

## COMPORTAMIENTO DEL RUIDO EN EL CENTRO HISTORICO DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

### NOISE BEHAVIOR IN HERMOSILLO, THE HISTORIC CENTER OF HERMOSILLO SONORA, MÉXICO

Ramírez-Uribe G. <sup>1\*</sup>, Ojeda-de la Cruz A. <sup>1</sup>, Quintana-Pacheco J. <sup>1</sup>, Miranda-Pasos I. <sup>1</sup>, Miranda-Torres I.E. <sup>1</sup>  
y Romero-Moreno G. <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora

\* Blvd. Rodríguez y Rosales S/N, Colonia Centro CP 83000, Hermosillo, Sonora, México.

\*gerardo.ramirez@unison.mx

#### RESUMEN

El propósito del siguiente documento es diseñar un sistema para visualizar el comportamiento acústico del Centro Histórico de Hermosillo. Para ello, se utilizará principalmente la técnica de mapeo del ruido, considerando la interacción de varios factores que caracterizan a una zona urbana en desarrollo y crecimiento. También se evaluará la eficacia y utilidad de esta técnica.

Para lograr este objetivo, se utilizará información disponible de estudios similares recientemente publicados en diversas fuentes de información, tanto directas como bibliográficas. Como resultado del estudio, se observó que la zona sur del área de estudio tiene

principalmente una alta intensidad de ruido, lo que resulta en un bajo confort acústico del 4,15%, mientras que, para la otra parte del área de estudio la cifra se eleva al 30,19%.

**Palabras clave:** confort acústico; ruido; sistema de información geográfica.

#### ABSTRACT

The purpose of this document is to design a system to visualize the acoustic behavior of the Historic Center of Hermosillo. For this, the noise mapping technique will be primarily used, considering the interaction of various factors that characterize an urban area in development and growth. The effectiveness and usefulness of this technique will also be evaluated.

To achieve this goal, available information from similar studies recently published in

various sources of information, both direct and bibliographic, will be used. As a result of the study, it was observed that the southern area of the study site has mainly a high noise intensity, resulting in a low acoustic comfort level of 4.15%, while for the entire area, the figure rises to 30.19%.

**Keywords** acoustic comfort; noise; geographic information system.

## INTRODUCCION

El ruido es uno de los principales problemas ambientales en las zonas urbanas y puede tener efectos negativos en la salud y el bienestar de las personas [1]. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición prolongada a niveles de ruido superiores a 70 decibeles (dB) puede causar daños en la audición y otros problemas de salud como estrés, trastornos del sueño y enfermedades cardiovasculares [2]. En el Centro Histórico de Hermosillo, la contaminación acústica es un problema preocupante debido a la alta densidad de tráfico vehicular, la actividad comercial y turística, y la presencia de áreas residenciales cercanas [3].

La evaluación del comportamiento del ruido es esencial para identificar las áreas críticas y tomar medidas para reducir el

impacto del ruido en la salud y el bienestar de las personas [4]. La técnica de mapeo del ruido se ha utilizado ampliamente para evaluar la exposición al ruido en las áreas urbanas y proporcionar información útil para la toma de decisiones [5].

Además, el avance en la tecnología de sensores y la disponibilidad de herramientas de software han permitido una evaluación más precisa del ruido y su impacto en la salud humana [6]. La integración de datos de ruido en los sistemas de información geográfica (SIG) también ha mejorado la capacidad de visualización y análisis de los datos de ruido [7]. El Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña ha creado Instamaps, el cual tiene las funcionalidades de crear mapas cartográficos. Estos mapas pueden ser exportados en PDF, publicados en las redes sociales e insertarlos en páginas webs. Los mapas pueden contener varios fondos de imagen cartográfica como el topográfico, terreno, imagen satélite o diferentes combinaciones de colores. Con este fondo podrá crear rutas y marcar zonas.

Una de las particularidades de Instamaps es la posibilidad de insertar datos en el mapa que se ha creado. Estos datos

pueden obtenerse de Datos Abiertos, Redes Sociales, Servicios WMS o Datos Externas. Algunos de los datos abiertos que existen son los radares de tráfico, los centros de educación primaria, las casas de turismo rural o los centros hospitalarios. El mapa puede contener varias capas que se pueden activar o quitar, los mapas quedan guardados en la galería del usuario, así los demás usuarios pueden ver otras creaciones. A continuación, se explica cómo se realiza el proceso de montado de información en Instamaps.

Para cargar la información en Instamaps es necesario entrar a la página web [www.instmaps.cat](http://www.instmaps.cat), a continuación, se procede a dar clic en el botón de cargar datos, se desplegará una ventana en la cual solicita la información que se quiere cargar, solicita también el sistema de coordenadas de los datos que se desean cargar, esta información puede ser cargada mediante un archivo .shp, para finalizar el montaje de la información se presiona el botón procesar la información, En este estudio, se pretende evaluar el comportamiento del ruido en el Centro Histórico de Hermosillo utilizando la técnica de mapeo del ruido y considerando la interacción de diversos factores característicos de una zona

urbana en desarrollo y crecimiento. Se utilizará la información disponible en estudios similares publicados recientemente en diversas fuentes de información, tanto directas como bibliográficas, para obtener una evaluación precisa del ruido en la zona de estudio y proponer medidas efectivas para reducir su impacto en la salud y el bienestar de la población.

## MARCO TEORICO

La acústica es la ciencia que se encarga del estudio de los sonidos y su comportamiento en diferentes medios. Dentro de la acústica, la medición y evaluación del ruido en las áreas urbanas es de gran importancia, ya que el ruido es considerado uno de los principales contaminantes ambientales que afectan a la salud humana y al medio ambiente [8]. El ruido se produce en las áreas urbanas debido a diversas fuentes como el tráfico vehicular, la industria, la construcción y las actividades recreativas [9].

