

ESTUDIO DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL DEBIDO AL TRÁNSITO AUTOMOTOR EN SITIOS DE LA CIUDAD DE SALTA

A.N. Arenas, P. Argenti Salguero, J. H. Robin y R. Fernández

Facultad de Ingeniería, IIDISA¹, Avda. Bolivia 5150 Salta, C.P 4400,
Tel 425553, Fax 4255351, arenaa@unsa.edu.ar

Recibido:15-4-13; Aceptado:10-6-13.

RESUMEN.- En los últimos años, la ciudad de Salta ha experimentado un elevado crecimiento poblacional provocando una mayor demanda del servicio de transporte público y como consecuencia, la aparición de impactos causados por el ruido comunitario o ambiental. Argentina se encuentra en una situación de carencia en lo que respecta a legislación nacional sobre la medición del ruido generado por el tránsito automotor y la protección de la salud pública. La Organización Mundial de la Salud, establece 70 dB(A) como valor límite, a partir del cual se deben realizar acciones con el objeto de resguardar a las personas de los efectos adversos del ruido. En el estudio realizado, los niveles de ruido ambiental fueron registrados utilizando un sonómetro marca Quest Technology 2400. La Autoridad Metropolitana de Transporte seleccionó 21 sitios no aleatorios distribuidos en la ciudad, que resultaban de interés. El número total de mediciones realizadas fue de 504, durante las 24 horas de la jornada diaria para cada sitio. Se concluye que la contaminación acústica constituye un problema real que se debe encarar y priorizar por parte de las autoridades. En algunos de los sitios estudiados, los niveles de ruido, superaron los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

Palabras claves: Tránsito vehicular, ruido ambiental, contaminación acústica.

STUDY OF LEVELS OF ENVIRONMENTAL NOISE IN SITES OF SALTA CITY

ABSTRACT.- In recent years, the city of Salta has experienced high population growth, this caused an increased demand for public transport and as a result, the emergence of the environmental impact caused by environmental noise. Argentina is in a situation of deprivation in regard to national legislation on the measurement of noise generated by road traffic. World Health Organization, sets the value of 70 dB (A) as a limit, beyond which actions should be taken in order to protect people from the adverse effects of noise. In the study, noise levels were recorded using sound level meter Quest Technology 2400. The Metropolitan Transportation Authority (AMT) selected 21 sites distributed random not in the city that were of interest. The total number of measurements was 504, covering 24 hours of the working day for each site. The noise levels exceeded the levels recommended by the World Health Organization.

Keywords: Traffic noise, community noise, acoustic pollution.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición y características del presente estudio.

El sonido es un fenómeno oscilatorio que consiste en la propagación de ondas a través de un medio sólido, líquido o gaseoso. Una definición sencilla de ruido es la de sonido no deseado y puede producir por su intensidad o prolongación temporal, contaminación acústica o sonora. Las personas perciben como ruido a muchas y variadas situaciones, y depende básicamente de la sensibilidad y particularidad de cada persona (Agencia de Protección Ambiental, 2006).

En este caso, se estudia la propagación del ruido, que contamina el ambiente y es generado, principalmente, por el tránsito automotor en sitios ubicados en el centro de la Ciudad de Salta.

1.2 Ruido comunitario o ruido ambiental.

Las principales causas del aumento del ruido ambiental están relacionadas con: el crecimiento demográfico, la urbanización y el desarrollo tecnológico.

El ruido ambiental es considerado como una fuente de molestias, que ocasiona además efectos dañinos sobre la salud de las personas. La toma de conciencia en la sociedad sobre el hecho de entender al ruido como un agente de contaminación, ha llevado a la aprobación de leyes y

1. Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta (IIDISA)

aplicación de normas con el objeto de limitar los niveles de exposición al ruido.

Si la exposición al ruido es ocasional, sus efectos podrían ser considerados como una molestia transitoria de mayor a menor intensidad. Pero cuando el ruido es habitual, puede ocasionar un efecto nocivo en la salud de las personas, de índole psicológico como así también de carácter fisiológico. En el primero de los casos puede ocasionar ansiedad, depresión, alteración del sueño, en el segundo; efectos como afecciones cardiovasculares, pérdida de la capacidad auditiva, entre otras (Gayo et al., 2006).

Si se analiza el ruido que proviene del tránsito urbano, la emisión sonora originada por el desplazamiento del vehículo tiene varias causas. Básicamente, se debe al ruido del motor, los dispositivos de escape y la fricción de los neumáticos con el pavimento. El ruido causado por la interacción entre los neumáticos y el pavimento aumenta rápidamente con la velocidad, para el caso de los vehículos ligeros esta es la fuente principal de ruido a velocidades superiores a 60 Km/h. Por otra parte, no todos los vehículos contribuyen de la misma manera a la generación de ruido, los vehículos pesados los emiten con mayor intensidad y las motocicletas son consideradas como fuentes sonoras muy molestas. Hay estudios que han demostrado que el ruido de un camión pesado se percibe subjetivamente como el equivalente al ruido que producen entre 7 a 10 automóviles livianos (Recuero López et al., 2004; Comisión Europea, 1996).

