterior. El laboratorio de pruebas fue el laboratorio de ergonomía de la Universidad de Matanzas. Las pruebas se realizaron del 2 al 24 de mayo de 2019.

4.2 Obtención de los máximos y mínimos de presión

Se presentaron las siguientes condiciones experimentales:

- Temperatura entre 26 a 29 grados centígrados.
- Laboratorio con recubrimiento contra ruido.
- No se realizaron pruebas bajo condiciones de lluvia u otros fenómenos generadores de ruidos externos para no afectar los resultados por la influencia del ruido de fondo.
- Posición de la muestra lo más perpendicular posible a la dirección del tubo, para garantizar incidencia normal.
- La muestra de material en condición de apriete dentro del tubo.

Las muestras se introdujeron manualmente con ayuda de una varilla metálica específicamente adaptada para este fin y siempre totalmente perpendiculares al parlante, los objetos de prueba fueron cubiertos en sus lados para evitar desprendimiento del material.

Para el procesamiento de los datos se creó un software que permitió obtener los coeficientes de absorción sonora mediante la introducción de los máximos (A + B) y los mínimos (A- B). Este software ofrece además gráficos que facilitan su comprensión. En la siguiente figura se ejemplifica con los datos obtenidos en las mediciones del material fieltro 0.4 cm espesor.

Tabla 3.6. Valores de máximos y mínimos de presión del fieltro 0.4 cm espesor.

Inicio	Nombre del material		Fieltro			
	Frecuencia	250	500	1000	2000	4000
1	A+B	9,60	15,73	16,80	17,16	16,98
	A-B	0,40	1,21	2,10	1,56	1,83
2	A+B	13,44	15,96	17,16	17,04	15,35
	A-B	0,56	1,14	1,32	2,13	1,40
3	A+B	15,20	19,38	19,35	15,96	17,10
	A-B	0,95	1,02	2,15	0,84	1,73
4	A+B	16,20	18,00	12,30	12,33	17,40
	A-B	0,54	1,80	1,23	1,37	1,45
5	A+B	8,25	14,70	16,80	17,36	17,66
	A-B	0,25	0,98	1,05	1,24	1,50
6	A+B	18,00	13,65	16,38	18,70	17,54
	A-B	0,75	1,05	1,82	1,87	1,85
7	A+B	19,60	18,48	17,40	17,40	12,32
	A-B	0,98	1,32	1,45	1,45	1,30
8	A+B	16,10	18,48	13,53	17,16	17,00
	A-B	0,46	1,54	1,23	1,56	1,15

Fuente: elaboración propia.

Paso 5: Resultados

El software diseñado permitió calcular de forma automática los valores de α para las frecuencias estudiadas, a su vez graficó los resultados para mejor comprensión visual.

5.1 Cálculo del coeficiente de absorción

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la salida del software con el cálculo de los valores de α para el material fieltro 0.4 cm espesor.

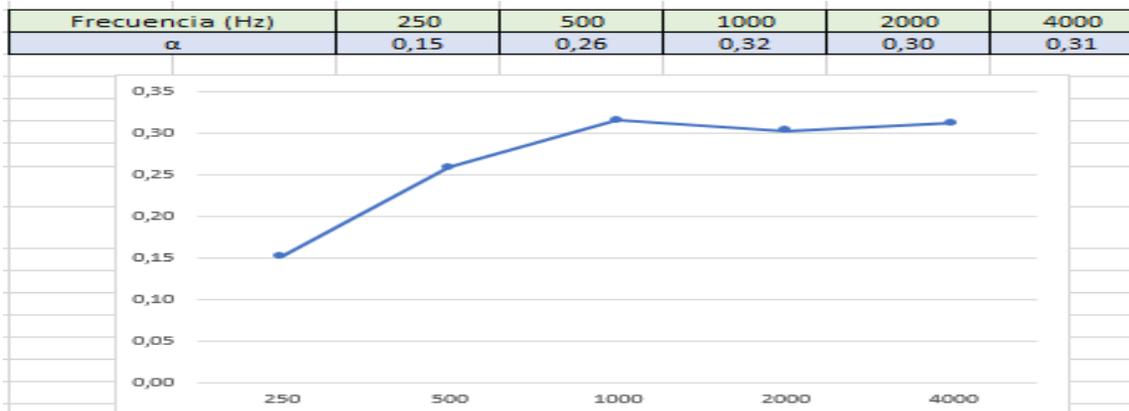


Figura 3.2. Coeficiente de absorción del fieltro 0.4 cm espesor para las frecuencias estudiadas. Fuente: elaboración propia.

De igual forma se realizaron los cálculos de los 4 materiales restantes, la siguiente figura condensa los resultados obtenidos del cálculo de los coeficientes de absorción (sab/m^2) para las frecuencias estudiadas.

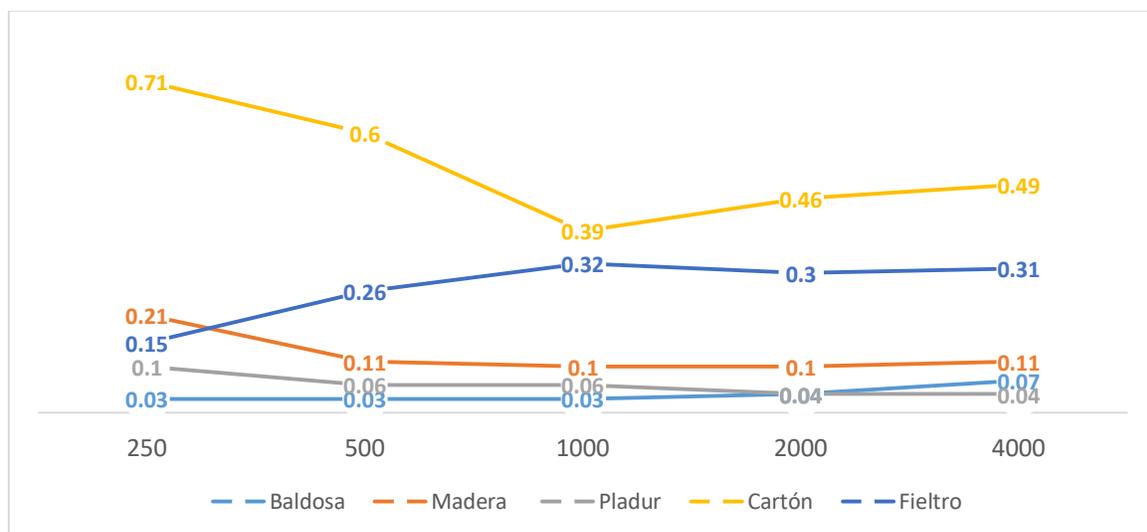


Figura 3.3. Coeficientes de absorción obtenidos de los 5 materiales estudiados. Fuente: elaboración propia.

5.2 Interpretación de los resultados

Como se observa en la figura 3.5, de forma general, los materiales de mejores propiedades acústicas son el cartón y el fieltro, esto se debe a las propiedades de porosidad y flexibilidad que poseen. Por otra parte, los materiales de mayor rigidez y densidad poseen comportamientos prácticamente lineales con valores por debajo de $0,1 \text{ sab/m}^2$ en su mayoría; aunque un poco superiores en las bajas frecuencias por las características que poseen. Los comportamientos obtenidos están en concordancia con los estudios de Rodríguez Montejano (2003), Seddeg et.al. (2013), Segura-Alcaraz et.al. (2020)

Los coeficientes calculados, como se ha comentado con anterioridad, fueron empleados en la determinación de los TR de los locales ruidosos analizados previamente. Su uso permitió mayor exactitud en las valoraciones realizadas.

3.2.4 Etapa 4. Diagnóstico

Se construyeron los mapas de ruido en las áreas afectadas, a continuación se ofrece como ejemplo el mapa de ruido que ilustra el comportamiento sonoro en el comedor de empleados del hotel Iberostar Varadero.

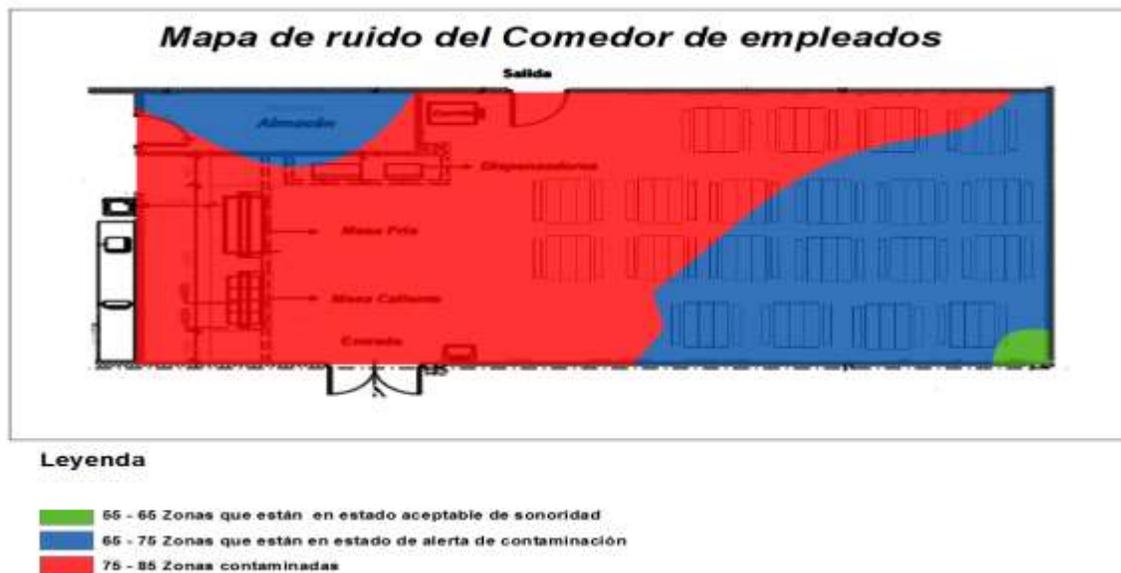


Figura 3.4. Mapa de ruido del comedor de empleados del hotel Iberostar Varadero.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura, la mayor parte del local se encuentra en estado de contaminación sonora. Las áreas de mesa fría, mesa caliente y dispensadores generan elevados niveles de ruido que afectan las mesas más cercanas. Por otra parte, el almacén

y las mesas más alejadas se encuentran en alerta de contaminación con valores que oscilan entre 65 y 75 dBA. Solamente en la parte más alejada se encuentra una pequeña área en estado aceptable de sonoridad.

Los anexos 3.3 a, b, c y d muestran el resto de los mapas de ruido obtenidos en las áreas de interés de los hoteles analizados. Para todos los casos, la herramienta permitió realizar un análisis similar al anterior, donde se pudo constatar el comportamiento del ruido en el local analizado.

3.2.5 Etapa 5. Control

En todas las áreas ruidosas se comenzó por la valoración de la posible sustitución de equipos o procesos por otros más silenciosos. Ante la imposibilidad de efectuar este tipo de cambios se analizó la implementación de medidas primarias.

3.2.5.1 Aplicación de medidas primarias

La valoración de las características de generación y propagación de los ruidos sobre la base de la descripción realizada en el paso 2 de la segunda etapa permitió proponer medidas primarias en áreas de los hoteles Meliá Marina y Meliá Las Américas.

Área de minitintorería-hotel Meliá Marina y área de lavandería-hotel Meliá Las Américas

La medida primaria propuesta para disminuir el ruido estructural emitido por los equipos de secado fue:

- Utilización de materiales con alto coeficiente de amortiguación para reducir la transmisión del ruido estructural a partir del empleo de calzos de neopreno para la suspensión de los equipos de secado.

3.2.5.2 Aplicación de medidas secundarias

Se diseñaron, a partir de las metodologías seleccionadas, modificadas o creadas un grupo de soluciones para limitar la transmisión del sonido en el aire en diferentes áreas de los hoteles analizados.

Restaurante buffet “Cristal”-hotel Be Live Experience Tuxpan

Se diseñó el tratamiento acústico del local a partir de la aplicación de la metodología con las adecuaciones planteadas en el segundo capítulo. La tabla siguiente resume los principales resultados obtenidos de la aplicación de la metodología.

Tabla 3.7. Resultados de la aplicación del tratamiento acústico en el restaurante buffet “Cristal”

Pasos	Requisitos de cálculo	Valor obtenido
Paso 1- Tr antes	$V= 1357.12 \text{ m}^3$	0.34 segundos
	$A_{tot}=631.72 \text{ sab}$	
	$\gamma = 1.07 \text{ dB}/100 \text{ m}$	
	$M=0,00247 \text{ m}^{-1}$	
	$\bar{\alpha} =0.255 \text{ sab}/\text{m}^2$	
	$Stot=2473.2 \text{ m}^2$	
Paso 2- Nr	$F_{mi}= 2000 \text{ Hz}$	3 dB ≤ 8 dB
	$L_{ex}=73 \text{ dB}$	
	$L_{rec}=70 \text{ dB}$	
Paso 3- Material a utilizar	$A_2= 1286.06 \text{ sab}$	Paneles fonoabsorbentes de espuma acústica (2,5 - 15 cm) $\alpha = 0.97 \text{ sab}/\text{m}^2$
	$A_{at}=79.288 \text{ sab}$	
	$St=792.88 \text{ m}^2$	
	$\alpha t=0.91 \text{ sab}/\text{m}^2$	
	Superficies a revestir= Techo y paredes	
Paso 4- AOR	$\alpha_r =0.87 \text{ sab}/\text{m}^2$	739.12 m ²
	$\alpha_{at} =0.1 \text{ sab}/\text{m}^2$	
Paso 5- TR después	$A_{tot}= 1274.76 \text{ sab}$	0.17 segundos
Paso 6- Disminución de TR	-	$\Delta RT =0.17 \text{ segundos}$

Fuente: elaboración propia.

Es necesario revestir 739.12 m² de los 792.88 m² que poseen el techo y las paredes del buffet con paneles fonoabsorbentes de espuma acústica. Con la aplicación del revestimiento se logrará una reducción de 0.17 segundos en el tiempo de reverberación.

Habitaciones del “the level”-hotel Meliá Marina

El emplazamiento al aire libre y la ubicación cercana al mar de la instalación propicia que la corrosión actúe aceleradamente en la estructura de las enfriadoras ubicadas en el patio de servicio. Por este motivo y por la necesidad de limitar el acceso de personal no autorizado al área debido a los peligros que existen, la administración del hotel valora la inversión en una construcción que las proteja.

Por otra parte, un análisis individual de las fuentes de ruido demostró que existe la posibilidad tecnológica de aislar mediante encapsulamiento las enfriadoras. En este sentido, se propone la aplicación de la metodología de cápsulas de forma tal que el diseño propuesto sea capaz de:

- Evitar la corrosión acelerada de los equipos
- Limitar el acceso de personal no autorizado

- Adicionalmente reducir los niveles de ruido que emiten los equipos y que afectan algunas habitaciones del “the level”

En la siguiente tabla se observan los resultados fundamentales obtenidos.

Tabla 3.8. Resultados de la aplicación de la metodología de diseño de cápsulas a las enfriadoras del hotel Meliá Marina.

Pasos	Requisitos de cálculo	Valor obtenido
Paso 1- Evaluación	F _{mi} = 250 Hz	Afectaciones en la frecuencia de 250 Hz
	NPS existente=73 dB	
	NPS recom=61 dB	
Paso 2- Nr	-	12 dB
Paso 3-D	Prefijado por NC: 775-9 (2010)	3 m
Paso 4- Superficie de la cápsula	L _c = 17 m	538.82 m ²
	A _c =13 m	
	H _c =5.30 m	
Paso 5 Atenuación sin orificios	Material a emplear= Paredes bloque de hormigón 20 cm espesor Puertas planchas de acero 1 mm espesor Techo de tejas de acero 1 mm espesor	17.4 dB
	R ₁ = 44 dB	
	ΔR = 20.40 dB	
	R _{res} =23.6 dB	
	A _{ci} =128.17 sab	
Paso 6: Atenuación con orificios	Cantidad de orificios: 6	12.69 dB
	Radio de 1 orificio=0,5 m	
	Sup total orificios = 4.74 m ²	
	ΔL _o = 14.48 dB	

Fuente: elaboración propia.

El enclaustramiento de las enfriadoras según la NC: 775-9 (2010) se debe realizar a una altura mínima de 3 m debido a su funcionamiento por lo cual este requisito condiciona los valores de D.

El diseño concebido permite el encapsulamiento de los 9 equipos mediante una estructura de paredes de bloque de hormigón de 20 cm con dos (2) puertas de planchas de acero de 1mm de espesor y dimensiones de 5 m de largo y 3 m de altura para el acceso del personal de mantenimiento y la introducción o extracción de partes y piezas. El techo es una estructura desmontable de tejas de acero de 1 mm de espesor que permite la sustitución o extracción de los equipos utilizando medios de izaje adecuados.

En el techo se proponen realizar seis (6) aberturas circulares de 1 m de diámetro para el escape de aire caliente emitido por las enfriadoras como parte de su funcionamiento, para garantizar la ventilación del local.

Como se puede apreciar, el enclaustramiento propuesto permite reducir 12.69 dB de los 12 dB que se necesitan atenuar en la frecuencia perjudicial de 250 Hz.

