

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Modelamiento ambiental aplicando el software soundplan en la
evaluación de la contaminación sonora del distrito de
Chimbote, provincia Del Santa, región Ancash**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Jose Manuel Cahuana Sanchez
Thalia Mesias Sanchez

Asesor:

Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio

Lima, febrero de 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICANDO EL SOFTWARE SOUNDPLAN EN LA EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA, REGIÓN ANCASH”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Jose Manuel Cahuana Sanchez y Thalia Mesias Sanchez para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 04 días del mes de marzo del año 2022.



Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **10 días** día(s) del mes de **febrero** del año 2022 siendo **las 15:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodríguez**, el secretario: **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y los demás miembros: **Ing. Nancy Curasi Rafael** y el **Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas**, y el asesor **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Modelamiento ambiental aplicando el software SOUNDPLAN en la evaluación de la contaminación sonora del Distrito de Chimbote, provincia del Santa, región Ancash"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **JOSE MANUEL CAHUANA SANCHEZ**

.....b) **THALIA MESÍAS SÁNCHEZ**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **JOSE MANUEL CAHUANA SANCHEZ**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

a-

Candidato (b): **THALIA MESÍAS SÁNCHEZ**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

(*) *Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



Presidente
Mg. Iliana Del Carmen
Gutierrez Rodriguez

Secretario
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Asesor
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio

Miembro
Ing. Nancy Curasi
Rafael

Miembro
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas

Candidato/a (a)
Jose Manuel Cahuana
Sanchez

Candidato/a (b)
Thalia Mesías
Sánchez

INDICE

Título	1
Resumen.....	1
Introducción.....	3
Materiales y métodos	4
Resultados y discusión.....	7
Conclusiones.....	16
Referencias bibliográficas	17

MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICANDO EL SOFTWARE SOUNDPLAN EN LA EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA, REGIÓN ANCASH

Thalía MESIAS^{1*}, José CAHUANA^{1*}

¹Universidad Peruana Unión, Perú

*Autores responsables: thaliamesias@upeu.edu.pe, josecahuana@upeu.edu.pe

Palabras clave: Contaminación sonora, decibeles, fuentes móviles, fuentes puntuales, modelamiento ambiental, modelo de predicción de ruido, niveles de ruido, SOUNDPLAN

RESUMEN

En un marco y contexto globales, se ha establecido que la contaminación acústica es una de las principales consecuencias medioambientales graves que afectan a la población residente (niveles de ruido) y a su entorno en una región geográfica concreta. La contaminación sonora así mismo constituye un factor determinante de la calidad ambiental asociada al ruido en el distrito de Chimbote debido a los impactos negativos directamente relacionadas sobre la salud de la población, siendo las fuentes más predominantes: el tráfico vehicular, el comercio, edificaciones, actividades industriales, fuentes puntuales, fuentes móviles, etc. El objetivo de la investigación fue evaluar la contaminación sonora del distrito de Chimbote a través del modelamiento ambiental aplicando el software SOUNDPLAN. La metodología aplicada consistió en la realización de una comparación de los resultados obtenidos por un modelamiento ambiental, la cual nos permitió elaborar los diferentes modelos de predicción de ruido y de esta manera se validó el modelamiento y reconocer la desviación porcentual entre sus intensidades sonoras (decibeles) en el ámbito de estudio según periodo de años considerados (2014, 2015, 2016, 2018 y 2019). Se generó modelos de predicción de ruido haciendo uso de la herramienta Kriging Ordinario. Comparando los resultados de cada uno de estos años acorde al D.S.085-2003-PCM ECA ruido ambiental, se tuvo que para el año 2014 la contaminación sonora superó los 75dBA y alcanzó un registro crítico de 86.5 dBA. Para el año 2015 la mayor incidencia registró valores de 87.5 dBA. Para el año 2016, fue el escenario de mayor concentración de contaminación sonora en el distrito de Chimbote. Y para los años 2018 y 2019 en el periodo diurno el valor máximo fue de 88 dBA. Finalmente, el modelo ambiental aplicando el software SOUNDPLAN permitió de manera adecuada evaluar la contaminación sonora en el distrito de Chimbote.

ABSTRACT

Keywords: noise pollution, decibels, mobile sources, point sources, environmental modeling, noise prediction model, noise levels, SOUNDPLAN

Within the international framework and context, it has been shown that noise pollution is one of the main severe environmental impacts that affects the resident population (noise levels) and their environment in a given geographic space. Sound pollution also constitutes a determining factor of the environmental quality associated with noise in the Chimbote district due to the negative impacts directly related to the health of the population, being the most predominant sources: vehicular traffic, commerce, buildings, industrial activities, point sources, mobile sources, etc. The objective of the research was to evaluate the noise pollution of the Chimbote district through environmental modeling applying the SOUNDPLAN software. The applied methodology consisted of making a comparison of the results obtained by an environmental modeling, which allowed us to develop the different noise prediction models and in this way the modeling was validated and the percentage deviation between their sound intensities (decibels) was recognized.) in the field of study according to the period of years considered (2014, 2015, 2016, 2018 and 2019). Noise prediction models were generated using the Ordinary Kriging tool. Comparing the results of each of these years according to D.S. 085-2003-PCM ECA environmental noise, it was found that by 2014 noise pollution exceeded 75dBA and reached a critical record of 86.5 dBA. For the year 2015, the highest incidence registered values of 87.5 dBA. For 2016, it was the scene of the highest concentration of noise pollution in the Chimbote district. And for the years 2018 and 2019 in the daytime period the maximum value was 88 dBA. Finally, the environmental model applying the SOUNDPLAN software made it possible to adequately evaluate noise pollution in the Chimbote district.

INTRODUCCIÓN

Según Murphy y Rice (2009), "el ruido se define como cualquier sonido indeseable o posiblemente peligroso creado por la actividad humana que degrada la calidad de vida de las personas"; también puede describirse como un sonido odioso, desagradable o molesto que interfiere con alguna actividad o descanso. (Miyara, 1999).

La contaminación sonora constituye un factor determinante de la calidad ambiental asociada al ruido en el distrito de Chimbote debido a los impactos negativos directamente relacionadas sobre la salud de la población, siendo las fuentes más predominantes: el tráfico vehicular, el comercio, edificaciones, actividades industriales, etc. Como consecuencia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido la contaminación acústica como el tercer peligro medioambiental más importante del mundo. (OMS, 2018)

El 30 de octubre de 2003 se aprobaron las Normas Nacionales de Calidad de Ruido Ambiental y Directrices para no sobrepasarlas (D.S. 085 - 2003 - PCM) con el objetivo de proteger la salud pública, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible, convirtiéndose en la única norma de ruido ambiental del país hasta la fecha. Se hace mención a ello ya que en esta norma se establecen los lineamientos generales del proceso de aplicación del ECA Ruido Ambiental y en base a sus disposiciones sobre los artículos 10, 12, 13, 20 y en especial de los artículos 23 y 24 específicamente de las Municipalidades Distritales, cuyas competencias obedecen a:

- Coordinar la aplicación de los planes de prevención y control de la contaminación acústica en su región geográfica con los Municipios Provinciales.
- Fiscalizar el cumplimiento de las normas establecidas para prevenir y regular la

contaminación acústica en el marco del Municipio.

“La elaboración de mapas de ruido puede llevarse a cabo de dos maneras, o en combinación con ambas: midiendo los niveles de ruido in situ en cada zona de interés, o utilizando un modelo de predicción del ruido del tráfico, o TNM”. (Traffic Noise) (Quartieri et al., 2009).

La aplicación de modelos predictivos de ruido ambiental permite predecir los niveles acústicos de vía arterial considerando el volumen, composición del tráfico de vehículos, la velocidad del tráfico y las características del diseño de la vía, entre otros. (Steele, 2001). Por el momento, existen varios modelos, la mayoría de ellos diseñados por países miembros de la Unión Europea. (CoRTN, del Reino Unido; NMPB-ROUTES-96 y 2008, de Francia; RLS-90, de Alemania; STL86, de Suiza; STATENS PLANVERK-96, CNOSSOS de la comunidad europea, entre otros) (Garg et al., 2014; Steele, 2001)

Sobre estos argumentos y a ello sumado los antecedentes de contaminación sonora que aquejan al distrito de Chimbote por años es que se plantea el presente proyecto de investigación.

