



LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y SU INFLUENCIA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN. EL CASO DE LA RUTA PROVINCIAL 4, PARTIDOS DE LOMAS DE ZAMORA, ALMIRANTE BROWN Y ESTEBAN ECHEVERRÍA

AUTOR: MORRONGIELLO ALBERTO ROQUE

DIRECTOR: RODRÍGUEZ LEANDRO SEBASTIÁN

DOCTORADO EN INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA
BUENOS AIRES, ARGENTINA
ABRIL, 2020



THE NOISE POLLUTION AND ITS INFLUENCE ON THE POPULATION. THE CASE
OF PROVINCIAL ROAD 4, PLACES OF LOMAS DE ZAMORA, ALMIRANTE BROWN
AND ESTEBAN ECHEVERRÍA

By: MORRONGIELLO ALBERTO ROQUE

SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR AT
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA
BUENOS AIRES, ARGENTINA
APRIL, 2020

Don Leandro Sebastián Rodríguez, Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería.

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada:

La contaminación acústica y su influencia en la salud de la población. El caso de la Ruta Provincial 4, partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría.

Realizada por **Don Morrongiello Alberto Roque** bajo su inmediata dirección y supervisión y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

En Lomas de Zamora, 23 de Abril de 2020.

Fdo. : Dr. Ing. Oscar Pascal

Don Oscar Pascal, Profesor Titular de Universidad y Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

INFORMA:

Que la presente Tesis Doctoral titulada:

La contaminación acústica y su influencia en la salud de la población. El caso de la Ruta Provincial 4, partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría.

Ha sido realizada por Don Morrongiello Alberto Roque bajo la dirección y supervisión de Don Rodríguez Leandro Sebastián y que la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora ha dado su conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado.

En Lomas de Zamora, 23 de Abril de 2020.

Fdo. : Dr. Ing. Oscar Pascal

THE NOISE POLLUTION AND ITS INFLUENCE ON THE POPULATION. THE CASE
OF PROVINCIAL ROAD 4, PLACES OF LOMAS DE ZAMORA, ALMIRANTE BROWN
AND ESTEBAN ECHEVERRÍA

by Morrongiello Alberto Roque

IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF
ENGINEERING.

LOMAS DE ZAMORA, APRIL OF 2020

Fdo. : Dr. Ing. Oscar Pascal

Dedicado a

A mi esposa,
A mis hijos y nietos,
A mis padres.

Agradecimientos

Para poder haber realizado el desarrollo de esta tesis doctoral, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de forma directa, o indirecta.

En primer lugar, quiero dedicar mi agradecimiento a mi amigo y Decano Dr. Ing. Oscar Pascal, por haber sido el principal motivador para que realizara este programa de doctorado.

Al Director de Posgrado, Dr. Ing. Diego Serra, por permitirme avanzar y poder culminar este trabajo en los tiempos que corren.

A las Autoridades, colegas, compañeros, y muchos de ellos amigos.

Por otra parte, agradezco a mi director de tesis Dr. Ing. Leandro Rodríguez por la dedicación y apoyo que me ha brindado en este trabajo.

A quiénes fueron parte del proceso, la Lic. Erika Fleytas y al Ing. Sergio Luna por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Este especial agradecimiento está dedicado a mi hija, Mg. Noelia Morrongiello por su participación en la lectura final y corrección gramatical.

A Florencia Foa, Ariel Barros, Maribel Touceda, Silvana Meza, Juan Cruz D´eramo, Nayla Meric, Francisco Miño y Daniel Ovelar por su colaboración durante toda la etapa de recopilación de información.

A mis padres, por haber sido mi sostén y motor, hace muchos años cuando decidí ser ingeniero. Por cada noche, esperarme para cenar o entender mis horarios complejos para poder trabajar y estudiar. Ellos siempre estuvieron ahí firmes.

Se la dedico a mi papá, quién hoy no está conmigo para poder ver mis logros, pero sé que estará más que orgulloso.

Agradezco a toda mi familia por estar presente, a mi mujer y mis hijos. A mis nietos, Bautista, Benjamín, Victoria y Venecia.

A todos y todas muchas gracias.

Resumen

Esta investigación nace en la cátedra de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

La Universidad Nacional de Loma de Zamora se ubica a la vera de la Ruta Provincial N°4 y es habitual que muchos alumnos vivan en las inmediaciones de la misma. En las clases de ruido, luego de enseñarle a tomar mediciones a los alumnos, muchos de ellos exponían que en el lugar donde viven existen altos niveles de contaminación acústica. Es así que nace la idea de crear un mapa de ruido de un sector de la ruta, para luego evaluar qué es lo que le sucede a la población de este lugar tan característico del conurbano Bonaerense.

Mayormente conocida como Camino de Cintura, la Ruta Provincial N°4 es una avenida interurbana de dos carriles de la Provincia de Buenos Aires, la cual es el segundo anillo de circunvalación de la Ciudad de Buenos Aires luego de la Avenida General Paz, que marca el límite entre la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires.

Se plantea como objetivo general:

Determinar la zona de influencia de la contaminación acústica y el efecto del ruido producido por los vehículos que circulan en Ruta Provincial N°4 en la salud de los vecinos de los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría.

Y como objetivos específicos:

- Determinar el alcance del ruido producido por la Ruta Provincial N°4
- Determinar los lugares de muestreo.
- Identificar mediante la elaboración de mapas temáticos, la distribución espacial de nivel sonoro de un sector de la Ruta Provincial N°4.
- Contribuir al conocimiento que se tiene del contaminante ruido.
- Establecer una metodología para el tratamiento de los datos que presentan distribución espacial de nivel sonoro.
- Generar nuevos parámetros para futuras construcciones viales.
- Identificar como se relaciona el contaminante ruido con la vida cotidiana de las personas que viven en las cercanías de la ruta.

El método utilizado para medir el contaminante ruido fue el Nivel Equivalente Día-Noche: Con esta forma de evaluación fue posible realizar un análisis de ruido a lo largo del día, pero sin perder de vista que la población es más sensible al ruido en los horarios nocturnos.

Se encontraron niveles muy elevados de dB (A) sobre la traza y en los márgenes de la Ruta Provincial N°4, alcanzando en algunos puntos un nivel superior a 90 dB (A).

Los lugares de muestreo para la confección del mapa se lograron encontrar siguiendo los lineamientos de la norma ISO 15666, donde indica que las mediciones entre cada punto medido y el próximo cercano no debía ser mayor a 5 dB.

Finalmente se logró crear el primer mapa de ruido correspondiente a la zona de estudio de la Ruta Provincial N°4 determinando el alcance de la contaminación acústica producida por la circulación de vehículos a través de la técnica de interpolación Kriging Ordinario, lo que permitió conocer cuál es el comportamiento y la distribución espacial del contaminante ruido. Y para validar este mapa se realizó un muestreo aleatorio para contrastar los resultados denotando así la fiabilidad del método.

Se plantea como hipótesis:

"Las personas que viven en zonas expuestas al ruido generado por el tránsito son más propensas a sufrir alteraciones de su vida cotidiana".

La cual fue corroborada luego de la realización de una encuesta basada en los lineamientos de la norma ISO 1996 "Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental".

Palabras claves: Contaminación Acústica; Ruido; Sonido; Kriging Ordinario; Nivel equivalente día-noche; Ruta Provincial N°4.

Abstract

This research was born in the Chair of Hygiene and Safety at Work at the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora.

The National University of Loma de Zamora is located on the edge of Provincial Route No. 4 and it is common for many students to live in the vicinity of it. In noise classes, after teaching students to take measurements, many of them explained that there are high levels of noise pollution in the place where they live. This is how the idea was born to create a noise map of a sector of the route, and then evaluate what happens to the population of this place so characteristic of the Conurbano Bonaerense.

The general objective is:

Determine the area of influence of noise pollution and the effect of the noise produced by the vehicles that circulate on Provincial Route No. 4 on the health of the residents of the parties of Almirante Brown, Lomas de Zamora and Esteban Echeverría.

And as specific objectives:

- Determine the extent of the noise produced by Provincial Route No. 4
- Determine the sampling locations.
- Identify, through the development of thematic maps, the spatial distribution of the noise level of a sector of Provincial Route No. 4.
- Contribute to the knowledge of the polluting noise.
- Establish a methodology for the treatment of data that present spatial distribution of sound level.
- Generate new parameters for future road constructions.
- Identify how the polluting noise is related to the daily life of the people who live near the route.

The method used to measure the noise pollutant was the Day-Night Equivalent Level: With this form of evaluation it was possible to carry out a noise analysis throughout the day, but without losing sight of the fact that the population is more sensitive to noise in the night hours.

Very high levels of dB (A) were found on the trace and on the margins of Provincial Route No. 4, reaching in some points a level higher than 90 dB (A).

The sampling places for the preparation of the map were found following the guidelines of ISO 15666, where it indicates that the measurements between each measured point and the next closest one should not be greater than 5 dB.

Finally, it was possible to create the first noise map corresponding to the study area of Provincial Route No. 4, determining the scope of the noise pollution produced by the circulation of vehicles through the Kriging Ordinary interpolation technique, which allowed knowing the behavior and spatial distribution of the pollutant noise. And to validate this map, a random sampling was carried out to contrast the results, thus denoting the reliability of the method.

It is proposed as a hypothesis:

" People who live in areas exposed to noise generated by traffic are more likely to suffer alterations in their daily lives."

Which was corroborated after carrying out a survey based on the guidelines of the ISO 1996 standard "Acoustic. Description, measurement and evaluation of environmental noise".

Key words: Noise Pollution; Noise; Sound; Ordinary Kriging; Noise Pollution level day night; Provincial Route N°4.

Índice

Agradecimientos	10
Resumen	11
Abstract.....	13
Índice.....	15
Índice ilustraciones	19
Índice de tablas.....	21
Introducción.....	22
Marco Teórico	24
Sonido.....	24
Características del sonido.....	24
Magnitudes del sonido.....	25
Velocidad de onda	25
Frecuencia	25
Amplitud.....	26
Energía e intensidad de la onda.....	26
Presión sonora y nivel de presión sonora	27
El sonido y el ruido ambiental.....	28
Tipos de Ruido	29
Escala de ponderación: Nivel Sonoro con Ponderación A.....	29
Ruido del tránsito	30
Medición de ruido.....	31
Legislación y normativa vigente.....	32
Constitución Nacional	32
Legislación provincia de Buenos Aires	32

Ley 11723 del medio ambiente	32
Ley 1540/04 y Decreto Reglamentario 740/07 de la Ciudad autónoma de Buenos Aires	34
Mapa de ruido	35
Método para evaluación de contaminación acústica	36
Método de Interpolación Kriging ordinario	40
Impacto del ruido en las personas	41
Efectos Fisiológicos del Ruido.....	41
Efectos Psicológicos del Ruido.....	43
Gestión del Ruido según la Organización Mundial de la Salud.....	44
Ruta Provincial N°4 (Camino de Cintura)	44
Marco empírico.....	46
Objetivo general	46
Objetivos específicos.....	46
Variables.....	47
Hipótesis de trabajo	47
Muestra	47
Datos geográficos de los partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría ...	48
Instrumentos de medición y técnicas	49
Sonómetro Quest 2800	49
GPS diferencial.....	50
Colector de datos Nomad 900G.....	51
Terrasync	51
Trimble GPS Pathfinder Office	52
ArcMap.....	54
Encuesta	55
Procedimiento de toma de datos	57

Visita y reconocimiento de los puntos de monitoreo	57
Descripción del método	60
Tiempos de medición y muestreo temporal	60
Proceso de análisis de datos.....	62
Resultados y Discusión	64
Variable dB (A) día.....	64
Análisis exploratorio.....	64
Determinación de la normalidad de la muestra - dB (A) día	64
Coeficiente de variación - dB (A) día	65
Valores atípicos – dB (A) día	67
Variable dB (A) Noche	69
Análisis exploratorio.....	69
Determinación de la normalidad de la muestra - dB (A) Noche.....	69
Coeficiente de variación - dB (A) Noche.....	69
Valores atípicos - dB (A) Noche.....	71
Variable dB (A) Día-Noche	72
Análisis exploratorio.....	73
Determinación de la normalidad de la muestra - dB (A) Día-Noche.....	73
Coeficiente de variación - (dB (A) Día-Noche)	73
Valores atípicos - dB (A) Día-Noche	75
Análisis estructural de los datos - dB (A) Día-Noche.....	76
Validación del método	84
Muestra piloto para la validación del mapa de ruido	84
Análisis de encuestas de percepción de contaminación acústica	86
Resultados obtenidos.....	88

Sobre el ruido del sector	89
Análisis geográfico de los resultados de la encuesta.....	96
Conclusión	98
Anexo.....	105
Conteo de resultado de encuestas	106

Índice ilustraciones

Ilustración 1 - Rango audible según las frecuencias de la onda [2]	26
Ilustración 2 - Crestas y valles de la onda [3].....	26
Ilustración 3 - Escala de decibeles [3]	28
Ilustración 4 - Curvas de Fletcher y Munson.....	30
Ilustración 5 - Mapa de ruido [9]	35
Ilustración 6 - Afecciones a los diversos órganos	42
Ilustración 7 - Ruta Provincial N°4 [12]	45
Ilustración 8 - Partidos de Lomas de Zamora y Almirante Brown	49
Ilustración 9 – Sonómetro Quest 2800	49
Ilustración 10 - Receptor Trimble PRO XRT	50
Ilustración 11 - NOMAD 900G	51
Ilustración 12 - Terrasync Profesional 5.0	52
Ilustración 13 - Captura de Trimble Pathfinder Office, diseño de diccionario para relevamiento de campo.....	54
Ilustración 14 - Tráfico Ruta Provincial N°4 8hs.....	58
Ilustración 15 - Tráfico Ruta Provincial N°4 12hs	58
Ilustración 16 - Tráfico Ruta Provincial N°4 16hs	59
Ilustración 17 - Tráfico Ruta Provincial N°4 22hs	59
Ilustración 18 - Puntos de muestro	61
Ilustración 19 - Proceso de análisis de datos	62
Ilustración 20 – Histograma, variable " dB (A) día"	64
Ilustración 21 - Valor normal estándar de variable "dB (A) día"	66
Ilustración 22 - Gráfico de tendencia, variable "dB (A) día"	66
Ilustración 23 – Boxplot variable "dB (A) día"	67
Ilustración 24 - Valores atípicos dB (A) día.....	68
Ilustración 25 – Histograma, variable " dB (A) Noche"	69
Ilustración 26 - Valor normal estándar de variable "dB (A) noche"	70
Ilustración 27 - Gráfico de tendencia, variable dB (A) Noche.....	70
Ilustración 28 – Boxplot variable dB (A) Noche.....	71
Ilustración 29 - Valores atípicos dB (A) Noche	72
Ilustración 30 – Histograma, variable "dB (A) Día-Noche"	73
Ilustración 31 - Valor normal estándar de variable "dB (A) Día-Noche"	74
Ilustración 32 - Gráfico de tendencia, variable " dB (A) Día-Noche ".....	74

Ilustración 33 – Boxplot variable “dB (A) Día-Noche”	75
Ilustración 34 - Valores atípicos dB (A) Día-Noche	76
Ilustración 35 - Geostatistical Wizard: Kriging.....	77
Ilustración 36 - Geostatistical Wizard: Kriging, tipo de transformación y orden de la tendencia	78
Ilustración 37 - Geostatistical Wizard: Semivariograma.....	79
Ilustración 38 - Geostatistical Wizard: Selección de vecinos y formato de sector de búsqueda	80
Ilustración 39 - Gráfico de valores medidos vs predicción, variable “dB (A) Día-Noche”	81
Ilustración 40 - Gráfico de valores medidos vs error, variable “dB (A) Día-Noche”.....	81
Ilustración 41 - Mapa de ruido Nivel equivalente dB (A) Día Noche	82
Ilustración 42 - Predicción del error de nivel equivalente día noche.....	83
Ilustración 43 – Relevamiento aleatorio en las cercanías de Ruta Provincial N°4.....	84
Ilustración 44 - Validación cruzada en Arcmap	85
Ilustración 45 - Personas encuestadas.....	87
Ilustración 46 - Cantidad de entrevistados por género.....	88
Ilustración 47 - Edad de los encuestados por rangos.....	89
Ilustración 48 - Percepción del ruido vecinos de Ruta Provincial N°4.....	90
Ilustración 49 - Fuente principal de ruido del tráfico vehicular según los vecinos	91
Ilustración 50 - La contaminación sonora por el tránsito interfiere en su vida cotidiana	92
Ilustración 51 - Momento del día que más molesta el ruido del tránsito vehicular	93
Ilustración 52 - Medidas para reducir el ruido.....	94
Ilustración 53 - ¿El ruido es perjudicial para la salud?	95
Ilustración 54 - ¿Sufre alguna molestia a causa del ruido?	95
Ilustración 55 - ¿Sabe si hay alguna ley de protección contra el ruido?.....	96
Ilustración 56 - Personas que sufren alteraciones producidas por la contaminación acústica	97
Ilustración 57 - Mapa de ruido Ruta Provincial N°4 – Año 2019	105

Índice de tablas

Tabla 1 - Características y atributos diccionario de datos – Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 2 - Encuesta percepción de contaminación sonora	56
Tabla 3 - Cálculo de error	80
Tabla 4 - Calculo de desvío estándar de validación cruzada	85

Introducción

La contaminación acústica puede ocasionar efectos adversos sobre las personas, reduciendo su calidad de vida, dificultando sus actividades y originando alteraciones en su estado de salud.

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora, se encuentra ubicada sobre la Ruta Provincial Nº4, conocida popularmente como Camino de Cintura. Esta ruta es una avenida interurbana de dos carriles de la Provincia de Buenos Aires. Es el segundo anillo de circunvalación luego de la Avenida General Paz, que marca el límite entre la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires. Este corredor es de gran importancia pues es recorrido diariamente por un importante volumen de tránsito conformado tanto por vehículos livianos como pesados. Muchas personas que asisten a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, viven sobre la misma ruta, o en sus cercanías, comentando habitualmente las dificultades que tienen en la vida cotidiana por la contaminación acústica, esto motivó profundamente a la cátedra de Higiene y Seguridad en el Trabajo, para la realización de esta investigación, donde muchos de sus integrantes se especializan en mediciones de ruido.

Es entonces cuando se plantea la posibilidad de realizar una investigación para determinar la magnitud de la contaminación acústica de esta zona y se comienza a trabajar en la confección de un mapa de ruido de la Ruta Provincial Nº4.

El tramo seleccionado para la realización del estudio inicia en la intersección con la Av. Antártida Argentina, en la localidad de Llavallol, partido de Loma de Zamora, hasta la intersección con la Av. Hipolito Yrigoyen en Burzaco.

Para confeccionar este mapa, fue necesario determinar el método con el cual se iba a medir el ruido producido por el tránsito sobre la misma ruta y sobre las cuadras aledañas, donde finalmente se seleccionó el método Nivel Equivalente día-noche en dB (A) y el método Kriging Ordinario para la interpolación de los valores obtenidos. Se tuvo en consideración, los lineamientos de la ISO 15666, cuya recomendación es que el nivel de presión sonora entre dos puntos adyacentes de una grilla no puede diferir en más de 5 dB, este fue el criterio establecido para seleccionar zonas representativas donde a lo largo de la traza de la Ruta Provincial Nº4 existan viviendas y pueda ser evaluada la población expuesta a la contaminación acústica, tratando de abarcar la mayor cantidad de puntos posibles a lo largo de la traza siguiendo los lineamientos de la ISO15666.

Una vez confeccionado el mapa y determinada la zona de influencia de la contaminación acústica, se encuestó a los vecinos de la zona para poder determinar si efectivamente el ruido producido por la Ruta Provincial N°4 les causaba alteraciones en su vida cotidiana y cuál es su percepción con respecto al contaminante ruido.

Marco Teórico

Sonido

El sonido se produce a través de una onda mecánica del tipo longitudinal. La perturbación de una onda sonora es una serie de alta y baja presiones que viajan en el aire. A medida que las ondas sonoras se transmiten a través del aire, los elementos del aire vibran para producir cambios en densidad y presión a lo largo de la dirección del movimiento de la onda. Si la fuente de las ondas sonoras vibra sinusoidalmente, las variaciones de presión también son sinusoidales.

Las ondas sonoras se dividen en tres categorías según los rangos de frecuencia:

- 1) Las ondas que percibe el oído humano. Es posible generarlas en una variedad de formas, como de instrumentos musicales, voces humanas o bocinas.
- 2) Las ondas infrasónicas tienen frecuencias por abajo del intervalo que percibe el oído de las personas.
- 3) Las ondas ultrasónicas que tienen frecuencias por arriba del alcance audible. [1]

Características del sonido

La definición de sonido tiene un concepto objetivo, que está relacionado con la descripción física del movimiento ondulatorio y es el término que se encuentra arriba en la definición. Pero también, se observa un concepto subjetivo que está relacionado con la experiencia del sujeto receptor de la onda. Si el sujeto tiene una sensación desagradable lo puede considerar un ruido. Pero es necesario comprender, que el ruido y sonido desde el punto de vista de la física, tienen el mismo comportamiento.

Magnitudes del sonido

Velocidad de onda

[1] La rapidez de las ondas sonoras en un medio depende de la compresibilidad y la densidad del medio; si éste es un líquido o un gas y tiene un módulo volumétrico B y densidad S , la rapidez de las ondas sonoras en dicho medio es:

$$V = \sqrt{\frac{B}{S}}$$

Frecuencia

La frecuencia representa el número de oscilaciones que experimenta la partícula por unidad de intervalo de tiempo en un movimiento oscilatorio. Para la onda sonora, es el número de ondas vibratorias por unidad de tiempo. Se mide en Hertz (Hz), si se cuantifica el tiempo en segundos.

$$f = \frac{N^{\circ} \text{ ciclos de la onda}}{\text{tiempo}} = \frac{N^{\circ}}{\text{seg}} = [\text{Hertz}] = [\text{Hz}]$$

Las frecuencias que percibe el oído humano se pueden clasificar como altura o tono de un sonido.

Tonos agudos: frecuencias altas.

Tonos graves: frecuencias bajas.

El rango de audición para el oído humano: 20 a 20000 Hz de frecuencias ver Ilustración 1 - Rango audible según las frecuencias de la onda [2]. En teoría, porque las frecuencias audibles no alcanzan esos límites y, además, decaen con la edad: los adolescentes no suelen tener problema en escuchar sonidos de 19.000 Hz, a partir de los 25 la cota superior se sitúa en torno a los 17.000 Hz, los treintañeros irán notando como esa cifra desciende hasta los 15.000 Hz. Esta merma auditiva se debe a la disminución, con el paso de los años, del número de células ciliadas que hay en la cóclea (responsables de la conversión del impacto de las ondas sonoras en un impulso nervioso que se transmite al cerebro). La pérdida de la audición es un proceso degenerativo, que se produce por el

paso de la edad, pero si el ambiente que nos rodea presenta altas dosis de sonido, la pérdida de la audición se acentúa.

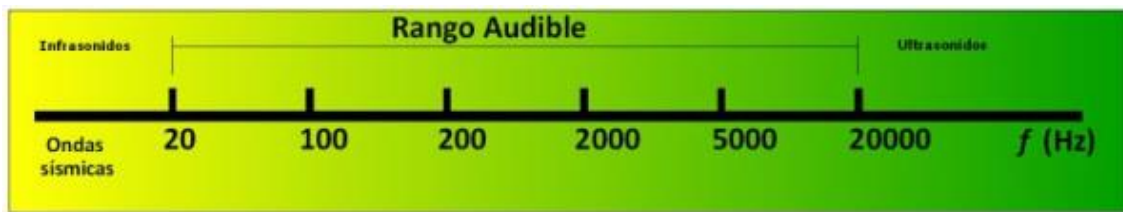


Ilustración 1 - Rango audible según las frecuencias de la onda [2]

Amplitud

Es el valor de elongación máxima de la onda. Los valores de elongación de la onda armónica suelen crear las llamadas *crestas*, los *puntos máximos de la onda* (A). A los puntos en los que la elongación es mínima (-A) se les suele llamar valles, ver Ilustración 2 - Crestas y valles de la onda. [3]

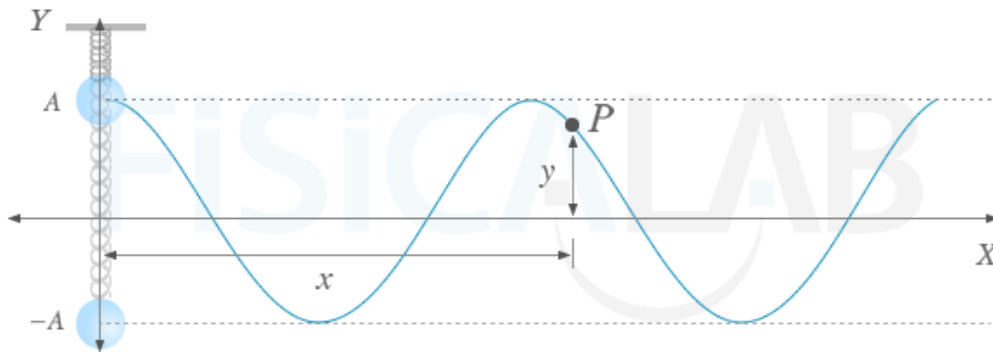


Ilustración 2 - Crestas y valles de la onda [3]

Energía e intensidad de la onda

La energía E transmitida por una onda es directamente proporcional al cuadrado de la frecuencia f y al cuadrado de la amplitud A según:

$$E = cte. f^2. A^2$$

La unidad de energía en el Sistema Internacional es el Joule (J), de la frecuencia el hertzio (Hz) y de la amplitud el metro (m).

La intensidad I de una onda, o la potencia por cada unidad de área, se define como la rapidez a la cual la energía transportada por la onda se transfiere a través de una unidad de área "A" perpendicular a la dirección de viaje de la onda. En consecuencia, la intensidad de una onda sonora periódica es proporcional al cuadrado de la amplitud de desplazamiento y al cuadrado de la frecuencia angular. La intensidad de la onda disminuye a medida que nos alejamos del foco. [1]

Presión sonora y nivel de presión sonora

La presión sonora tiene un rango muy amplio, podemos ver variaciones de presión entre 0,00002 hasta 200 Pascales. El oído humano puede percibir 2×10^{-5} Pa como mínimo y 200 Pa, como el máximo que puede soportar el aparato auditivo, sin sufrir daños.

El nivel de presión sonora, es una ecuación logarítmica que relaciona una cantidad de presión (P) respecto de una cantidad de presión de referencia (P_{ref}).

NIVEL DE PRESIÓN SONORA (L_{eq})

$$L_{eq} = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} = \text{db}$$

Es importante recordar que:

- Margen de presión audible de 20 μPa (umbral de audición) a 200 Pa (límite del dolor donde puede producirse daño).
- Margen muy amplio de valores numéricos para poder trabajar cómodamente (de 0,00002 a 200 Pa).
- Aplicación de una ponderación logarítmica.
- Margen de frecuencias audibles de 20 Hz a 20.000 Hz.