Lavandería, oficina de coordinación de ama de llaves-hotel Iberostar Varadero; oficina del cajero central, restaurante buffet “El Pilar”-hotel Meliá Marina; oficinas de servicios técnicos-hotel Be Live Experience Tuxpan; comedor de empleados, oficina de mantenimiento y cocina-hotel Meliá Las Américas.

Se aplicó además la división parcial o total de locales para limitar la transmisión del ruido de un área a otra; para ello se propuso la reparación o colocación de puertas o ventanas divisorias entre ellas. La tabla siguiente detalla la información referente a las características de dichas divisiones.

Tabla 3.9. Dimensiones de los elementos para la división parcial de locales en diferentes áreas.

Hotel	Área	Descripción	Dimensiones
Iberostar Varadero	Lavandería	Puerta divisoria con la sala de máquinas	$0,9 \times 2,1 = 1,89 \text{ m}^2$
	Oficina Coordinación Ama de Llaves	Puerta divisoria con la lavandería	$1,8 \times 2,1 = 3,78 \text{ m}^2$
Meliá Marina	Oficina del cajero central	Ventanilla de pago	$1 \times 1,30 = 1,30 \text{ m}^2$
	Restaurante buffet “El Pilar”	Puerta divisoria con el área de fregado	$1,25 \times 2 = 2,50 \text{ m}^2$
Be Live Experience Tuxpan	Oficinas de servicios técnicos	Puerta divisoria con la sala de máquinas	$0,89 \times 1,90 = 1,69 \text{ m}^2$
Meliá Las Américas	Comedor de empleados	Ventana hacia el área de fregado	$1,05 \times 1,30 = 1,365 \text{ m}^2$
	Cocina	Puerta divisoria con el área de fregado	$1,00 \times 2,20 = 2,20 \text{ m}^2$
	Oficina de mantenimiento	Puerta divisoria	$0,80 \times 2,10 = 1,68 \text{ m}^2$

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, los problemas de ruido existentes en muchos de los locales afectados en las instalaciones se debían a la transmisión del ruido de un área a otra como consecuencia del mal estado, inadecuada colocación o inexistencia de elementos divisorios.

Oficina del personal de costo-hotel Be Live Experience Tuxpan

Se diseñó una pantalla acústica para reducir los niveles de ruido en la oficina del personal de costo en el hotel Be Live Experience Tuxpan. Como se explicaba en la descripción del área en esta oficina son las mayores afectaciones por lo cual se toma como referencia para el diseño, pero también contribuye a disminuir los NPS en los pasillos y oficinas cercanas.

Inicialmente se determinó que la pantalla podía ser emplazada en la zona de transmisión del sonido sin influir en la operación del hotel. Se verificó además que todas las premisas para la aplicación del método se cumplían.

En la tabla siguiente se ofrecen los datos relevantes obtenidos de la aplicación de la metodología.

Tabla 3.10. Resultados de la aplicación de la metodología de diseño de pantallas acústicas en el hotel Be Live Experience Tuxpan.

Pasos	Be Live Experience Tuxpan-oficina del personal de Costo	
	Requisitos de cálculo	Valor obtenido
Paso 1- $L_{(d)}^0$ y NPS en la fuente	$f= 250$ Hz	$L_{(d)}^0 = 77.08$ dBA NPS fuente=94 dBA
	$L_s=94$ dBA	
	$d_1= 0.5$ m	
	$d_2= 1.5$ m	
	$d= 2$ m	
Paso 2- NPS dañino	$L_{rec}= 72$ dBA	El NPS es dañino
Paso 3- barrera delgada	$c= 343$ m/s	0.2 < 0.72 se cumple
	$f= 250$ Hz	
Paso 4- Variables	-	$B_s= 0.2$ m $l_s= 4$ m $h_{eq}= 2$ m
	$\Omega = 3.55$ Sr	

Paso 5- Altura de la barrera sobre el equipo (Ht)	$\alpha_f = 0.45 \text{ sab/m}^2$	2.37 m
	$\Delta L=5.08$	
Paso 6- Altura total de la barrera (M)	-	4.37m
Paso 7- NPS que llega al receptor con la barrera	$\alpha_b = 0.011$	49.2 dBA
	N= 4.70	
	$\alpha_t=3.98 \times 10^{-5}$	
	Rf=44 dB	
	$Rf > -10 \log \left(\frac{\alpha_b}{8} \right)$ 44 > 28.6	
Paso 8- Comprobar atenuación		49.2 dBA ≤ 72dBA

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla anterior se seleccionó para la fabricación de la pantalla el bloque de hormigón de 20 cm. Se cumple la condición del coeficiente de transmisión de la barrera. Las dimensiones resultantes de la pantalla fueron de 4 metros de largo por 4.37 metros de altura con una reducción en los NPS que llegan al receptor de 77.08 dBA a 40.85 dBA respectivamente. El diseño físico de la pantalla, por las dimensiones obtenidas, debe comprender la valoración civil que garantice la fiabilidad del cerramiento. Su ubicación permite emplearla como mural para contribuir con requisitos estéticos de la instalación.

Lobby-hotel Meliá Marina

Se propuso la creación de una concha acústica y un escenario al aire libre en las áreas exteriores de la instalación, en el área cercana a la piscina. Esta medida permitirá desplazar las actividades de animación que se realizan en el lobby bar, mejorando de forma considerable la calidad acústica de los espectáculos ofrecidos y eliminando a la vez las molestias generadas por ruido en el interior del hotel.

Para comenzar a aplicar el Método de Lyon se fijó una altura de 1.66 m sobre el piso del escenario, una profundidad de 3 m y una fuente con una altura de 1.5 m. El escenario, estará a 0.66 m sobre el suelo. El plano de audición, se dividió en diez 10 sectores, de 1,30 m de longitud cada uno. Al aplicar los pasos del método, se obtuvo en una primera aproximación. Los datos obtenidos como resultado del paso 6 se observan en la siguiente tabla.

Tabla 3.11. Resultados de la primera aproximación del método de Lyon.

Puntos	Camino del sonido		Diferencia (m)	Inverso del cuadrado del camino reflejado $1/r^2$	Intensidades relativas $(1/r^2)/(1/r^2)_{\min}$
	Reflejado $r'(m)$	Directo r (m)			
1	SA1= 8.67	3	5.67	0.0133	3.5
3	SD3= 11.2	6.17	5.03	0.0079	2.07
5	SC5= 14.8	9.5	5.3	0.0045	1.18
6	SB6= 16.2	11.2	5	0.0038	1
2	9.67	9.73	-0.06	0.0106	2.78
4	12.67	12.85	-0.18	0.0062	1.63

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se dividió el arco en partes proporcionales a las intensidades relativas encontradas y se encontraron los puntos medios de cada subdivisión, para luego unirlos con los puntos de los sectores a los que se dirigía la reflexión. Se trazaron las bisectrices y se trazó la nueva envolvente con una altura resultante de 2,82 m.

Se realizaron dos (2) aproximaciones más del método

En la segunda aproximación se obtuvo una nueva envolvente con una altura de 3.27 m. La nueva envolvente encontrada, estuvo compuesta por cinco (5) superficies curvas, más la superficie vertical trasera. Entre la primera y segunda aproximación del método, la altura de la curva, varió en 0.45 m, por lo que fue necesario repetir el Método de Lyon desde el quinto paso, para el oportuno ajuste.

En una tercera aproximación se obtuvo una envolvente de altura 3.40 m. La altura de esta envolvente varió muy poco en relación a la altura de la anterior aproximación (13 cm), por lo tanto, fue la forma definitiva de la curva de la concha acústica.

A partir de la modelación, con el fin de validar el funcionamiento de la concha acústica diseñada, se construyeron dos (2) maquetas con escalas de 6:100 donde 6 cm representan un (1) metro y de 24:100 donde 24 cm representan un (1) metro respectivamente. En la tabla 3.12 se muestran las dimensiones reales del diseño y las dimensiones de las maquetas construidas y en la figura 3.5 que aparece después una imagen de las mismas.

Tabla 3.12. Dimensiones de las maquetas construidas de la concha acústica diseñada.

	Dimensiones reales del diseño propuesto	Dimensiones de la concha acústica a escala 6:100	Dimensiones de la concha acústica a escala 24:100.
Altura de la concha	3.40 m	20 cm	80 cm
Profundidad de la concha	3 m	18 cm	72 cm
Ancho de la concha	5.66 m	34 cm	136 cm
Largo máximo del escenario	71,5 m	143 cm	-
Ancho máximo del escenario	16,66 m	100 cm	-

Fuente: elaboración propia.



Figura 3.5. Disposición final de las maquetas. Fuente: elaboración propia.

El desarrollo de un grupo de pruebas experimentales descritas por Almeda Barrios et. al. (2021b) permitieron demostrar la efectividad del diseño propuesto dado que reflejaron la capacidad de la concha para lograr la equipotencialidad del sonido en las diferentes partes del escenario y la mejora de la calidad acústica de diferentes espectáculos. Complementariamente, el aval emitido por la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI) que se muestra en el anexo 3.4 evidencia el alcance de los resultados obtenidos y las proyecciones de trabajo futuro conjunto en el diseño e implementación de conchas acústicas en escenarios al aire libre.

3.2.5.3 Aplicación de medidas organizativas

Se propusieron una serie de medidas organizativas como complemento a otras medidas primarias y secundarias. De igual forma se plantearon en áreas afectadas donde no fue posible la aplicación del control en el foco o los medios de propagación. En el siguiente cuadro se muestra, por cada hotel, las medidas correspondientes a las áreas con afectaciones analizadas.

Cuadro 3.4. Medidas organizativas propuestas en diversas áreas de los hoteles estudiados

Hotel	Área afectada	Medidas propuestas
Iberostar Varadero	Comedor de empleados	-Redistribuir las mesas de servicios que se encuentran cerca de los dispensadores y de los carritos para la cubertería de tal forma que no obstaculice el paso de los trabajadores.
	Lavandería	-Uso obligatorio de medios de protección auditiva para los trabajadores -Emplear señalética de elevados niveles de ruido en correspondencia con RD 286/2006
	Lobby bar "Los Arcos"	-Disminución del volumen de sonido de los amplificadores del audio, con la consideración de no afectar el show por deficiente escucha. -Ubicación de los bafles de sonido en un ángulo al cual no afecte la calidad del show pero que evite la constante emisión de ruido hacia el lobby bar.
Meliá Marina	Mini-tintorería	-Uso obligatorio de medios de protección auditiva para el trabajador. -Emplear señalética de elevados niveles de ruido en correspondencia con RD 286/2006
Meliá Las Américas	Comedor de empleos	-Sustituir el secador de manos del comedor de empleados por papel toalla para que los trabajadores puedan secarse las manos luego de ser higienizadas en el lavabo que allí se encuentra. -Cerrar la ventana de fregado, y dejar solamente una apertura para introducir la bandeja.
	Lavandería	-Realizar el mantenimiento planificado a los equipos -Uso obligatorio de protectores auditivos para los trabajadores. -Emplear señalética de elevados niveles de ruido en correspondencia con RD 286/2006
	Ranchón playa	-Reducir el volumen de sonido de los amplificadores del audio. -Establecer niveles máximos de volumen en diferentes horarios del día. -Ubicación de los amplificadores de sonido en un ángulo adecuado, con dirección al mar.
Be Live Experience Tuxpan	Habitaciones 313, 315, 317 y 319	-Vender las habitaciones de domingo a viernes para evitar que existan clientes en el horario de la discoteca "La Bamba". -Destinarlas los sábados para Day-Pass que comprenden el horario de 9:00 am - 6:00 pm. -Establecer estas habitaciones como: "Habitaciones de Cortesía", utilizadas para clientes repitentes o grupo fam. -Establecer estas habitaciones para Guardia Administrativa.
	Buffet	-Redistribuir las mesas de servicios que se encuentran cerca de la puerta de la cocina hacia la otra sección del restaurante donde no existe mesas buffet, solo estaciones. -Agregarle a la puerta de acceso a la cocina un brazo hidráulico y quitarle el llavín con el objetivo de que cuando lleguen los dependientes hacia el área de la cocina puedan abrir la puerta con cualquier parte del cuerpo y esta automáticamente después que se pase quede cerrada. -Aplicarles mantenimiento a los carritos auxiliares y sustituir las ruedas que se encuentran deterioradas.

Fuente. Elaboración propia.

Como se puede observar, muchas de las medidas organizativas propuestas complementan las medidas primarias y secundarias ya realizadas, lo cual demuestra, en correspondencia con los planteamientos de Viña Brito & Gregori Torada (1987), la posibilidad de combinar las medidas de control para elevar su efectividad.

Se aprecia también la propuesta de empleo de medios de protección individual en puestos de trabajo sin necesidades de comunicación verbal como el caso de las lavanderías y mini-tintorerías.

3.2.6 Etapa 6. Implementación y seguimiento

A partir de la implementación, modelación y/o estimación de una serie de medidas propuestas, se realizó la comparación de los valores de los NPS antes-después en todas las áreas afectadas. Este análisis permitió, como método de validación de la hipótesis, verificar la efectividad de la tecnología diseñada y sus procedimientos de apoyo, así como de las técnicas y métodos específicos de control que fueron seleccionados, modificados o creados.

Complementariamente, los avales emitidos por los directivos de las instalaciones donde se aplicó el procedimiento, que se muestran en el anexo 3.5, evidencian la conformidad con los resultados obtenidos y el compromiso de las administraciones con la implementación de las medidas modeladas, que implicaban grandes inversiones.

Con la implementación, modelación y/o estimación de las medidas se evidencian reducciones de los niveles de ruido por debajo de los NMA establecidos por la NC 871:2011 en 19 de las 20 áreas analizadas en los cuatro (4) hoteles.

Solamente en las habitaciones 313, 315, 317 y 319 del hotel Be Live Experience Tuxpan no fue posible la reducción del ruido debido al interés comercial de las actividades ofrecidas en la discoteca “La Bamba”, no obstante; las medidas organizativas implementadas han permitido a la administración emplear las habitaciones sin lamentar quejas de clientes por ruidos molestos.

Complementariamente se lograron reducir significativamente y acercar los NPS existentes a los criterios de confort acústico que establece la NTP 503:1998 en las áreas de afluencia de clientes. En correspondencia con el análisis realizado en el epígrafe 1.4.2.1 se demostró que constituye una difícil aspiración cumplir con los criterios de confort establecidos. En la tabla 3.13 se reflejan los resultados como parte de las comparaciones antes descritas.

Tabla 3.13. Análisis de la diferencia de los NPS antes-después de la implementación, modelación y/o estimación de las medidas de control.

Hotel	Área	Medidas propuestas	Método de validación	NPS antes (dBA)	NPS después (dBA)
Iberostar Varadero	Lavandería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	80	80 65 con MPI
	Oficina Coordinación Ama de Llaves	Medidas Secundarias	Implementación	71.1	66.4
	Comedor de empleados	Medidas organizativas	Implementación	77.8	68.5
	Lobby bar “Los Arcos”	Medidas organizativas	Implementación	82.4	67.8
Meliá Marina	Restaurante Buffet “El Pilar”	Medidas organizativas	Implementación	85.4	69.2
	Mini tintorería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	87.6	85.3 70.3 con MPI
	Habitaciones del “the level”	Cápsula	Modelación	73	56.14
	Oficina cajero central	Medidas secundarias	Implementación parcial	75	65
	Lobby	Concha acústica	Modelación/ implementación	88.8	67.6
Be Live Experience Tuxpan	Mini-tintorería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	87.6	83.3 68.3 con MPI
	Oficinas del área de Servicios Técnicos	Medidas secundarias	Implementación	75	60
	Oficina de Costo	Pantalla acústica	Modelación	77.08	49.2
	Habitaciones 313, 315, 317 y 319	Medidas organizativas	Implementación	68.5	68.5
	Área de show (Bar Piscina)	Medidas organizativas	Implementación	89	68.9
	Restaurante Buffet “Cristal”	Tratamiento acústico	Modelación	73 Tr=0.34	70 Tr=0.17
Meliá Las Américas	Comedor de empleados	Medidas secundarias	Implementación	83.1	67.4
	Lavandería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	80	80 65 con MPI
	Oficina de mantenimiento	Medidas secundarias	Implementación	70	55
	Ranchón de la playa	Medidas organizativas	Implementación	91.1	66.6
	Cocina	Medidas organizativas	Implementación	80	70

Fuente: elaboración propia.

De esta forma se valida la hipótesis de investigación planteada al lograrse, con la aplicación de la tecnología y sus procedimientos de apoyo en los cuatro (4) hoteles de sol y playa y mediante el empleo oportuno de un grupo de métodos y técnicas, reducir de manera general los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes en dichas instalaciones y obtener mejoras en los parámetros de confort acústico.

Seguimiento. Retroalimentación del procedimiento general

Como cumplimiento al principio de mejora continua que caracteriza a la tecnología, se debe aplicar anualmente, en correspondencia con la periodicidad establecida para los procedimientos de gestión de riesgos laborales en los hoteles de sol y playa.

Por otra parte, las administraciones deben estar atentas a la presencia de síntomas que impliquen la actuación inmediata e implementación de los procedimientos de despliegue de la tecnología de gestión de ruido desarrollada como parte de la actividad de seguridad y salud de los trabajadores, gestión de la calidad y gestión medioambiental; con énfasis en la satisfacción del cliente.

