

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

**FACULTAD
DE INGENIERÍA
UDELAR**

**Y LA ASOCIACIÓN
URUGUAYA DE ACÚSTICA**

ECOS

ISSN 2697-2913

**AÑO 3, VOL. 3, Nº 2
JULIO - DICIEMBRE 2022**



REVISTA DE LA ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA
ISSN 2697-2913

**PUBLICACIÓN SEMESTRAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA – UdelaR y la
ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA**

<u>Consejo Editor</u>	<u>Tabla de contenidos</u>
Alice Elizabeth González (UdelaR, Uruguay) Editora Responsable	
Ana Abreu (UdelaR, Uruguay)	
Julieta António (Universidade de Coimbra, Portugal)	Caracterización de objetos sonoros para audiometrías por observación de la conducta. <i>Federico Iasi; Nilda Vecchiatti; Norma Massara; Gabriela Di Pilla</i> ----- 2
Gustavo Basso (UNLP, Argentina)	
Héctor Campello Vicente (UMH, Elche, España)	
Fernando Elizondo-Garza (FIME - Universidad Autónoma de Nuevo León, México)	La paradoja del sonido. <i>Beatriz González Fernández</i> ----- 9
Juan Cruz Giménez de Paz (Argentina)	
Ricardo Hernández Molina (Universidad de Cádiz, España)	
Federico S. Miyara (UNR, Argentina)	Contribución transdisciplinaria para significar al ruido como sonido agente de daño y molestia. <i>Walter A. Montano Rodríguez</i> ----- 17
Ismael Núñez Pereira (UdelaR, Uruguay)	
Dinara Xavier da Paixão (UFMS, Brasil)	
Jorge Patricio Fradique (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal)	
Diego Pablo Ruiz Padillo (Universidad de Granada, España)	Calidad y acondicionamiento acústico en edificaciones. <i>Alice Elizabeth González</i> ----- 24
Nilda Vecchiatti (UBA, Argentina)	
Secretaría General: Carolina Ramírez (UdelaR, Uruguay)	

Caracterización de objetos sonoros para audiometrías por observación de la conducta

Characterization of sound objects for behavioral observation audiometry (BOA)

Caracterização de objetos sonoros para audiometria de observação comportamental (AOC)

Federico Iasi ¹; Nilda Vechiatti ¹; Norma Massara ²; Gabriela Di Pilla ³

¹ Laboratorio de Acústica y luminotecnia, Comisión de Investigaciones Científicas, Argentina.

² Cátedra B de Pediatría, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

³ Unidad de Diagnóstico y Tratamiento de Fonoaudiología, Hospital Dr. Noel H. Sbarra, Argentina.

Correo de contacto: ciclal@gba.gob.ar

Resumen

El Programa de Evaluación, Seguimiento y Control de la Conducta Auditiva, implementado en el Hospital Zonal Especializado Dr. Noel H. Sbarra de la Ciudad de La Plata, es una pesquisa auditiva posnatal cuyos objetivos son: detectar alteración del umbral auditivo, diagnosticar hipoacusia y realizar intervenciones tempranas, posibilitando la adquisición de la lengua madre durante la primera infancia. Una de las principales herramientas utilizadas para evaluar el desarrollo de la función auditiva es la Audiometría por Observación de la Conducta (AOC). En una etapa anterior de investigación se estableció un método para la caracterización de los objetos sonoros utilizados para la realización de las AOC, dado lo indispensable de conocer sus niveles sonoros y sus espectros. En este trabajo se presentan los resultados de una nueva evaluación de esos elementos sonoros luego de 13 años de utilización, y de la caracterización de nuevos objetos que integrarán el conjunto de los utilizados por las Fonoaudiólogas del Hospital Sbarra.

Palabras clave: Audiometría, Umbral auditivo en niños, Hipoacusia

Abstract

The Auditory Behavior Evaluation, Follow-up and Control Program, implemented at the Dr. Noel H. Sbarra Specialized Zonal Hospital in the City of La Plata, is a postnatal auditory screening whose objectives are: to detect auditory threshold alteration, diagnose hearing loss and carry out early interventions, enabling the acquisition of the mother tongue during early childhood. One of the main tools used to assess the development of auditory function is Behavioral Observation Audiometry (BOA). In a previous stage of research, a method was established for the characterization of the sound objects used to carry out BOAs, given that it is essential to know their sound levels and spectra. This work presents the results of a new evaluation of these sound elements after 13 years of use, and of the characterization of new objects that will make up the set of those used by the Speech-Language Pathologists of the Sbarra Hospital.

Keywords. Audiometry, Hearing threshold in children, Hearing loss

Resumo

O Programa de Avaliação, Monitoramento e Controle do Comportamento Auditivo, implementado no Hospital Zonal Especializado Dr. Noel H. Sbarra da cidade de La Plata, é uma triagem auditiva pós-natal cujos objetivos são: detectar alterações do limiar auditivo, diagnosticar perdas auditivas e realizar precocemente intervenções, possibilitando a aquisição da língua materna na primeira infância. Uma das principais ferramentas utilizadas para avaliar o desenvolvimento da função auditiva é a Audiometria de Observação Comportamental (AOC). Em uma etapa anterior da pesquisa, foi estabelecido um método para a caracterização dos objetos sonoros utilizados para realizar o AOC, dado o conhecimento essencial de seus níveis sonoros e seus espectros. Este artigo apresenta os resultados de uma nova avaliação destes elementos sonoros após 13 anos de uso, e a caracterização de novos objetos que irão integrar o conjunto daqueles utilizados pelas Fonoaudiólogas do Hospital Sbarra.

Palavras-chave. Audiometria, Limiar auditivo em crianças, Perda auditiva

PACS: 43.66.Sr, 43.66.Yw

INTRODUCCIÓN

El Programa de Evaluación, Seguimiento y Control de la Conducta Auditiva, PESCCA, implementado en el Hospital Zonal Especializado Dr. Noel H. Sbarra de la Ciudad de La Plata, es una pesquisa auditiva posnatal cuyos objetivos son: detectar alteración del umbral auditivo, diagnosticar hipoacusia y realizar intervenciones tempranas, posibilitando la adquisición de la lengua madre durante la primera infancia.

Para evaluar el umbral auditivo de un niño se utilizan técnicas objetivas, en las que el profesional utiliza aparatología para registrar las respuestas fisiológicas del niño, y técnicas subjetivas, en las que el niño tiene una participación activa y el fonoaudiólogo observa sus reacciones. Una de las pruebas subjetivas empleadas es la realización de una Audiometría por Observación de la Conducta (AOC), que se implementa utilizando objetos sonoros, instrumentos musicales y la voz humana. En tal caso, resulta sumamente conveniente tener caracterizadas acústicamente las fuentes sonoras utilizadas, para poder conocer las frecuencias y los niveles sonoros con los que se estimula al paciente pediátrico.

En una etapa anterior de investigación se estableció un método para la caracterización de los objetos sonoros utilizados durante la realización de las AOC, dado lo importante de conocer sus niveles sonoros y sus espectros (Massara et al., 2017). En este trabajo se presentan los resultados de una nueva evaluación de aquellos elementos sonoros luego de 13 años de utilización, y de la caracterización de nuevos objetos que integrarán el conjunto de los utilizados por las Fonoaudiólogas del Hospital Sbarra.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Al igual que en el inicio de esta investigación (Massara et al., 2008), el método de trabajo se basó en el análisis espectral del sonido emitido por los objetos que conformaron el conjunto de elementos utilizados para las AOC. Las mediciones de nivel sonoro continuo equivalente en bandas de tercios de octava para las frecuencias centrales comprendidas entre 100 Hz y 20 000 Hz, con ponderación Z en frecuencia, se realizaron en condiciones de campo libre, en la cámara anecoica del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, agitando, percutiendo o ejecutando varias veces cada objeto o instrumento, para luego promediar las diferentes mediciones (IRAM-NM 300-1).

Para la realización de las mediciones se utilizó un analizador de espectros en tiempo real, Brüel y Kjaer 2250, y una fuente acústica de referencia Brüel y Kjaer 4231.

A partir de los espectros medidos en bandas de tercios de octavas, se obtuvieron por cálculo los espectros en bandas de octavas para las frecuencias centrales comprendidas entre 125 Hz y 16 000 Hz, con ponderación Z en frecuencia. Finalmente, aplicando el mismo método que en la primera etapa de esta línea de trabajo, se procedió a “simplificarlos” para obtener los espectros reducidos.

El criterio empleado fue el de suprimir las bandas que tuvieran poca contribución energética y aquellas cuyo nivel sonoro fuera 10 dB inferior al de la banda de mayor nivel, siempre y cuando:

- el nivel sonoro global del espectro simplificado difiriera del original en 1 dB como máximo, y
- la energía global del espectro simplificado fuera el 90 % de la energía global total, como mínimo.

Este método se aplicó a dos grupos de objetos sonoros:

- 18 de los objetos medidos inicialmente, que al momento de esta investigación tenían 13 años de utilización (objetos originales), con el propósito de evaluar si el uso había producido modificación del sonido que emiten, y
- 14 nuevos elementos, para integrarlos al conjunto de los utilizados por las Fonoaudiólogas del Hospital Sbarra.

Los elementos originales estudiados fueron: caja musical, pelota lisa de goma con chifle (9,2 cm de diámetro), maraca con mango (plástica, color amarillo), maraca huevo (plástica, color naranja), sonajero plástico, cascabel dentro de cubo de espuma, pandereta, campana metálica chica (4,1 cm de diámetro), campana metálica grande (7,1 cm de diámetro), güiro de madera hueco con raspador de madera o rasca-rasca (13 cm de largo, 3,2 cm de diámetro), platillos de mano o chin-chin (4,5 cm de diámetro), clave de madera maciza o toc-toc (cortos, 15,5 cm de largo, 2,2 cm de diámetro), clave de madera maciza o toc-toc (largos, 18 cm de largo, 1,9 cm de diámetro), clave de madera hueca con golpeador de madera (14 cm de largo, 4,3 cm de diámetro), caja china de madera, pandero, bombo, tapa olla (golpeada contra placa melamínica).

Los elementos nuevos evaluados fueron: pelota estrella de goma con chifle (4,8 cm de diámetro), maraca con mango (plástica, color negro), maraca cilíndrica (de madera), maraca huevo (plástica, color rojo), maraca huevo (plástica, color amarillo), maraca huevo (de madera), cascabel en juguete de tela y espuma, cascabeles sujetos a un mango, cascabeles sujetos a manopla, güiro de madera hueco con

raspador de madera o rasca-rasca (13,5 cm de largo, 3,2 cm de diámetro), platillos de mano o chin-chin (5,1 cm de diámetro), caja china de madera, instrumento chino de madera, bombo.

En las Fotografías 1 a 4 se presentan imágenes de las mediciones en cámara anecoica.



Fotografías 1 a 4: Caracterización sonora de objetos en cámara anecoica

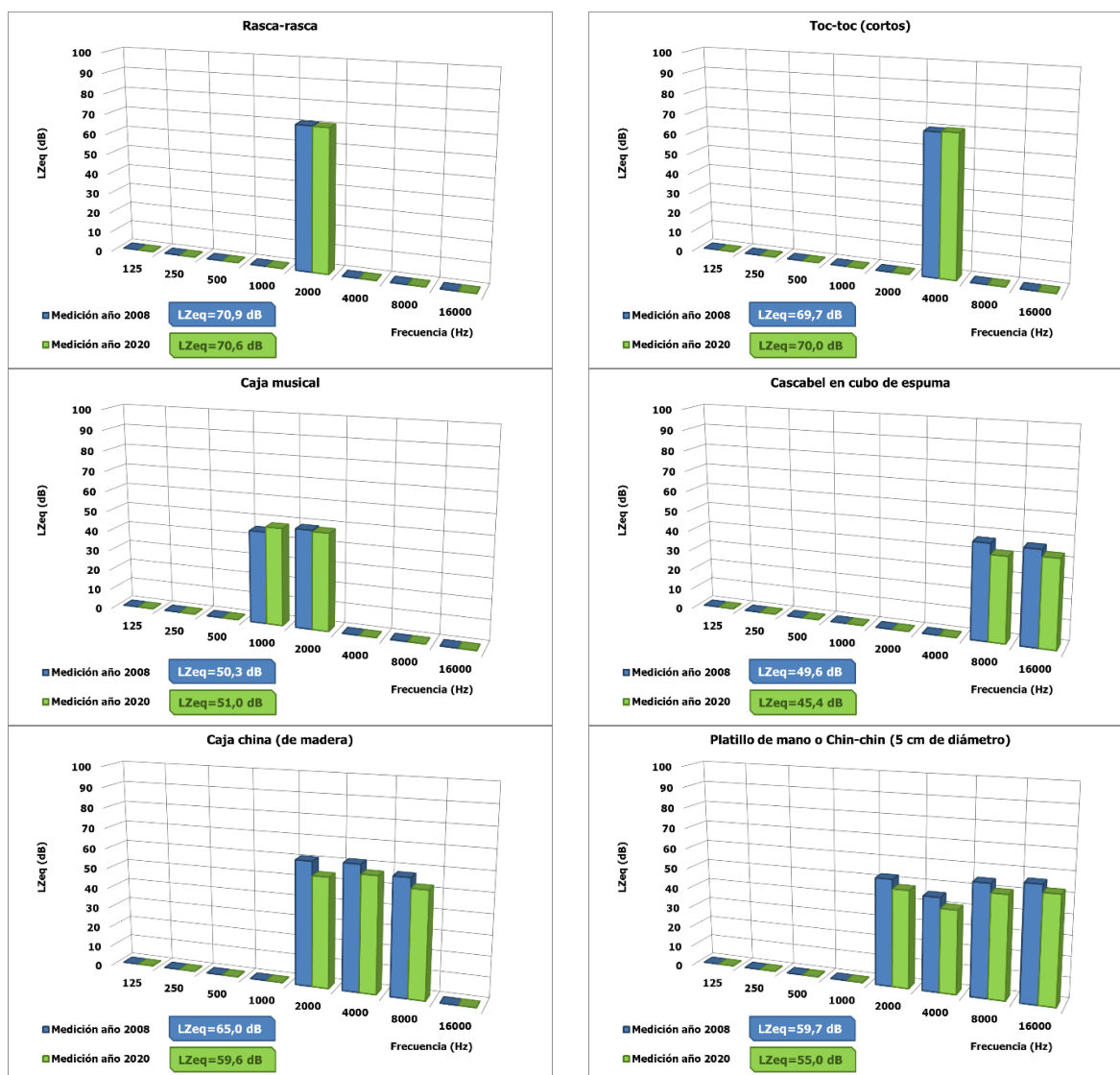
RESULTADOS OBTENIDOS Y SU ANÁLISIS

En los gráficos 1 a 10 se pueden observar los espectros sonoros simplificados de algunos de los elementos originales evaluados, que conforman el set inicial de trabajo de las AOC. Los resultados presentados en dichos gráficos muestran comparativamente los valores medidos en 2008 y en 2020, luego de 13 años de uso.