La aparición de la escala logarítmica al aplicar la ponderación logarítmica simplifica el trabajo con decibelios, así:

- Trabajar con pascales u otra unidad de presión es incómodo por la gran variación de los valores (entre $2 \cdot 10^{-5}$ y 200 Pa).
- Con esta forma de expresión, el margen de nivel sonoro se sitúa entre 0 y 140 dB. (Ver Ilustración 3 - Escala de decibeles)



Ilustración 3 - Escala de decibeles [3]

El sonido y el ruido ambiental

En el campo de la higiene y seguridad en el trabajo, el sonido cuando es indeseable, también, se lo considera ruido, pero un sonido es indeseable cuando pone en juego la salud de una persona. La dosis, que es el producto de la concentración de contaminante, y el tiempo que la persona está expuesta, se relaciona con el daño a la salud que puede provocar la onda sonora. Para ello, es necesario evaluar distintos factores o magnitudes de la onda que reciben las personas. Estos factores están vinculados con la intensidad o nivel de presión acústica del ruido y con el grado de exposición, cuando hablamos de mediciones en ambientes laborales.

La unidad usada para medir la intensidad del ruido es el "Decibel bajo la frecuencia Audible" (dBA); mientras que la exposición está relacionada con el tiempo, al cual un individuo está sometido a esa intensidad sonora. Ambos factores definen lo que se denomina "Dosis de Ruido" y que conforman los valores límites umbrales.

Tipos de Ruido

Existen diferentes tipos de ruido, los cuales varían dependiendo de sus características:

- Ruido Continuo: Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante durante el periodo de observación (O a lo largo de la jornada de trabajo). Entre el nivel máximo y mínimo no debe presentarse una diferencia mayor a 5dBA.
- Ruido Intermitente: Es cuando se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída.
- Ruido de Impacto: Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de menos de 500 milisegundos.

Escala de ponderación: Nivel Sonoro con Ponderación A

La sensibilidad del oído depende de la frecuencia que percibe. Se sabe que, mientras que un sonido de una frecuencia de 1 kHz y 0 dB ya es audible, es necesario llegar a los 37 dB para poder escuchar un tono de 100 Hz. También hay que considerar que el nivel de presión sonora tiene como ventaja, que es una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe.

Cuando esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad fue descubierta y medida (por Fletcher y Munson, en 1933, ver Ilustración 4 - Curvas de Fletcher y Munson), se pensaba que utilizando una red de filtrado (o ponderación de frecuencia) adecuada sería posible medir esa sensación en forma objetiva. Esta red de filtrado tendría que atenuar las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas. Se debe intercalar unos controles de graves y de agudos antes de medir.

Además, se observa que tenemos una relación entre las variables de Nivel sonoro en decibeles A y el daño auditivo que puede sufrir una persona. Por lo tanto, el nivel sonoro con ponderación A es la mejor medida disponible para evaluar y evaluar el problema de ruido y para tomar decisiones en consecuencia.

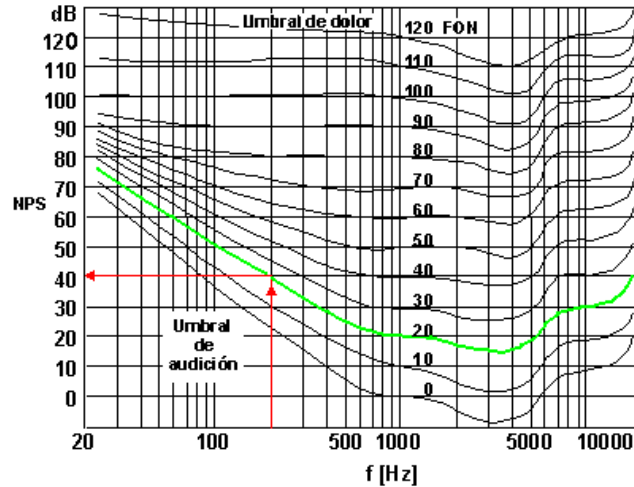


Ilustración 4 - Curvas de Fletcher y Munson
Fuente: Fletcher y Munson 1933

Ruido del tránsito

El ruido vehicular o del tránsito de vehículos, se puede considerar una fuente contaminante que puede producir dosis tales que dañe la salud de las personas. Pero cuando se analiza la emisión originada por el tránsito vehicular en circulación, no se puede hablar de una única fuente de ruido, sino que el nivel sonoro global se ve determinado por la contribución de diversas fuentes. [4] [5]

Se conocen tres tipos de ruido diferenciados, tales como:

- El ruido de propulsión (el motor, la transmisión y el sistema de escape asociado).
- El ruido de rodadura entre las cubiertas y la calzada.
- El ruido aerodinámico.

Se sabe que la circulación de un vehículo a velocidades superiores a los 80 km/h el ruido de origen aerodinámico, supera al ruido de propulsión y al de rodadura, por lo tanto, sería la fuente de emisión del contaminante. Entre 50 y 80 km/h predomina el ruido de rodadura. Por debajo de 50 km/h en general predomina el ruido del motor. Sin embargo, y especialmente en el caso de los automóviles más nuevos, el silenciador de escape es tan efectivo que aún a velocidades tan bajas como 40 km/h

sigue predominando el ruido de rodadura. Por lo tanto, se debe considerar la velocidad promedio de calzada para evaluar la fuente de ruido, por ejemplo, en una ruta y/o autovía predominaría el ruido de origen aerodinámico y en el tránsito de la ciudad el ruido de rodadura.

Medición de ruido

El medidor de nivel sonoro se lo conoce como decibelímetro o sonómetro. Consiste principalmente de un micrófono, encargado de transformar la señal sonora en eléctrica. La etapa siguiente consiste en un amplificador, que se encarga de amplificar la señal. Luego siguen una serie de atenuadores graduados, que se manejan desde el exterior del instrumento. Finalmente, un instrumento proporciona lectura final en dB.

La respuesta "lenta" o "rápida" del instrumento, está relacionada con la amortiguación del instrumento ante la onda que recibe. Para la respuesta "lenta" el instrumento indica un promedio dentro de las variaciones del nivel sonoro. En cambio, en la respuesta "rápida" permite la medición de los picos de la señal. Con lo cual, una medición "lenta" permite la medición del ruido general, integrando los picos. En cambio, la segunda sirve para saber a cuánto asciende el valor pico del nivel sonoro, cuando éste no es constante.

De acuerdo con las normas, todo medidor de nivel sonoro, debe contener las curvas "A", "B" y "C", que simulan a la audición humana a distintos niveles. En la práctica se utiliza la escala de ponderación "A". Es así, como cada vez que se trate de mediciones relacionadas con el hombre (niveles molestos o perjudiciales) se mide exclusivamente utilizando esta curva, entonces los resultados se expresan entonces en dB "A".

La medición propiamente dicha, debe realizarse, en lo posible, en la posición donde se quiere medir el daño a la salud, apuntando el equipo de medición en dirección a la fuente ruidosa. Por ejemplo, en un recinto donde los operarios no tienen lugares fijos de trabajo, se deben tomar lecturas en diferentes puntos, teniendo el cuidado de no medir muy cerca de las paredes y/o ángulos. Si el ruido es del tipo continuo, se debe medir en "lento". En cambio, para los picos se utiliza la posición "Rápido" del instrumento. [6]

Para cumplir con la legislación vigente, los instrumentos a utilizarse deberán cumplir con las siguientes normas:

- Medidor de nivel sonoro según recomendación: IEC R 123; IEC 179; IRAM 4074.
- Medidor de nivel sonoro según recomendación: IEC R 123; IEC 179; IRAM 4074.
Medidor de impulso con constantes de integración de 35 a 50 milisegundos según recomendación: IEC R 179. 3.3.
- Filtros de bandas de octava, media octava y tercio de octava según recomendaciones: IEC 4225; IRAM 4081.
- Clasificador estadístico: en 12 rangos de 5 d B cada uno con muestra de 0,1 seg.
Acelerómetro según recomendaciones IEC 184; IEC 224. [7]

Legislación y normativa vigente

Constitución Nacional

"Artículo 41: Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo."

Legislación provincia de Buenos Aires

Ley 11723 del medio ambiente

"Artículo 51: La autoridad de aplicación promoverá en materia de contaminación atmosférica producida por ruidos molestos o parásitos, su prevención y control por parte de las autoridades municipales competentes."

En el caso de la provincia de Buenos Aires existe la resolución N° 159/96 "Ruidos Molestos".

En Argentina existen dos leyes laborales que contemplan factor de ruido y la salud de las personas. La Ley N° 19.587/72, de Higiene y Seguridad en el Trabajo, con su decreto reglamentario N° 351/79, y la Ley N° 24.557/95, de Riesgos del Trabajo, que va acompañada por los decretos reglamentarios N° 170/96 y N° 333/96, la resolución N° 38/96 SRT y el laudo N° 156/96 del ministerio de trabajo y seguridad social. También existe la Resolución 85/12 de la SRT. Estas leyes protegen directa o

indirectamente al trabajador y establecen límites de exposición diaria, así como también un protocolo de medición, con la periodicidad y un instructivo de medición de nivel sonoro en ambientes laborales. Esta legislación establece qué dosis pueden recibir los trabajadores para no ver amenazada su salud. Por otra parte, manifiesta que ningún trabajador podrá estar expuesto a una dosis superior a 85 dB(A) de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, para una jornada de 8 h. y 48 h. semanales. También plantea que por encima de 115 dB(A) no se permitirá ninguna exposición sin protección ininterrumpida mientras dure la agresión sonora. Para niveles mayores de 135 dB(A) no se permitirá el trabajo ni aún con el uso obligatorio de protectores individuales.

Haciendo referencia a ruido ambiental, la Norma IRAM 4071/73, "Método de medición del ruido emitido por vehículos automotores", reproduce la recomendación ISO R 362, donde se puede visualizar, los métodos para medir el ruido emitido por el vehículo en movimiento y detenido. A esto, se lo denomina métodos como prueba dinámica y estática. La diferencia entre ambas situaciones es que con el vehículo detenido sólo se miden los ruidos del motor y del escape, mientras que con el vehículo moviéndose se agregan además los ruidos debidos a la transmisión, al efecto aerodinámico, y las deficiencias del automotor. La medición se realiza a los márgenes de la calzada a 7,50 m del vehículo y a 1,20 m, tomado en un punto trasversal al suelo, con el vehículo ingresando a la zona de medición a 50 km/h, y acelerando a fondo durante la medición. Para la prueba estática se realizan mediciones desde los costados, desde adelante y desde atrás, a una distancia de 7 m, en punto muerto y a 3/4 de la potencia máxima. A modo de complemento, esta norma establece valores máximos tentativos para las diversas categorías de vehículos.

La Norma IRAM-CETIA 9C1, en cambio, modifica considerablemente la medición estática para adaptarla a las verificaciones rápidas en la vía pública. La medición se realiza a 1 m de la salida de gases de escape, a 45° de elevación, y sin obstáculos a 2 m del punto de medición. Se indican en forma de tabla los valores preestablecidos de velocidad de giro del motor según el número de cilindros. Se deja establecido que el elemento de decisión final será la medición dinámica, que se considera más confiable.

La legislación vigente incluye además en la Ley de Tránsito y Seguridad Vial, Nº 24.449 y su decreto reglamentario Nº 779/95. En los artículos 30 y 33 de la ley se hace referencia a los requisitos para la bocina y para la emisión de ruidos, los cuales son precisados en los correspondientes artículos del Anexo 1 del decreto Nº 779/95. Con respecto a la bocina, se establece un máximo de 104 dBA, medido de acuerdo a la Norma IRAM "Determinación del Nivel Sonoro de Dispositivos de Señalización Acústica". En cuanto al nivel de los ruidos emitidos, se establece una tabla con los valores máximos en función del tipo y tamaño de vehículo. El mayor valor tolerado es de 91 dBA (para vehículos con peso máximo mayor de 12 toneladas). Además, se incluye una segunda tabla con niveles menores a

los anteriores, que regirá para toda nueva configuración (diseño) a partir del 1/1/97. Esto muestra un criterio de gradualidad en la profundización de la reducción de ruido. Las cotas de estas tablas corresponden al nivel del ruido medido en condiciones dinámicas (con el vehículo en marcha), de acuerdo con la Norma IRAM-CETIA 9C. Si la medición se realiza en forma estática (con el vehículo detenido), se admite un incremento de hasta 3 dBA, que contempla errores de medición, tolerancias de fabricación, y la degradación natural por desgaste dentro de la vida útil del sistema de escape. En este caso se utiliza la Norma IRAM-CETIA 9C1. Este Reglamento dispone que la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano sea el organismo que aprueba configuraciones de modelos de vehículos automotores, particularmente en el aspecto del nivel sonoro. Las certificaciones técnicas podrán ser delegadas en otros organismos. El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) está automáticamente habilitado para emitir los certificados pertinentes. Un elemento de prevención se incorpora en el artículo 34 de la Ley, que es reglamentado en el correspondiente artículo del Anexo 1 del decreto 779/95, el cual trata la Revisión Técnica Obligatoria periódica. En el inciso 3 de dicho artículo reglamentario se establece que para vehículos que no sean particulares la periodicidad de dicha revisión es de 12 meses. [8]

Ley 1540/04 y Decreto Reglamentario 740/07 de la Ciudad autónoma de Buenos Aires

Tiene como objetivo principal el de “prevenir, controlar y corregir la contaminación acústica que afecta tanto a la salud de las personas como al ambiente, protegiéndolos contra ruidos y vibraciones provenientes de fuentes fijas y móviles, así como regular las actuaciones específicas en materia de ruido y vibraciones en el ámbito de competencia de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.”

Esta Ley determina los niveles de presión Sonora que Fuentes Fijas (ya sean maquinas industriales, bares, boliches, autopistas y avenidas de circulación rápida, etc.) o Fuentes Móviles (todo tipo de vehículos) no deben superar para que su emisión sea tratada como que perturbantes de la zona. Estos límites se denominan Límites Máximos Permisibles (LMPs). En caso de que estas fuentes excedan estos niveles estas serán penalizadas con diferentes multas dependiendo de la gravedad del “delito”.

El Anexo III del Decreto Reglamentario 740/07 fija los límites de emisión e inmisión de ruidos, así como también los límites de vibraciones.

Por otro lado, esta Ley clasifica Áreas de Sensibilidad Acústica con el objetivo de determinar los Niveles Máximos Permisibles de emisión e inmisión según la zona de que se trate.

Actualmente la ciudad de Buenos Aires cumple con la ley 1540/04 y tienen disponible un mapa interactivo del ruido de la misma realizado a partir de bases de medición fijas que el gobierno de la ciudad instaló.

Mapa de ruido

Es una representación gráfica de los niveles de ruido que existen en una zona determinada donde se produce el propio ruido por distintas fuentes. Son útiles para determinar el grado de exposición de las personas en un determinado lugar y realizar un correcto diagnóstico del ruido ambiental, ver Ilustración 5 - Mapa de ruido Los mapas de ruido pueden representar dos formas diferentes de mediciones a través de:

Colores: con distintos puntos de un mismo tono para conocer la presión sonora.

Isófonas: que son líneas específicas unidas por medio de puntos para obtener los niveles de presión, respecto a la sonoridad que existe en el ambiente. Los mapas de ruido sirven para el planeamiento urbanístico, la definición de usos del suelo y áreas de sensibilidad acústica, así como para la evaluación del impacto acústico que producirá una actividad o infraestructura antes de su construcción o puesta en funcionamiento. También sirve para lograr medidas de aislamiento acústico necesarias si se presentan dosis que puedan dañar la salud de las personas.

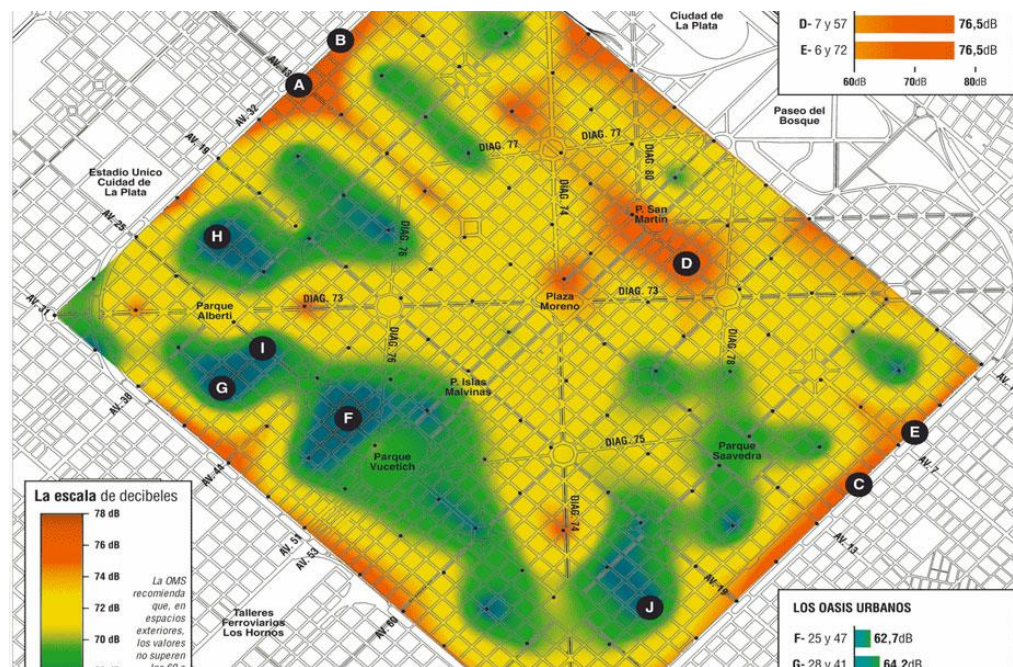


Ilustración 5 - Mapa de ruido [9]

Método para evaluación de contaminación acústica

Según Sandoval Velino Martínez de la Universidad Autónoma de Occidente hay varias formas de evaluar el ruido ambiente producido por el transporte.

En la ciudad es factible encontrar vehículos familiares o ligeros, camionetas o transportes medianos y camiones o transportes pesados. También se encuentra el transporte público de pasajeros que puede clasificarse como transporte pesado. Se puede observar que a 50 Km/h y una distancia de 15 metros, el nivel sonoro dB(A) de los vehículos ligeros llega a 62 dB(A); para los camiones medianos es de 73 dB(A) y para los camiones pesados de 89 dB(A). Pero si se incrementa la velocidad a 110 Km/h los niveles de contaminación sonora para vehículos ligeros llega a 76 dB(A), para camiones medianos a 86 dB(A) y para camiones pesados a 89 dB(A). En sus estudios se observa que el transporte público y pesado es una fuente de proporciones considerables de ruido. Este tipo de transporte es característico de la Ruta Provincial N°4. [5]

Para seleccionar un método de estudio del contaminante y de los efectos a la salud en las personas existen varios trabajos que describen distintas herramientas para evaluar la problemática:

- Una de las primeras es la Encuesta de Ruido en el Hogar (British Home Noise Survey) realizada en 1943 a 2.017 personas en 40 ciudades de Gran Bretaña, orientada a ruidos del hogar.
- Encuesta Nacional Canadiense sobre Ruido Comunitario de 1978, con 8.838 encuestados.
- Encuesta sobre Ruido Comunitario de Inglewood-California, Estados Unidos, realizada a 13.000 personas en 1969, y las Encuestas Anuales sobre Vivienda hechas por la Oficina de Censos de los Estados Unidos, realizada durante varios años (1976, 1977, 1979, 1981 y 1983). Éstas se centraron en dos preguntas sobre ruido y se extendieron a 70.000 personas de zonas geográficas estadísticamente representativas, para comprender mejor estas encuestas debemos ver los trabajos de la Organización Internacional de Normalización (ISO) expuestas en la circular del 2000 (ISO 15666) sobre encuestas acústico sociales. [5]

También se observa una postura que se basa reunir los resultados de información detallada del nivel de ruido, y poder relacionar el nexo entre dosis efecto en la salud. Aquí se observan las expresiones polinomiales de Schultz (1978), donde se define el HA^{14} (Índice de Molestia) como

el porcentaje de personas altamente molestas siendo L_{dn} el indicador de ruido día-noche. Para profundizar este estudio se debe ver enfoque de funciones dosis-respuestas.

En el estudio de Fidell, Barber y Schultz (1991), se analiza la relación entre la exposición al ruido del tránsito urbano y el porcentaje de enfermos de una determinada patología. En la mayoría de trabajos del enfoque psicológico se confirma la relación directa entre el nivel equivalente y la molestia expresada como porcentaje de personas molestas.

Un enfoque teórico es el desarrollado en los trabajos de Fidell, Schultz y Green (1988). Aquí se plantea un parámetro independiente que explica la variabilidad en la *función dosis-efecto*, entre una métrica integrada de la exposición al ruido y el predominio de la molestia. En este enfoque se supone que la dosis de exposición es consecuencia de la exposición a largo plazo, obtenida por la compresión del L_{dn} (indicador de ruido día-noche).

Indicadores descriptivos de ruido sobre transporte urbano, basados en las molestias que el ruido por tráfico urbano puede causar en las personas:

Traffic Noise Index (TNI): Un estudio realizado en Londres por Griffith y Langdon detectó mediante encuestas que las molestias percibidas tenían cierta relación con el nivel de ruido y propusieron un indicador que tuviera en cuenta los parámetros que generan molestias. Fue así como construyeron el TNI o Índice de Ruido de Tránsito, expresado por la siguiente fórmula:

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

Donde:

TNI: índice de ruido de tránsito.

L_{10} : se suele utilizar para lo que se conoce como pico de ruido.

L_{90} : se suele utilizar para lo que se conoce como ruido de fondo.

La diferencia entre L_{10} - L_{90} : es denominado como el clima de ruido.

Noise Pollution Level (NPL): Robinson (1971) propuso para Inglaterra que se analizara el hecho de que, a mayores fluctuaciones en el nivel sonoro, mayor es la molestia percibida por las personas, de esta manera propuso construir un indicador combinado por dos factores: el nivel equivalente y la desviación estándar de las muestras en el mismo periodo. El NPL o *Nivel de Contaminación por Ruido*, se define como:

$$NPLL = L_{eq} + k\sigma$$

Donde:

NPLL: nivel de contaminación del ruido.

L_{eq} : es la energía media del nivel sonoro dentro de un periodo de tiempo dado; se puede representar como $L_{eq}(A)$.

k: es una constante que se establece como un valor igual a 2.56^{19} .

σ : es la desviación estándar.

Sound Exposure Level (SEL): utiliza la cantidad total de energía del evento. El valor SEL se define como el nivel de sonido continuo durante un periodo 1 que contiene la misma energía que el evento sonoro individual completo. Utiliza tres tipos de constantes de tiempo: *Impulse*, *Fast* y *Slow*. La más empleada dentro este tipo de mediciones a nivel internacional es la rápida (*Fast*). En particular, el SEL se obtiene empleando la constante de tiempo impulsiva se denomina IEL. Así, para un evento sonoro que transcurre durante un intervalo de tiempo T, la relación entre el SEL y es:

$$SEL = L_{eq}(A) + 10 \log \left(\frac{T}{1s} \right)$$

Donde:

SEL: nivel de exposición al sonido.

L_{eq} : es la energía media del nivel sonoro dentro de un periodo de tiempo dado; se puede representar como $L_{eq}(A)$

T: es el intervalo de tiempo donde ocurre el evento sonoro.

Nivel Equivalente Máximo (NEM): cuando se habla de eventos sonoros individuales, el valor instantáneo máximo del mismo es un parámetro importante. El valor $L_{max}(A)$ debe medirse con la constante de tiempo rápida (*Fast*), ya que así se obtiene una buena correlación con la sensación de sonoridad percibida por el oído. Para sonidos impulsivos de duración extremadamente cortos, puede emplearse la constante de tiempo impulsiva y en estos casos se utiliza el filtro de ponderación C.

Nivel Equivalente Día-Tarde-Noche: En algunos países se tiene en cuenta el atardecer o anochecer (efecto evening), como es el caso de España donde de 3 a 5 de la tarde hay posibilidades de tomar una 'siesta'. Como la sensibilidad al ruido aumenta en esta franja horaria,

la regulación sobre contaminación sonora para periodos vespertinos se penaliza con 5dB. Así, el L_{dne} se calcula de la siguiente forma:

$$L_{dne} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_n+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right]$$

Nivel Equivalente-Noche: Se expresa como L_n y consiste en el valor $Leq(A)$ medido durante las horas de la noche, sin el incremento de 10dB. Se expresa como L_n y consiste en el valor $Leq(A)$ medido durante las horas de la noche, sin el incremento de 10dB.

$$L_n = Leq(A)$$

Nivel Equivalente Fin de Semana: Algunos días como el sábado, domingo y feriados, el nivel de ruido tiende a aumentar por el mayor tráfico urbano. El ruido para estos días se mide como un L_{dne} .

Nivel Promedio: para este caso solo se calcula la media aritmética de los valores instantáneos de $L_p(A)$ de la siguiente forma:

$$L_{prom}(A) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_{p_i}(A)$$

Nivel Equivalente Día-Noche: Con esta forma de evaluación L_{dn} es posible realizar un análisis de ruido a lo largo del día, pero sin perder de vista que la población es más sensible al ruido en los horarios nocturnos. No hay que dejar de tener en cuenta que los niveles de ruido disminuyen en la noche, pero la importancia para la salud de los efectos del ruido aumenta. Las condiciones para un sueño reparador deben presentarse para obtener una calidad de vida óptima.

Este método trata $Leq(A)$ para un periodo de 24 horas, con una penalización de 10dB para los niveles equivalentes medidos durante la noche para el ruido provocado por el tráfico vehicular. Se utiliza un

tiempo de análisis en periodos comprendidos entre las 22:00 y las 06:00 o entre las 23:00 y las 7:00, esto bajo el supuesto de que la gente tiene 8 horas de sueño. De esta forma, para calcular el Ldn, se obtiene un nivel equivalente para el periodo de 16 horas del día (Ld), y un nivel equivalente para la noche (Ln). A este último se le suma 10dB y luego se promedia con él por la siguiente fórmula:

$$Ldn = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{Ld}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{Ln+10}{10}} \right) \right]$$

Si durante el día medimos un nivel equivalente de 60dB(A), y durante la noche 50 dB(A) el valor de Ldn será igual a 60dB(A).

Método de Interpolación Kriging ordinario

La relación entre la interpolación ponderada y la estructura cuantitativa de la variabilidad espacial de los valores de un parámetro fue presentada originalmente en 1966 por Kriged, en la evaluación de vetas mineras y posteriormente extendido su uso a situaciones de suelos cultivados, principalmente por Webster y Burgues en 1980, Nielsen et al en 1983 y Vieira et al en 1982, todos ellos citados por Buitrago en 1995 y luego por Vasquez Polo en 2009. Los procesos geoestadísticos de interpolación utilizados son conocidos con los nombres de Kriging (interpolación simple) y Cokriging (interpolación compuesta). Con la información derivada de los semivariogramas ajustados (amplitud, umbral, varianza aleatoria), se pueden estimar valores en los sitios no muestreados utilizando el proceso de interpolación conocido como Kriging puntual, generándose diagramas de las estimaciones y errores asociados a la estimación.

El método Kriging es una técnica de interpolación, que usa la dependencia espacial que existe entre las observaciones para estimar valores de una variable en lugares no muestreados, sin sesgo y con mínima varianza. Es un procedimiento semejante al de interpolación por media móvil ponderada, excepto que aquí los pesos son determinados a partir de un análisis espacial, basado en el semivariograma experimental [10]. El Kriging engloba un conjunto de métodos de estimación, incluyendo procedimientos estacionarios (Kriging simples y ordinarios), no estacionarios (Kriging universal, funciones intrínsecas de orden k), univariados y multivariados (Co-Kriging, etc). Las formas simples de Kriging envuelven estimación de valores puntuales (Kriging puntual, siendo la técnica más utilizada en los trabajos de ciencia del suelo) o áreas (Kriging bloque) y asume que los datos muestreados son estacionarios y presentan distribución normal [11]. Co-Kriging es el procedimiento

usado cuando una variable no puede ser suficientemente muestreada (dificultades experimentales, altos costos de muestreo, etc) para proveer una precisión aceptable en la estimación. La precisión en la estimación puede ser mejorada por la utilización de la correlación espacial entre la variable poco muestreada (primaria) y otra covariable más frecuentemente muestreada [11].

