

## **Influencia del flujo de tráfico vehicular en la contaminación sonora del Cercado de Lima**

### **Influence of flow of vehicular traffic noise pollution in downtown Lima**

**Visaga Fernández, Sandra Indira**

E. P. de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión - Lima

Recibido 18 de octubre del 2014 - Aceptado 27 de abril del 2015

---

#### **Resumen**

En este trabajo, se ha realizado una medición experimental de los niveles de ruido en 61 puntos estratégicos previamente definidos mediante una evaluación de la distribución espacial del Cercado de Lima, y a la vez en estos mismos puntos se ha recolectado información sobre el flujo del tráfico vehicular para determinar su influencia en la contaminación sonora. Para la recolección de data de campo; niveles de ruido y flujo de tráfico vehicular, se ha determinado una distribución temporal, comprendida en tres períodos; período día, tarde y noche, pues los niveles de ruido encontrados superaron en un 100% los estándares de calidad ambiental establecidos por la normativa peruana como es 085-2003 PCM. El análisis de la data recolectada permitió reconocer la influencia que existe entre el flujo del tráfico vehicular y los niveles de ruido dentro del área de estudio. Los resultados muestran que el tráfico vehicular influye en más del 50% en la contaminación sonora y el otro porcentaje puede ser explicado por otros factores.

**Palabras clave:** Ruido del tráfico vehicular, estándar de calidad ambiental, flujo de tráfico vehicular, mapa de ruido, contaminación sonora.

#### **Abstract**

In this paper, there has been an experimental measurement of noise levels at 61 strategic points previously defined by evaluating the spatial distribution of downtown Lima, while these same points have been collected information on the flow of vehicular traffic to determine their influence on noise pollution. For data collection field; noise levels and flow of traffic, has determined a temporary distribution, comprised of three periods; day, evening and night period, as found noise levels exceeded 100% environmental quality standards established by Peruvian law as PCM 085-2003. The analysis of the data collected allowed recognizing the influence between the flow of traffic and noise levels within the study area. The results show that influences vehicular traffic over 50% in the noise pollution and other percentage can be explained by other factors.

**Keywords:** Noise of traffic, environmental quality standard, flow of traffic, map noise, noise pollution.

## 1. Introducción

La contaminación sonora es uno de los problemas ambientales más desconocidos en el medio local. El desconocimiento del concepto de ruido, de sus causas, las características, y de los efectos, contribuye aún más a que sigamos postergando la lucha contra la contaminación. El contexto en el cual queremos desarrollar al país estos últimos años, debe de ir de la mano con la atenuación de los problemas ambientales (Rueda, 1989).

En promedio, más de la mitad del ruido generado en las zonas urbanas es producida por el tráfico rodado, por lo cual se ha convertido en una causa de tensión social entre el desarrollo económico y la calidad de vida en algunos lugares. A pesar de los esfuerzos realizados para reducir la emisión de ruido de los vehículos, las molestias por ruido no están disminuyendo debido en gran medida al crecimiento del parque automotor (Calvo et al., 2012).

El Cercado de Lima es el distrito capital de la ciudad de Lima, donde se ubican las sedes de las principales instituciones públicas del país, como el Palacio de Gobierno (centro del Poder Ejecutivo), el Palacio del Congreso de la República (centro del Poder Legislativo), y el Palacio de Justicia (centro del Poder Judicial). Además de la concentración de la representación de los Poderes del Estado concentra también las más importantes instituciones públicas de la ciudad capital (del Distrito de Lima y de la Provincia de Lima): administrada desde el Palacio Municipal de la Municipalidad de Lima (centro del gobierno municipal de esta urbe). Entre las instituciones religiosas se encuentran el Arzobispado de Lima ubicado en el Palacio Arzobispal contiguo a la Basílica Catedral.

El distrito Municipal del Cercado de Lima tiene un área superficial de 21,98 m<sup>2</sup>, hasta el año 2007 se estimaba una población de 299,493 habitantes. La ciudad cuenta con vías y un terminal de transporte segregado interdistrital (Metropolitano) que se interconecta con el tren eléctrico.

Para analizar las posibles medidas de la gestión en el control de ruido urbano, se hace necesario disponer de información real y completa de los niveles de ruido presentes en las diferentes aglomeraciones urbanas del país, es decir, realizar una evaluación de los niveles de la contaminación acústica o disponer de mapas de ruido (Suárez et al., 2011). Para lograr lo anterior, se ha optado por la elaboración de mapas de ruido en

el Cercado de Lima, mediante el software de modelación.