En las áreas urbanas, el ruido es producido principalmente por el tráfico vehicular. Según un estudio realizado por Amin et al. [10], el tráfico vehicular es responsable del 70% del ruido en las áreas urbanas. En el caso de la industria,

la medición del ruido se realiza de acuerdo con las normas establecidas por las autoridades ambientales para garantizar la protección de la salud humana y el medio ambiente [11]. El ruido en las áreas urbanas también puede tener un impacto negativo en la vida silvestre. Según un estudio realizado por Francis y Barber [12].

La evaluación y el control del ruido en las áreas urbanas son importantes para garantizar un ambiente saludable y sostenible. En muchos países, incluyendo México, existen normas y regulaciones que establecen los límites de ruido permitidos en las áreas urbanas [13].

Asimismo, se han desarrollado diversas metodologías para evaluar y medir el ruido ambiental en áreas urbanas. Una de estas metodologías es la técnica de mapeo del ruido, la cual consiste en la elaboración de mapas acústicos de una determinada área. Esta técnica se basa en la medición de niveles de ruido en diferentes puntos de la zona de estudio y la posterior representación gráfica de estos valores en un mapa. De esta manera, se pueden identificar las zonas con mayor intensidad de ruido y se pueden implementar medidas para reducir el impacto acústico en estas áreas [14].

Por otro lado, también se ha observado que el ruido ambiental puede afectar negativamente el desempeño cognitivo y la productividad laboral [15].

Por esta razón, la gestión del ruido ambiental se ha convertido en un tema de interés en la planificación urbana y en la salud pública. Es importante desarrollar estrategias para reducir el impacto acústico en zonas urbanas, especialmente en aquellas con alta densidad poblacional y actividad comercial.

Una de las estrategias que se han propuesto es la implementación de barreras acústicas para reducir la propagación del sonido en áreas con alta intensidad de ruido [16].

**La relación del ruido con la edificabilidad.** Un estudio reciente realizado en 2018 por Elnabarawy et al. [17], señala que la construcción de edificaciones con materiales adecuados y técnicas de diseño acústico puede reducir significativamente la propagación del ruido. Los autores señalan que la edificabilidad puede influir en la cantidad de ruido que se transmite entre los edificios y en la cantidad de ruido que llega al interior de las edificaciones. Además, también se han propuesto medidas de

ordenamiento territorial, tales como la creación de zonas de protección acústica, en las cuales se establecen restricciones para el uso de suelo y la emisión de ruido en determinadas áreas

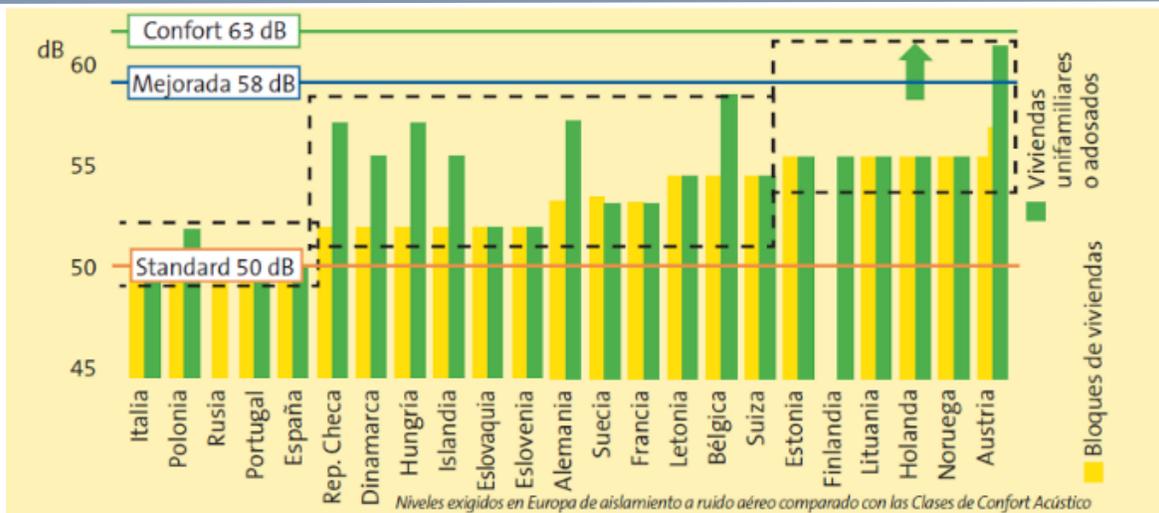
Por otro lado, en un estudio de 2019 realizado por Omidvar et al. [18], se encontró que la ubicación y la altura de las edificaciones pueden influir en la exposición al ruido en las áreas urbanas. Los autores señalan que las edificaciones altas pueden crear barreras para el ruido, reduciendo la exposición al ruido en las áreas cercanas. Sin embargo, también señalan que las edificaciones altas pueden aumentar la exposición al ruido en las áreas más alejadas, ya que el ruido reflejado por las edificaciones puede propagarse más lejos.

En cuanto a la planificación urbana, un estudio de 2020 realizado por Costa et al. [19], encontró que la densidad de las edificaciones puede influir en la exposición al ruido. Los autores señalan que las áreas con mayor densidad de edificaciones tienden a tener mayores niveles de ruido debido al aumento del tráfico vehicular y la actividad humana en esas áreas.