Impacto del ruido en las personas

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 1986, afirmó que “la pérdida auditiva por exposición excesiva a ruido, era una de las enfermedades irreversibles más frecuentes”. Pero más allá de esto, los efectos producidos del ruido, no se limitan solamente a esto, sino que va más allá, afectando otros aspectos de los individuos.

Existen numerosos factores para lograr determinar el grado de molestia o afección, a tener en cuenta, la intensidad sonora, el tiempo de exposición; pero también, influyen por un lado las características del sonido, y por el otro, la sensibilidad individual.

Por otra parte, es necesario destacar que existe un componente más que se asocia a la subjetividad, ya que, si es vivenciado de manera negativa por una persona, podrían producirse efectos adversos para su salud.

De este modo, podemos clasificar los efectos del ruido en las personas, en dos grandes grupos: Fisiológicos y Psicológicos.

Efectos Fisiológicos del Ruido

Los efectos fisiológicos, están relacionados directamente con aquellas afecciones que impactan directamente sobre la persona. El más conocido, a consecuencia a exposición a altos niveles sonoros, es la sordera. Podemos dividir al nivel alcanzado de sordera en “de transmisión” (se ven afectados elementos del oído externo, como medio, pudiendo alcanzar una perforación de tímpano) y sordera “de percepción” (afección al nervio auditivo o elementos del oído interno).

Ahora, si se piensa en una exposición mucho más prolongada, se puede llegar a producir un conjunto considerable de alteraciones del organismo. Entre ellas se puede mencionar: alteración en funciones cardíacas y circulatorias, en la presión sanguínea, en funciones respiratorias o sistema digestivo, entre otras.

Las alteraciones, no suelen ser permanentes, el organismo se activa para poder posicionarse frente a situaciones concretas de estrés ambiental. Para comprender más sobre este tipo de impacto, se cita al modelo de Seleye¹, donde en el año 1956, explica en el denominado "Síndrome de Adaptación General", cómo las exposiciones repetidas y prolongadas pueden acabar con la negociación entre el organismo y su resistencia frente a ello, provocando atrofiaciones más severas del nervio auditivo.

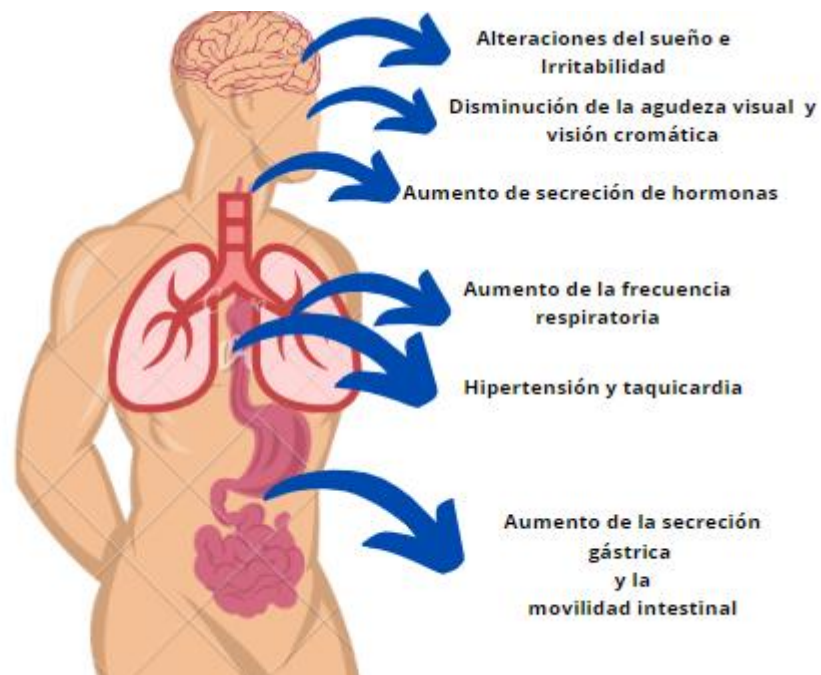


Ilustración 6 - Afecciones a los diversos órganos

Fuente: elaboración propia

Continuando con las afecciones fisiológicas que pueden afectar a los seres humanos, se lista la afección y una breve descripción de ella, la cual impacta directamente en el individuo.

Molestias Generales: el ruido urbano es la principal causa de molestias generales en las personas. Es un ruido de carácter indeseado, que puede perturbar a las personas generando una sensación de estrés y frustración por la imposibilidad de anular esa fuente de ruido.

Alteraciones del Sueño: los primeros indicadores de la alteración del sueño, tienen que ver con la dificultad de concebir el sueño, alteraciones en las fases del mismo, despertares repentinos por la

¹ Hans Selye profesor e investigador, considerado el "padre del estrés", que lo definió como "la respuesta no específica del organismo a toda demanda que se le haga".

noche, alteraciones cardíacas o respiratorias, entre otros factores. Esto puede deberse a los diversos eventos sonoros a los que los individuos se encuentran expuestos, relacionados con los parámetros de ruidos de fondo y el número de eventos producidos.

Si los efectos son prolongados, no solo durante un periodo de descanso, sino en reiteradas situaciones, puede generar cansancio, mal humor y malestar general.

Efectos Psicológicos del Ruido

La emisión sonora, en altos niveles, pueden provocar trastornos en la salud mental, como cefaleas, inestabilidad emocional, pérdida de concentración, ansiedad, y en casos más extremos agresividad. Es importante resaltar que los factores psicológicos y sus afecciones se relacionan directamente con la actitud de la persona frente al ruido. Si la actitud del individuo es negativa, dicha situación será concebida como estresante o molesta.

En cuanto a los efectos Psicológicos del Ruido, puede mencionarse:

Efectos Psicofisiológicos: Los efectos del ruido, en la salud mental, también influyen en el desempeño y productividad de las personas, sobre todo en tareas que requieren de concentración.

Barreras en Comunicación: las interferencias de comunicación, generadas por ruidos externos, ya sea en la calle o en el ámbito laboral o de estudio, genera interrupciones, impidiendo el normal desempeño y concentración de las personas.

En cuanto a interferencias internas, los diálogos interiores se ven afectados cuando los niveles de ruido, supera los 45 o 50 dB, las personas comienzan a forzar su voz para ser escuchadas y comprendidas.

Desde ya que, si el ruido es una afección frecuente, según el ámbito en el que se desarrolle, es necesario destacar que los más afectados son aquellos con problemas auditivos (ancianos y niños en proceso de aprendizaje de lecto-escritura).

Calidad de Vida: Lo mencionado con anterioridad, contribuye a un deterioro en la calidad de vida general.

Gestión del Ruido según la Organización Mundial de la Salud

Es posible llevar adelante una correcta gestión del ruido teniendo ciertas recomendaciones. La OMS (Organización Mundial de la salud), fija el nivel máximo saludable en 60 dbA. Clasifica, además, por un lado los niveles permitidos dentro de una vivienda, que no deberían superar los 50 dbA, mientras que si se refiere a una exposición continuada en el lugar de trabajo, en niveles de 90dbA, seguramente, se llegará a una indefectible pérdida de la audición. Algunas estrategias que pueden tenerse en cuenta para la gestión del ruido serían: medidas de carácter legislativo, medidas orientadas hacia las fuentes del ruido y medidas de protección contra el ruido.

Ruta Provincial N°4 (Camino de Cintura)

La ruta Provincial N°4 es una avenida interurbana de dos carriles de la Provincia de Buenos Aires, la cual es mayormente conocida como Camino de Cintura. Es el segundo anillo de circunvalación de la Ciudad de Buenos Aires luego de la Avenida General Paz, que marca el límite entre la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires.

Este corredor es de gran importancia pues es transitado diariamente por un importante volumen de tránsito conformado tanto por vehículos livianos como pesados.



Ilustración 7 - Ruta Provincial N°4 [12]

Finalmente, se optó por utilizar el método Nivel equivalente día - noche siguiendo los lineamientos del protocolo para trazado de mapas de ruido creado por el investigador Gabriel E. Viro [13] del laboratorio de acústica y electroacústica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y la técnica establecida por el Dr. Ing. Rodriguez Leandro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora para la confección de mapas con datos que presentan distribución espacial a través de la aplicación de la técnica Kriging Ordinario.

Marco empírico

A través esta investigación se lleva adelante un estudio de la distribución espacial de niveles sonoros de carácter experimental y de campo buscando conocer su influencia en la contaminación acústica y la salud de la población.

El proyecto se desarrolla en la República Argentina, provincia de Buenos Aires, a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4 en los partidos de Lomas de Zamora y Almirante Brown.

Todos los datos adquiridos son procesados y analizados para obtener información base que permita relacionarlos con la salud de la población y con la normativa vigente.

Finalmente se creará un mapa de distribución espacial de niveles sonoros de la zona de influencia a través de la utilización de técnicas geoestadísticas. Esto permitirá conocer la contaminación acústica de este sector de los partidos de Almirante Brown y Lomas de Zamora contribuyendo a la toma de decisiones sobre las actividades a desarrollar en distintos sectores de ambos partidos.

Objetivo general

Determinar la zona de influencia de la contaminación acústica y el efecto del ruido producido por los vehículos que circulan en Ruta Provincial N°4 en la salud de los vecinos de los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría.

Objetivos específicos

- Determinar el alcance del ruido producido por la Ruta Provincial N°4.
- Determinar los lugares de muestreo.
- Identificar mediante la elaboración de mapas temáticos, la distribución espacial de nivel sonoro de un sector de la Ruta Provincial N°4.
- Contribuir al conocimiento que se tiene del contaminante ruido.
- Establecer una metodología para el tratamiento de los datos que presentan distribución espacial de nivel sonoro.
- Generar nuevos parámetros para futuras construcciones viales.
- Identificar como se relaciona el contaminante ruido con la vida cotidiana de las personas que viven en las cercanías de la ruta.

VARIABLES

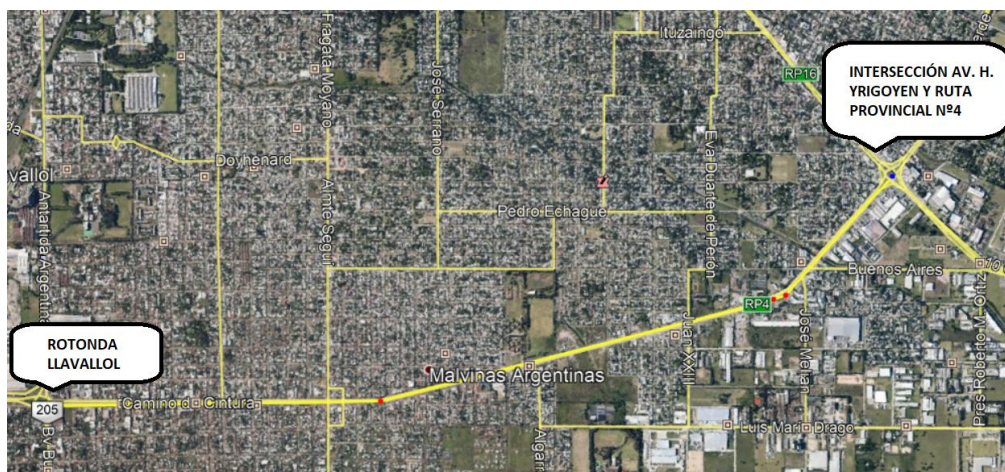
- Coordenadas de los puntos de medición.
- Nivel de Presión Sonora Equivalente (Leq) dB (A) día.
- Nivel de Presión Sonora Equivalente (Leq) dB (A) Noche.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

"Las personas que viven en zonas expuestas al ruido generado por el tránsito son más propensas a sufrir alteraciones de su vida cotidiana".

MUESTRA

Las mediciones de ruido fueron recolectadas a lo largo de la traza de Ruta Provincial N°4 (Camino de Cintura) desde la rotonda de Llavallol, intersección con Av. Antártida Argentina hasta la intersección de Ruta Provincial N°4 y la Av. Hipólito Yrigoyen. En la misma zona se realizaron encuestas a las personas que viven en dicho lugar para evaluar cómo percibe el contaminante ruido y evaluar si repercute en su vida cotidiana.



[14]Fuente: Elaboración Propia

Datos geográficos de los partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría

El Partido de Esteban Echeverría fue creado el 9 de Abril de 1913. Actualmente, comprende cinco localidades: Monte Grande, Luis Guillón, 9 de Abril, El Jagüel y Canning. Se encuentra ubicado en el extremo sudeste del Gran Buenos Aires, a solo 28 kilómetros de la Capital Federal, con excelentes vías de acceso y medios de transporte. Con un pasado agro-ganadero, tuvo un importante crecimiento de la mano del ferrocarril del sud y las posteriores olas inmigratorias, hasta convertirse en un centro urbano, comercial e industrial de gran importancia. [14]

El partido de Lomas de Zamora limita al norte con Ingeniero Budge y Villa Albertina, siendo divisoria las calles Urunday e Intendente Felipe Castro. Al noreste con Banfield y Villa Centenario, siendo divisoria en ambos casos las calles Las Heras/Gallo. Al este también con Banfield, siendo divisoria las calles Presidente Quintana, Pedernera y Belisario Roldán. Al sur con Temperley y Llavallol, siendo en ambos casos divisoria la calle Avenida Garibaldi. Al oeste limita con el partido de Esteban Echeverría, siendo divisoria la Ruta Provincial 4 o Camino de Cintura. Es el segundo distrito más poblado de la zona del conurbano bonaerense, después de La Matanza. [15]

El partido de Almirante Brown, está constituido por tierras denominadas llanos, carentes de formaciones elevadas notorias. Pertenece al área de la Pampa Ondulada. Sus tierras son aptas para el cultivo agrícola y la cría de ganado. El suelo, es rico en minerales y en materia orgánica, y las napas se encuentran a poca distancia de la superficie, lo que facilita la extracción de agua. Está surcado por los arroyos Del Rey, San Francisco, Las Piedras y Las Perdices. [16]

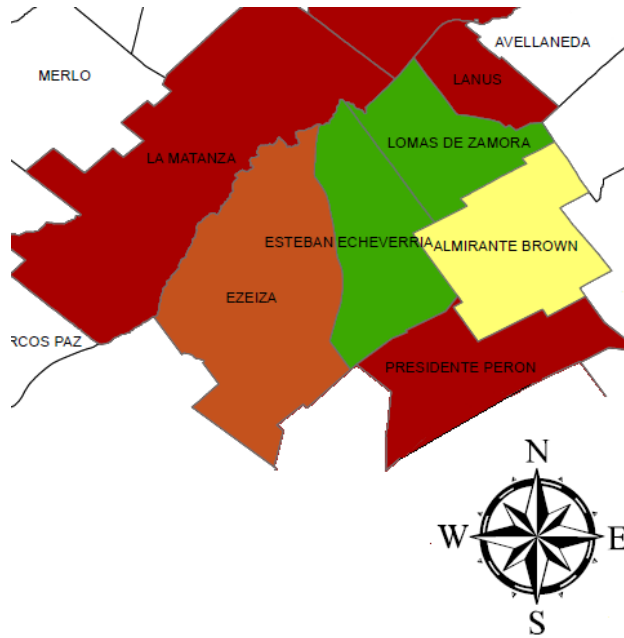


Ilustración 8 - Partidos de Lomas de Zamora y Almirante Brown
Fuente: Elaboración Propia

Instrumentos de medición y técnicas

Sonómetro Quest 2800

El equipo utilizado para este estudio es un sonómetro digital marca Quest última generación modelo 2800 con analizador en tercios de bandas de octava tipo 2, número de Serie: HS31100041.



Ilustración 9 – Sonómetro Quest 2800
Fuente: Elaboración propia

Algunas de las características que este sonómetro presenta se destacan: Lectura en tiempo real, Micrófono de ½ pulgada, Diseño acorde a la norma IEC 61260 ASNI S 1.11 para medidores de nivel de ruido que cumple con los requisitos de la American National Standards Specification for Sound Level Meters Clase Type 2, Rango de lectura 30 – 140 dB, Nivel equivalente de presión sonora con ponderación frecuencial A, respuesta lenta directa (500 mseg), resolución 0.1 dB. También para C y Z. Está dotado de un pistófono o calibrador externo para 114 dB (A) 1000hz, Pantalla antiviento, Trípode para su montaje, RS 232 interface con el computador y Software de aplicación.

GPS diferencial

Para el posicionamiento de los datos se utilizó un equipo GPS diferencial Marca Trimble, modelo PRO XRT con corrección en tiempo real provista por la firma Omnistar, logrando alcanzar precisiones menores a 30cm en la geolocalización de cada una de las muestras recolectadas. [17]



Ilustración 10 - Receptor Trimble PRO XRT
Fuente: Elaboración propia

El Trimble PRO XRT es un receptor GNSS (sistema global de navegación por satélite) flexible de alta precisión en tiempo real y post-proceso para relocalización y mantenimiento de infraestructura crítica. Soporta recepción de señal Omnistar, lo cual permite trabajar de forma independiente sin necesidad de contar con una estación base. La precisión del receptor GNSS en Argentina es de hasta 30 cm en tiempo real utilizando el servicio Omnistar XP y post-proceso. El receptor trabaja en forma conjunta con un colector de datos conectado mediante la tecnología Bluetooth o si lo prefiere, vía cable serial. [17]

Colector de datos Nomad 900G

Para el almacenamiento de los datos se utilizó un colector de datos marca Trimble, modelo NOMAD 900G. Los dispositivos de mano GPS integrados de la serie Trimble Nomad 900G son diseñados para un rendimiento superior en entornos difíciles, siendo compatibles con todas las aplicaciones de software de Trimble Mapping & GIS, y cuentan con varias configuraciones para que el usuario pueda elegir según el tipo de trabajo que requiera. [17]



Ilustración 11 - NOMAD 900G
Fuente: Elaboración propia

Este dispositivo está equipado con un receptor GPS integrado de alto rendimiento diseñado para la captura de datos productiva en condiciones GPS difíciles (como bosques frondosos o cerca de edificios altos). Los modelos de la serie Nomad 900G son ideales para aplicaciones donde la alta productividad es esencial, por ejemplo levantamientos forestales o gestión de recursos naturales [18]. Esta PDA es capaz de correr el software Terrasync para la recolección de datos, vinculándola al receptor PRO-XRT.

Terrasync

Para registrar y administrar los datos GIS dentro de la PDA se utilizó el software Terrasync. Este software es muy potente y permite registrar datos de posición y características para luego ser introducidos dentro de bases de datos GIS de forma rápida y eficaz.

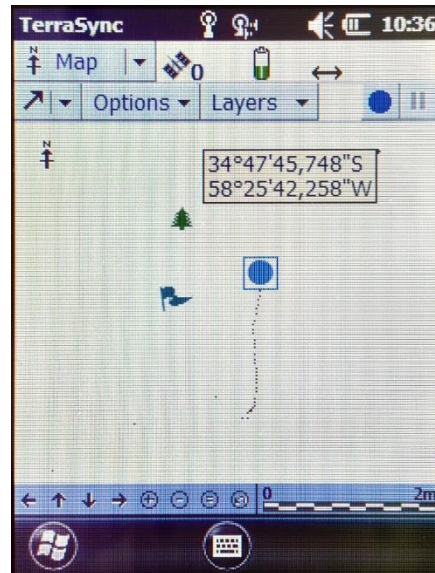


Ilustración 12 - Terrasync Profesional 5.0
Fuente: Elaboración propia

Sin importar la aplicación de campo y de la complejidad de los datos a registrar, este software permite registrar datos de alta calidad rápida y fácilmente mediante flujos de trabajos sencillos y eficientes. Además, brinda la posibilidad de incorporar diccionarios de datos ya creados en el software Trimble GPS Pathfinder Office, según los requisitos del sistema de información geográfica del usuario [19].

Trimble GPS Pathfinder Office

El software Trimble GPS Pathfinder Office es un paquete de herramientas de pos-procesamiento GNSS potente y fácil de usar que incorpora tecnología de corrección diferencial Trimble DeltaPhase diseñada para desarrollar sistemas de información SIG uniforme, confiable y precisa a partir de los datos GNSS capturados en el campo.

La capacidad del software permite generar proyectos con archivos de atributos asociados a los datos GPS digitalizados, de manera de obtener finalmente mapas en cualquier escala, sistema de coordenadas, datums y elipsoides seleccionados por usuario. Los mapas y archivos asociados pueden ser actualizables continuamente y convertidos finalmente a más de 140 GIS disponibles en el mercado, entre ellos ARC/INFO, AUTO CAD, INTERGRAPH, ERDAS, GEO/SQL, GRASS, MOSS, etc. Todos los datos pueden ser clasificados, filtrados, representados gráficamente con simbologías definidas por el usuario y ploteados. El mismo tiene vínculo directo a software de diseño y mapeo CAD [20].

El Trimble Pathfinder Office se utilizó para el armado del diccionario de campo a utilizar en la PDA y para el procesamiento inicial de los datos, brindando la posibilidad de exportarlos y poder ser tratados en ArcMap.

Un diccionario de datos consiste en una descripción de las características y atributos relevantes a un proyecto o trabajo particular, estructura la captura de datos y se utiliza para controlar la captura de características y atributos.

Un diccionario de datos le solicita al operador introducir información; también puede limitar lo que se introduce para asegurar la integridad de los datos y la compatibilidad con el sistema GIS. A pesar de que los mismos no siempre son necesarios para el trabajo de campo, hacen que la captura, actualización y el procesamiento de datos sea más fácil y rápido.

Un diccionario de datos está compuesto de los siguientes elementos:

- una lista de características a capturar en el campo;
- una lista de atributos (si los hubiere) que describen cada característica;

El mismo deberá contener todas las características para las que desea capturar información [21].

El diccionario creado para la toma de muestras, se diseñó buscando un entorno simple y amigable para el operador con el fin de agilizar los trabajos en campo. Se creó 1 característica:

CARACTERÍSTICA	ATRIBUTOS	COMENTARIOS
NIVEL SONORO	Fecha Muestra N° dB(A) Observaciones	Dentro de esta característica el técnico relevador solo tiene la posibilidad de cargar los valores de db(A) medidos. Y un campo extra de observaciones por si en la zona encuentra alguna anomalía que deba aclarar. Todos los demás campos se completan automáticamente, como ser el número de muestra, fecha y geolocalización.

Tabla 1 - Características y atributos diccionario de datos – Fuente: Elaboración propia

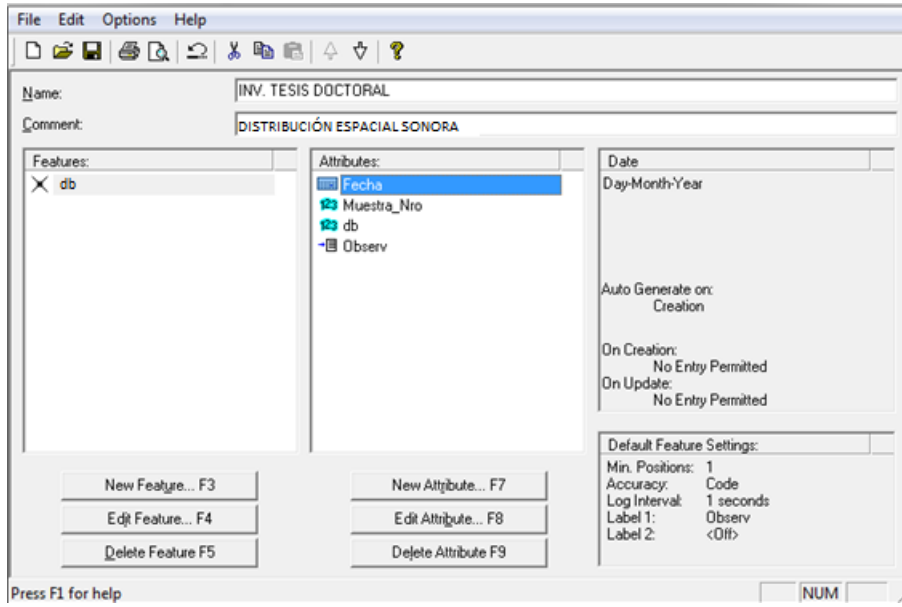


Ilustración 13 - Captura de Trimble Pathfinder Office, diseño de diccionario para relevamiento de campo

Fuente: Elaboración propia

ArcMap

ArcMap es la aplicación central utilizada en ArcGIS. ArcMap es el lugar donde visualiza y explora las bases de datos GIS del área de estudio, donde se asignan símbolos y donde se crea los diseños de los mapas para imprimir o publicar. Es la aplicación que utiliza para crear y editar base de datos. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Agrupa cientos de herramientas para realizar análisis espaciales, las cuales permiten convertir datos en información y automatizar muchas de las tareas de GIS. [17]

Encuesta

Datos personales del encuestado									
1. Nombre:									
2. Dirección:									
3. Sexo:									
4. Edad:									
De 16 a 25 años		De 26 a 35 años		De 36 a 45 años					
De 46 a 55 años		De 56 a 65 años		66 años y más					
5. Número de personas que habitan en la casa:									
Entre 1 y 2		Entre 3 y 5		Entre 6 y 8		9 y más			
6. Tiempo que vive en el barrio									
Menor a 1 año		Entre 2 y 5 años		Entre 6 y 10 años		11 años y más			
Sobre el ruido del sector									
7. ¿Cómo califica en general el ruido vehicular en general que percibe en su hogar?									
Nada		Poco molesto		Algo molesto		Bastante molesto		Muy molesto	NS / NC
8. ¿Cuál es la principal fuente de ruido vehicular?									
Tránsito general							Si	No	
Motocicletas									
Automóviles									
Camiones									
Colectivos									
Bocinas									
NS / NC									
9. ¿La contaminación sonora interfiere en su vida cotidiana?									
No interfiere		Interfiere poco		Interfiere algo					
Interfiere bastante		Interfiere mucho		NS / NC					
10. ¿Cuál es el momento del día que más molesta el ruido del tránsito vehicular?									
Mañana		Tarde		Noche					
11. ¿Qué medidas ha tomado o va a tomar para reducir el ruido?									

Ninguna				
Ventana de doble cristal				
Noche				
Persianas o cortinas				
Aislar pared, suelo, techo				
Tapones para oídos				
Pantallas acústicas				
NS / NC				
12. ¿El ruido es perjudicial para la salud?				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Desacuerdo	Totalmente desacuerdo	NS / NC
13. ¿Sufre alguna dolencia a causa del ruido?				
Si	No	Cual		
14. ¿Sabe si hay alguna ley de protección contra el ruido?				
Si	No	Cual		
Características de la vivienda				
15. Indique el tipo de material de construcción de su casa.				
Ladrillo, concreto	Adobe	Madera	Piedra apilada	Madera apilada
16. Indique el estado de conservación de su casa.				
Excelente	Buena	Regular	Malo, aceptable	Malo
17. ¿Cuánto tiempo permanece en su casa durante los días de semana?				
Menos de 6 hs	Entre 7 y 12 hs	Entre 14 y 18 hs	19 hs y más	
18. ¿Cuánto tiempo permanece en su casa durante el fin de semana?				
Menos de 6 hs	Entre 7 y 12 hs	Entre 14 y 18 hs	19 hs y más	

Tabla 2 - Encuesta percepción de contaminación sonora

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de toma de datos

Para determinar los puntos donde se efectuaron las mediciones de ruido ambiental fue necesario tener presente las características de cada área: tráfico, comercios y viviendas. Se consideró el lineamiento de la ISO 15666, cuya recomendación es que el nivel de presión sonora entre 2 puntos adyacentes de una grilla no puede diferir en más de 5 dB.