3.3 Conclusiones parciales

1. La aplicación de los procesos de evaluación del ruido mediante la comparación de los NPS existentes con los NMA que establece la NC 871:2011; los criterios de confort acústico de la NTP 503:1998 y la opinión del cliente demostró la presencia de ruidos perjudiciales en todas las áreas definidas previamente por los métodos de identificación. Esta valoración fue complementada con el cálculo de los índices de confort acústico.
2. El empleo de los mapas de ruido como herramienta de diagnóstico en el interior de las instalaciones hoteleras de sol y playa reflejó la efectividad de su contextualización al ofrecer la diferenciación por colores del comportamiento sonoro y permitir un análisis detallado de la distribución de los ruidos en locales afectados.
3. Se complementó la aplicación de un grupo de metodologías de control de ruido en los medios de propagación seleccionadas, modificadas o creadas como el diseño de pantallas acústicas en la oficina de mantenimiento del hotel Meliá Las Américas y en la oficina del personal de costo del hotel Be Live Experience Tuxpan; el tratamiento acústico propuesto en el restaurante buffet "Cristal" del hotel Be Live Experience Tuxpan y la concha acústica diseñada en áreas exteriores del hotel Meliá Marina con las medidas de control primarias y las organizativas en las restantes áreas afectadas.

4. Se calcularon los coeficientes de absorción acústica de cinco (5) materiales seleccionados por su grado de empleo en las instalaciones hoteleras, los cuales fueron utilizados en la determinación de los Tiempos de Reverberación de los locales analizados.
5. La comparación antes-después de los NPS existentes a partir de la implementación o modelación de las medidas de control propuestas permitió validar la hipótesis de investigación planteada al lograrse, con la aplicación de la tecnología en cuatro (4) hoteles de sol y playa, reducir los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes en dichas instalaciones y obtener mejoras en los parámetros de confort acústico.

Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

1. El estado de la práctica sobre los estudios de ruido en hoteles de sol y playa en Cuba refleja que su abordaje se realiza como parte de los sistemas de gestión medioambiental o de seguridad y salud en el trabajo con una tendencia a la evaluación y el control mediante medidas organizativas; pero no evidencia una profundización en los procedimientos y metodologías para su oportuna identificación, evaluación, diagnóstico y control con un enfoque de gestión.
2. La consulta y análisis crítico de 15 procedimientos de gestión de ruido recogidos en la literatura internacional muestra los aspectos positivos y negativos de cada uno, así como la presencia de atributos, que sustentan la concepción de una tecnología y sus procedimientos de despliegue que, desde el punto de vista operativo, sea capaz de suplir las limitaciones detectadas en la identificación, evaluación, diagnóstico y control del ruido.
3. La tecnología propuesta y sus procedimientos de despliegue para la gestión del ruido está compuesta por seis (6) etapas que integran: la aplicación de técnicas de recopilación de información primaria para la identificación de fuentes y áreas ruidosas; la vinculación de un sonómetro promediador integrador al software informático *Smaart 7* para el análisis por bandas de octava de los NPS; la inclusión de los criterios de confort acústico en los procesos de evaluación a partir de los niveles e índices que establece la NTP 503:1998; el uso de los mapas de ruido contextualizados a locales interiores como herramienta para el diagnóstico de la contaminación acústica; una serie de métodos de control seleccionados, modificados o creados para su aplicación en instalaciones hoteleras de sol y playa; y el seguimiento y retroalimentación como parte del principio de mejora continua.
4. A partir de la aplicación de un procedimiento específico basado en la ISO 10534 y con el empleo de equipos creados se determinaron los coeficientes de absorción acústica (antes desconocidos) de cinco (5) materiales utilizados en los hoteles de sol y playa. Los valores obtenidos permitieron mayor exactitud en el cálculo de los tiempos de reverberación como índice de confort acústico y parámetro de control en el tratamiento acústico de locales.
5. Las técnicas y métodos seleccionados, modificados o creados para el control del ruido en la fuente, los medios de propagación y el receptor que fueron integrados en la tecnología propuesta constituyen una base metodológica para las decisiones de control del contaminante en las instalaciones hoteleras de sol y playa.

6. Los resultados presentados como cumplimiento de la etapa 6 de la tecnología permiten concluir que la hipótesis de investigación quedó validada al demostrarse, a partir de la implementación, modelación y/o estimación de las medidas de control propuestas en 20 áreas ruidosas de cuatro (4) hoteles de sol y playa en Varadero, la disminución de los NPS que afectaban a los trabajadores y clientes, así como mejoras en los parámetros de confort acústico.

RECOMENDACIONES

1. Los resultados alcanzados de la aplicación de la tecnología y sus procedimientos de apoyo, sugieren su recomendación como instrumento de gestión a insertar en entidades hoteleras de sol y playa.
2. Realizar la valoración socioeconómica de las medidas que fueron modeladas para su posible implementación. El empleo del Índice Socioeconómico (ISE) propuesto por Félix López (2015), realizando adecuaciones que incluyan al cliente en la valoración de los Costos Sociales Intangibles (CSI) constituiría una herramienta de apoyo a la toma de decisiones al ofrecer un orden de prioridad en las inversiones de control de ruido.
3. Continuar trabajando en la reducción de los NPS existentes con la finalidad de alcanzar la aspiración de cumplir con los límites de confort que establecen las normas internacionales. Simultáneamente se pudiese establecer una norma que permita valorar criterios de confort acústico en diversos sectores en Cuba, con énfasis en las empresas de servicios con presencialidad del cliente.
4. Desarrollar otras investigaciones que permitan calcular el coeficiente de absorción acústica de materiales de uso común en Cuba de los cuales no se tenga la información en la literatura.
5. Generalizar, realizando las adecuaciones necesarias, el empleo de la tecnología y sus procedimientos de despliegue a otras instituciones del sector empresarial cubano para la reducción de los ruidos presentes en el ámbito laboral.

Referencias Bibliográficas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero Calderón, J., Jaimes Becerra, M. & Romero Duque, G. A. (2016). Generación de mapas de ruido (industrial) desde sistemas de información geográfica. Un acercamiento desde la literatura. *Tecnura*, 20(49), 152-166. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a10>
- Acosta Prieto, J.L.; García Dihigo, J.; **Almeda Barrios, Y.**; Ramírez Sardiñas, A.; & García Almeida, O. (2021) Aplicación de mapa de ruido como herramienta de contaminación acústica en empresa ferroviaria. Conferencia Científica Internacional Cienfuegos. II Taller Internacional de Gestión Empresarial y Desarrollo Local. Eje Temático: Gestión del conocimiento e innovación para el desarrollo local.
- Aguilar, J. R. (2019). A review of acoustic design criteria for school infrastructure in Chile. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(2), 115-123. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200115>
- Ajibade, F. O., Adelodun, B., Lasisi, K. H., Fadare, O. O., Ajibade, T. F., Nwogwu, N. A., & Wang, A. (2021). Environmental pollution and their socioeconomic impacts. In *Microbe Mediated Remediation of Environmental Contaminants* (pp. 321-354). Woodhead Publishing. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821199-1.00025-0>
- Al-Taai, S. H. H. (2021). Noise and its impact on environmental pollution. *Materials Today: Proceedings*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.013>
- Alarcón Aguirre, J. A. (2002). *Diseño y Construcción de un escenario al aire libre mediante una Concha Acústica*. Tesis en opción al título de Licenciado en Acústica y al título profesional de Ingeriero Acústico, Universidad Austral de Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/bmfcia321d/sources/bmfcia321d.pdf>
- Almeda Barrios, Y.** (2018) Contribución al control de ruido y su valoración socioeconómica en el hotel Sol Palmeras. Tesis para optar por el título de Máster en Administración de Empresas. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Almeda Barrios, Y.** (2019) Soluciones novedosas a los riesgos físicos en el ambiente laboral. II Taller nacional de Ergonomía y Seguridad y Salud en el trabajo. Conferencia magistral. Varadero, Cuba.
- Almeda Barrios, Y.**; García Dihigo, J.; Alonso Gámez, L., & Acosta Prieto, J. L. (2019a) Contribución al control de ruido y su valoración socioeconómica en el hotel Sol

Palmeras. Memorias de la IX Convención Científica Internacional “Universidad Integrada e Innovadora” CIUM 2019. XII Encuentro Internacional de Ciencias Empresariales y Turismo (CIEMPRESTUR). Varadero, Cuba.

Almeda Barrios, Y.; García Dihigo, J., & Alonso Gámez, L. (2019b) Estudio del ruido y su influencia en hoteles del polo turístico de Varadero. Un análisis desde el marco normativo cubano. Memorias del III Encuentro Bilateral Cuba – México. Universidad de Matanzas, Varadero, Cuba.

Almeda Barrios, Y., Quesada Somano, A. García Dihigo, J., & Acosta Prieto, J. L. (2021a) Cálculo del coeficiente de absorción sonora de materiales de uso común en Cuba. Memorias del VII Taller Internacional de Ingenierías. X Convención Científica Internacional “Universidad Integrada e Innovadora” CIUM 2021, Matanzas, Cuba.

Almeda Barrios, Y.; García Dihigo, J.; Acosta Prieto, J. L., & Quesada Somano, A. K. (2021b) Elaboración de medios para contribuir a la formación del profesional en la Universidad de Matanzas. *Revista Atenas*. Vol III (55). pp 161-175.

Almeda Barrios, Y., Betancourt Morffis, U.; García Dihigo, J., & Acosta Prieto, J. L. (2021c) Uso de mapas de ruido como herramienta de contaminación acústica en hoteles. Memorias del VII Taller Internacional de Ingenierías. X Convención Científica Internacional “Universidad Integrada e Innovadora” CIUM 2021, Matanzas, Cuba.

Almeda Barrios, Y., & Betancourt Morffis, U. Elaboración de mapas de ruido en el centro histórico de la ciudad de Matanzas. *Estudios demográficos y Urbanos*. Vol 37 No. 2 (110) (Aprobado a publicar en el número de mayo-agosto 2022)

Alonso Becerra, A. Cidcal Terry, W., Dopico Garofalo, E. Jáuregui Ricardo, D., & Labrada Sosa, A. (2007) Ergonomía. Félix Varela: La Habana, Cuba.

Altont, F. (2001). *The master handbook of acoustics*, Fourth Edition, McGraw-Hill. Disponible en: <https://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/1.1398048>

Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649. Disponible en: <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2305/3446>

- Antoniadou, P. & Papadopoulos, T. (2017) A. Occupants' thermal comfort: State of the art and the prospects of personalized assessment in office buildings, *Energy Build.*, vol. 153, pp. 136–149. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.001>.
- Arachchige, U. S., Amakm, A., Balasuriya, B. M. C. M., Chathumini, K. K. G. L., Dassanayake, N. P., & Devasurendra, J. W. (2019). Environmental pollution by cement industry. *International Journal of Research*, 6(8), 631-635. Disponible en: <https://journals.pen2print.org/index.php/ijr/>
- Araújo López, I. B., Morales, E. & Melo, G. (2018) *Proposta de configurações de conchas acústicas para teatros de múltiplo uso*. [XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica], Porto Alegre, Brasil. Disponible en: <https://www.unisinos.br/eventos/xxviii-encontro-da-sociedade-brasileira-de-acustica-ex123152-00001>
- Arenas, J. P., & Suter, A. H. (2014). Comparison of occupational noise legislation in the Americas: an overview and analysis. *Noise and Health*, 16(72), 306. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.140511>
- Arias Castro, G.J. (2019). Evaluación de las Vibraciones en Cuerpo Entero transmitidas por máquinas del sector de la construcción y sus efectos en la zona lumbar de la columna vertebral. Tesis Doctoral. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”. La Habana, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.
- Arko, A. (2015) No molestar: una tendencia que no hace ruido. *La Nación*, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/turismo/viajes/no-molestar-una-tendencia-que-no-hace-ruido-nid1800965/>
- Artan, D., Ergen, E. & Tekçe, I. (2019). Confort acústico en edificios de oficinas. En la 7a Conferencia Internacional Anual de Arquitectura e Ingeniería Civil (ACEU 2019). Singapur, Berlín.
- Asamblea Nacional del Poder Popular.(1997). Ley No. 81 del medio ambiente. La Habana, Cuba. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/ley-81-de-1997-de-asamblea-nacional-del-poder-popular>
- Auger, N., Duplaix, M., Bilodeau-Bertrand, M., Lo, E., & Smargiassi, A. (2018). Environmental noise pollution and risk of preeclampsia. *Environmental pollution*, 239, 599-606. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.060>

- Ay, E. & Gunay, S. A. (2019) Sound pollution and tourism in the urban area. *Advances in Global business and economics Vol 2*. Disponible en: <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=anaheipublishing>
- Baldinelli, G., Bianchi, F., Costarelli, D., D'Alessandro, F., Scrucca, F., Seracini, M., & Vinti, G. (2021). Innovative techniques for the improvement of industrial noise sources identification by beamforming. *Noise Mapping*, 8(1), 129-137. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/noise-2021-0010>
- Barrigón Morillas, J.M., Rey Gozalo, G., Montes González, D., Moraga, PA & Vílchez Gómez, R. (2018). Noise pollution and urban planning. *Current Pollution Reports*, 4(3), 208-219. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0095-7>
- Barron, R. F. (2003). *Industrial Noise Control and Acoustics*. New York: Marcel Dekker.
- Barron, R. F. (2010). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. Second Edition. Taylor & Francis e-Library.
- Barti Domingo, R. (2017). Valoración del confort acústico. In *Tecniacústica 2017: 48º Congreso Español de Acústica; Encuentro Ibérico de Acústica; European Symposium on Underwater Acoustics Applications; European Symposium on Sustainable Building Acoustics: A Coruña 3-6 octubre 2017* (pp. 296-309). Sociedad Española de Acústica. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6204360>
- Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 519. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/3/519/pdf>
- Bell, L.W. & Bell, D.H. (1993). *Industrial Noise Control – Fundamentals and Applications*, 2e. New York: Marcel Dekker.
- Bello, J. P., Silva, C., Nov, O., Dubois, R. L., Arora, A., Salamon, J., & Doraiswamy, H. (2019). Sonyc: A system for monitoring, analyzing, and mitigating urban noise pollution. *Communications of the ACM*, 62(2), 68-77. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3224204>

- Betancourt Morffis, U. (2019). Elaboración de mapas de ruido en el centro histórico de Matanzas. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Bies, D.A. & Hansen, C.H. (2003). *Engineering Noise Control-Theory and Practice*, 3ed. London: E& FN Spon.
- Brown, A. L., & Van Kamp, I. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *International journal of environmental research and public health*, 14(8), 873. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/8/873/pdf>
- Caballero Núñez, A., Díaz Marrero, M.A, & Trujillo García, T. A. (2016) *Evaluación del ambiente sonoro en la actividad de un astillero*. RCI Revista Cubana de Ingeniería,. Vol. VII: pp. 64 – 70. Disponible en: <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/download/494/pdf>
- Cabrera Padrón, L.L. (2018) Metodología para el control del ruido y su valoración socioeconómica en instalaciones hoteleras. Aplicación: hotel Sol Palmeras. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Camacho Isaac, J. A. (2019) Cálculo del coeficiente de absorción acústica de diversos materiales. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Camargo, H. E., Azman, A. S., & Peterson, J. S. (2019). Engineered noise controls for miner safety and environmental responsibility. In *Advances in Productive, Safe, and Responsible Coal Mining* (pp. 215-243). Woodhead Publishing. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081012888000110>
- Carnicero Pérez, S., García, I., & Aspuru, I. (2009). Gestión del ruido en municipios con problemáticas comunes: impacto de focos acústicos de otros gestores. In *Tecniacústica 2009*. Disponible en: http://ftp.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Cadiz09_RDO_032.pdf
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* (Vol. 4). Univ. Politèc. de Catalunya. Disponible en: https://www.academia.edu/download/45281301/disenho_acustico_de_espacios_arquitectonicos.pdf

- Castañeda Acevedo, J. A., & González Betancourt, H. A. (2004). *Medición del coeficiente de absorción del sonido*. *Scientia et Technica*, UTP. 25: 101-106. Disponible en: <https://doi.org/10.22517/23447214.7219>
- Cattaneo, M., Vecchio, R., López, M., Navilli, L., & Scrocchi, F. (2008). Estudio de la contaminación sonora en la ciudad de Buenos Aires. *Recuperado el*, 10. Disponible en: https://www.palermo.edu/ingenieria/PDFs/GIIS/Trabajo_COINI_Cattaneo1.pdf
- Che, D. Abd, N. A. & Manyam, N. I. (2014). Comparative study on acoustical performance and occupants' satisfaction between green office buildings and conventional office buildings in Malaysia, II Proceedings of the 21st International Congress on Sound and Vibration, 13-17 July, Beijing, China. Disponible en: http://eprints.um.edu.my/13436/1/full_paper_511_20140330075241411.pdf
- Chen, H.S., Severt, K., Shin, Y.H., Knowlden, A. & Hilliard, T.W. (2018), "How'd you sleep?" measuring business travelers' sleep quality and satisfaction in hotels", *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, Vol. 1 No. 3, 188-202. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/JHTI-11-2017-0015>
- CIBEL, I. d. P. A. (2016). Coeficientes de absorción acústica en función de la frecuencia para distintos materiales. Disponible en: www.cibel.cl
- Claudi, L., Arnesano, M., Chiariotti, P., Battista, G., & Revel, G. M. (2019). A soft-sensing approach for the evaluation of the acoustic comfort due to building envelope protection against external noise. *Measurement*, 146, 675-688. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.07.003>
- Clark, C., & Paunovic, K. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health. *International journal of environmental research and public health*, 15(11), 2400. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/11/2400/pdf>
- Comisión Europea (2002). *Directiva 2002/49/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de Junio del 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. Disponible en: https://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_200.pdf#page=55
- Constitución de la República de Cuba. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/constitucion-de-la-republica-de-cuba-proclamada-el-10-de-abril-de-2019>