Otras fuentes de ruido son los bocinazos, frenadas y aceleraciones innecesarias. En estos casos, el ruido generado no está asociado al funcionamiento del medio de transporte, sino que se relaciona al comportamiento de los conductores. Esto es indicativo de la cultura y la educación de cada comunidad, determinando con ello, el modo de conducción en cada región.

1.3 Características del tránsito en la Ciudad de Salta.

En los últimos años, la ciudad de Salta ha experimentado un elevado crecimiento poblacional, esta situación trajo aparejada la necesidad de satisfacer una creciente demanda de servicios, entre ellos, el transporte público y como consecuencia, la aparición de un considerable impacto ambiental derivado de estas actividades antrópicas; como por ejemplo, la contaminación aérea, el ruido comunitario o ruido ambiental, entre otros.

El crecimiento demográfico de la ciudad de Salta, se ve reflejado en las siguientes cifras del censo del año 2001, que muestra una población de 472.971 habitantes, incrementándose a 535.303 habitantes en el año 2010 (INDEC, 2013). Esta situación amplió el radio del entorno urbano, hacia otros periféricos, con la creación de barrios alejados de la zona céntrica, y consecuentemente se fueron sumando corredores de transporte público de pasajeros para satisfacer la necesidad de movilidad de las personas hacia la zona céntrica de la ciudad (AMT, 2013). La actual condición del tránsito muestra una tendencia mayoritaria al desplazamiento hacia el centro de la ciudad, tanto del transporte urbano de pasajeros, como del parque vehicular privado.

Por otro lado, el parque automotor de la ciudad de Salta presenta también una tendencia creciente, como se muestra en la Tabla 1 (DNRPA, 2013). Actualmente Salta y sus

alrededores (Gran Salta), es una de las zonas que presenta mayor crecimiento poblacional, con un porcentaje de 43.97 %, frente al Gran San Juan con 34.96 % y Gran San Miguel de Tucumán; con un 32.57 %, respectivamente; en el periodo de 1991 a 2008 (Salta: Urbanismo y Tradición, 2009). El gran Salta concentra el 70% del parque automotor (Luchemos por la vida, 2003), esta condición, sumada a las características de las vías de circulación en la ciudad trae como consecuencia un tránsito que resulta cada vez más congestionado, denotando situaciones de alta circulación vehicular en los horarios de ingresos y salidas de las instituciones educativas, el comercio, laborales entre otros.

Tabla 1: Parque automotor de la ciudad de Salta. Dirección Nacional de los Registros Seccionales de la Propiedad Automotor (DNRPA).

Año	2008	2009	2010	2011	2012
Parque automotor ^α	177.146	187.744	201.068	218.989	237.076

α: No incluye el parque de motocicletas.

1.4 Legislación y normativa.

La República Argentina se encuentra en una situación de carencia en lo que respecta a legislación nacional sobre la medición del ruido generado por el tránsito automotor; en este sentido, la regulación de la exposición a niveles de presión sonora está en una etapa inicial en algunas ciudades. En este sentido, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con una ley de contaminación acústica: la Ley N° 1.540/04, Reglamentada por el Decreto N° 740/07, cuyos valores límites expresados en Leq dB(A) por tipos de áreas se muestran en la Tabla 2.

A los efectos de la aplicación de esta Ley, se realiza una clasificación de las áreas de sensibilidad acústica en ambientes exteriores con sus respectivos límites máximos de exposición que se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 2: Valores límites de contaminación acústica. Ley N° 1540/04 - Ciudad autónoma de Buenos Aires.

Valores límites expresados en Leq [dB(A)]		
Área de sensibilidad acústica	Periodo diurno (15 hs)	Periodo nocturno (9 hs)
Tipo I (Área de silencio)	60	50
Tipo II (Área levemente ruidosa)	65	50
Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	70	60
Tipo IV (Área ruidosa)	75	70
Tipo V (Área especialmente ruidosa)	80	75

En diferentes oportunidades se propuso aplicar normas de distintos orígenes, como la NF S 31-085 "Caracterización y Medición del Ruido Debido al Tránsito Automotor AFNOR/1991 y la ISO 1996 *Description and Measurement of Environmental Noise*.

La norma francesa no es aplicable debido a que fue desarrollada para caracterizar el ruido de tránsito emitido en vías de circulación rápidas en Francia, cuyas características no son similares a la medición de ruido del tránsito automotor en núcleos urbanos de la nación.

El Artículo 41 de la Constitución de la Nación Argentina (1994), dice textualmente: "Art. 41. Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano y 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. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.”