Finalmente, el criterio utilizado para la selección de los puntos de medición fue el siguiente:

"Buscar zonas representativas donde a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4 existan viviendas y pueda ser evaluada la población expuesta a la contaminación acústica, tratando de abarcar la mayor cantidad de puntos posibles a lo largo de la traza siguiendo los lineamientos de la ISO15666".

Visita y reconocimiento de los puntos de monitoreo

Para llevar a cabo la evaluación de la dispersión espacial del nivel sonoro, a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4, en los partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría, en primera instancia, se realizó el reconocimiento de las zonas que poseen mayor congestión y tráfico a través del monitoreo del mismo en Google Maps a diferentes horarios. A modo de ejemplo, se pueden observar las capturas para las 8hs, 12hs, 16hs y 22hs de un viernes, donde se pudo ver que la mayor congestión se encuentra entre las 12 y las 16hs. Luego, se realizó una visita de cada uno de los puntos considerados a ser medidos, efectuando un análisis cualitativo del problema a través de la visualización e inspección física de los sitios, llegando a reconocer la dimensión del área de estudio. En las zonas donde se tomaron mediciones, es donde fue posible la realización de la encuesta de percepción de ruido a las personas que viven en dicho lugar.

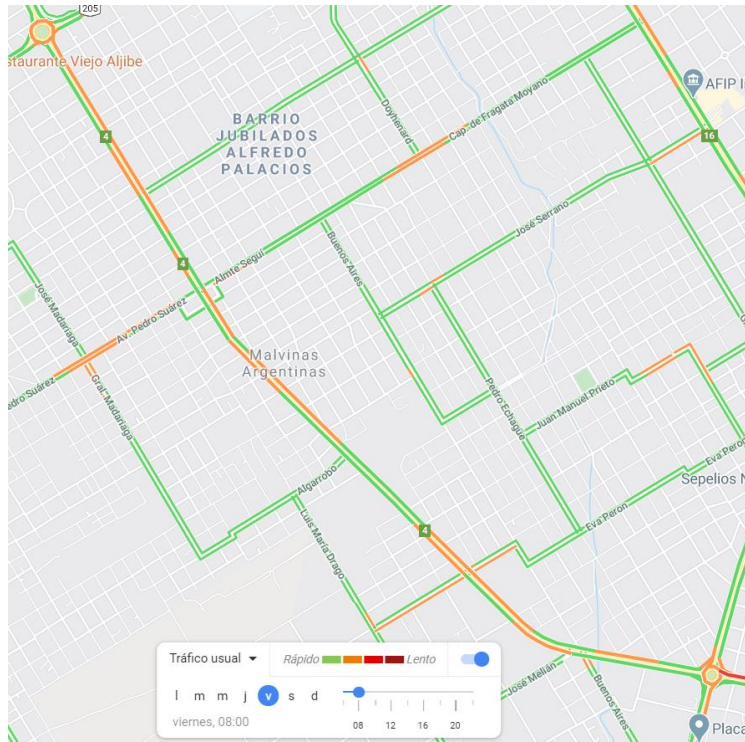


Ilustración 14 - Tráfico Ruta Provincial N°4 8hs
Fuente: Google Maps

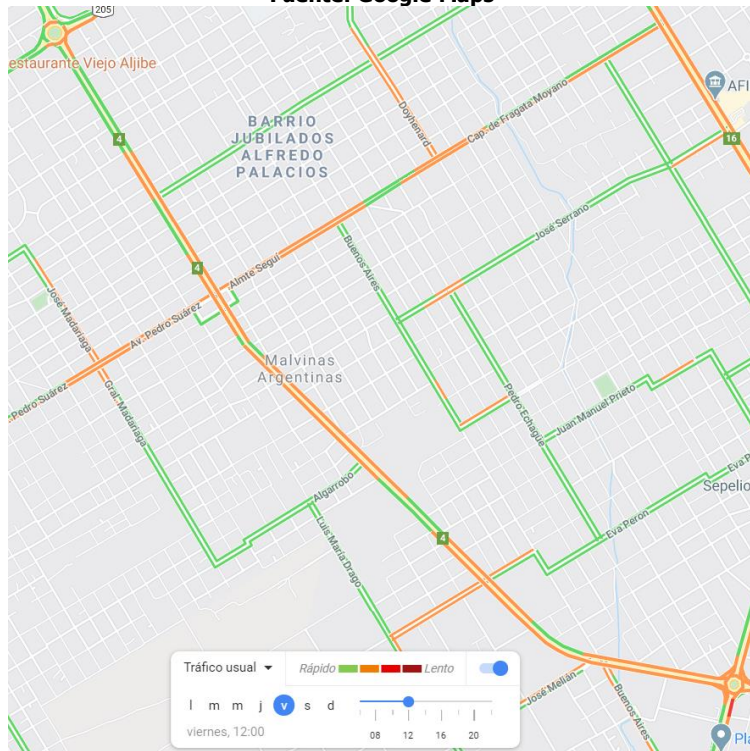


Ilustración 15 - Tráfico Ruta Provincial N°4 12hs
Fuente: Google Maps

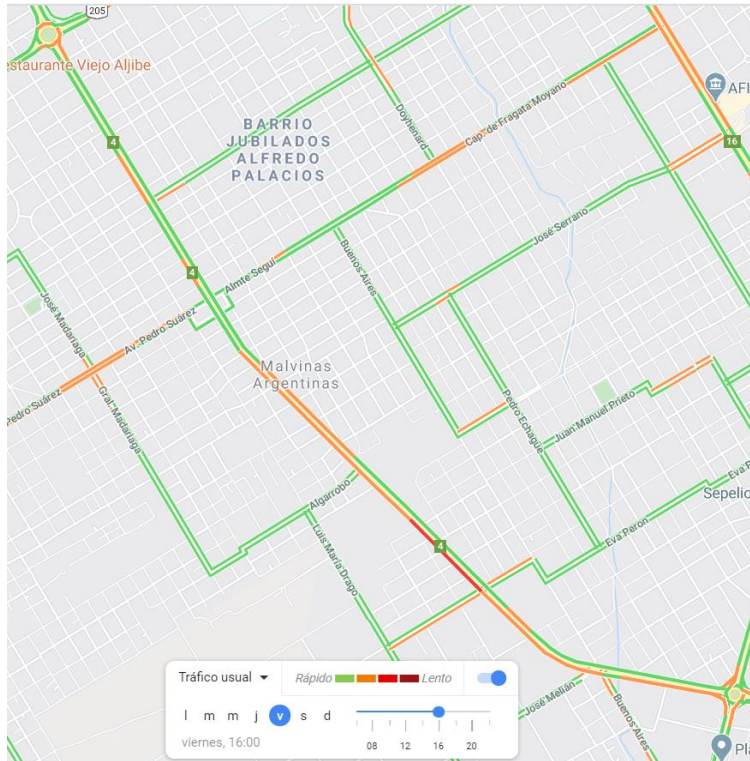


Ilustración 16 - Tráfico Ruta Provincial N°4 16hs
Fuente: Google Maps

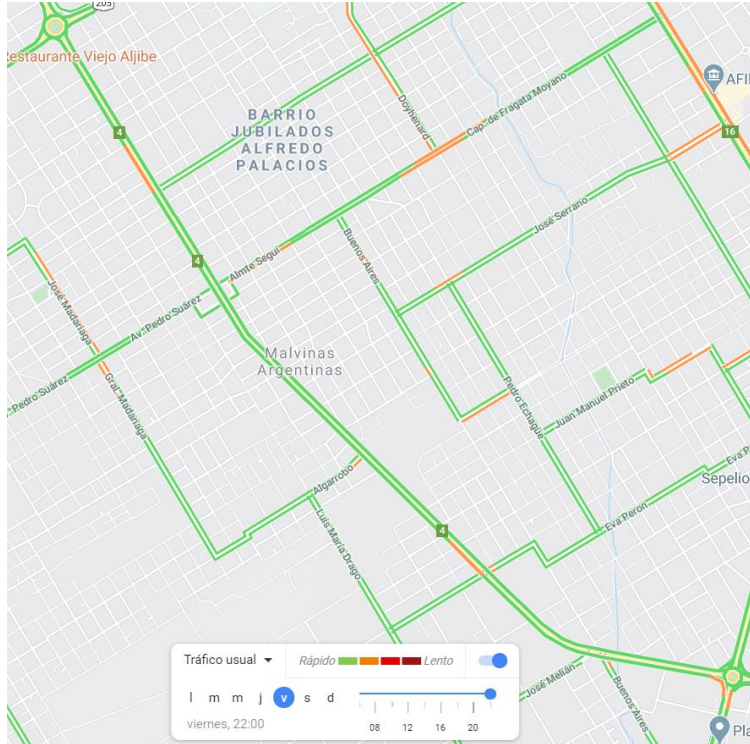


Ilustración 17 - Tráfico Ruta Provincial N°4 22hs
Fuente: Google Maps

Descripción del método

Todas las mediciones fueron realizadas siguiendo el protocolo establecido por el investigador Gabriel E. Viro. [13] y los lineamientos de la norma ISO 15666.

Como se dijo anteriormente el método seleccionado fue:

Nivel Equivalente Día-Noche: Con esta forma de evaluación Ldn es posible realizar un análisis de ruido a lo largo del día, pero sin perder de vista que la población es más sensible al ruido en los horarios nocturnos.

Este método trata Leq (A) para un periodo de 24 horas, con una penalización de 10dB para los niveles equivalentes medidos durante la noche para el ruido provocado por el tráfico vehicular. Se utiliza un tiempo de análisis en periodos comprendidos entre las 22:00 y las 06:00 o entre las 23:00 y las 7:00, esto bajo el supuesto de que la gente tiene 8 horas de sueño. De esta forma, para calcular el Ldn, se obtiene un nivel equivalente para el periodo de 16 horas del día (Ld), y un nivel equivalente para la noche (Ln). A este último se le suma 10dB y luego se promedia con él por la siguiente fórmula:

$$Ldn = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{Ld}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{Ln+10}{10}} \right) \right]$$

Si durante el día medimos un nivel equivalente de 60dB(A), y durante la noche 50 dB(A) el valor de Ldn será igual a 60dB(A).

Tiempos de medición y muestreo temporal

Lo más recomendable sería medir 24 horas por día, los 7 días de la semana, durante todo el año. Pero al no ser posible se tomaron las mediciones en los horarios más representativos y convenientes según se indicó anteriormente.

Finalmente, se siguió la recomendación del protocolo de mediciones para el trazado de mapas de ruido, el cual consiste en un muestreo típico, aplicable en la mayoría de los casos que consiste en un muestreo de 15 minutos por hora.

Para la toma de mediciones y lograr monitorear el ruido correctamente el sonómetro fue calibrado para ajustar la sensibilidad del micrófono.

El sonómetro fue colocado a 1.5m de altura, teniendo especial cuidado en respetar una distancia de 3 metros a cualquier estructura que pueda reflejar sonido.

Las mediciones se tomaron en un lapso de tiempo de 15 minutos para el ruido de tráfico habitual en cada una de las franjas horarias seleccionadas, entre las 14 y las 16 hs y a partir de las 22 hs en horario nocturno, también se registraron valores de temperatura, velocidad y dirección del viento para futuras investigaciones.

Considerando que la variación del ruido en los márgenes de la Ruta Provincial N°4 desde la intersección con la Av. Antártida Argentina, hasta la intersección con la Av. Hipólito Yrigoyen, no tiene grandes fluctuaciones se pudo seguir la recomendación de la norma ISO 15666 y respetar la diferencia de dB (A) no mayor a 5dB (A) entre puntos. En la Ilustración 18 - Puntos de muestro se pueden observar todos los lugares donde fueron realizadas mediciones.



Ilustración 18 - Puntos de muestro
Fuente: Elaboración propia

Todas las mediciones se tomaron durante los meses de marzo y abril de 2019 dedicando 15 minutos cada zona y/o punto a medir para lograr medir la mayor cantidad de puntos en la misma franja horaria. Luego en el mes de noviembre 2019, se realizaron mediciones para validar el método nuevamente. Una vez que cada una de las mediciones se efectúan, utilizando el sonómetro Quest 2800, son almacenadas en el colector de datos Trimble Nomas 900 con un posicionamiento submétrico para su posterior tratamiento en laboratorio.

Proceso de análisis de datos

Una vez que se generan los archivos *.SSF provenientes de la PDA del GPS Trimble Pro XRT se comienza a trabajar en el laboratorio con el tratamiento de los datos.

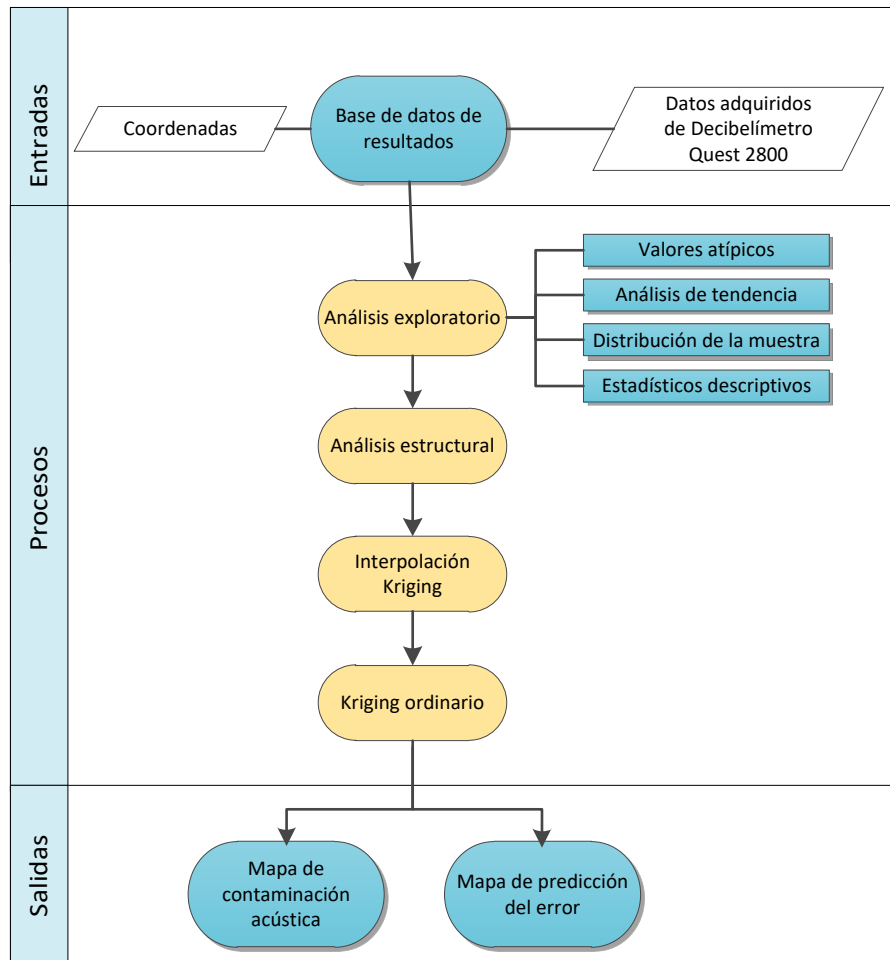


Ilustración 19 - Proceso de análisis de datos
 Fuente: Elaboración propia en base a datos de tesis doctoral del Dr. Ing. Rodríguez Leandro

En primer lugar, es necesario utilizar el software Trimble GPS Pathfinder Office para abrir el *.SSF encriptado con los datos recolectados de las mediciones. Una vez que los datos son levantados por el software es posible visualizar todas las mediciones realizadas con su ubicación geográfica, fecha y hora de recolección y todos los valores. Los datos son exportados a formato *.SHP y procesados en ArcMap.

Una vez que los datos se encuentran disponibles, se inicia el análisis exploratorio para identificar, entender y buscar tendencias en los mismos, con este análisis se logran describirlos cualitativa y cuantitativamente. Representando los datos, en figuras y diagramas buscando identificar observaciones atípicas "outliers", calcular los estadísticos descriptivos, identificar las poblaciones bajo estudio e identificar la distribución de probabilidad.

Una vez finalizado el análisis exploratorio de los datos, se procede a realizar el análisis estructural de estos mediante la técnica geoestadística Kriging Ordinario.

La herramienta empleada para realizar un análisis geoestadístico ha sido el ArcMap, con la extensión "Geoostatistical Analyst". Esta extensión provee de una variedad de herramientas para la exploración de datos espaciales, identificación de datos anómalos, predicciones óptimas, evaluación de predicciones dudosas y creación de superficies. Este módulo utiliza puntos de las muestras tomadas en diferentes localizaciones y crea una superficie continua [22].

Resultados y Discusión

Al finalizar la etapa de medición a lo largo de los 5 km de la Ruta Provincial N°4, se procedió al análisis de datos. En una primera etapa se analizaron todos los valores obtenidos de las mediciones, y en una segunda instancia, las encuestas de las personas que viven en la zona de influencia de la ruta.

Variable dB (A) día

Análisis exploratorio

Determinación de la normalidad de la muestra - dB (A) día

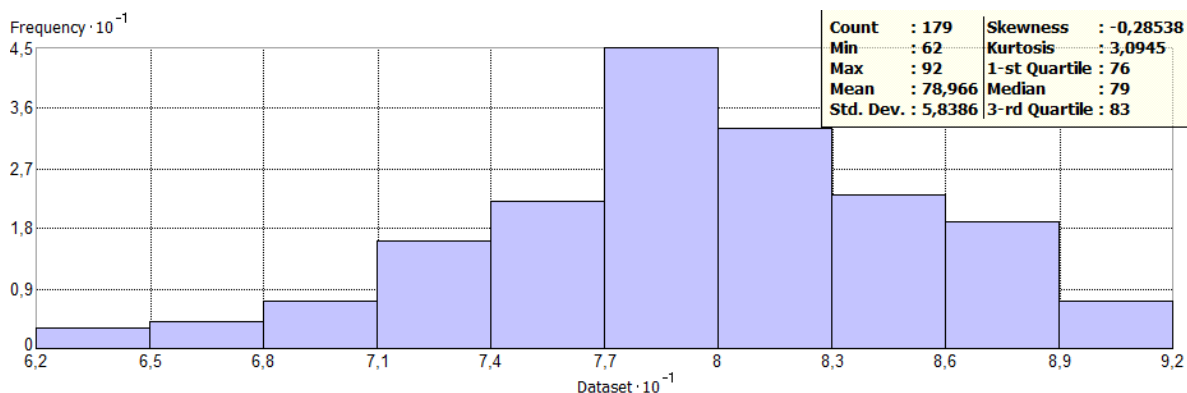


Ilustración 20 – Histograma, variable " dB (A) día"
Fuente: Elaboración propia

Las medidas de asimetría, sobre todo el coeficiente de asimetría de Fisher, junto con las medidas de apuntamiento o curtosis se utilizan para contrastar si se puede aceptar que una distribución estadística sigue la distribución normal.

Según sea el valor de CS, se puede decir que la distribución es asimétrica derecha o positiva, a izquierda o negativa, o simétrica, o sea:

Si $CS > 0$ la distribución será asimétrica positiva o a derecha (desplazada hacia la derecha).

Si $CS < 0$ la distribución será asimétrica negativa o a izquierda (desplazada hacia la izquierda).

Si $CS = 0$ la distribución puede ser simétrica; si la distribución es simétrica, entonces sí podremos afirmar que $CS = 0$.

El coeficiente de sesgo de la muestra recolectada para la variable "dB (A) día" es de -0,28

Para determinar el grado de apuntamiento que tiene la distribución se utiliza el coeficiente de curtosis de Fisher, si:

Si $K > 3$ la distribución será leptocúrtica o apuntada.

Si $K = 3$ la distribución será mesocúrtica o normal.

Si $K < 3$ la distribución será platicúrtica o menos apuntada que lo normal.

La distribución de la variable "dB (A) día" es mesocúrtica o normal.

Coeficiente de variación - dB (A) día

El coeficiente de variación de Pearson indica la relación existente entre la desviación típica de una muestra y su media. Por lo tanto, es necesario realizar la verificación de normalidad con respecto al coeficiente de variación.

Tanto la función de distribución de los datos, como la varianza son funciones de la media, la cual es altamente sensible a los valores extremos. Se debe verificar:

Si $CV < 100$ no hay problemas con los valores extremos.

Si $100 < CV \leq 200$ los efectos causados por los valores extremos de los datos son tolerables.

Si $CV > 200$ se tienen severos problemas con los valores extremos de los datos.

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right) * 100$$

$$CV_{dBAd} = \left(\frac{5,8386}{78,96}\right) * 100$$

$$CV_{dBAd} = 7.39$$

Se puede determinar que con un valor de coeficiente de variación de 7,39 los efectos causados por los valores extremos de los datos no son un problema.

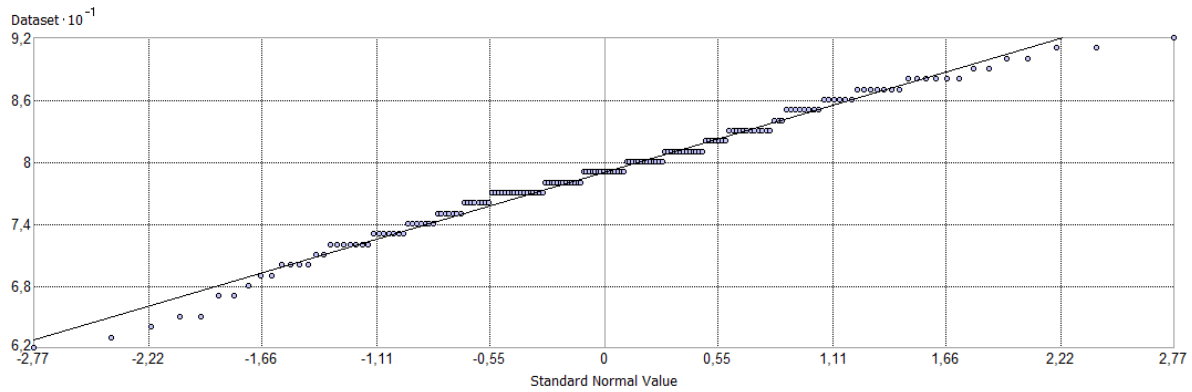


Ilustración 21 - Valor normal estándar de variable "dB (A) día"
Fuente: Elaboración propia

A través de la realización de un gráfico de tendencia, se puede determinar el grado del polinomio y la tendencia de la muestra, observando la Ilustración 22 - Gráfico de tendencia, variable "dB (A) día" en evidencia que esta muestra tiene una tendencia de segundo orden.

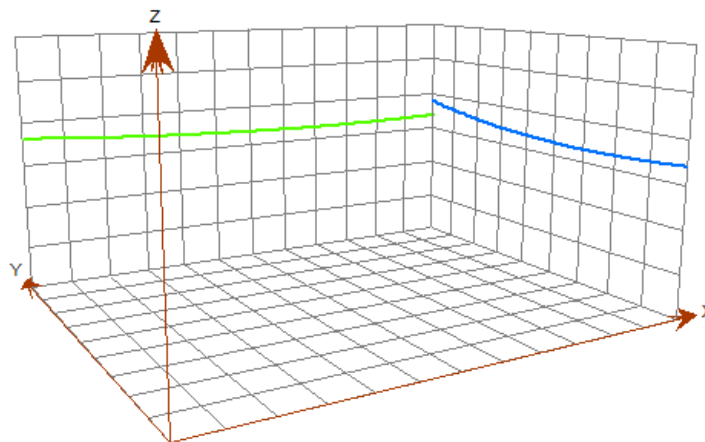


Ilustración 22 - Gráfico de tendencia, variable "dB (A) día"
Fuente: Elaboración propia

Valores atípicos – dB (A) día

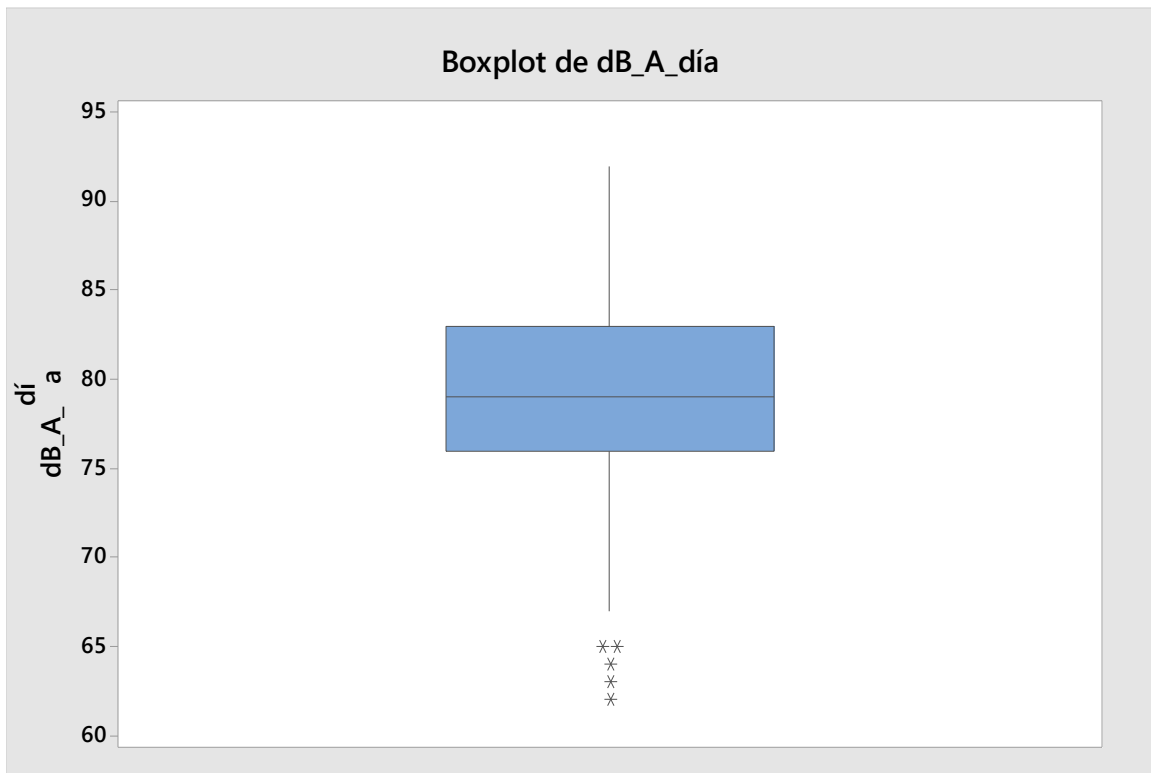


Ilustración 23 – Boxplot variable "dB (A) día"

Fuente: Elaboración propia

La utilización de un gráfico de caja permitió identificar valores atípicos (outliers) de la variable dB (A) día. Se procedió a seleccionar todos los valores atípicos por fuera del gráfico de cajas, e identificar la ubicación geográfica a la cual pertenecen tal como se observa en la Ilustración 24 - Valores atípicos dB (A) día.