- Cordero Fernández, J. C. (2017). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad turística para destinos urbanos. *ARA: Revista de Investigación en Turismo*, 7(1), 41-51. Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/ara/article/viewFile/20025/22640>
- Corkery, R. W. (2013). Proposed Noise Management Plan (incorporating a Traffic Noise Management plan) for the East Guyong Quarry. Prepared by Co. Pty. Limited Geological & Environmental Consultants. Disponible en: <https://www.hanson.com.au/media/4008/east-guyong-noise-managment-plan-revision-2-1.pdf>
- Cortés Barragán, R., Maqueda Blasco, J., Ordaz Castillo, E., Asúnsolo del Barco, Á., Silva Mato, A., Bermejo García, E., & Gamó González, M. F. (2009). Revisión sistemática y evidencia sobre exposición profesional a ruido y efectos extra-auditivos de naturaleza cardiovascular. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 55(215), 28-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2009000200004>
- Cortínez, V. H., & Sequeira, M. E. (2010). Identificación de las condiciones acústicas en recintos industriales. *Mecánica computacional*, 29(21), 2155-2172. Disponible en: <http://venus.santafe-conicet.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/3146/3073>
- Christou, P., Hadjielias, E., & Farmaki, A. (2021). Silence, sounds and the well-being of tourism entrepreneurs in noisy tourism workplaces. *Current Issues in Tourism*, 24(18), 2658-2670. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1858036>
- Crocker, M.J. & Price, A.J. (1975). *Noise and Noise Control*, vol. I. Cleveland, OH: CRC Press.
- Crocker, M.J. & Kessler, F.M. (1982). *Noise and Noise Control*, vol. II. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Crocker, M. J., Arenas, J. P., & Dyamannavar, R. E. (2004). Identification of noise sources on a residential split-system air-conditioner using sound intensity measurements. *Applied Acoustics*, 65(5), 545-558. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2003.10.008>
- Crocker, M. J. & Arenas, J. P. (2020). *Engineering Acoustics: Noise and Vibration Control*. New York: Wiley.
- Cubillana Herrero, J. D. (2015). Experiencia Inicial (2003-2010) del Programa de Implantes Cocleares del Hospital Clínico Universitario "Virgen de la Arrixaca". Departamento

de cirugía, pediatría, obstetricia y ginecología. Universidad de Murcia. Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/44487/1/Jos%C3%A9%20Domingo%20Cubillana-tesis.pdf>

Dang, S., Zan, B., Lu, H., & Wang, F. (2019). Design of Noise Environmental Pollution Information Management System in Construction Engineering Construction. *Ekoloji*, 28(108), 2267-2271. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV9IS010194>

Dawe, M., Karmann, C., Schiavon, S. & Bauman, F. (2021). Evaluación de campo del confort térmico y acústico en ocho edificios norteamericanos utilizando sistemas radiantes integrados. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200004>

Deeb, A., Alananzeh, O. A., Tarhini, A., & Masa'deh, R. E. (2020). Factors affecting job performance: the case of Jordanian hotels' kitchen staff. *International Journal of Public Sector Performance Management*, 6(3), 340-360. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1504/IJPSPM.2020.107766>

Díaz Pardo, A. (2019) Análisis de la influencia de la variación de las características de diversos materiales en su coeficiente de absorción acústica. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

Daumal i Domenech, F. (1994). La acústica de la Sala de Asambleas del Palacio de las Naciones de Ginebra, de Le Corbusier. *Informes de la Construcción*, 45(430). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.1994.v45.i430.1142>

Engel, M. S., & Zannin, P. H. T. (2017). Noise assessment of the area of a redesigned urban expressway based on noise measurements, noise maps and noise perception interviews. *Noise Control Engineering Journal*, 65(6), 590-610. Disponible en: <https://doi.org/10.3397/1/376572>

Espinel Torroja, A. (2018). La certificación acústica en la innovación de los establecimientos hoteleros. *Revista de acústica*, 49(3), 29-30. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/502233>

European Parliament & Council of the European Union. (2002) Directive 2002/49/EC relating to the Assessment and Management of Environmental Noise. *Official Journal of the European Communities*. No. L 189. Disponible en: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=OJ:L:2002:189:TOC>

- Fahy, F.J., & Walker, J.G. (eds.) (1998). *Fundamentals of Noise and Vibration*. London: E&FN Spon, Routledge Imprint.
- Fajardo Segarra, A. F., Galán Borrero, A., & Benavides César, A. (2019). Evaluación del ruido producido por el transporte automotor en la Avenida 24 de febrero de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(2), 70-78. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181359681006/>
- Farrer Velázquez, F, Minaya Lozano, G., Niño Escalante, J. & Ruiz Ripollés, J.(2010). Manual de Ergonomía. Fundación MAPFRE. Editorial Félix Varela. Tomo I. Cuba.
- Félix López, M. (2015). Metodología para la implantación y valoración socioeconómica de los programas de intervención ergonómica. Tesis doctoral. Universidad de Matanzas, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.
- Fernández Arcilla, E. (2015). Caracterización acústica de un material de uso alternativo a partir de la resistencia al flujo y el coeficiente de absorción para evaluar su posible aplicación en soluciones acústicas. Universidad de San Buenaventura Seccional n Medellín, Colombia.
- Ferras Moreno, S. A. (2019). *Gestión por procesos de los riesgos ergonómicos en el Restaurante Buffet Los Vitrales, Hotel Club Amigo Atlántico Guardalavaca*. Tesis de Maestría. Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Empresariales y Administración, Departamento de Ingeniería Industrial. Disponible en: <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/6124>
- Flórez Aragua, M., Mosquera Quispe, J., Ramón Díaz, J., & Caballero Enríquez, J. (2020). Análisis de la contaminación de ruido generada por el flujo vehicular en el casco urbano del municipio de Chinácota, Norte de Santander. *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 10(2). Disponible en: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2019.3964>
- García Dihigo, J. & Real Pérez, G. (2005). El Hombre y su Ambiente Laboral. 10-30. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas,Cuba.
- García Dihigo, J.(2017a) Nuevo modelo de evaluación e intervención ergonómica. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de Matanzas, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.

- García Dihigo, J. (2017b). Ruido, vibraciones y presiones anormales. Ediciones la U. Colombia.
- Gates, D., & Jones, M. (2007). A Pilot Study to Prevent Hearing Loss in Farmers. *Public Health Nursing*, 24(6), 547-553. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1446.2007.00667.x>
- Giménez de Paz, J. C. (2001). Estado del arte del ruido de tránsito: origen y control. *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol.16 N° 2. Disponible en: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/206/17>
- Gomeseria, R. V. (2019). Environmental Engineering in Built-Up Areas. *CEAI ViewPoint Journal*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17605/OSF.IO/XEM8G>
- González Falcón, M. (2018) Estudio de ruido en el hotel Meliá Marina Varadero. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Gramez, A. & Boubenider, F. (2017). Acoustic comfort evaluation for a conference room: A case study. *Applied acoustics*, 118, 39-49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.apacoust.2016.11.014>
- Gupta, A., Gupta, A., Jain, K., & Gupta, S. (2018). Noise pollution and impact on children health. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(4), 300-306. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2579-7>
- Guski, R., Schreckenber, D., & Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *International journal of environmental research and public health*, 14(12), 1539. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph14121539>
- Hansen, C. H., Doolan, C. J., & Hansen, K. L. (2017) Wind farm noise: measurement, assessment and control. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Hall, J. E. & Hall, M. E. (2020). Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book. Elsevier Health Sciences.
- Henao Robledo, F. (2014). *Ruido, vibraciones y presiones anormales*. Editorial ECOE EDICIONES. Bogotá, Colombia.
- Hernández Domínguez, F., Hernández Flores, Y., & Rodríguez González, M. (2021). Hacia un turismo inclusivo en los hoteles comercializados por Ecotur en La Habana y

Varadero. Tendencias, 22(2), 76-106. Disponible en:
<https://doi.org/10.22267/rtend.212202.169>

Hernández Peña, O., Hernández Montero, G., & López Rodríguez, E. (2019). Ruido y salud. Revista Cubana de Medicina Militar, 48(4). Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en;/biblio-1126660>

Hernández Rodríguez, G. (2018) Estudio de ruido en el hotel Meliá las Américas. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.

Hidalgo Goñi, A. (2019) Construcción de conchas acústicas para el estudio del comportamiento de las ondas sonoras en recintos al aire libre. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

Higuera Gutiérrez, A., & Rugeles Ferreira, M. A. (2019). Diseño de un Sistema Integrado de Gestión basado en las normas NTC: ISO 9001:2015, 14001:2015 y 45001:2018 para una empresa de construcción, interventoría y consultoría de obras civiles. (Especialización en Gestión Integrada QHSE Cohorte 41), Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.

Hodgson, M. (2008). Acoustical evaluation of six green 'office buildings, II Journal of Green Building, 3(4), 108-118. Disponible en: <https://doi.org/10.3992/jgb.3.4.108>

Hong, O. (2005). Hearing loss among operating engineers in American construction industry. International Archives of Occupational and Environmental Health, 78(7), 565-574. Disponible en: <https://doi:10.1007/s00420-005-0623-9>

Ibrahim Alí, A. (1996). Contribución a la evaluación y control de ruido en las termoeléctricas de Cuba. Tesis doctoral. Santa Clara. Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.

Imam, L., & Hannan, S. A. (2017). Noise-induced hearing loss: a modern epidemic? British Journal of Hospital Medicine, 78(5), 286-290. Disponible en: <https://doi.org/10.12968/hmed.2017.78.5.286>

Infante Salamanca, J., & Proaño Navas, E. D. (2012). Diseño y construcción de un panel absorbente con materiales de residuo sólido, Tesis de grado, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, Colombia.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Real Decreto 286/2006 Exposición de los trabajadores al ruido. Madrid, España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 503-1998: Confort acústico: el ruido en oficinas. Madrid, España.

International Organization for Standardization, ISO 10534-1:1998 Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedances tubes -Part 1: Method using standing wave ratio.

International Organization for Standardization, ISO 3382-1:2009 Acoustics - Measurement of Room Acoustic Parameters – Part 1: Performance Spaces, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization, ISO 1996-1:2005 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise- Part 1: Basic quantities and assessment procedures, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization, ISO 1996-2:2017 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise- Part 2: Determination of sound pressure levels, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Irwin, J.D. and Graf, E.R. (1979). *Industrial Noise and Vibration Control*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Jablonska, J., & Trocka-Leszczynska, E. (2019). Ergonomics of Sound in a Hotel Environment. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 57-65). Springer, Cham. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20151-7_6

Jóźwik, J., Wac-Włodarczyk, A., Michałowska, J., & Kłoczko, M. (2018). Monitoring of the noise emitted by machine tools in industrial conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 19(1). Disponible en: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1602>

Jovanović, S. (2019). Green hotels as a new trend in the function of sustainable development and competitiveness improvement. *Economics of Sustainable Development*, 3(1), 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.5937/esd1901001j>

Joynes, S (2019) Note of management and control of noise from the proposed venue at 18 Marmion Road, Southsea Portsmouth. Disponible en: <https://democracy.portsmouth>.

[gov.uk/documents/s22529/Lic%20sub%208%20April%2019%20noise%20consultant%20report.pdf](https://www.gov.uk/documents/s22529/Lic%20sub%208%20April%2019%20noise%20consultant%20report.pdf)

- Kaddatz, S., & Jue, D. (2019). Exterior Noise Reduction Results Following PTAC and Window Replacement for Hotel Rooms. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 260, No. 1, pp. 448-453). Institute of Noise Control Engineering. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp/2019/00000260/00000001/art00049>
- Kausek, J. (2007). OHSAS 18001: Diseño e implementación de un sistema efectivo de gestión de salud y seguridad, Lanham, Md: Government Institutes.
- Kerr, M. J., Neitzel, R. L., Hong, O., & Sataloff, R. T. (2017). "Historical review of efforts to reduce noise-induced hearing loss in the United States," *Am. J. Ind. Med.* 60(6), 569–577. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ajim.22627>
- Khan, J., Ketzler, M., Kakosimos, K., Sørensen, M., & Jensen, S. S. (2018). Road traffic air and noise pollution exposure assessment—A review of tools and techniques. *Science of The Total Environment*, 634, 661-676. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.374>
- Kim, K., Shin, J., Oh, M., & Jung, J. K. (2019). Economic value of traffic noise reduction depending on residents' annoyance level. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(7), 7243-7255. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04186-2>
- Kramers, A., Höjer, M., Lövehagen, N., & Wangel, J. (2013). ICT for Sustainable Cities: How ICT can support an environmentally sustainable development in cities. Paper presented at the ICT4S 2013: Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability, ETH Zurich. Disponible en: <https://doi.org/10.5446/34506>
- Krůkle, Z., & Bendere, R. (2017). Proposals for Environmental Noise Management Boost at a National Level in the European Union Member States. *European Integration Studies*, (11), 199-210. Disponible en: <https://doi.org/10.5755/j01.eis.0.11.18133>
- Kumar, A., Kumar, P., Mishra, R. K., & Shukla, A. (2018). Study of air and noise pollution in mega cities of India. In *Environmental pollution* (pp. 77-84). Springer, Singapore. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-5792-2>

- Kurra, S. (2020). Environmental noise and management: overview from past to present. New York: Wiley.
- Kuttruff, H., & Mommertz, E. (2012). Room Acoustics 10. *Handbook of Engineering Acoustics*, 239. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-69460-1>
- Lan, Z., & Cai, M. (2021). Dynamic traffic noise maps based on noise monitoring and traffic speed data. *Transportation research part D: transport and environment*, 94, 102796. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2021.102796>
- Land Transport Authority (2019) Noise guidance: developing a noise management plan. Construction Safety & Environmental Protection Division, Safety & Contracts Group, Singapore.
- Lau, S.K. & Tang, S.K. (2009). Performance of a noise barrier within an enclosed space. *Appl. Acoust.* 70 (1): 50–57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.apacoust.2008.01.006>
- Lazo Antúnez, R., Segura Córdoba, N., Chacaltana Pérez, L., & Yupanqui Olmos, L. (2009). El Ruido y sus Efectos. Servicios Thasos, 21.
- Lestari, P. W., & Nabilah, L. (2018). Correlation between Noise Intensity and The Level of Labor Fatigue at Yello Hotel Project. *Advanced Science Letters*, 24(9), 6461-6463. Disponible en: <https://doi.org/10.1166/asl.2018.12746>
- Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H. A., Tynes, T., Mehlum, I. S., Nordby, K. C., & Tambs, K. (2016). Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*, 89(3), 351-372. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00420-015-1083-5>
- Llanes Font, M., & Lorenzo Llanes, E. J. (2017). Gestión integrada por procesos. Encadenamiento dinámico de interacciones relevantes para su despliegue / Process integrated management. Dynamic linking of interactions relevant to their deployment. Ciencias Holguín, vol. 23, no. 1. Holguín, Cuba. ISSN: 1027-2127. Disponible en: <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/998>
- López Ugalde, A. C., Fajardo Dolci, G. E., Chavolla Magaña, R., Mondragón González, A., & Robles, M. I. (2000). Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia

pública. Revista Facultad de Medicina, 2. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2000/un002b.pdf>

López Barrio, I. & Carles Arribas, J.L. (1997) La calidad sonora de Valencia, espacios representativos. Fundació Bancaixa, Valencia, España.

López Moreda, L. J.(2010) Tecnología para la evaluación del desempeño ambiental de empresas hoteleras basada en índices de riesgo. Caso-Varadero. Tesis Doctoral. Universidad de Matanzas. Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.

Luis Reyes, J., & Guido Solís, J. E. (2012). Diseño de un teatro estilo griego para orquestas sinfónicas. Tesis para obtener el título de ingeniero en comunicaciones y electrónica.

Maekawa, Z. (1968) Noise reduction by screens. Applied Acoustics Journal; vol.1; no. 3; pp. 157–173. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0003-682X\(68\)90020-0](https://doi.org/10.1016/0003-682X(68)90020-0)

Maran, A.G.D & Stell, P.M. (1981). Otorrinolaringología clínica. Editorial Espaxs, Barcelona, p. 137.

Martínez Rodríguez, M. Á., Pelegrín Naranjo, A., Pelegrín Naranjo, L., & Naranjo Lluart, M. R. (2021). Buenas prácticas ambientales en hoteles caso de estudio: Iberostar Grand Trinidad. *ECA Sinergia*, 12(2), 69-82. Disponible en: http://dx.doi.org/10.33936/eca_sinergia.v12i2.3506

Matviyk, A., & Sobin, O. (2019). Implementation of modern acoustical insulation materials in hotel.