El decreto N° 351/79, que reglamenta la ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, reglamenta los niveles de exposición a ruidos de los trabajadores en sus lugares de trabajo, procurando limitarlos a valores seguros.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1974) ha elaborado disposiciones ambientales para la protección de la comunidad y establece límites en general muy inferiores a los valores de ambientes laborales, ya que contemplan, por ejemplo, la tranquilidad y el descanso y no sólo la salud auditiva.

Así, cuando el nivel de ruido de fondo supera los 45 o 50 dB(A) se interfiere la comunicación y es necesario levantar la voz. En el interior de locales comerciales y domicilios particulares estos valores son fácilmente superables, por cuanto el nivel de ruido interior puede alcanzar los 70 dB(A), en arterias altamente transitadas. En estas ocasiones, las personas recurren al cerramiento de ventanas, para obtener una aislación acústica que podría atenuar unos 10 dB(A), en el mejor de los casos.

La Ley de Tránsito y Seguridad Vial N° 24.449/95 contiene algunas disposiciones de carácter ambiental y otras más específicas que se encuadran dentro de las normativas de habilitación de los vehículos. Así, el Artículo 24 contempla el aspecto de la planificación urbana, entre otras cosas, en relación con el efecto de la circulación vehicular sobre el ambiente. Así también, el Artículo 33 inciso (a) establece que los automotores deben ajustarse a los límites sobre la emisión de contaminantes, ruidos y radiaciones parásitas.

La OMS, establece el valor de 70 dB(A) como un valor límite, a partir del cual se deben realizar acciones con el objeto de resguardar a las personas de los efectos adversos del ruido.

El estudio de la OMS estableció que las exposiciones al ruido en autopistas a largo plazo con Leq superiores a 70 dB(A) causa efectos cardiovasculares, con afectaciones a la salud mental e influencias en el desempeño y la productividad de las personas, especialmente en tareas que requieren concentración. En tanto que, niveles de ruido superiores a 80 dB(A) favorece la aparición de comportamientos agresivos.

En periodos nocturnos, la nueva directriz de la OMS (2002) recomienda que la exposición media nocturna anual no exceda de 40 dB(A), que es el nivel de ruido equiparable al de una calle tranquila de una zona residencial. Exposiciones a largo plazo a niveles superiores a 55 dB(A) puede desencadenar hipertensión arterial y otras patologías cardiovasculares como infartos de miocardio.

2. METODOLOGÍA

Los niveles de ruido ambiental fueron registrados utilizando un Medidor de Nivel Sonoro con integración de impulso, marca Quest Technology modelo 2400, con calibrador marca Quest Technology Modelo C 10.

En las tomas de muestras en campo, el medidor se colocó sobre un trípode, a una altura de 1.5 metros del suelo y en lo

posible distante a más de 2 metros de cualquier pared, edificio u otras estructuras que reflejara el sonido.

En las mediciones se utilizó un micrófono con pantalla anti-viento. No se realizaron medidas en caso de lluvia, granizo, calles mojadas o de existencia de otras fuentes de ruidos temporales que puedan aportar información errónea sobre el nivel de ruido ambiental existente habitualmente en la zona, como alarmas, sirenas, obras en la vía pública, operaciones de carga y descarga, entre otros.

Se midieron niveles integrados en lapsos de 15 minutos (min), operando el medidor en respuesta lenta (“slow”) y en la escala de ponderación “A”. También se registró para esos lapsos, el máximo y el mínimo nivel de ruido. Personal de AMT registró en cada sitio, simultáneamente a la medición de nivel sonoro, la cantidad de vehículos, caracterizados por tipo y tamaño, que transitaron por los sitios de medición.

El número total de mediciones fue de 504, abarcando las 24 horas de la jornada diaria para cada sitio. A efectos de disminuir la variabilidad y el ingreso de errores incontrolables, la toma de muestras fue realizada de forma aleatoria.

Para el estudio de los niveles de ruido, la AMT seleccionó 21 sitios no aleatorios que resultaban de su interés para el estudio, distribuidos en la ciudad de acuerdo a tres criterios definidos en la secuencia 1, 2 y 3 que se definen en la Tabla 3, en orden decreciente de prioridad.

Tabla 3: Criterios y características de las calles seleccionadas en la ciudad.

Criterios	Características
1	Calles angostas, un mayor desarrollo vertical de edificios, ausencia de vegetación y una gran cantidad de líneas de transporte público masivo.
2	Se mantienen las particularidades arquitectónicas, calles con una circulación baja y nula de líneas de transporte público masivo.
3	Calles más anchas, mayor vegetación. Sin recorridos de líneas de transporte público masivo.

En la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de los 21 sitios, en base a los criterios con códigos de forma; criterio 1 (círculo), criterio 2 (elipse) y criterio 3 (cuadrado).



Fig.1: Sitios de la ciudad de Salta para el estudio de ruido ambiental.

