

Evento: XXV Jornada de Pesquisa  
ODS: 3 – Saúde e Bem-estar

## **SIMULACIÓN DE PROPAGACIÓN DEL RUIDO GENERADO EN UN CENTRO DEPORTIVO DE LA CIUDAD DE OBERÁ<sup>1</sup>**

### **SIMULATION OF PROPAGATION OF THE NOISE GENERATED IN A SPORTS CENTER IN THE OBERÁ CITY**

**Sebastián Federico Kolodziej<sup>2</sup>, Valeria Viviana Sanabria<sup>3</sup>, Eugenio Rubén Cruz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> El trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación: Caracterización del ruido en establecimientos educativos, de salud y deportivos, y el impacto en sus actividades y en el entorno.

<sup>2</sup> Profesor Investigador Dpto. Ing. Industrial Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Oberá, Misiones, Argentina. [kolodz@fio.unam.edu.ar](mailto:kolodz@fio.unam.edu.ar)

<sup>3</sup> Alumna Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Oberá, Misiones, Argentina. [valery.sanabria.95@gmail.com](mailto:valery.sanabria.95@gmail.com)

<sup>4</sup> Profesor Investigador Dpto. Ing. Industrial Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Oberá, Misiones, Argentina. [cuz@fio.unam.edu.ar](mailto:cuz@fio.unam.edu.ar)

#### **Resumen**

En el presente trabajo se analiza el ruido que se genera dentro de un centro deportivo y cómo el mismo se propaga al exterior, a través de los diferentes materiales que componen la instalación edilicia. El recinto analizado es una cancha de pádel que funciona en un distrito residencial de la ciudad de Oberá, Misiones, Argentina. Para llevar a cabo el análisis se realizaron mediciones en el interior del local, a fin de caracterizar el ruido que se genera y poder definir los parámetros a introducir en la simulación. Mediante el software CADNA R, se simuló la propagación del ruido hacia el exterior, tanto la vía pública como en una construcción lindera con la cancha de pádel. Los resultados de la simulación si bien demuestran una importante reducción del ruido al salir del edificio, indican diferencias en la atenuación de las paredes de mampostería, las puertas y las ventanas. Así también en los locales linderos, el ruido recibido presenta una reducción de hasta 30 dBA. Posteriormente se realizaron mediciones en los puntos exteriores para validar los resultados de la simulación, obteniendo como resultado valores muy similares. La simulación resulta una herramienta poderosa para analizar ruido, acortando los tiempos requeridos para las mediciones y permitiendo variar los escenarios posibles antes de llevar a la práctica modificaciones o inversiones en la infraestructura.

#### **Abstract:**

In the present work, are analyzed the noise generated within a sports center and how it propagates to the outside, through the different materials that make up the building installation. The analyzed complex is a paddle tennis court that works in a residential district of the Oberá city, Misiones, Argentina. To carry out the analysis, measurements were carried

out inside the premises, in order to characterize the noise that is generated and to define the parameters to be introduced in the simulation. Using CADNA R software, was simulated the propagation of noise to the outside, both on public roads and in a construction bordering the paddle tennis court. The simulation results, while demonstrating significant noise reduction when leaving the building, indicate differences in attenuation of masonry walls, doors, and windows. Also, in the neighboring premises, the noise received presents a reduction of up to 30 dBA. Later, measurements were made at the exterior points to validate the simulation results, obtaining very similar values as a result. Simulation is a powerful tool for analyzing noise, shortening the time required for measurements and allowing the possible scenarios to be varied before carrying out modifications or investments in infrastructure.

**Palabras clave:** Ruido Urbano; Actividad deportiva; Simulación

**Keywords:** Urban Noise; Sport activity; Simulation

## 1 INTRODUCCIÓN

Una de las fuentes de ruido que ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, son los establecimientos en los que se llevan a cabo actividades deportivas. La molestia que generan se debe principalmente a los horarios en los que funcionan, ya que dichas actividades tienen su mayor concurrencia en horarios considerandos de descanso, en los que las personas ya no están en su trabajo y por lo tanto participan de alguna de estas actividades deportivas o bien se encuentran en sus hogares para descansar (Suter, 2001).

