

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Caracterización del ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia¹

Characterization of the Noise Produced by the Vehicle Traffic in the Downtown of Tunja city – Colombia

Caractérisation du bruit produit par la circulation de véhicules dans le centre-ville de Tunja – Colombie

Julián Rodrigo Quintero González

Ingeniero en Transporte y Vías

Magíster en Ingeniería Ambiental

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos

Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja (Colombia).

Docente área de Tránsito, Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías

Facultad de Ingeniería

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Investigador Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación

y Operación del Transporte GIDPOT

jrquinterog.itv@gmail.com, julian.quintero@uptc.edu.co

Tipo de artículo: Investigación científica y tecnológica

Recepción: 10-01-2012

Revisión: 24-04-2012

Aprobación: 30-04-2012

¹Este artículo presenta resultados del trabajo de investigación titulado "*Formulación plan estratégico para el control de la contaminación acústica vehicular – caso de estudio Tunja*", desarrollado para el Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. El proyecto está adscrito a la línea de Investigación de Medio Ambiente y Transporte desarrollada por el Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación y Operación del Transporte GIDPOT, perteneciente a la Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Inicio: Junio de 2011. Finalización: Enero de 2012.

Contenido

1. Introducción
2. El ruido y sus efectos en la salud humana
3. Cuantificación y valoración del ruido
4. Normatividad para la regulación del ruido
5. Metodología para caracterización del ruido vehicular
6. Resultados
7. Discusión
8. Conclusiones
9. Lista de referencias

Resumen

Este artículo presenta resultados de la caracterización del ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia. La metodología se enfocó en la evaluación de los niveles de ruido generado por el tráfico, presentes en el punto con mayores condiciones de movilidad crítica sobre la Carrera 12 y la Carrera 9ª en el centro de la ciudad, y la correlación entre niveles de presión sonora y volúmenes vehiculares mediante un análisis de correlaciones de Pearson y análisis de varianza Anova. Se logró establecer que la variación del nivel de presión sonora durante los periodos de medición presentaba un comportamiento estable, conservándose también a lo largo del día, lo que permitió sugerir que los altos niveles de presión sonora no eran una consecuencia inmediata de los altos flujos vehiculares, sino que respondían a los volúmenes de tipos específicos de vehículos como los de transporte público, particulares y taxis en el centro de la ciudad de Tunja.

Palabras clave

Análisis de correlaciones, Caracterización de nivel de ruido, Ruido del tráfico vehicular, Variación de presión sonora, Variación de volúmenes de tránsito.

Abstract

This article presents the results of the characterization of the noise produced by vehicle traffic in the downtown of Tunja city, Colombia. The methodology was focused in the evaluation of the levels of noise generated by the traffic, occurring in the point with more conditions of critical mobility on the Avenue 12 and the Avenue 9th in city's downtown, and the correlation between levels of sound pressure and vehicle volume by means of an analysis of correlations of Pearson and

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

variance analysis Anova, finding that the noise was not directly related to the magnitude of traffic flows, which allowed to suggest that the high levels of sound pressure were not an immediate consequence of the high vehicle flows, but rather they responded to the volumes of specific types of vehicles like those of public transportation, private citizens and taxis in Tunja City downtown.

Keywords

Analysis of correlations, level of noise characterization, noise of vehicle traffic, sound pressure variation, traffic volume variation.

Résumé

Cet article présente les résultats de la caractérisation du bruit produit par la circulation de véhicules dans le centre-ville de Tunja-Colombie. La méthodologie s'est concentré sur l'évaluation des niveaux de bruit produit par la circulation de véhicules, dans le point avec des conditions de mobilité les plus critiques sur les avenues 12 et 9 dans le centre-ville, et la corrélation entre les niveaux de pression sonore et volumes des véhicules au moyen d'une analyse des corrélations de Pearson et analyse de la variance Anova, en trouvant que le bruit n'avait pas une relation directe avec l'échelle des flux de circulation de véhicules, ce qui a permis de suggérer que les hauts niveaux de pression sonore n'étaient pas une conséquence immédiate des hauts flux de circulation de véhicules comme ceux de transport en commun, personnelle et des taxis dans le centre-ville de Tunja.

Mots-clés

Analyse des corrélations, caractérisation de niveaux de bruit, bruit de circulation de véhicules, variation de pression sonore, variation des volumes de circulation de véhicules.