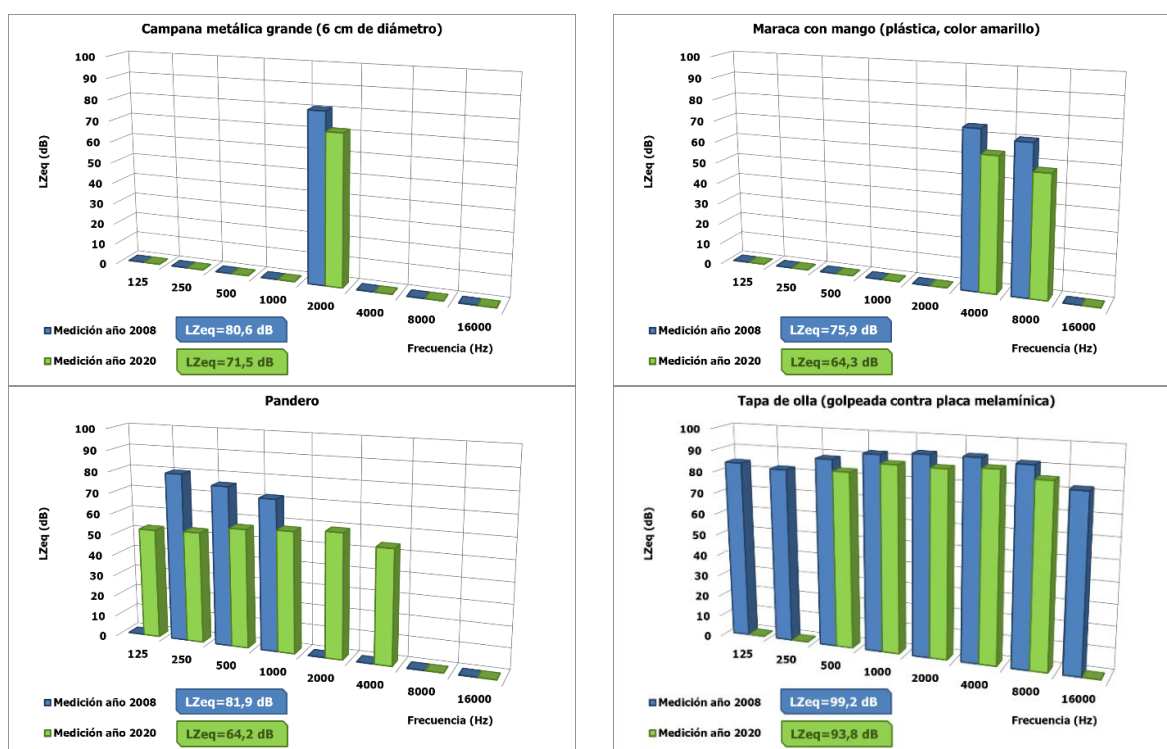
Analizando los resultados obtenidos, se encuentra que 10 de los objetos originales generaron niveles sonoros globales y espectros similares a los obtenidos con las mediciones realizadas en 2008 (ver ejemplos en Gráficos 1 a 6); para 5 de los objetos se registraron espectros con las mismas componentes en frecuencia, pero con niveles sonoros de entre 9 y 18 dB inferiores

a los obtenidos en 2008 (ver ejemplos en Gráficos 7 y 8); y 3 de los objetos presentaron variaciones tanto en su espectro como en su nivel sonoro global (ver ejemplos en Gráficos 9 y 10).

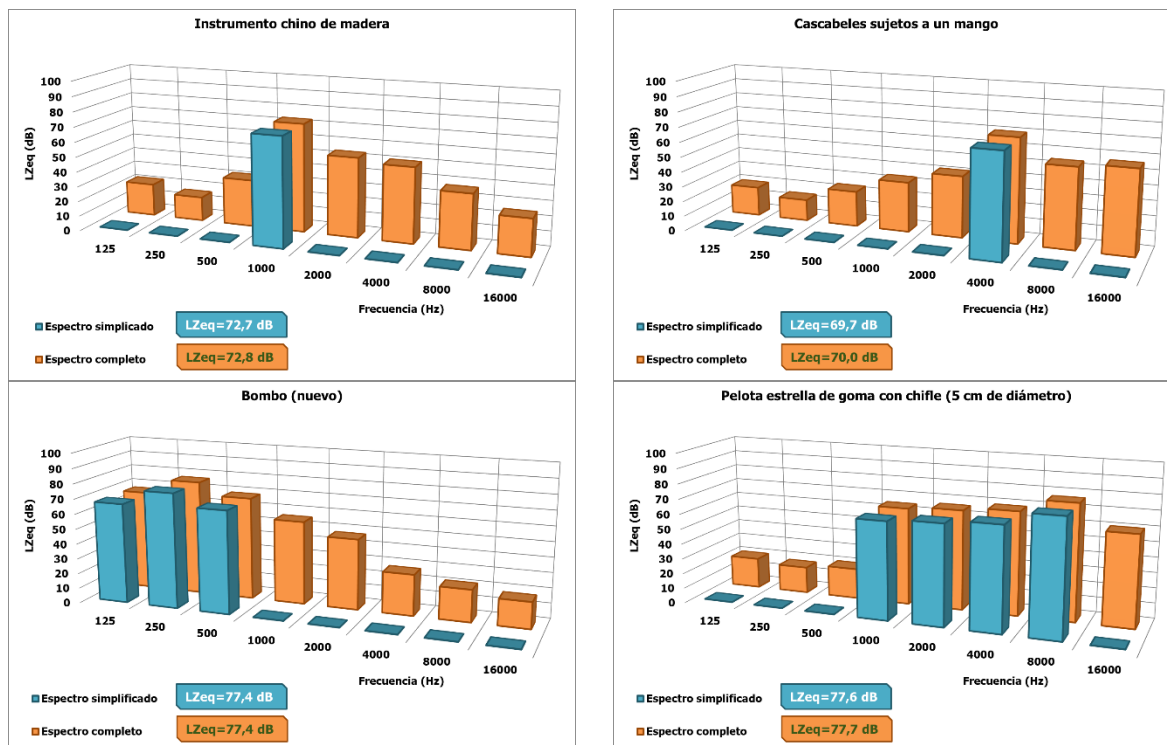
En los gráficos 11 a 14 pueden observarse los espectros sonoros completos y los simplificados de algunos de los 14 elementos nuevos evaluados, que se integrarán al set de trabajo. El método de selección aplicado considera válido al espectro simplificado siempre y cuando su nivel sonoro global difiera del original como máximo en 1 dB, y su energía sonora global sea, como mínimo, el 90% de la energía total. En los gráficos 15 a 20 se presentan comparativamente los espectros sonoros simplificados de objetos de características similares, tanto originales como nuevos.



Gráficos 1 a 6: Comparativo de espectros de objetos originales luego de 13 años de uso



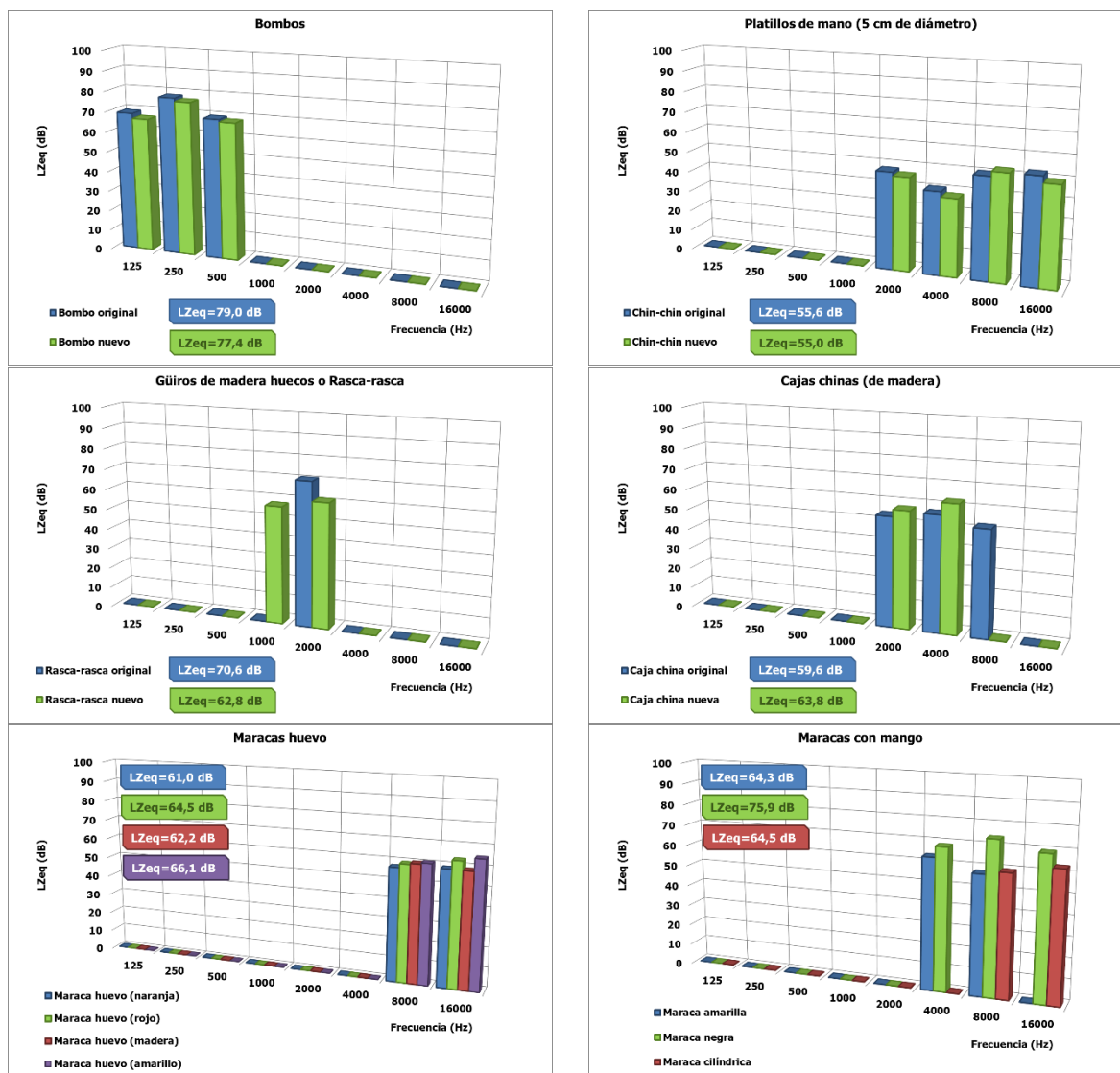
Gráficos 7 a 10: Comparativo de espectros de objetos originales luego de 13 años de uso



Gráficos 11 a 14: Espectros completos y simplificados de objetos nuevos

Puede apreciarse que en algunos casos, los objetos presentan espectros muy parecidos entre sí (ver ejemplos en Gráficos 15, 16 y 19); pero en otros casos,

los espectros no tienen las mismas componentes para todas las frecuencias de interés (ver ejemplos en Gráficos 17, 18 y 20).



Gráficos 15 a 20: Comparativo de espectros de objetos de características similares

CONCLUSIONES GENERALES

En cuanto a la conservación de sus características sonoras luego de 13 años de uso, las evaluaciones de los objetos que conforman el “conjunto original” de elementos permitieron conocer que:

- El 56 % de los objetos conservan su espectro de emisión y su nivel sonoro global (ejemplos en Gráficos 1 a 6).

- El 28 % de los elementos conservan su espectro sonoro, pero sus niveles sonoros globales fueron inferiores (ejemplos en Gráficos 7 y 8). Se interpreta que la disminución de entre 9 y 18 dB en los niveles sonoros globales medidos en 2020 pudo deberse a diferencias en la manera de percudirlos o ejecutarlos.
- Solamente el 16 % de los objetos presentaron variaciones tanto de espectro como de nivel sonoro global. Se trata del bombo, el pandero y del golpe de la tapa de olla (Gráficos 9 y 10, por ejemplo).

Para los dos primeros, se pudo observar que con el uso había disminuido la tensión del parche, modificándose su patrón de vibraciones. Para el caso de la tapa de olla, se evidenció una dependencia del sonido generado con respecto a la altura desde la que se la deja caer y con respecto a la superficie contra la que impacta.

Con relación al rango de frecuencias que pueden explorarse durante la realización de las AOC con estos elementos sonoros, se destaca que 15 de los 18 objetos originales, generan sonidos cuyo espectro tiene componentes de 1 kHz o superiores. La mayoría de ellos (14 objetos), generan sonidos con frecuencias de 2 kHz o superiores. Sólo 1 presentó espectro con componentes de baja frecuencia, y otros 2 de banda ancha (componentes de frecuencias bajas, medias y altas). Por otra parte, 13 de los 14 objetos nuevos, generan sonidos cuyo espectro tiene componentes de 1 kHz o superiores. La mayoría de ellos (10 objetos), generan sonidos con frecuencias de 2 kHz o superiores. Sólo 1 presentó espectro con componentes de baja frecuencia.

En lo que corresponde a los objetos de características similares, tanto originales como nuevos, algunos muestran coincidencia en cuanto a los niveles y espectros generados, y otros no (ver ejemplos en Gráficos 15 a 20). De manera que cada vez que se incorpore un elemento al conjunto de objetos utilizados para la realización de las AOC, deberá ser caracterizado acústicamente (espectro y nivel sonoro global).

REFERENCIAS

- N. Massara, N. Vechiatti, G. Di Pilla, F. Iasi. (2017). “El uso de pruebas subjetivas en la detección precoz de hipoacusias”. Actas del XV Congreso Argentino de Acústica. Bahía Blanca, Argentina, noviembre de 2017 (<https://adaa.org.ar/actas-de-congresos>)
- N. Massara, G. Di Pilla, F. Iasi, N. Vechiatti (2008). “Umbral auditivo en niños pequeños”. Actas del VI Congreso Iberoamericano de Acústica. Buenos Aires, Argentina, noviembre de 2008.
- Norma IRAM-NM 300-1: Seguridad de los juguetes. Parte 1: Propiedades generales, mecánicas y físicas.

La paradoja del sonido

The paradox of sound

O paradoxo do som

Beatriz González Fernández(*)

(*) Instituto de Formación Docente, Rocha, Uruguay.

Correo de contacto: beatrizgonzalezfernandez@gmail.com

Resumen

Comunicación no es, necesariamente, lenguaje humano, pero sigue siendo el ser humano la especie que puede comunicarse a través del lenguaje, puesto que es el hombre quien ha llegado al estadio de la comunicación simbólica. En este documento se incursiona cuando se está en ausencia de sonido, es decir, en la representación espacial de un fenómeno temporal. En la línea de la paradoja, se trabaja también en la inspiración poética, como una voz pero inaudible. Se seleccionan pinturas de Da Vinci, Dalí y Picasso; historietas de Quino y obras literarias de Juan Zorrilla de San Martín, Vicente Huidobro y Rubén Darío. En todas ellas hay un lugar común que es el sonido en su ausencia, desde la paradoja.

Palabras clave: sonido, lenguaje, comunicación, paradoja

Abstract

Communication is not necessarily human language, but the human being is still the species that can communicate through language, since it is man who has reached the stage of symbolic communication. This document explores when there is no sound, that is, in the spatial representation of a temporal phenomenon. In line with the paradox, poetic inspiration is also worked on, like a voice but inaudible. Paintings by Da Vinci, Dalí and Picasso are selected; comics by Quino and literary works by Juan Zorrilla de San Martín, Vicente Huidobro and Rubén Darío. In all of them there is a common place that is the sound in its absence, from the paradox.

Keywords: sound, language, communication, paradox

Resumo

A comunicação não é necessariamente a linguagem humana, mas o ser humano ainda é a espécie que pode se comunicar por meio da linguagem, pois é o homem que atingiu o estágio da comunicação simbólica. Este documento explora quando não há som, ou seja, na representação espacial de um fenômeno temporal. Em sintonia com o paradoxo, também é trabalhada a inspiração poética, como uma voz, mas inaudível. São selecionadas pinturas de Da Vinci, Dalí e Picasso; quadrinhos de Quino e obras literárias de Juan Zorrilla de San Martín, Vicente Huidobro e Rubén Darío. Em todas elas há um lugar comum que é o som na sua ausência, do paradoxo.