En la Tabla 4 se presenta la ubicación en la ciudad de los 21 sitios y su clasificación en base a los criterios expuestos en la Tabla 3.

Tabla 4: Sitios seleccionados para la medición de niveles de ruido ambiental en la ciudad de Salta.

Sitios de criterio 1	Sitios de criterio 2	Sitios de criterio 3
25 de mayo (entre España y Alvarado)	Alvarado (entre Alberdi y Caseros)	España (entre Alvear y Bolívar)
Córdoba (entre Caseros y Alvarado)	Caseros (entre Adolfo Güemes y Alvear)	Leguizamón (entre Alvear y Bolívar)
Ituzaingo (entre Caseros y Alvarado)	España (entre Pueyrredón y Deán Funes)	Pueyrredón (entre Santiago y General Güemes)
Ituzaingo (entre Urquiza y Alvarado)	Jujuy (entre Alvarado y Urquiza)	La Rioja (entre Santa Fe y Catamarca)
Pellegrini (entre Urquiza y San Martín)	Mendoza (entre Ituzaingo y Pellegrini)	Rivadavia (entre 25 de mayo y 20 de Febrero)
San Martín (entre Florida y Alberdi)	Urquiza (entre Ituzaingo y Florida)	Vicente López (entre Leguizamón y Santiago del Estero)
Mitre (entre Gral. Güemes y Belgrano)	Urquiza (entre Córdoba y Lerma)	
Mitre (entre Santiago y Gral. Güemes)		

Con los datos de los niveles acústicos registrados en los sitios de interés se elaboró un mapa de ruido, el mismo constituye una herramienta para la planificación de acciones tendientes a mitigar y controlar el ruido ambiental. Esta representación gráfica indica el perfil de ruido en el área geográfica, sobre los puntos de medición considerados, y permite reconocer fácilmente las áreas sobre las que se requieren acciones y áreas menos expuestas donde el ruido no debe incrementarse (Bartí Domingo, 2010).

Se definen a continuación, distintos indicadores de ruido ambiental que son utilizados en el ámbito nacional como internacional. A efectos de la realización del presente informe, se definen los siguientes indicadores:

Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq): Es el nivel sonoro medido en dB(A) de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía sonora es igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de la misma (Ley Nacional N° 19587, 1979).

LeqDía-Noche [Leq(d,n)]: Nivel sonoro equivalente representativo de las 24 horas del día. Este indicador refleja el nivel de ruido a lo largo de la jornada diaria. Define al periodo día al comprendido entre las 8.00 a 23.00 hs y noche al periodo entre las 23.00 y 8.00 hs.

Las horas nocturnas se penalizan adicionando 10 dB(A) en el cálculo del indicador, debido a la mayor sensibilidad de la población al ruido en ese horario (Viro et al., 2002).

$$Leq(d, n) = 10 \text{ Log} \left[\frac{1}{24} \left(\sum_d 10^{Leq/10} + \sum_n 10^{Leq+10/10} \right) \right] \quad (1)$$

LeqNoche [Leq(n)]: Nivel sonoro equivalente, incluye solo el período nocturno (23.00 a 8.00 hs.). No se tiene en cuenta la penalización de 10 dB.

$$Leq(n) = 10 \text{ Log} \left[\frac{1}{9} \left(\sum_n 10^{Leq/10} \right) \right] \quad (2)$$

Percentil L₁₀[L₁₀]: Es un estadístico posicional; representa el nivel de presión sonora que fue superado durante el 10 % de las mediciones, en el tiempo de medición entendida como la jornada de 24 horas. También se lo denomina “nivel pico de ruido”.

Percentil L₉₀[L₉₀]: Es un estadístico posicional; representa el nivel de presión sonora que fue superado durante el 90% del

tiempo de medición, en la jornada de 24 horas. También se lo denomina “nivel de ruido de fondo”. Nivel sonoro mínimo (L_{min}) y máximo (L_{máx}): Son los niveles de ruido mínimo y máximo, respectivamente, registrados en el periodo de medición.

3. RESULTADOS

3.1. Nivel Sonoro Equivalente Día-Noche

Los valores obtenidos del indicador para los distintos sitios muestreados se presentan en la Fig. 2.

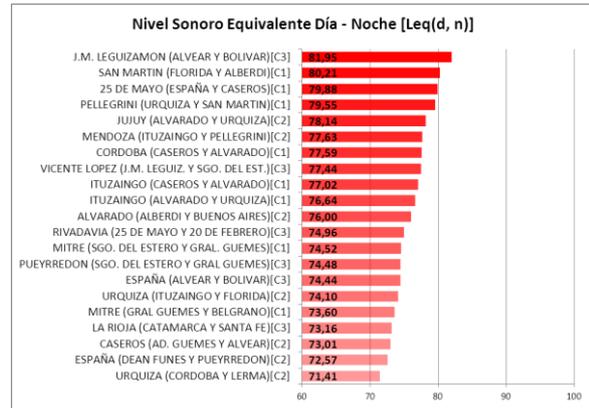


Fig. 2: Nivel Sonoro Equivalente Día-Noche [Leq (d, n)] en distintos sitios de la ciudad.