Sin embargo debido a los diferentes registros de información de contaminación sonora en el ámbito de estudio es que nace la necesidad de plantear esta investigación denominada “ Modelamiento Ambiental aplicando el software SOUNDPLAN en la evaluación de la contaminación sonora del distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Región Ancash”, con la finalidad de que se constituya como una herramienta de soporte de análisis a nivel interdisciplinario y asimismo para generar modelos de la variabilidad de los niveles de ruido en el distrito en mención y a partir del cual tomar decisiones en lo que respecta a la evaluación y control de este tipo de contaminación en el

ámbito de estudio en términos ambientales en beneficio de la mejora de la calidad de vida de la población residente y que sirva en el corto y mediano plazo como una estrategia en el control en el ámbito de estudio para que se constituya como una herramienta de análisis dentro de un Programa local de Vigilancia y Monitoreo Ambiental de la Contaminación Sonora complementada a la gestión ambiental del distrito de Chimbote; siguiendo aspectos estipulados en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental del MINAM y en el marco de Gestión Ambiental en beneficio de la mejora de la calidad de vida de la población residente en el ámbito de estudio.

Es necesario determinar de qué manera varían los niveles de ruido actuales y pasados en el ámbito de estudio, debido a que existe un total descontrol de las unidades motorizadas en las principales avenidas de ingreso a la zona urbana, lo que provoca un incremento de los niveles de ruido por el uso inadecuado de las bocinas de los vehículos. La municipalidad provincial del Santa ha recibido varias quejas por este motivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La región de investigación comprende el distrito de Chimbote, que se encuentra dentro de la provincia del Santa en la Región Ancash. Sus coordenadas son 9°04'28" S, 78°35'35" O. Limita al norte con los distritos de Santa y Coishco, y al este con los distritos de Macate y Cáceres del Per; y al sur con el distrito de Nuevo Chimbote.

Tabla 1
Información geográfica, demográfica y climatológica del ámbito de estudio

Distrito	Superficie Km ²	Población	Clima	Temperatura media anual (°C)	Precipitación anual (mm)
Chimbote	26,565 km ²	425,367 hab 140.57 hab/km ²	Desértico	19.3°C	7 mm

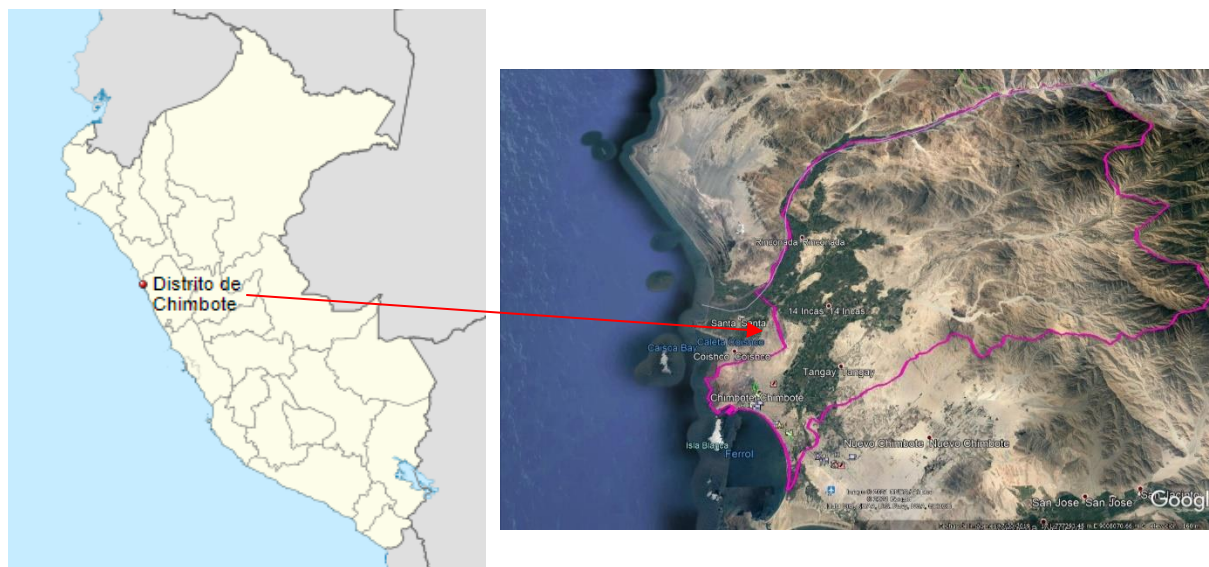


Figura 1. Localización del ámbito de estudio

El instrumento de medición para el recojo de datos fue un sonómetro de clase 1, de marca CIRRUS RESEARCH Modelo CR:171b Serie G071662, Numero de serie: 75620, las observaciones fueron realizadas en las diferentes de la ciudad de Chimote y en horas de mayor congestión vehicular y tránsito peatonal.

Existe un único estándar de aplicación en el Perú para exposición de la población a niveles de ruido ambiental, cuyas unidades corresponden a niveles equivalentes de ruido con ponderación A (LAeqT). D.S. N° 085-2003-PCM. - Aprueban el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

Tabla 2
Estándar Nacional de Calidad de Ruido Ambiental (D.S. 085-2003-PCM)





Zona de Aplicación	Valores expresados en LAeqT	
	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de Protección Especial	50 dB(A)	40 dB(A)
Zona Residencial	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona Comercial	70 dB(A)	60 dB(A)
Zona Industrial	80 dB(A)	70 dB(A)

Fuente. D.S. 085-2003-PCM

Se utilizó la regresión logística binomial y/o polinomial, donde se considera la variable dependiente el nivel de contaminación ambiental, las variables independientes consideradas fueron cantidad de vehículos particulares, número de establecimientos comerciales.

En relación a los niveles de contaminación sonora y considerando lo estipulado según ECA Ruido bajo la normativa vigente para el caso del Perú (D.S. 085-2003-PCM), se consideró la estratificación de ruido ambiental de la siguiente manera, tenemos:

Tabla 3
Clasificación de los Niveles Sonoros en relación ECA Calidad de Ruido Ambiental (D.S. 085-2003-PCM)

Color	Descripción del Nivel de contaminación sonora
	Bajo
	Medio
	Alto
	Muy Alto

También se utilizó un análisis de conglomerados para describir zonas similares no sólo en cuanto a la congestión vehicular,

sino también en cuanto a la contaminación acústica generada por diversos factores, teniendo en cuenta las horas punta de tráfico vehicular y peatonal (turno de mañana: 07:00 am a 12:00 pm, turno de tarde: 12:00 pm a 06:00 pm). Los resultados se evaluaron y confirmaron ampliamente, teniendo en cuenta todos los supuestos estadísticos necesarios.

Se utilizó el software estadístico SPSS versión 25 para realizar la regresión logística y el análisis de conglomerados; también se utilizó Excel 2016 para diversos análisis y visualizaciones.

Para obtener los modelos predictivos de niveles de ruido o contaminación sonora a través del modelamiento ambiental en cada horario conforme al periodo de años considerado (2014, 2015, 2016, 2018 y 2019) se utilizó los siguientes datos se analizaron con el software SoundPLAN 8.2: niveles de ruido, altura y superficie de los edificios, anchura y superficie de las carreteras, zonas verdes, curvas de nivel (topografía) y parámetros meteorológicos.

- Configuración de parámetros del proyecto (normativa, variables meteorológicas, coordenadas e instrucciones de cálculo).
- Base de datos geográficos
- Modelo de elevación del terreno (DGM).
- Importación de componentes específicos del distrito (carreteras, edificios, zonas verdes).
- Componentes de la ciudad compatibles con el MDE.
- Configuración y cálculo de mapas de ruido.
- Configuración y visualización de mapas de ruido.

Procesamiento de datos

Todos los datos recolectados se digitalizaron, y mediante el cual se obtuvieron los promedios de los valores del Lmax, Lmin y Leq a través del modelamiento ambiental utilizando el software SOUNDPLAN, tanto para el turno de la mañana como de la tarde y noche, de cada uno de los años evaluados.

Procedimiento de datos para el método Kriging Ordinario

Se generó los modelos predictivos haciendo uso de la herramienta Kriging, para generar los mapas de ruido correspondientes a los años de evaluación considerados (2014, 2015, 2016, 2018 y 2019). Al finalizar la generación de mapas se procedió a obtener la información de los datos extrapolados por el método Kriging Ordinario.

El kriging es una técnica de inferencia espacial que ayuda a estimar valores de una variable en zonas no muestreadas a partir de la información contenida en la muestra.

