



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

EL RUIDO AMBIENTAL URBANO COMO INDICADOR DE CALIDAD DE VIDA ACÚSTICA EN CUATRO SECTORES PROTOTIPOS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

PACS: 43.50.-X. RUIDO: SUS EFECTOS Y CONTROL

Calero Proaño, Laura de Jesús¹; Calero Amores, Marcial Sebastián²; Pazmiño Franco, Carlos³; Vélez Aspiazú, Eva⁴

¹⁻²⁻³⁻⁴ Universidad de Guayaquil.

Cdla. Universitaria Salvador Allende Malecón del Salado entre Av. Delta y Av. Kennedy.
Guayaquil, Ecuador

Teléfono +59342294740 ext. 120. laura.calerop@ug.edu.ec

² Universidad laica Vicente Rocafuerte

Av. de las Américas. Guayaquil, Ecuador. Teléfono: +59342596500. mcaleroa@ulvr.edu.ec

Palabras Clave: Ruido ambiental urbano. Percepción ciudadana. Indicador. Calidad de vida. Flujo vehicular alto.

ABSTRACT

Urban noise represents an indicator to assess acoustic welfare and achieve sustainable development of cities. Governments ignore the importance of the indicator to achieve citizen welfare. The research carried out at the University of Guayaquil raised and validated more than 30,000 records, sound, perception, land use and traffic flow. The baseline was correlated generating graphic and analytical models that show the relationship between measured and perceived noise, high vehicular flow and quality of life. The indicator qualifies 31% the quality of unacceptable sound life for Guayaquil, determining the need for strategies to achieve community welfare.

RESUMEN

El ruido urbano representa un indicador para evaluar el bienestar acústico y lograr el desarrollo sostenible de ciudades. Los Gobiernos soslayan la importancia del indicador para lograr el bienestar ciudadano. La investigación realizada en la Universidad de Guayaquil levantó y validó más de 30000 registros, sonoro, percepción, uso de suelo y flujo vehicular. La línea base se correlacionó generando modelos gráficos y analíticos que evidencian la relación ruido medido y percibido, flujo vehicular alto y calidad de vida. El indicador califica con 31% la calidad de vida sonora no-aceptable para Guayaquil, determinando la necesidad de estrategias para lograr el bienestar comunitario.

INTRODUCCIÓN

Ciudades como Guayaquil fundamentan su desarrollo en procesos productivos relacionados con actividades industriales, comerciales y turísticas, pero, este proceso implica implementar infraestructura urbana y de movilidad que deben ser planificadas para ser sostenibles, sustentables y principalmente proporcionar al ciudadano el buen vivir. La calidad de vida se la

FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

califica por factores como, social, político, económico, ambiente, infraestructura física-psicológica, otros, que son principalmente medidos por niveles PIB, esperanza de vida, rendimiento educativo, falta de vivienda, otros, indexando la contaminación acústica indirectamente en el factor social-ambiental. El ciudadano señala que el ruido es un factor prioritario que lo afecta psicológica, económica, social y salud, pero, los Gobiernos Central y Municipal minimizan el problema y determinan que la problemática no es grave y no consideran al ruido como indicador directo en la calidad de vida (Calero, 2018).

Los estudios de calidad de vida se formalizan alrededor de 1960 (Custodio, 2017), sin embargo, este término, aborda una serie de variables multidisciplinarias que están relacionados con una dimensión conceptual y la percepción objetiva del ciudadano (Kaklauskas, 2017). La OMS definen como calidad de vida, la percepción que un individuo tiene de su lugar en la existencia, en el contexto de la cultura y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, expectativas, normas, e inquietudes (Sandro, LZ, 2013). Ecured@idict.cu. (2018) señala que la calidad de vida, está asociada al concepto de bienestar y sostenibilidad relacionándolo con el desarrollo social, economía y cultura. Significados.com, (2017) señala que la calidad de vida es la conjunción armoniosa entre factores subjetivos y objetivos