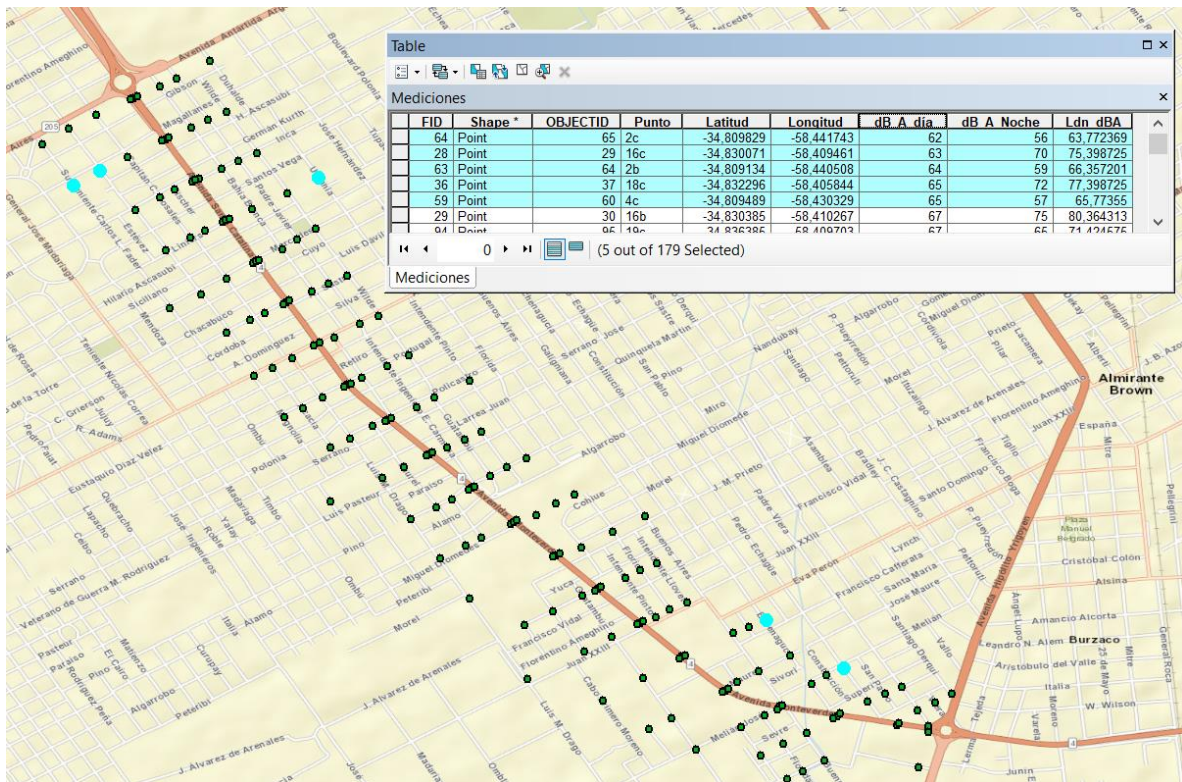


Ilustración 24 - Valores atípicos dB (A) día
Fuente: Elaboración propia

Al tener identificados todos los valores atípicos se observó que las mediciones eran correctas de acuerdo a la geografía del lugar.

Variable dB (A) Noche

Análisis exploratorio

Determinación de la normalidad de la muestra - dB (A) Noche

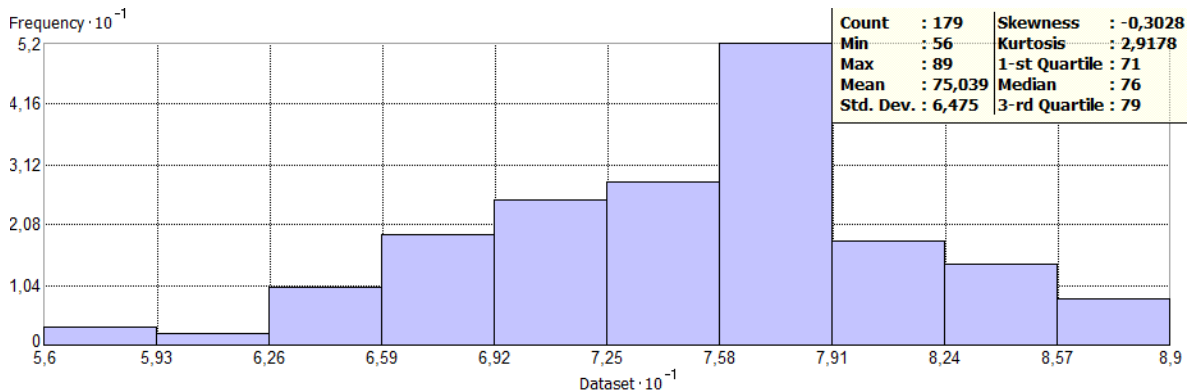


Ilustración 25 – Histograma, variable " dB (A) Noche"

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de sesgo de la muestra recolectada para la variable "dB (A) Noche" es de -0,30 y el coeficiente de curtosis de Fisher es 2,91 por lo tanto la distribución es platicúrtica o menos apuntada que lo normal y por lo tanto se la tratará como normal.

Coeficiente de variación - dB (A) Noche

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV_{dBAn} = \left(\frac{6,475}{75,039} \right) * 100$$

$$CV_{dBAn} = 8,62$$

Se puede determinar que con un valor de coeficiente de variación de 8,62 los efectos causados por los valores extremos de los datos no son un problema.

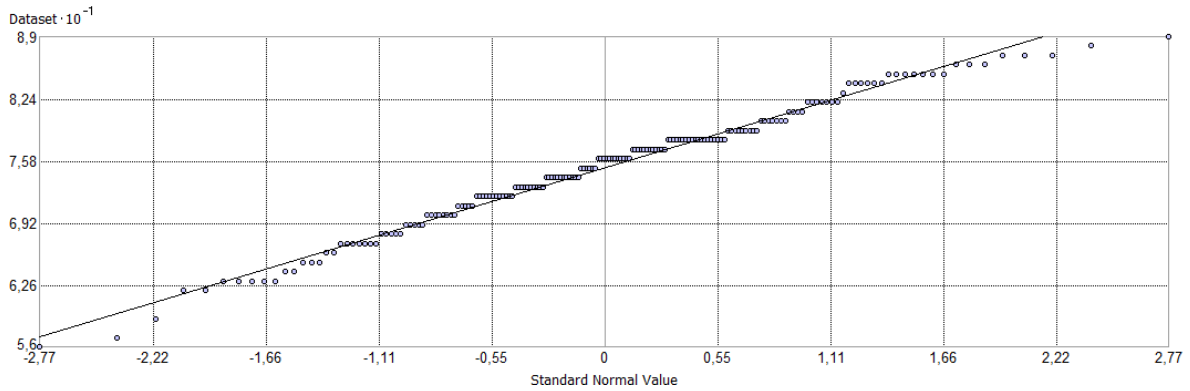


Ilustración 26 - Valor normal estándar de variable "dB (A) noche"

Fuente: Elaboración propia

A través de la realización de un gráfico de tendencia se puede determinar el grado del polinomio y la tendencia de la muestra. Observando la Ilustración 27 - Gráfico de tendencia, variable dB (A) Noche se evidencia que esta muestra tiene una tendencia de segundo orden.

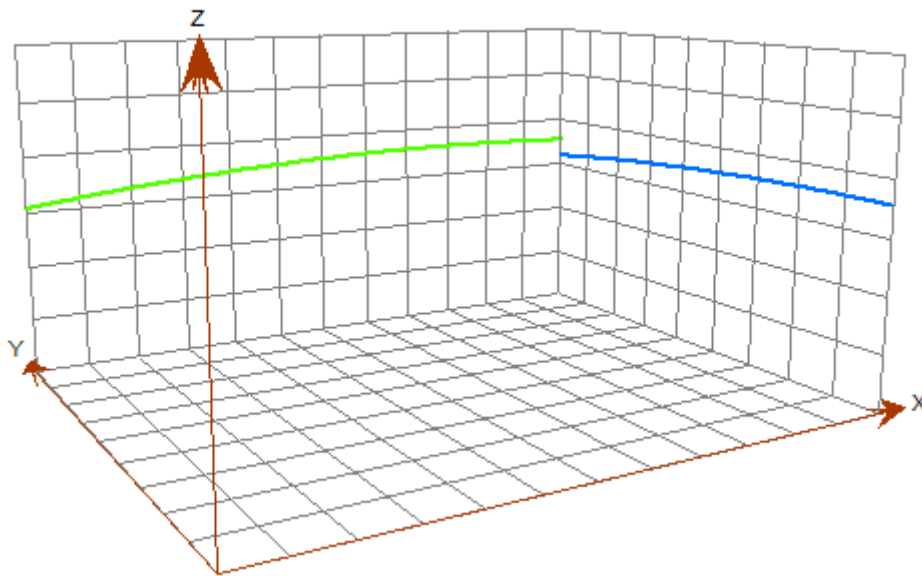


Ilustración 27 - Gráfico de tendencia, variable dB (A) Noche

Fuente: Elaboración propia

Valores atípicos - dB (A) Noche

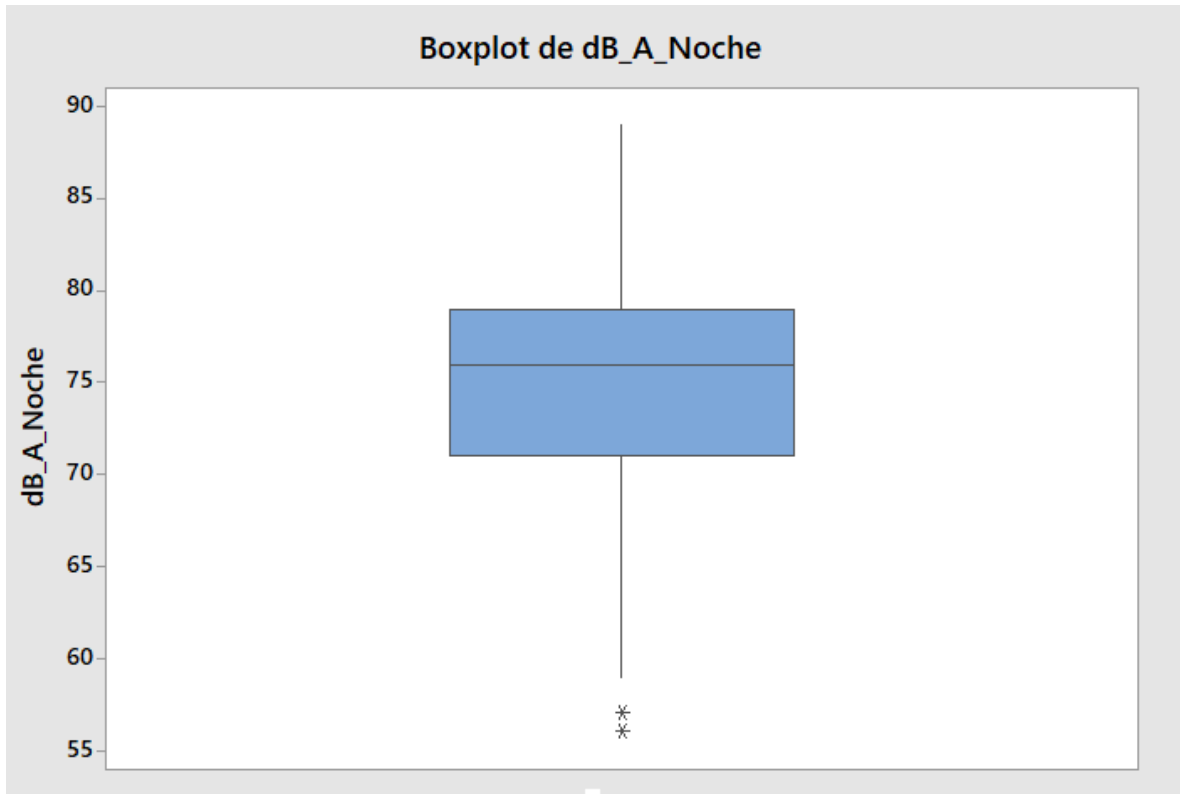


Ilustración 28 – Boxplot variable dB (A) Noche

Fuente: Elaboración propia

La utilización de un gráfico de caja permitió identificar valores atípicos (outliers) de la variable dB (A) Noche. Se procedió a seleccionar todos los valores atípicos por fuera del gráfico de cajas e identificar la ubicación geográfica a la cual pertenecen tal como se observa en la Ilustración 29 - Valores atípicos dB (A) Noche.

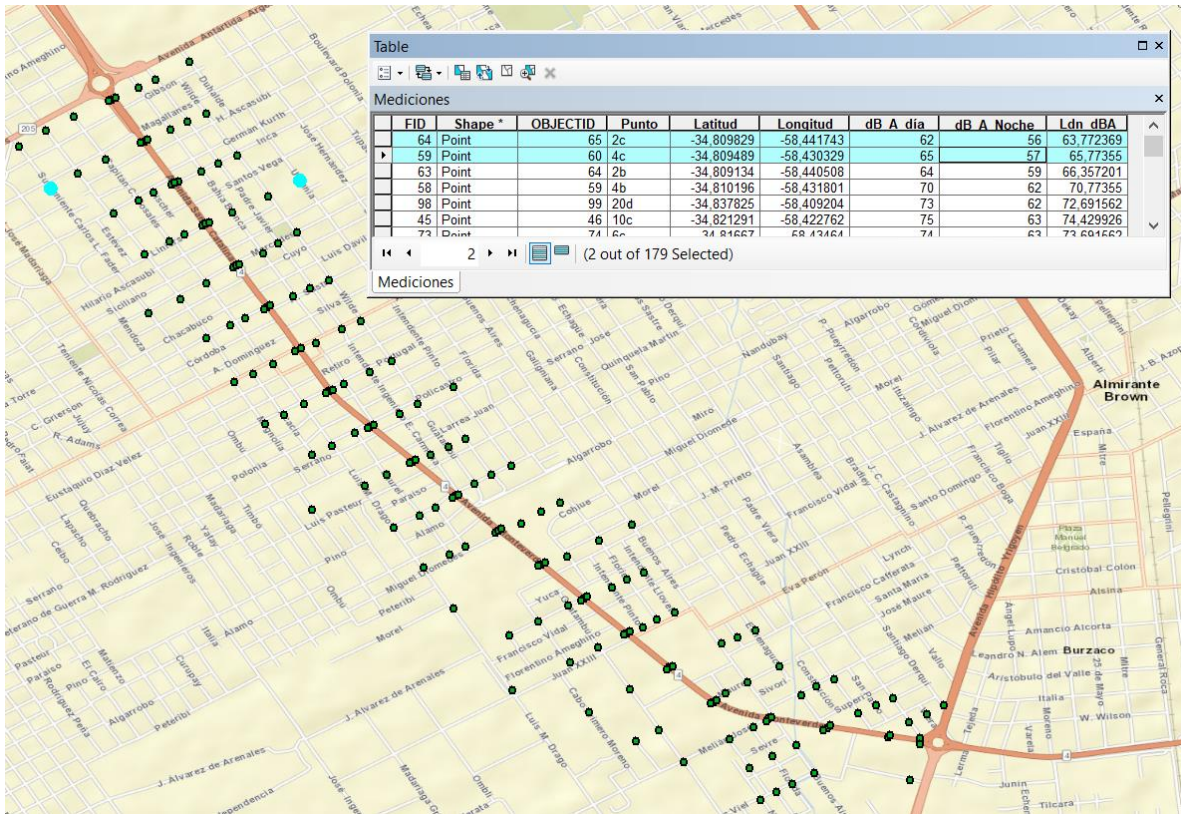


Ilustración 29 - Valores atípicos dB (A) Noche
Fuente: Elaboración propia

Al tener identificados todos los valores atípicos, se observó que las mediciones eran correctas de acuerdo a la geografía del lugar y mantienen relación con las mediciones encontradas en la variable dB (A) día para esa zona.

Variable dB (A) Día-Noche

Luego de haber realizado el análisis exploratorio de las variables medidas en campo, es momento de corroborar lo realizado estudiando el nivel equivalente día-noche en laboratorio "dB (A) Día-Noche" la cual es calculada de la siguiente manera:

$$Ldn = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{Ld}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{Ln+10}{10}} \right) \right]$$

Donde:

Ld= Nivel de presión sonora dB (A) día.

Ln= Nivel de presión sonora dB (A) Noche.

Análisis exploratorio

Determinación de la normalidad de la muestra - dB (A) Día-Noche

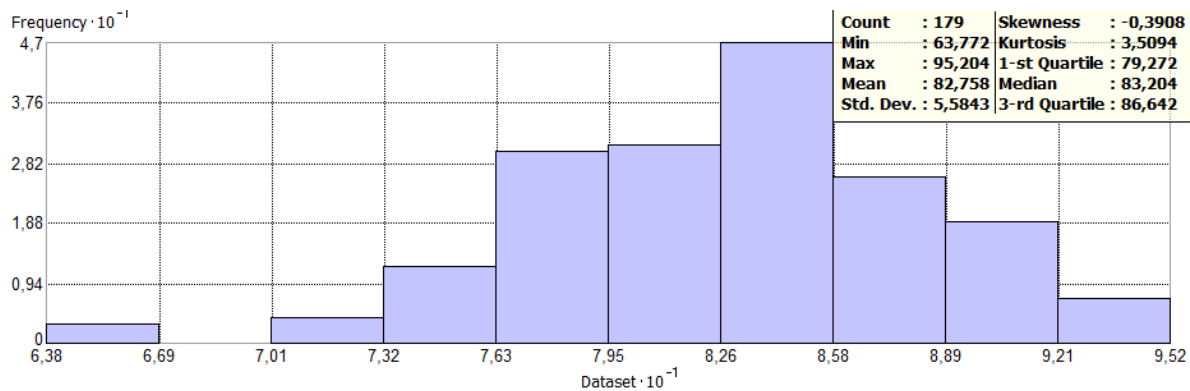


Ilustración 30 – Histograma, variable "dB (A) Día-Noche"

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de sesgo de la muestra recolectada para la variable "dB (A) Día-Noche" es de -0,39 y el coeficiente de curtosis de Fisher es 3,50 por lo tanto la distribución es leptocúrtica o apuntada y se la tratará como normal.

Coeficiente de variación - (dB (A) Día-Noche)

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV_{dBAn} = \left(\frac{5,58}{82,75} \right) * 100$$

$$CV_{dBAn} = 6,74$$

Se puede determinar que con un valor de coeficiente de variación de 6,74 los efectos causados por los valores extremos de los datos no son un problema.

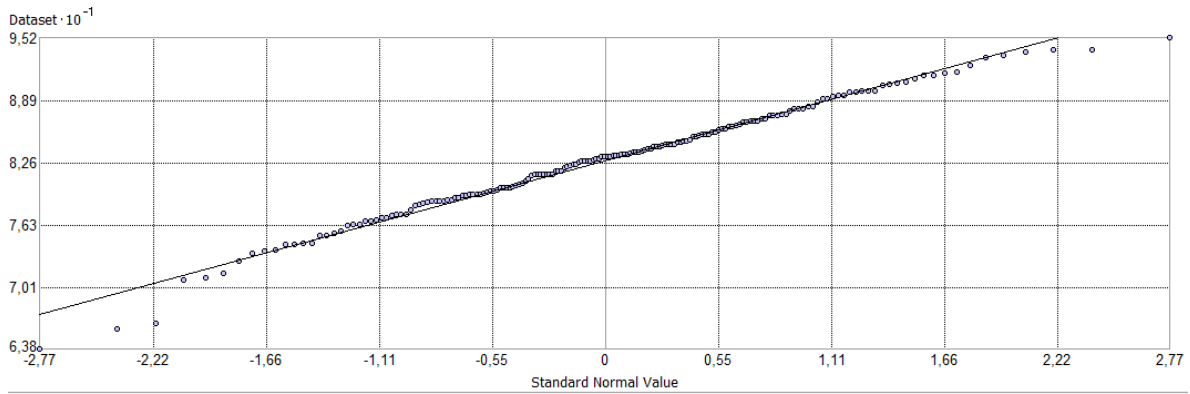


Ilustración 31 - Valor normal estándar de variable "dB (A) Día-Noche"
Fuente: Elaboración propia

A través de la realización de un gráfico de tendencia se puede determinar el grado del polinomio y la tendencia de la muestra, observando la Ilustración 32 - Gráfico de tendencia, variable " dB (A) Día-Noche " se evidencia que esta muestra tiene una tendencia de segundo orden.

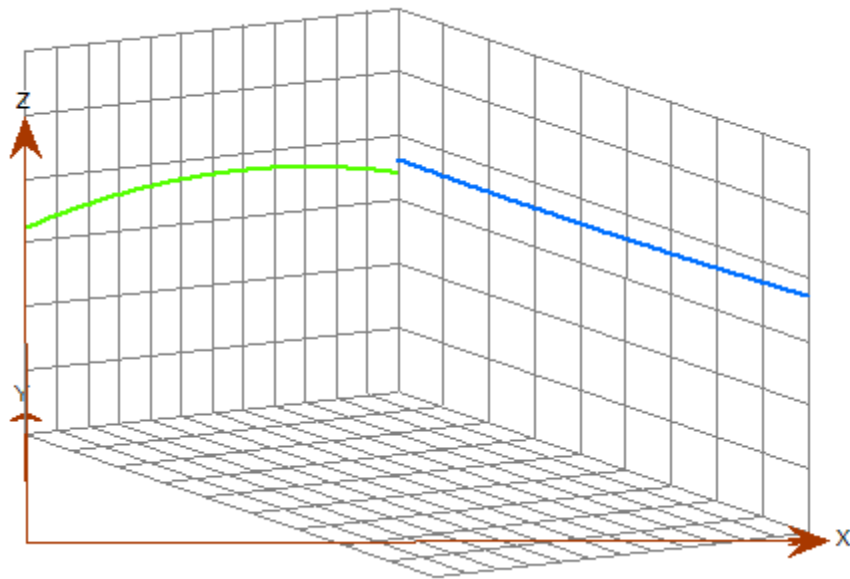


Ilustración 32 - Gráfico de tendencia, variable " dB (A) Día-Noche "
Fuente: Elaboración propia

Valores atípicos - dB (A) Día-Noche

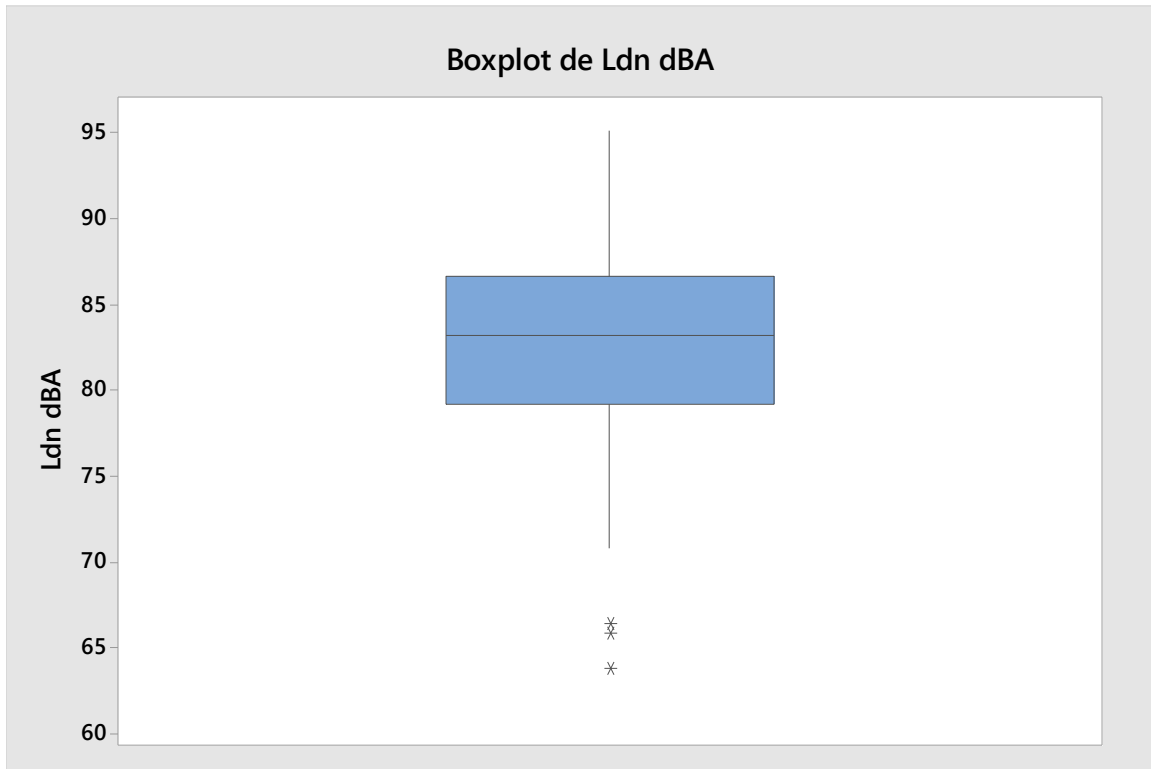


Ilustración 33 – Boxplot variable “dB (A) Día-Noche”

Fuente: Elaboración propia

La utilización de un gráfico de caja permitió identificar valores atípicos (outliers) de la variable dB (A) Día-Noche. Se procedió a seleccionar todos los valores atípicos por fuera del gráfico de cajas e identificar la ubicación geográfica a la cual pertenecen tal como se observa en la Ilustración 34 - Valores atípicos dB (A) Día-Noche

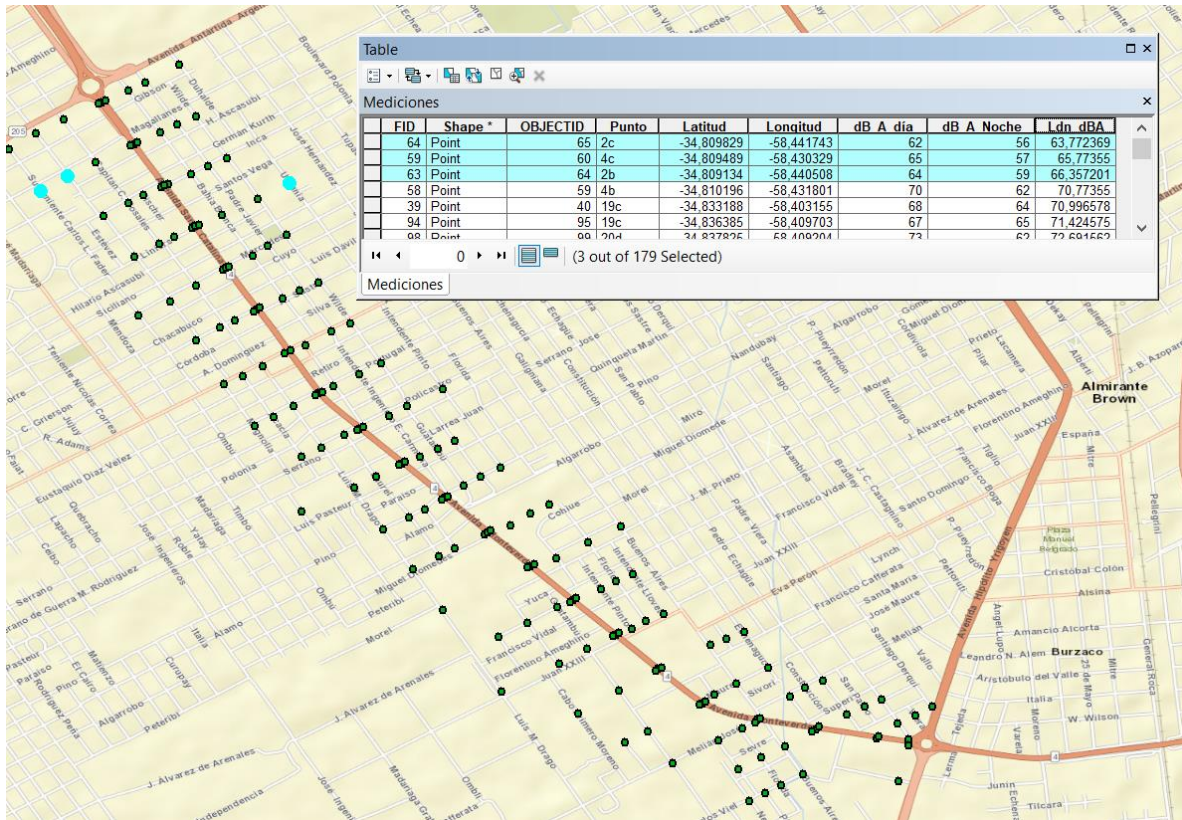


Ilustración 34 - Valores atípicos dB (A) Día-Noche

Fuente: Elaboración propia

Al tener identificados todos los valores atípicos se observó mantienen relación con las mediciones encontradas en la variable dB (A) día y la variable dB (A) Noche para esa zona.