Palavras-chave: som, linguagem, comunicação, paradoxo



1. COMUNICACIÓN Y LENGUAJE

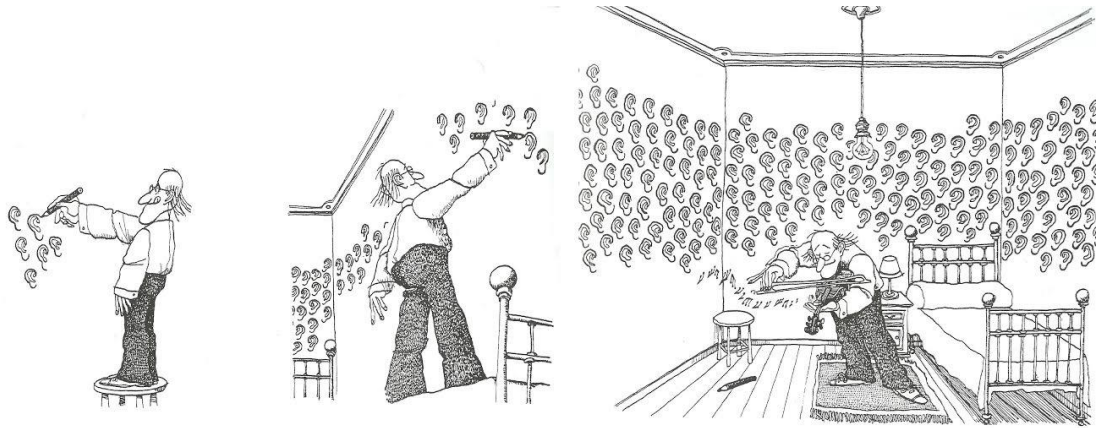
Comunicación no es, necesariamente, lenguaje humano. De hecho los animales se comunican eficazmente dentro de su misma especie y con otras especies, incluida la de los humanos, pero aparentemente, no desarrollan un verdadero lenguaje. Sigue siendo el ser humano la especie que puede comunicarse a través del lenguaje, puesto que es el hombre quien ha llegado al estadio de la comunicación simbólica. Esto supone que, puesto que posee la capacidad del lenguaje, el ser humano puede hablar de lo que quiera y en cualquier circunstancia. En este sentido, por ejemplo, no es necesario que para hablar de un determinado objeto esté en presencia de él, ni es necesario que haya condiciones especiales para hacerlo. De hecho, se puede hablar de algo conocido o desconocido, de algo concreto o ideal, se puede hablar de filosofía, de arte, de una ecuación matemática. Es más, el ser humano puede hablar del lenguaje mismo. Es así que Martinet ha dicho que el lenguaje humano es 'potente': con unos pocos símbolos que tienen representación fonética, se pueden combinar a través de lo que él llama la 'doble articulación del lenguaje', y pueden resultar infinitas posibilidades de sintagmas o

palabras, algunas de ellas jamás dichas antes, es decir, inéditas. Ahora bien, las 'lenguas', tradicionalmente llamadas 'idiomas', es decir, las lenguas históricas, 'suenan'. Cada una tiene sus peculiaridades sintácticas y léxicas y obedecen a razones históricas, heredadas, que explican de alguna manera cómo han llegado a su estado actual. No es, sin embargo el objetivo en esta instancia, realizar un análisis fonético o de sonidos de una lengua, sino, por el contrario, incursionar cuando estamos en su ausencia, o en la representación espacial de un fenómeno temporal.

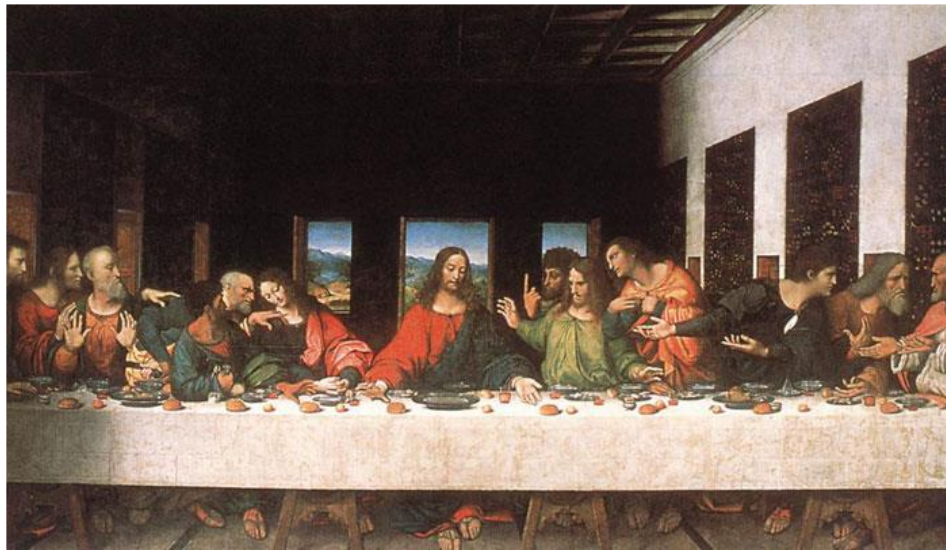
Esa inquietud ha motivado el título de este artículo: '*La paradoja del sonido*'.

2. EL SONIDO EN LA PINTURA

En este mismo sentido se puede mirar ciertas obras de pintura que sin tener como temática específica el sonido, ha estado en la voluntad del artista captar, sin duda, esa condición que identifica a los humanos: el lenguaje. Y desde ese lugar es que, en algunas obras, se aprecia la clara intención de captar sonido.



Tomado de Ni Arte ni Parte (Quino, 1981)



Il Cenacolo (La Última Cena), de Leonardo Da Vinci



'La Última Cena', de Salvador Dalí

En “*La Última Cena*” de Leonardo da Vinci, *Il Cenacolo*, los apóstoles están hablando.

Están dispuestos en grupos y hablan simultáneamente. Jesús ha sembrado el desconcierto con su sentencia: ‘*uno de vosotros me traicionará*’.

La calma de la cena se ha visto alterada y ahora los apóstoles gesticulan, señalan, hacen ademanes, inquietan, se asombran, interrogan, hablan entre todos y en el interior de los subgrupos de a tres – estrictamente de a tres-, ante la serenidad, quizás el silencio luego de haber hablado, de Cristo.

En “*La Última Cena*” de Salvador Dalí, por el contrario, en la sala reina un ambiente silencioso de recogimiento, es el momento de la Eucaristía, en el que se oye solo una voz, la de Cristo, que habla y sentencia.

Desde el punto de vista plástico esta obra también presenta a Cristo en el centro de una mesa y los apóstoles en esa actitud que impide identificarlos, ni especialmente a Judas Iscariote.

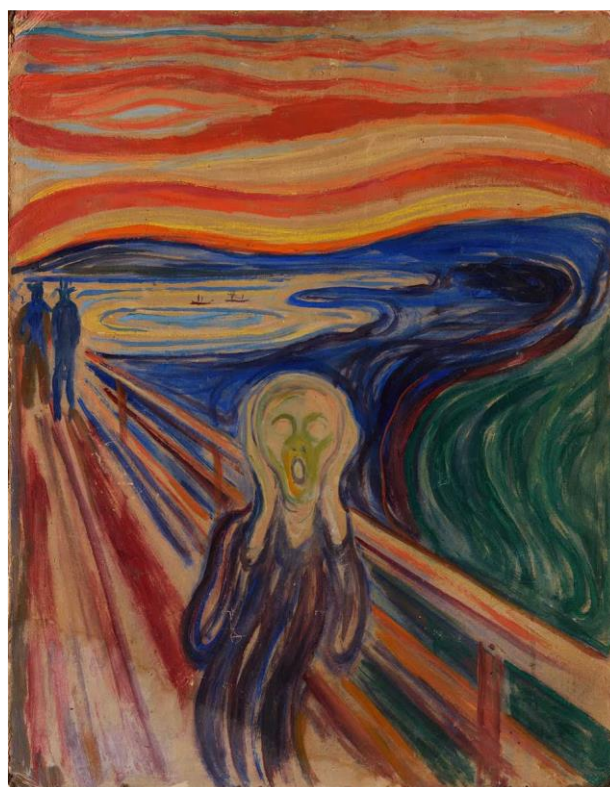
La selección de otras dos obras, que tampoco han pasado desapercibidas en la Historia del Arte, permite, también, apreciar la intención del sonido.

Una de ellas es ‘*El grito*’ de Edvard Munch. ‘*El grito*’ es producto de la invasión nazi a Noruega. El concepto de belleza en esta obra se puede discutir, porque la intención más que estética es descriptiva de un momento histórico del siglo XX. Esta obra transmite horror a través de un grito.

Hay varias interpretaciones de ‘*El grito*’, una de ellas plantea que el grito no lo da el protagonista de la obra,

sino que éste siente un grito horrendo desde afuera y por eso se tapa los oídos.

Todo el ritmo de la composición sugiere estridencia, desde las líneas curvas a los anaranjados del anochecer. Los colores y las líneas que selecciona el artista plástico sugieren conceptos sonoros a partir de las connotaciones de los elementos que elige para su composición.



‘*El grito*’ de Edvard Munch



‘*Guernica*’ de Pablo Picasso

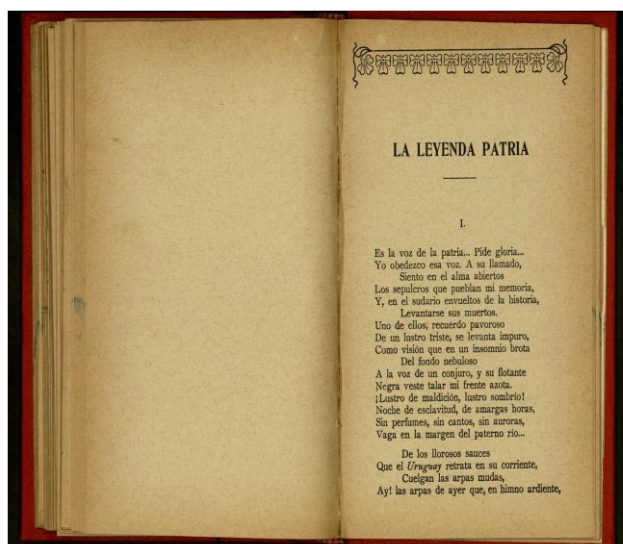
El segundo caso es el efecto de caos en el *Guernica* de Picasso, que implícitamente sugiere ruido. El *Guernica* manifiesta los horrores de la guerra civil española de los años 1936 al 1939, precisamente en la ciudad de Guernica. La obra no tiene color y transmite dolor; son las expresiones de los personajes y el movimiento desordenado lo que sugiere ruido y caos.

3. EL SONIDO EN LA LITERATURA

Si se considera ahora el arte desde la Literatura, aunque por definición estamos frente a un fenómeno lingüístico, vale la pena detenerse en algunos detalles, porque en ocasiones, parecería que los poetas han querido captar otra voz. Una voz sólo audible para ellos mismos.

*‘Es la voz de la patria... Pide gloria...
Yo obedezco esa voz’ (...)*

Así empieza la Leyenda Patria de Juan Zorrilla de San Martín. Se trata de una voz que solamente puede oír el poeta. Es la voz de la inspiración, audible para quien tiene un don especial. La voz que ha de captar el poeta no es otra que la voz de la inspiración.



Y la inspiración como una voz que llega desde afuera, es la misma que en la diosa que motiva la *Ilíada*.

‘Canta, oh, diosa, la cólera funesta del Pelida Aquiles, que causó innumerables dolores a los aqueos y arrojó al Hades’...

La diosa ‘canta’ es decir, habla, y es el poeta, quien a través de su don especial, capta esa voz y puede decir. Entonces se puede apreciar que cuanto dice el poeta, corre por cuenta de la diosa, no tanto propia. El poeta simplemente es capaz de captar una voz especial, la voz de la inspiración. Se convierte casi en un intermediario. En el caso de Zorrilla de San Martín, el poeta puede escuchar a la Patria, y es capaz de hablar por ella, como consecuencia de ese fenómeno peculiar que es la inspiración.

Vicente Huidobro, poeta chileno de la vanguardia Creacionismo, a pocos versos del comienzo de *Altazor* dice: ‘y entonces la hélice me habló...’ la inspiración ya no es una voz, es una hélice; pero la hélice de avión, puede transmitir palabras, poesía a través del vértigo de su movimiento y en consecuencia de su sonido o ruido. La intención es la de comunicar un mensaje articulado en palabras.

Sin embargo, al final de *Altazor*, el lenguaje se va desarticulando y solamente se leen vocales. Ésas serían las únicas que simbolizan los verdaderos sonidos de un idioma.

El sonido o la música en la poesía de Darío

La preocupación del sonido y lo musical en poesía, llegó a su punto máximo con el Modernismo y particularmente con Rubén Darío. Muchas son las notas que definen y caracterizan al Modernismo, pero quizás la más sobresaliente sea la búsqueda de lo sonoro y musical.

Uno de los poemas del libro *Prosas Profanas* y que hemos elegido para hoy, es *Sonatina*. Ya el título remite al campo de la música. Del mismo modo que una sonata, una sonatina tiene sus temas y sus repeticiones; Darío ha intentado recrear esa idea en las diferentes estrofas en tanto plantea un cambio temático o retoma uno de los temas ya planteados. Pero lo más notorio en la búsqueda de la musicalidad, es la rima, el acento, recurrencia a figuras de dicción que emulan y sugieren sonido, como por ejemplo: la repetición; los sonidos sibilantes; la aliteración; entre otros.

SONATINA - Rubén Darío

...La princesa está triste... ¿qué tendrá la princesa?
 Los suspiros se escapan de su boca de fresa,
 Que ha perdido la risa, que ha perdido el color.
 La princesa está pálida en su silla de oro,
 Está mudo el teclado de su clave sonoro;
 Y en un vaso olvidada se desmaya una flor.
 ...El jardín puebla el triunfo de los pavos-reales.
 Parlanchina, la dueña dice cosas banales,
 Y, vestido de rojo piruetea el bufón.
 La princesa no ríe, la princesa no siente;
 La princesa persigue por el cielo de Oriente
 La libélula vaga de una vaga ilusión.

...¿Piensa acaso en el príncipe de Golconda ó de China,
 Ó en el que ha detenido su carroza argentina
 Para ver de sus ojos la dulzura de luz?
 Ó en el rey de las Islas de las Rosas fragantes,
 Ó en el que es soberano de los claros diamantes,
 Ó en el dueño orgulloso de las perlas de Ormuz?

... ¡Ay! la pobre princesa de la boca de rosa,
 Quiere ser golondrina, quiere ser mariposa,
 Tener alas ligeras, bajo el cielo volar,
 Ir al sol por la escala luminosa de un rayo,
 Saludar á los lirios con los versos de Mayo,
 Ó perderse en el viento sobre el trueno del mar.

... Ya no quiere el palacio, ni la rueda de plata,
 Ni el halcón encantado, ni el bufón escarlata,
 Ni los cisnes unánimes en el lago de azur.
 Y están tristes las flores por la flor de la corte;
 Los jazmines de Oriente, los nelumbos del Norte,
 De Occidente las dalias y las rosas del Sur.

... ¡Pobrecita princesa de los ojos azules!
 Está presa en sus oros, está presa en sus tules,
 En la jaula de mármol del palacio real;
 El palacio soberbio que vigilan los guardas,
 Que custodian cien negros con sus cien alabardas,
 Un lebel que no duerme y un dragón colosal.

... ¡Ob quién fuera hipsípila que dejó la crisálida!
 (La princesa está triste. La princesa está pálida)
 ¡Ob visión adorada de oro, rosa y marfil!
 ¡Quién volara á la tierra donde un príncipe existe
 (La princesa está pálida. La princesa está triste)
 Más brillante que el alba, más hermoso que Abril!

... .Calla, calla, princesa - dice el hada madrina -
 En caballo con alas hacia acá se encamina,
 En el cinto la espada y en la mano el azor,
 El feliz caballero que te adora sin verte,
 Y que llega de lejos, vencedor de la Muerte,
 A encenderte los labios con su beso de amor!

A su vez, el hecho que Darío haya elegido versos tan extensos, alejandrinos, le permite el uso de palabras sonoras como las esdrújulas alternadas con agudas, lo que da un ritmo y un acento muy particulares, que evocan música; música de sonata.

La intención es renovar la sonoridad octosílaba del verso español, con versos extensos.