La densidad vehicular, el estado mecánico, la ausencia de una adecuada gestión del tránsito, la falta de conciencia ciudadana en temas ambientales, influyen en los valores elevados de los niveles de presión sonora, que estarían afectando principalmente áreas especiales (hospitales, centros de estudio), edificios de vivienda, centros de trabajo (oficinas, laboratorios), en general habitantes y población flotante (Llimpe et al., 2007).

Para determinar la influencia del flujo de tráfico vehicular en la contaminación sonora del área de estudio, se definió los tipos de vehículos (pesado y liviano) que transitaban por la zona de estudio de cada uno de los puntos de monitoreo estratégicos, definidos previamente de acuerdo en la evaluación espacial y su importancia para el estudio.

Se evaluó la distribución temporal donde se determinaron tres períodos de trabajo: día, tarde y noche, para la recolección de data de campo.

Con la data recolectada mediante software de análisis y procesamiento de datos y de elaboración de mapas de ruido, se procedió al análisis de la información para su interpretación e identificación de las estrategias de acción para la gestión de la reducción de la contaminación sonora en el Cercado de Lima.

## 2. Método

Para la realización de este estudio se han considerado diversos aspectos; mapas de ruido, distribución espacial de los puntos de medición, distribución temporal, instrumentación y accesorios necesarios, normas técnicas, flujo de tráfico vehicular y software para el análisis de los resultados.

### a. Mapas de ruido

Un mapa de ruido entrega información en forma visual del comportamiento acústico de un área geográfica, en un momento determinado. Por lo tanto debemos saber lo siguiente: dónde medir, cuándo medir, cómo y cuánto medir y cómo deben ser expresadas estas medidas (Lladó et al., 1992).

Para hablar de mapas de ruido, es de referencia obligatoria la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo Sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental, que en las aglomeraciones de más de 250 000 habitantes presentes en su territorio de-

ben disponer de un mapa estratégico de ruido (CCE, 2002). Este documento tiene tres objetivos específicos principales: armonizar los indicadores de ruido y los métodos de evaluación del ruido ambiental, agrupar los datos obtenidos con estos indicadores y métodos de evaluación comunes en forma de mapas de ruido y hacer pública toda esta información.

En este trabajo, los mapas sonoros han sido confeccionados mediante métodos predictivos, luego han sido validados con mediciones experimentales.

#### b. Determinación de la distribución espacial de los puntos de medición

Para la confección de un mapa de ruido, se tiene principalmente cinco metodologías bien conocidas (Gwo-Hshiang et al., 2002):

- Metodología de viales o tráfico
- Metodología de zonas específicas
- Metodología de la retícula
- Metodologías de zonas aleatorias
- Metodologías por medios predictivos

A parte de estos métodos, surgen en estos últimos años, metodologías simplificadas fundamentadas sólo en mediciones y distribución espacial y temporal. Aprovechando también el desarrollo de la informática se combinan estos métodos con el modelamiento matemático-computacional, logrando así disminuir los costos y los tiempos en la confección de mapas de ruido, sin que estas interfaces afecten la calidad de los resultados.

Para definir los puntos de medición, particularmente optamos por la metodología de la cuadrícula o retícula (Wetzel et al., 1999), debido a muchas ventajas que no discutiremos, aquí. Sin embargo, cabe mencionar la ventaja que representa; de no requerir un estudio previo de la zona que se estudiará, ya que la propia retícula define la ubicación de los puntos de medida y esto disminuye los costos. Además, que el proceso de esta metodología lleva asociado un alto grado de representatividad de la zona de estudio como un conjunto. Lo mencionado, significa, que es posible identificar las zonas de mayor y menor contaminación, y actuar sobre ambas: en un caso para disminuir el ruido, y en el otro para protegerla.

Dentro de las características más importantes, se consideraron la densidad poblacional, los usos del suelo, especialmente el de las zonas consideradas especiales (Hospitales, colegios y otros centros de enseñanza).

Un aspecto muy importante y gravitante fue que dichas zonas presentan a simple observación y percepción niveles de contaminación sonora muy elevados, debido a la presencia de un sistema de tráfico vehicular saturado y mal gestionado. De esta evaluación se determinaron 61 puntos de monitoreo estratégicos, los mismos que se muestran en la Tabla 1, así como la ubicación de la distribución espacial de estos puntos de medición.