Finalmente, para la realización del análisis estructural se utilizará únicamente el valor equivalente "dB (A) Día-Noche, con el cual se confeccionará el mapa de ruido de esta zona.

Análisis estructural de los datos - dB (A) Día-Noche

Una vez que se identificó la tendencia de los datos, la distribución de la muestra y se evaluaron los valores atípicos, el siguiente paso es el análisis estructural y realización del modelo geostadístico. Para llevarlo adelante, se utilizó el módulo Geostatistical Analyst de Arcmap. El método seleccionado para el análisis de los datos fue el Kriging Ordinario, siguiendo los lineamientos propuestos por el Dr. Ing. Rodriguez Leandro, en la confección de mapas de suelos de la provincia de Buenos Aires.

A través del Geostatistical Wizard de Arcmap se selecciona el método de interpolación a utilizar, la capa a evaluar y el campo de datos correspondiente a las mediciones de nivel equivalente día-noche.

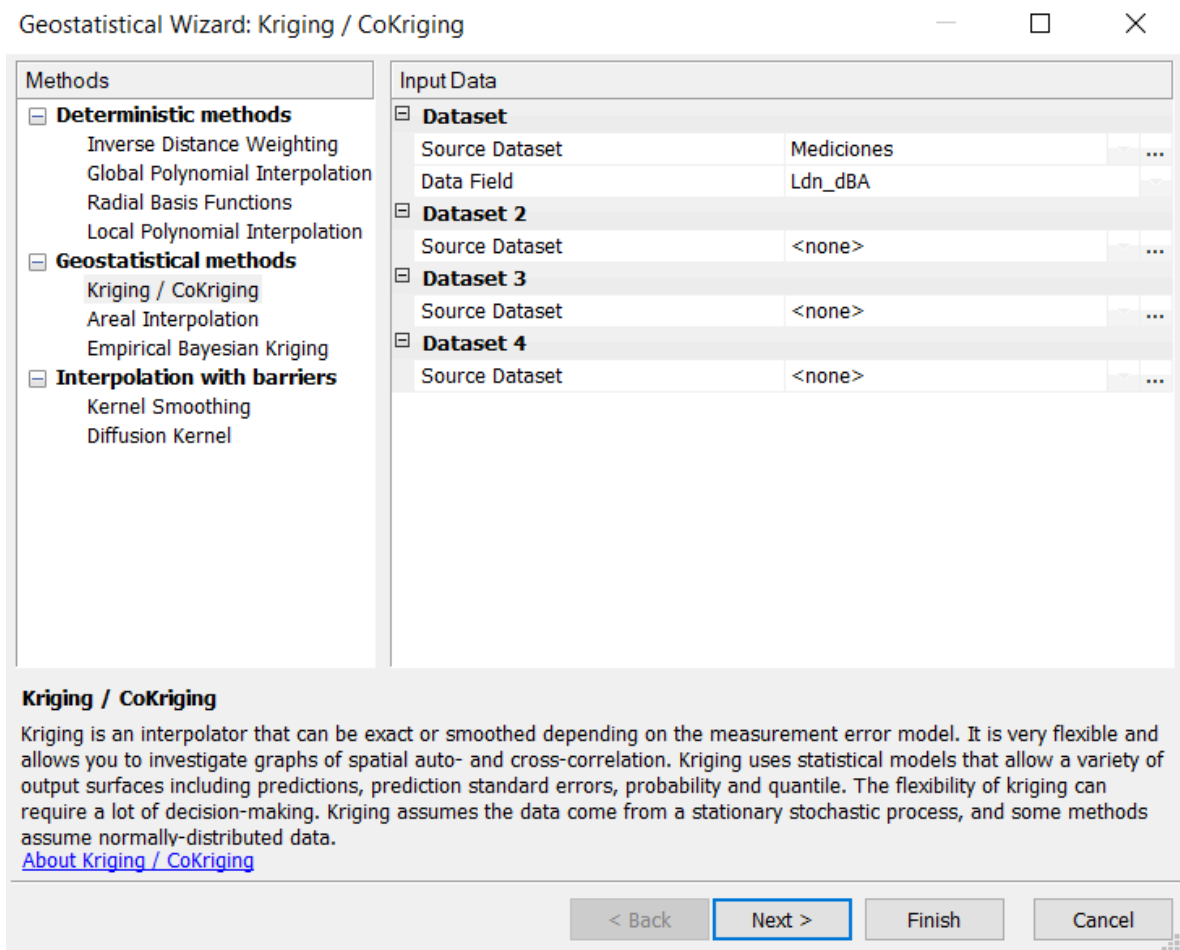


Ilustración 35 - Geostatistical Wizard: Kriging

Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionada la capa y el campo de datos a evaluar es necesario determinar el tipo de Kriging a utilizar, en este caso Kriging Ordinario, el tipo de transformada (ninguna) y el orden de la tendencia que como se vio anteriormente es de segundo orden.

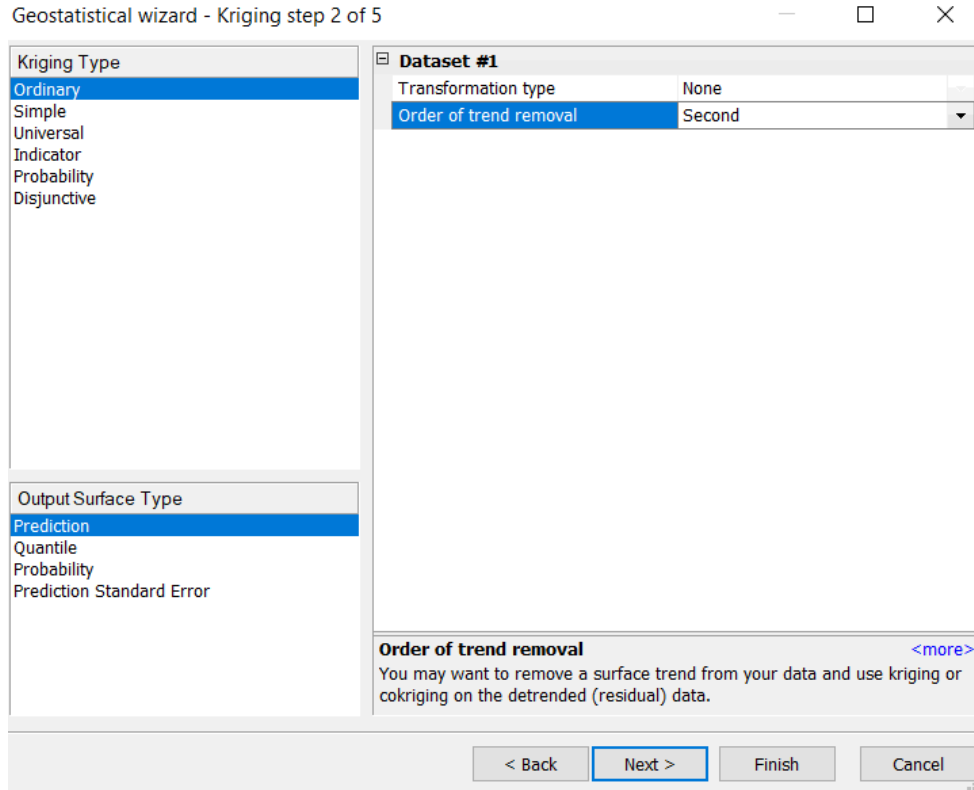


Ilustración 36 - Geostatistical Wizard: Kriging, tipo de transformación y orden de la tendencia
Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de diálogo siguiente, se afina el modelo del semivariograma a ajustar, para este análisis en particular, se seleccionó el tipo de modelo exponencial, buscando la curva que mejor se adapte al promedio de la muestra. Cada punto del semivariograma corresponde a la media de los valores de variabilidad de todos los puntos agrupados en cada pixel de la superficie de tendencia.

A fin de identificar el número apropiado de lags (segmentos), se ensayaron varios valores, identificando que un valor de 12 es un número apropiado para estos datos, pues se observó que cuando el número de lags es mayor que 12, los valores estimados se alejan de la media, y cuando el número de lags es menor que 12, se generan valores estimados que, al graficarlos, generan círculos sobre los puntos con valores conocidos. El lag size (valor promedio de distancia entre los puntos muestreados) fue determinado por el mismo software como la mejor opción.

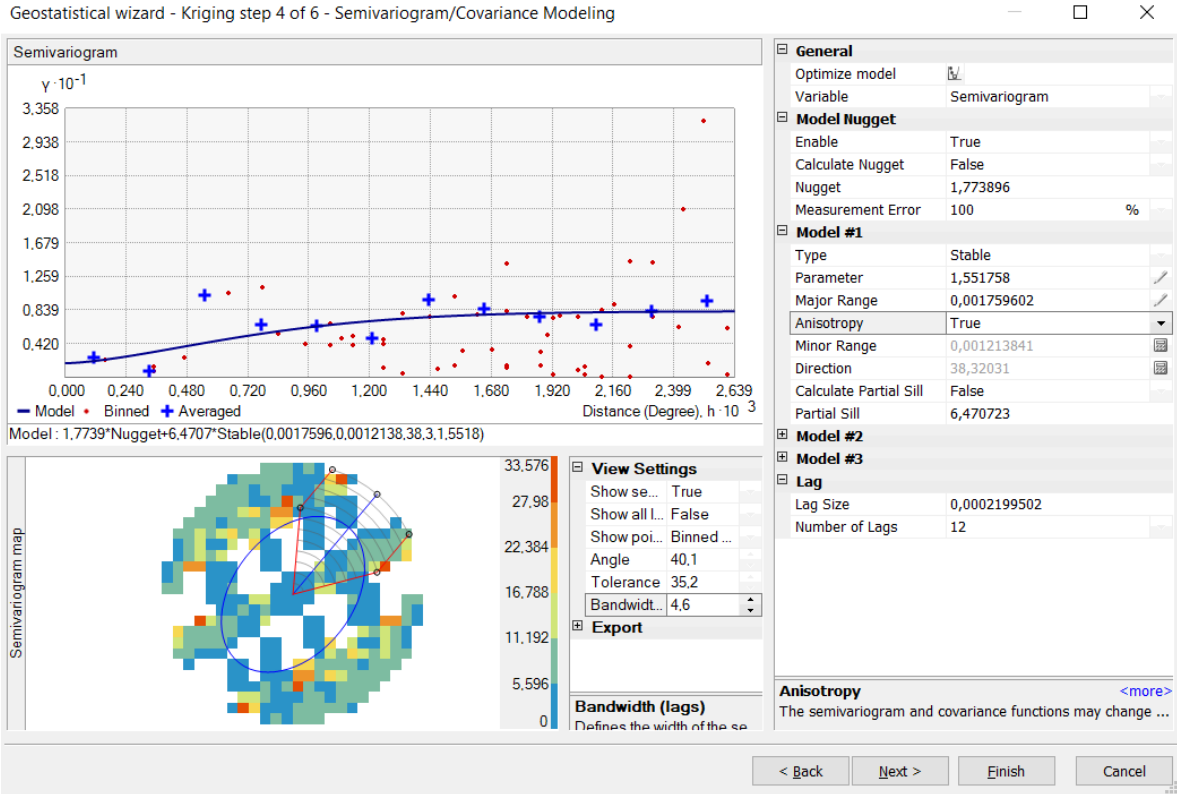


Ilustración 37 - Geostatistical Wizard: Semivariograma
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se obtiene un cálculo recomendado por el software ya corregido en función de los parámetros de anisotropía y pesos asignados para cada muestra, procesando la interpolación final con un máximo de 20 vecinos, un mínimo de 5 y 1 sector de búsqueda de muestras para interpolación.

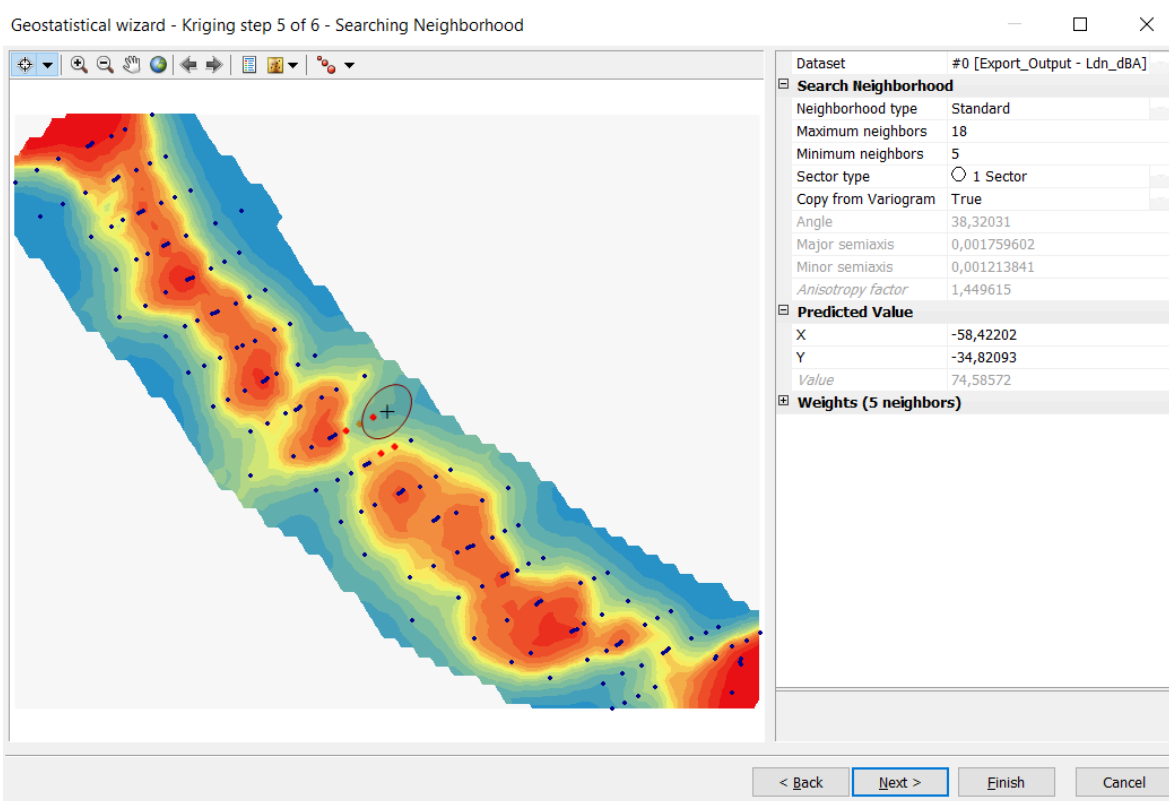


Ilustración 38 - Geostatistical Wizard: Selección de vecinos y formato de sector de búsqueda
Fuente: Elaboración propia

Muestras	179
Mean	0,08
Root-Mean-Square	3,11
Men Standardized	0,0082
Root-Mean-Square Standardized	1,11
Average Standard Error	2,69

Tabla 3 - Cálculo de error
Fuente: Elaboración propia

El software brinda la posibilidad de realizar una validación cruzada a través de un algoritmo que opera omitiendo un dato conocido, luego tomando los datos restantes estima el dato descartado y compara el valor del resultado estimado con el valor que inicialmente se tenía de él. De manera secuencial se procede con todos los demás datos. Los resultados se muestran en una gráfica en la cual la abscisa representa los datos conocidos, *Measured*, y la ordenada los datos estimados, *Predicted*.

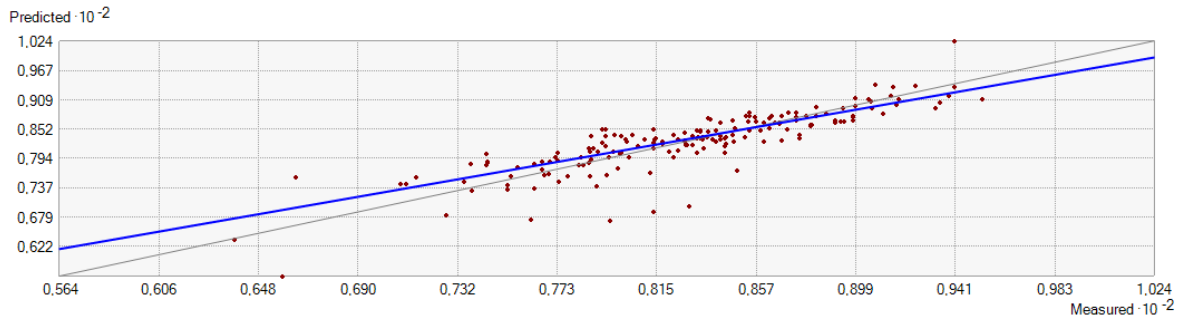


Ilustración 39 - Gráfico de valores medidos vs predicción, variable "dB (A) Día-Noche"
Fuente: Elaboración propia

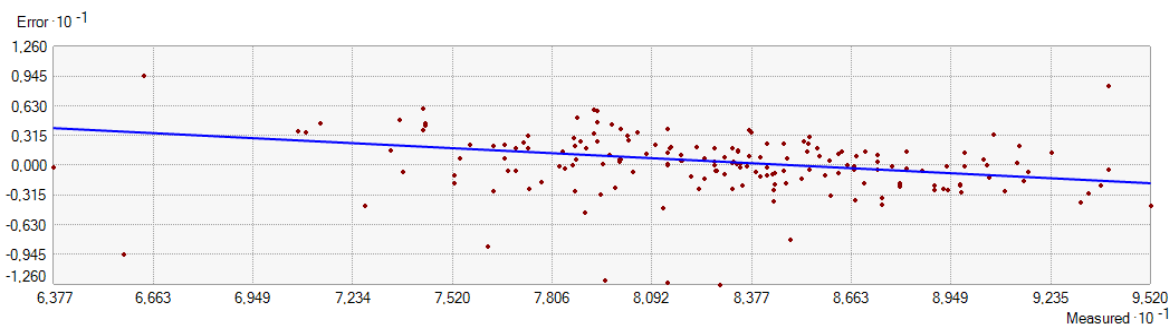


Ilustración 40 - Gráfico de valores medidos vs error, variable "dB (A) Día-Noche"
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Ilustración 39, y en la Ilustración 40, los valores predcidos por el método de interpolación Kriging ordinario en relación a los medidos son correctos demostrando la solides del método.

Por último, se presenta el mapa de ruido correspondiente a la Ruta Provincial N°4 en nivel equivalente día-noche en dB (A), interpolado por el método Kriging Ordinario.

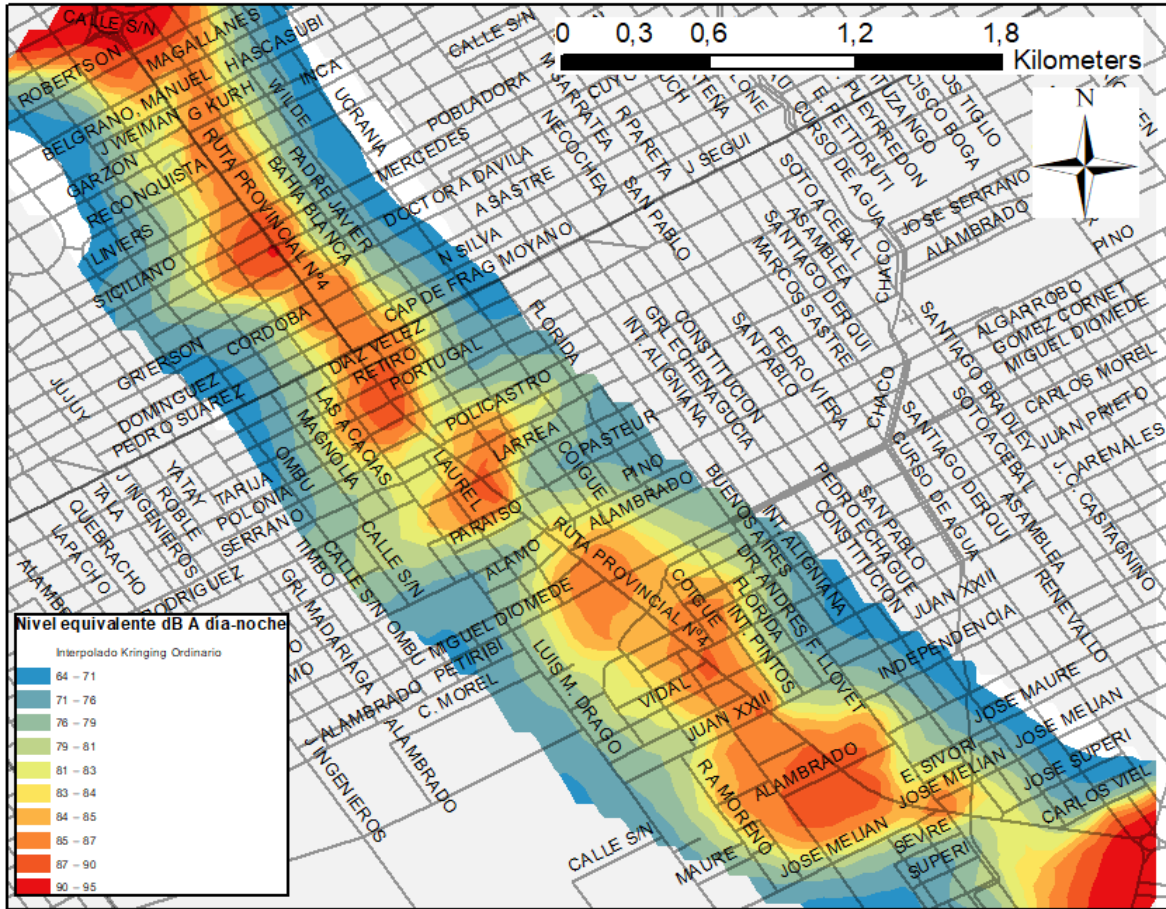


Ilustración 41 - Mapa de ruido Nivel equivalente dB (A) Día Noche

Fuente: Elaboración propia

A su vez es presentado el mapa de estimación de error correspondiente a la variable "nivel equivalente dB (A) día-noche".

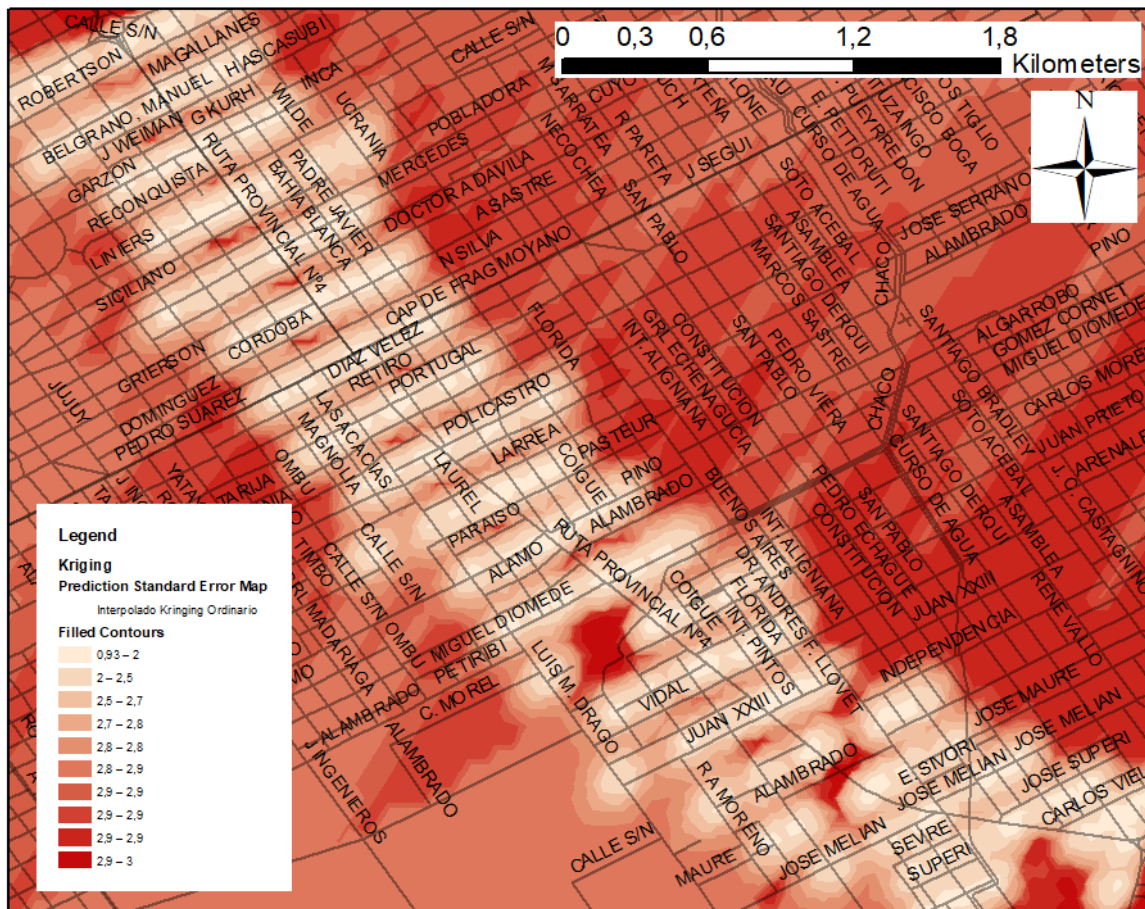


Ilustración 42 - Predicción del error de nivel equivalente día noche

Fuente: Elaboración propia

Validación del método

Muestra piloto para la validación del mapa de ruido

Una vez creado el mapa de ruido se tomaron mediciones aleatorias a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4 respetando las condiciones originales para contrastar y validar el método.