El enfoque se construyó de tal manera que produjo el mejor estimador lineal insesgado con el alcance de la menor varianza.

El enfoque Kriging se utiliza cuando tenemos un conjunto de N valores observados $z(x_1), \dots, z(x_N)$ y necesitamos obtener una función lineal de la variable Z. (x). Es decir, su valor medio en una zona determinada conocida como Z_v . El término puede ser utilizado para significar esta cantidad:

$$z_v = \frac{1}{V} \int_v z(x) dx$$

Donde V puede ser considerado como un depósito o un simple punto.

Para estimar Z_v , consideramos un promedio ponderado de los datos:

$$z_v^* = \sum \lambda_i z(x_i) \text{ en donde } \lambda_i \text{ son los pesos asignados}$$

La simbología ("*") indica una estimación. La cuestión es adquirir las ponderaciones de la manera más eficiente posible. Es entonces cuando entra en juego el modelo geoestadístico, que tiene en cuenta la variable regionalizada. Es decir, la media de la población (valor esperado $E[\cdot]$) de las disparidades asociado y los verdaderos de la variable debe ser cero.

$$E[Z_V^* - Z_V] = 0$$

Por otro lado, una segunda condición establece que la varianza del estimador debe ser mínima, esto es:

Por otra parte, se establece que la varianza del estimador debe ser mínima, esto es:

Var[$Z_V^* - Z_V$] es un mínimo

La media del error de estimación $E[Z_V^* - Z_V]$ está expresado de la siguiente manera

$$E\left[\sum \lambda_i Z(x_i) - Z_V\right] = \sum \lambda_i m - m = m\left[\sum \lambda_i - 1\right]$$

En donde $Z_V^* = \sum \lambda_i Z(x_i)$ que consiste en una combinación lineal de los valores observados $z(x_i)$ y las λ_i son considerados los pesos que se asignan a cada observación.

Con el fin de evitar el sesgo, el valor de errores a obtener y el deseable debe ser 0, lo que significa que, o bien $m = 0$, o bien las ponderaciones λ_i deben sumar 1. En la primera situación, la media es conocida, por lo que el enfoque Kriging simple (KS) es adecuado. Si m es desconocido e λ_i es igual a 1, la solución se encuentra utilizando el enfoque Kriging convencional (KO).

Para el desarrollo del modelamiento ambiental aplicado en la evaluación de la contaminación sonora del distrito de Chimbote se procedió a la recopilación preliminar de información cartográfica de los sgtes datos en mención:

- Establecer los parámetros (factores meteorológicos, coordenadas, cálculo, entre otros)
- Determinación del modelo de elevación de terreno (DGM).
- Importación de geodatabase (curvas de nivel, niveles de ruido).
- Importación de componentes como carretera, áreas verdes, edificios.
- Adaptación de componentes de ciudad compatibles con el DGM.
- Cálculo de los mapas de ruido.
- Visualización de mapas de ruido

Seguidamente se estructuró la base de datos de los monitoreos correspondientes ruido ambiental llevado a cabo en el periodo de años de evaluación en el ámbito de estudio (2014, 2015, 2016, 2018 y 2019) bajo un formato de hoja de cálculo, obteniéndose los sgtes alcances de información.

Tabla 4

Relación de Puntos de monitoreo de ruido ambiental en el ámbito de estudio por rango de años

Años	Cantidad de monitoreos de ruido Ambiental ejecutados
2014	36
2015	9
2016	30
2018	30
2019	30
TOTAL	135

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 2. *Monitoreo de Ruido Ambiental Año 2014*