Si bien, en la elaboración de los proyectos de la instalación deportiva se contemplan los parámetros necesarios para ofrecer cierto grado de confort en aspectos de temperatura, iluminación, entre otros, no siempre se contemplan las condiciones acústicas adecuadas para las actividades que se realizan.

Entre las actividades deportivas que generan molestia se encuentran aquellas que se llevan a cabo con el uso de pelotas (canchas de pádel, fútbol, tenis, etc.), se generan principalmente ruidos de impacto, clasificados por las normas IRAM como ruido impulsivo normal (IRAM 4113-1, 2009), que resultan molestos para la mayoría de las personas cuando la pelota golpea contra una superficie, ya sea en pisos o paredes (Park et al., 2017).

Una herramienta para el estudio de diferentes problemáticas acústicas ambientales es la simulación computacional, que a través de diversos modelos físico-matemáticos, permite predecir el campo sonoro para las condiciones específicas preestablecidas (Osman, 2009). Vale destacar que una de las ventajas de la simulación es ver el aporte de una sola fuente sonora a su entorno. En condiciones reales se tienen diversas fuentes que aportan al ruido en un ambiente, ruido vehicular, personas, mascotas, aves, viento, etc., resultando más difícil analizar el aporte de una sola fuente, siendo el ruido medido con instrumentos el resultante de la contribución de todos estos generadores.

Teniendo presente esto, se podría comenzar a utilizar los medios necesarios para reducir el impacto sonoro y construir espacios silenciosos donde los sonidos se escuchen con claridad sin afectar el entorno que lo rodea.

Con objeto de conocer la propagación del ruido que se genera dentro de un establecimiento deportivo, se procede a la simulación de una cancha de pádel de la ciudad de Oberá mediante el software CADNA R con el fin de representar la realidad acústica de la zona y de esta forma, comparar con los valores obtenidos en la medición in situ realizada posteriormente para comprobar si la simulación resulta eficaz.

## 1.1 Características del local analizado

La cancha de pádel se localiza en el distrito Residencial de Densidad Media R2, sobre una calle empedrada de uso vecinal, con un bajo movimiento de vehículos.

El establecimiento está construido en los lados norte y oeste con paredes de mampostería de 4 m de altura y se cierran los mismos hasta el techo (otros 4 m), con chapas de zinc; mientras que los lados sur y este, están completamente contruidos de ladrillo común sin revoque. Salvo la pared este que linda con una construcción de viviendas residenciales que tiene un espesor de 30 cm, las demás tienen un espesor de 15 cm. Todo el predio se encuentra cubierto con una estructura parabólica y chapas de zinc. Su horario de funcionamiento normal es de lunes a sábado por la tarde noche, de 13 a 16 hs y de 18 a 00 hs, lo cual depende de los turnos y las reservas previas que se tengan. En determinados meses también se realizan campeonatos, situación en la que se agregan los domingos como día de juego.

En la figura 1 se indica un esquema de la distribución en planta de la cancha de pádel.