En relación con los materiales utilizados en la construcción de edificaciones, un

estudio de 2021 realizado por Pereira et al. [20], encontró que la utilización de materiales porosos y con buena absorción acústica puede reducir significativamente la propagación del ruido en el interior de las edificaciones. Los autores señalan que la utilización de estos materiales puede ser especialmente útil en edificaciones ubicadas en áreas con alta intensidad de ruido, se encontró que la forma de las edificaciones puede influir en la propagación del ruido. Los autores señalan que las edificaciones con formas complejas, como las que presentan irregularidades o ángulos agudos, pueden reflejar y difractar el ruido de manera más efectiva que las edificaciones con formas simples. Por lo tanto, se recomienda que se tenga en cuenta la forma de las edificaciones en la planificación urbana y la construcción de edificaciones para reducir la exposición al ruido.

**Clasificación del confort acústico.** En la **Figura 1** se muestra la ubicación de la clase de confort en relación con los niveles más exigentes de aislamiento acústico en Europa, mientras que la clase estándar se equipara con las exigencias acústicas establecidas por la legislación española. [21].



**Figura 1.** Niveles exigidos en Europa de aislamiento a ruido aéreo comparado con las clases de Confort Acústico. Fuente: [21]

El nivel de ruido que permiten las normas sobre ruido de la mayoría de los países es por lo general de 85-90 dB durante una jornada laboral de ocho horas diarias, aunque algunos países recomiendan que los niveles de ruido sean incluso inferiores a éste y la literatura médica reporta como niveles de ruido peligrosos por encima de 80 dB [22].

**Ambito de Estudio.** En la ciudad de Hermosillo, la planificación urbana ha sido una prioridad en los últimos años. En 2018 [23], se implementaron acciones para mejorar la movilidad y los servicios públicos en la ciudad. En 2021, se inauguró el primer corredor peatonal y ciclista en la ciudad, el cual abarca 14 kilómetros y busca fomentar una cultura

de movilidad sustentable. La alcaldesa de Hermosillo, Célida López [24], declaró que se busca "transformar la ciudad, haciéndola más segura, accesible y amigable para todos". Además, se están impulsando proyectos de renovación del Centro Histórico y creación de espacios públicos.

Los usos de suelo permitidos en el municipio de Hermosillo, Sonora son:

- a. Habitacional
- b. Comercial
- c. Educativo
- d. Recreativo
- e. Industrial
- f. Otros

**Distribución de niveles de ruido.** Los planos de distribución de niveles de ruido presentan los resultados obtenidos por la observación presencial en campo, el mapeo no discrimina por zonas, pero si muestra las relaciones existentes entre los niveles de ruido, las características de ocupación territorial, los agentes generadores de ruido y las cantidades de habitantes afectados. También se hace la comparación de los resultados obtenidos con apego a las normas internacionales existentes, especialmente las normas aplicables de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (**Tabla 1**) [25].

**Tabla 1.** Límite máximo permitido por uso de suelo. (Fuente: [26])

ZONA	HORARIO	LIM.MAX. PERMITIDO
Residencial	6:00 -22:00	55dB (A)
	22:00 – 6:00	50dB (A)
Industrial y Comercial	6:00 – 22:00	68dB (A)
	22:00 – 6:00	65dB (A)
Escuelas, área exterior de juegos	Durante el juego	55dB (A)
Ceremonias, festivales y entretenimiento	4:00 Hrs.	100 dB (A)

La Ciudad se ha caracterizado por presentar, durante la última década, un patrón expansivo de urbanización, al

registrar una tasa de crecimiento anual de viviendas superior al de la población (6.3% y 2.5% respectivamente). La Ciudad de Hermosillo, alberga poco más de 784 mil habitantes y aunque muestra una tendencia a la estabilización de su crecimiento demográfico, se estima que su población superará 1 millón de habitantes en 2030. Hermosillo tiene una superficie urbana de 251 km<sup>2</sup>. Su índice de urbanización supera al promedio nacional (96.2% y 76.8% respectivamente). Se considera una ciudad que concentra población, lo que tiende a reforzarse por la alta tasa de crecimiento demográfico y habitacional que registró durante la última década. Paradójicamente, en 2015, su densidad general de población fue de 51 hab/km<sup>2</sup>, mientras que la urbana fue de 3 mil 334 hab/km<sup>2</sup> y la habitacional de 913 viv/km<sup>2</sup>, lo que denota una estructura urbana dispersa en Hermosillo, de baja densidad con grandes espacios vacíos y baldíos al interior del área urbana. Productivamente, la ciudad se caracteriza por su especialización en la industria manufacturera [26].

En la **Figura 2**, se muestra la localización de la ciudad de Hermosillo, Sonora, dentro del territorio mexicano.



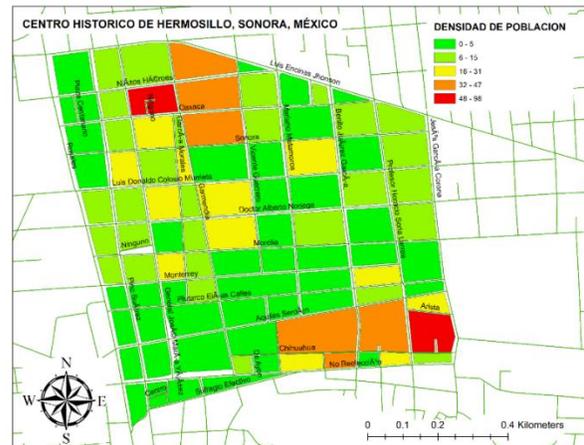
**Figura 2.** Localización de la ciudad de Hermosillo, Sonora dentro del Territorio Mexicano. (Fuente: Propia).

**Densidad de población.** La densidad poblacional es una medida de distribución de la población del ámbito de estudio y que indica el número de personas que viven en cada unidad de manzana y que se expresa en cantidad de habitantes por manzana, esta información es obtenida de las bases de datos que tiene posesión el Instituto Nacional de Geografía y Estadística [27].