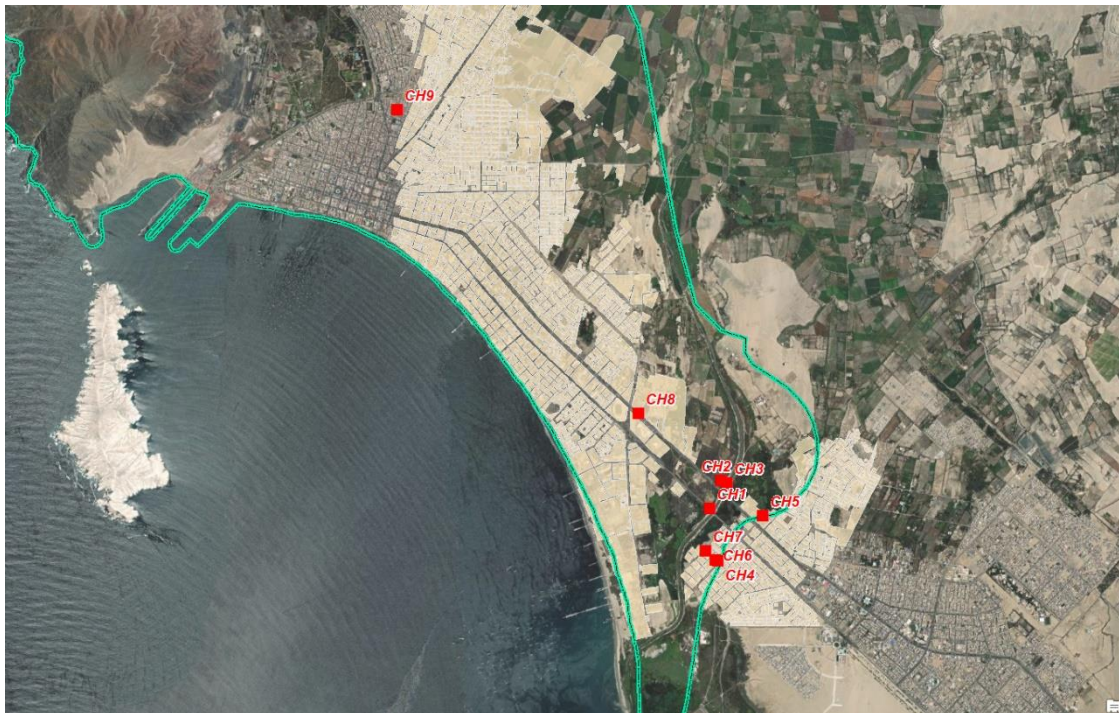


Figura 3. *Monitoreo de Ruido Ambiental Año 2015*

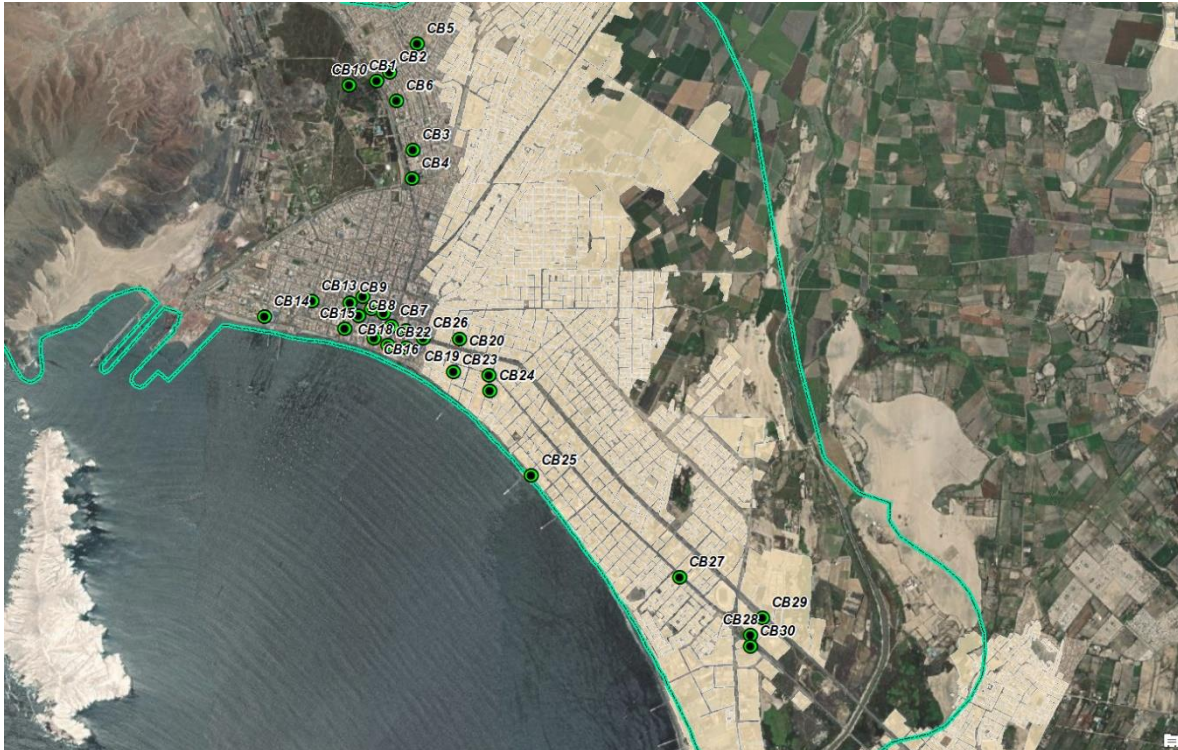


Figura 4. Monitoreo de Ruido Ambiental Año 2016

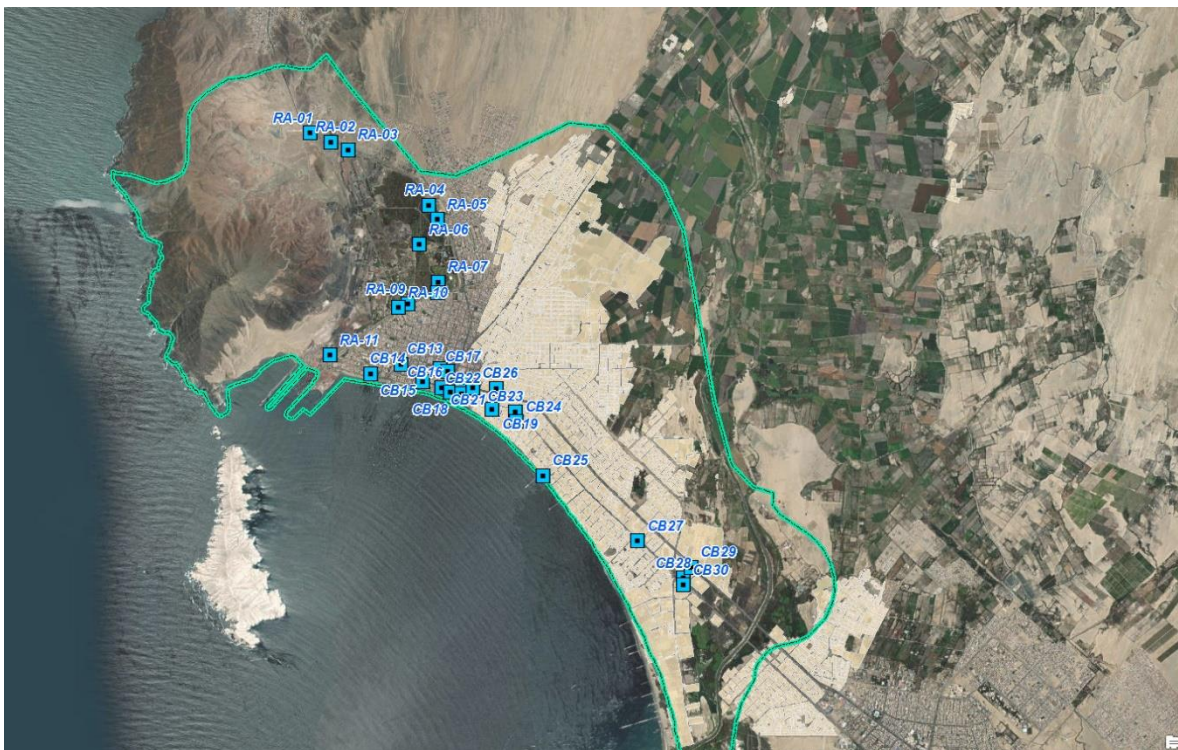


Figura 5. Monitoreo de Ruido Ambiental Año 2018

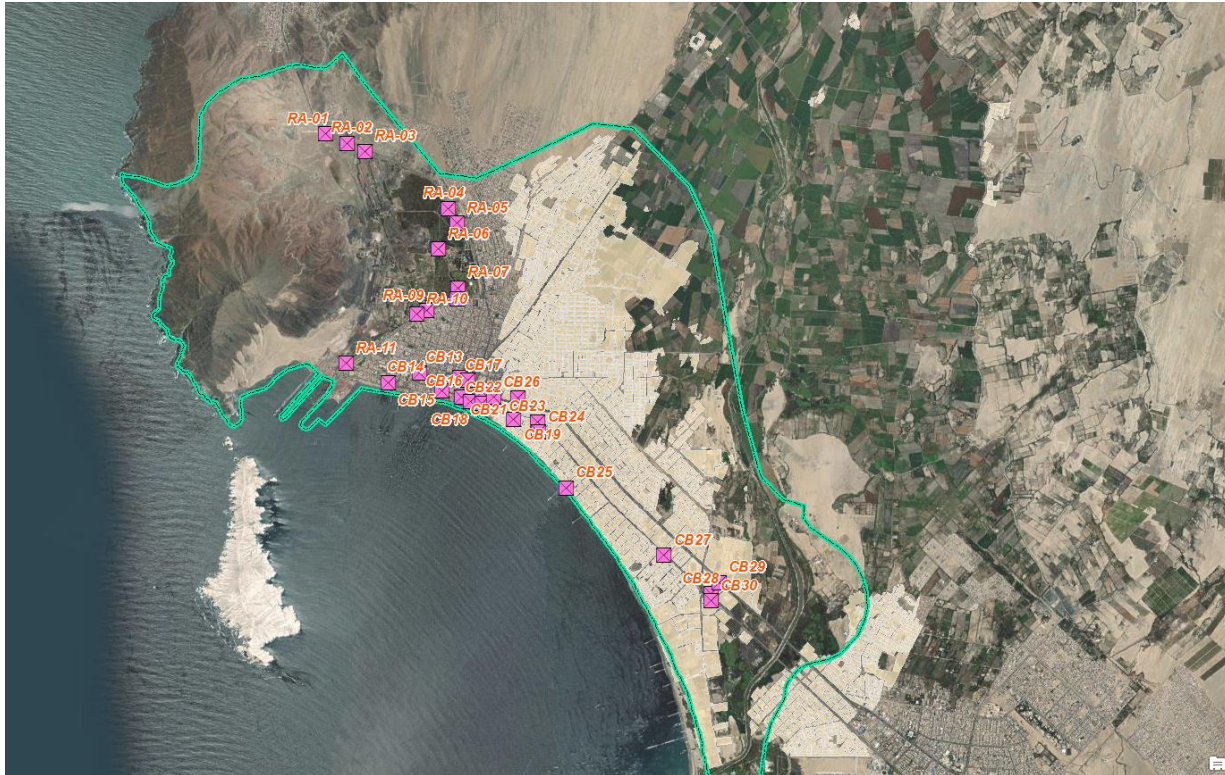


Figura 6. Monitoreo de Ruido Ambiental Año 2019

Para construir el modelo ambiental de la región investigada se utilizó el software SOUNDPLAN 8.2 para crear un modelo informático de la zona. El modelo físico de construcción del sector se creó utilizando una base de datos que incluía características sobre referente a trazado de calles, anchura y la distribución y las alturas de los edificios. Estos datos se recogieron tanto sobre el terreno como a través de tecnologías de información como Google Earth (que se utilizó sobre todo para determinar la altura de los edificios y la distribución de las unidades de construcción).

Se utilizó la norma ISO 9613-2:1996 con la finalidad de proporcionar características de propagación, mientras que la norma alemana RLS-90 se utilizó para especificar el modelo de fuente sonora (carreteras). Esta última recomienda $L_m(25)$ como descriptor principal, que se define como el valor medio registrado a 2,5 metros del centro del carril de

la carretera. Es proporcional al número de vehículos en base a la hora M y al porcentaje de vehículos pesados p , siempre que se cumplan determinados parámetros como límite de velocidad inferior a 100 km/h, una pendiente de la carretera menor a 5% y un firme predefinido (asfalto).

$$L_m^{(25)} = 37,3 + 10 \log[M(1 + 0,082p)]$$

Cuando no se cumplen los criterios anteriores, el valor medio medible a 25 m se denomina L_m, E . Este valor se compone del valor $L_m(25)$ sumado a ello una secuencia que compensan los requisitos anteriores. Los aspectos a considerar son los siguientes:

- Corrección relacionada a velocidad (D_v)
- Corrección asociada a diferentes tipos de superficie de carretera (D_{Str})
- Corrección determinada por gradiente (D_{sig})
- Corrección establecida por reflexiones (D_E)

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + D_v + D_{str} + D_{sig} + D_E$$

Internamente, el programa de simulación realiza las modificaciones mencionadas, para lo cual se debe especificar el límite de velocidad previsto, así como la pendiente y la composición de los materiales de la carretera.