El bienestar ciudadano es analizado a través de indicadores, Loyola (2017) señala que el indicador está relacionado con el entorno y medio ambiente; el PNUD mide la calidad de vida por el Índice Anual de Desarrollo Humano (HDI), indicando a la salud, educación y la riqueza de los ciudadanos como HDI (Salas, 2013). En Ecuador, el Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida, fundamenta la calidad de vida como la articulación de ciudades más seguras con respecto a servicios básicos, espacios de convivencia y reducción de vulnerabilidades que garanticen un desarrollo territorial sostenible (SENPLADES, 2017).

Pérez y Gardey (2016) definen como ruido, a los sonidos poco agradables e incluso dañinos que modifican las condiciones consideradas normales o tolerables en una cierta región y que generan contaminación sonora. Alfie y Salinas (2017), expone que la combinación de ruido, uso indiscriminado del automóvil y las políticas públicas desintegradas provocan una gestión ambiental incierta y poco clara de la problemática formulando un modelo de ciudad caminable e indica que son pocas las ciudades que tratan de disminuir la contaminación acústica. Ramírez y Domínguez, (20015), para la localidad de Chapaneiro-Bogotá evalúa el ruido concluyendo que el tráfico vehicular es la fuente principal de la problemática ambiental, pero, poco priorizado y atendido por las urbes en desarrollo. Quintero (2013) aborda el ruido del tráfico vehicular en el entorno urbano y la salud humana formulando para la ciudad de Tunjall-Colombia un Plan estratégico para el control de la contaminación acústica vehicular.

Ibarra (2016) aborda el derecho al Buen Vivir señalando que existe la Legislación Ambiental y Técnica, pero, no se aplica adecuadamente o hay insuficiente control. León (2016) trata la contaminación sonora en la ciudad de Quito, señalando que el Municipio viola los Derechos Constitucionales de los ciudadanos por el ruido no controlado. La relación para un sector de la ciudad de Guayaquil entre un indicador acústico y su impacto en el buen vivir es abordada por el trabajo de Calero, et al. (2018) y constituye la fase inicial para el desarrollo de esta investigación.

De los trabajos analizados, se evidencia que la problemática ambiental relacionada con la evaluación del ruido ambiental como indicador de ruido urbano para determinar la calidad de vida acústica no ha sido desarrollada ni estudiada de manera interrelacionada, por lo cual, la investigación abordó la solución de la problemática evaluando y categorizando conceptual y perceptiva al ruido urbano para estimar un indicador de ruido urbano que califique cuantitativamente la calidad de vida acústica en cuatro sectores prototipos de Guayaquil.

La investigación mediante la interrelación de las variables, uso de suelo, ruido ambiental vehicular objetivo y perceptivo, tráfico automotor alto y calidad de vida sonora, abordó la

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

deficiencia mediante un proceso experimental y analítico que relacionó más de 3000 registros sonoro, vehicular, suelo y de percepción. Desarrollando una metodología creada y validada, se categorizó la calidad de vida sonora ambiental para la ciudad por lo cual, el proyecto aporta científicamente al cálculo de un indicador de bienestar acústico, así como, para planificar y desarrollar estrategias para lograr el bienestar del ciudadano. Abordar la problemática, significó elaborar un proceso metodológico objetivo y subjetivo para desarrollar el indicador sonoro de ruido urbano que calificó el buen vivir acústico en cuatro sectores de Guayaquil.

El proyecto se desarrolló con base en la investigación FCI-2017. Fondo Competitivo de Investigación de la Universidad de Guayaquil. La investigación caracterizó y evaluó la problemática de forma cuantitativa, aportando al conocimiento de la realidad sonora y bienestar por movilidad vehicular. Los productos incidirán a mediano plazo en la planificación, estrategias y políticas que deben plantearse los Gobiernos para que Guayaquil alcance el desarrollo sostenible y sustentable que impacte en el bienestar acústico del ciudadano.