La densidad y la compacidad son indicadores de la intensidad y la concentración de actividades, aspectos esenciales en el modelo urbano disperso [28].

En el **Figura 3**, se muestra la densidad de población del Centro Histórico de Hermosillo, por manzana, cabe mencionar que en este ámbito de estudio se percibe poca población, esto debido a que las

edificaciones tienen un uso de suelo comercial, la mayor parte de la población se concentra al norte y al sur del Centro Histórico de Hermosillo.



**Figura 3.** Densidad de población por manzana del Centro histórico de Hermosillo. (Fuente: Propia).

## METODOLOGÍA DE DESARROLLO

**Delimitación temporal del tema.** En el presente estudio se utilizó el indicador de confort acústico para evaluar el comportamiento del ruido en el Centro Histórico de Hermosillo. El indicador de confort acústico se basa en la relación entre el nivel sonoro y el umbral de molestia, y se utiliza para determinar si el ruido en un determinado ambiente es aceptable o no.

Para llevar a cabo la evaluación del confort acústico en el Centro Histórico de Hermosillo, se realizaron mediciones de los niveles sonoros en diferentes puntos

del área de estudio durante períodos de tiempo específicos con un sonómetro.

La otra Estos puntos se seleccionaron de acuerdo con la distribución de las fuentes de ruido en la zona, como el tráfico vehicular, el transporte público, la actividad comercial y las construcciones cercanas.

Una vez obtenidos los datos de las mediciones, se calculó el indicador de confort acústico para cada punto de medición. Este cálculo se realizó comparando el nivel sonoro medido con el umbral de molestia, que es el nivel sonoro más bajo que puede causar molestia en una persona.

Para determinar si el ruido en el Centro Histórico de Hermosillo es aceptable o no, se compararon los resultados del indicador de confort acústico con los estándares de ruido establecidos por la normativa local.

#### **Caracterización de la zona de estudio.**

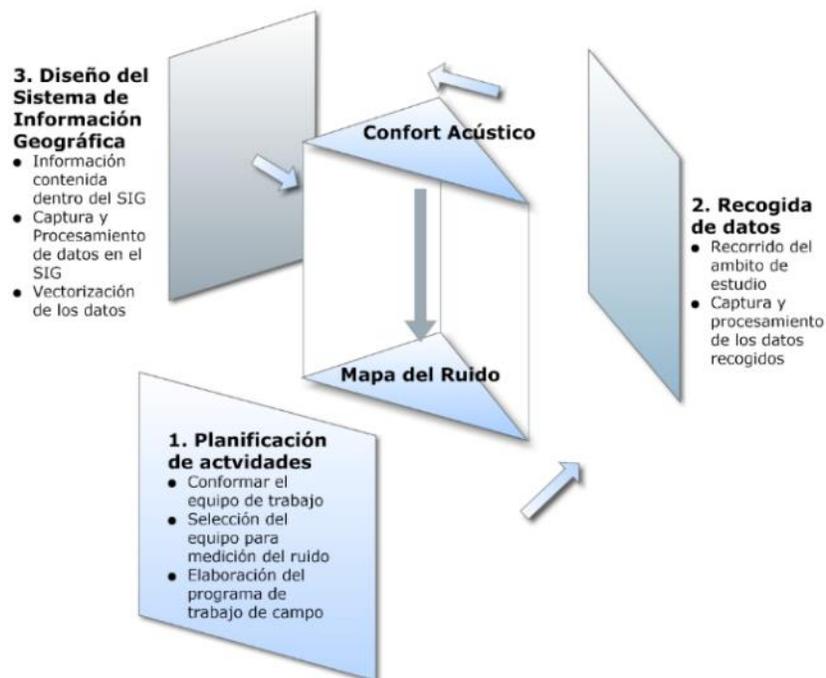
El área de estudio se dividió en diferentes zonas atendiendo a factores como usos del suelo, y densidades de ocupación, tanto de personas como de construcción .

**Método de observación.** Para llevar a cabo el proyecto "Comportamiento del ruido en el Centro Histórico de Hermosillo", se puede utilizar el método de observación

como una técnica clave de recolección de datos.

En primer lugar, se definió el objetivo específico de la observación, que fue medir los niveles de ruido en diferentes momentos del día y en diferentes zonas del Centro Histórico de Hermosillo. Para esto, se seleccionaron lugares estratégicos donde se realizaron las mediciones, como calles concurridas, plazas públicas, bares y restaurantes, entre otros.

Luego, se utilizaron los fonómetros para registrar los niveles de ruido en cada ubicación, y se anotaron los datos en un registro detallado, de la hora, el día y las condiciones meteorológicas en el momento de la medición. Considerando el hecho de que en el área estudiada el tráfico vehicular es la principal fuente emisora de ruido ambiental; se definió la duración de los tiempos de observación por estación y período, en función de la duración de los cambios en el comportamiento del tráfico vehicular observados. Estos tiempos tuvieron una duración promedio de 4 minutos por estación para registrar los niveles de ruido ambiental sobre 40, 60, 80, y 100dB (A). La **Figura 4**, muestra la metodología desarrollada.



**Figura 4.** Metodología para la elaboración del mapa de ruido. (Fuente: Propia).

**Planificación de actividades.** Esta etapa consistió en conformar el equipo de trabajo, la selección del equipo para medición del ruido y la elaboración del programa del trabajo de campo, estas sub-etapas se describen a continuación.