En la Fig. 3 se presenta la cantidad total promedio de vehículos circulantes en 24 horas conjuntamente con los valores de Leq(d, n), por sitio.

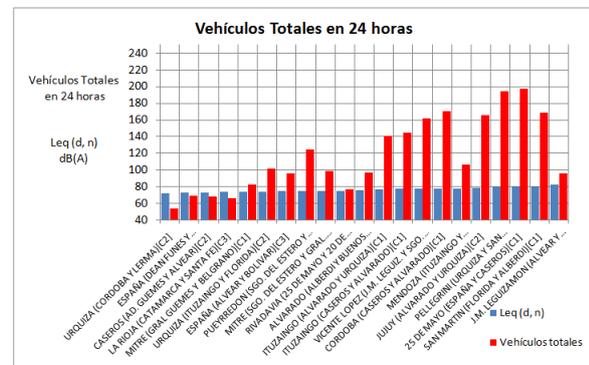


Fig. 3: Cantidad total promedio de vehículos y Leq (d, n) por sitio en 24 horas.

En la Fig. 4 se observa, a continuación, que podría existir una correlación lineal entre el nivel sonoro equivalente Leq (d, n) y la cantidad de vehículos que circula por los distintos sitios.

A los efectos de poder realizar el estudio de correlación lineal entre las variables, se procede a confeccionar un gráfico de dispersión y asignar una línea de tendencia. Se observa que existiría un nivel de dependencia lineal poco satisfactorio entre las variables, por cuanto el R² da un valor de 34,60 %.

Se infiere del análisis del gráfico mencionado que las mediciones realizadas en el sitio J.M. Leguizamón (Alvear y

Bolívar) corresponderían a un posible dato atípico. Los datos atípicos son valores alejados de las predicciones normales y suceden por factores incontrolables, que distorsionan los resultados, incrementando la variabilidad. Los factores incontrolables obedecen a causas desconocidas y por lo tanto, la técnica recomienda eliminarlos y continuar con el análisis.

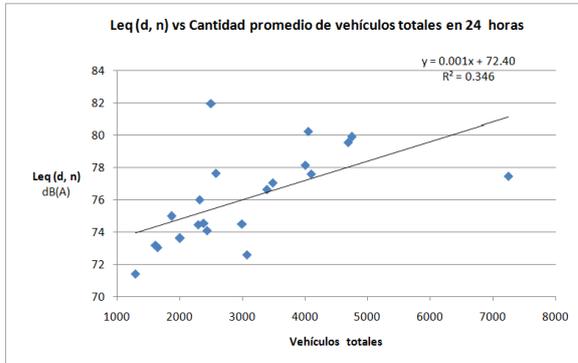


Fig. 4: *Leq (d, n) vs. Cantidad promedio de vehículos totales en 24 horas.*

A fin de comprobar la hipótesis, correspondería replicar las experiencias en los sitios donde se presentan datos atípicos.

En la Fig. 5 se procede a realizar el estudio nuevamente sin considerar el dato considerado como atípico, con el objeto de observar si la correlación lineal mejora.

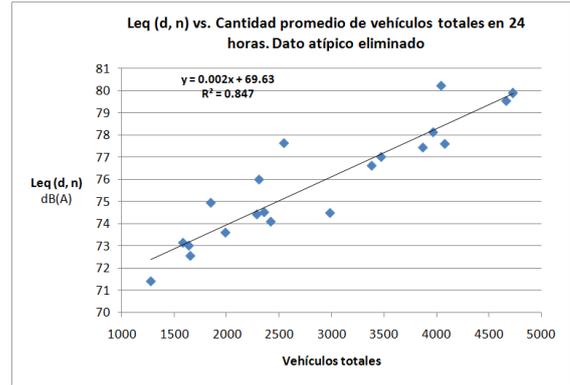


Fig. 5: *Leq (d, n) vs Cantidad promedio de vehículos totales en 24 horas, con el dato atípico eliminado.*

A la luz de los resultados, se observa una mejora notable de la tendencia lineal, luego de eliminar el dato atípico. Lo que hace suponer que las mediciones en ese lugar fueron afectadas por factores incontrolables que incrementaron su variabilidad. La correlación lineal tiene un R^2 aproximado de 84,70 %, lo que nos indica que el modelo lineal puede explicar el fenómeno con ese valor de porcentaje, en otras palabras, la variabilidad explicada representa el 84,70 % de la variabilidad total.

En la figura 4 se presentan los sitios, el indicador $Leq(d, n)$, la cantidad promedio de vehículos totales (VT), Auto-Taxi-Remises (ATR), Motocicletas (M), Colectivos (C) incluido piso bajo, Colectivo Interurbano (CI), Camiones Chicos (CC), Camiones Grandes (CG). Todas las cantidades de vehículos fueron promediados en la jornada de 24 horas.