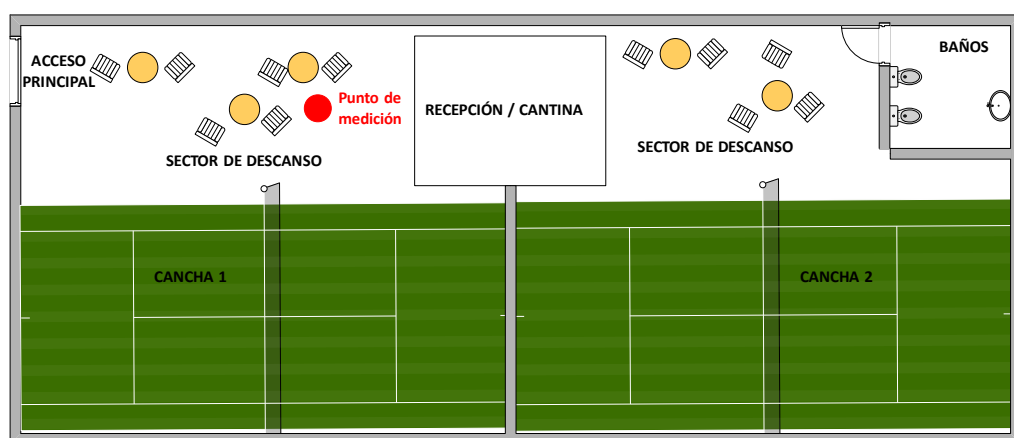


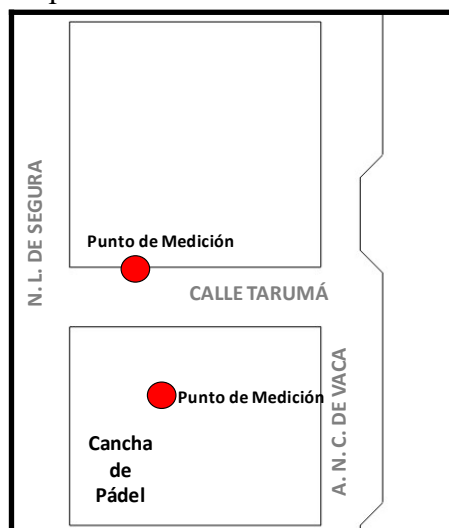
Figura 1: Esquema de distribución en planta de la cancha de pádel.

Al frente de la cancha se tienen tres viviendas residenciales, al sur una vivienda, al oeste limita con un terreno baldío, y al este con un complejo habitacional de departamentos

utilizados normalmente por estudantes, en el que se encuentran 6 departamentos individuales en planta baja.

## 2 METODOLOGIA

Se llevaron a cabo mediciones para conocer los niveles de ruido que se generan en el interior, como así también en el exterior, para validar los resultados de la simulación. Los puntos de medición se seleccionaron, para el interior del predio de manera de captar los máximos niveles que se generan, por lo que se ubicó el equipo en la zona media de la cancha y en proximidad de la puerta de acceso. En el exterior se ubicó en la vereda cruzando la calle, próximo al patio frontal de dos de las viviendas vecinas. También se midió dentro de una vivienda lindera, para verificar el impacto del ruido dentro de la misma.

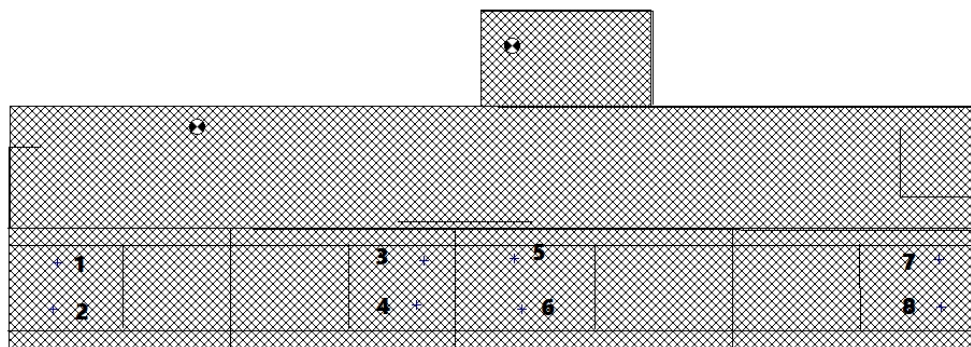


**Figura 2:** Ubicación de los puntos de medición exteriores a la cancha de pádel.

Para la medición se empleó un Decibelímetro con integración tipo 1 y analizador de frecuencias en tiempo real, marca Quest Technologies, Modelo SoundPro DL-1-1/3 con su respectivo calibrador, Calibrador Acústico tipo 1, marca 3M, modelo AC-300. El decibelímetro se instala sobre un trípode a fin de alcanzar la altura de 1,5 m. Todas las mediciones fueron grabadas con un grabador de sonido marca Sony Modelo PX370.