Los mapas de ruido se crearon utilizando una cuadrícula de 10x10 m, tal y como recomienda el Grupo de Trabajo sobre Exposición al Ruido de la Agencia Europea de Medio Ambiente. (WG-AEN, 2007).

“Para ahorrar tiempo durante las fases de carga y elaboración del modelo, se han realizado varias simplificaciones particulares, principalmente relacionadas con las características arquitectónicas de la zona, como también recomendó el Grupo de Trabajo de la Agencia Europea de Medio Ambiente” (WG-AEN, 2007). Con referencia a arquitectura, se han simplificado los bloques. En los casos en los que los edificios eran totalmente residenciales con una altura máxima de dos plantas, la modelización se redujo a una sola unidad con la altura media de los encuestados en la manzana. Sin embargo, las estructuras que eran mucho más altas que sus vecinos se modelaron por separado.

En cuanto a las intersecciones con carreteras, la clasificación se determinó en función del flujo de tráfico y de la proporción de vehículos pesados medida in situ en cada punto de medición.

Tabla 5

Tipo y velocidad de vías en el ámbito de estudio

Tipo de Vía	Velocidad máxima (km/h)
Avenidas	60
Calles y Jirones	40

- Avenidas: se definen principalmente por un flujo continuo de vehículos de alta velocidad y sirven como corredores que aumentan la distribución del tráfico a través de varios distritos en el ámbito de estudio.
- Calles y jirones: presentan un flujo vehicular constante a velocidades moderadas a altas y sirven como puntos de acceso y salida del sector residencial hacia las avenidas u otras regiones cercanas. Tienen preferencia en los cruces con las vías locales.

Para una mejor interpretación del comportamiento del sistema vial en el ámbito de estudio se procedió a diseñar un diagrama de caja con el software estadístico SPSS 25, que represente el flujo vehicular en el distrito de Chimbote, considerada una de las variables importantes para el desarrollo del modelamiento ambiental.

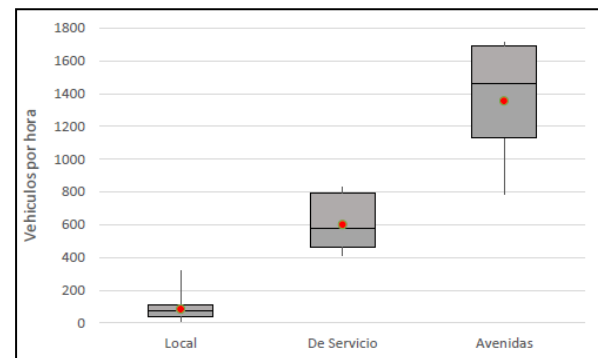


Figura 7. Diagrama de flujo vehicular según categoría

Con respecto a los datos de monitoreo de ruido ambiental para el desarrollo del modelamiento ambiental y de esta manera obtener los diferentes modelos predictivos de evaluación de contaminación sonora por turno horarios (turno mañana, tarde y noche), se realizó un análisis exploratorio de datos periodo pico a través del software SPSS v25.

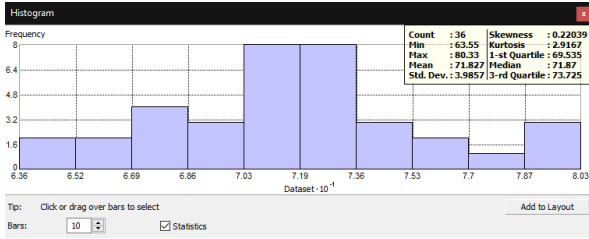


Figura 8. Histograma de frecuencias Turno Mañana (Monitoreo Año 2014)

Para el año 2014 horario turno mañana, el comportamiento de las mediciones presentó un ligero aumento en la desviación estándar debido a que el valor mínimo fue menor al registrado en la hora pico.

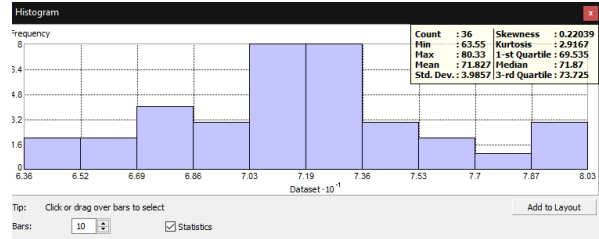


Figura 1. Histograma de frecuencias Turno Mañana (Monitoreo Año 2015)

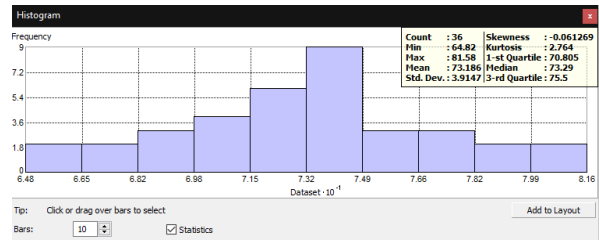


Figura 2. Histograma de frecuencias Turno Noche (Monitoreo Año 2015)

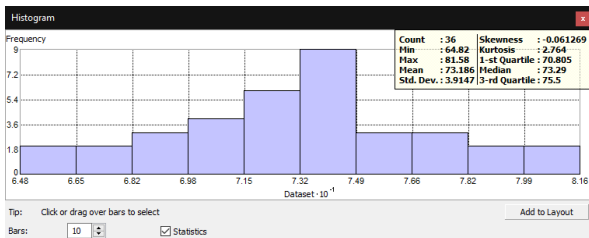


Figura 9. Histograma de frecuencias Turno Tarde (Monitoreo Año 2014)

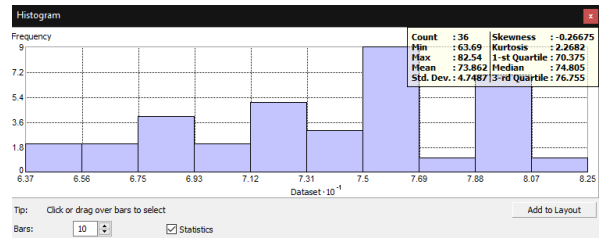


Figura 3. Histograma de frecuencias Turno Noche (Monitoreo Año 2015)

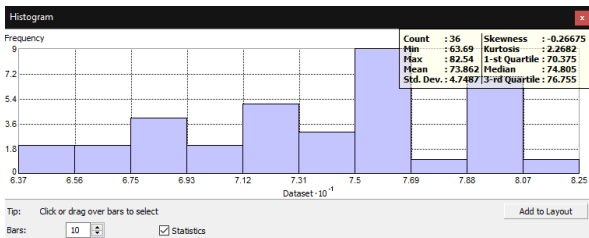


Figura 10. Histograma de frecuencias Turno Noche (Monitoreo Año 2014)

Para el año 2014 en horario turno tarde y noche, el comportamiento de las mediciones presenta diferencias relevantes en aumento siendo la desviación estándar más significativa en horario nocturno y en donde para ese año se registra mayor contaminación sonora en el ámbito de estudio. “Los niveles de presión Sonora son mayores sobrepasando lo estipulado en el ECA Ruido Ambiental” (D.S. 085-2003-PCM).