**Conformación del equipo de trabajo.** En el 2021 el Dr. Gerardo Ramírez Uribe propuso la realización de un mapa de ruido para el Centro Histórico de Hermosillo; actividad que inscribió en el marco del Verano Científico auspiciado por el programa Delfín y que fue aceptado para llevarlo a cabo en el verano de 2021. A esta convocatoria respondió un

estudiante de la Universidad de Sonora, así como profesores investigadores del Departamento de Ingeniería Civil y Minas. **Selección del equipo para medición del ruido.** Dadas las características y los alcances de trabajo para este estudio. Se decidió emplear un equipo que cumpliera de la mejor manera con los requerimientos de la investigación y que además quedara dentro de los límites presupuestales de la misma. Por lo que para el levantamiento de datos se optó por fonómetros portátiles marca Extechinstruments con una precisión prevista de  $\pm 2$ dB con rangos de medición

entre 40 y 130dB. Se analizaron, los datos obtenidos y disponibles tales como; Niveles de ruido, datos de densidades de población, sobrepuestos y analizados mediante un sistema de información geográfica. (GIS).

**Elaboración del programa de trabajo de campo.** Considerando la conformación del equipo de trabajo y las características del equipo de medición de ruido; se procedió a elaborar el programa de trabajo de campo que incluyó las siguientes acciones:

1. Subdivisión del área de recolección de datos en tres zonas colindantes y continuas que cubren en su totalidad el área de estudio, estas zonas están delimitadas como sigue:

Zona I.- Al norte por el Boulevard Luis Encinas Johnson, al sur por la calle Morelia, al este por la calle Vicente Guerrero, al oeste por el Boulevard Antonio Rosales.

Zona II.- Al norte por la calle Morelia, al Sur por la calle Sufragio Efectivo, al este por la calle Jesús García Corona y al oeste por el Boulevard Antonio Rosales.

Zona III.- Al norte por boulevard Luis Encinas Johnson, al sur por la calle Morelia, al este por la calle Jesús García

Morales y al oeste por la calle Vicente Guerrero.

**Recolección de datos.** Se realizó un recorrido de los sectores en dos ocasiones por período, para recoger datos comparables y consistentes. Para este estudio se investigará inicialmente sólo en dos períodos; Matutino de 7:00 a 10:00 y Vespertino de 16:00 a 19:00. De estas observaciones se obtuvieron los datos de niveles de ruido ponderados; como el nivel de ruido ambiental más alto, el nivel de ruido ambiental promedio y el nivel de ruido ambiental más bajo por cada estación de observación, las cuales están referenciadas a los cruces de calles de la zona de estudio.

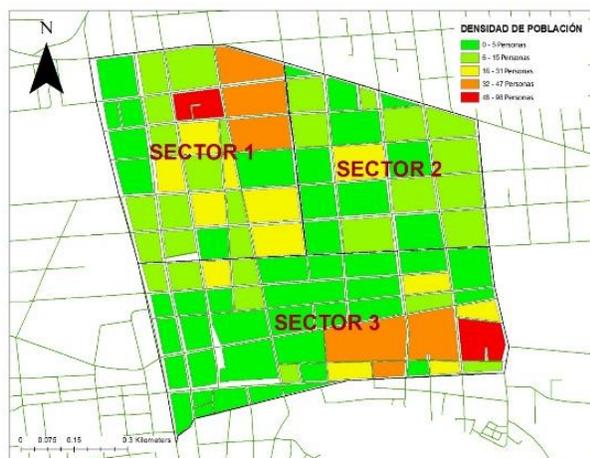
Los intervalos de tiempos tuvieron una duración promedio de 4 minutos por estación, para registrar los niveles de ruido ambiental sobre 40, 60, 80, y 100dB (A).

**Captura y procesamiento de los datos recogidos.** Se concentraron los datos recabados para su análisis y procesamiento, la captura se realiza mediante hojas de cálculo, esta información es montada dentro de la plataforma de sistema información geográfica, la cual se diseña en la siguiente etapa.

**Diseño del sistema de información geográfica.** El diseño del SIG se compuso por tres etapas, la primera es la de verter información en la plataforma, la segunda capturar y procesar la información recogida dentro de la plataforma del SIG, por último, la etapa de vectorización de los datos,

#### **Información contenida dentro del SIG.**

El diseño del SIG se compone de la siguiente información: Polígono con la limitante del ámbito de estudio, Polígono con la limitante de los sectores que se estudiaron, manzanas con información acerca de la densidad de población del ámbito de estudio, la **Figura 5** muestra el SIG con la información antes mencionada.



**Figura 5.** Información contenida en la plataforma SIG. (Fuente: Propia).

**Captura y procesamiento de datos en el SIG.** Dentro de la plataforma SIG se

incorporó toda la información procesada y recogida del ámbito de estudio, en una base de datos montada en el SIG, la cual contiene la captura de los decibeles generados en los tres sectores estudiados en el Centro Histórico de Hermosillo.

**Vectorización de los datos.** Toda la información recogida y generada, a partir de la plataforma del sistema de información geográfica, es convertida en vectores. Estos vectores contienen la base de datos de la información específica para la cual fue creada, al finalizar la creación de los datos vectoriales, estos se montarán en el visualizador para su publicación.

**Confort acústico.** El confort acústico se puede definir como la población con afectación sonora inferior a 65dB diurnos en relación con la población total de los tres diferentes sectores en los cuales se dividió el área urbana objeto de estudio. La Organización Mundial de Salud (OMS) recomienda que el ruido del ambiente no sobrepase los 65 decibeles, pero se han advertido picos de hasta 80 decibeles en las ciudades más grandes. El cálculo de ello se muestra en la ecuación 1.

$$\text{Confort acústico} = \left[ \frac{\text{Población con afectación sonora } < 65\text{dB}}{\text{Población total}} \right] \times 100 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Unidad de cálculo. - % de población afectada

Estos mapas estratégicos de ruido son la representación de los diferentes índices sonoros con rangos de valores de 5 dB a una altura de evaluación de 4m. Estos mapas deben considerar, con especial

interés, cualquier ruido procedente de: tráfico rodado, tráfico ferroviario, aeropuerto, lugares de actividad industrial. Se recomienda que los colores de las isolíneas sigan lo establecido en la norma internacional ISO 1996-2:1987. La **Tabla 2** muestra los parámetros de la evaluación.