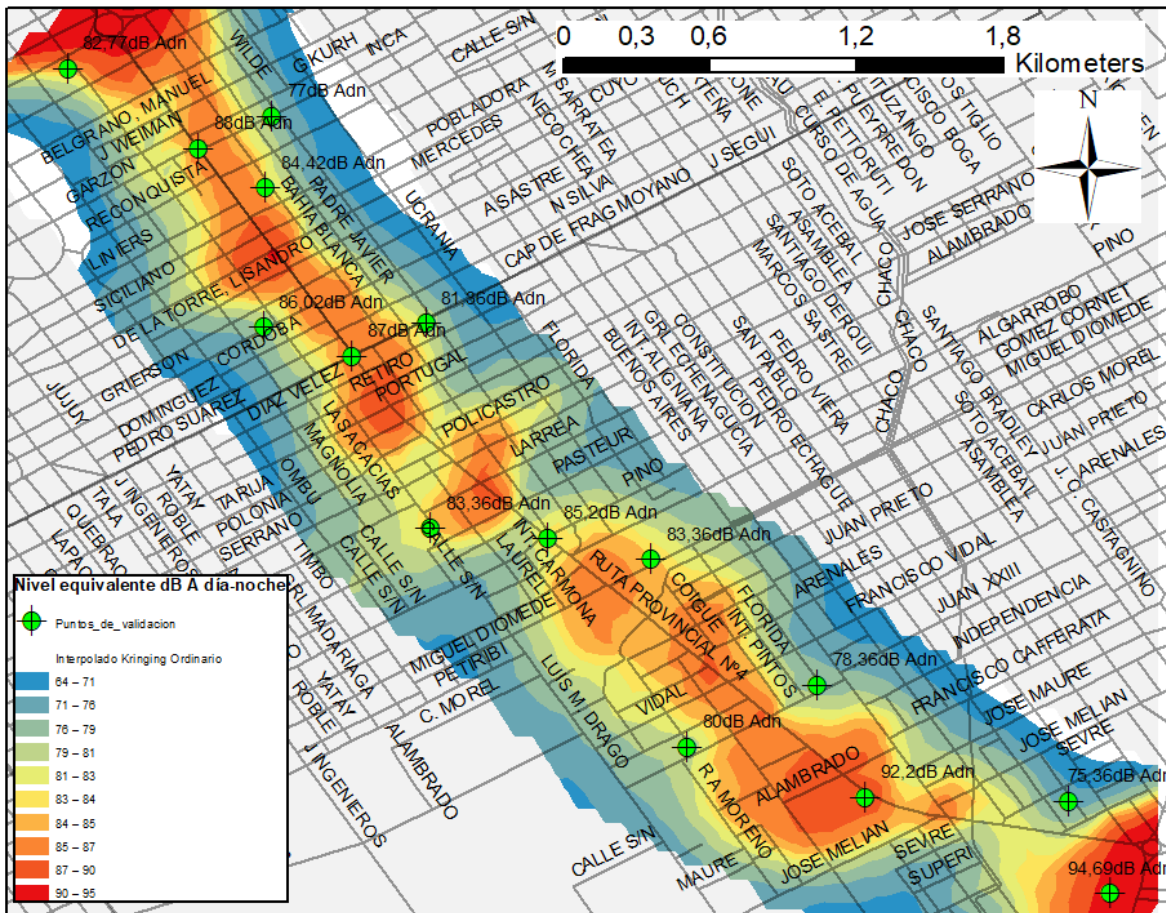


Ilustración 43 – Relevamiento aleatorio en las cercanías de Ruta Provincial N°4

Las variables fueron sometidas a un método de validación utilizando la herramienta de Arcmap para tal fin que permitió conocer la fiabilidad del mapa de ruido.

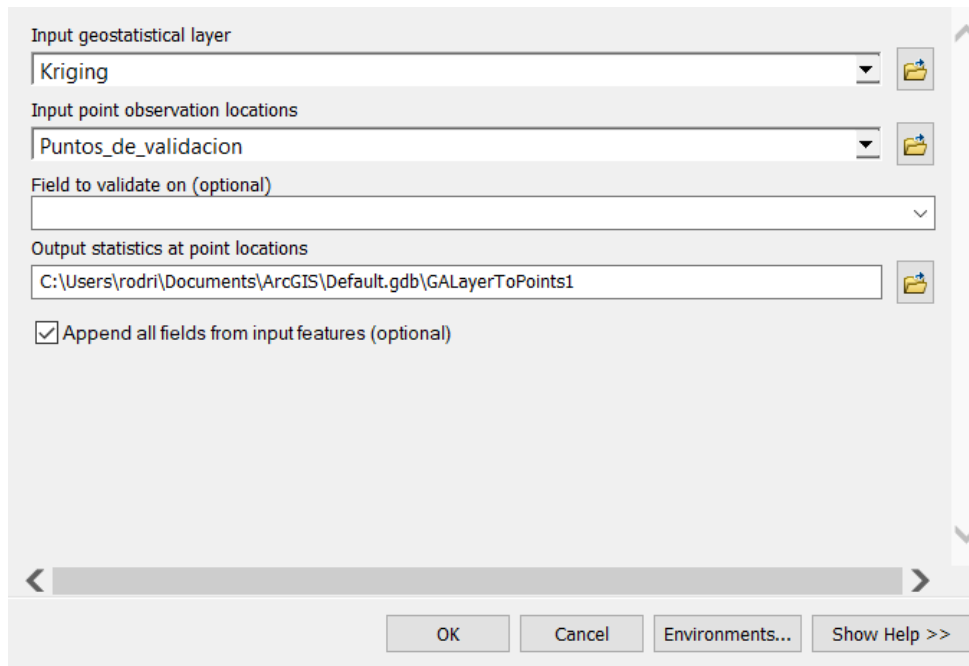


Ilustración 44 - Validación cruzada en Arcmap

Fuente: Elaboración propia

FID	Punto	Latitud_R2	Longitud_R	Fecha	Hora dB_A_día	dB_A_día	Hora dB_A_noche	dB_A_Noche	Ldn_dBA	Predicted	StdError
0	3c2	-34,808412	-58,433413	14/11/2019	14:01:23	77	22:02:12	67	77,00	77,95	1,54
1	4a2	-34,811025	-58,433644	14/11/2019	14:40:16	80	22:35:19	78	84,42	83,58	1,60
2	12b2	-34,824704	-58,419455	14/11/2019	15:20:35	83	23:14:12	74	83,36	83,71	1,57
3	15c2	-34,829328	-58,41333	14/11/2019	15:52:16	76	23:55:58	71	78,36	78,00	1,53
4	19b2	-34,833587	-58,404098	14/11/2019	16:34:01	73	0:30:31	68	75,36	74,33	1,52
5	7c2	-34,816003	-58,427738	14/11/2019	17:05:42	79	1:12:17	74	81,36	81,38	1,54
6	1a2	-34,806647	-58,440908	14/11/2019	17:35:57	82	1:45:24	74	82,77	84,83	1,64
7	6b2	-34,81616	-58,433706	15/11/2019	14:05:16	80	22:25:14	80	86,02	78,49	1,62
8	15b2	-34,831603	-58,418144	15/11/2019	15:12:01	77	22:58:22	73	80,00	79,65	1,66
9	10b2	-34,823548	-58,427567	15/11/2019	15:33:47	81	23:41:34	76	83,36	83,76	1,67
10	21a2	-34,836991	-58,40257	15/11/2019	16:14:06	91	0:14:41	88	94,69	93,22	1,68
11	3l2	-34,809585	-58,436107	15/11/2019	17:00:25	85	0:44:55	81	88,00	87,51	0,88
12	7l2	-34,817212	-58,430455	15/11/2019	17:35:11	87	1:26:41	77	87,00	86,28	1,09
13	11l2	-34,823922	-58,423246	15/11/2019	17:58:23	80	2:01:14	79	85,20	83,55	0,89
14	172	-34,833444	-58,411581	15/11/2019	18:37:23	87	2:35:48	86	92,20	90,37	1,18

Tabla 4 - Calculo de desvío estándar de validación cruzada

Fuente: Elaboración propia

Las medidas de variabilidad aproximan a la dispersión de los datos. La varianza de una muestra de n mediciones es la suma de las desviaciones cuadradas de las mediciones alrededor la media dividida entre (n - 1). La varianza muestral se denota con S^2 y está dada por la fórmula

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

La varianza se mide en términos del cuadrado de las unidades originales de medición. Si las mediciones originales son en dB (A) día-noche, la varianza se expresa en dB (A) día-noche al cuadrado. Luego tomando la raíz cuadrada de la varianza, obtenemos el desvío estándar, que regresa la medida de variabilidad a las unidades originales de medición. [23]

Una vez calculado el desvío estándar de cada una de las muestras se puede afirmar que el método es sólido y el mapa de ruido funciona correctamente para cada uno de los lugares muestreados.

Análisis de encuestas de percepción de contaminación acústica

La encuesta fue realizada a vecinos de los tres partidos por donde cruza este tramo de la Ruta Provincial N°4, durante el proceso de elaboración de la encuesta se revisaron diversos trabajos y normativa en donde el ruido es el denominador común, teniendo en claro que las preguntas debían ser claras, de fácil comprensión para evitar ambigüedades.

En la planificación de la encuesta, se aplicó la propuesta de la norma ISO 15666, la cual sugiere la inclusión de escalas de valorizaciones verbales estandarizada, por lo que fue necesario efectuar una adaptación en la redacción de las preguntas para una mejor comprensión por parte de los encuestados.

La encuesta está compuesta en su mayoría por preguntas con respuestas cerradas, evitando la utilización de preguntas en las cuales se deba elegir respuestas que indiquen frecuencia.

La encuesta se dividió en tres partes.

1) Datos sociodemográficos

En esta parte se procedió a la recolección de datos personales, y a su vez crear un ambiente de confianza entre encuestador y encuestado. Se pueden encontrar cinco preguntas ubicadas en el comienzo de la encuesta, cuyas respuestas son confidenciales.

2) Referidas al ruido del sector

En esta parte las respuestas son cerradas, con la posibilidad de agregar alguna fuente. La mayoría de las preguntas contienen subdivisiones.

Tiene como objetivo:

a) Determinar la existencia de molestias por ruido.

- b) Obtener las fuentes de ruido que más molestias generen.
- c) Identificar fuentes de ruido del sector.
- d) Identificar en qué periodo temporal, el ruido le produce mayor molestia.
- e) Determinar en qué cantidad influye en forma negativa en las actividades cotidianas que los encuestados realizan en sus viviendas.

3) Sobre las características de la vivienda

Se busca indagar sobre las características de la vivienda del encuestado, como el material de que están hechas, el estado de preservación y mantenimiento que tiene su vivienda, además de conocer la cantidad de tiempo que permanece en su vivienda el encuestado.

Aprovechando que todas las mediciones fueron realizadas utilizando tecnología de posicionamiento submétrico, es posible encontrar la relación entre las encuestas y el nivel de ruido db (A) día-Noche de cada sector como se puede observar en el siguiente mapa.

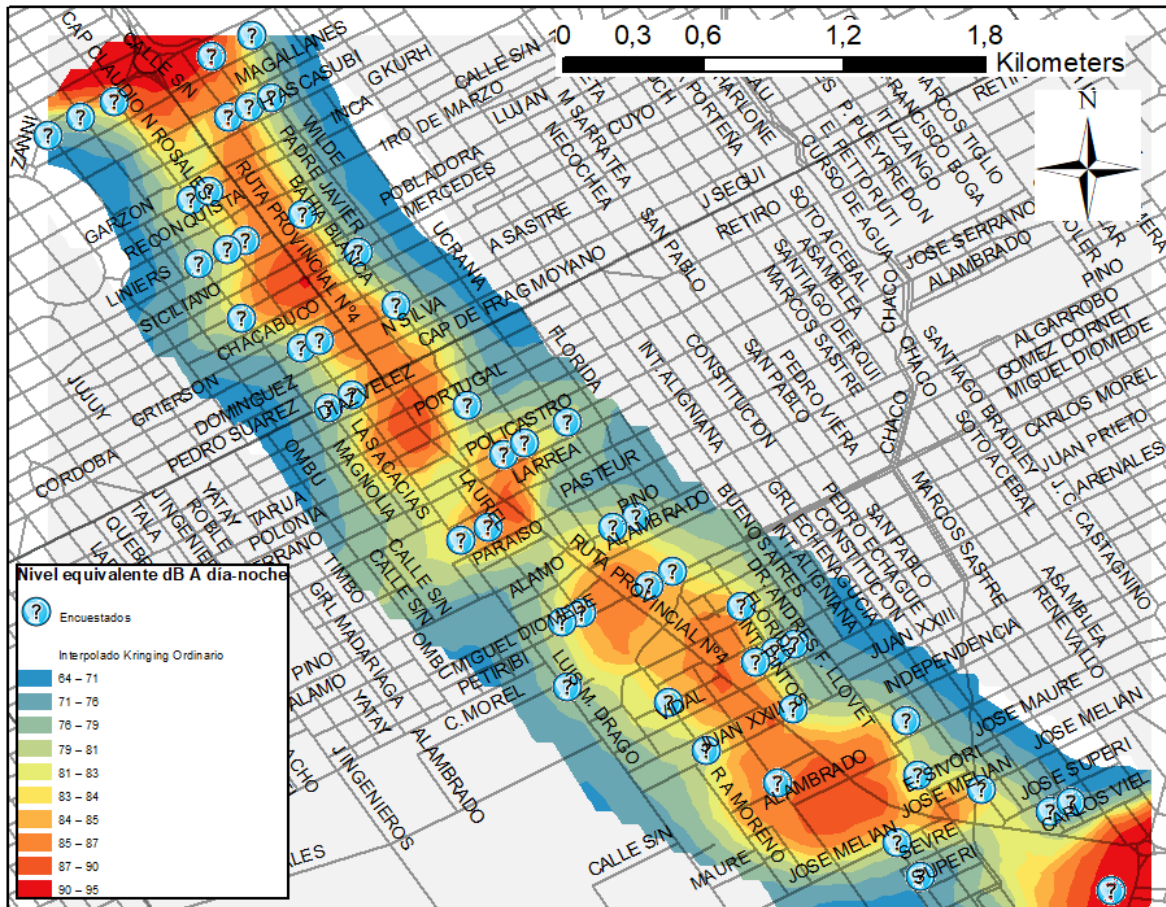


Ilustración 45 - Personas encuestadas
Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos

Cantidad de entrevistado por género es:

- Masculino 64% (32 encuestados)
- Femenino 36% (18 encuestados)

CANTIDAD DE ENTREVISTADOS POR GÉNERO

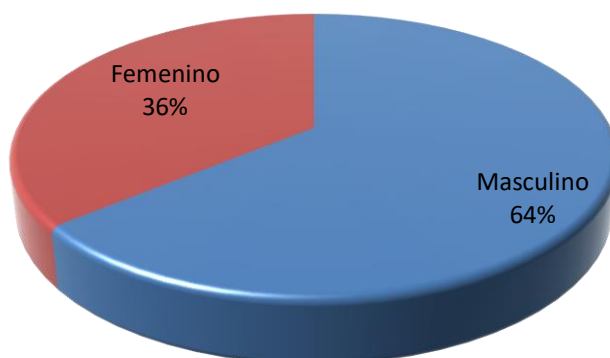


Ilustración 46 - Cantidad de entrevistados por género
Fuente: Elaboración propia

Edad:

Los encuestados van desde 16 años a 80 años considerando los siguientes rangos de edades:

- De 16 a 25 años: 18% (9 entrevistado).
- De 26 a 35 años: 18% (9 entrevistado).
- De 36 a 45 años: 16% (8 entrevistado).
- De 46 a 55 años: 8% (4 entrevistado).
- De 56 a 65 años: 24% (12 entrevistado).
- Más de 65 años: 16% (8 entrevistado).

ENCUESTADOS

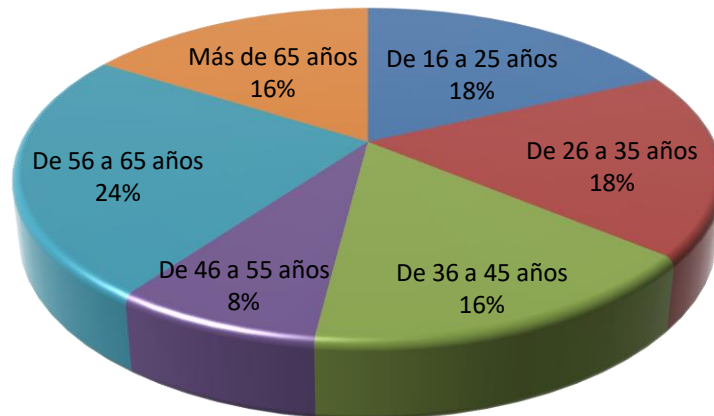


Ilustración 47 - Edad de los encuestados por rangos
Fuente: Elaboración propia

Sobre el ruido del sector

¿Cómo califica en general el ruido vehicular en general que percibe en su hogar?

Las personas que viven sobre Ruta provincial 4, calificaron que el ruido vehicular que percibe en su hogar como muy molesto, con el 8% de los encuestados. La mayoría de la gente que vive en frente de la Ruta Provincial N°4, comentan que muchos vecinos vendieron y se mudaron porque la contaminación sonora del tránsito se volvió más continua durante todo el día. La gente que vive en las calles perpendiculares a ruta provincial 4, lo califica de bastante molesto, con el 18% de los encuestados y una zona intermedia de la cuadra lo califica como algo molesto, con el 18% de los encuestados. A medida que se alejaba de la ruta provincial 4, los encuestados lo califican como poco molesto, con el 34% de los encuestados y a una cuadra de distancia de la Ruta Provincial N°4, la gente lo califica como nada molesto, con el 22% de los encuestados. Ver Ilustración 48 - Percepción del ruido vecinos de Ruta Provincial N°4.

¿CÓMO CALIFICA EL RUIDO VEHICULAR EN GENERAL, QUE PERCIBE EN SU HOGAR?

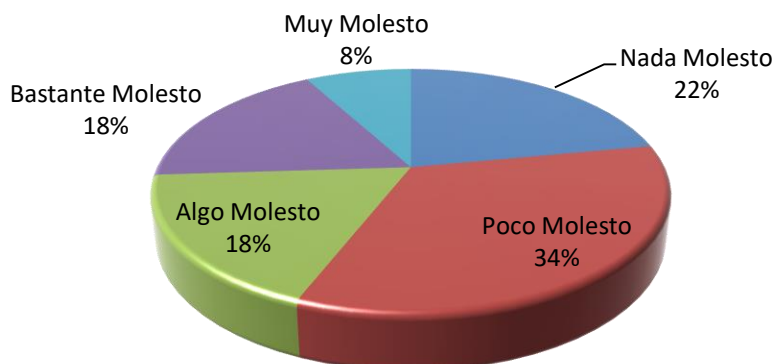


Ilustración 48 - Percepción del ruido vecinos de Ruta Provincial N°4
Fuente: Elaboración propia

¿Cuál es la principal fuente de ruido vehicular?

Las personas identificaron como el mayor causante del ruido vehicular a los camiones, con el 36% de los encuestados. Como segundo lugar, la gente identificó como causante del ruido vehicular a las motos, con el 28% de los encuestados. En tercer lugar, la gente identificó que la fuente principal de ruido es el tránsito general, con el 22% de los encuestados. En el cuarto lugar, la gente identificó como fuente del ruido vehicular a las sirenas y las bocinas, con el 6% de los encuestados. En el quinto lugar, la gente identificó que la fuente principal de ruido es producida por los autos, con el 4% de los encuestados. Compartiendo el quinto lugar, También la gente identificó como fuente del ruido vehicular a los colectivos, con el 4% de la muestra total. Ver Ilustración 49 - Fuente principal de ruido del tráfico vehicular según los vecinos.

¿CUÁL ES LA FUENTE PRINCIPAL DE RUIDO DEL TRÁFICO VEHICULAR?

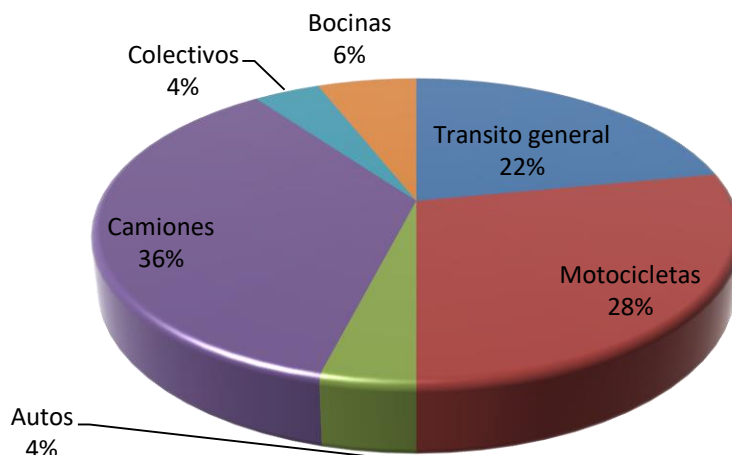


Ilustración 49 - Fuente principal de ruido del tráfico vehicular según los vecinos
Fuente: Elaboración propia

¿La contaminación sonora interfiere en su vida cotidiana?

Las personas que viven en frente a Ruta Provincial N°4, afirmaron que en su vida cotidiana la contaminación sonora interfiere mucho, con el 4% de los encuestados. Las personas que viven sobre las calles transversales a Ruta Provincial N°4, a pocos metros de la misma afirma que en su vida cotidiana la contaminación sonora interfiere bastante, con el 16% de los encuestados. En una zona intermedia de la cuadra, la gente afirma que en su vida cotidiana la contaminación sonora interfiere algo, con el 22% de los encuestados. Y a medida que se aleja de ruta provincial 4, la gente afirma que en su vida cotidiana la contaminación sonora interfiere poco, con el 16% y con una cuadra de distancia la gente afirma que en su vida cotidiana la contaminación sonora no interfiere, con el 42% de los encuestados. Considerando que a un 16% de los encuestados el ruido proveniente de la ruta les interfiere poco, y al 42% no les interfiere, existe en total un 58% de los encuestados que no le molesta la contaminación sonora por el tránsito vehicular. Ver Ilustración 50 - La contaminación sonora por el tránsito interfiere en su vida cotidiana.

¿LA CONTAMINACIÓN SONORA POR EL TRÁNSITO INTERFIERE EN SU VIDA COTIDIANA?

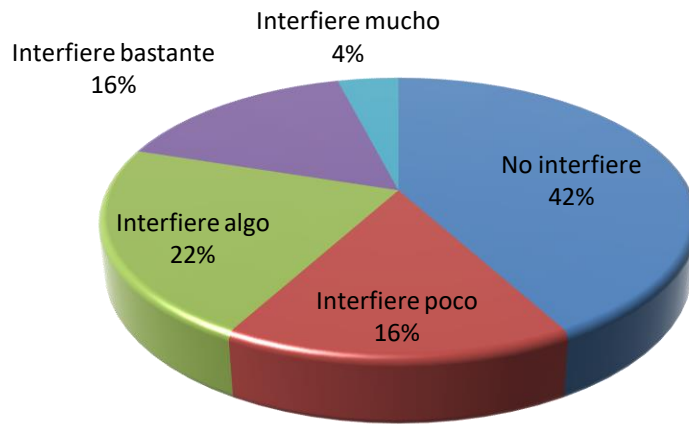


Ilustración 50 - La contaminación sonora por el tránsito interfiere en su vida cotidiana
Fuente: Elaboración propia

¿Cuál es el momento del día, que más molesta el ruido del tránsito vehicular?

La mayor parte de los entrevistados manifestó que el momento que más molesta el ruido vehicular es por la noche, con el 40% de los encuestados. Otros entrevistados se manifestaron que el momento que más molesta el ruido vehicular es por la tarde, con el 26% de los encuestados. Seguida por otra parte de entrevistado que se manifestó que el momento que más molesta el ruido vehicular es por la mañana, con el 28% de los encuestados. Sin embargo, una parte de los entrevistados, con el 6% dijo que en ningún momento del día le molesta el ruido del tránsito vehicular. Ver Ilustración 51 - Momento del día que más molesta el ruido del tránsito vehicular.

¿CUÁL ES EL MOMENTO DEL DÍA, QUE MÁS MOLESTA EL RUIDO DEL TRÁNSITO VEHICULAR?

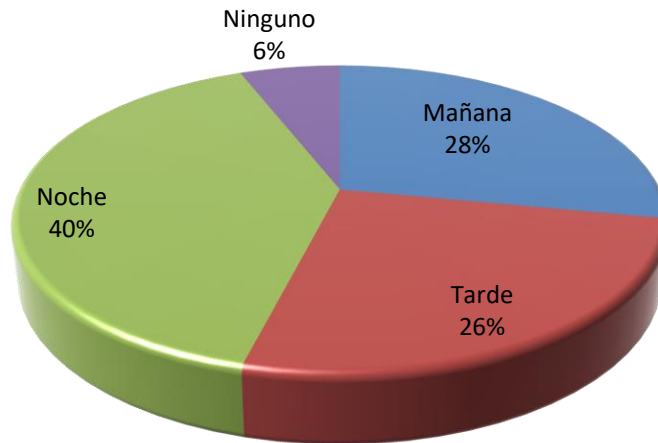


Ilustración 51 - Momento del día que más molesta el ruido del tránsito vehicular
Fuente: Elaboración propia

¿Qué medidas ha tomado o va tomar para reducir el ruido?

El 90% de los encuestados respondió que no va tomar ninguna medida para reducir el ruido. Otra parte de los entrevistados respondió que ha tomado medidas para reducir el ruido como aislar, pared, techos. El resto de los encuestados ha tomado o va a tomar medidas para mitigar el ruido. Ver Ilustración 52 - Medidas para reducir el ruido.

¿QUÉ MEDIDAS HA TOMADO O VA TOMAR PARA REDUCIR EL RUIDO?

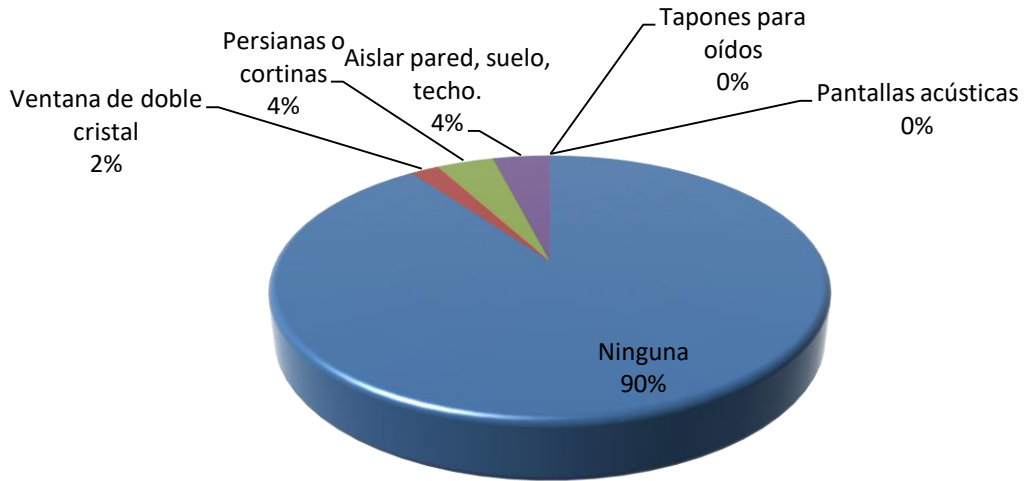


Ilustración 52 - Medidas para reducir el ruido
Fuente: Elaboración propia

¿El ruido es perjudicial para la salud?