Tabla 4: Nivel sonoro equivalente día noche [$Leq(d, n)$] por sitio y cantidades de vehículos clasificados por tipos en la jornada de 24 horas

Nº	Sitio	Leq (d, n)	VT	ATR	M	C	CI	CC	CG
1	Urquiza (Córdoba y Lerma)(C2)	71,41	1278	1107	156	0	0	15	0
2	España (Deán Funes y Pueyrredón)(C2)	72,57	1651	1414	231	1	0	4	1
3	Caseros (Adolfo Güemes y Alvear)(C2)	73,01	1637	1332	296	0	0	7	2
4	La Rioja (Catamarca y Santa Fe)(C3)	73,16	1586	1225	291	57	0	8	2
5	Mitre (Gral.Güemes y Belgrano)(C1)	73,60	1985	1488	369	115	0	3	0
6	Urquiza (Ituzaingo y Florida)(C2)	74,10	2423	1973	427	0	1	22	0
7	España (Alvear Y Bolívar)(C3)	74,44	2289	1942	333	0	0	14	0
8	Pueyrredón (Sgo. Del Estero y Gral. Güemes)(C3)	74,48	2987	2503	471	0	1	12	0
9	Mitre (Sgo. Del Estero y Gral. Güemes)(C1)	74,52	2358	1859	359	115	1	5	0
10	Rivadavia (25 De Mayo y 20 de Febrero)(C3)	74,96	1847	1476	180	142	1	5	0
11	Alvarado (Alberdi y Buenos Aires)(C2)	76,00	2311	1866	411	0	0	34	0
12	Ituzaingo (Alvarado y Urquiza)(C1)	76,64	3382	2370	472	449	3	10	1
13	Ituzaingo (Caseros y Alvarado)(C1)	77,02	3473	2425	513	450	0	7	0
14	Vicente López (J.M. Leg. y Sgo. Del Est.) (C3)	77,44	3872	3361	494	1	1	14	1
15	Córdoba (Caseros y Alvarado)(C1)	77,59	4079	3113	591	299	5	4	0
16	Mendoza (Ituzaingo y Pellegrini)(C2)	77,63	2547	2014	421	79	1	14	0
17	Jujuy (Alvarado y Urquiza)(C2)	78,14	3971	3105	719	104	3	20	2
18	Pellegrini (Urquiza y San Martín)(C1)	79,55	4670	3308	676	555	3	32	1
19	25 De Mayo (España y Caseros)(C1)	79,88	4733	3278	730	568	2	12	0
20	San Martín (Florida y Alberdi)(C1)	80,21	4045	2352	499	1017	2	6	0
21	J.M. Leguizamón (Alvear y Bolívar)(C3)	81,95	2296	1952	326	10	1	7	0

VT: Cantidad total promedio de vehículos; ATR: Auto-Taxi-Remises; M: Motocicletas, C: Colectivos (incluido piso bajo), CI: Colectivo Interurbano, CC: Camiones Chicos, CG: Camiones Grandes.

1.1. Nivel Sonoro Equivalente Noche [$Leq(n)$]

Los valores del Nivel Sonoro Equivalente Noche $Leq(n)$ para los sitios estudiados se presentan en la Fig. 6.

1.1. Nivel Sonoro Equivalente Noche y el nivel guía de OMS.

En la Fig.7 se presenta la comparación entre el indicador $Leq(n)$ y la directriz de la OMS recomendada como valor límite de nivel de ruido para el periodo nocturno.

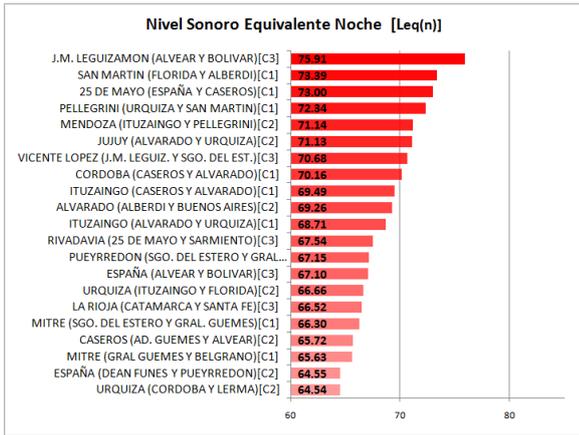


Fig. 6: Nivel sonoro equivalente Noche [Leq (n)] para los sitios muestreados en la ciudad de Salta.



Fig. 7: Nivel Sonoro Equivalente Noche y la directriz de OMS.

Se observa que en todos los sitios se excede ampliamente el valor máximo admisible. Ni siquiera con el cierre de ventanas, lo cual proporcionaría una atenuación de 10 dB(A), se alcanzarían niveles sonoros recomendados.