Mao, Z., Yang, Y., & Wang, M. (2018). Sleepless nights in hotels? Understanding factors that influence hotel sleep quality. *International Journal of Hospitality Management*, 74, 189-201. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.05.002>

McGar J. (2015). Sleeping Soundly: how to get hotel acoustics right. Sourceable Industry news & Analysis, Engineering. Disponible en: <https://www.kcl.ac.uk/sleeping-soundly>

Medina Ruíz, B. A., Báez Rodríguez, M., Villalba Torres, C., Mongelós Sars, R., & Mayeregger Cuenca, I. (2018). Pérdida auditiva inducida por ruido en trabajadores expuestos en su ambiente laboral. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas* (Vol. 51, No. 1, pp. 47-56). Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/pt/biblio-946440>

- Ministerio del Trabajo y Seguridad Social (MTSS) (2016). Código del trabajo de la República de Cuba. La Habana, Cuba.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (1999). Decreto Ley 200/99. "De las contravenciones en materia de medio ambiente". La Habana, Cuba.
- Miyara, F. (1999). Control de ruido. Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica, España. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/CDcont.htm>
- Monash University (2019) Noise management procedure. Australia. Disponible en: https://www.monash.edu/_data/assets/pdf_file/0003/2058942/NoiseManagement-Procedure.pdf
- Molina Coronell, J., Celin Mancera, W., & Solano Mazo, C. (2017). Analizando ondas estacionarias en tubos abiertos y cerrados con el uso de smartphone. *Revista mexicana de física E*, 63(1), pp. 76-82. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v63n1/1870-3542-rmfe-63-01-76.pdf>
- Moradpour, Z., Farhadi, S., Mohsenabadi, M., Jalali, M., & Hesam, G. (2018). Using the Absorptive-Dissipative Silencer in Air Conditioning Systems of an Office Environment in Order to Provide Acoustic Comfort. *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*, 5(4), 1138-1143. Disponible en: <https://oaji.net/articles/2017/509-1540264161.pdf>
- Moraga Cabello, J. P. (2011). *Diagnóstico y propuestas para el control de ruido en la nave convertidores de la fundición caletones–división el teniente codelco Chile*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Acústico, Universidad Austral de Chile.
- Murillo Gómez, D. M. (2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 56–62. Disponible en: <https://doi.org/10.21500/20275846.2808>
- Murphy, W., Qiu, W., & Zhang, M. (2021, August). Evaluating worker noise exposure levels in the presence of complex noise. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 263, No. 5, pp. 1733-1743). Institute of Noise Control Engineering. Disponible en: <https://doi.org/10.3397/IN-2021-1910>

National Institute for Occupational Safety and health (NIOSH) & Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2018). Controls for Noise Exposure.

National Institute for Occupational Safety and Health-NIOSH (1998). Criteria for a recommended standard. United States.

Negreira, J.(2018) Acondicionamiento acústico en espacios hospitalarios. Revista científica y técnica de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria, 48. Disponible en: <https://www.eneroarquitectura.com/buen-acondicionamiento-acustico-hospitales/>

Nieuwenhuijsen, M. J., Ristovska, G., & Dadvand, P. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and adverse birth outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1252. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101252>

Novoa Oropeza, T. J. (2020). Análisis de buenas prácticas ambientales en un hotel de 5 estrellas de una cadena hotelera. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. Tesis en opción al título de Ingeniero ambiental. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1092>

NSW Work Health and Safety (2021) Managing noise and preventing hearing loss at work. Code of Practice. Disponible en: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/doc/model-code-practice-managing-noise-and-preventing-hearing-loss-work>

OACI, (2019) Nota de estudio A40-WP/104 EX 42, Asamblea internacional, 40 período de sesiones. Disponible en: <https://www.icao.int/Meetings/A40/Documents/WP/wp104es.pdf>

Ochoa Avila, M. B., & Leyva Driggs, D. (2021). Mejoras en la gestión ambiental del hotel Iberostar Ordoño del destino turístico de Gibara, Cuba. *Explorador Digital*, 5(1), 297-316. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v5i1.1504>

Oficina Nacional de Normalización, NC 26:2007 Ruido en zonas habitables-requisitos higiénico sanitarios. La Habana, Cuba.

Oficina Nacional de Normalización, NC 775-9:2010 Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas- Parte 9: Requisitos de Mecánica. La Habana, Cuba.

Oficina Nacional de Normalización, NC 116:2011 Seguridad y Salud en el trabajo. Requisitos ergonómicos básicos a considerar en los puestos, procesos y actividades de trabajo (ISO 6385:1981, MOD). La Habana, Cuba.

- Oficina Nacional de Normalización, NC 871:2011 Seguridad y Salud en el Trabajo-Ruido en el ambiente laboral-requisitos higiénico sanitarios generales. La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización, NC ISO 1999:2011 Seguridad y Salud en el Trabajo-Acústica- determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación de las pérdidas auditivas inducidas por el ruido. La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización, NC ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad. La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización, NC ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización, NC ISO 31000:2018 Administración/ Gestión de riesgos. La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización, NC ISO 45001:2018 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo-Requisitos con orientación para su uso. La Habana, Cuba.
- Omokhodion, F. O., Ekanem, S. U., & Uchendu, O. C. (2008). Noise levels and hearing impairment in an urban community in Ibadan, Southwest Nigeria. *Journal of Public Health*, 16(6), 399-402. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs10389-008-0196-7>
- Ormaechea , E. (2000). Efectos del Ruido sobre la Salud, la Sociedad y la Economía. *Cuerpo y Mente*, 17. Disponible en: <https://estrucplan.com.ar/efectos-del-ruido-sobre-la-salud-la-sociedad-y-la-economia/>
- Ormanza Murillo, M.P.(2015) Modelo objetivo e integral para el diagnóstico ergonómico en universidades con unidades de docencia, investigación y vinculación. Tesis doctoral. Universidad de Matanzas, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.
- Orozco Romo, J. M., & Gómez Sánchez, A. (2012). La percepción social del ruido como contaminante. Miguel Aguilar, Enrique Delgado, Valente Vázquez y Óscar Reyes (coords.), *Ordenamiento territorial y participación social: problemas y posibilidades*, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- OSHA (2008). Standard 1910. 95 Subpart G Occupational Health and environmental control. United States. Disponible en: <https://www.osha.gov/lawsregs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>

- Parejo Gamboa, Marta,(2013). Absorbentes acústicos a partir de residuos agrícolas, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Párraga Velásquez , M., & García Zapata, T. (2005). El ruido y el diseño de un ambiente acústico. *Industrial Data Revista de Investigación*, 5. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/idata.v8i2.6196>
- Perdomo Hector, A. (2019). Estudio de ruido en el hotel Be Live Experience Tuxpan. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Pérez Miñana, J. (1969). Compendio práctico de acústica, 1era ed. Barcelona: Labor, pp. 159-182.
- Pleban, D. (2021). Occupational Noise and Workplace Acoustics. *Advances in Measurement and Assessment Techniques*. 1st Ed. CRC Press.
- Quiala Armenteros, Y. (2011). El ruido también contamina. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 11(21). Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/21.04.pdf>
- RAE (2020) Definición de ruido. Disponible en: <https://dle.rae.es/ruido>
- Rasmussen, B. & Rindel, J. H. (2010) Sound insulation between dwellings—requirements in building regulations in Europe. *Appl Acoust* 71: 373–385. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.08.011>
- Rastelli Montbrun, V. H., Rastelli, V., & Montbrun, N. (2017). Control de ruido aéreo de enfriadores a través de paredes dobles para habitación en hotel de cinco estrellas en Caracas. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(2), 113-122.
- Redel Macías, M. D., Berckmans, D., & Cubero Atienza, A. J. (2010). Modelo de identificación de fuentes sonoras. Aplicación al ruido del motor de un automóvil. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(3), 34-41. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(10\)70040-6](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(10)70040-6)
- Reinten, J., Braat-Eggen, P. E., Hornikx, M., Kort, H. S., & Kohlrausch, A. (2017). The indoor sound environment and human task performance: A literature review on the role of room acoustics. *Building and Environment*, 123, 315-332. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.005>
- Rodríguez Casals, C. (2016) El problema de la contaminación acústica en nuestras ciudades: evaluación de la actitud que presenta la población juvenil de grandes

núcleos urbanos: el caso de Zaragoza. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España.

Rodríguez Cisneros, Y., & Baldeón Quispe, W. (2018). Evaluación del ruido y el confort acústico en la Biblioteca Agrícola Nacional. Lima, Perú. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 64(250), 17-32. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v64n250/0465-546X-mesetra-64-250-00017.pdf>

Rodríguez González, I.; Torrens Álvarez, O; Leyva Bruzón, L., Pérez-Delgado Fernández, A. y otros (2007). *Seguridad y Salud en el trabajo*. La Habana: Félix Varela.

Rodríguez Manzo, F. E. (2015). Ruido ambiental, comunicación y normatividad en la Ciudad de México. *Razón y palabra*, (91). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199541387021.pdf>

Rodríguez Montejano, R.M. (2003). *Propiedades Acústicas del Caucho Granular*, Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España,

Romero Ibáñez, A. (2010). Estudio de la reducción del ruido aerodinámico de trenes de alta velocidad con pantallas acústicas. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Santander, España.

Salazar Bugueño, A. M. (2013). *Pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

Salvendy, G. (2012). *Handbook of human factors and ergonomics*. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. West Lafayette, Indiana. Estados Unidos.

Santos de La Cruz, E. (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado. *Industrial data*, 10(1), 11-15. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/idata.v10i1.6201>

Sanahuja Perales, J. A., & Tezanos Vázquez, S. (2017). Del milenio a la sostenibilidad: retos y perspectivas de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Disponible en: <https://doi.org/10.5209/POSO.51926>

SA/SNZ (Standards Australia/Standards New Zealand). (2005). AS/NZS 1269 Set:2005 Occupational Noise Management Set. Sydney and Wellington: Standards Australia/Standards New Zealand. Disponible en: [https://www.saiglobal.com/PDFTemp/Previews/OSH/as/as1000/1200/1269.1-2005\(+A1\).pdf](https://www.saiglobal.com/PDFTemp/Previews/OSH/as/as1000/1200/1269.1-2005(+A1).pdf)

- Schwela, D. (2021). Review of environmental noise policies and economics in 2014-2016. *South Florida Journal of Health*, 2(1), 46-61. Disponible en: <https://doi.org/10.46981/sfjvhv2n1-004>
- Seddeq, H.S. , Aly, N.M. , Marwa A, A., & Elshakankery, M. H.(2013). *Investigation on sound absorption properties for recycled fibrous materials*.Cairo, Egipto, 43, 56-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1177%2F1528083712446956>
- Segués Echazarreta, F.(2008). Medidas preventivas y correctoras del ruido de tráfico, Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Escuela de Negocios. Madrid, ES.
- Segura Alcaraz, P. Segura Alcaraz, J.G., Montava Seguí,I. & Bonet Aracil, M. A. (2020) Optimización de la absorción de sonido de un material textil. *DYNA Ingeniería e Industria (Online)*, 95(3), 313-316. Disponible en: <https://doi.org/10.6036/9570>
- Setyawan, F. E. B. (2021). Prevention of noise induced hearing loss in worker: A literature review. *JKKI: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 12(2). Disponible en: <https://journal.uii.ac.id/JKKI/article/view/18128/pdf>
- Shahidan, S., & Hannan, N. I. R. R. (2020). Environmental Noise. In *Acoustic And Non-Acoustic Performance Coal Bottom Ash Concrete* (pp. 15-24). Springer, Singapore. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-7463-4>
- Sharland, I. (1972). *Woods Practical Guide to Noise Control*. Waterlow, London: Woods of Colchester.
- Sierra Calderón, D. D., Severiche Sierra, C. A., Bedoya Marrugo, E. A., & Meza Aleman, M. (2017). Occupational implications by exposure to industrial noise: A review. *International journal of applied engineering research*, 12(21), 11424-11431. Disponible en: https://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n21_127.pdf
- Sliwinska-Kowalska, M., & Davis, A. (2012). Noise-induced hearing loss. *Noise and Health*, 14(61), 274-280. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.104893>
- Sliwinska-Kowalska, M., & Zaborowski, K. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *International journal of environmental research and public health*, 14(10), 1139. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101139>

- Sommerhoff, J., Recuero, M., & Suárez, E. (2006). Relationship between loudness perception and noise indices in Valdivia, Chile. *Applied Acoustics*, 67(9), 892-900. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2005.07.004>
- Speaks, H., & Beamer, B. (2020). Developing a simple tool noise comparison procedure for use in a Buy Quiet program. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 261, No. 3, pp. 3048-3056). Institute of Noise Control Engineering.
- Stanwell (2020) Noise Management Document Number – OHS-PROC-133. Disponible en: <https://www.stanwell.com/wp-content/uploads/Noise-Management-procedure.pdf>
- Stearn, J. A. (2018). Interventions and outcome measures for occupational hearing loss: two scoping reviews. University of Canterbury Research Repository. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26021/7907>
- Subramaniam, M., Hassan, M. Z., Sadali, M. F., Ibrahim, I., Daud, M. Y., Aziz, S. A., & Sarip, S. (2019). Evaluation and analysis of noise pollution in the manufacturing industry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1150, No. 1, p. 012019). IOP Publishing. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1150/1/012019/pdf>
- Suhardi, B., Abdu Haq Navi, M., & Dwi Astuti, R. (2019). Noise level analysis to reduce noise exposure at PT. IT. *Cogent Engineering*, 6(1), 1666629. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1666629>
- SWA (Safe Work Australia). (2018). Code of Practice: Managing noise and preventing hearing loss at work. Canberra, ACT. Disponible en: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/doc/model-code-practice-managing-noise-and-preventing-hearing-loss-work> .
- Szopinska, K. (2017). Creation of Theoretical road traffic noise model with the help of GIS. In *Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE* (Vol. 10, pp. 1-8). Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.122>

- Tang, X., & Yan, X. (2017). Acoustic energy absorption properties of fibrous materials: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 101, 360-380. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2017.07.002>
- Tickell, C. (2012) 20 years of using the Noise Exposure Indicator and new strategies in effective occupational noise management. Proceedings of Acoustics. Fremantle. Disponible en: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AAS2012/papers/p13.pdf
- Tomlinson Building Ltd. (2016) Noise management procedure. Little Eaton, England.
- Torres García, L. M., Robles Carrera, M., & Noda Rubio, I. (2015). Estudio de la hipoacusia inducida por ruido en trabajadores utilizando el modelo de aplicación del instituto nacional de salud de los trabajadores de cuba. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 16(2), 37-43. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubsaltra/cst-2015/cst152f.pdf>
- Truffín Hernández, R. C., & Pérez Truffín, A. (2019). Necesidad de conocimientos sobre el ruido en el accionar del médico de familia. *Edumecentro*, 11(4), 295-299. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/edumecentro/ed-2019/ed194w.pdf>
- UNE ISO 3382:2009. Acústica – Medición de parámetros acústicos en recintos (partes 1, 2 y 3), International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza
- Unión Europea, Observatorio de Salud y Medio Ambiente Andalucía, & Junta de Andalucía. (2002). Ruido y Salud. Ruido y Salud, 68. Disponible en: https://issuu.com/gaes/docs/observatorio_5_ruidoysaludbarcelona
- University of the West of Scotland (2018). Control of Noise at work procedure. Disponible en: <https://www.uws.ac.uk/media/5345/control-of-noise-at-work-procedure-march-2019.pdf>
- UNSW (2016) OHS708 Noise Management Procedure. Disponible en: <https://www.gs.unsw.edu.au/policy/documents/HS708.pdf>
- Valls Figueroa, W. (2006). Procedimiento para la Evaluación, Análisis y Diagnóstico de la calidad en Destinos Turísticos de sol y playa. Tesis doctoral. Universidad de Matanzas, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.