La simulación se llevó a cabo mediante el software Cadna R. Esta herramienta permite representar la propagación del ruido dentro de recintos cerrados hacia el exterior. En una escala de diferentes niveles de ruido, se representan mediante imágenes 2D y 3D los valores en cada punto tanto interior como exterior.

Se ha considerado como fuente puntual a cada uno de los jugadores que se puedan encontrar en la cancha. Como son dos canchas, y según las reglas del juego, entran 4 jugadores por cancha, resultan ser un total de 8 personas en el área de juego. Por lo tanto, a cada uno se les ha adjudicado un valor de 82dB a una altura aproximada de 1,5 m con respecto al piso. En la figura 3, se muestran enumeradas de 1 a 8 las diferentes fuentes de ruido.



**Figura 3:** Ubicacão de cada fonte puntual

Además de la cancha, se ha considerado un edificio aledaño al establecimiento en cuestión. Este representa a un departamento que por lo general se encuentra habitado por estudiantes.

Para analizar la propagación se considera un coeficiente de absorción para paredes y techos de 0,03.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Mediciones en el interior de la cancha.

Las principales fuentes de ruido en la cancha de pádel, son: el impacto de la pelota con la raqueta, el impacto de la pelota con el tejido de fondo, los gritos de las personas que juegan y el rechinar de las zapatillas en el piso. No obstante, el impacto de la pelota en la raqueta resulta el ruido más elevado. Todas las fuentes se caracterizan por generar ruidos aleatorios y de impacto.

Las mediciones realizadas en el interior permiten caracterizar el tipo de ruido que genera el establecimiento y tomar los niveles existentes para la simulación. En la tabla 1 se presentan los principales indicadores registrados y los niveles de los mismos. Los valores corresponden a promedios obtenidos de distintas mediciones

**Tabla 1:** Promedio de los principales indicadores registrados en el interior de la cancha de pádel.

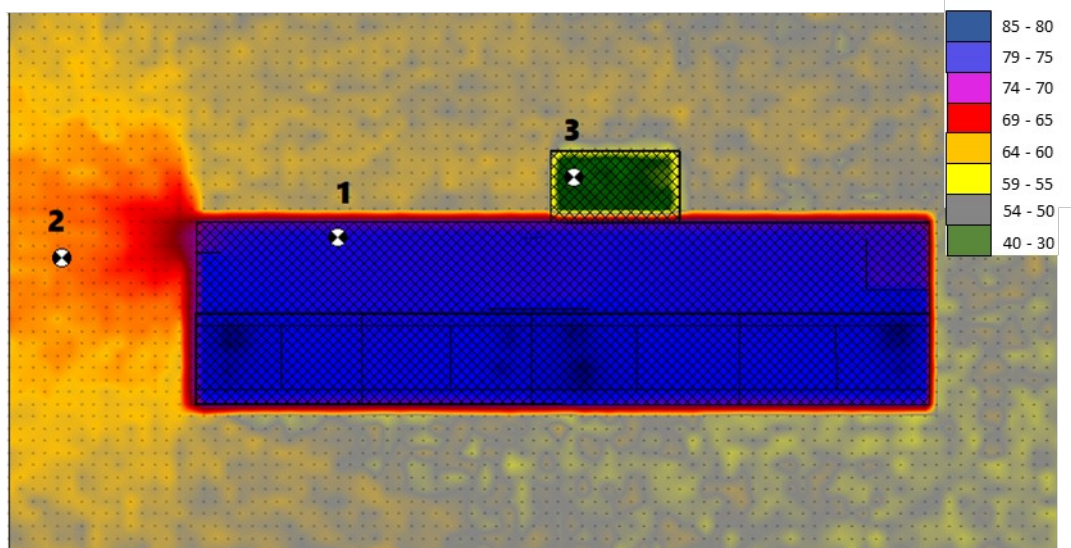
Indicador de ruido	Niveles registrados en dBA
$L_{Aeq}$	74
$L_{ASmax}$	87
$L_{ASmin}$	53

El nivel sonoro continuo equivalente alcanza los 74 dBA, el valor máximo registrado fue de 87 dBA, mientras que el mínimo de 53 dBA.