**Tabla 1**  
*Ubicación de los puntos de monitoreo estratégicos*

P. MONITOREO	DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN
P 01	Cuadra N° 8 de la Av. Alfonso Ugarte, frente al hospital Arzobispo Loayza
P 02	Cuadra N° 1 de la Av. Zorritos
P 03	Cuadra N° 4 de la Av. Zorritos
P 04	Cuadra N° 3 de la calle Coronel Miguel Baquero
P 05	Plaza dos de Mayo
P 06	Plaza Unión
P 07	Cuadra N° 12 de la Av. Alfonso Ugarte
P 08	Plaza Bolognesi
P 09	Cuadra N° 3 de la Av. Paseo Colón
P 10	Plaza Grau
P 11	Cuadra N° 3 de la Av. Nicolás de Piérola
P 12	Cuadra N° 9 de la Av. Garcilaso de la Vega
P 13	Cuadra N° 4 de la Av. Uruguay
P 14	Cuadra N° 3 de la Av. Bolivia
P 15	Cuadra N° 14 de la Av. Garcilaso de la Vega
P 16	Av. Paseo de la República frente al Hotel Sheraton
P 17	Av. Paseo de la República frente al Palacio de Justicia
P 18	Cuadra N° 11 del Jr. Camaná
P 19	Cuadra N° 10 de la Av. Rufino Torrico
P 20	Cuadra N° 9 del Jr. Camaná
P 21	Cuadra N° 10 de Jirón de la Unión
P 22	Cuadra N° 10 del Jirón Augusto Wiese (Antes Carabaya)
P 23	Cuadra N° 10 del Jirón Lampa
P 24	Cuadra N° 12 de la Av. Nicolás de Piérola
P 25	Cuadra N° 11 de la Av. Abancay
P 26	Cuadra N° 1 de la Av. Zavala Loayza
P 27	Cuadra N° 15 de la Av. Nicolás de Piérola
P 28	Cuadra N° 3 de la Av. Grau (sentido NE)
P 29	Cuadra N° 3 de la vía expresa de Grau (ambos lados)
P 30	Cuadra N° 3 de la Av. Grau (sentido SO)
P 31	Cuadra N° 8 de la Av. Grau (sentido oeste)
P 32	Cuadra N° 8 de la Av. Grau (sentido este)
P 33	Cuadra N° 11 de la Vía expresa de Grau (ambos sentidos)
P 34	Cuadra N° 1 de la Av. Abancay (berma central)
P 35	Cuadra N° 1 del Jirón Amazonas

P 36	Cuadra N° 3 del Jirón Ancash
P 37	Cuadra N° 3 del Jirón Junín
P 38	Cuadra N° 4 de la Av. Abancay (Frente a la biblioteca nacional)
P 39	Cuadra N° 4 del Jirón Azángaro
P 40	Cuadra N° 1 del Jirón Emancipación
P 41	Cuadra N° 9 del Jirón Ocoña (Plaza San Martín)
P 42	Cuadra N° 9 de la Av. Nicolás de Piérola (Plaza San Martín)
P 43	Cuadra N° 4 del Jirón Rufino Torrico
P 44	Cuadra N° 2 del Jirón Callao
P 45	Cuadra N° 3 del Jirón Cailloma
P 46	Cuadra N° 3 del Jirón Huancavelica
P 47	Cuadra N° 3 del Jr. Augusto Wiese (Antes Carabaya)
P 48	Cuadra N° 5 del Jirón Lampa
P 49	Cuadra N° 1 de la Av. Tacna
P 50	Cuadra N° 4 de la Av. Tacna
P 51	Cuadra N° 4 del Jr. Cangallo
P 52	Cuadra N° 9 del Jr. Miro Quesada
P 53	Cuadra N° 9 del Jr. Huallaga
P 54	Cuadra N° 8 del Jr. Huanta
P 55	Cuadra N° 5 de la Av. Emancipación
P 56	Cuadra N° 6 de la Av. Nicolás de Piérola
P 57	Cuadra N° 6 del Jr. Camaná
P 58	Cuadra N° 1 del Jr. Puno
P 59	Cuadra N° 1 del Jr. Huallaga
P 60	Cuadra N° 2 del Jr. Augusto Wiese (antes Carabaya)
P 61	Cuadra N° 1 del Jr. Conde de Superunda



Figura 1. Plano reticulado final de posiciones de medición.

### c. Distribución temporal

Dentro de la metodología de trabajo, se ha establecido que los días; lunes, martes, miércoles y jueves, son días similares, considerando el comportamiento del flujo de tráfico vehicular y sus características acústicas. Esto técnicamente implica que podemos tomar muestras sonoras en cualquiera de estos días y estas serán representativas dentro del intervalo de días considerado.