MÉTODO Y EQUIPO

La investigación tiene enfoque cuantitativo, experimental y analítico. La zona de estudio del proyecto es en cuatro sectores de la ciudad de Guayaquil, donde se evaluó el ruido por flujo vehicular alto y su impacto en la calidad de vida. Se creó una metodología en la que se relacionó la intensidad sonora medida y la percibida por las personas, el tráfico vehicular alto, el uso de suelo y la calidad ambiental sonora. Con esto, se estimaron indicadores de ruido ambiental urbano para evaluar la calidad de vida del ciudadano. La investigación se abordó en tres fases.

Línea Base

La línea base se formó con la selección de zonas territoriales prototipos y caracterizadas por flujo vehicular alto y los registros de intensidad sonora tanto, por medición del sonido como, por la aplicación de encuestas. Las zonas prototipos fueron estimadas de los mapas disponibles en la Municipalidad de Guayaquil y considerando el uso de suelo y con tráfico vehicular alto. Los cuatro sectores seleccionados fueron: Comercial SC, Industrial SI, Salud SS y SR residencial. Mediante GPS y sistema GIS se localizaron los sectores, la figura 1 describe las zonas críticas seleccionadas.

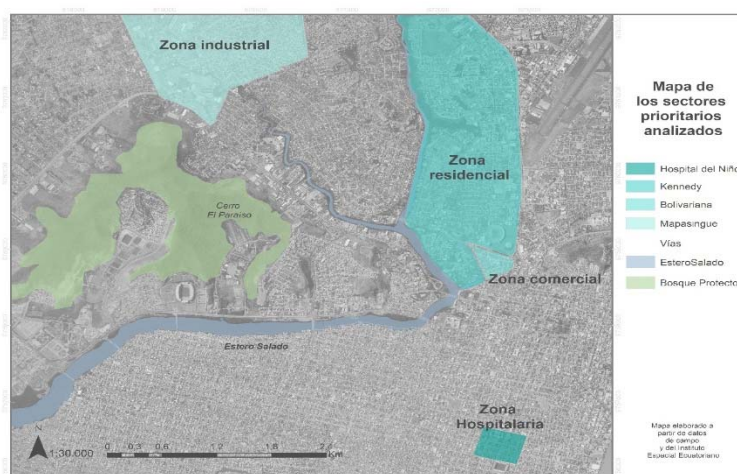


Figura 1. Sectores prioritarios analizados

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Los registros para la línea base, se obtuvieron de la medición de la presión sonora basado en la normativa y metodología señalada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador -MAE. La medición está relacionada con tipo, ubicación, condición ambiental del sonómetro, así como, las escalas tiempo-espacio para tomar y procesar la información. El registro del tráfico vehicular se fundamentó en el proceso metodológico normado por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte del Ecuador MOPT. La información para análisis de percepción se determinó mediante una encuesta validada y aplicada al usuario-ciudadano que abordó 10 preguntas y direccionados por ejes temáticos relacionados con: ruido, salud, psicología y disponibilidad al pago.

Proceso

Utilizando el sistema GIS e información proveniente del uso del Dron de la Facultad, se desarrollaron mapas que ubicaron los sectores prototipos objeto del estudio. Los registros de intensidad sonora, tráfico vehicular alto y percepción ciudadana se validaron y procesaron utilizando programas para Regresión y de código abierto tipo R

La dimensión espacial de análisis fueron los cuatro sectores críticos seleccionados SC, SI, SS y SR, mientras la escala tiempo fue para la frecuencia de 2 horas. El estudio de la dimensión de percepción sonora, se fundamentaron en histogramas de frecuencia que cuantifican la sensación del ciudadano al ruido. Aplicando correlaciones se desarrollaron modelos gráficos y analíticos por sectores con alta confiabilidad que relacionaron flujo vehicular alto, ruido, uso de suelo y bienestar sonoro.