- Van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *International journal of environmental research and public health*, 15(2), 379. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph15020379>
- Van Renterghem, T., Hernalsteen, H., & Brown, A. L. (2019, September). Comparing noise policies of eight European cities using a noise intervention classification scheme. In *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019), Aachen, Germany* (pp. 9-13). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10072/397856>
- Vardaxis, N. G., Bard, D., & Persson Waye, K. (2018). Review of acoustic comfort evaluation in dwellings—part I: Associations of acoustic field data to subjective responses from building surveys. *Building Acoustics*, 25(2), 151-170. Disponible en: <https://doi.org/10.1177%2F1351010X18762687>
- Vargas Febres, C. G. (2018). Índices de confort acústico en viviendas multifamiliares de la Provincia de Cusco. *Mast'ariy*, 1(5), 55-62. Disponible en: <https://revistas.uandina.edu.pe/index.php/mastariy/article/view/176>
- Ver, I.L. & Beranek, L.L. (2005). *Noise and Vibration Control Engineering – Principles and Applications*, 2e. Hoboken, NJ: Wiley.
- Viña Brito, S. & Gregori Torada, E. (1987). Ergonomía. *Pueblo y Educación*: La Habana. Cuba.
- Wang, H., Chen, H., & Cai, M. (2018). Evaluation of an urban traffic Noise–Exposed population based on points of interest and noise maps: The case of Guangzhou. *Environmental Pollution*, 239, 741-750. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.036>
- WHO (1999). Guidelines for community noise. Londres, Reino Unido. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
- WHO. (2019) Deafness and Hearing Loss. World Health Organization. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Wilson, C.E. (2006). *Noise Control*, rev. ed. Malabar, FL: Kreiger.
- Workplace Health and Safety Queensland (2018). Managing noise and preventing hearing loss at work. Code of practice. Disponible en: <https://worksafe.tas.gov.au/>

data/assets/pdf_file/0016/537100/Code-of-Practice-Managing-noise-and-preventing-hearing-loss-a....pdf

Wrótny, M., & Bohatkiewicz, J. (2020). Impact of Railway Noise on People Based on Strategic Acoustic Maps. *Sustainability*, 12(14), 5637. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12145637>

Yepes Palacio, D. L., Gómez Marín, M., Sánchez Arredondo, L. H., & Jaramillo Rojas, A. C.(2009) Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano-caso Medellín *Dyna*, 76, 158, 29-40. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/10243>

Zambon, G., Benocci, R., Orga, F., Alsina Pagés, R. M., Alías, F., & Socoró, J. C. (2017). Real-time urban traffic noise maps: the influence of Anomalous Noise Events in Milan Pilot area of DYNAMAP. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 255, No. 4, pp. 3647-3656). Institute of Noise Control Engineering. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/APP7020146>

Zevitas, C. D., Spengler, J. D., Jones, B., McNeely, E., Coull, B., Cao, X., & Allen, J. G. (2018). Assessment of noise in the airplane cabin environment. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 28(6), 568-578. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41370-018-0027-z>

Anexos

ANEXOS

Anexo 1.1: Definiciones de ruido dadas por varios autores

Autor (Año)	Definición
Viña Brito & Gregori Torada (1987)	El ruido es un sonido indeseable.
WHO (1999)	El ruido se define como sonido no deseado
López Ugalde, <u>et al.</u> (2000)	Sonido desagradable y molesto, con niveles excesivamente altos que son potencialmente nocivos para la audición
Ormaechea (2000)	Sonido dañino para quien lo percibe
UE, OSMAA & JA (2002)	El ruido es por tanto un caso particular de sonido, una emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia
Sommerhoff (2006)	Se define como un conjunto de sonidos no armónicos o descompasados que no nos es grato. Solo se interpreta como ruido cuando afecta psicológicamente o fisiológicamente en forma negativa a las personas.
Alonso Becerra <u>et. al</u> (2007)	Es un sonido indeseable que no brinda información útil al trabajador y puede originar daño a la salud e interferir en las comunicaciones.
Rodríguez González <u>et. al</u> (2007)	Es la suma compleja de varios sonidos o tonos puros o, también de aquellos sonidos de vibraciones irregulares o de impulsos confusos y que, a los efectos prácticos, se puede considerar como aquello sonido que, por su intensidad, composición espectral u otras causas, es no deseado o puede originar daño a la salud.
Santos de la Cruz (2007)	Es el conjunto de sonidos ambientales nocivos que recibe el oído, por estas características es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos tanto fisiológicos y psicológicos.
NC 26/2007	Sonido asociado a una sensibilidad negativa o sensación de molestia con posible daño a la salud y el bienestar.
Cortés Barragán, <u>et al.</u> (2009)	Sonido no agradable que origina sensaciones desagradables e interfiere con la actividad humana, siendo el ruido una apreciación subjetiva y molesta del sonido.
(Lazo Antúnez, <u>et al.</u> , 2009)	El ruido es un sonido indeseado y desagradable, que puede perjudicar la capacidad del trabajador al ocasionar tensión y perturbar la concentración
Orozco Romo & Gómez Sánchez (2012)	Es todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas.
García Dihigo (2017)	Sonido que está en discrepancia por una dependencia temporal compleja que no se repite. Sonido que interfiere en la comunicación entre las personas o en sus actividades y que puede resultar incluso perjudicial para la salud humana.
Truffín Hernández & Pérez Truffín (2019)	Sonido no deseado que resulta desagradable e inoportuno y carece de calidad armónica
RAE, 2020	Sonido inarticulado, por lo general desagradable

Fuente: elaboración propia

Anexo 1.2: Parámetros que caracterizan al sonido

Parámetro	Definición	Unidad de medida
Frecuencia	Es el número de veces que se repite una vibración en un intervalo de tiempo (Arias Castro, 2019)	ciclos/segundo (Hz)
Longitud de onda	Es la distancia que existe entre dos puntos consecutivos que vibran con igual fase en una onda, o la distancia que recorre una onda en un período de tiempo (T) (Alonso Becerra <i>et. al.</i> , 2007)	metros (m)
Nivel de Presión Sonora (NPS)	Constituye una diferencia entre dos niveles de presión; la mínima audible por el ser humano de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa y la máxima correspondiente al umbral del dolor de $2 \cdot 10^4$ Pa. (Rodríguez González <i>et.al.</i> , 2007)	Decibel (dB)
Intensidad sonora	Es la energía acústica promedio por unidad de tiempo que pasa a través de una unidad de área normal a la dirección de propagación (Alonso Becerra <i>et. al.</i> , 2007)	(W/m ²)
Potencia sonora	Describe la cantidad de energía sonora que produce la fuente por unidad de tiempo. Es la intensidad sonora promedio producida en un campo libre a una distancia r de una fuente puntual. (Alonso Becerra <i>et. al.</i> , 2007)	(W) ó (dB)
Reflexión	Es el cambio de dirección de una onda al entrar en contacto con la superficie que separa dos medios diferentes (Rodríguez González, <i>et.al.</i> , 2007)	-
Reverberación	Fenómeno acústico de reflexión que se produce en un recinto cuando un frente de onda o campo directo incide contra las paredes, suelo y techo del mismo (Alton, 2001)	-
Difracción	Es la propiedad del sonido para rodear obstáculos y propagarse por todo un local a través de una abertura (García Dihigo & Real Pérez, 2005)	-
Absorción	Es la parte de la energía incidente que se disipa al contacto con un material y que afecta a la propagación del sonido (Tang & Yang, 2017)	Coefficiente entre 0 y 1

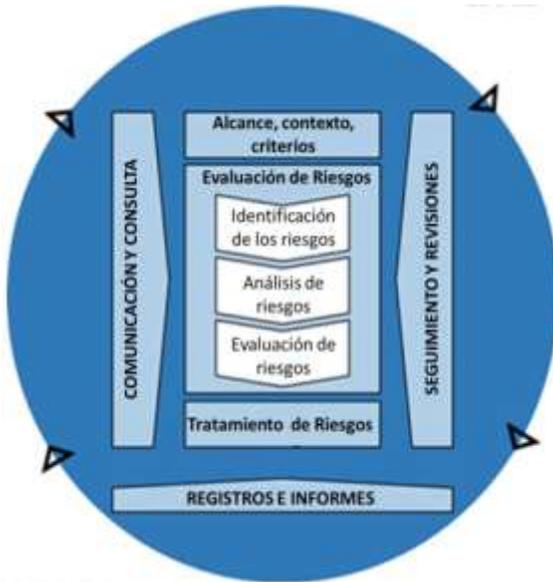
Fuente: elaboración propia.

Anexo 1.3: Principales normas de ruido en Cuba

Norma	Descripción
NC 19-01-06, 1983	Plasma los requisitos generales para realizar mediciones de ruido y su correspondiente valoración, en los lugares donde se encuentren personas.
NC 19-01-10, 1983	Ofrece un método para determinar la potencia sonora del ruido emitido por máquinas, mecanismos, equipos técnicos y otras fuentes sonoras.
NC 19-01-13, 1983	Establece los diferentes métodos de exámenes audiométricos para determinar la pérdida auditiva. Reconoce tres grados de hipoacusia profesional.
NC-ISO 7188, 2005	Especifica un método para medir el ruido emitido por los vehículos de pasajeros (como se define en ISO 3833) en movimiento.
NC 26, 2007	Establece el método de medición del nivel sonoro utilizado como indicador del ruido ambiental junto a posibles modelos de pronóstico y niveles máximos admisibles y tolerables en zonas habitables, tanto en el interior de la vivienda como en las áreas urbanizadas aledañas.
NC ISO 1999, 2011	Especifica un método para calcular el desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido, que se espera que se produzca en los niveles umbrales de audición de una población de personas adultas, como consecuencia de la exposición a ruido de distintos niveles y duraciones; proporciona la base para calcular el déficit auditivo según diversas fórmulas, cuando los niveles umbrales de audición, medidos en las frecuencias audiométricas usuales o en combinaciones de estas frecuencias, sobrepasan cierto valor .
NC 871, 2011	Establece los requisitos higiénico sanitarios en el ambiente laboral en cuanto a los aspectos generales de la evaluación del ruido como factor de riesgo y de la protección del trabajador expuesto al mismo, al tomar en cuenta tanto criterios de evaluación básicos para determinar los niveles de exposición al riesgo, así como los valores máximos admisibles que se deben aceptar para las diferentes actividades laborales según el criterio de evaluación del riesgo que seleccione el especialista para caracterizar la situación higiénica. La norma establece términos y definiciones básicos necesarios para definir los criterios de evaluación para el ambiente laboral de dicho factor de riesgo.

Fuente: elaboración propia.

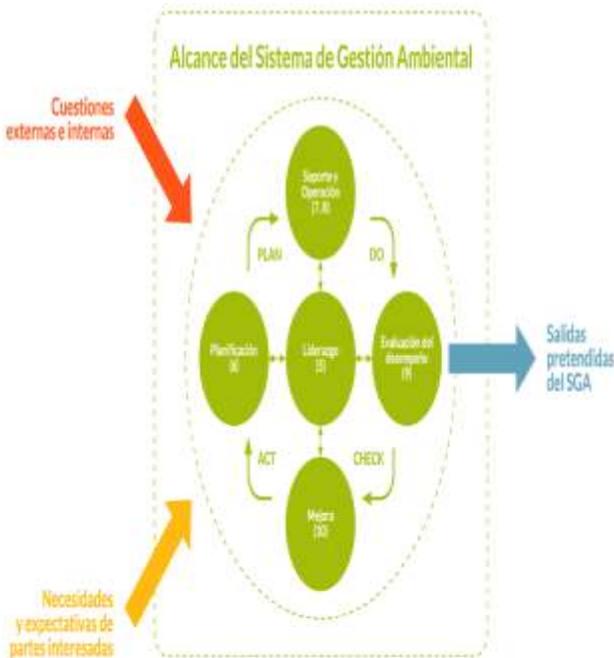
Anexo 1.4: Modelos de gestión según ISO 31000, ISO 45001, ISO 14001 e ISO 9001



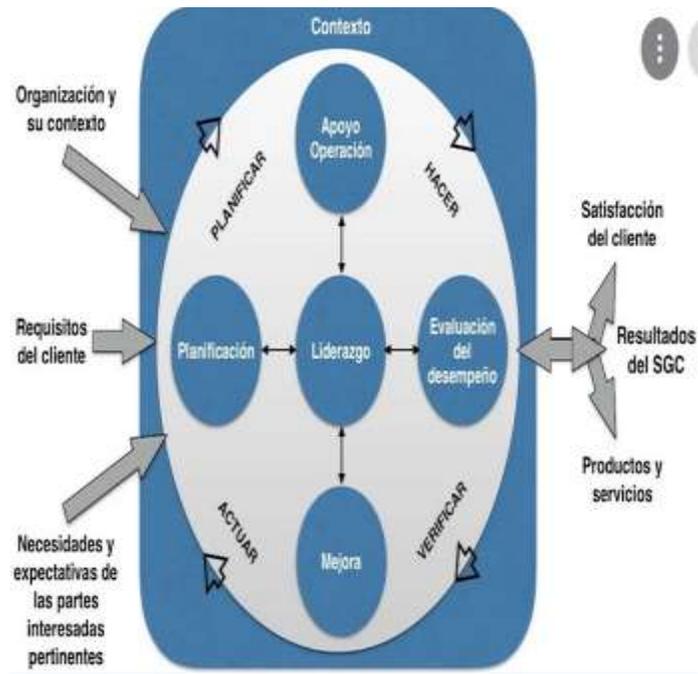
Proceso de riesgos ISO 31000



Marco de referencia para la gestión de la SST (con concepto PHVA)



Modelo de Sistema de gestión ambiental



Modelo Sistema de gestión de la calidad

Fuente: tomado de NC ISO 31000; NC ISO 45001; NC ISO 14001 y NC ISO 9001.

Anexo 1.5: Presencia de atributos en los procedimientos de gestión de ruido

Procedimiento / Atributos	NOHS (1991)	NIOSH (1998)	WHO (1999)	SA/SNZ (2005)	OSHA (2008)	Tickell (2012)	Corkery, et.al. (2013)	Tomlinson (2016)	UNSW (2016)	UWS (2018)	WHSQ (2018)	Joyes (2019)	LTA (2019)	MonashUniversity (2019)	OACI (2019)	Stanwell (2020)
Definición de una etapa organizativa	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Empleo de consultores externos especializados	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
Presencia de la consulta y participación	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Propuesta de técnicas de identificación	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Descripción de técnicas de identificación	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Propuesta de métodos e indicadores de evaluación	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Descripción de métodos e indicadores de evaluación	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Empleo de los mapas de ruido para el diagnóstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Propuesta de técnicas de control	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Descripción de técnicas de control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Considera el monitoreo y verificación (Retroalimentación)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2.1: Criterio N de evaluación para ruidos constantes

Criterio	Frecuencias medias (Fm) de las bandas octavas							
N	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	63	52	44	39	35	32	30	28
40	67	57	49	44	40	37	35	33
45	71	61	54	49	45	42	40	38
50	75	66	59	54	50	47	45	44
55	79	70	63	58	55	52	50	49
60	83	74	68	63	60	57	55	54
65	87	79	72	68	65	63	61	60
70	91	83	77	73	70	68	66	64
75	95	87	82	78	75	73	71	69
80	99	92	86	83	80	78	76	74
85	103	96	91	88	85	83	81	80
90	107	100	96	93	90	88	86	85
95	111	105	100	97	95	93	91	90
100	115	109	105	102	100	98	96	95
105	118	113	110	107	105	103	102	100
110	122	118	114	112	110	108	107	105
115	126	122	119	117	115	113	112	110
120	130	126	124	122	120	118	117	116

Fuente: tomado de García Dihigo (2017).

Anexo 2.2: Valores máximos admisibles de ruido según la NC 871: 2011.

Requisitos que debe satisfacer la actividad. Tipo de actividad laboral	Valores máximos	
	Criterio N (dB)	Nivel sonoro equivalente continuo dB(A)
1. Todos los puestos y locales de trabajo.	80	85
2. Ejecución de operaciones manuales con comunicación acústica, tales como la dirección de máquinas e instalaciones móviles.	75	80
3. Ejecución de operaciones manuales sin operaciones intermedias, tales como el equipamiento y el servicio de las máquinas, labores microscópicas en electrónica, la mecánica de precisión y la óptica, sin medios ópticos auxiliares (lupa, microscopio).	70	75
4. Solución de tareas cotidianas relativas a la actividad intelectual con requisitos constantes de comunicación con un público variable; ejecución de procesos motores, donde existen operaciones intermedias, tales como labores administrativas; atención a los clientes y servicios de consulta.	65	70
5. Requisitos relativos a la recepción y el procesamiento de la información acústica, tales como la observación en pizarras de distribución; el servicio telefónico y la telegrafía; el servicio de despacho; búsqueda de defectos en equipos electrónicos; dibujo técnico; tareas de diseño.	60	65
6. Solución de tareas complejas cumpliendo requisitos relativos a actividades intelectuales, tales como la actividad de traducción, programación, trabajo en laboratorios docentes e investigativos.	55	60
7. Trabajo creador, cumplimentando requisitos relativos a la recepción y el procesamiento de la información, tal como impartir clases, actividades médicas; actividades científicas; diseño.	45	50
MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE.	80	85
8. Cabina de maquinistas de locomotoras diesel y eléctricas.		
9. Local para personal en los vagones de recorrido largo.	60	65
10. Vagones interprovinciales de pasajeros y vagones restaurantes.	70	75
MEDIOS DE TRANSPORTE MARITIMO.	80	85
11. Cuartos de máquinas de los buques.		
MEDIOS DE TRANSPORTE AEREO.	80	85
12. Cabinas y salones de aviones y helicópteros.		
MAQUINARIA AGRICOLA Y DE CONSTRUCCION.	80	85
13. Puestos de trabajo de los choferes y otro personal de servicio de tractores, cosechadoras, máquinas para el movimiento y preparación de la tierra y equipos utilizados en construcción de carreteras.		

Fuente: tomado de NC: 871:2011.

Anexo 2.3: Límites de confort establecidos por la NTP 503: 1998.

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	L _{Aeq} (dBA) (8 - 22 h)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
Administrativo y de oficinas	Despachos profesional.	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

Fuente: tomado de NTP 503: 1998

Anexo 2.4: Valores indicativos del índice PSIL.

PSIL (dB)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación normal (m)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en voz muy alta (m)
35	7,5	15
40	4,2	8,4
45	2,3	4,6
50	1,3	2,6
55	0,75	1,5
60	0,42	0,85
65	0,25	0,50
70	0,13	0,26

Fuente: tomado de NTP 503: 1998

Anexo 2.5: Atenuación en el aire (γ) en dB/100 m, en función de la frecuencia, la temperatura centígrada (T) y la humedad relativa ambiente (HRA).