Si el poema anterior es ejemplo insoslayable del Modernismo, porque todo el suena, es decir, es evidente que hay una intención de búsqueda de sonoridad y ritmo, tal vez es *Sinfonía en gris mayor* el que mejor representa la intención sonora de Darío, ya en el título, desde una sinestesia, es decir, desde una figura que sugiere un concepto nuevo a partir de palabras y conceptos que vienen desde campos léxicos diferentes. Un color 'verde chillón', es una sinestesia, por ejemplo, del mismo modo que '*Sinfonía en gris mayor*' también lo es. En la figura se conjuga el campo de la música y de la plástica. El resultado es la calma silenciosa y contenida de la previa de una tormenta tropical.

Se pueden señalar muchos elementos que remiten a la ausencia del sonido o al sonido sofocado. Sin embargo, se hace muy evidente la intención de jugar con las vocales. En la primera estrofa hay una búsqueda de la 'a', en la segunda de la 'o', en la tercera de la 'e'. Se puede suponer la intención de la escala musical y de la afinación de una orquesta o de un coro.

Por otra parte, el poema tiene un ritmo obsesivo e invariable desde el primer verso hasta el último (una corchea precedida de dos semicorcheas, la primera de ellas es un silencio). A ese ritmo que se suma a la vocal, es posible agregarle melodía.

SINFONÍA EN GRIS MAYOR - Rubén Darío

*El mar como un vasto cristal azogado
refleja la lámina de un cielo de zinc;
lejanas bandadas de pájaros manchan
el fondo bruñido de pálido gris.*

*El sol como un vidrio redondo y opaco
con paso de enfermo camina al cenit;
el viento marino descansa en la sombra
teniendo de almohada su negro clarín.*

*Las ondas que mueven su vientre de plomo
debajo del muelle parecen gemir.
Sentado en un cable, fumando su pipa,
está un viejo marinero pensando en las playas
de un vago, lejano, brumoso país.*

*Es viejo ese lobo. Tostaron su cara
los rayos de fuego del sol del Brasil;
los recios tifones del mar de la China
le han visto bebiendo su frasco de gin.*

*La espuma impregnada de yodo y salitre
ha tiempo conoce su roja nariz,
sus crespos cabellos, sus bíceps de atleta,
su gorra de lona, su blusa de dril.*

*En medio del humo que forma el tabaco
ve el viejo el lejano, brumoso país,
adonde una tarde caliente y dorada
tendidas las velas partió el bergantín...*

*La siesta del trópico. El lobo se aduerme.
Ya todo lo envuelve la gama del gris.
Parece que un suave y enorme esfumino
del curvo horizonte borraría el confín.*

*La siesta del trópico. La vieja cigarra
ensaya su ronca guitarra senil,
y el grillo preludia un solo monótono
en la única cuerda que está en su violín.*

Un caso particular: las onomatopeyas

Desde la paradoja del sonido, se puede señalar la esencia misma de las lenguas. Las lenguas tienen su corpus léxico absolutamente arbitrario. Es decir, arbitrario como inmotivado. Esto quiere decir que las palabras 'suenan', o se dicen de una cierta manera, pero no hay nada en la cosa o en el objeto o entidad que diga que haya que llamarlo así. Las palabras son así porque sí. Son arbitrarias. Las lenguas suenan así porque de manera similar ya sonaban en un estadio anterior. Así las hemos aprendido y así las enseñamos.

Las onomatopeyas siempre han sido motivo de estudio por su particularidad, a mitad de camino entre motivado e inmotivado. En la búsqueda de la justificación de la arbitrariedad del signo lingüístico en tanto inmotivado, de Saussure cita la onomatopeya como un caso particular, de posible motivación, es decir, no arbitrario. Sin embargo, ¿por qué la onomatopeya del canto del gallo es diferente en las distintas lenguas? *Cocorocó*, *quiquiriquí* o *cocoricó*, no deberían ser tres realizaciones del mismo canto, porque el gallo no canta en la lengua del lugar donde se encuentre, sino que se escucha con la lengua de la comunidad de hablantes del lugar; a partir de lo que se escucha, se hace la reproducción lingüística del sonido, en la medida de las posibilidades de cada lengua.





Tomado de Ni Arte ni Parte (Quino, 1981)

4. A MODO DE CIERRE

Una lengua es oral y no todas tienen sistemas de escritura; la escritura solamente es algo así como la foto de la oralidad. Como tal es imperfecta. Cuando se habla se dicen enunciados y los enunciados se delimitan entre pausas y por su contorno melódico. Al pasarlos a la escritura, es fácil recuperar las pausas entre mayúscula y punto o un equivalente, pero lo que se pierde para siempre es la ‘curva melódica’, es decir, se pierde el sonido y todos sus atributos.

BIBLIOGRAFÍA

- Benveniste, Emile, Problemas de lingüística general, 19ª Edición en Español, 1997. 218 pp. ISBN 968-23-0029-0. México: Siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.
- Culler, Jonathan (2014). Breve introducción a la teoría literaria. Ed. Austral.
- Darío, Rubén (1901). Prosas profanas y otros poemas. París: Ed. Viuda de C. Bouret.
- De Saussure, Ferdinand, Curso de lingüística General, 24ª Ed. Argentina: Editorial Losada, 1945.
- De Torre, Guillermo (2001). Historias de las Literaturas de Vanguardia. 946 pp. Madrid: Visor Libros.
- Gombrich, E.H. (1999). La Historia del Arte. 661 pp. 19ª Ed., México: Conaculta, Editorial Diana.
- Martinet, André, Elementos de lingüística general, 3ª Ed. España: GREDOS
- Ong, Walter, Oralidad y Escritura. Tecnologías de la palabra. 3ª reimpresión, 2006. ISBN 950-557-170-4, 191 pp., México: Fondo de Cultura Económica.
- Quino (1981). Ni arte ni parte, 119 pp. Argentina: Ediciones de la Flor.
- Real Academia Española (2010). Ortografía de la lengua española
- Sartori, Giovanni (1998). HOMO VIDENS. La sociedad teledirigida. 2ª Edición, Taurus Pensamiento.
- Schwartz, Jorge (2002). Las vanguardias latinoamericanas. Textos programáticos y críticos. 748 pp. México: Fondo de Cultura Económica.

Contribución transdisciplinar para significar al *ruido* como sonido agente de daño y molestia

Transdisciplinary contribution to the meaning of noise as an agent of harmful and annoyance

Contribuição transdisciplinar para compreender o ruído como um agente de dano e desconforto

Walter A. Montano Rodríguez^{1,a}

¹ Doctorado en Pensamiento Complejo. Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, Hermosillo, Sonora, México.

^a Gualeguaychú, Entre Ríos, Argentina.

Correo de contacto: montano_walter@yahoo.com.ar - ORCID: 0000-0002-0059-5257

Resumen

Este artículo indaga el uso de la palabra «ruido» desde distintas disciplinas (acústica, lingüística, medicina, etc.), y conocer cómo la definen. Todo sonido que sea capaz de producir daño o molestia se califica como *ruido*, y así se considera en leyes mas no en el diccionario del español. La Transdisciplinariedad puede servir para proponer una acepción de que el *ruido* afecta la psiquis y puede generar enfermedades fisiológicas. El antropocentrismo heredado del positivismo encauza el razonamiento a que un contaminante sólo afecta a las personas, y es necesario que desde la Acústica surja una mirada ética y humanista, para considerar que dicho riesgo también afecta a otros seres vivos, porque la humanidad como especie convive en el mismo planeta con otras formas de vida. Aquí se presenta un aporte transdisciplinar para sugerir a la RAE de incorporar la acepción que el *ruido* puede producir daño a las personas y animales.

Palabras clave: Ruido, Pensamiento Complejo, RAE, Transdisciplina, Acústica.

Abstract

This article investigates the use of the word “noise” from different disciplines (acoustics, linguistics, medicine, etc.), and how they define it. Any sound that is capable of producing harm or annoyance is qualified as *noise* and is considered as such in laws but not in the Spanish dictionary. Transdisciplinarity can serve to propose a meaning that *noise* affects the psyche and can generate physiological disorders. The anthropocentrism inherited from positivism forces the reasoning that a pollutant only affects people, and it is necessary that from Acoustics an ethical and humanistic look arises, to consider that this risk also affects other living beings, because humanity as a species coexists on the same planet with other forms of life. This article presents a transdisciplinary contribution to suggest to the RAE to incorporate the meaning that *noise* is harmful and can cause diseases to people and animals.

Keywords: Noise, Complex thinking, RAE, Transdiscipline, Acoustics.

Resumo

Este artigo investiga o uso da palavra «ruido» de diferentes disciplinas (acústica, lingüística, medicina, etc.), e como eles a definem. Qualquer som capaz de produzir dano ou desconforto é qualificado como *ruído*, e é considerado como tal nas leis, mas não no dicionário espanhol. A transdisciplinaridade pode servir para propor um entendimento de que o *ruído* afeta a psique e pode gerar doenças fisiológicas. O antropocentrismo herdado do positivismo canaliza o raciocínio de que um poluente só afeta as pessoas, e é necessário que a Acústica tenha uma visão ética e humanista, para considerar que este risco também afeta outros seres vivos, porque a humanidade como espécie coexiste no mesmo planeta com outras formas de vida. Apresentamos aqui uma contribuição transdisciplinar para sugerir à RAE a incorporação do significado de que o *ruído* pode causar danos a pessoas e animais.

Palavras chave: Ruído, Pensamiento complejo, RAE, Transdisciplina, Acústica.

PACS: 01.65.+g, 43.90.+v

1. INTRODUCCIÓN

A medida que el lenguaje evoluciona con los cambios sociales y/o tecnológicos, la Real Academia Española (RAE) va incorporando o actualizando las acepciones que esos términos involucren, y en el caso de la palabra «ruido» hay un uso común (en la acústica, en la medicina, etc.) que merece ser incluido en el diccionario castellano, con una visión transdisciplinaria que es materia de este artículo. Los acústicos de habla castellana a diferencia de los de habla inglesa, poseemos un único diccionario oficial del idioma y que es redactado por la RAE –en colaboración con la Asociación de Academias de la Lengua Española–, por lo que cuando se deben zanjar dudas sobre el significado de alguna palabra, siempre se recurre al mismo.

La polisemia a la palabra *ruido* que las personas y las disciplinas le dieron a lo largo de los siglos, algunas de sus definiciones fueron incluidas en la RAE, pero en los casos cuando se quiere referir al *ruido* con la complejidad que tiene como agente capaz de producir problemas fisiológicos, esta acepción no ha sido tomada en cuenta. ¿Cuál es el problema? Que al no existir ese concepto lingüístico de la palabra «ruido» validada por la RAE, es difícil de transmitir la intención que el *ruido* es un factor de riesgo a la salud, principalmente a las personas responsables de redactar las leyes, y la peligrosidad mencionada muchas veces queda fuera de las políticas públicas sanitarias.

El autor, a fines del 2019, cuando estuvo investigando sobre la incorporación de la palabra «acústica» al diccionario de la RAE (Montano, 2020), comenzó a bosquejar un manuscrito sobre este vacío lingüístico, que resultó en un documento focalizado en el devenir histórico y jurídico de la palabra «ruido», que será publicado en la *Revista de Acústica* de la Sociedad Española de Acústica (SEA); si bien éste comparte el mismo objeto de proponer a la RAE una nueva acepción a la palabra «ruido», el autor en el presente documento (que además es un producto científico del doctorado que está cursando) formalizará una acepción desde la Transdisciplinarietà, incorporando la visión ética y humanística, ya que la complejidad que tiene el *ruido* en los seres vivos, demanda asumir que es un factor de riesgo a la salud psíquica y/o fisiológica de las personas la cual, humana y éticamente, es necesario ampliarlo a los animales.

El autor, al final de este artículo, sugiere una acepción a *ruido* desde la transdisciplina, sustentada también con las fuentes de datos e informaciones que aquí se analizan, para que sea considerada su incorporación al diccionario de la RAE.

2. LA TRANSDISCIPLINARIEDAD COMO HERRAMIENTA EPISTEMOLÓGICA

La actualización del diccionario de la RAE no es una cuestión disciplinar de la lingüística, y hay palabras que poseen significaciones que deben ser asumidas interdisciplinariamente que, para el caso de la palabra «ruido», se requiere una visión desde la Transdisciplinarietà, porque la responsabilidad ética debe plasmarse en una nueva acepción dada la peligrosidad que puede conllevar la exposición a un *ruido*.

La ruptura paulatina de los encierros disciplinares es factual, porque la humanidad no funciona con entes unicelulares aislados sino con seres colaborativos, y esta conducta –al momento de enfrentar un problema– demanda la interacción entre disciplinas (aparentemente) disímiles, y esto da la aparición del concepto de la interdisciplina, en el cual el conocimiento se organiza jerárquicamente y exige una reflexión más profunda en los científicos y personas involucradas, ya que se trata de atravesar las fronteras disciplinarias para considerar una coordinación y comprensión mutua entre ellas.

Max-Neef (2004, p. 6) ejemplifica la interdisciplina como una pirámide que con jerarquías es una «coordinación por concepto de nivel superior», y distingue tres tipos de interdisciplinariedad «la valórica, la normativa y la propositiva». Muchos pesadores consideran que el conocimiento tiene que ir más allá de la relación intradisciplinar, y que es necesario eliminar las fronteras disciplinarias con una mirada enfocada en la naturaleza, una mirada más humanista, que dieron así formalización a la *transdisciplina*, es decir, atravesar las fronteras entre disciplinas para eliminarlas hacia la *ética como valor superior* de esa pirámide jerárquica.

Para Edgar Morin (filósofo que introdujo el paradigma del Pensamiento Complejo) la transdisciplina es el «conocimiento para la construcción de la condición humana», y la considera estrechamente vinculada al pensamiento complejo, como un conocimiento superior emergente que al atravesar las disciplinas, se tiene que dejar de lado la idea totalizadora de la disciplinarietà fomentada por el positivismo, la transdisciplina es la superación de la fragmentación y parcialización del conocimiento. Morin llama a *ecologizar las disciplinas* y reformar el pensamiento para «tomar en cuenta todo lo que es contextual comprendiendo las condiciones culturales y sociales, es decir, ver en que medio ellas nacen, plantean el problema, se esclerosan, se metamorfosean» (Morin, 1994), y esto con la transdisciplinarietà como

única herramienta superadora se cruza e integra una *pluralidad de disciplinas*, alejándose así de un saber fragmentado.

Una dimensión clave de la transdisciplinariedad, es comprender la forma en que se construye el conocimiento con diversas disciplinas y enfoques, porque es hacer emerger explícitamente los supuestos que las fronteras entre disciplinas diferentes pueden ser atravesadas. Para Morin la cuestión es *tomar conciencia* de los propios supuestos sobre el proceso de indagación, así como descubrir los supuestos de las diversas perspectivas que la informan, donde el pensamiento transdisciplinario debe llevarnos a la *ética de la comprensión*. Morin instala a la humanidad en el centro de su filosofía para evitar caer en el reduccionismo en el pensamiento, porque esto reduce el entendimiento entre las personas, entre los pueblos, y porque sin entendimiento no habrá civilización posible.

Proponer una nueva acepción a la palabra «ruido» debe responder a la visión humanista del siglo XXI, desde la transdisciplinariedad con la acústica como pivote.

3. FUENTES LINGÜÍSTICAS DEL CASTELLANO

En la literatura del castellano se encuentran más referencias al *ruido* como sinonimia de peleas y riñas que como emergente de riesgo a la salud; el autor halló fuentes de información entre los siglos XV y XIX, que demuestran que la palabra «ruido» fue utilizada también para identificar factores que afectan a la salud), que constan en denuncias y escritos notariales sobre conflictos legales entre personas (que serán presentadas en un artículo de la *Revista de Acústica* de la Sociedad Española de Acústica).