1. Introducción

Alrededor de todo el mundo, el desarrollo de la actividad del transporte genera impactos negativos como el consumo de energía, la contaminación por emisiones, partículas en suspensión, ruido, contaminación visual, ocupación del espacio público y accidentes. Entre estos, el ruido es uno de los que más efectos negativos ocasiona en la salud de las personas trayendo consigo enfermedades de tipo fisiológico y mental, debido a la afectación del

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

entorno ambiental de quienes tienen contacto directo o se encuentran en áreas cercanas a las zonas dispuestas para el desarrollo de los flujos vehiculares en las ciudades.

Conforme con lo expuesto por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España (2006), el transporte urbano produce impactos adversos que afectan el medio ambiente, la salud y la seguridad de los ciudadanos, a la economía, a la sociedad y en general, a la calidad de vida de la población que vive y desarrolla sus actividades laborales en las ciudades. De acuerdo con lo anterior, y atendiendo a las actuales tendencias en cuanto al estudio del comportamiento del ruido producido por el tráfico vehicular, el presente artículo tiene por objeto explicar dicho comportamiento a partir del estudio de los niveles de presión sonora encontrados en los puntos con mayores condiciones de movilidad crítica en el centro de la ciudad, para lo cual, en los apartes siguientes se presenta la metodología, resultados y principales hallazgos hechos en la caracterización de los niveles de ruido vehicular sobre la Carrera 12 y la Carrera 9ª, principales corredores viales en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia.

2. El ruido y sus efectos en la salud humana

Según lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, en su Resolución 0627 de Abril de 2006 (2006, p. 15), se puede definir el ruido acústico como "todo sonido no deseado por el receptor. En este concepto están incluidas las características físicas del ruido y las psicofisiológicas del receptor, un subproducto indeseable de las actividades normales diarias de la sociedad". Por otra parte, la misma Resolución 0627 (2006, p. 12) define la emisión de ruido como "la presión sonora que generada bajo cualesquiera condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público".

De acuerdo con la Comisión Europea e Intelligent Use Of Energy At School IUSES (2009), en el marco del Programa de Energía Inteligente para Europa, varios estudios médicos realizados muestran que el tráfico vehicular tiene efectos negativos sobre la salud de las personas, entre estos: la emisión de partículas que pueden producir graves enfermedades respiratorias, el ruido del tráfico que puede generar trastornos del sueño y enfermedades mentales, y el sedentarismo y obesidad derivados de la dependencia del uso de modos de transporte motorizados. Desde el punto de vista de la contaminación acústica, el ruido del tráfico tiene un impacto grave sobre la

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

salud humana. Estos efectos se pueden evitar si el nivel de ruido continuo se mantiene por debajo de 30 decibeles (dB) en interiores.

El ruido no sólo influye en las personas de una manera fisiológica, además aumenta el estrés y el nivel de agresividad, lo que influye directamente en las actividades mentales y en la vida social de las personas. De acuerdo con el Servicio de Comunidades y Vecindarios de la Ciudad de Toronto (2000), Canadá, y las consideraciones hechas por entidades gubernamentales en Latinoamérica e Iberoamérica, como el Instituto Mexicano del Transporte (2001, 2002) y recientemente por el Ministerio de Ciencia de Innovación de España (2010), se pueden considerar los siguientes efectos negativos en la salud producidos por el ruido:

- Trastornos auditivos
- Pérdida de la audición
- Dificultad en la comunicación oral
- Estrés inducido por el ruido
- Perturbación del sueño
- Enfermedades cardiovasculares
- Efectos en el sistema inmune
- Efectos en el embarazo
- Efectos en la salud mental y el comportamiento
- Otros efectos

3. Cuantificación y valoración del ruido

Ramírez González et al. (2011) revelaron que el ruido producido por el tráfico vehicular ha sido objeto de estudio desde tres décadas atrás (años 70s) por entidades internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), lo cual concuerda con la investigación realizada por Germán y Santillán (2006), en la cual se explica que el surgimiento de normas para el control de la contaminación acústica se inició a comienzos de la década de los setenta, resaltando sin embargo, y citando para tal fin a Fields (2001), que entre los años 1943 y 2000 se habían identificado cerca de 521 estudios publicados en idioma inglés relacionados con el estudio del ruido. En América Latina, algunas instituciones e investigadores han profundizado en el estudio del ruido, su valoración y el diseño de algunas medidas para controlar sus efectos. Este es el caso de Flores Puentes et ál. (2011, 2002) del Instituto Mexicano del Transporte, quienes elaboraron diferentes propuestas para el control del ruido y la normatividad que lo

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

regula. En Argentina se destaca el trabajo realizado por Miraya (2000) en cuanto a legislación, medidas de control y modelización del ruido producido por el tráfico vehicular.