Se tomaron muestras sonoras durante 11 semanas, considerando el período día: (1) los días lunes y martes, y (2) para el período tarde y (3) noche los días miércoles y jueves, siendo posible recuperar y/o registrar muestras en aquellos puntos donde no se pudo realizar mediciones por motivos ajenos a la distribución espacio temporal, por citar actividades aleatorias como paros, accidentes, fiestas costumbristas, etc. Esta información fue tomada juntamente con la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Cada día medido se dividió en tres períodos u horarios principales: día (07:00 a 20:00 horas), tarde (20:00: a 23:00 horas) y noche (23:00 a 07:00 horas).

Estos horarios se tomaron por efectos prácticos, considerando también el informe de base de datos sobre transporte urbano del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2009), además la definición de los períodos horarios (día, tarde y noche) sugeridas por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (CCE, 2002).

En cada punto de medida del período día y período tarde, se tomaron muestras sonoras aproximadamente durante 5 ó 10 minutos, dependiendo esto, de la estabilidad de la lectura en los analizadores acústicos, debido a la continuidad del flujo de tráfico vehicular. En cambio en cada punto de medida del período noche, se tomaron muestras sonoras durante 10 ó 20 minutos, debido a la discontinuidad del flujo de tráfico vehicular.

### d. Instrumentación y accesorios

Entre los instrumentos y accesorios utilizados se encuentran:

- Sonómetros y calibrador de campo
- Trípode para sonómetro
- Cargador especial para batería
- Sistemas de comunicación personal
- Protectores auditivos
- Cámaras de fotografía digital

- GPS
- Estación para la medición de condiciones ambientales
- Computadoras personales
- Software para confección de Mapas de Ruido.

Estos instrumentos, accesorios e información de las estaciones meteorológicas han sido facilitados previo acuerdo por la Municipalidad Metropolitana de Lima.

**e. Condiciones de Medición y Normativa Aplicable**

Las mediciones y el tratamiento de los datos se realizaron de acuerdo a lo establecido en los estándares internacionales ISO 1996-1:2003 y 1996-2:2007. El micrófono se ubicó a 1,5 m de altura, de acuerdo con la propuesta de la Directiva del Parlamento Europeo (CCE, 2002), entre 1.5 a 2 metros como mínimo de una fachada, para disminuir las influencias de las reflexiones. Se utilizó dos tipos de montajes para las medidas: (1) sobre trípode o (2) de la mano del operador, según la exigencia de las circunstancias.

**f. Flujo de tráfico vehicular**

Adicionalmente al registro de los datos acústicos (indicadores sonoros) se procedió al registro de los datos no acústicos, esto es: geometría de las vías y de las edificaciones; flujo de tráfico vehicular de las vías consideradas dentro del estudio y estimación de la velocidad promedio. Esta información fue utilizada para analizar la distribución horaria del tráfico de la zona de estudio, que es de suma importancia para realizar la distribución de los datos de FTPD en cada período de estudio (día, tarde y noche).

Dónde:

- Q pd: Flujo vehicular pesado – período día / hora
- Q ld: Flujo vehicular liviano – período día / hora
- Q pe: Flujo vehicular pesado – período tarde / hora
- Q le: Flujo vehicular liviano – período tarde / hora
- Q pn: Flujo vehicular pesado – período noche / hora
- Q ln: Flujo vehicular liviano – período noche / hora

**g. Análisis de los resultados**

Para la validación de los mapas de ruido se consideraron todos los puntos previamente seleccionados y para la elaboración de los mapas de ruido se utilizó el software Surfer. La data recolectada en cada campaña fue trabajada en el software de análisis y procesamiento de base de datos y con la realización de los mapas sonoros estratégicos.

**3. Resultados**

En los resultados de los niveles de ruido en los 61 puntos de monitoreo contemplados en nuestra área de estudio, se encuentran diferenciados de acuerdo a la distribución temporal, tal como se muestra en la Tabla 2, donde: LeqAd es el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A en el período día, LeqAe es el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A en el período tarde, y LeqAn es el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A en el período noche. Así mismo, en la Tabla 3 se muestra los resultados del flujo vehicular en cada uno de los puntos de monitoreo.