Es imposible abarcar en un artículo de este tipo la extensa y profusa variedad de fuentes históricas que mencionan al *ruido* como daño emergente; en este artículo se pone especial énfasis en las definiciones que provienen de distintas disciplinas.

Una de las dificultades que existe a la hora de indagar en documentos escritos en castellano previos al siglo XVIII, es que la palabra «ruido» no siempre tuvo la grafía actual, el autor indagó en el *Fichero general* de la RAE entre las más de mil fichas, y encontró que a lo largo de la historia se utilizaron distintas grafías, apareciendo *ruido* escrito con las siguientes: *roydo*, *rruido*, *rruydo*, *ruydo*, *riuido*, *roido*, *roído*, *ruído* (RAE, n.d.).

3.1 Definiciones de la palabra «ruido»

Los primeros diccionarios que se tiene conocimiento son del siglo XV y eran más bien para usarlos entre traducciones del español y el latín; uno es *Universal vocabulario en latín y en romance* —al cual se lo considera como el primero—, escrito por Alfonso Fernández de Palencia (1423–1492), y de las diez acepciones que incluye en la palabra «roido», todas se refieren a sonidos producidos o generados ya sea por objetos o por personas (Palencia, 1490); el otro, titulado *Vocabulario español-latino* fue escrito por Antonio de Nebrija (1444–1522), contiene algunas de las acepciones identificadas por Palencia, y lo mencionamos porque además utiliza *ruido* en la definición de la palabra «fragor»: «*sonido: estruendo: 19ase 19pagos: cosa quebrada que en se rumper 19ase ruydo: e las cosas resequidas de ligero se quiebran*» (SIC) (De Nebrija, 1495) [El resaltado es del autor].

3.2 La medicina y el ruido como factor de riesgo

De las referencias disponibles desde el *Corpus del Diccionario histórico de la lengua española*, no se encuentra la palabra «ruido» vinculada a temas de medicina en documentos anteriores al año 1790 (del *ruido* asociado a un problema fisiológico), esto podría ser como consecuencia de que en aquella época a dicho término no se lo ligaba a cuestiones de la salud, sino a escenarios sociales (peleas, disputas, etc.); además, los libros de medicina que se encuentran son ediciones previas al siglo XV traducidas del árabe.

En 1797 Juan Naval (?) publicó el primer libro vernáculo sobre la audición, titulado *Tratado físico-médico quirúrgico de las enfermedades de los oídos*, quien no solamente pone a la vista excelentes conocimientos de acústica, sino también de la física aplicada al sistema auditivo. Aquí se extraen algunas de las alusiones a la palabra *ruido* que no se corresponden con acúfenos; sobre la utilidad del oído dice: «*Él nos advierte todo ruido, para que nos apartemos y no peligrosos: de aquí se deduce lo mucho que debemos á este tan noble sentido*» (SIC) (Naval, 1797, p. 3); acerca de la membrana timpánica expone: «*Si la sordera procede de un ruido estruendoso como el de una bomba, en este caso es probable que la membrana del tímpano ha sido empujada hácia adentro [...]*» (SIC) (Naval, 1797, p. 3); y sobre el nervio auditivo: «*El entorpecimiento [...] la inercia de los nervios acústicos: por un golpe, una caída: por un estruendo subitáneo- y estremecedor, ó un ruido permanente y uniforme [...]*» (SIC) (Naval, 1797, p. 281).

En este tratado del siglo XVIII queda en claro tempranamente desde la medicina, que un *ruido* bajo

determinadas características es capaz de producir daño auditivo; por último, sobre la sordera por *ruido* Naval apunta (1797, p. 187):

que no pueden distinguir las sílabas. La razón de este fenómeno consiste en que el sonido externo excita otro sonido interno; pero como este es discordante, y no corresponde al externo, de aquí resulta un ruido que hiere á la oreja, y el oído es confuso. (SIC)

Lamentablemente se conoce poco sobre la vida de Naval, y según la Real Academia de la Historia:

Del análisis de sus obras se desprende que era médico, con nociones de cirugía y que se preocupó, tras leer los escritos de todos los autores europeos de las especialidades de oftalmología, de oídos y de urología, de recopilar y ordenar todo el saber disperso en cada una de ellas para darlas a conocer [...] Además, enriqueció el contenido al exponerlo de un modo metódico y ordenado». (Pérez Albacete, n.d.)

3.3 Etimología de la palabra «ruido»

La etimología moderna nace en los albores del siglo XIX, y los primeros diccionarios etimológicos del castellano no incluyen una definición tácita de la palabra «ruido», pero sí la usan para dar explicación a ciertos tipos de sonidos (Cabrera y Rubio, 1837) (Monlau, 1856).

En el *Diccionario general etimológico de la lengua española* de Eduardo de Echegaray (1889, p. 223) aparece definido, y entre todas las acepciones que le incluye ninguna considera que el *ruido* pueda ser un agente de enfermedad y/o molestia; su etimología la toma de «1. Del latín *rugitus*. 2. Del latín *ruere*, caer; *rutum*, caído; *ruiturus*, lo que ha de caer».

Roque Barcia escribió el *Primer diccionario general etimológico de la lengua española*, en el cual presenta muchas sinonimias de la palabra «ruido», y agrega que «El uso metafórico de esta palabra es muy extenso»; en su definición no incluye acepciones de que pueda ser agente de enfermedad/molestia, y referencia su etimología de «1. Del latín *ruere*, caer; *rutum*, caído; *ruiturus*, lo que ha de caer. 2. catalán, *ruido*; onomatopeya» (Barcia, 1894, p. 794).

Se puede advertir que *ruido* etimológicamente se deriva de palabras del latín que identifican sonidos particulares (rumor, rugido, caída de objetos, etc.), y tal vez por este contexto es que no se habrá tenido en

cuenta la acepción que el *ruido* pueda asociarse a eventos capaces de producir afecciones a la salud.

3.4 Libros vernáculos de Física del siglo XIX que definen el *ruido*

Respecto a la enseñanza de la Física con textos vernáculos en castellano, en España se editaron dos obras que incluyen una definición de *ruido*. En 1856 Santisteban y Rico publicaron el *Manual de física y elementos de química*, que su capítulo III está dedicado a la Acústica definiendo la palabra «ruido» como:

Sonido y ruido. Uno de los fenómenos físicos originados por los movimientos vibratorios de los cuerpos, son los sonidos; entendiéndose por sonido todo lo que afecta con regularidad nuestro sentido del oído. El ruido se diferencia del sonido, en que si bien produce sensaciones en el oído, las produce irregularmente. (SIC) (Santisteban & Rico, 1856, p.128)

El otro libro es de 1858, que fue resultado de un concurso —para escribir manuales que estuvieran redactados en lenguaje usual no científico— de 1854, y fue premiado el ingeniero Eduardo Rodríguez cuya obra se tituló *Manual de física general y aplicada á la agricultura y á la industria* (SIC); Acústica está en el capítulo XVI y la palabra «ruido» es definida como:

Sonidos: ruido. El sonido es la sensación que en el órgano del oído produce una causa exterior, y se distingue del ruido en la especie de sensación mas ó menos agradable que produce; distinción que está fundada mas bien en un convenio tácito que en diferencias que puedan marcarse con exactitud. (SIC) (Rodríguez, 1858, p. 161)

Cada autor con pequeñas diferencias, explican el *ruido* como un fenómeno físico que altera el sentido de la audición.

4. DEFINICIONES INTERNACIONALES DE LA PALABRA «RUIDO»

Para este artículo se reseñan las tres referencias internacionales que a criterio del autor, son las más difundidas mundialmente para definir al *ruido* y que provienen de distintas disciplinas.

4.1 La Sociedad [norte]Americana de Acústica

En 1929 la Acoustical Society of America (ASA) creó varios comités técnicos, y uno de ellos fue designado para desarrollar descripciones de términos acústicos y

así normalizar las palabras comunes utilizadas en acústica, entre 160 definiciones *ruido* se describió por primera vez en 1931 –en esta disciplina– como «ruido es cualquier sonido no deseado» (Montano, 2022), siendo esta frase la forma más común y más utilizada para definir a la palabra «ruido» en la legislación de muchos países en materia ambiental.

4.2 La Organización Mundial de la Salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) trabaja en todo el mundo para promover la salud, mantener la seguridad y servir a los vulnerables, siendo la referente global en materia de políticas de prevención/detección de enfermedades, con el propósito que sean adoptadas por los países (WHO, n.d.). Para el caso del *ruido*, lo define como un factor de riesgo si las personas son expuestas altos niveles sonoros o a tiempos prolongados:

El ruido excesivo daña gravemente la salud humana e interfiere con las actividades diarias de las personas en la escuela, el trabajo, el hogar y durante el tiempo libre. Puede perturbar el sueño, causar efectos cardiovasculares y psicofisiológicos, reducir el rendimiento y provocar respuestas de molestia y cambios en el comportamiento social. La OMS utiliza pruebas sobre los efectos del ruido en la salud para identificar las necesidades de los grupos vulnerables y ofrecer orientación técnica y política para proteger la salud. (WHO, n.d.)

Si bien los contenidos de sus reportes incluyen sugerencias y consejos a considerar por los países, estos no poseen carácter de adopción obligatoria, y cada Estado es responsable de tenerlos en cuenta (o no) para su legislación.

4.3 La Organización Internacional del Trabajo

Para el caso de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en su *Convenio 148* ratificado por la mayoría de los países, en su artículo 3 expone: «(b) el término ruido comprende cualquier sonido que pueda provocar una pérdida de audición o ser nocivo para la salud o entrañar cualquier otro tipo de peligro» (OIT, 1977); se puede leer que la OIT es contundente respecto al riesgo que puede producir en las personas su exposición al *ruido*, y los países que se adhieran a este Convenio están obligados a utilizar esta definición en su legislación, pero sólo en materia de salud y seguridad ocupacional.

5. DEFINICIÓN DE *RUIDO* EN EL DICCIONARIO DE LA RAE

La palabra «ruido» está plasmada en el diccionario de la RAE expresando la labor de trescientos años, y la define como:

ruido (Del lat. tardío *rugitus* ‘rugido’, ‘estruendo’).

1. m. Sonido inarticulado, por lo general desagradable. **2.** m. Litigio, pendencia, pleito, alboroto o discordia. **3.** m. Apariencia grande en las cosas que no tienen gran importancia. **4.** m. Repercusión pública de algún hecho. *Sus declaraciones han producido mucho ruido.* **5.** m. *Ling.* En *semiología*, interferencia que afecta a un proceso de comunicación. **6.** m. germ. Hombre que hace tráfico de prostitutas. (RAE, 2022)

También proporciona algunos ejemplos de su utilización: «*ruido de fondo; ruido de sables; hacer, o meter, ruido alguien o algo; mucho ruido y pocas nueces; querer alguien ruido; quitarse de ruidos alguien; ser más el ruido que las nueces*» (RAE, 2022). Se observa que, en sus acepciones y ejemplos, no se considera que el *ruido* pueda ser un evento potencial de riesgo a la salud, o ser un agente de molestia psicológica.

6. LA TRANSDISCIPLINA PARA AMPLIAR LA PALABRA «RUIDO» CON UNA VISIÓN HOLÍSTICA

Para Delgado (2006) la transdisciplina es complementaria a la multidisciplina y a la interdisciplina y las trasciende (se complementan), porque atraviesa y articula las disciplinas borrando sus fronteras para lograr un bien común de la humanidad, propone un diálogo entre saberes y entre culturas, resaltando la importancia del diálogo porque es la única forma de solucionar los problemas de nuevo tipo, como la bioética o el ambientalismo, consensuando un corpus de conocimientos para que todas las disciplinas introduzcan otras nociones, y así finalizar con los enfoques disciplinarios unívocos totalizadores, que en definitiva no son más que obstáculos, es decir, la transdisciplina introducirá un diálogo entre los distintos saberes.

Una visión transdisciplinaria sobre la temática en la que versa este artículo se está divulgando desde fines del 2020 en EE. UU.; Daniel Fink (2020) publicó en el *Journal* de la ASA, su preocupación de que al no existir una acepción en el idioma inglés que considere al ruido como factor de daño, es difícil convencer a las personas que no abusen del sonido (ruido); esto lo llevó a abogar sobre esta temática y propuso a la ASA

ampliar el actual significado de *ruido* en la acústica. Fink sobre la palabra “noise” señala que «La definición actual [la de 1931] no transmite información precisa y actualizada sobre el ruido, especialmente en sus connotaciones [...] ignorando lo que ahora se sabe sobre los efectos nocivos del ruido», aporta un argumento firme para ello «Esa definición subjetiva y obsoleta [la de 1931] sigue influyendo tanto en las políticas públicas como en nuestra comprensión del ruido como un peligro para la salud» (Fink, 2020). Se puede apreciar que su propuesta es un intento transdisciplinar de atravesar las fronteras que tiene la actual definición de *ruido*, para darle una significación y la connotación de su peligrosidad.

Es de suyo evidente que el estudio del *ruido* no puede limitárselo al estudio de su comportamiento físico como parte de una onda acústica, sino que debe ampliárselo desde la perspectiva que es un contaminante que no sólo es capaz de producir molestia psicológica sino también produce daño a la salud humana. Pero ¿qué será del resto de las especies vivientes? La transdisciplina al aportar la visión holística de la Naturaleza y el Ambiente, será una herramienta primordial para que el *ruido* lingüísticamente posea una acepción superadora de la realidad, y así evitar que algunas disciplinas insistan en mantener la visión antropogénica incólume que excluye el resto de los seres vivientes; el planeta es uno sólo y la humanidad comparte un mismo espacio con ellos, y será la responsabilidad ética desde la Acústica (como ciencia interdisciplinaria) aportar desde la transdisciplina este enfoque humanista.

7. PROPUESTA DE NUEVA ACEPCIÓN DE *RUIDO* CON UNA VISIÓN DESDE LA TRANSDISCIPLINARIEDAD

Para el caso de una nueva acepción a la palabra «ruido», es necesario el diálogo entre las disciplinas, como el de la acústica con la medicina, el derecho, la filología, entre otras, porque es una componente indispensable para superar la racionalidad a veces imperante en la sociedad; entonces, el autor sugiere por las razones transdisciplinarias expuestas a lo largo de este artículo, incorporar la siguiente acepción (o ejemplo descriptivo) al diccionario de la RAE: **ruido es un sonido no deseado, que puede producir molestia o daño a la salud de las personas y animales.**

8. CONCLUSIONES

En este artículo se expusieron los motivos transdisciplinares —que es no olvidar al sujeto del

objeto—, por los cuales es de importancia actualizar el significado de la palabra «ruido» en el diccionario de la RAE, y que represente el sentido que la misma posee en el siglo XXI, el cual también está justificado por razones éticas y humanísticas, que un *ruido* dependiendo de su naturaleza puede ser dañino en los seres vivientes. El *ruido* debe ser considerado como un peligro para la salud, como así lo define la OMS y la OIT, por lo que añadir la acepción sugerida a su definición en la lengua castellana, le dará más exactitud a su significado.

Las personas deben acceder a recursos sintácticos suficientes para descifrar textos escritos y orales, de aquellos que utilicen la palabra «ruido» con esa acepción, o que también puede ser considerado para identificar un *sonido no deseado*.

Este artículo es resultado de una investigación iniciada en el 2019 que, además, es parte de la Tesis del autor para obtener el grado de Doctor en filosofía del Pensamiento Complejo.