HRA [%]	T [°C]	Frecuencia [Hz]						
		125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
20	10	0,058	0,120	0,327	1,100	3,62	9,15	15,4
	15	0,065	0,122	0,270	0,817	2,82	8,88	20,2
	20	0,071	0,139	0,260	0,653	2,15	7,41	21,5
	25	0,074	0,164	0,286	0,587	1,70	5,88	19,6
	30	0,073	0,187	0,341	0,600	1,45	4,71	16,5
	35	0,068	0,200	0,412	0,682	1,37	3,93	13,6
30	10	0,055	0,105	0,228	0,677	2,35	7,66	18,7
	15	0,060	0,121	0,223	0,545	1,77	6,20	19,0
	20	0,062	0,142	0,252	0,501	1,41	4,85	16,6
	25	0,059	0,160	0,304	0,527	1,22	3,88	13,7
	30	0,054	0,168	0,367	0,615	1,18	3,27	11,3
	35	0,049	0,165	0,422	0,755	1,28	2,97	9,45
40	10	0,052	0,104	0,198	0,507	1,68	5,90	17,7
	15	0,054	0,123	0,218	0,451	1,31	4,57	15,6
	20	0,052	0,139	0,263	0,465	1,12	3,60	12,8
	25	0,048	0,147	0,319	0,539	1,07	3,01	10,4
	30	0,043	0,145	0,370	0,663	1,14	2,70	8,71
	35	0,038	0,136	0,400	0,815	1,34	2,65	7,59
60	10	0,045	0,105	0,190	0,386	1,10	3,84	13,4
	15	0,043	0,118	0,231	0,406	0,95	3,03	10,8
	20	0,039	0,123	0,279	0,480	0,93	2,54	8,78
	25	0,034	0,118	0,318	0,596	1,02	2,32	7,34
	30	0,030	0,109	0,336	0,729	1,22	2,34	6,47
	35	0,026	0,098	0,332	0,845	1,51	2,58	6,07
80	10	0,038	0,102	0,197	0,357	0,88	2,87	10,3
	15	0,034	0,107	0,240	0,415	0,83	2,37	8,28
	20	0,030	0,104	0,277	0,515	0,90	2,13	6,86

	25	0,026	0,096	0,295	0,635	1,07	2,11	5,98
	30	0,023	0,086	0,291	0,741	1,33	2,31	5,57
	35	0,020	0,076	0,273	0,803	1,64	2,74	5,60
100	10	0,032	0,096	0,203	0,355	0,77	2,35	8,37
	15	0,029	0,096	0,241	0,435	0,80	2,03	6,81
	20	0,025	0,090	0,283	0,542	0,92	1,94	5,81
	25	0,021	0,080	0,266	0,647	1,14	2,06	5,28
	30	0,018	0,071	0,252	0,717	1,42	2,40	5,18
	35	0,016	0,061	0,230	0,737	1,71	2,93	5,50

Fuente: tomado de Miyara (1999)

Anexo 2.6: Valores del coeficiente de absorción para diversos materiales

Material	Frecuencias (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Paneles acústicos	0,15	0,30	0,75	0,85	0,75	0,40
Yeso	0,03	0,03	0,20	0,03	0,04	0,05
Concreto u hormigón	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
Madera (playwood, pino)	0,15	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10
Fieltro	0,10	0,15	0,25	0,30	0,30	0,30
Muro de ladrillos	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Cortinas	0,05	0,12	0,15	0,25	0,37	0,50
Planchas de acero	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Espuma acústica (6 mm)	0,10	0,10	0,13	0,18	0,48	0,45
Espuma acústica (2,5 - 15 cm)	0,16	0,25	0,45	0,84	0,97	0,87
Fibra de vidrio (5 mm)	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
Fibra de vidrio (4 mm)	0,20	0,35	0,65	0,80	0,75	0,65
Fibra de vidrio (40 mm)	0,29	0,52	0,69	0,89	0,96	0,97
Absorción de una persona	0,18	0,04	0,46	0,46	0,57	0,46
Lana de vidrio (60 mm)	0,24	0,55	0,84	0,92	0,98	1,00
Espuma formaldehído (40 mm)	0,12	0,36	0,80	0,95	0,95	1,00
Corcho	0,12	0,27	0,72	0,79	0,76	0,77
Fibra amianto	-	0,55	0,65	0,75	0,80	0,80
Bloque de hormigón	0,30	0,45	0,30	0,25	0,40	0,25
Muro de ladrillo enlucido en yeso	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Piso de listones de madera	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,06
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Amianto proyectado (15 mm)	0,30	0,35	0,45	0,50	0,55	0,60
Butaca de madera	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
Suelo de goma de 5 mm sobre cemento	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Vidrio	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Suelo de corcho 20 mm sobre cemento	0,08	0,02	0,08	0,19	0,24	0,21

Fuente: tomado de García Dihigo (2017)

Anexo 2.7: Coeficiente de aislamiento sonoro o pérdidas por transmisión del sonido (R) para varios materiales

Material	Frecuencia (Hz)						R	m Kg/m ³
	125	250	500	1000	2000	4000		
Pared de ladrillo con repello ambas caras (210 mm)	40	46	51	54	59	62	53	480
Pared de ladrillo con repello ambas caras (75 mm)	31	39	39	37	49	53	40	170
Pared hormigón (150 mm)	38	42	47	54	61	64	50	350
Pared hormigón (60 mm)	35	32	33	41	47	52	39	140
Pared bloques (20 cm)	38	44	51	60	62	61	52	385
Pared bloques (15 cm)	32	40	48	54	59	65	48	320
Pared bloques (10 cm)	38	35	44	50	56	62	46	180
Plancha de goma (10 mm)	16	21	24	27	29	24	26	8
Playwood (25 mm)	16	25	26	24	30	36	26	15
Playwood (10 mm)	19	19	22	25	25	19	22	7
Tablero de bagazo (4 mm)	14	16	19	21	25	20	20	3
Plancha aluminio (2 mm)	13	15	22	26	30	33	22	5
Plancha acero CT-3 (7 mm)	33	38	39	40	30	42	39	55
Plancha acero CT-3 (3,5mm)	29	33	36	39	41	31	37	28
Plancha acero CT-3 (1 mm)	17	23	30	32	35	38	30	8
Manta de fibra de vidrio	27	23	27	34	39	41	32	-
Madera de pino (6 cm)	27	31	33	35	37	40	34	-
Vidrio (3 mm)	-	26	27	31	33	29	30	-
Panel de yeso	28	32	34	40	38	49	37	-
Techo placa hormigón(10 cm)	38	36	43	52	58	64	47	240
Techo placa hormigón(15 cm)	35	41	50	56	61	70	51	360
Techo de losa prefabricada	30	33	40	40	52	55	40	160

Puerta de acero (6 mm)	25	27	31	36	32	-	30	-
Puerta playwood (≥ 4 mm)	15	17	19	21	20	15	18	-
Puerta de madera con fieltro	29	33	36	34	41	40	36	-
Puerta metálica simple	17	21	26	31	35	40	31	-
Puerta de aluminio	19	19	26	31	30	34	27	-
Ventana de madera con vidrio de 3 mm de espesor	13	16	21	25	26	15	21	-
Ventana de vidrio con marco de madera o metal	19	13	22	22	25	27	22	-
Panel de 3 vidrios	21	24	32	37	34	44	31	-
Láminas de PVC (17 mm)							25	-
Láminas de PVC (3.5 mm)							18	-

Fuente: tomado de Rodríguez González et. al. (2007)

Anexo 3.1: Cumplimiento de las premisas para aplicar la tecnología

Premisas	Estrategia de comprobación
Hoteles en fase de explotación	Las 4 instalaciones se encuentran en funcionamiento en el momento de realización del estudio.
Disponibilidad tecnológica	Se cuenta con la tecnología necesaria (hardware y software) para desarrollar la investigación
Personal con formación	El investigador principal y un estudiante de Ingeniería Industrial que desarrolla su tesis de grado, con conocimientos y formación en la temática, se incluyen en el equipo de trabajo en todas las instalaciones como consultores externos.
Compromiso de la alta dirección	En todos los casos hay interés en aplicar la tecnología propuesta e implementar las soluciones que se deriven. Se manifiesta mediante inclusión de directivos en el equipo de trabajo.
Compromiso de los trabajadores	Se comprueba mediante entrevistas con trabajadores de diferentes áreas. Un representante sindical se incluye en el grupo de trabajo como garante de sus intereses.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3.2-a: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Marina.

Local	Punto de medición	Frecuencias (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Buffet El Pilar	Centro del buffet	52	58	62	69	73	70	55	51
	Sobre las mesas cerca del área de fregado.	60	66	68	71	80	71	63	65
	Mesas cerca de las estaciones de los dependientes.	33	39	52	60	60	60	64	54
	Puerta del área de fregado	66	59	74	84	95	94	85	67
Mini - tintorería	Cerca de las secadoras cuando centrifugan.	62	69	75	74	84	82	70	68
	En el centro de la mini tintorería cuando las secadoras centrifugan.	35	46	59	61	64	63	49	47
	En la puerta de la mini tintorería.	44	48	58	66	66	61	61	59
Habitaciones the level	Habitación 1639	41	58	50	48	48	49	48	45
	Habitación 1640.	46	47	52	50	48	40	40	38
	Habitación 1641.	45	51	51	51	51	58	57	52
	Habitación 1642 y 1643.	42	40	49	50	55	46	38	36
	Habitación 1644	35	47	57	56	54	40	40	53
	Habitación 1645,1646 y 1647.	41	53	48	44	44	45	46	40
	Pasillo de las habitaciones frente a las enfriadoras.	42	44	40	37	46	46	57	47
	Al final del pasillo de las habitaciones.	47	50	56	56	58	59	61	52
Oficina cajero central	Sobre la mesa de la computadora.	50	44	61	64	58	61	74	64
	La ventanilla de pago abierta.	44	46	61	64	58	60	71	45
	En la sala de máquinas.	49	62	84	87	92	88	82	58
Lobby	Antes de comenzar el show.	44	46	53	56	59	56	53	36
	En los sofás frente al equipo de música.	42	46	55	71	80	64	46	43
	Al lado equipo de música	36	43	47	50	48	48	37	45

Fuente: elaboración propia

Anexo 3.2-b: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Be Live Experience Tuxpan.

Local	Punto de medición	Frecuencias (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mini-tintorería	Sobre las secadoras cuando se encuentran en funcionamiento	31	48	58	60	61	59	57	52
	A 1 m de las secadoras	35	48	56	69	68	62	61	59
	Frente los extractores cuando se encuentran encendidos	36	46	58	62	65	64	50	42
	Secadoras y extractores en funcionamiento	61	65	75	74	83	81	70	68
Oficinas del área de Servicios Técnicos	Dentro de las oficinas de área	50	56	65	74	72	64	53	47
	Puerta de sala de máquinas	50	59	56	64	71	73	60	49
	Frente al sistema de agua caliente	45	50	73	79	85	84	74	77
	Puerta del local del grupo electrógeno de dicha sala	43	51	64	75	86	87	75	73
	Frente al grupo electrógeno	49	59	69	74	85	69	57	65
Oficina perteneciente al personal de Costo	Dentro del departamento	37	45	61	63	58	61	74	63
	Cercano al sistema de enfriamiento	64	72	73	75	85	80	73	70
	Frente al sistema de enfriamiento	59	62	94	97	92	88	82	78
Habitaciones 313, 315, 317 y 319	En la habitación 313	30	40	49	50	55	46	38	41
	En las habitaciones 315	27	41	48	60	61	48	37	43
	En la habitación 317	34	47	60	72	73	59	48	56
	En la habitación 319	35	46	61	78	83	72	49	46
	En la puerta de la discoteca "La Bamba"	33	75	77	83	85	81	61	59
	Dentro de la discoteca "La Bamba"	49	72	75	84	94	95	75	53
Área de show	En las habitaciones con vista piscina	36	50	68	70	64	59	60	64
	En el Bar Piscina	63	72	80	85	87	85	74	72
	En el centro del área de show	46	61	75	87	98	96	93	84
	Al lado del escenario	64	71	79	80	86	79	74	73
Restaurante buffet "Cristal"	En la puerta del buffet	46	47	58	50	58	54	53	54
	Mesas aledañas a la puerta de la cocina	46	59	74	83	93	90	86	83
	Centro del salón	60	64	68	71	75	71	62	69
	Mesas cercanas al stock de los dependientes en las estaciones del buffet	44	49	58	51	65	59	62	51

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3.2-c: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Las Américas.

Local	Punto de medición	Frecuencias (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Comedor de empleados	Mesas cercanas al secador de manos	55	68	70	71	83	79	75	53
	En el área de fregado	34	47	71	65	80	83	82	79
	Sobre las mesas de los trabajadores	47	62	68	78	76	76	75	66
Lavandería	Mesa de trabajadoras	57	65	71	74	75	76	73	72
	Sobre la secadora	63	73	78	83	88	87	86	80
	Sobre las lavadoras	52	62	68	75	78	70	81	74
	Puesto de doblado	36	46	62	72	79	80	75	68
Cocina	Máquina fregadora	46	59	62	70	82	83	82	77
	Sobre la hielera	65	74	78	80	85	84	83	86
	En el área caliente	49	61	65	70	79	72	71	70
Ranchón playa	Cabina de animación	70	80	83	84	83	91	85	82
	Cerca del bar	52	58	74	78	78	79	78	79
	En las sombrillas	50	58	70	78	74	73	72	73
	Mesas cercanas al bar	48	65	70	78	80	75	65	56
	Sobre la plataforma de los micrófonos	50	58	70	81	80	76	78	69
Oficina de mantenimiento	Dentro de la oficina	52	58	70	69	72	71	70	67
	Frente a las máquinas	48	65	85	81	81	85	78	75
	Dentro de la sala de máquinas	58	70	80	82	80	83	80	81
	En la puerta, dentro de la oficina	46	55	70	72	73	69	75	67

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3.3-a: Mapas de ruido en el hotel Iberostar Varadero



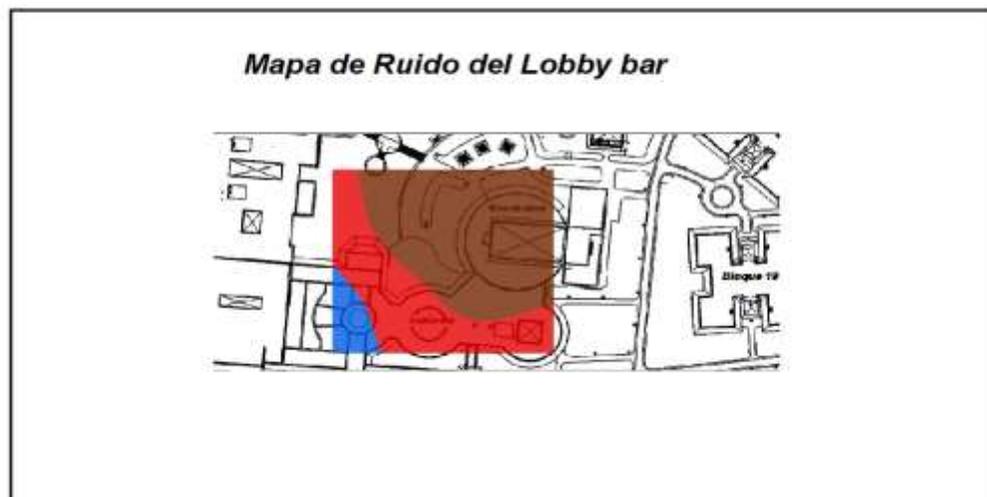
Leyenda

- 75 - 85 Zonas Contaminadas
- > 85 Zonas Perjudiciales



Leyenda

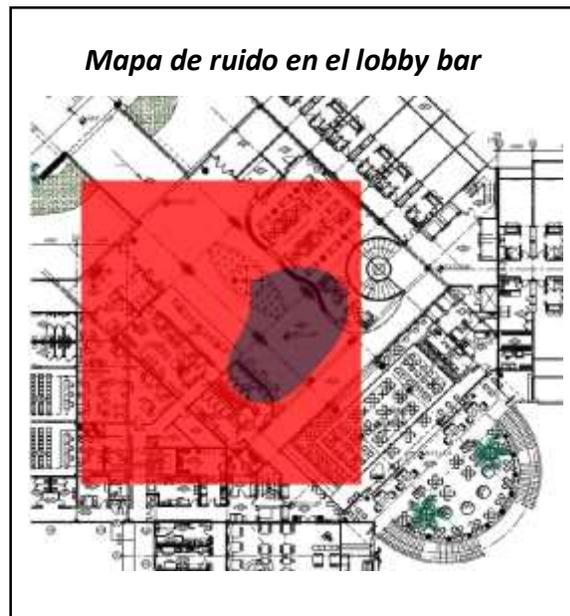
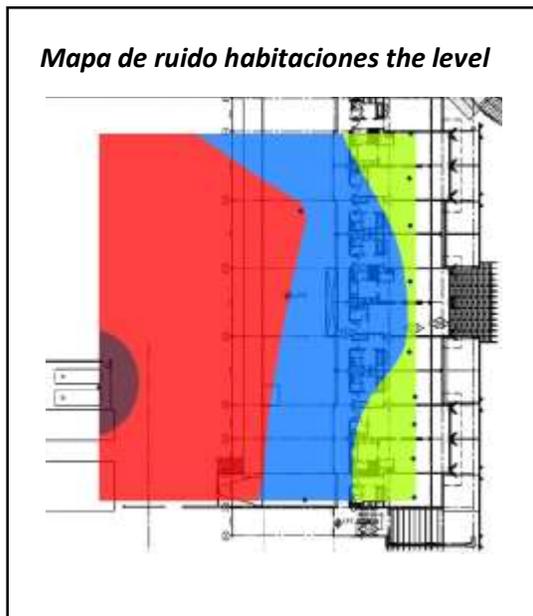
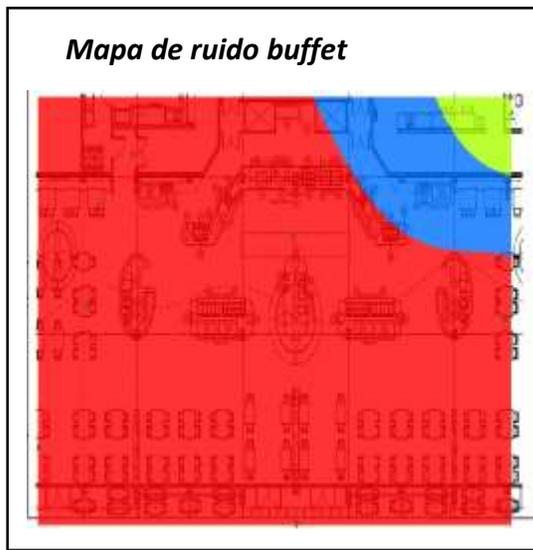
- 65 - 75 Zonas que están en estado de alerta de contaminación
- 75 - 85 Zonas Contaminadas
- > 85 Zonas perjudiciales