**Tabla 2**

*Niveles de ruido en cada punto de monitoreo en los periodos; día (d), tarde (e) y noche (n) y flujo de tráfico vehicular pesado y liviano en cada punto de monitoreo en los periodos; día (d), tarde (e) y noche (n)*

Puntos MONIT	Q pd	Q ld	Qd	LeqAd	Q pe	Q le	Qe	LeqAe	Q pn	Q ln	Qn	LeqAn
P01	2316.0	756.0	3072.0	78.2	3282.0	714.0	3996.0	77.7	366	24	390	69.6
P02	840.0	72.0	912.0	75.6	1224.0	30.0	1254.0	73.3	108	0	108	63.8
P03	792.0	66.0	858.0	72.1	840.0	30.0	870.0	73.1	63	0	63	64.1
P04	612.0	96.0	708.0	71.2	720.0	54.0	774.0	70.3	90	0	90	61.8
P05	1542.0	198.0	1740.0	74.2	1986.0	180.0	2166.0	74.4	615	18	633	70.4
P06	582.0	318.0	900.0	76.6	864.0	120.0	984.0	76.5	318	24	342	67.8
P07	1740.0	396.0	2136.0	75.6	2982.0	708.0	3690.0	75.2	225	12	237	67.9
P08	2202.0	810.0	3012.0	76.9	1194.0	228.0	1422.0	73.9	171	12	183	66.5
P09	3594.0	630.0	4224.0	75.2	1764.0	210.0	1974.0	75.7	171	9	180	65.8
P10	2010.0	276.0	2286.0	74.0	3882.0	354.0	4236.0	73.1	219	6	225	65.6

Influencia del flujo de tráfico vehicular en la contaminación sonora del Cercado de Lima

P11	2112.0	42.0	2154.0	73.2	1740.0	6.0	1746.0	70.1	936	27	963	66.2
P12	2202.0	732.0	2934.0	78.7	2760.0	582.0	3342.0	76.4	912	105	1017	74.4
P13	1452.0	102.0	1554.0	74.4	1266.0	66.0	1332.0	73.0	309	9	318	66.6
P14	2016.0	160.0	2176.0	75.3	1176.0	108.0	1284.0	71.7	189	6	195	65.2
P15	2190.0	450.0	2640.0	75.3	1434.0	540.0	1974.0	73.3	330	42	372	69.4
P16	4932.0	114.0	5046.0	75.3	3972.0	78.0	4050.0	74.3	543	3	546	66.2
P17	3762.0	66.0	3828.0	72.8	3246.0	60.0	3306.0	72.2	303	9	312	63.8
P18	816.5	13.8	830.3	73.4	1073.7	10.9	1084.6	69.8	426	0	426	68.3
P19	707.4	0.0	707.4	71.5	672.0	12.0	684.0	70.5	135	3	138	64.3
P20	690.0	0.0	690.0	71.1	506.0	6.0	512.0	69.3	207.5	7.5	215	65.1
P21	1662.0	18.0	1680.0	71.2	618.0	6.0	624.0	69.8	243	0	243	66.1
P22	978.0	36.0	1014.0	73.5	564.0	0.0	564.0	69.4	140	0	140	63.3
P23	1314.0	60.0	1374.0	71.7	702.0	114.0	816.0	70.6	72	3	75	62.3
P24	2202.0	84.0	2286.0	72.7	1146.0	24.0	1170.0	69.3	321	3	324	62.4
P25	2220.0	972.0	3192.0	82.5	2322.0	660.0	2982.0	79.8	303	15	318	65.6
P26	1548.0	150.0	1698.0	74.7	1230.0	84.0	1314.0	73.8	280	3	283	61.6
P27	1380.0	18.0	1398.0	74.3	720.0	24.0	744.0	68.9	228	6	234	64.4
P28	1308.0	198.0	1506.0	72.9	1492.5	63.75	1556.3	72.7	378	12	390	66.8
P29	144.0	456.0	600.0	73.5	96.0	474.0	570.0	79.1	48	63	111	66.8
P30	990.0	96.0	1086.0	78.0	906.0	48.0	954.0	73.7	291	3	294	68.0
P31	1206.0	150.0	1356.0	71.2	1656.0	84.0	1740.0	73.3	498	9	507	67.4
P32	1158.0	192.0	1350.0	72.6	870.0	60.0	930.0	71.7	294	9	303	66.1
P33	114.0	432.0	546.0	77.4	2676.0	678.0	3354.0	76.0	660	69	729	67.1
P34	3552.0	774.0	4326.0	80.8	4110.0	828.0	4938.0	81.4	534	3	537	69.5
P35	858.0	48.0	906.0	71.1	1188.0	24.0	1212.0	68.3	318	3	321	62.8
P36	924.0	18.0	942.0	70.7	642.0	18.0	660.0	68.8	102	6	108	63.0
P37	570.0	36.0	606.0	70.1	480.0	18.0	498.0	68.4	24	0	24	57.3
P38	3546.0	906.0	4452.0	78.2	3708.0	576.0	4284.0	77.2	672	15	687	66.8
P39	630.0	24.0	654.0	70.5	492.0	6.0	498.0	66.4	12	0	12	52.7
P40	1182.0	144.0	1326.0	71.8	786.0	114.0	900.0	72.6	129	6	135	61.2
P41	1116.0	18.0	1134.0	70.6	612.0	0.0	612.0	69.0	144	0	144	59.6
P42	708.0	30.0	738.0	69.1	762.0	24.0	786.0	68.9	282	3	285	61.1
P43	474.0	48.0	522.0	69.3	522.0	0.0	522.0	67.9	63	3	66	59.7
P44	852.0	18.0	870.0	71.5	576.0	0.0	576.0	70.8	174	6	180	63.1
P45	348.0	18.0	366.0	67.4	276.0	6.0	282.0	66.1	78	0	78	58.2
P46	1056.0	30.0	1086.0	68.3	594.0	6.0	600.0	66.9	63	6	69	59.7
P47	786.0	36.0	822.0	72.4	582.0	6.0	588.0	68.6	48	6	54	57.8
P48	774.0	12.0	786.0	69.7	678.0	0.0	678.0	68.1	261	12	273	66.0
P49	2856.0	840.0	3696.0	75.1	2394.0	570.0	2964.0	73.5	555	33	588	65.5
P50	2922.0	978.0	3900.0	76.3	2310.0	600.0	2910.0	77.3	837	114	951	71.6
P51	30.0	6.0	36.0	65.4	228.0	6.0	234.0	62.8	9	0	9	57.8
P52	444.0	54.0	498.0	73.3	408.0	18.0	426.0	70.1	60	3	63	64.1