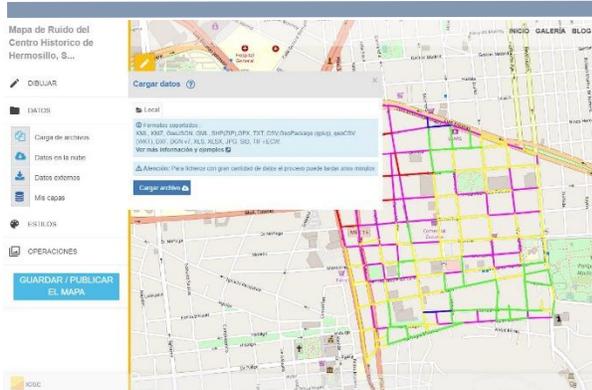
**Tabla 2.** Parámetros de la evaluación. (Fuente: [29]).

OBJETIVO	CIUDAD EXISTENTE	EXTENSION DE CIUDAD
MINIMO	<75% población expuesta a niveles de ruido permitidos (<65 dB(A) día y <55 dB(A) noche)	>75% población expuesta a niveles de ruido permitidos (<65 dB(A) día y <55 dB(A) noche)
DESEABLE	100% población expuesta a niveles de ruido permitidos (<65 dB(A) día y <55 dB(A) noche)	100% población expuesta a niveles de ruido permitidos (<65 dB(A) día y <55 dB(A) noche)

**Mapa de Ruido.** Este análisis permite el visualizar todo el procesamiento y el análisis de los datos urbanos el cual permita una accesibilidad rápida de los datos recogidos y capturados.

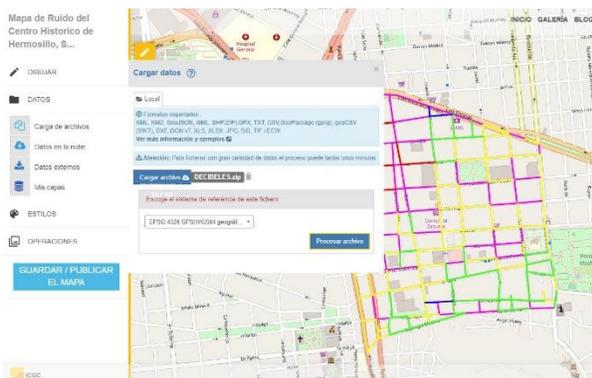
Algunos de los datos abiertos que existen son los radares de tráfico, los centros de educación primaria, las casas de turismo rural o los centros hospitalarios. El mapa puede contener varias capas que se pueden activar o quitar, los mapas quedan guardados en la galería del usuario, así los demás usuarios pueden ver otras creaciones. A continuación, se explica cómo se realizó el proceso de montaje de información en Instamaps.

Para cargar la información en Instamaps es necesario entrar a la página web [www.instmaps.cat](http://www.instmaps.cat), a continuación se procede a dar clic en el botón de cargar datos, se desplegará una ventana en la cual solicita la información que se quiere cargar, solicita también el sistema de coordenadas de los datos que se desean cargar, esta información puede ser cargada mediante un archivo .shp, para finalizar el montaje de la información se presiona el botón procesar la información, la **Figura 6** muestra la información solicitada para cargar la información.



**Figura 6.** Información contenida en la plataforma SIG. (Fuente: [30]).

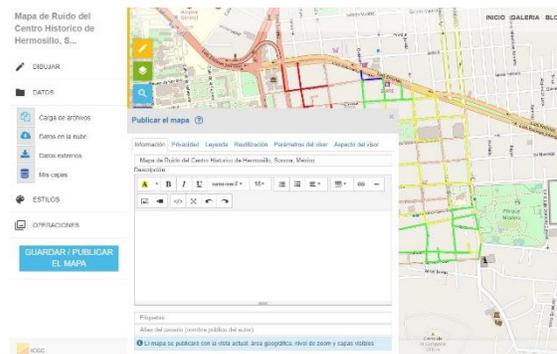
La información cargada en la plataforma se puede categorizar, esto se realiza en Instamaps mediante la opción de categorías, al dar clic en esta opción se despliega una nueva ventana, en la cual se solicita la columna de la tabla de atributos que se desea clasificar, también solicitar que tipo de clasificación se desea realizar, única o por intervalos, para finalizar la clasificación se presiona el botón cambiar, la **Figura 7** muestra el proceso de categorización de datos.



**Figura 7.** Proceso de categorización en Instamaps. (Fuente: [30]).

InstaMaps es una herramienta que puede ser muy útil para el proyecto

"Comportamiento del ruido en el Centro Histórico de Hermosillo". Con esta herramienta, se pueden visualizar los datos de las mediciones de ruido en un mapa interactivo, lo que permite obtener una comprensión más clara y visual de cómo se distribuyen los niveles de ruido en diferentes zonas del centro histórico. Además, InstaMaps también permite compartir y colaborar con otros usuarios, lo que puede ser útil si se desea compartir los resultados del proyecto con otros investigadores o con las autoridades pertinentes para tomar medidas para reducir los niveles de ruido en áreas específicas., la **Figura 8** se observa el proceso de publicación de mapas.



**Figura 8.** Proceso de publicación de la información recogida en el Centro Histórico de Hermosillo. (Fuente: [30]).

## RESULTADOS Y AVANCES DEL SISTEMA

La información del ámbito es recogida y es necesaria para el cálculo del confort

acústico, primeramente, se muestra en la **Tabla 3**, la densidad de población existente en cada uno de los sectores y en la totalidad del ámbito, con la densidad de población fue posible el cálculo en referencia al sector que se estudió y en la totalidad del ámbito, los resultados se muestran en la **Tabla 4**.