1.1. Percentiles L10 y L90

Los valores de los percentiles L_{10} y L_{90} para los distintos puntos de medición se presentan en la Fig. 8.

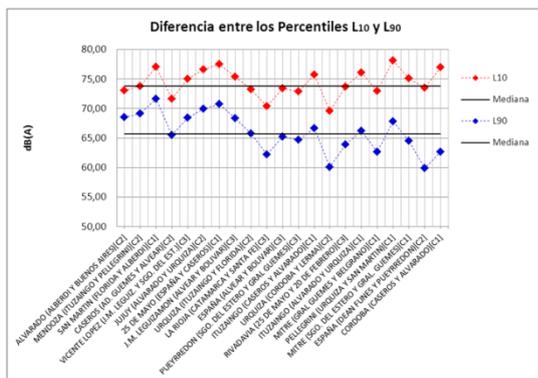


Fig. 8: Percentiles L_{10} , L_{90} y medianas ordenados en forma creciente por sitios.

El Percentil L_{10} se muestra en la Fig. 9, el mismo se maximizó en Pellegrini (Urquiza y San Martín) con 78.15 dB(A), mientras que el mínimo se ubicó en Urquiza (Córdoba y Lerma) con 69.60 dB(A). El valor de la mediana de la muestra le correspondió a Mendoza (Ituzaingo y Pellegrini) con 73.80 dB(A).

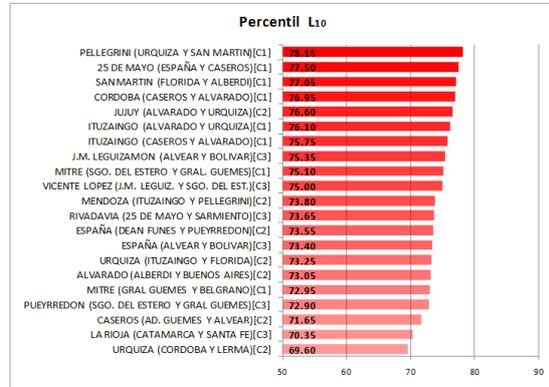


Fig. 9: Percentil L_{10} por sitio muestreado.

Los resultados del indicador L_{10} , muestran que únicamente el sitio Urquiza, entre Córdoba y Lerma, no supera el valor guía de 70 dB(A) de OMS.

En el resto de los sitios, los valores registrados, que representan el nivel de presión sonora que fue superado en el 10 % de las mediciones, fueron superiores al valor recomendado.

1.1. Nivel Sonoro Máximo y Mínimo.

Los valores L_{\min} y L_{\max} son obtenidos directamente del registro del sonómetro. Los resultados de las diferencias entre estos indicadores se consignan en la Fig. 10.

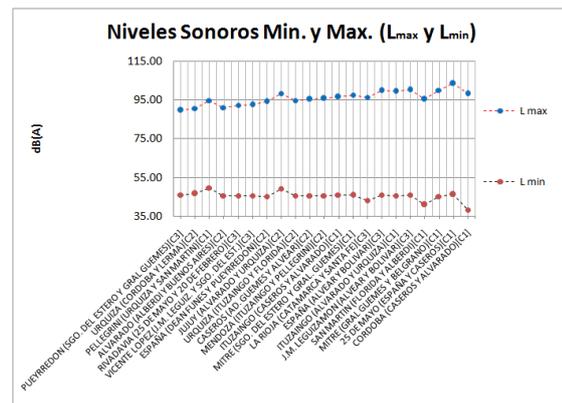


Fig. 10: Nivel Sonoro Equivalente mínimo y máximo por sitio.

1.1. Mapas de ruido

El mapa de ruido, que se muestra en la Figura 11, se observa conjuntamente la zona estudiada con los valores del indicador $Leq(d,n)$ y el trazado de los corredores de transporte urbano en el área de estudio, marcadas como líneas continuas en color negro. Se observa que los valores de los niveles sonoros más elevados se presentan en las zonas de mayor densidad de corredores de transporte

público, con la contribución del transporte de automóviles privados. En tanto que en forma general, en sitios con una menor densidad de líneas de corredores, le corresponden valores de niveles sonoros más bajos. Se hace notar que esta situación no se cumple en la calle Vicente López ya que en la misma se ha incrementado notoriamente la circulación de ATR y M.



Fig. 11: Mapa de ruido con el indicador $Leq(d,n)$ y corredores urbanos (AMT, 2013).

4. CONCLUSIONES

Finalizados los registros y la evaluación de los niveles sonoros en los 21 sitios ubicados en la zona céntrica de la ciudad, se concluye que la contaminación acústica constituye un problema real que se debe encarar y priorizar por parte de las autoridades. En todos los puntos estudiados, los niveles de ruido, superaron los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

Los niveles sonoros registrados de $Leq(d,n)$ superaron la directriz de 70 dB(A) sugerida por la OMS para áreas de tránsito vehicular en todos los sitios muestreados.