P53	198.0	6.0	204.0	66.1	336.0	6.0	342.0	66.0	39	0	39	58.8
P54	474.0	180.0	654.0	73.8	672.0	258.0	930.0	74.5	48	0	48	65.3
P55	1086.0	150.0	1236.0	72.5	744.0	114.0	858.0	71.4	150	6	156	63.1
P56	1641.0	234.0	1875.0	74.3	1134.0	6.0	1140.0	69.8	372	0	372	64.3
P57	924.0	18.0	942.0	68.5	618.0	6.0	624.0	66.9	72	3	75	58.6
P58	642.0	48.0	690.0	69.4	654.0	6.0	660.0	70.7	18	0	18	57.8
P59	438.0	0.0	438.0	64.8	1260.0	6.0	1266.0	67.8	210	0	210	60.5
P60	624.0	12.0	636.0	66.4	1032.0	6.0	1038.0	66.8	168	3	171	62.7
P61	774.0	12.0	786.0	68.5	678.0	12.0	690.0	68.1	288	9	297	64.5

De acuerdo al D.S. N° 085-2003-PCM, donde se establecen los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido, tal como se muestra en la Tabla 4, y de los resultados de los niveles de ruido en cada uno de los puntos de monitoreo vistos en la Tabla 2, se verifica que el 80% de los puntos en la zona de estudio se encuentran por encima del ECA para el período diurno con zonificación comercial, que el 61% de los puntos de la zona de estudio, se encuentran por encima del ECA para el período tarde con zonificación comercial, y 82% aprox. de los puntos de la zona de estudio se encuentran por encima del ECA para el período noche con zonificación comercial. Así mismo, es necesario señalar que no toda el área de estudio tiene una zonificación comercial ya que en algunas zonas se podría considerar Zona Residencial o Zona de Protección Especial, donde los niveles de ruido encontrados, en un 100% se encontrarían por encima del ECA.

**Tabla 3**  
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido en el Perú, de acuerdo al DS N° 085-2003-PCM

Zonas de aplicación	Valores expresados en LeqA T*	
	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

\* LeqAT : Nivel de Presión Sonora Continua con ponderación A

Para analizar la influencia del flujo del tráfico vehicular en los niveles de ruido evaluados en cada uno de los puntos de monitoreo, se graficó tal como se muestra en la Figura 2, los Niveles de Presión Sonora Continua Equivalente con ponderación A en los siguientes períodos: día (d), tarde (e) y noche (n), ver sus Flujos de Tráfico Vehicular por períodos; día (d), tarde (e) y noche (n), para cada uno de los puntos de monitoreo.