Leyenda

- 65 - 75 Zonas que están en estado de alerta de contaminación
- 75 - 85 Zonas Contaminadas
- > 85 Zonas Perjudiciales

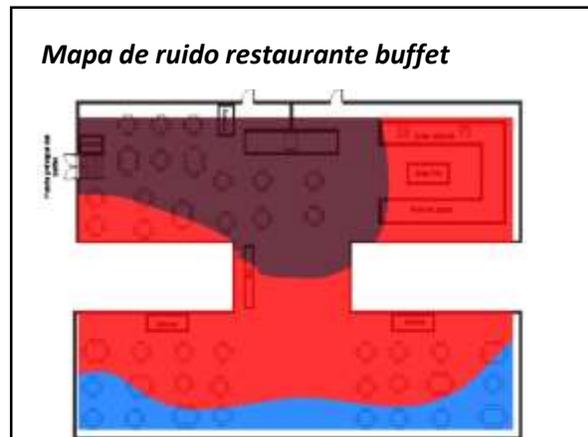
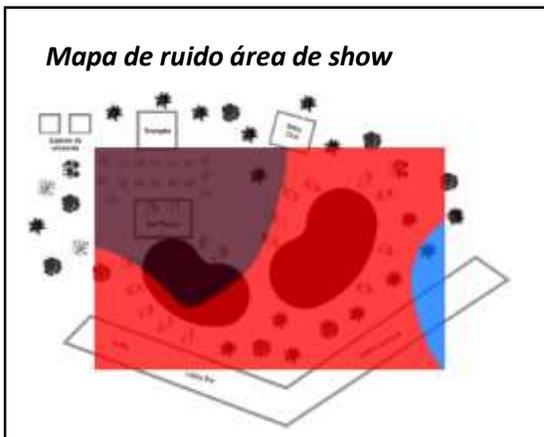
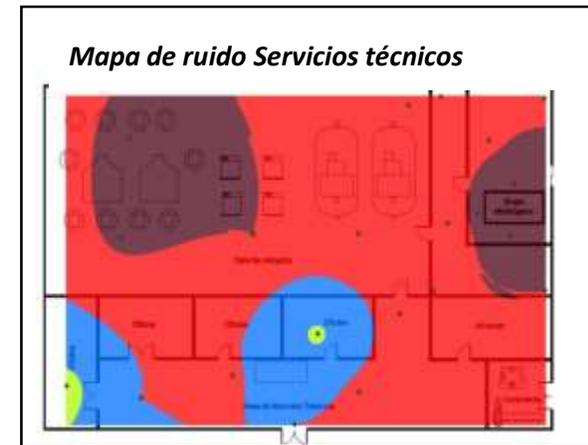
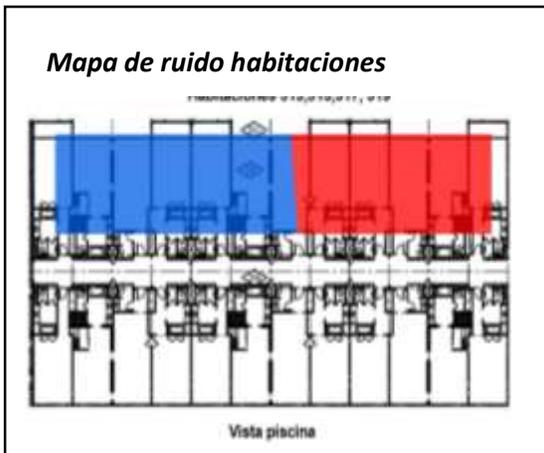
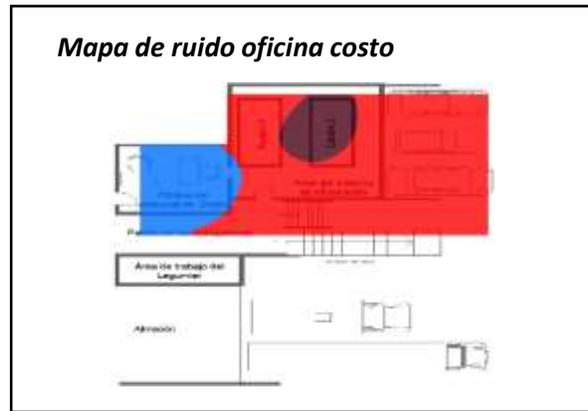
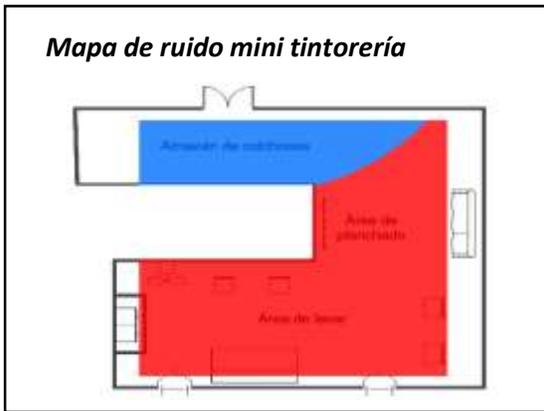
Anexo 3.3-b: Mapas de ruido en el hotel Meliá Marina



Leyenda

-  < 55 Estado óptimo de sonoridad
-  55-65 Estado aceptable de sonoridad
-  65-75 Alerta de contaminación
-  75-85 Zonas contaminadas
-  > 85 Zonas perjudiciales

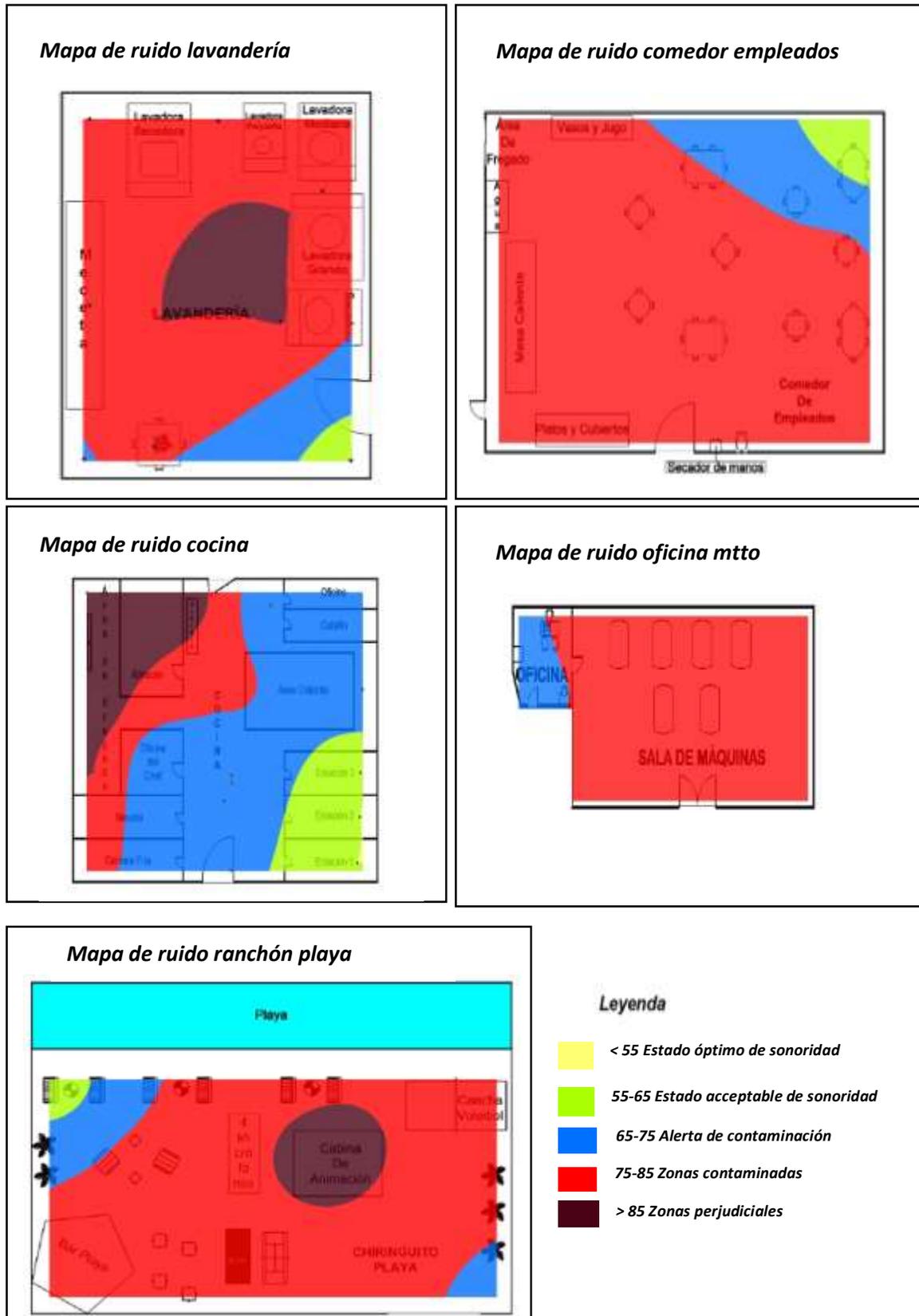
Anexo 3.3-c: Mapas de ruido en el hotel Be Live Experience Tuxpan



Leyenda

- < 55 Estado óptimo de sonoridad
- 55-65 Estado aceptable de sonoridad
- 65-75 Alerta de contaminación
- 75-85 Zonas contaminadas
- > 85 Zonas perjudiciales

Anexo 3.3-d: Mapas de ruido en el hotel Meliá Las Américas



Anexo 3.4: Aval emitido por la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas sobre el empleo de conchas acústicas



Matanzas, 26 de enero de 2022.

"Año 64 de la Revolución"

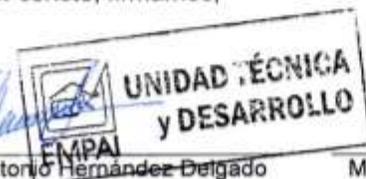
A quien pueda interesar:

Por medio de la presente, hacemos constar la contribución realizada por el compañero **MSc. Ing. Yoel Almeda Barrios**, profesor de la Universidad de Matanzas, a nuestra entidad como parte de los excelentes vínculos Universidad-Empresa que caracterizan a nuestras instituciones.

La Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, EMPAI, lider a nivel nacional en el diseño y proyección de obras de construcción, asume nuevos retos en el diseño de proyectos innovadores en el destino turístico de Varadero. Como parte de ello se proyecta la remodelación del icónico Anfiteatro de Varadero, lo que comprende entre otros objetos de obra, la incorporación de elementos de aislamiento acústico, con forma de concha acústica.

Las investigaciones realizadas por el investigador como parte de su tesis doctoral, incursionan en el campo de la acústica arquitectónica mediante el diseño de conchas acústicas para el desarrollo de actividades de animación en exteriores. La propuesta de una metodología de diseño científicamente argumentada, que se basa en la aplicación del Método de Lyon, así como los resultados obtenidos de su aplicación en el hotel Meliá Marina Varadero y la validación mediante un conjunto de pruebas experimentales con diseños a escala de la propuesta realizada, constituyen una importante base teórica y metodológica para los especialistas de nuestra institución, tanto en el proyecto que actualmente se acomete, como en el acondicionamiento ambiental de futuros proyectos vinculados al turismo.

Y para que así conste, firmamos,



Lic. Ing. Pedro Antonio Hernández Delgado
Director Técnico y de Desarrollo



MSc. Ing. Jorge Luis Hernández Rodríguez
Director General

Anexo 3.5: Avaluos emitidos por las administraciones de los hoteles sobre los resultados de los estudios de ruido

Matanzas, 20 de mayo de 2021

Aval sobre estudios de ruido en el hotel Iberostar Varadero

Como parte de la gestión medioambiental de nuestro hotel se realizaron estudios de evaluación y control del ruido en diversas áreas de la instalación. Esta investigación fue llevada a cabo por el profesor de la Universidad de Matanzas MsC. Yoel Almeda Barrios y la ingeniera Leandra González González con la intención de garantizar condiciones de trabajo seguras a los trabajadores y el confort de los clientes que visitan la instalación a partir de los límites establecidos por las normas vigentes en Cuba.

Primeramente se identificaron las principales áreas ruidosas y evaluaron con el equipamiento requerido los Niveles de Presión Sonora existentes, lo cual quedó recogido de forma gráfica en mapas de ruido que ilustran por colores el comportamiento del contaminante en la instalación en diversos momentos y actividades.

Ofrecieron además un conjunto de medidas técnicas y organizativas, que abarcan todas las áreas afectadas, para la reducción del ruido. Reconocemos la utilidad e importancia de los estudios desarrollados para mejorar el desempeño medioambiental de nuestra instalación y pretendemos continuar las recomendaciones ofrecidas.



Matanzas, 10 de enero de 2020

Ref: Aval sobre estudios de ruido en el hotel Meliá Marina

Como parte de los vínculos empresa-universidad y con la intención de aplicar los resultados de la ciencia en nuestra instalación se desarrollaron una serie de estudios vinculados con la identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido. Los autores fueron el MsC. Yoel Almeda Barrios y la Ingeniera Massiel González Falcón.

Esta investigación permitió a la administración del hotel conocer las principales áreas ruidosas y las posibles medidas para reducir o eliminar los Niveles de Presión Sonora generados. Consideramos sumamente útil el estudio pues está enfocado en preservar la salud de nuestros trabajadores y el confort de los clientes que visitan nuestra instalación, lo cual posee un impacto directo en la Gestión de la Seguridad y Salud del hotel, en la Gestión Medioambiental y en la Gestión de la Calidad a partir de mejorar la satisfacción de nuestros clientes con el servicio brindado.

Las medidas propuestas están sustentadas en métodos matemáticos y experimentales que respaldan su verosimilitud. Nos resultó muy útil la propuesta de diseño de la cápsula para el control del ruido que generan las enfriadoras y afectan las habitaciones de alto estándar (The Level) así como el diseño de la concha acústica para el desarrollo de actividades de animación al aire libre.

En tal sentido, los resultados ya forman parte de un grupo de soluciones que la administración considera para su posible implementación en las diferentes áreas.

Armando Neninger Fernández

Director Adjunto

Meliá Marina Varadero

DIRECCION

Matanzas, 10 de enero de 2020

AVAL

El hotel Be Live Experience Tuxpan trabaja por obtener niveles superiores en su gestión medioambiental. Como parte de esta meta se desarrollaron los estudios sobre la evaluación y control del ruido en diversas áreas de nuestra instalación por parte de los compañeros MsC. Yoel Almeda Barrios, profesor de la Universidad de Matanzas y la ingeniera Aymée Perdomo Héctor.

Estos estudios, de un elevado rigor científico, estuvieron encaminados también a garantizar condiciones seguras a nuestros trabajadores y el confort de los clientes que visitan la instalación sobre la base de los límites normados por la legislación vigente en nuestro país.

Las medidas propuestas abarcan diseños ingenieriles, de construcción civil y organizativos. Las propuestas están sólidamente sustentadas en cálculos específicos y poseen una valoración socioeconómica que nos apoya en la toma de decisiones en cuanto a la inversión para su implementación.

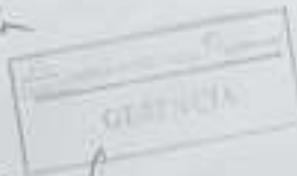
La administración del hotel reconoce la utilidad e importancia de los estudios desarrollados y cuenta con las propuestas diseñadas para mejorar su desempeño.

Yoel Almeda Barrios

Nombre y apellidos

Cargo:

Profesor



Dr. L. Félix Tarrat
Dir. B. Gestión RRHH

[Signature]