Fundamentado en que el umbral al dolor representa la intensidad sonora más crítica para el ciudadano, (Ramírez, A. Domínguez, E. 2011) (Mortogliola, R. 2013) y basado en las normativas MAE y MOPT se relacionaron la intensidad sonora medida, percepción ciudadana al ruido, tráfico vehicular alto, ruido neto, umbral al ruido para determinar indicadores de ruido urbano para calificar la calidad de vida. Estos indicadores total y promedio se analizaron en tres escenarios, ruido excedente-ruido al umbral, ruido y ruido-tráfico vehicular e integrando ambos ambientes.

Equipo

Los equipos utilizados son sonómetros y GPS y seleccionados de acuerdo a las normativas del MAE y el MTOP del Ecuador. Los sonómetros con rango de medición entre 5 y 130 dB y precisión de ± 1.4 dB. Los GPS tienen error de precisión < 2 metros, tipo digital. Adicionalmente, para complementar los mapas se utilizó un DRON para levantar información cartográfica para uno de los sectores. Así mismo, se utilizaron medidores de distancia tipo laser y reloj digital de precisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

En función de los componentes de la línea base validada y para las escalas espacial o sector y tiempo, se construyeron histograma de frecuencia para la intensidad sonora objetiva, tráfico vehicular alto y percepción ciudadana, que se presentan en las figuras 2,3 y 4.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