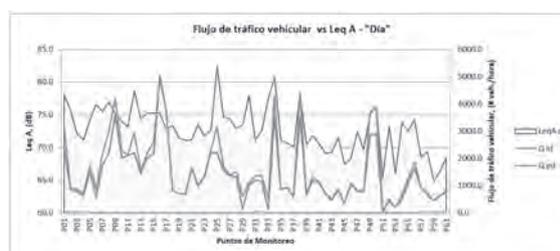


Figura 2. Niveles de ruido versus flujo de tráfico vehicular: Período día (d)



Figura 3. Niveles de ruido versus flujo de tráfico vehicular: Período tarde (e)



Figura 4. Niveles de ruido versus flujo de tráfico vehicular: Período noche (n)

De los gráficos presentados en la Figura 2, 3, 4, se puede apreciar que hay una relación directa entre el flujo del tráfico vehicular y los niveles de ruido en cada uno de los períodos evaluados (día, tarde y noche), de cada uno de los puntos de monitoreo.

### 3.1. Mapas de Ruido

Para el análisis de los resultados obtenidos de los niveles de ruido ver sus distribución espacial y temporal del área de estudio, se elaboraron mapas de ruido.

En la Figura 5, se puede apreciar los diferentes colores por niveles de ruido que se midieron en los puntos de monitoreo. Con este mapa de ruido se puede identificar que las avenidas principales (Alfonso Ugarte, Tacna, Abancay y Grau), tienen una coloración que representa los niveles de ruido más alto en el período día. En la Figura 6, se puede apreciar los diferentes colores por niveles de ruido que se midieron en los puntos de monitoreo.

Con este mapa de ruido se puede identificar que las avenidas principales (Alfonso Ugarte, Tacna, Abancay y Grau), tienen una coloración que representa los niveles de ruido más alto en el período tarde, pero menor en comparación con lo que se evidencia en la Figura 5.

En la Figura 7, se aprecia que claramente que las zonas que tiene menos de 60 dB es una pequeña parte, por tal razón estas pequeñas zonas son las que estarían dentro de los ECA's par ruido para el período noche, el resto estaría por encima del ECA.

En la Figura 6, se elaboró un mapa de ruido promedio energético para los tres períodos; día, tarde y noche, donde se puede identificar las zonas donde presenta los niveles de ruido promedio más elevado, cabe señalar que las zonas alrededor de las avenidas principales (Alfonso Ugarte, Tacna, Abancay y Grau), son las que encierran el mayor nivel de ruido. En promedio se estaría por encima del ECA para ruido.

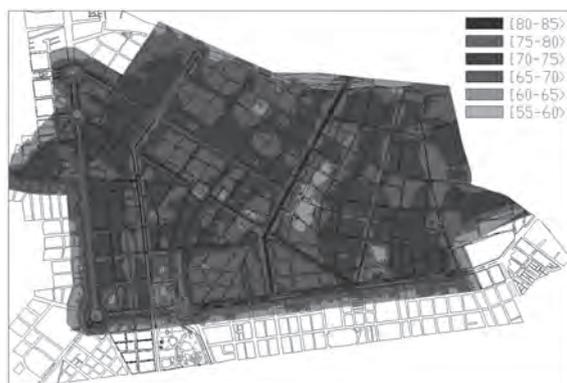


Figura 5. Mapa de ruido período día (Ld dBA).

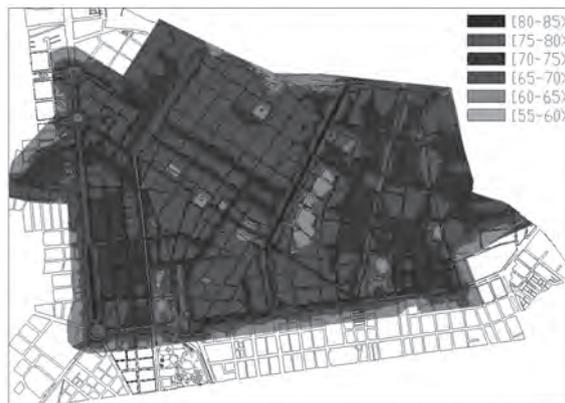


Figura 6. Mapa de ruido período tarde (Ld dBA).

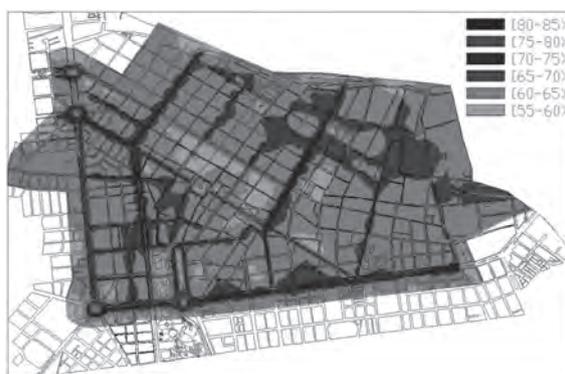


Figura 7. Mapa de ruido período noche (Le dBA).