El 40% de los encuestados afirma que está de acuerdo que el ruido es perjudicial para la salud. Al igual que otra parte de entrevistados que dijo que está en total acuerdo que es perjudicial para la salud el ruido, con el 34% de los encuestados. Pero sin embargo una parte de los entrevistados, dijo que está en total desacuerdo de que el ruido sea perjudicial para la salud, con el 18%. Al igual que otra parte de los entrevistado que dijo que está en desacuerdo que produzca daño a la salud, con el 8% de los encuestados. Si se sumaran los 18% de total desacuerdo con los 8% que están en desacuerdo. Nos daría un porcentual de 26 % de los encuestados, que ignoran la influencia que provoca la contaminación sonora en la salud. Ver Ilustración 53 - ¿El ruido es perjudicial para la salud?

¿EL RUIDO ES PERJUDICIAL PARA LA SALUD?

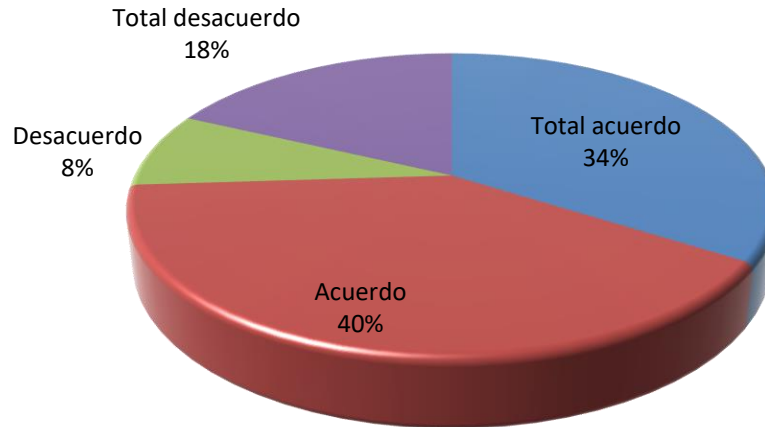


Ilustración 53 - ¿El ruido es perjudicial para la salud?
Fuente: Elaboración propia

¿Sufre alguna molestia a causa del ruido?

La mayor parte de los entrevistados dijo que no sufre molestias a causa del ruido, con el 84% de los encuestados. Otra parte de los entrevistados en menor medida afirmó que si sufre molestia a causa del ruido, con el 16% de los encuestados. Se le pregunto cuáles son esas molestias, la gente respondió en mayor medida que le produce trastornos de sueño; seguido de estrés. Ver Ilustración 54 - ¿Sufre alguna molestia a causa del ruido?

¿SUFRE ALGUNA MOLESTIA A CAUSA DEL RUIDO?

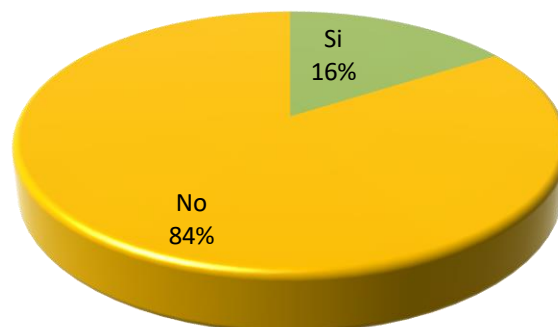


Ilustración 54 - ¿Sufre alguna molestia a causa del ruido?
Fuente: Elaboración propia

¿Sabe si hay alguna ley de protección contra el ruido?

La mayor parte de los entrevistados manifestó que no sabe si hay alguna ley de protección contra el ruido, con el 60% de los encuestados. La otra parte de entrevistados que se manifestó que, si sabe de alguna ley de protección contra el ruido, con el 40% de los encuestados. Ver Ilustración 55 - ¿Sabe si hay alguna ley de protección contra el ruido?

¿SABE SI HAY ALGUNA LEY DE PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO?

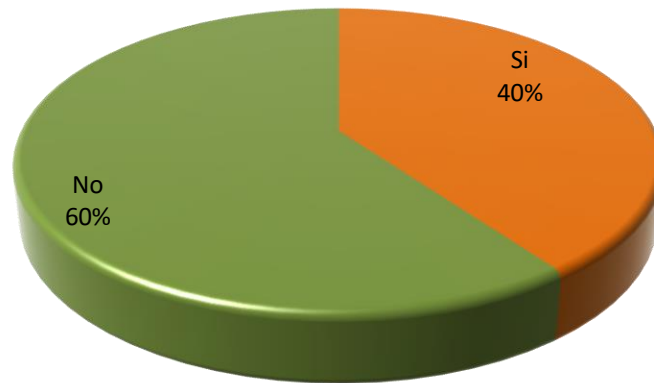


Ilustración 55 - ¿Sabe si hay alguna ley de protección contra el ruido?
Fuente: Elaboración propia

Análisis geográfico de los resultados de la encuesta

A través de la visualización espacial de los resultados de las encuestas, se logró determinar que aquellas personas que dicen sufrir algún tipo de alteración como consecuencia de la exposición a la contaminación acústica se encuentran en un área donde el nivel dB (A) Día-Noche es mayor a 84 dB(A) como se puede observar en la Ilustración 56 - Personas que sufren alteraciones producidas por la contaminación acústica. Estas personas están representadas por puntos rojos y, a simple vista, se visualiza que viven en las zonas de mayor contaminación. Como es el caso de los dos individuos encuestados que viven en las inmediaciones de la rotonda de Llavallol.

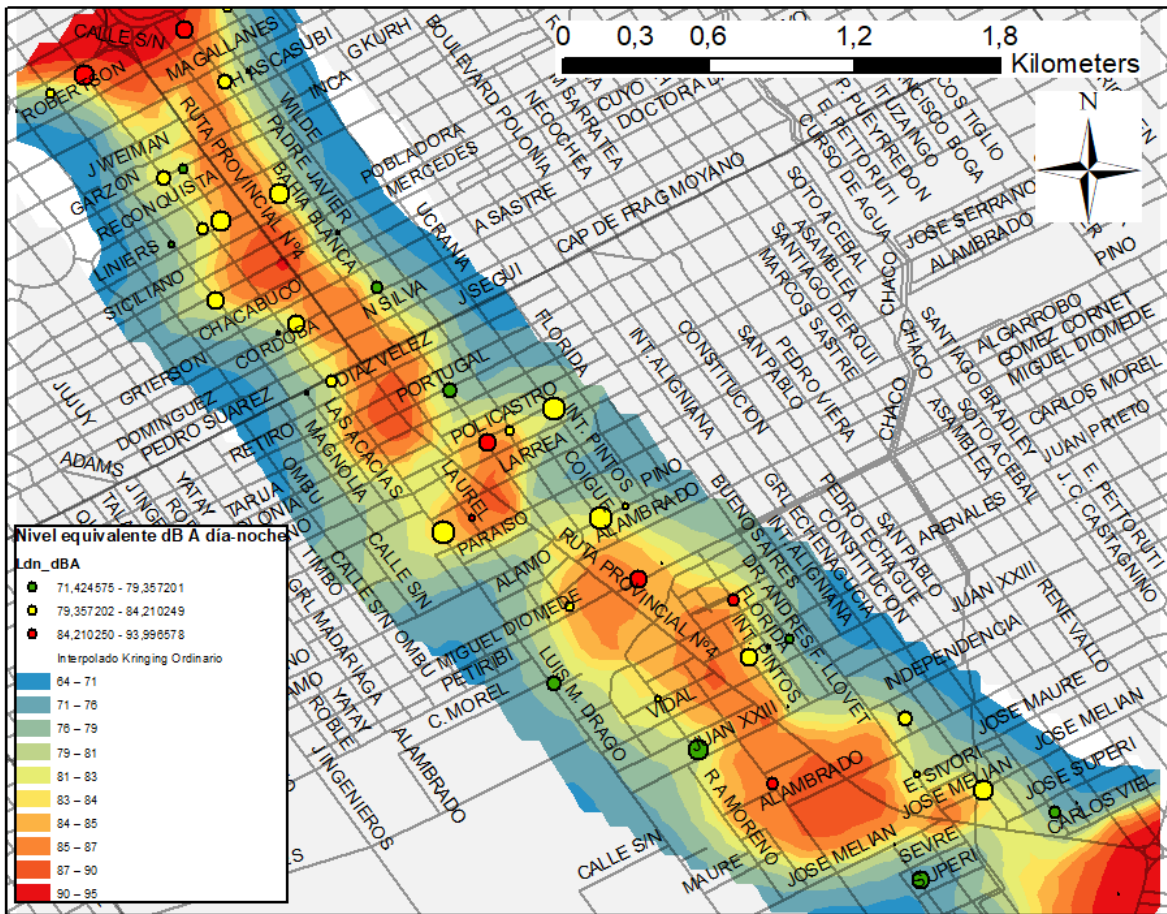


Ilustración 56 - Personas que sufren alteraciones producidas por la contaminación acústica
Fuente: Elaboración Propia

Conclusión

Finalmente, se concluye esta investigación la cual demandó muchas horas de mediciones en campo y otro tanto de laboratorio para el análisis de los datos.

Se cumplió con todos los objetivos planteados:

Objetivo general

Determinar la zona de influencia de la contaminación acústica y el efecto del ruido producido por los vehículos que circulan en Ruta Provincial N°4 en la salud de los vecinos de los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría.

Objetivos específicos

- Determinar el alcance del ruido producido por la Ruta Provincial N°4.
- Determinar los lugares de muestreo.
- Identificar mediante la elaboración de mapas temáticos, la distribución espacial de nivel sonoro de un sector de la Ruta Provincial N°4.
- Contribuir al conocimiento que se tiene del contaminante ruido.
- Establecer una metodología para el tratamiento de los datos que presentan distribución espacial de nivel sonoro.
- Generar nuevos parámetros para futuras construcciones viales.
- Identificar como se relaciona el contaminante ruido con la vida cotidiana de las personas que viven en las cercanías de la ruta.

Los lugares de muestreo para la confección del mapa se lograron encontrar siguiendo los lineamientos de la norma ISO 15666, donde indica que las mediciones entre cada punto medido y el próximo cercano no debía ser mayor a 5 dB.

Luego de haber realizado las mediciones a través de la utilización del método: Nivel equivalente día – noche. Se encontraron niveles muy elevados de dB (A) sobre la traza y en los márgenes de la Ruta Provincial N°4, alcanzando en algunos puntos un nivel superior a 90 dB (A).

Se logró crear el primer mapa de ruido correspondiente a la zona de estudio de la Ruta Provincial N°4 determinando el alcance de la contaminación acústica producida por la circulación de vehículos

a través de la técnica de interpolación Kriging Ordinario, lo que permitió conocer cuál es el comportamiento y la distribución espacial del contaminante ruido.

Luego de la realización de la encuesta basada en los lineamientos de la norma ISO 1996 "Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental" se corrobora la hipótesis inicial:

"Las personas que viven en zonas expuestas al ruido generado por el tránsito son más propensas a sufrir alteraciones de su vida cotidiana".

Luego del estudio efectuado a lo largo de esta investigación, quedó en evidencia que los niveles de emisión sonora de la Ruta Provincial 4, están por encima de los 90 dB (A). Esto deja expresado el nivel de ruido al que la población circundante está expuesta diariamente.

Esta situación debería ser la base para la generación de políticas para contrarrestar el nivel de ruido por los organismos correspondientes, para que la exposición al mismo esté por debajo de los valores admisibles y, de este modo, reducir los efectos negativos del contaminante ruido sobre la población.

Promover campañas de concientización en favor de la lucha contra el ruido, ya sea implementando la enseñanza sobre la contaminación acústica y a sus efectos en la salud en el sistema educativo en todos los niveles, o bien a través de organismos de divulgación oficiales.

Respecto a nuevas construcciones o remodelaciones, considerar la utilización de materiales que neutralicen el ruido.

Por último, y a modo de cierre nunca se debe olvidar que el ruido es un contaminante invisible y no precisamente silencioso.

Bibliografía

- [1] J. Raymond A. Serway y John W. Jewett, «Física para las ciencias e ingeniería. Vol1.» de *Física para las ciencias e ingeniería. Vol1.*, México, McGraw-Hill, 2008, pp. 474-490.
- [2] E. Castaños, «Cienciaonthecrest,» 17 marzo 2016. [En línea]. Available: <https://cienciaonthecrest.com/2016/03/17/los-ultrasonidos-y-sus-aplicaciones/>.
- [3] J. L. F. y. G. Coronado, «Fiscalab,» 1 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.fiscalab.com/apartado/ondas-armonicas>.
- [4] F. S. ECHAZARRETA, «Escuela de Organización Industrial,» 31 marzo 2008. [En línea]. Available: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiipNPGhNfoAhWYKLkGHdHtCfsQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.eoi.es%2Fes%2Ffile%2F18277%2Fdownload%3Ftoken%3D1pIHfpnc&usg=AOvVaw3KoOgs340b1aye9kKffe5F>.
- [5] V. M. Sandoval, «UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE,» 1 junio 2005. [En línea]. Available: https://www.uao.edu.co/sites/default/files/RUIDO_0.PDF.
- [6] M. E. Jaureguiberry, «Facultad de Ingeniería Olavarria,» 27 diciembre 2003. [En línea]. Available: <https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/a13-3/material/Ruido%203.pdf>.
- [7] D. r. 351/79, «Shima consultora,» 6 abril 2018. [En línea]. Available: <https://shimaconsultora.com.ar/wp-content/uploads/2018/04/ANEXO-V-Decreto-351-79.pdf>.
- [8] F. Miyara, «Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,» 28 octubre 2003. [En línea]. Available: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/niveles.htm>.
- [9] Europeanacustica, «Europeanacustica,» 10 mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/mapas-de-ruido-%C2%BFqu%C3%A9-son-%C2%BFpara-qu%C3%A9-se-usan>.
- [10] G. Cámara, *Análise espacial de superficies*, Brasilia: Livraria Virtual da Embrapa, 2002.

- [11] B. Trangmar, R. S. Yost y G. Uehara, «Application of geostatistics to spacial studies of soil properties,» de *Advances in Agronomy*, Honolulu, College of tropical agriculture and human resources , 1985, pp. 45-94.
- [12] V. d. l. p. d. B. Aires, 10 04 19. [En línea]. Available: www.vialidad.gba.gov.ar.
- [13] G. E. Viro, «Protocolo de mediciones para el trazado de mapas de ruido.,» FI-UBA, Buenos Aires, 2002.
- [14] G. Canning, «Go Canning,» 15 01 2020. [En línea]. Available: <http://gocanning.com.ar/region-esteban-echeverria>. [Último acceso: 15 01 2020].
- [15] L. d. Zamora, «Municipio de Lomas de Zamora,» 06 04 2020. [En línea]. Available: <http://www.lomasdezamora.gov.ar/>. [Último acceso: 04 06 2020].
- [16] M. d. A. Brown, «Municipio de Almirante Brown,» 06 04 2020. [En línea]. Available: <http://www.almirantebrown.gov.ar/>. [Último acceso: 06 04 2020].
- [17] R. Leandro, *Modelado de Resistividad y pH de la provincia de Buenos Aires: Capitalización del conocimiento del suelo y contribución al desarrollo del sector de la protección anticorrosiva de la república argentina.*, Lomas de Zamora: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, 2016.
- [18] PROMETRIC, «Trimble NOMAD Serie 900,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.prometric.com.mx/nomad.htm>. [Último acceso: 06 Octubre 2016].
- [19] Ingenieros Consultores Asociados, «ICA,» 2016. [En línea]. Available: http://www.ica.com.uy/site/assets/files/1839/esp_terrasync_software.pdf. [Último acceso: 06 Octubre 2016].
- [20] JCA-SOFT, «Trimble Pathfinder Office,» 2016. [En línea]. Available: http://www.jcasoft.com/index.php?page=shop.product_details&product_id=52&category_id=22&flypage=flypage.tpl&option=com_virtuemart&Itemid=265&vmcchk=1&Itemid=265. [Último acceso: 06 Octubre 2016].
- [21] RUNCO, «Manual Pathfinder Office,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.runco.com.ar/IMG/pdf/GuiaPFO2008.pdf>. [Último acceso: 06 Octubre 2016].

- [22] L. J. Peña, «Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio,» *Editorial Club Universitario*, pp. 208-209, 2006.
- [23] M. W., *Introducción a la probabilidad y estadística*, México: Cengage Learning, 2015.
- [24] *Enciclopedia de Física*, Pamplona: Editorial Salvat, 1968.
- [25] R. A. Española, *Diccionario de la Real Academia Española*, Madrid, 2017.
- [26] A. d. a. argentinos, 2018.
- [27] C. d. I. C. Europeas, de *Diario Oficial n°C139*, 1977.
- [28] F. H. Robledo, *Riesgos Físicos I. Ruido, vibraciones y presiones anormales*, ECOE Ediciones, 2004.
- [29] N. UNIDAS, «Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano,» PUBLICACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS , Estocolmo, 1972.
- [30] F. EROSKI, «El ruido, un auténtico problema de salud pública,» *EROSKI CONSUMER*, 1999.
- [31] E. M. Benasayag, *El ruido nos mata en silencio*, 2000.
- [32] J. Pérez Porto y . A. Gardey, *Definicion de Ruido Ambiental*, 2014.
- [33] A. M. G. García, *Estudio de los efectos de ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos y laborales.*, Valencia, 1991.
- [34] W. H. Organization, «Guidelines for community noise,» Ginebra, 2009.
- [35] C. N. d. C. y. T. (CONICET), «Efectos psicológicos y fisiológicos de los ruidos de muy bajas frecuencias,» 1993.
- [36] L. NACION, «Prueban que el ruido alto afecta la memoria,» Version Digital de La Nacion - Bienestar, CABA, 2012.
- [37] E. E. Agency, «Good practice guide on noise exposure and potential health effects,» EEA Technical Report, 2010.

- [38] O. M. d. I. Salud, «1100 millones de personas corren el riesgo de sufrir pérdida de audición,» Ginebra, 2015.
- [39] O. M. d. I. Salud, «Guidelines for Community Noise,» Estocolmo, 1999.
- [40] D. N. 3. -. A. V. -. A. 8. a. A. 94, *Decreto N° 351*, CABA: Ediciones del Pais, 1979.
- [41] *Ley 1540 - Control de la Contaminación Acústica en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, CABA: Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires N° 2111, 2004.
- [42] *Resolución 1434/11 – Límites Sobre Emisiones Contaminantes, Ruidos y Radiaciones Parásitas Provenientes de Automotores*, La Plata, 2011.
- [43] *Ley 11723 – Ley de Medio Ambiente*, La Plata, 1995.
- [44] *Resolución 159/96 - Aprobación Del Método De Medición Y Clasificación De Ruidos Molestos*, La Plata, 1996.
- [45] H. Contrera, J. Perez Villalobo, R. Bodoira y E. Cáceres, «Estudio de la contaminación sonora por ruido de tránsito en zona residencial de la ciudad de Córdoba,» de *Congreso Argentino de Acústica VII Jornadas de Acústica, Electroacústica y Áreas Vinculadas*, Buenos Aires, 2015.
- [46] M. Cattaneo, R. Vecchio, M. López Sardi, L. Navilli y F. Scrocchi, «ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN SONORA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES,» CABA, 2011.
- [47] G. Rodríguez Holguín y C. Quintana Pérez, «Niveles de ruido exterior en la Zona Universitaria de Santo Domingo,» Santo Domingo, 2016.
- [48] A. Ramírez González y E. A. Domínguez Calle, «Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero,» *Gestión y Ambiente*, vol. 18, Medellín, 2015.
- [49] R. Salas López y E. Barboza Castillo, «Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú,» Mendoza de Amazonas, 2016.
- [50] S. M. P. PATÍN, «MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA,» Riobamba - Ecuador, 2018.

- [51] «EMISIONES CONTAMINANTES, RUIDOS y RADIACIONES PARASITAS,» CABA, 2002.
- [52] F. Serguez, «Conceptos básicos de ruido ambiental,» 14 marzo 2007. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10326/720>. [Último acceso: 18 9 2018].
- [53] «inercos acustica,» 27 09 2012. [En línea]. Available: <http://www.inercosacustica.com/acustipedia/item/239-tipos-de-ruidos>.
- [54] O. V. Pereira, «Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.,» 10 agosto 2018. [En línea]. Available: https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/116_2_ruido.pdf.
- [55] M. A. Liebig, «Crop Sequence and Nitrogen Fertilization Effects on Soil Properties in the Western Corn Belt The USDA–ARS is an equal opportunity/affirmative action employer and all agency services are available without discrimination,» *Soil Science Society of America Journal*, nº 66, pp. 596-601, 2002.
- [56] G. Lopez y D. Rangel. [En línea]. Available: http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/impacto01.pdf.
- [57] S. A. d. I. Jurídica. [En línea]. Available: http://www.saij.gob.ar/legislacion/decreto-nacional-1595-1979-remodelacion_red_nacional_caminos.htm?bsrc=ci.
- [58] J. R. Vasquez Polo, *Caracterización de la variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en los suelos de granja experimental de la Universidad del Magdalena*, Santa Marta: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2009.

Anexo



Contaminación Acústica Ruta Provincial N°4 Provincia de Buenos Aires República Argentina

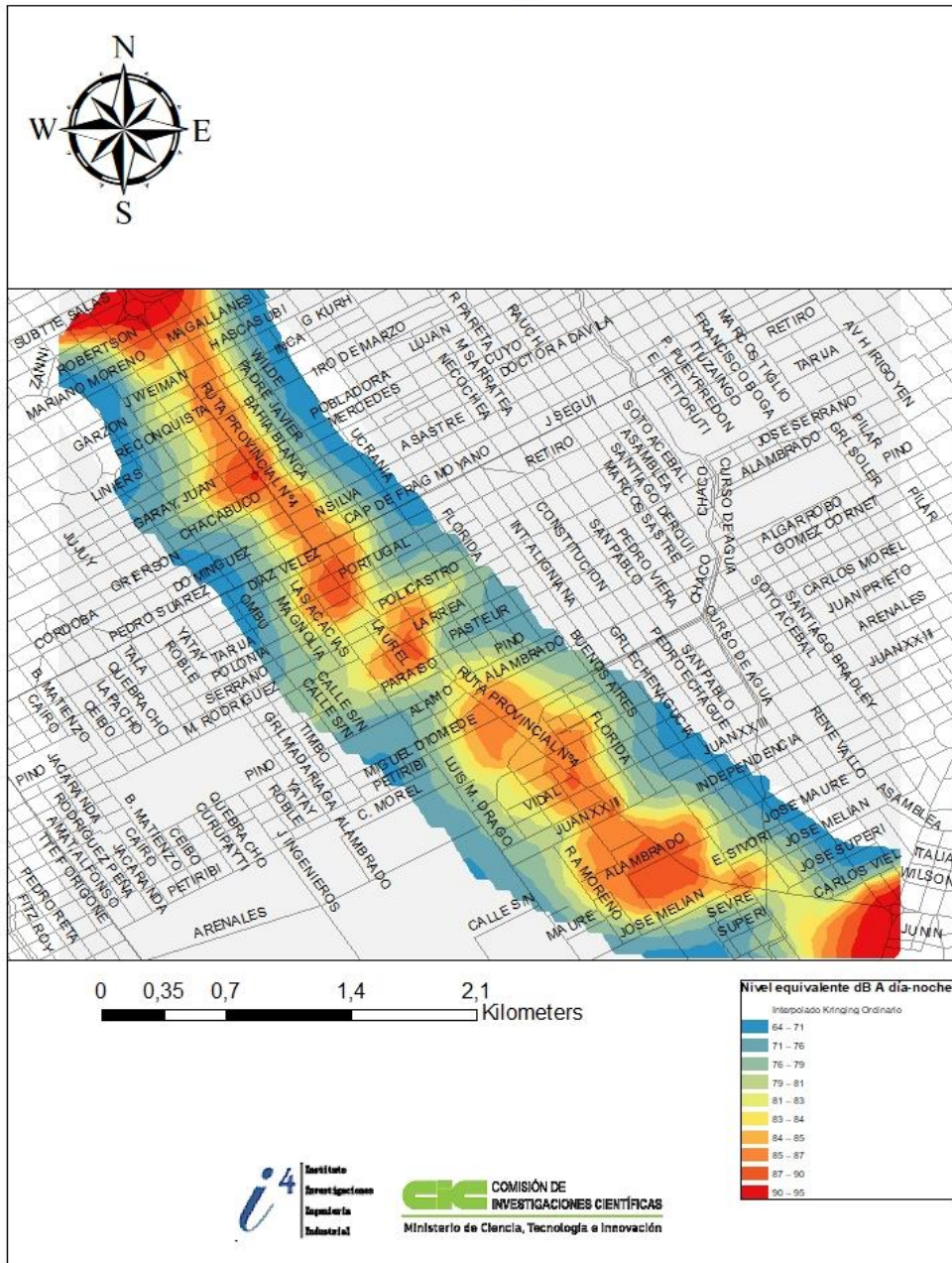


Ilustración 57 - Mapa de ruido Ruta Provincial N°4 – Año 2019

Fuente: Elaboración propia

Conteo de resultado de encuestas

Sexo	Conteo	Edad	Conteo	5. Número de personas que habit	Conteo	6. Tiempo que vive en el barrio	Conteo
H	32	16-25	9	1	6	5	5
M	18	26-35	9	2	16	7	2
N=	50	36-45	8	3	7	8	6
		46-55	4	4	10	9	2
		56-65	12	5	11	10	2
		65-80	8	N=	50	11	3
		N=	50			12	4
						13	2
						14	4
						15	3
						16	1
						17	2
						22	6
						23	2
						25	1
						27	1
						29	2
						30	1
						32	1
						N=	50
	7. ¿Cómo califica en general el		Conteo	8. ¿Cuál es la principal fuente	Conteo	9. ¿La contaminación sonora int	Conteo
	ALGO MOLESTO		9	AUTOS	2	INTERFIERE ALGO	11
	BASTANTE MOLESTO		9	BOCINAS	3	INTERFIERE BASTANTE	8
	MUY MOLESTO		4	CAMIONES	18	INTERFIERE MUCHO	2
	NADA MOLESTO		11	COLECTIVOS	2	INTERFIERE POCO	8
	POCO MOLESTO		17	MOTOCICLETAS	14	NO INTERFIERE	21
		N=	50	TRANSITO	11	N=	50
				N=	50		

10. ¿Cuál es el momento del día		11. ¿Qué medidas ha tomado o va		12. ¿El ruido es perjudicial pa			
	Conteo		Conteo		Conteo		
MAÑANA	14	AISLANTES PARED-TECHO-SUELO	2	ACUERDO	20		
NINGUNO	3	NINGUNO	45	DESACUERDO	4		
NOCHE	20	PERSIANAS	2	TOTAL ACUERDO	17		
TARDE	13	VENTANAS DOBLE CRISTAL	1	TOTAL DESACUERDO	9		
N=	50	N=	50	N=	50		
13. ¿Sufre alguna dolencia a		14. ¿Sabe si hay alguna ley de		15. Indique el tipo de material		16. Indique el estado de conser	
	Conteo		Conteo		Conteo		Conteo
NO	42	NO	30	LADRILLO - CONCRETO	50	BUENO	22
SI	8	SI	20	N=	50	EXCELENTE	21
N=	50	N=	50			REGULAR	7
						N=	50
17. ¿Cuánto tiempo permanece en		18. ¿Cuánto tiempo permanece en					
	Conteo		Conteo				
19h Y MAS	50	19h Y MAS	36				
N=	50	MENOS DE 6	14				
		N=	50				