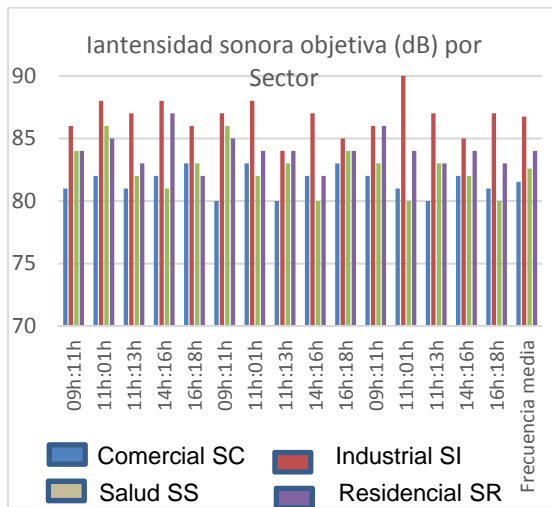


Figura 2. Intensidad sonora medida

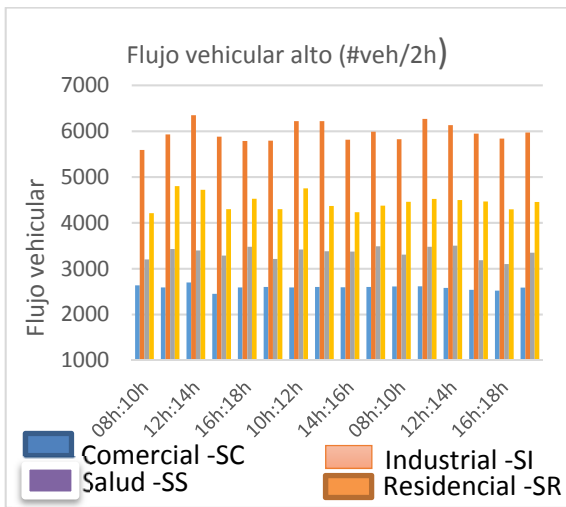


Figura 3. Tráfico vehicular alto

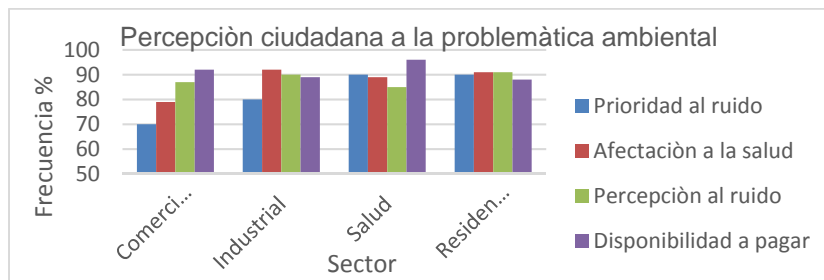


Figura 4. Percepción ciudadana a problemas ambientales

Siendo la percepción ciudadana un componente coyuntural para evaluar la calidad de vida, se relacionaron los resultados del ruido subjetivo con el ruido objetivo. La figura 5 y 6, describe las relaciones calculadas.

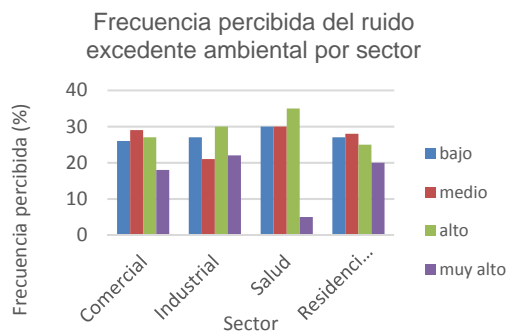


Figura 5. Frecuencia de ruido neto percibido medido

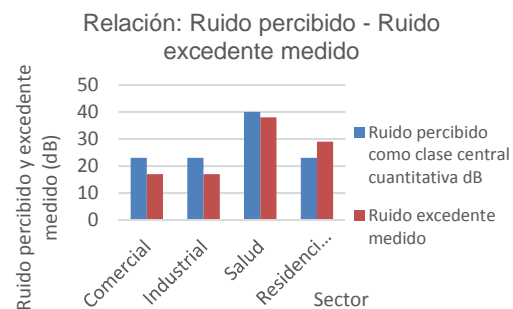


Figura 6. Ruido percibido y excedente

Seleccionando de los histogramas de tráfico vehicular e intensidad sonora los valores del intervalo de mayor frecuencia, se modeló por usos de suelo la relación entre las dos variables, y que se describe en la figura 7.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

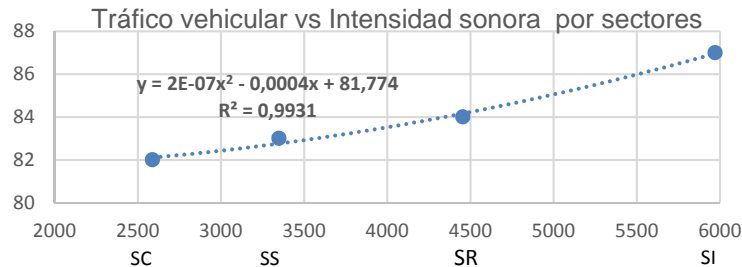


Figura 7. Modelo tráfico vehicular con Ruido por sectores

Para evaluar el ruido neto por el tráfico vehicular y por sector se elaboraron modelos gráficos y analítico presentados en las figuras 8 y ecuación (1).

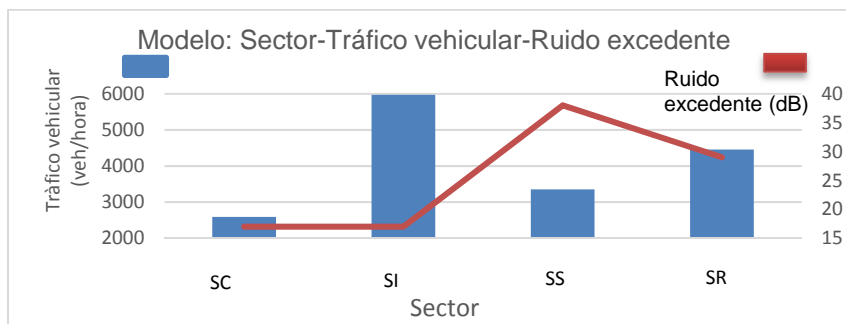


Figura 8. Tráfico vehicular alto, ruido excedente por Sector

$$Re = -6E-06(Tr)^2 + 0,0478(Tr) - 65,013 \quad (1)$$

$$r = 84\%$$

Siendo: Re= ruido exceden; Tr= tráfico vehicular alto; r= coeficiente de correlación