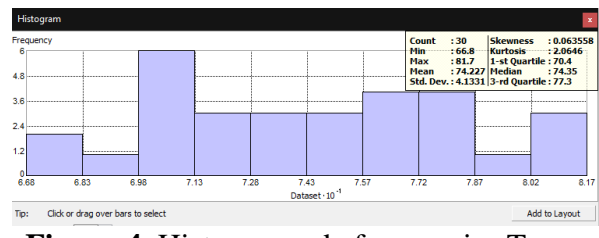


Figura 4. Histograma de frecuencias Turno Mañana (Monitoreo Año 2016)

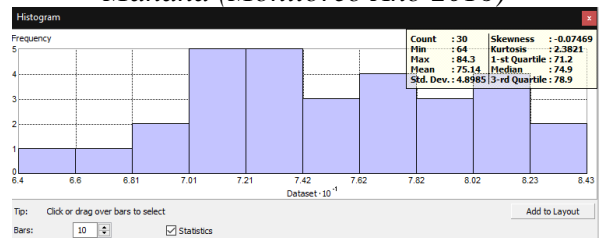


Figura 5. Histograma de frecuencias Turno Tarde (Monitoreo Año 2016)

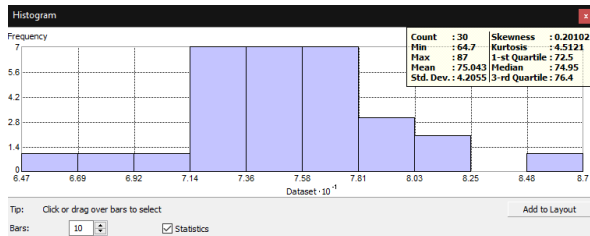


Figura 6. Histograma de frecuencias Turno Noche (Monitoreo Año 2016)

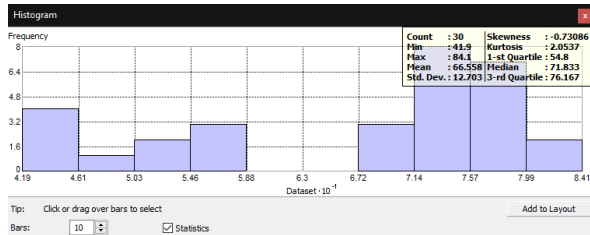


Figura 7. Histograma de frecuencias Promedio Diurno (Monitoreo Año 2018)

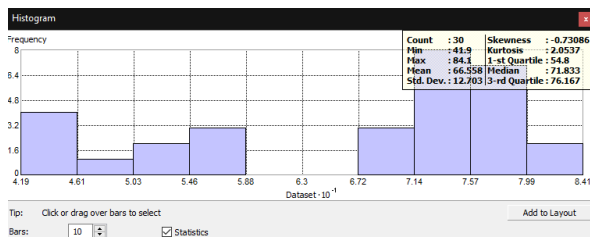


Figura 8. Histograma de frecuencias Promedio Diurno (Monitoreo Año 2019)

En base a los histogramas obtenidos, para el año 2015 se presentó un mayor aumento significativo y una homogeneidad de la presión sonora significativa en lo que respecta al turno noche. Con respecto al horario de turno mañana el comportamiento del nivel sonoro fue de alto a muy alto.

- Para el año 2016 para los turnos tarde y noche el comportamiento del nivel de presión Sonora fue alto con desviaciones estándar entre 4.2055 a 4.8985

- Para el año 2018 hacia la parte sur del distrito de Chimbote se reflejó una mayor concentración de contaminación Sonora significativa crítica. La desviación estándar fue de 12.703
- Para el año 2019 horario turno mañana, el comportamiento de las mediciones fue alto hacia la parte sur con un registro de desviación estándar de 12.703

Una vez realizado el análisis estadístico de los datos de monitoreo ambiental con el software SPSS, se procedió a la elaboración del modelamiento ambiental por años del comportamiento de nivel de contaminación sonora en el distrito de Chimbote sujeta a lo estipulado según ECA Ruido Ambiental con el D.S.085-2003-PCM para la obtención de los diferentes modelos predictivos de evaluación por turno horarios utilizando el software SOUNDPLAN 8.2 bajo el método geoestadístico Kriging Ordinario, los resultados obtenidos fueron las sgtes, tenemos:

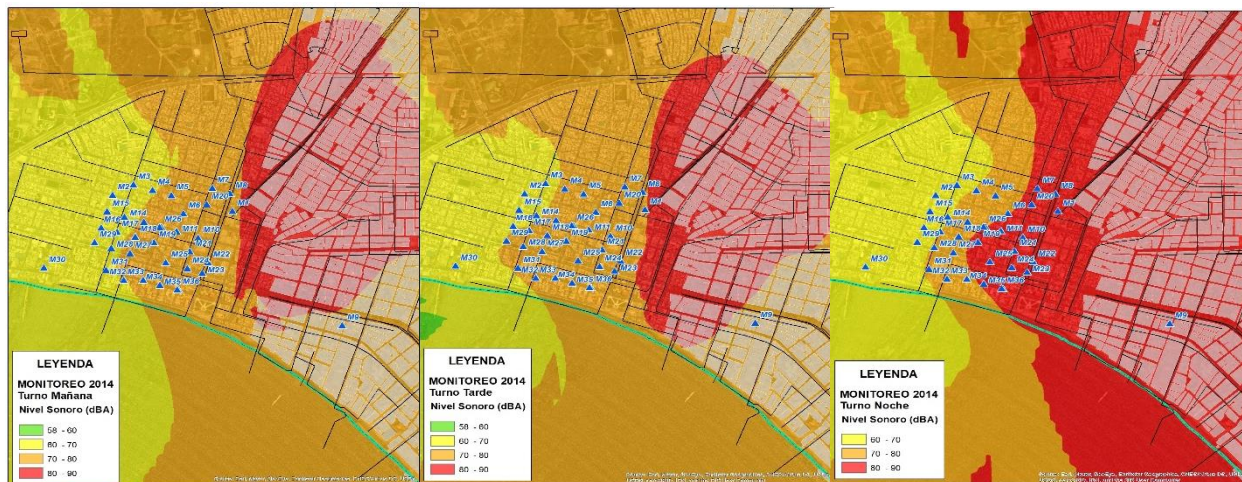


Figura 9. Modelamiento Ambiental Ruido – Año 2014

El modelamiento ambiental de contaminación sonora obtenido para el año 2014 reflejó un comportamiento crítico hacia la parte central de la ciudad de Chimbo debido al constante flujo vehicular y la presencia de fuentes fijas en ese sector.

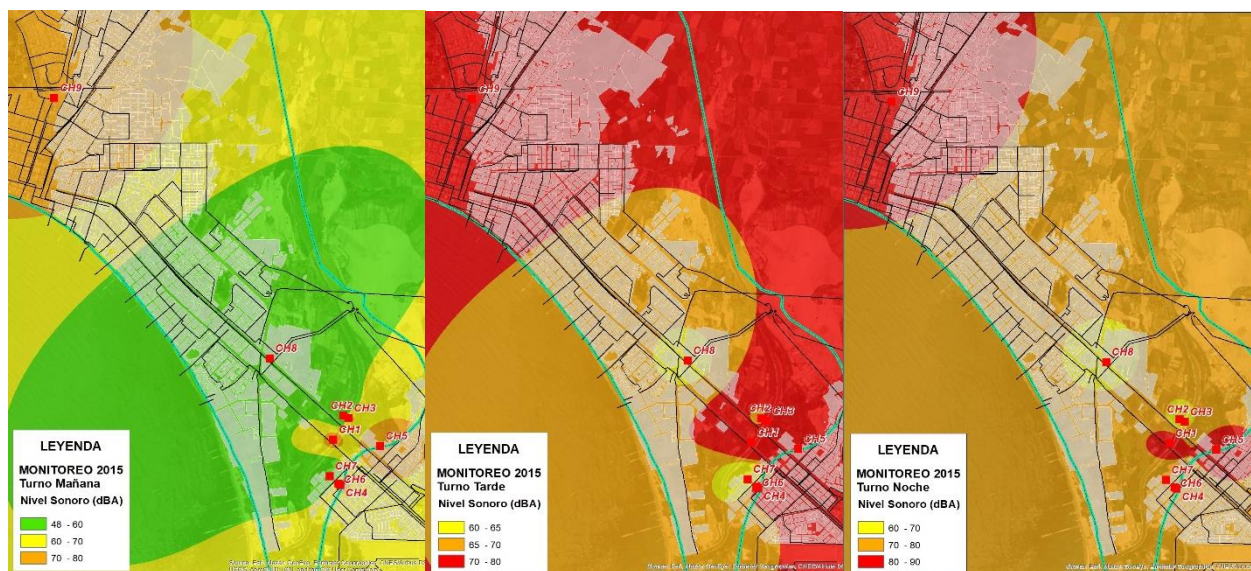


Figura 20. Modelamiento Ambiental Ruido – Año 2015

Con respecto al año 2015, se presentó una mayor incidencia en horarios de la tarde y noche, registrándose en un 90% dentro de la jurisdicción del casco urbano de Chimbo.