**Tabla 3.** Densidad de Población del ámbito de estudio (Fuente: [31]).

SECTOR	DENSIDAD POBLACIONAL (personas)
Sector 1	506
Sector 2	134
Sector 3	390
Todo el ámbito de estudio	1030

**Tabla 4.** Indicador del Confort Acústico. (Fuente: [24]).

SECTOR	CONFORT ACUSTICO
Sector 1	4.15%
Sector 2	55.98%
Sector 3	60.50%
Todo el ámbito de estudio	30.19%

Al terminar la etapa de recolección de la información con la base de datos capturada, se generó la siguiente dirección en donde se visualizan los datos de decibeles generados en el Centro Histórico de Hermosillo: [32].

En la **Figura 9** se muestra la visualización de los datos antes mencionados.



**Figura 9.** Visualización de los decibeles generador en el Centro Histórico de Hermosillo. (Fuente:[30]).

## DISCUSIÓN.

Considerando los planteamientos de estudios sobre la distribución del ruido ambiental en países europeos donde se comparan datos sobre el tema, obtenidos en ciudades de los hemisferios Este y Oeste; se propone ajustar las normas aplicables a la morfología urbana del área estudiada, pues ha quedado demostrado que ésta incide en el patrón de distribución del ruido ambiental. Como de hecho también fue observado al mantener en operación el fonómetro, fuera de los cruceros de algunas calles los que, originalmente, habían sido contemplados como las únicas estaciones de observación y registro de datos. Esta observación está directamente relacionada a una característica particular de la morfología urbana del área estudiada donde las edificaciones son continuas y

forman corredores por los que fluye el aire y consecuentemente el sonido.

Otra peculiaridad importante en la distribución del ruido ambiental son las características socio-económicas locales que obligarían a ajustar las normas internacionales a las condiciones reales del área de estudio ya que estas tienen un impacto significativo en los patrones de distribución del ruido [33].

Con base en los resultados obtenidos, se puede identificar claramente las zonas donde se presenta una mayor incidencia de la contaminación del ruido, lo cual permite que se puedan tomar acciones específicas para reducir esta problemática. Para ello, se pueden implementar diversas soluciones objetivas, tales como:

1. Restricción de horarios de carga y descarga: En las zonas donde se encuentran los niveles de ruido más elevados, se podría establecer horarios específicos para la carga y descarga de mercancías, de modo que se reduzca la presencia de vehículos de carga durante los horarios de mayor tránsito peatonal y vehicular.
2. Implementación de barreras acústicas: En las zonas donde se presentan niveles de ruido elevados, se pueden implementar barreras acústicas que

reduzcan la propagación del sonido, evitando que el ruido se propague hacia las zonas cercanas.

3. Promoción de medios de transporte alternativos: Se podría promover el uso de medios de transporte alternativos, como la bicicleta, el transporte público y los vehículos eléctricos, con el objetivo de reducir el número de vehículos que circulan por el centro histórico, disminuyendo así la presencia de ruido.

Es importante destacar que estas soluciones deben ser retroalimentadas con la metodología del estudio, con el objetivo de medir su eficacia y eficiencia en la reducción de la contaminación acústica en el Centro Histórico de Hermosillo. Asimismo, se deben considerar las características específicas de cada zona y la opinión de los residentes y comerciantes del área para asegurar que las soluciones propuestas sean adecuadas y efectivas.

## **CONCLUSIONES.**

En conclusión, el proyecto "Comportamiento del ruido en el Centro Histórico de Hermosillo" puede ser abordado a través de diferentes métodos, siendo la observación, indicadores de confort acústico y el uso de herramientas de visualización de datos

algunos de los más relevantes. La recolección de datos y la visualización de estos en un mapa interactivo permiten una mejor comprensión de cómo se distribuyen los niveles de ruido en diferentes zonas de la ciudad y cómo estos pueden afectar la calidad de vida de sus habitantes. Con este proyecto, se pueden identificar las zonas con mayor nivel de ruido, dentro del Centro Histórico de Hermosillo.

El sector 1 muestra un nivel de ruido importante, esto se torna preocupantes debido a que la cantidad de población en este sector del ámbito de estudio es moderadamente alta. El sector 3, donde mayor población se concentra existe poco nivel de ruido, como resultado del estudio, se observó que todo el ámbito de estudio resulto con un confort acústico del 30.19%. Para concluir, los sistemas de información geográfico han demostrado ser una herramienta útil para este tipo de estudios debido a los resultados mostrados en este documento.

## REFERENCIAS

[1] Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61613-X

[2] Organización Mundial de la Salud. (2018). Contaminación acústica. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noise-pollution>

[3] Mendoza, J., López-Luna, M., Gómez-Alvarez, R., & Moreno-García, M. (2021). Evaluación de la contaminación acústica en el Centro Histórico de Hermosillo, Sonora, México. In *Red Internacional de Investigadores en Competitividad* (pp. 547-556). Springer.

[4] Licitra, G., Plaia, A., Santantonio, P., Cusimano, N., Arnone, F., & Rizzo, G. (2018). The use of noise mapping for environmental noise assessment in urban areas. *Sustainability*, 10(10), 3615. doi: 10.3390/su10103615

[5] Barrios, L., Blanes, I., Sanjuán, M. A., & Gargallo, P. (2019). Noise pollution in urban areas: A GIS-based assessment of environmental acoustic quality in Madrid, Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1226. doi: 10.3390/ijerph16071226

[6] Rüdüsüli, M., & Brink, M. (2020). Citizen science in noise research: A review of recent studies and applicability of smartphone sound measurements. *Science of the Total Environment*, 742, 140611.