El Indicador de Calidad vida por ruido ICVR, se estimó relacionando para cada sector, el ruido excedente respecto a la intensidad neta al umbral del dolor, obteniendo como ICVR promedio 30,3% y presentado en la figura 10. La figura 11, describe el indicador de calidad de vida por ruido y ruido-tráfico vehicular ICVR-RV por sector, el indicador se obtiene relacionando el ruido excedente con el flujo vehicular alto, el indicador calculado es de 0,7%. Relacionando los dos indicadores ICVR e ICVR-RV se validó un modelo con nivel de confiabilidad de 84% que se detalla con la ecuación (2).

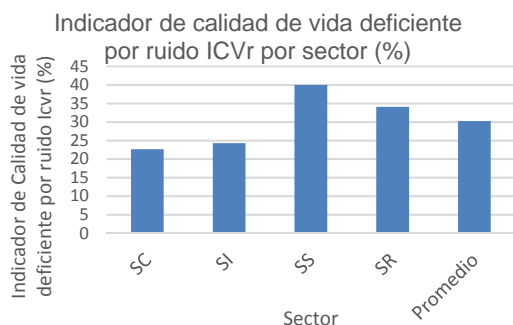


Figura 10. Indicador de calidad de vida ICVR
 $ICVR = 13,954ICVRV^2 - 1,073ICVRV + 23,224$
 $r = 84\%$

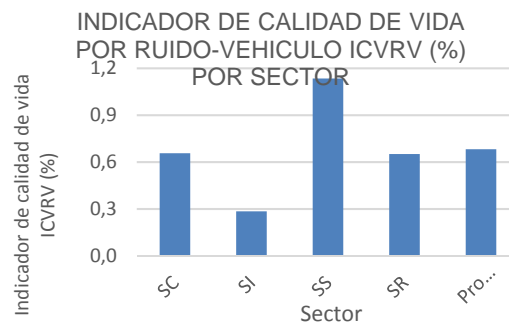


Figura 11. Indicador de calidad de vida ICVRV
 $r = 84\%$

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Relacionando los indicadores ICV_R e ICV_{RV} y para los sectores críticos, se calcularon los indicadores de calidad de vida total y promedio descritos en las figuras 13 y 14.

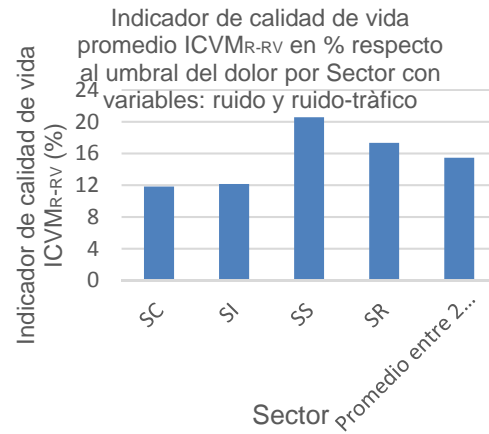
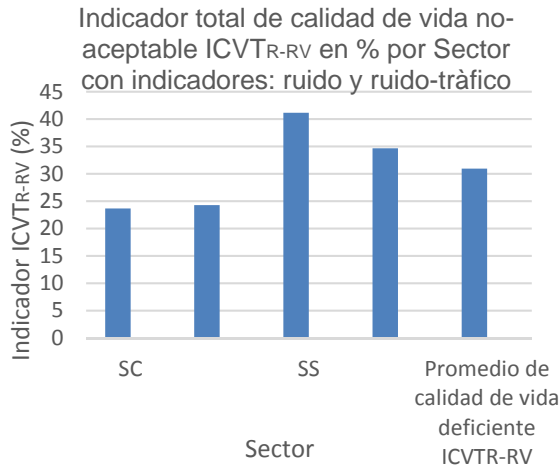