El autor declara que este artículo no tuvo fuentes de financiamiento externo y fue escrito en su tiempo dedicado a sus estudios de doctorando; también declara que no hay conflictos de intereses.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere reconocer a Fernando J. Elizondo (del Laboratorio de Acústica de la FIME-UALN, México) por sus sesudas acotaciones al primer manuscrito; a Giovanni Castellanos Garzón, tutor de la tesis doctoral, por sus comentarios y sugerencias; y también a las editoras y revisores de la revista ECOS por la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

- Barcia, R. (1894) Primer diccionario general etimológico de la lengua española. *Imprenta de Francisco Seix*, Barcelona. <https://books.google.es>
- Cabrera y Rubio, R. (1837) Diccionario de etimologías de la lengua castellana. *Imprenta de Marcelino Calero*, Madrid. <https://books.google.es>
- De Echegaray, E. (1889) Diccionario general etimológico de la lengua española. *Editor J.M. Faquíneto*, Madrid. <https://books.google.es>
- De Nebrija, E.A. (1495) Vocabulario español-latino. *Blog Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes*, Madrid. <https://books.google.es>

- Delgado Díaz, C. J. (2006) La complejidad y el diálogo transdisciplinario de saberes. Capítulo IV en *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social*. CLACSO, Buenos Aires. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/formacion-virtual/20100719030032/7CapituloIV.pdf>
- Fink, D. (2020) A new definition of noise: noise is unwanted and/or harmful sound. Noise is the new 'secondhand smoke.' *Proceedings of Meetings on Acoustics*. Vol. 39(1). <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/2.0001186>
- Max-Neef, M.A. (2004) Fundamentos de la transdisciplinariedad. *Universidad Austral de Chile*. Valdivia. <https://xdoc.mx/documents/fundamentos-de-la-transdisciplinariedad-5e6bef7c6ad98>
- Monlau, P. F. (1856) Diccionario etimológico de la lengua castellana. *Imprenta de M. Rivadeneyra*. Madrid. https://books.google.com.pe/books?id=BXgCAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Montano, W.A. (2020) El ingreso de la palabra «acústica» a la lengua castellana. Doscientos años de la última ciencia de la era de la Ilustración. *Revista de Acústica SEA* Vol. 51. Núm. 1-2, primer y segundo trimestre 2020. Madrid. http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/01_17.pdf
- Montano, W.A. (2022) Public concern and measurements of noise in the city. *NNI Magazine* Vol. 29(4) INCE. <http://noisenewsinternational.net/public-concern-and-measurements-of-noise-in-the-city/>
- Morin, E. (1994) Sobre la interdisciplinariedad. 1er. Congreso Internacional de Transdisciplinariedad. Arrábida, Portugal. <http://conexiones.dgire.unam.mx/wp-content/uploads/2017/09/Sobre-la-interdisciplinariedad.-Morin..pdf>
- Naval, J. (1797) Tratado físico-médico, quirúrgico de las enfermedades de los oídos. *Imprenta Real de Madrid*. <https://books.google.es>
- OIT (1977) C148 - Convenio sobre el medio ambiente de trabajo (contaminación del aire, ruido y vibraciones). *Organización Internacional del Trabajo*, Ginebra. https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NOR_MLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C148
- Palencia (1490) Universal vocabulario en latín y en romance. Tomo I y Tomo II. Alfonso de Palencia. *Website de la Biblioteca Virtual Cervantes*. <https://www.cervantesvirtual.com/obra/universal-vocabulario-en-latín-y-en-romance-tomo-i--0/>
- Pérez Albacete, M. (n.d.) Juan Naval. *Diccionario Biográfico electrónico* (DB~e) de la Real Academia de la Historia, Madrid. <https://dbe.rah.es/biografias/19667/juan-naval>
- RAE (n.d.): Fichero general [ruido]. *Real Academia Española*. <https://apps2.rae.es/fichero.html>
- RAE (2022) Ruido. *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. RAE. <https://dle.rae.es/ruido?m=form>
- Rodríguez, E. (1858) Manual de física general y aplicada á la agricultura y á la industria. *Imprenta de Eusebio Aguado*, Madrid. <https://bvpb.mcu.es/es/consulta/registro.do?id=449635>
- Santisteban, M.; Rico y Sinobas, M. (1856) Manual de física y elementos de química. *Imprenta de Eusebio Aguado*. Madrid. <https://books.google.es>
- WHO (n.d.) Noise. Environment and health. Health topics. *World Health Organisation*. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/noise>

Calidad y acondicionamiento acústico en edificaciones

Acoustic quality and treatment in buildings

Qualidade e condicionamento acústico em edifícios

Alice Elizabeth González¹ 

¹Departamento de Ingeniería Ambiental – IMFIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, URUGUAY

Correo de contacto: elizabet@fing.edu.uy

Este texto corresponde a una conferencia dictada en el I Seminario sobre Sostenibilidad en la Construcción, organizado por el Programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Medellín, Colombia, en agosto de 2010. Se han actualizado algunos aspectos puntuales para mantener la vigencia del artículo.

Resumen

La calidad de la construcción está estrechamente ligada a la función de los edificios y a su contexto. Involucra diversos aspectos, como habitabilidad, seguridad, durabilidad, estética, cuyos costos se encuentran incorporados naturalmente en los proyectos. Sin embargo, el diseño de locales desde el punto de vista acústico parece estar reservado a usos especiales, y suele ser dejado de lado en edificios que ameritarían un tratamiento no menos cuidadoso en ese sentido, como los destinados a locales educativos. Se presentan algunos parámetros de calidad acústica en interiores, se evalúan algunas soluciones constructivas tanto desde el punto de vista de su desempeño acústico como de su costo, y se muestra una evaluación de algunas aulas de la Facultad de Ingeniería de la Udelar (Uruguay). A modo de conclusión, se plantea la necesidad de internalizar los costos requeridos para lograr una buena calidad acústica, considerándolos como parte de la inversión y no como un gasto suentario.

Palabras clave: calidad acústica, acústica de locales, acústica de aulas, calidad de la construcción

Abstract

The quality of construction is closely related to the functionality of the buildings in their environment. It is achieved by different issues, as habitability, safety, durability, aesthetics. Its costs are naturally incorporated in the whole costs of the projects. But the acoustic design seems to be considered only for special buildings, not including classrooms. Some parameters about acoustic quality of rooms are presented. The cost and acoustic behaviour of some constructive solutions are compared. A case of study about classrooms of the Faculty of Engineering (Udelar, Uruguay) is presented. The necessity of internalizing the costs of a good acoustic design is concluded: they are investment costs and not useless expenses.

Keywords: acoustic quality, rooms acoustics, classrooms acoustics, construction quality

Resumo

A qualidade da construção está intimamente ligada à função dos edifícios e ao seu contexto. Envolve vários aspectos, como habitabilidade, segurança, durabilidade, estética, cujos custos são naturalmente incorporados aos projetos. No entanto, do ponto de vista acústico, o desenho das instalações parece estar reservado a usos especiais, sendo habitualmente deixado de lado em edifícios que mereceriam um tratamento não menos cuidadoso a este respeito, como os destinados a espaços educativos. São apresentados alguns parâmetros de qualidade acústica em interiores, algumas soluções construtivas são avaliadas tanto do ponto de vista do seu desempenho acústico como do seu custo, e é apresentada uma avaliação de algumas salas de aula da Faculdade de Engenharia da Udelar (Uruguai). Em conclusão, surge a necessidade de internalizar os custos necessários à obtenção de uma boa qualidade acústica, considerando-os como parte do investimento e não como um gasto suentoso.

Palavras-chave: qualidade acústica, acústica de salas, acústica de salas de aula, qualidade de construção

¹  <https://orcid.org/0000-0002-2827-5052>

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de la construcción ha estado intrínsecamente ligada a la función de los edificios y a su inserción espaciotemporal, tanto en lo sociocultural como en lo geográfico. Así, por ejemplo, los materiales que se emplean, las formas, dimensiones, acondicionamiento interior, reflejan de algún modo estos aspectos: no es azar que las construcciones de zonas en las que ocurren movimientos telúricos sean estructuralmente diferentes a las que se construyen en donde no ocurren tales movimientos; los climas extremos definen materiales y tipo de aberturas; las características de la familia tipo de una sociedad (en particular su número de integrantes) inciden sobre la cantidad y dimensiones de las habitaciones en las viviendas.

En la medida en que la calidad de la edificación tiene una incidencia obvia en su costo, al irse generando soluciones habitacionales al alcance de usuarios de menores ingresos, es esperable que esas soluciones carezcan de un estudio de calidad acústica y en consecuencia no satisfagan criterios mínimos de aislamiento a la propagación de ruido por vía aérea.

Del mismo modo, el comportamiento acústico de las aulas de locales educativos recibe por lo general poca atención a la hora de proyectar (Beristáin, 1998), lo que luego puede redundar en elevados niveles de ruido de fondo o condiciones deficitarias en lo relativo a la inteligibilidad de la palabra hablada. Abundantes y de larga data son las publicaciones en ese sentido, mostrando deficiencias en la calidad de aulas tanto en países europeos como latinoamericanos, (Vela et al., 1997; Bordinhao de Matos et al., 1998; Díaz Sanchidrián y Pedrero González, 1998; Urea y Rolla Bertoli, 1998; Gonzalo, 2001; Medina Valdez, 2009).

Dado que las sociedades urbanas de nuestros días conviven con niveles de ruido más o menos importantes, especialmente a causa del crecimiento sostenido de la flota automotriz, es probable que falte aún cierto tiempo para que las características acústicas de los locales pasen a ser una componente natural de la calidad de la edificación.

2. RUIDO Y SONIDO

El Diccionario de la Real Academia Española define ruido como “*sonido inarticulado, por lo general desagradable*”. Al hablar de ruido surge entonces, implícitamente, la idea de un sonido que no es deseado por receptor o, dicho de otro modo, que interfiere con la señal “útil” o portadora de información relevante para el receptor. Por lo tanto, la diferencia entre sonido y ruido tiene, innegablemente, aspectos subjetivos (González et al., 2008).

El grado de molestia asociado con un ruido depende fuertemente de su nivel de presión sonora, pero no es ésta la única característica que tiene que ver con la molestia generada: también el contenido semántico es importante, así como la composición espectral, la variabilidad temporal, la presencia de componentes impulsivos, la presencia de componentes repetitivos – impulsivos o no-, la presencia de tonos puros o de abundantes componentes en bajas frecuencias, la relación con el ruido de fondo en cuanto a niveles y a composición espectral, la actividad que se pretende realizar en presencia del ruido en cuestión (González et al., 2008).

3. CALIDAD ACÚSTICA

La *calidad acústica* de un local se relaciona con su aptitud para el uso que se ejerce o se desea ejercer sobre él. Dice Medina Valdéz (2009): “*La calidad del ambiente acústico es la característica del espacio arquitectónico, en donde se pretende generar un estado de satisfacción o bienestar físico y mental del ser humano en su percepción auditiva*”.

Un ambiente tiene una buena calidad acústica para cierto uso si éste se puede ejercer sin que se genere perturbación o molestia alguna a los receptores presentes en él.

Si bien la relación entre ruido y molestia es bastante compleja, Querol i Noguera (1994) señala cuatro puntos principales al respecto: “*si el ruido se siente, es molesto; si causa interferencia, es molesto; si invade el territorio de una persona, es molesto; si perturba el bienestar o la salud, tanto en lo fisiológico como en lo psicológico, es molesto*”.

Medina Valdéz (2009) precisa: “*un ambiente acústico satisfactorio se define como aquel en el cual el carácter y la magnitud de todos los sonidos son compatibles con el uso del espacio*”, en tanto “*un ambiente confortable es aquel donde no existe distracción o molestia, de tal manera que las tareas o las actividades puedan realizarse sin perturbaciones físicas y mentales*”.

4. PARÁMETROS DE CALIDAD ACÚSTICA DE LOCALES

El confort o la calidad acústica de un local dependen de varios factores, de los cuales los principales son:

- tiempo de reverberación adecuado al uso y tamaño del local
- balance adecuado entre sonido directo y reverberante
- intimidad y uniformidad del sonido en el local (buena difusión)
- privacidad o aislamiento del ruido exterior
- nivel y composición del ruido de fondo.

Los parámetros que a continuación se presentan son los que usualmente se emplean para cuantificar dichos factores.

4.1 Tiempo de reverberación T_R

El tiempo de reverberación es el parámetro de calidad acústica de locales por excelencia, aunque no es el único. Se designa como tiempo de reverberación de un local al tiempo que tarda la energía acústica presente en él en reducirse a una millonésima parte de la que existía en el momento en que se interrumpe la emisión desde una fuente sonora interior al local. Dicho de otro modo, es el tiempo que tarda el nivel sonoro en un local en decaer 60 dB a partir del momento en que se interrumpe la emisión desde dicha fuente sonora (González et al., 2008). Debe medirse en la zona de campo reverberante del local en cuestión.

Si bien el tiempo de reverberación varía según la frecuencia que se considere, usualmente se toma como referencia o parámetro de diseño el tiempo de reverberación a 500 Hz.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación DB-HR de España (2009), el tiempo de reverberación en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario) cuyo volumen sea inferior a 350 m³, no debe ser mayor que 0,7 s. En caso de que se considere el total de butacas de la sala con ocupación nula -siempre en la hipótesis de que la sala en cuestión tenga volumen inferior a 350 m³-, el tiempo de reverberación no será mayor que 0,5 s.

El tiempo de reverberación tiene un rol protagónico en la inteligibilidad de la palabra, e incide a su vez fuertemente en los posibles usos que se puede asignar a un local para que los mismos se puedan practicar en forma efectiva y confortable (González et al., 2008).

4.2 Calidez

La *calidez acústica* de un local se refiere a la relación que existe entre los tiempos de reverberación a bajas frecuencias y a frecuencias medias (Kinsler et al., 1992).

La *calidez acústica* representa la respuesta del local en frecuencias graves. Cuando se tiene un contenido importante de frecuencias graves, se dice que se trata de un ambiente *acústicamente cálido*. La calidez acústica se calcula como el cociente entre la suma de los T_R a 125 Hz y 250 Hz, y la suma de los T_R en las bandas de 500 Hz y 1000 Hz (Carrión Isbert, 1998; Aulestia Valencia, 2010):

$$C = \frac{T_{R,125} + T_{R,250}}{T_{R,500} + T_{R,1000}}$$

4.3 Intimidad

Tiene que ver con el tiempo que tardan en llegar las primeras ondas reflejadas luego de la llegada de la señal principal. Se considera que la condición de intimidad de una sala es buena cuando este retardo es menor que 20 ms (Kinsler et al., 1992).

4.4 Modos normales

Son los modos naturales de vibración del aire contenido en un recinto, y sus frecuencias dependen de las relaciones entre las tres dimensiones del mismo (largo, ancho y altura). En presencia de modos normales, aparecen puntos en que las señales acústicas se ven fuertemente amplificadas, en tanto en otros sufren un gran decaimiento, lo que da por resultado una respuesta del local acústicamente heterogénea y una fuerte dependencia de la posición que se ocupe dentro de él en cuanto a condiciones de audibilidad (Carrión Isbert, 1998; Aulestia Valencia, 2010).

Existen tratamientos acústicos que permiten corregir los problemas que genera la presencia de modos normales, pero la mejor opción es evitarlos desde el comienzo, desde el diseño del local.

4.5 Inteligibilidad de la palabra

La mayor información en un mensaje hablado viene dada por las consonantes, que tienen menor duración y mayor frecuencia que las vocales (Carrión Isbert, 1998; Aulestia Valencia, 2010). El idioma español tiene solamente 5 vocales y 22 consonantes, lo que da una idea de la importancia de estas últimas en la comprensión del mensaje oral. A esto debe agregarse que los sonidos de frecuencias más altas se absorben, se aíslan y se enmascaran con mayor facilidad; también son las primeras frecuencias en que el oído humano experimenta pérdida auditiva por presbiacusia, es decir, al envejecer.

Si bien se trata de un aspecto subjetivo, para tener una buena inteligibilidad de la palabra hablada el retardo entre la llegada del sonido directo y las primeras reflexiones al oído del receptor no debe superar los 50 ms (Kinsler et al., 1992; Carrión Isbert, 1998; Aulestia Valencia, 2010).

La inteligibilidad puede variar dentro de un mismo local, por lo que debe determinarse en diferentes puntos del mismo.