En los sitios clasificados como criterio 1 se observaron elevados niveles de ruido, en los que hay una contribución combinada del parque automotor privado y masivo de transporte público, como se muestra en la Tabla 4.

En las calles Jujuy, Mendoza, entre otras de criterio 2, en las que hay una menor circulación de corredores de transporte público de pasajeros, en relación a los sitios de criterio 1, se observó una elevada circulación del parque de auto-taxi-remises (ATR) y Motocicletas (M). En la calle Vicente López de criterio 3 (ver Tabla 4), se observó un entorno acústico similar a los niveles registrados para sitios de criterio 1. Se considera que esta vía se constituyó en un corredor de circulación preferencial de acceso al centro de la ciudad, al igual que calle Pueyrredón, como vía de egreso de zona céntrica (criterio 3).

En cuanto al indicador $Leq(n)$, los niveles sonoros registrados por sitio, también fueron superiores al valor guía de OMS de 40 dB(A) sugerido para el periodo nocturno.

En los sitios de criterio 1, en forma general, se observó para el indicador mencionado los valores más elevados.

Esta situación acústica adversa, también se registró en el sitio de calle Alvarado (criterio 2), al igual que en calles: Jujuy (criterio 2), Mendoza (criterio 2) y Vicente López (criterio 3).

En lo que respecta al nivel sonoro máximo (L_{max}) para la jornada de 24 horas, la OMS sugiere no sobrepasar el límite de 110 dB(A), valor que no fue superado en ninguno de los sitios muestreados.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado gracias al apoyo de la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMT), la Facultad de Ingeniería, el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (C.I.U.N.Sa) y el Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta (IIDISA).

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental (2006). Ciudad de Buenos Aires.
- Agencia Provinciale per la Protezione Dell'Ambiente (1996), Controllo della Rumorosita da traffico Veicolare.
- Álvarez F. G. M. (1973). Laboratorio de Acústica y Electroacústica, Facultad de Ingeniería, UBA. Medición de Ruido en la Ciudad de Bs. As.
- Autoridad Metropolitana de Transporte (AMT), <http://www.amtsalta.gov.ar/v2fd>. (11 julio 2.013).
- Bartí Domingo R. (2010) *Acústica medioambiental*, Vol. II. Impreso en España.
- Comisión Europea (2000) Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental, Bruselas.
- Comisión Europea, Future Noise Policy(1996) Green Paper, Brussels.
- Dirección Nacional de los Registros Seccionales de la Propiedad Automotor (DNRPA). <http://www.dnrpa.gov.ar/>. (10 julio 2.013).
- Environmental Protection Agency U.S. (1974) EPA 550/9-74-004, Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and welfare with an Adequate margin of Safety, Washington, DC.
- Gayo J. L., Velarde Suarez S. Ballesteros Tajadura R., González Pérez J. y Santolaria Morros C. (2006). *Acústica Ambiental*. Universidad de Oviedo, España.
- Informe de Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo. Organización Mundial de la Salud. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0321:FIN:ES:HTML>. (8 julio 2.013).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). <https://www.google.com.ar/search?q=www.indec.com.ar>. (8 julio 2.013).
- Izquierdo Millán M. y Martín E. (1995). Available solar energy in an absorption cooling process. *Solar Energy* En prensa.
- Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19587 – Dto. Reglamentario 351/79 y modificatorio.
- Ley de Tránsito y Seguridad Vial N° 24.449/95. Argentina. Actualizada a diciembre de 2009.
- Ley N° 1.540/2004 (2004). Decreto Reglamentario N° 740/2007.
- Luchemos por la vida. Año 6. N° 19. <http://www.luchemos.org.ar/revistas/articulos/rev19/pag06.htm>. (11 julio 2013).

- Mangosio J. E. (1994). *Fundamentos de Higiene y Seguridad en el Trabajo*, ISBN 950-9088-87-6, impreso en Buenos Aires, Argentina.
- NF S 31-085AFNOR (1991) Caracterización y Medición del Ruido Debido al Tránsito Automotor.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (1999). *Guidelines for Community Noise*, edited by Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schewela.
- Recuero López y Suárez Silva E. (2004) *Contaminación Atmosférica*. Ediciones de la Universidad de Castilla, La Mancha, España.
- Salta urbanismo y tradición. Desarrollo armónico, equitativo y sustentable de la ciudad de Salta y sus habitantes.
- Revista Arquitectura+Diseño. Edición 01|Julio/Agosto 2009.
<http://www.revistaamasd.com/ediciones/edicion01/edicion01.html>.(7 julio 2013).
- Viro G. E. (2002).Protocolo de Mediciones para Trazado de Mapas de Ruido Normalizados, LACEAC – Laboratorio de Acústica y Electroacústica. Facultad de Ingeniería, UBA.