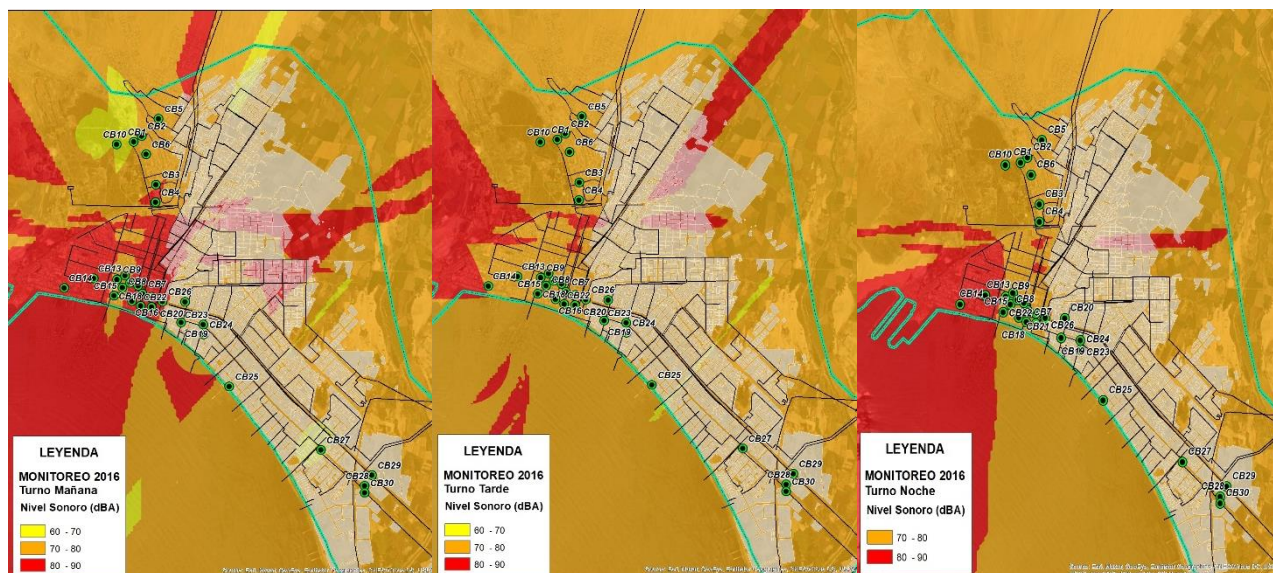


Figura 10. Modelamiento Ambiental Ruido – Año 2016

Con respecto al año 2016, las concentraciones de contaminación fueron más significativas englobando al distrito en condiciones de niveles de presión sonora de alto a muy alto, sobrepasando en más de 5 veces lo permitido según ECA Ruido Ambiental.

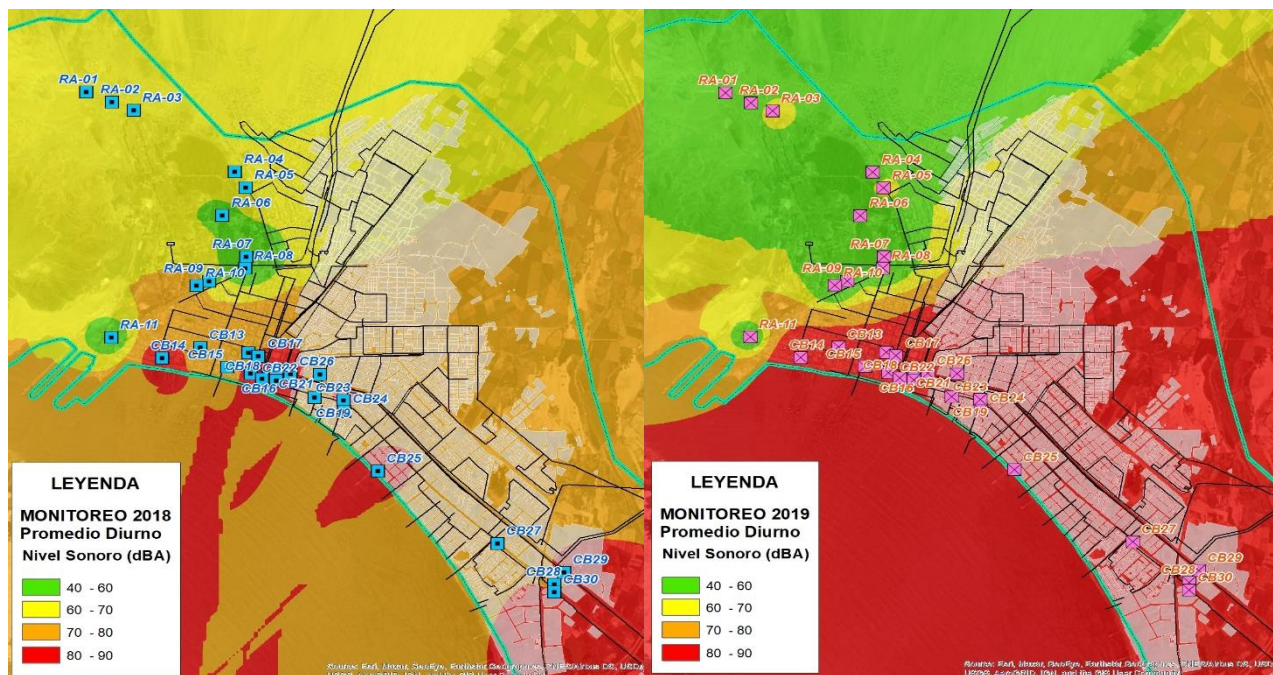


Figura 11. Modelamiento Ambiental Ruido – Año 2018 y 2019

Con respecto a los años 2018 y 2019, la mayor significancia de contaminación sonora se reflejó para el año 2019.

A partir de estos resultados con los diferentes mapas de ruido acorde al periodo de

años evaluados en el distrito de Chimbote, se realizó un análisis y comparación para establecer el margen del error en cada resultado.

Se identificaron como zonas con mayores niveles de ruido y contaminación acústica la carretera Panamericana Norte, que registró un promedio de 80 dB en el período diurno, y las intersecciones de la avenida José Gálvez, que registraron un promedio de 80,36 dB entre la avenida José Gálvez y la avenida Alfonso Ugarte y un mínimo de 79,65 dB entre la avenida José Gálvez y la avenida Francisco Bolognesi.

Los valores máximos y mínimos registrados dentro del área urbana durante el periodo diurno fueron: la intersección de la Av. José Gálvez y la Av. Alfonso Ugarte, que registró un promedio de 85,50 dB (decibeles), la intersección de la Av. Sáenz Peña y la Av. Francisco Bolognesi, que registró 66,50 dB durante el periodo diurno, superando ambas el límite del ECA para el ruido ambiental según el reglamento ambiental (D.S. 085-2003-PCM).

CONCLUSIONES

Como conclusión general se obtuvo que el modelamiento ambiental aplicando el software soundplan permitió evaluar de manera adecuada de este tipo de contaminación en el ámbito de estudio considerando para ello un rango de periodo de años establecido (2014, 2015, 2016, 2018 y 2019) respectivamente. Estos resultados fueron a su vez comparados en referencia a la normativa ambiental vigente.

Los niveles de ruido en el área urbana del distrito de Chimbote para los años 2014, 2015, 2016, 2018 y 2019 fueron representados mediante simulaciones con el software SoundPLAN 8.2, el cual tomó en cuenta las edificaciones, las vías, las áreas verdes y la topografía, los cuales influyen en la dispersión del ruido a través de la modelación ambiental.

Con respecto al año 2014, se obtuvo que la mayor concentración de contaminación

sonora se dio en el turno de la noche en categoría de alto a muy alto con decibeles superiores a 75 dBA y alcanzando un registro crítico en ese periodo de turno de 86.5 dBA

Concerniente al año 2015, los turnos de mayor incidencia de contaminación sonora críticos para el distrito de Chimbote fueron en los turnos tarde y noche con valores superiores a 87.5 dBA a más, parte de esta consecuencia debido a la congestión vehicular descontrolada.

Para el año 2016 el escenario de concentración de contaminación sonora fue superior a los años 2014 y 2015. En este año se registró tendencias de incremento por más de 90 dBA y un mínimo de 77.5 dBA

Sin embargo, para los años 2018 y 2019 se evidenció un incremento considerable de la contaminación sonora en el periodo diurno cuyos rangos fluctuaron entre 76.8 dBA a 88 dBA. siendo estos datos no favorables en el ámbito de estudio y perjudicial en la población residente.