Existen métodos y parámetros objetivos que permiten cuantificar la inteligibilidad en un local, en particular los índices STI y RASTI (Kinsler et al., 1992; Carrión Isbert, 1998; Aulestia Valencia, 2010).

4.6 Índice RASTI (Rapid Speech Transmission Index)

Es una variante simplificada del Speech Transmission Index (STI). Se basa en un sistema transmisor – receptor. El transmisor genera una señal estandarizada en cuanto a frecuencias (ruido rosa en las bandas de octava normalizadas entre 500 Hz y 2000 Hz), modulación y direccionalidad, y el receptor la analiza y devuelve el valor del RASTI, que está comprendido entre 0 y 1 (Gonzalo et al., 2001).

4.7 Índices de Articulación (silábico IPAS, de palabras IPAP, de frases IPAF)

Los *índices de articulación* dan información a propósito del porcentaje de sílabas, palabras o frases de sendos conjuntos estandarizados que son comprendidos en un local teniendo en cuenta la intensidad de la señal, el ruido de fondo -nivel y variabilidad- y la reverberación (González et al., 2008).

4.8 SIL (Speech Interference Level)

Este índice se refiere a la calidad de un recinto para que en él la palabra hablada sea fácilmente comprensible. El valor del SIL es el promedio aritmético de los niveles de presión sonora del ruido de fondo en las bandas normalizadas entre 500 Hz y 4000 Hz; en estas bandas justamente ocurre la mayor parte de la energía que emiten las voces humanas cuando hablan (González et al., 2008).

4.9 PSIL (Preferred Speech Interference Level)

Es un índice similar al SIL, con la diferencia de que emplea la media aritmética de los niveles de presión sonora en las frecuencias 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz. Se diferencia del SIL en que el PSIL no considera la frecuencia de 4000 Hz (González et al., 2008).

4.10 Ruido de fondo

Es el que existe en un local cuando en él no se realiza ninguna actividad específica. Es el resultante de las fuentes sonoras externas y del funcionamiento de equipamiento que genera niveles sonoros más o menos estables dentro del local en cuestión, como equipos de aire acondicionado u otros artefactos eléctricos; puede haber eventualmente aportes del funcionamiento de otras instalaciones, como las sanitarias.

La calificación del nivel de ruido de fondo en un local a los efectos del confort acústico no se realiza teniendo únicamente en cuenta el valor expresado en escala de ponderación A: también interesa la composición espectral del ruido de fondo. Para tener en cuenta

ambos aspectos simultáneamente, se emplean criterios que se expresan a través de familias de curvas y que permiten calificar con un número único las características de nivel y composición del ruido de fondo. Algunos de estos criterios se presentan en el punto siguiente (González et al., 2008).

5. CURVAS CRITERIO PARA EVALUAR CALIDAD ACÚSTICA EN INTERIORES

Existen varios criterios de calidad acústica en interiores, dados por familias de curvas que están definidas por valores en dB (sin ponderación, o sea en escala Z) para cada banda de octava normalizada en una cierta porción del rango audible, que abarca por lo menos el intervalo entre 125 Hz y 4000 Hz. Los usos más frecuentes de estas curvas son dos (González et al., 2008):

- Definir los máximos niveles sonoros de ruido de fondo admisibles en un local en cada banda de octava, para cumplir con la recomendación de calidad acústica para un cierto uso.
- Verificar si la calidad acústica de un local es o no recomendable para determinado uso.

Para varios de estos criterios, el número de curva que corresponde a un espectro dado es la envolvente inmediata superior de todos los niveles que definen dicho espectro; para otros, es el valor del SIL.

Una de las ventajas del uso de curvas de calidad o confort acústico en interiores es que, a la vez de lograr un diagnóstico acerca de la aptitud del local, se conoce también en cuál o cuáles bandas de frecuencia habría que actuar para alcanzar un cierto estándar de calidad para un uso en particular.

5.1 Curvas NC (Noise Criterion)

Es el conjunto de curvas más antiguo; fue desarrollado hacia fines de los '50, con la intención de caracterizar ambientes cerrados para lograr una buena inteligibilidad de la palabra o un ámbito en que escuchar música resultara placentero.

Además de la especificación de las curvas en bandas de octava normalizadas entre 63 Hz y 8000 Hz inclusive, que se expresa en dB (sin empelar ninguna ponderación frecuencial, es decir, son niveles en escala Z), se brinda una tabla en que se presentan los valores NC recomendados para diversos usos del local en cuestión (González et al., 2008).

5.2 Curvas PNC (Preferred Noise Criterion)

Se trata de una revisión de las curvas NC que se realizó a comienzos de los '70, para tener en cuenta los

avances en materia de estudios psicoacústicos que se habían dado en los últimos 10 años. Las curvas PNC amplían el rango de trabajo de las curvas NC (González et al., 2008).

5.3 Curvas NR (Noise Rating)

Las curvas NR cubren un espectro bastante más amplio que las curvas NC y PNC, no sólo en cuanto a frecuencias sino especialmente en cuanto a niveles de presión sonora. Además de una tabla con valores de las curvas NR adecuados para diferentes usos del local que se estudia, también se propone una correspondencia con los niveles sonoros ambientales expresados en escala A: se estima que el nivel de presión sonora en escala A es numéricamente mayor que el número de curva NR en 10 unidades, aunque esto es estrictamente válido únicamente en un rango de valores más estrecho que aquel para el cual están definidas las curvas (González et al., 2008).

5.4 Curvas RC (Room Criteria)

Estas curvas, propuestas por Blazer en 1981, están basadas en los valores de nivel de presión sonora obtenidos para las frecuencias centrales de las octavas que van de 16 Hz a 4000 Hz, e integradas por dos descriptores: un número de curva que coincide con el valor del PSIL, y una letra que indica la calidad del sonido descripta por un observador, y que puede ser N (neutral), R (rumble, ruido de baja frecuencia), H (ruido de alta frecuencia o siseo), RV (ruido que genera vibraciones perceptibles acústicamente inducidas) (González et al., 2008). Cualquier local que merezca una calificación que no sea N podría ameritar un análisis acústico para mejorar sus condiciones, en función de su destino actual o deseado.

5.5 Curvas NCB (Balanced Noise Criterion)

Se basan en las curvas NC, que en este caso fueron ampliadas por L. Béranek hacia frecuencias más altas y más bajas que las originales, cubriendo ahora desde 16 Hz a 8000 Hz. En la misma línea que las curvas RC, la categorización que se obtiene viene dada por un número de curva NCB (que coincide con el PSIL) y un calificativo (N, R, H, RV) (Béranek, 1989).

6. CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y CALIDAD ACÚSTICA

La buena calidad de una construcción se relaciona con la calidad en distintos aspectos, como habitabilidad,

seguridad, durabilidad, estética, entre otros. Estos puntos –y, en particular, sus costos–, se encuentran incorporados naturalmente en los costos del proyecto, pero no sucede exactamente lo mismo en materia de calidad acústica, que suele ser olvidada, desestimada o sentida como motivo de gasto y no como parte de la inversión.

A continuación, se realiza un análisis comparativo del comportamiento de un conjunto de materiales, tanto desde el punto de vista de su desempeño acústico como de su costo, siguiendo el modelo de análisis que se presenta en Méndez et al. (1994). A los efectos de evaluar la calidad acústica de distintos paramentos, se comparan los valores del índice R_w (índice de reducción acústica compensado) de cada solución para caracterizar su aislamiento a ruido aéreo. En lo referente a divisorios horizontales (entrepisos), la comparación se hace a partir de su aislamiento a ruido de impacto dado por ΔN_w (índice de reducción del sonido de impacto, compensado). Los valores de estos índices fueron tomados de Méndez et al. (1994); los costos corresponden a valores de referencia para 10 m² de cada solución construidos en Montevideo, Uruguay.

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para fachadas; en la tabla 2, los correspondientes a divisorios verticales; en la tabla 3, los valores para divisorios horizontales (entrepisos) y en la tabla 4, los valores para entrepisos en el caso particular de que se empleen pisos flotantes.

Nota: La versión original de este artículo incluía precios de referencia a junio de 2010; éstos se han actualizado a junio 2022 en base a diferentes tablas de referencia y paramétricas publicadas (Seré Carracedo, 2020; Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022a y 2022b).

Tabla 1. Valores de índice de reducción acústica compensado R_w y costo de 10 m² para distintas fachadas

Material	Costo/10 m ² (US\$)	R_w (dB)	Costo específico cada 10 m ² (US\$/dB)
Ladrillo autoportante	455	44	10,3
Pantalla H.A.* 10 cm	1510	43	35,1
H.A. 14 cm	2114	43	49,2

* H.A.= Hormigón armado

Fuente: Elaboración propia, con datos de R_w tomados de Méndez et al. (1994) y costos estimados a junio de 2022

Tabla 2. Valores de índice de reducción acústica compensado y costo de 10 m² para distintos tabiques divisorios verticales

	R _w (dB)	Aplicaciones recomendadas (según Méndez et al., 1994)	Costo (US\$/10 m ²)	Costo específico cada 10 m ² (US\$/dB)
Ticholo 11 cm	40	Tabiques internos, muros internos	306	7,7
Ladrillo común	50	Todas	455	9,1
Placas de yeso	43	Tabiques internos, muros internos	340	7,9
Ticholo 18 cm	44	Todas, menos linderos con edificios vecinos	459	10,4
Ladrillo común 27 cm	54	Todas	650	12,0
H.A.	50	Todas	1812	36,2

Fuente: Elaboración propia, con datos de R_w tomados de Méndez et al. (1994) y costos estimados a junio de 2022

Tabla 3. Valores de índice de reducción del ruido de impacto compensado ΔN_w y costo de 10 m² para distintos divisorios horizontales (entrepisos)

	Costo/10 m ² (US\$)	ΔN _w (dB)	Costo específico cada 10 m ² US\$/dB
Losa con cerámica	2108	66	31,9
Losa con cerámica (otra)	1979	71	27,9
Losa con vinílico	2029	71	28,6
Losa con alfombra	1884	52	36,2

Fuente: Elaboración propia, con datos de ΔN_w tomados de Méndez et al. (1994) y costos estimados a junio de 2022

En la Figura 1 se puede observar que el aislamiento no varía significativamente, aunque los costos lleguen a tener un orden de diferencia. En particular, en este caso el material de costo menor es el que tiene mejor y más eficiente desempeño acústico.

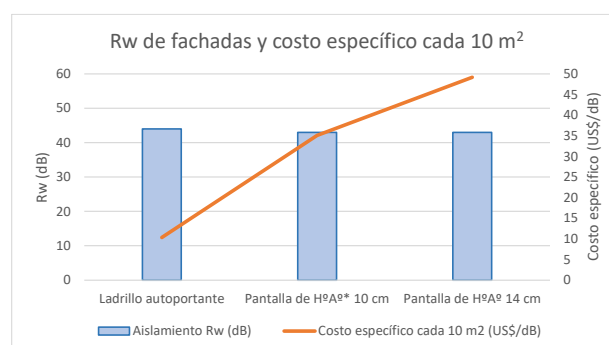
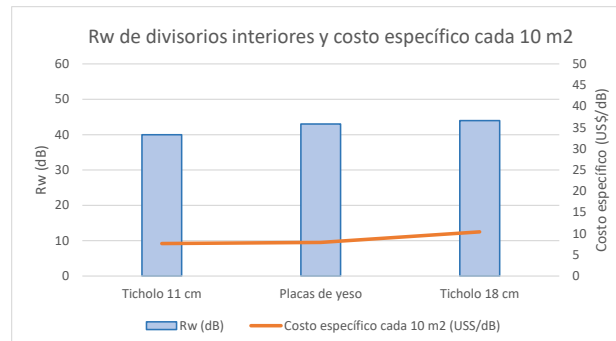
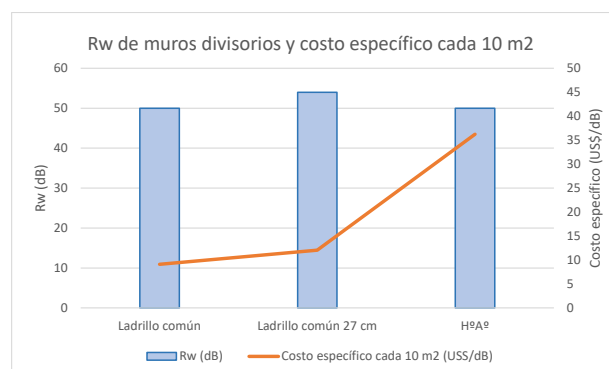
Tabla 4. Valores de índice de reducción del ruido de impacto compensado ΔN_w y costo de 10 m² para distintos entrepisos con piso flotante

	Costo (US\$/10m ²)	ΔN _w (dB)	Costo específico cada 10 m ² US\$/dB
Piso flotante	766	35	21,9
Piso flotante y vinílico	983	39	25,2
Piso flotante y alfombra	838	41	20,4
Piso flotante y goma	1106	49	22,6

Fuente: Elaboración propia, con datos de ΔN_w tomados de Méndez et al. (1994) y costos estimados a junio de 2022

Trabajando ahora sobre tabiques divisorios verticales, se obtienen los costos unitarios y específicos a R_w que se presentan en la tabla 2 y en las Figuras 2 y 3. Los valores de R_w están tomados de Méndez et al. (1994). Puede verse que la variación en el costo específico de tabiquería interior es mucho menor que en los demás casos. Para muros verticales, las soluciones más eficientes acústicamente son las que corresponden a

muros de ladrillo, que son también soluciones de bajo costo.

Figura 1. Índice de reducción acústica compensado R_w para fachadas y costo específico de 10 m²Figura 2. Índice de reducción acústica compensado R_w para tabiques interiores y costo específico de 10 m²Figura 3. Índice de reducción acústica compensado R_w para muros divisorios y costo específico de 10 m²

En el caso del aislamiento de entrepisos, el desempeño acústico es muy variable. Obsérvese (tabla 3, figura 4) que la solución con peor desempeño acústico (losa con alfombra) si bien está entre las de menor costo, es la más ineficiente desde el punto de vista de su costo específico, en tanto la mejor solución en cuanto a desempeño y eficiencia (losa con vinílico) resulta ser la más económica.

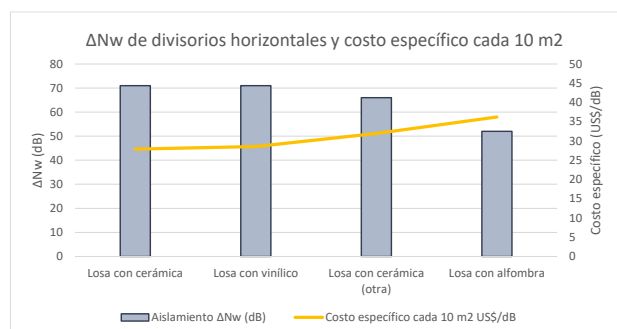


Figura 4. Índice de reducción del ruido de impacto compensado ΔN_w para divisorios horizontales y costo específico de 10 m²

En el caso de soluciones para entrepisos con pisos flotantes, considerando el aislamiento al ruido de impacto cuantificado como ΔN_w , en la medida que se incrementa el costo de la solución también se obtiene una mejora significativa desde el punto de vista del desempeño acústico, como se observa en la tabla 4 y la Figura 5.

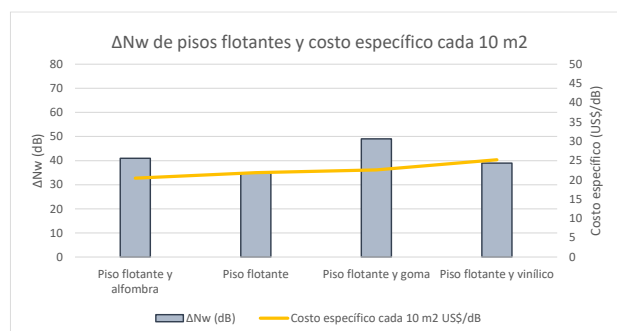


Figura 5. Índice de reducción del ruido de impacto compensado ΔN_w para divisorios horizontales con piso flotante y costo específico de 10 m²

7. CALIDAD ACÚSTICA DE AULAS

En un aula hay tres parámetros que son claves en su aptitud como tal, es decir, en su calidad: la inteligibilidad, el tiempo de reverberación y el aislamiento a ruidos exteriores. La relación existente entre la inteligibilidad en una sala y su tiempo de reverberación es determinante de la calidad acústica de la misma.