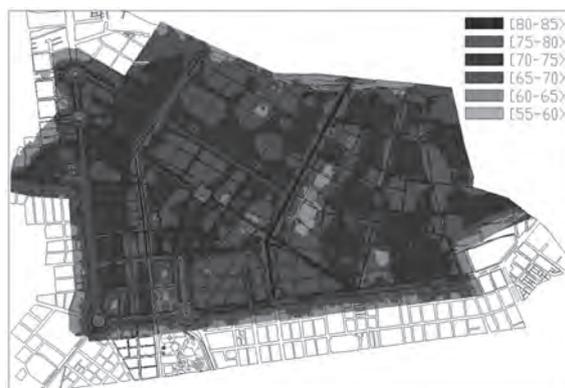


Figura 8. Mapa de ruido promedio energético período día – tarde – noche (Lden dBA).

### Conclusiones

La influencia del flujo del tráfico vehicular en los puntos de monitoreo estratégicos versus niveles de ruido, tiene una relación directamente significativa en la contaminación sonora del Cercado de Lima.

El flujo del tráfico vehicular de vehículos pesados y livianos, surte el mismo efecto directo significativo en los niveles de ruido, y por ende en la contaminación sonora del Cercado de Lima.

En toda la zona de estudio se tiene niveles de ruido que exceden los ECA's de ruido en los tres períodos de evaluación; día, tarde y noche, considerando que se presenta una zonificación mixta (zona de protección especial – residencial – comercial).

Para los cálculos y la validación de los mapas de ruido se han considerados datos de los niveles de presión sonora de más de 60 puntos, así mismo datos del flujo de tráfico y la geometría tridimensional del área bajo estudio, por ello que los mapas de ruido constituyen una valiosa herramienta de gestión ambiental para la aplicación de estrategias de reducción de la contaminación sonora.

### Referencias

- Calvo, J.A., Álvarez-Caldas, C., San Román, J.L. y Cobo, P. (2012). Influence of vehicle driving parameters on the noise caused by passenger cars in urban traffic. *Transportation Research Part D* 17 (7), 509-513. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920912000582>, doi 10.1016/j.trd.2012.06.002
- Comisión de la Comunidad Europea. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental estableció la siguiente definición de mapa estratégico de ruido. UE.
- Gwo-Hshiang, T., Sheng-Hshiang, T., Yiou-Dong, L. and Opricovic, S. (2002). Multicriteria Analysis of Environmental Quality in Taipei: Public Preferences And Improvement Strategies. *Journal of Environmental Management*. 65(2), 109-120. Recuperado de [https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html?ev=su\\_exitPopup](https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html?ev=su_exitPopup)
- Lladó, J, Martínez, F. J., Laiz, J. & Bitrian, M. (1992). *Tratamiento Gráfico de las Medidas debido al Ruido de Tráfico de la Ciudad de Zaragoza*. Pamplona, España: Tecniacústica.
- Llimpe, C. Piaggio, M. y Moreno, J. (2007). Noise map of traffic flow in oldtown Lima, Peru. Congreso Internacional de Acústica. Madrid, España.
- Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2009). *Actualización de la Base de Datos del Plan Maestro de Transporte Urbano: Aforos Vehiculares 2009*. Perú.
- Rueda, S. (1989). Propuesta para el Control y la Disminución de la Contaminación Acústica en una gran Ciudad: Experiencias Prácticas en Barcelona. Environmental Acoustics. Zaragoza, España.
- Suárez, S.E., Barros, R.J., Báez, M.A., Stevens, C.J., Romero, G.R., Alvarez, R.J., González, R.C. y Rey, G.G. (2011). *Mapa de Ruido de la Comuna de Santiago de Chile Mediante Modelación*. Ponencia en Congreso Internacional de Acústica y Audio Profesional – IN-GEACUS. Valdivia, Chile.
- Wetzel, E., Nicolas, J., Andre, Ph. and Boreux. J. J. (1999). Modelling the propagation pathway of street-traffic noise: practical comparison of German guidelines and real-world measurements. *Applied Acoustics* 57 (2), 97-107. Recuperado de [http://orbi.ulg.be/bitstream/2268/23571/1/Wetzel\\_Nicolas.pdf](http://orbi.ulg.be/bitstream/2268/23571/1/Wetzel_Nicolas.pdf)