Cabe resaltar que la Carretera Panamericana Norte tiene una gran influencia significativa en el aumento de la contaminación sonora en el ámbito de estudio, cada vez que por ella circulan a diario un sin número de vehículos, observándose niveles de presión sonora equivalente en exceso (superiores a los 79.6 dBA) en el distrito de Chimbote.

La presencia de una mayor contaminación acústica en el distrito de Chimbote hace necesaria la continuación de una red de monitoreo más amplia para recoger datos más completos que permitan a los investigadores relacionar las variaciones en los niveles de ruido ambiental con los riesgos para la salud, la morbilidad y la mortalidad,

así como las condiciones topográficas, meteorológicas y de urbanización.

Finalmente se concluyó que es fundamental y necesario la continuación de nuevos estudios e investigaciones en el mediano y largo plazo que permitan entablar estrategias del manejo del ruido ambiental local y urbano a través de nuevos modelamientos ambientales y el desarrollo de medidas estructurales y no estructurales para la minimización de los posibles impactos negativos potenciales en el entorno del ámbito de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Peruana Unión – Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por toda la formación brindada durante el periodo de años de estudio en la especialidad. Al Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio por su apoyo profesional en calidad de asesor de tesis y al Ing. Claude Meléndez Chota por sus aportes, sugerencias y recomendaciones en el tema tratado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J Oudin, A., Sundstrom, A., Forsberg, B., Adolfsson, R. & Nordin, M.(2018). Road traffic noise, air pollution, and risk of dementia - results from the Betula project. *Environmental Research*, 166, 334-339. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.008>
- Antunez Huerta, E., & Chacon Camacho, K. (2018). Evaluación y Modelamiento de los Niveles de ruido ambiental en la zona urbana del Distrito de Independencia – Provincia de Huaraz 2016, Jesus Maria. *Tesis de Grado*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz.
- Brown, A, I. & Van Kamp, I. (2017). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review of Transport Noise Interventions and Their Impacts on Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 (8). <https://doi.org/10.3390/ijerph14080873>
- Calero C., A. (Noviembre de 2016). Estudio de la contaminación acústica en la población de bellreguard. *Revista EBSCO*. Recuperado el 2017 de Abril de 14, de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74472/TFG%20BELLREGUARD__Alejandro%20Carlos%20Calero_14733367860561896797656591178931.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Chuquillanqui Camarena, J. (2017). Analisis de los niveles sonoros en las avenidas Salaverry y San Felipe utilizando como instrumentos de gestión el IDW y Kriging Ordinario, Jesus Maria. . *Tesis de Grado*. Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Diario Oficial el Peruano. (30 de Octubre de 2003). Decreto Supremo N° 085 – 2003 - PCM. Obtenido de <http://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>
- Diario Oficial el Peruano. (24 de Julio de 2017). Decreto Supremo N° 033-2001- MTC. Obtenido de http://www.elor.com.pe/portal/wp-content/uploads/2014/04/LEG_00026_ds-033-2001-mtc-reglamento_nacional_transito.pdf
- Diego Tortosa, D. (2016). *Servicio de levantamiento de información de la contaminación sonora en áreas específicas a través de la elaboración de mapas sonoros estratégicos y el análisis subjetivo en el distrito de San Isidro de la ciudad de Lima*. Lima.
- Diego Tortosa, D. (2016). *Servicio de levantamiento de información de la contaminación sonora en áreas específicas a través de la elaboración de mapas sonoros estratégicos y el análisis subjetivo en el distrito de San Isidro de la ciudad de Lima*. . Lima.

- Dzhambov, A. M., Markevych, I., Tilov, B., Arabadzhiev, Z., Stoyanov, D., Gatseva, P., & Dimitrova, D. D. (2018). Pathways linking residential noise and air pollution to mental ill-health in young adults. *Environmental Research*, 166, 458 - 465.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.031>
- Flores Saldaña, L., Pirro Lozano, M., Bollet Ramírez, F., Cárdenas Seijas, A., & Vargas Espinoza, J. (2015). *Determinación de la Contaminación Acústica por Vehículos Motorizados en tres puntos estratégicos de Pucallpa*. Pucallpa.
- Garg, N., Maji, S. (2014), A critical review of principal traffic noise models: Strategies and implications. *Environmental Impact Assessment Review*, 46:68–81
- Guibovich Arroyo, D. (2015). Epidemiología de la contaminación acústica del distrito de Nuevo Chimbote. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Chimbote.
- ISO, 1996-1. (2016). *Acoustics-Description, measurement and assessment of Environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures*.
- Loli Mendoza, R. (2019). Inaplicación de ordenanza N° 022-2008 sobre contaminación sonora y vulneración del derecho a la tranquilidad, Chimbote 2017. *Tesis de Maestría*. Universidad San Pedro, Chimbote.
- López Trujillo, D., López Villarreal, S. (2018). Análisis de la Contaminación acústica generada por el parque automotor en la zona urbana de la ciudad de Ibarra, Ecuador. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Miyara, F., & Sanguinetti, J. (1999). *La contaminación acústica en los medios de transporte urbano de rosario*. Comité universitario de política ambiental secretaria de ciencia y tecnología universidad nacional de rosario., Argentina.
- Navarrete Marroquin, J. (2019). Análisis de la Tipicidad e Imputación objetiva del delito de contaminación ambiental (Contaminación Sonora) en la Jurisdicción Peruana. *Tesis de grado*. Universidad Femenina del Sagrado Corazón, Lima, Perú.
- OMS (2018) Escuchar sin riesgos. Departamento de enfermedades no transmisibles, discapacidad y prevención. Switzerland
- Paredes Galarza, A. (2020). Contaminación acústica y su incidencia en la salud de los habitantes en el Cantón Santa Ana. Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.
- Pérez Quispe, S. (2018). Modelo Estadístico para determinar el nivel de contaminación sonora, distrito de Puno. *Tesis de Doctorado*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Quartieri, J., Mastorakis, N.E., Iannone, G., Guarnaccia, C., Ambrosio, S.D., Troisi, A., Lenza, T., (2009) A Review of Traffic Noise Predictive Models. *Recent Advances in Applied and Theoretical Mechanics –Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Applied and Theoretical Mechanics*, 72–80
- Rodríguez Manzo, F., Juárez Gonzales, L. (2020). Exploración cualitativa sobre el ruido ambiental urbano en la Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México.
<https://doi.org/10.24201/edu.v35i3.1934>
- Salgado, A.M. (2020). Nivelación de contaminación por congestión vial en ciudades urbanas. Una revisión sistemática entre 2009 - 2019 (Trabajo de Investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/26156>
- Salazar Sanchez, D. (2016). Fuentes generadoras de impacto sonoro en los pobladores de la ciudad de Chimbnote – Provincia del Santa - Ancash. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Santos de la Cruz, E. (2017). Contaminación sonora por ruido vehicular en la Av. Javier Prado, Industrial Data (citado 13 Mar 2017); 10 (1) disponible en <http://revistasinvestigación.unmsm.edu.pe/index.php/idata/search/search>
- Saquisilí S. (2015). Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues. Universidad de Cuenca.

- SiderPerú. (2018). *Informe de monitoreo trimestral de efluentes y aguas superficiales, calidad de aire y meteorología, emisiones atmosféricas y ruido ambiental – Monitoreo ambiental Primer, Segundo, Tercer y Cuarto Trimestre 2018 – Complejo Industrial de Chimbote*. Chimbote.
- SiderPerú. (2019). *Informe de monitoreo trimestral de efluentes y aguas superficiales, calidad de aire y meteorología, emisiones atmosféricas y ruido ambiental – Monitoreo ambiental Primer y Segundo Trimestre 2019 – Complejo Industrial de Chimbote*. Chimbote.
- Skvortsov, Aleksandr, Savelyev, Anatoliy, Pyanzov, & Sergey. (2016). Evaluación del ruido residencial áreas en Saransk. *Revista EBSCO*. Obtenido de <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=92a5e74e-4f96-44f2-ac2475eee7d602ba%40sessionmgr120&hid=112&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=edsclk.16673320&db=edsclk>.
- Steele, C., (2001). A critical review of some traffic noise prediction models. *Applied Acoustics*, 62:271–287
- Tortosa Didac, D., Martínez Mora, J., & Llimpe Quintanilla, C. (2017). *Comparación de mapas de ruido obtenidos con software libre (opeNoise v0.3.1) y comercial (Predictor-Lima v11.10)*. . Perú.