Figura 13. Indicador de bienestar ICV_{TR-RV}

FIGURA 14. Indicador de bienestar ICV_{M-RV}

Seleccionando una escala semejante a la utilizada para el ruido percibido, la tabla 1 describe la calidad de vida total sonora por indicadores acústico del ruido excedente y flujo vehicular urbano para los sectores seleccionados de Guayaquil y son describen por la tabla 2 y en la figura15.

Tabla 2. Indicador de calidad de vida por ruido urbano en cuatro sectores de Guayaquil

Sector	Indicador de calidad de vida acústica ICV_T	
	Cuantitativo %	Cualitativo %
Comercial SC	24	deficiente media
Industrial SI	24	deficiente media
Salud SS	41	deficiente alta
Residencial SR	35	deficiente alta
Promedio	31	deficiente alta



Figura 15. Calidad de vista acústica en los sectores prototipos

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Discusión

El flujo de tráfico varía de 1300 vehi/hora a 3000 vehi/hora evidenciando por la geometría de la vía la criticidad de los sectores seleccionados. Los sectores presentan intensidad sonora catalogados como contaminación acústica y varían entre 82 dB a 87 dB y determina que para tráfico vehicular alto, la tasa de variación acústica es baja, siendo para el trabajo de 1,5% a 3%.

El conflicto por ruido se evaluó tanto por percepción como con los registros medidos categorizando los sectores de deficiente medio a alto equivalente a 15 dB a 38 dB, lo cual determina que la realidad percibida por el ciudadano corresponde al ruido ambiental medido.

Se calcularon modelos con alta confiabilidad de 99% y 84% que evidencian la relación entre el tráfico alto, el ruido total o neto y el sector y de la relación entre los indicadores ICV_R e ICV_{R-RV} . De acuerdo al ruido urbano los indicadores estimados son 30,3% y 0,7% y evidencian el impacto del tráfico en la calidad de vida que categoriza a Guayaquil en el nivel de 31% y medio a alto de bienestar no-aceptable, siendo los sectores salud y comercial los más críticos. Para la ciudad, la variación de la calidad de vida para los sectores fluctúa del 23% al 40% con una tasa de variación del 58% e indica el diferente comportamiento del ruido-tráfico en el bienestar ciudadano.

La calidad de vida se evaluó en tres escenarios, pero, fundamentado en que el confort acústico responde a las afectaciones por ruido excedente y ruido neto-flujo vehicular, se determina que el indicador de calidad de vida por ruido urbano califica a la ciudad con bienestar deficiente que varía del 24% a 41% y con promedio del 30,3%, lo cual indica la necesidad que Guayaquil implemente estrategias para revertir el actual bienestar ciudadano evaluado como no-aceptable.

CONCLUSIÓN

La calidad de vida evaluada tanto de forma perceptiva como objetiva, determinó que los sectores prototipos seleccionados para Guayaquil se categorizan con bienestar no-aceptable de media crítica, teniendo al flujo vehicular alto como la principal fuente del ruido urbano que impacta en el bienestar acústico de las personas.

Los sectores analizados por componentes de ruido excedente y ruido-tráfico vehicular, señalan que el sector salud y residencial son los ambientes con mayor afectación, presentando indicadores de bienestar de deficiente-crítico del 24% al 41% que señala el nivel del conflicto en la calidad de vida sonora.