Estos niveles permiten caracterizar el tipo de ruido y los valores presentes para realizar la simulación.

### 3.2 Simulación del ruido

Mediante el software se demuestran por medio de la malla oversampling el ruido real generado como se ve en la figura 4



**Figura 1:** Simulación de la propagación del ruido dentro y fuera del establecimiento

El punto 1 que se indica en la figura es donde se había realizado la medición, tiene valores de 74 dBA, tal como lo había registrado el instrumento. Claramente el ruido tiene una atenuación por distancia, desde la fuente que genera los 84 dBA, hasta los límites del recinto.

Ya en el exterior, (Punto 2) que corresponde a la vía pública, se tienen valores decrecientes desde los 60 dBA en proximidad de la puerta de acceso al establecimiento, hasta los 50 dBA en la vereda opuesta al predio donde se localiza el centro deportivo. Se pueden observar claras diferencias entre la aislación que se logra con la pared de mampostería, donde se tienen niveles de 50 dBA próximo al recinto (zona gris en la figura) con respecto a los puntos antes mencionados donde se pierde buena parte de la aislación debido a la existencia de puertas y ventanas que dan a la calle (punto 2).

Los valores que se muestran en el punto 3 corresponden al interior de la vivienda lindera a la cancha de pádel. Se obtiene aquí una reducción importante de la presión sonora, aproximadamente unos 30 dBA, lo cual se debe a que ambas construcciones tienen paredes independientes.

En la figura 5, se puede apreciar de manera más adecuada la salida del ruido que se produce a través de la puerta que se tiene en ese sector del edificio y por el cual acceden y egresan los asistentes, como así también permite la circulación de aire, reduciendo la carga térmica del interior.