- doi:  
10.1016/j.scitotenv.2020.140611.
- [7] Torija, A. J., Ruiz, D. P., Ramos-Ridao, A. F., & Maeso, O. (2022). Urban noise mapping using an Open-Source GIS. *Journal of Environmental Management*, 302, 113983. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113983
- [8] Mesa, A., Zapata, J., García, J., & Rodríguez, A. (2020). Evaluación del impacto acústico generado por el tráfico vehicular en la zona centro de la ciudad de Pereira. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 20(2), 91-103.
- [9] Mendoza, L., González, S., Torres, E., & González, J. (2021). Evaluación de la contaminación acústica en la zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León. *Hidrobiológica*, 31(1), 77-87.
- [10] Amin, M. R., Chowdhury, M. S. H., Hassan, S. S., & Nahar, S. (2021). Traffic noise pollution in urban areas: A review. *Urban Climate*, 37, 100871. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100871>
- [11] Cifuentes, G. A., & Sánchez, J. (2018). Evaluación de la contaminación sonora en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. *Revista de Investigación Académica*, 29, 1-10.
- [12] Francis, C. D., & Barber, J. R. (2013). A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(6), 305-313. <https://doi.org/10.1890/120183>
- [13] SEMARNAT. (2018). Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-2011, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249302/NOM-081-SEMARNAT-2011.pdf>
- [14] García-Murillo, P., Jaramillo, R. E., Ramírez, L. P., & Marulanda, C. A. (2020). Mapeo de ruido ambiental en zonas urbanas: una revisión sistemática de la literatura. *Ingeniería y Competitividad*, 22(1), 77-90. <https://doi.org/10.25100/iyc.v22i1.8286>
- [15] Smith, M. J., & Héroux, M. È. (2019). The impact of environmental noise on cognitive performance and employee productivity. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(6), 494-505. <https://doi.org/10.1002/ajim.22963>
- [16] Pérez-López, R., García-García, A., & Pérez-González, A. (2021). Una de las estrategias que se han propuesto es la implementación de

barreras acústicas para reducir la propagación del sonido en áreas con alta intensidad de ruido.

- [17] Elnabarawy, I., Hegazy, T., & Shahata, A. (2018). Medidas de ordenamiento territorial para la protección contra el ruido urbano en El Cairo, Egipto. *Habitat International*, 72, 75-86.
- [18] Omidvar, B., Nasrollahi, N., & Pourtaghi, G. (2019). Assessment of urban noise pollution in high-rise buildings in a metropolitan city. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(23), 23995-24007.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05677-6>
- [19] Costa, J. P., Baptista, M. C., Pereira, M. J., & Alves-Pereira, M. (2020). An assessment of urban noise exposure in high-density residential buildings. *Applied Acoustics*, 162, 107208.  
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107208>
- [20] Pereira, A., Moreno, J. M., Ferreira, J. C., & Martins, J. (2021). Sound insulation in existing residential buildings. Case studies in Portugal. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39(5), 720-736.  
<https://doi.org/10.1108/IJBPA-10-2020-0139>
- [21] ISOVER, 2018. Las clases de confort acústico ISOVER. ISOVER: 7-20.
- [22] Medina, Á., Velásquez, G., Giraldo, L., Henao, L., & Vásquez, E. (2013). Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. *CES Salud Pública*, 9.
- [23] Gobierno del Estado de Sonora. (2018). Anuncia gobernadora acciones en Hermosillo para mejorar movilidad y servicios públicos. Recuperado el 3 de marzo de 2023, de <http://www.sonora.gob.mx/noticias/anuncia-gobernadora-acciones-en-hermosillo-para-mejorar-movilidad-y-servicios-publicos>
- [24] Para la cita del 2021: [Hermosillo.gob.mx](http://hermosillo.gob.mx). (2021, 22 de septiembre). Inaugura Célida López corredor peatonal y ciclista de 14 kilómetros. Recuperado el 3 de marzo de 2023, de <https://hermosillo.gob.mx/2021/09/inaugura-celida-lopez-corredor-peatonal-y-ciclista-de-14-kilometros/>
- [25] Informe Final Municipal (2016). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Hermosillo, Sonora, México, 17-21.
- [26] Secretaría de Medio Ambiente (1994). Dirección general de Normas oficiales mexicanas.

- [27] INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Recuperado, 10 de Julio, 2021, de <http://www.inegi.org.mx.generator>
- [20] García, F. (2016). Compacidad y densidad de las ciudades españolas. *Revista EURE*, 42, 5-27.
- [28] Marmolejo, C. (2017). El comportamiento espacio-temporal de la población como instrumento de análisis de la estructura urbana: el caso de la Barcelona metropolitana», *Cuadernos Geográficos*, 56, 111-113.
- [29] ECOLOGIA BCN (2010). Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 300-302.
- [30] INSTAMAPS. [En línea] Disponible en: <https://www.instamaps.cat/#/> [Último acceso: 13 diciembre 2022].
- [31] DENUÉ (Directorio Estadístico Nacional de Unidades). 2019. Recuperado, 25 de marzo, 2019, de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/OtrTemEcon/DENUÉ2019.pdf>
- [32] INSTAMAPS. [En línea] Disponible en: <https://www.instamaps.cat/visor.html?businessid=e6f8b3b448483ea>
- d77fac5770a605c5b&3D=false [Último acceso: 13 marzo 2023].
- [33] Ryu, H., Park, I. K., Chun, B. S., & Chang, S. II. (2017). Spatial statistical analysis of the effects of urban form indicators on road-traffic noise exposure of a city in South Korea. *Applied Acoustics*, 115, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.025>