La acústica de las aulas es determinante en la calidad del aprendizaje. Gonzalo et al. (2001) citan a Miyara,

que expresa: “Existen investigaciones que muestran que en aulas expuestas a mayor ruido el rendimiento escolar medido con pruebas estándar es peor que en el caso de aulas interiores acústicamente más protegidas”.

Los citados autores, a su vez, indican:

Los ruidos y la reverberación excesiva atentan también contra el nivel de inteligibilidad de la palabra hablada, produciendo interferencias en la comunicación, alteración de la concentración, agotamiento físico y mental y otros inconvenientes negativos para un alto rendimiento académico de profesores y alumnos (2001).

Pese a que la problemática que rodea a la calidad acústica de aulas es conocida, son múltiples las referencias que se pueden hallar a propósito de aulas acústicamente deficitarias. En efecto, dice el especialista mexicano S. Beristáin (1998): “...en los países hispanoamericanos (...) por lo general, ninguna escuela ha sido diseñada acústicamente, por razones de ignorancia, presupuesto o apatía...”

Vela et al. (1997) estudian las aulas en la Universidad Pública de Navarra, España, y concluyen que en general las condiciones acústicas son inadecuadas: los tiempos de reverberación superan los óptimos recomendados para aulas, el aislamiento acústico de las particiones resultó adecuado sólo en 4 de las 20 que fueron estudiadas, y el índice RASTI resultó entre pobre y regular en todos los casos. Resultados similares son obtenidos en Brasil en 1998 por Bordinhao et al. (1998) al estudiar la calidad acústica de las aulas del Centro de Tecnología de la Universidad Federal de Santa María, y por Urea y Rolla Bertoli [5] al hacerlo en aulas de escuelas de la red estadual de Campinas, San Pablo.

Díaz Sanchidrián y Pedrero González (1998) estudian la inteligibilidad de la palabra en aulas de centros de enseñanza próximos al aeropuerto de Madrid-Barajas, España. Para ello realizan determinaciones de niveles sonoros, tiempos de reverberación, aislamiento acústico, SIL e índice RASTI. Concluyen que el aislamiento a ruido aéreo de las fachadas es deficiente, lo que empeora la ya de por sí pobre inteligibilidad de las aulas.

8. CASO DE ESTUDIO: CALIDAD ACÚSTICA DE AULAS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UDELAR (URUGUAY)

En 2002, Broggi et al. realizaron un estudio de calidad acústica de aulas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, orientado especialmente a la determinación de los tiempos de reverberación en

diferentes tipologías de locales. Las determinaciones se realizaron experimentalmente.

Nota: Corresponde hacer constar que un estudio similar se realizó en 2015 (Gianoli et al., 2015), pero con una metodología experimental totalmente diferente: la fuente de ruido rosa empleada fue la explosión de globos de látex y el tiempo de reverberación se determinó por medición directa, empleando el módulo que a tal efecto se ha incorporado al sonómetro Brüel & Kjær modelo 2250 del DLA-IMFLA. Sólo 6 de las aulas medidas en 2002 se volvió a medir en 2015, y la mayor parte de ellas habían tenido alguna modificación, como cambio de puerta ciega por puerta vidriada o cambio de mobiliario. Tres de las seis aulas arrojaron nuevamente el mismo tiempo de reverberación; en los otros casos, los nuevos tiempos de reverberación resultaron ser inferiores a los medidos en 2002.

8.1 Metodología aplicada

Se seleccionaron 14 salones, que cubrían en principio las diferentes tipologías de aulas con que en ese momento contaba la Facultad de Ingeniería. Los salones 002, 301 y 401 tienen características de pequeños anfiteatros con piso y butacas de madera, en tanto el Salón de Actos es efectivamente un anfiteatro equipado con butacas tapizadas en tela, que cuenta con cierto nivel de tratamiento acústico (paneles) en muros y techo. Los restantes salones, más allá de particularidades, tienen paredes y techo de hormigón pintado y piso de baldosas.

Al momento en que se realizaron las mediciones, las puertas de las aulas eran de madera ciega, a excepción del salón 031, cuya puerta era metálica vidriada. Los asientos eran pupitres de madera, excepto en el salón 031 en que los pupitres eran de cármica. El salón 107

tenía un sistema de amplificación que se empleaba durante el dictado de las clases teóricas.

Primeramente se tomó en gabinete la información acerca de cada local a ensayar (dimensiones, capacidad, terminaciones, equipamiento), y luego se determinaron sus características acústicas en condiciones de escasa o nula actividad en los corredores y salones adyacentes. Para ello, en cada local se realizó una grabación digital del ruido de fondo midiendo simultáneamente los niveles sonoros, y luego se determinó el tiempo de reverberación empleando una señal de ruido rosa pregrabada.

Se tomaron no menos de tres mediciones en cada salón. En cada punto se verificaba que los niveles sonoros se hubieran estabilizado en un nivel de por lo menos 80 dB con ponderación A, y luego se cortaba abruptamente la señal sin interrumpir la grabación. A partir del descenso de los niveles sonoros en la sala y mediante procesamiento informático de las grabaciones, se pudo determinar el tiempo de reverberación en cada caso.

Los niveles de ruido de fondo se midieron en condiciones con puertas abiertas y cerradas; los valores obtenidos oscilaron entre L_{AF} 40 dB y 74 dB, con niveles equivalentes $L_{AF,eq}$ entre 53 dB y 61 dB, variación fuertemente influenciada por la cantidad de personas en el exterior inmediato del aula durante las mediciones.

En la tabla 5 se resumen los datos básicos de cada aula estudiada, los valores promedio obtenidos para el tiempo de reverberación medido con el aula desocupada, y los valores calculados para porcentajes de ocupación del 75 % y del 100 %.

Tabla 5. Características de las aulas incluidas en el estudio

Salón	DATOS GEOMÉTRICOS				N° de asientos en el salón	T _R a 500 Hz (s)		
	Área de piso (m²)	Altura (m)	Volumen (m³)	Superficie lateral interior (m²)		Valor medido (salón desocupado)	Valor estimado según % ocupación	
							100 %	75 %
002	64,0	3,31	211,7	233,8	40	1,4	0,9	1,0
006	55,3	3,17	175,2	204,8	60	2,3	0,9	1,1
007	53,8	3,17	170,5	200,6	50	2,8	1,1	1,3
008	48,1	3,17	150,5	177,6	50	2,2	0,9	1,1
009	51,7	3,17	161,7	198,2	40	1,7	0,9	1,0
010	79,67	2,00	159,3	239,8	40	1,7	0,9	1,0
011	79,7	2,72	216,7	268,8	60	1,8	0,9	1,0
031	49,2	3,74	183,9	217,3	50	2,5	1,1	1,3
101	88,5	3,37	298,4	304,9	70	2,3	1,0	1,2
107	162,8	3,37	548,5	458,0	120	2,7	1,2	1,4
112	48,1	3,37	162,2	179,4	40	2,0	0,9	1,1
301	99,0	4,10	342,1	267,8	110	2,4	0,9	1,1
401	99,0	4,10	342,1	267,8	80	1,9	1,0	1,1
Actos	258,5	6,50	1628,2	929,0	155	0,8	0,6	0,7

8.2 Evaluación de la calidad acústica de las aulas consideradas

A excepción del salón de actos, los tiempos de reverberación obtenidos son más elevados que los recomendados, aún si se consideran los que resultan con un 100 % de ocupación (máxima absorción, caso más favorable) (Broggi et al., 2002).

Los valores obtenidos para los niveles de ruido de fondo son francamente más elevados que los recomendados para aulas, que se sitúan entre 38 dB y 42 dB con ponderación frecuencial A (Ministerio de Vivienda, España, 2009; Carrión Isbert, 1998).

La concurrencia de ambos factores da por resultado una calidad acústica deficiente en las aulas estudiadas, que muy probablemente presenten problemas de inteligibilidad de la palabra hablada, lo que no ha sido valorado en forma explícita en esta oportunidad.

8.3 Propuestas

A los efectos de bajar los tiempos de reverberación en las aulas estudiadas que así lo requieren, se analizaron, a modo indicativo, tres alternativas consistentes en colocar diferentes materiales absorbentes que se comercializaban en plaza (alfombra de alto tránsito y lana de vidrio de dos espesores diferentes). Para cada uno de ellos, se calculó la cantidad de material necesario para llevar el tiempo de reverberación existente al valor deseado en función de su coeficiente de absorción y del valor medido de TR, y luego se compararon los costos asociados con cada intervención.

Nota: Se omite la tabla comparativa pues los precios estaban calculados a valores de 2010.

Los resultados mostraron que la solución más económica no es la misma en todos los casos, más allá de que, si se planteara realizar una intervención para bajar los TR de las aulas, la mejor decisión probablemente fuera adoptar una única modalidad de tratamiento en todos los casos, por facilidad de implementación y por economía de escala.

Debido a que la calidad de la construcción de la Facultad de Ingeniería es muy buena, no se plantean soluciones para mejorar el aislamiento acústico de las aulas; se entiende que, para bajar el ruido de fondo en las aulas, la medida idónea es de gestión, en cuanto a la permanencia de estudiantes en el exterior inmediato de ellas cuando en su interior se están dictando clases.

9. SÍNTESIS FINAL

La calidad acústica no suele ser tomada explícitamente en cuenta en el diseño y construcción de muchos tipos

de locales, entre ellos los destinados a fines educativos. Resultados deficientes en materia de acústica de aulas pueden encontrarse en diferentes países, en locales para diferentes niveles educativos, y aun en edificios con calidad constructiva buena o muy buena. Esto incide en la calidad de la enseñanza y en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, que resultan ser más pobres que los que se obtienen en locales que no padecen estas deficiencias.

Los costos de las soluciones con mejor desempeño acústico no suelen ser las más onerosas y su incidencia en el costo total de la construcción no es, por lo general, decisivo en cuanto a la alternativa a adoptar. Sin embargo, pueden significar una mejora sustantiva en la calidad de la edificación, desde el punto de vista de la aptitud del local en cuestión para el uso para el que ha sido diseñado.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Prof. Ing. Carlos Echeverri Londoño la oportunidad de participar como disertante en este evento.

REFERENCIAS

- Aulestia Valencia, C. *Estudio del estado acústico de dos iglesias patrimoniales de Quito (La Catedral y La Compañía de Jesús)*, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad de las Américas, Quito, Ecuador, 2010.
- Beránek. L.L. Balanced noise-criterion (NCB) curves. *J. Acoust. Soc. Am.* Vol. 86, Issue 2, pp. 650-664, aug. 1989.
- Beristáin, S. (1998). “El ruido es un serio contaminante”, en *Anais do I Congresso Iberoamericano de Acústica – I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica do Mercosul – 18º Encontro da SOBRAC*, Florianópolis, Brasil, 1998, pp. 135-142.
- Bordinhao de Matos, J.; Lopes Machado, V.A.; Pizzutti dos Santos, J.C.; Pizzutti dos Santos, J.L. (1998). “Conforto Ambiental no centro de tecnologia da Universidades Federal de Santa Maria”, en *Anais do I Congresso Iberoamericano de Acústica – I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica do Mercosul – 18º Encontro da SOBRAC*, Florianópolis, Brasil, 1998, pp. 487-490.
- Broggi, G.; Chao R.; González, E. *Evaluación de la calidad acústica de las aulas de Facultad de Ingeniería, Universidad de la República*, Montevideo, Uruguay, 2002, 12 pp.
- Carrión Isbert, A. *Diseño Acústico de espacios arquitectónicos*, Edicions de la Universitat Politècnica

- de Catalunya, España, 423 pp., 1998. ISBN 84-8301-252-9.
- Díaz Sanchidrián, C.; Pedrero González, A. (1998). “Estudio de la inteligibilidad de la palabra en centros de enseñanza no universitaria situados en la proximidad del aeropuerto de Madrid – Barajas”, en *Anais do I Congresso Iberoamericano de Acústica – I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica do Mercosul – 18º Encontro da SOBRAC*, Florianópolis, Brasil, 1998, pp. 447-450.
- Gianoli Kovar, Pablo; Montero Croucciée, Joaquín; González, Alice Elizabeth. *Calidad Acústica de Aulas en la Facultad de Ingeniería (Udelar)*. XIII Congreso Argentino de Acústica, VII Jornadas de Acústica, Electroacústica y Áreas Vinculadas, 10 pp. Buenos Aires, Argentina, 2015.
- González, A.E.; Indarte, E.; Lisboa, M. *Acústica Urbana. Módulo II. Manual de acondicionamiento acústico orientado a la gestión municipal*, 2008, 116 pp., ISBN 978-9974-7610-3-2.
- Gonzalo, G.E., Del Lungo; Palazzo. Centro Tecnológico Labein, *Parte 2ª: El Ruido y los Edificios: criterios acústicos en el diseño de centros docentes*, Jornadas sobre Criterios acústicos en el diseño de centros docentes, Vitoria, Bilbao, España, 2001, 64 pp.
- Gonzalo, G.E.; Del Lungo; Palazzo. “Inteligibilidad acústica de los ambientes, su influencia en la enseñanza de la música”. *Jornadas sobre Criterios acústicos en el diseño de centros docentes*, Centro Tecnológico Labein, Vitoria, Bilbao, España, 2001.
- Kinsler, L.E.; Frey, A.R.; Coppens, A.B.; Sanders, J.V. *Fundamentos de acústica*, Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1992, 592 pp. ISBN 968-18-2026-6.
- Medina Valdéz, A. *La calidad acústica arquitectónica El ambiente acústico en edificios escolares de nivel superior*. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Profesional Tecamachalco, México, 2009, 143 pp.
- Méndez, A.M.; Stornini, A.J.; Salazar, E.B.; Giuliano, G.; Velis A.G.; Amarilla, B.C. *Acústica arquitectónica*, Universidad del Museo Social Argentino, Buenos Aires, Argentina, 1994, 238 pp. ISBN 950-99514-5-5.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2022 a). *Lista Oficial de Precios N° 555*, Marzo 2022.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2022b). *Valores base para la aplicación de la fórmula paramétrica*. Boletín N° 647, Mayo 2022.
- Ministerio de Vivienda. *Código Técnico de la Edificación. Documento básico HR Protección contra el ruido*, 2009, España, 90 pp.
- Querol i Noguera, J.M. *Manual de mesurament i avaluació del soroll*, Direcció General de Qualitat Ambiental, Generalitat de Catalunya, España, 1994, 132 pp. ISBN 84-393-3235-1.
- Seré Carracedo, Florencia (2020). *Costos de construcción habrían crecido por debajo de la inflación e inflación comienza a mostrar trayectoria al alza, impulsada por aumento de tipo de cambio*. En: *Novedades Económicas*, Cámara de la Construcción del Uruguay, abril 2020.
- Urea A.M. y Rolla Bertoli, S. “A acústica das salas de aula das escolas da rede estadual de Campinas – SP”, en: *Anais do I Congresso Iberoamericano de Acústica – I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica do Mercosul – 18º Encontro da SOBRAC*, Florianópolis, Brasil, 1998, pp.543-546.
- Vela, A.; Arana, M.; Sanmartín M.; Borrachina, M. (1997). “Condiciones acústicas de las aulas del aulario de la Universidad Pública de Navarra”, en *Conferencias invitadas y Comunicaciones, XXVIII Jornadas Nacionales de Acústica y Encuentro Ibérico de Acústica*, Oviedo, España, 1997, pp. 99-102.