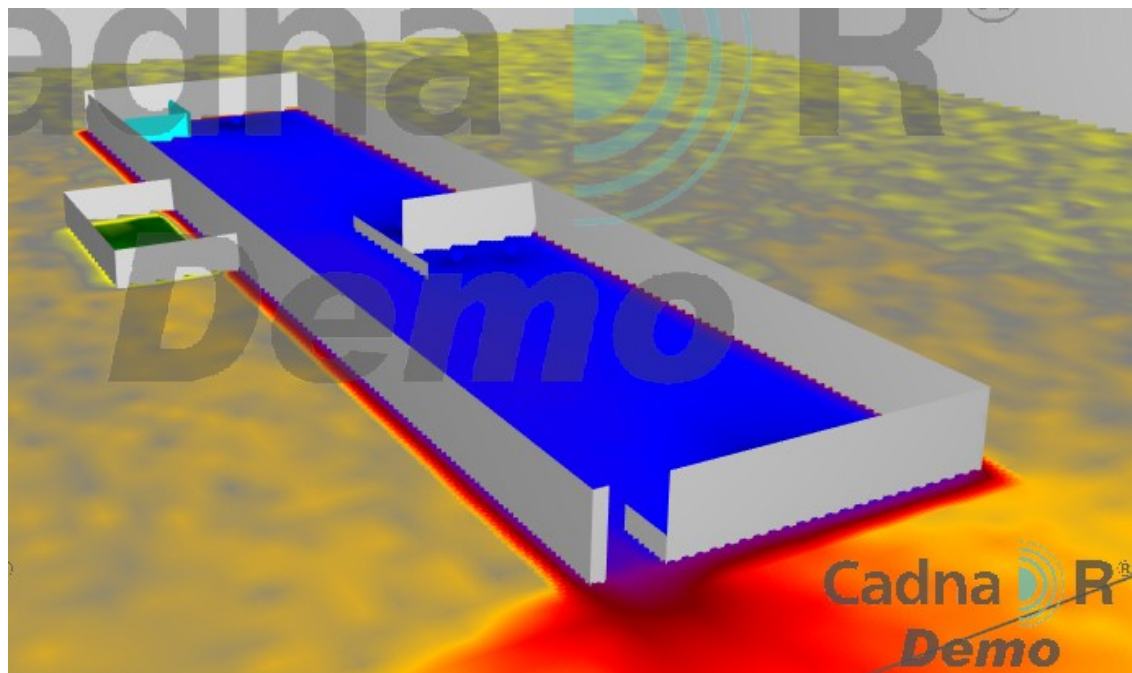


Figura 52: Vista em 3 dimensões de la propagação del sonido en el establecimiento analizado

### 3.3 Mediciones en el exterior de la cancha.

Para validar los resultados de la medición se tomaron registros de ruido en el exterior, en los mismos puntos que se señalan en la figura 4; uno en la vereda frente a las casas que se encuentran en el lado opuesto (cruzando la calle) de la cancha (punto 2), y dentro de la vivienda lindera con el establecimiento analizado (punto 3).

Tabla 2: Promedio de los principales indicadores registrados en el exterior de la cancha de padel.

Indicador	Niveles registrados (dBA)	
	Punto 2	Punto 3
$L_{Aeq}$	47	32
$L_{ASmax}$	57	28
$L_{ASmin}$	44	42

Los valores registrados en general coinciden con los obtenidos mediante la simulación. En el punto 2 se observan mayores diferencias entre el valor real y la simulación, mientras que en el punto 3 resultan similares. Vale destacar que las mediciones se realizaron en dos oportunidades y en horarios diferentes, para obtener una representación más adecuada de la realidad se deberían tener registro en cada hora del día.

## 4 CONSIDERACIONES FINALES



Los niveles registrados muestran una diferencia importante de aislación entre paredes de mampostería y la presencia de puertas y ventanas, sectores por los que muchas veces se pierde la aislación si no se tiene un diseño adecuado, o por la sencilla razón de dejar abiertas las mismas mientras se genera ruido en el interior.

Se puede comprobar que la simulación permite obtener niveles muy similares a los reales, sin la necesidad de tener que realizar, tal como sería necesario, mediciones en los distintos periodos del día, lo cual además del tiempo que demandaría en registros y análisis propiamente dicho, hay que considerar que las mediciones no se pueden realizar bajo condiciones climáticas desfavorables como la presencia de viento, lluvia, bajas temperaturas, lo cual condiciona aún más los periodos disponibles para medición.

Al trabajar con simulaciones de ruido se pueden además verificar la atenuación que se tendría al utilizar diferentes materiales y bajo distintas condiciones de funcionamiento.

## REFERENCIAS

IRAM 4113-1. 2009; Acústica. Descripción, medición y Evaluación del Ruido ambiental. Parte 1. Magnitudes básicas y métodos de evaluación. Primera Edición. Buenos Aires. Argentina. (2009).

OSMAN. Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. Ruido y Salud. Junta de Andalucía. p68. (2009) Disponible en: [http://www.osman.es/contenido/profesionales/ruido\\_salud\\_osman.pdf](http://www.osman.es/contenido/profesionales/ruido_salud_osman.pdf). (fecha de consulta: 25 de Octubre 2018).

Park SH, Lee PJ. “Effects of floor impact noise on psychophysiological responses”. Building and Environment.;116: pp173–181. (2017). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.02.005>. (fecha de consulta: 02 de Diciembre 2018).

Suter H A. Volumen II, Parte 6: Riesgos Generales. Capítulo 47: Ruido. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (1-20). Suiza: OIT. Organización Internacional del Trabajo. (2001).