Los resultados determinaron con alto nivel de confiabilidad, la relación existente entre ruido excedente, intensidad al umbral del dolor, ruido-flujo vehicular y sector crítico; así como, el modelo que relaciona los indicadores de calidad de vida ICV_R e ICV_{R-RV} y valida el cálculo de la calidad de vida mediante el indicador de ruido urbano desarrollado. Para tráfico vehicular alto y saturado respecto a la geometría de la vía, la intensidad sonora tiene tendencia a tasa de variación baja.

El ruido ambiental tiene como principal fuente al tráfico vehicular y representa el 98% del indicador urbano para evaluar la calidad de vida del ciudadano, estando el ciudadano dispuesto al pago económico para controlar el ruido.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Alfie, M. Salinas. O. 2017. Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. Scielo vol.32 no.1 México ene./abr. 2017
- (2) Calero, M. Calero, P. 2018. Indicador ambiental-acústico en la calidad de vida urbana de Guayaquil. Revista Científica Yachana vol 6, Num 3. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Guayaquil-Ecuador
- (3) Custodio, J. et al. 2017. Calidad de vida relacionada con la salud: análisis factorial exploratorio del RAND-26 en mujeres de Buenos Aires. Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento ISSN 1852-4206. Agosto 2017, Vol. 9, N°2, pág. 34-49 Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. revistas.unc.edu.ar/index.php/racc.
- (4) ecured@idict.cu. 2018. Calidad de vida. EcuRed. https://www.ecured.cu/Calidad_de_vida
- (5) Ibarra, A. 2016. La contaminación acústica en los alrededores del Hospital Gineco Obstétrico Isidro Ayora y su incidencia en los derechos del Buen Vivir en el Distrito Metropolitano de Quito. Universidad Central del Ecuador Facultad de Jurisprudencia, Ciencias Políticas y Sociales carrera de Derecho. Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Abogada.
- (6) Kaklauskas, A. et al. (2017). Quality of city life multiple criteria analysis. *Cities*, 72(August 2017), 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.002>.
- (7) León, W. 2016. La Falta de Control de los Niveles Sonoros Ambientales por parte del Municipio vulnera los Derechos Constitucionales de los ciudadanos para disfrutar de un ambiente libre de ruido en la ciudad de Quito año 2015-2016. Universidad Central del Ecuador Facultad de Jurisprudencia, Ciencias Políticas y Sociales carrera de Derecho. Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Abogado.
- (8) Loyola And News. 2017. Indicadores de calidad de vida. <http://www.loyolaandnews.es/loyolaecon/wp-content/uploads/2017/10/indicadores-de-la-calidad-de-vida-en-espana>.
- (9) Martoglio, R. (2013). La contaminación sonora puede afectar la salud auditiva. La voz global-grupo el Clarín Córdoba Argentina. <http://www.lavoz.com.ar/loultimo>. 6 de noviembre de 2013
- (10) Pérez, J. Gardey, A. 2016. Definición de ruido ambiental (<https://definicion.de/ruido-ambiental/>)
- (11) Quintero, J. 2013. El ruido del tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana. Revista Científica Puente. Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga vol 7, Núm. 1. Colombia.
- (12) Ramírez, A. Domínguez, E. 2015. Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero (Bogotá, Colombia). *Gestión y Ambiente*, vol. 18, núm. 1, junio, 2015, pp. 17-28 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.
- (13) Ramírez, A. Domínguez, E. (2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*. Vol.35 no.137 Bogotá Oct./Dec. 2011 Bogotá. Colombia
- (14) Salas, C. María O. Garzón D. 2013. La noción de calidad de vida y su medición. *CES Salud Pública*. 2013; 4: 36-46 Universidad CES. Febrero 18 de 2013.
- (15) Sandro, LZ. 2013. Calidad de Vida. <https://prezi.com/qlt9y85z57gz/segun-la-organizacion-mundial-oms-la-calidad-de-vida-es/>
- (16) Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida, 1–148.
- (17) Significados.com. Actualización: 31/03/2017. Calidad de vida. <https://www.significados.com/calidad-de-vida/>.