En países del Caribe como República Dominicana, instituciones como la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001) publicaron sus principales consideraciones para tener en cuenta en la mediciones de niveles de presión sonora emitidos por el tráfico vehicular, dentro de los criterios se destacan la preparación del vehículo, la medición con el vehículo estacionado, la medición del ruido cuando el vehículo está acelerado a una velocidad constante y la medición del ruido cuando el vehículo está en movimiento a una velocidad constante. En Cuba, Guzmán y Barceló (2006) realizaron un estudio de diseño combinado (analítico y descriptivo) en la red de arterias principales de La Habana con flujos vehiculares superiores a 250 vehículos por hora. El estudio permitió elaborar un mapa de ruido donde se destacó una generalizada contaminación acústica en las principales vías de la ciudad superando los límites permitidos; por encima de los 68 dB(A). También obtuvieron un modelo basado en el flujo estandarizado relacionando el ancho de vía y la velocidad de vehículos pesados, para la estimación del nivel equivalente continuo del ruido fluctuante.

En los últimos años, en países de América del Sur como Perú, Chile, Argentina y Brasil se han adelantado importantes investigaciones frente al tema del ruido. En Perú sobresale el estudio realizado por Santos de la Cruz (2007) en la ciudad de Lima y tomando como caso de estudio la Avenida Javier Prado de la misma ciudad, en la cual, se realizaron encuestas a transeúntes y conductores encontrando como resultado que de acuerdo con las respuestas de los entrevistados, el efecto del ruido no afectaba al 21,15% de ellos, lo afectaba moderadamente al 32,29% y sí lo afectaba al 46,15%. Se pudo concluir que las fuentes de ruido que resultaban más molestas para los entrevistados eran los vehículos (62,69%), lugares públicos (23,46%) y los vecinos (3,85%).

En Brasil, resultados interesantes se han encontrado en investigaciones como la realizada por Rodrigues et al. (2010), como parte de una tesis doctoral desarrollada en la Universidad Federal de Rio de Janeiro, en la que se planteó que era indispensable el análisis del grado de saturación de la vía como indicador determinante en el análisis de la capacidad y la demanda aplicadas al control del ruido. Otros investigadores como Portela y Zannin (2010) han incursionado en investigaciones acerca de los efectos del ruido

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

dentro de los buses urbanos, para lo cual realizaron mediciones en cerca de 80 buses de diferentes modelos, donde se encontró que los niveles de ruido estaban muy cerca a los 65 dB(A) y por encima de los estándares permitidos.

En Colombia, Cardona M. y Ortega B. (2005) propusieron una metodología para determinar el grado de exposición al ruido ambiental urbano de los habitantes de la ciudad de Medellín. La metodología se basó en la realización de un análisis descriptivo mediante una encuesta acerca de la percepción que se tenía sobre la presencia del ruido urbano y posteriormente la medición de los niveles de presión. El análisis estadístico realizado por Cardona y Ortega permitió constatar que realmente el comportamiento del ruido no obedecía a horas pico ni a horarios específicos, sino que los promedios se conservarían durante todo el día. Respecto de las fuentes emisoras, también se pudo apreciar que realmente era el tráfico vehicular la principal y casi única fuente emisora.

A partir del año 2006, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia mediante la Resolución 0627, definió los horarios, las unidades y los ajustes para realizar la medición de la presión sonora y evaluar la emisión de ruido en una o varias fuentes. Adicionalmente estableció los estándares máximos permisibles de emisión de ruido para Colombia, los métodos o pruebas para medir el ruido producido por vehículos automotores y motocicletas, las disposiciones generales para el ruido ambiental, los equipos de medida, las mediciones y la vigilancia y control del cumplimiento de la resolución mencionada.

Luego, Duque y Ladino (2007) formularon un modelo matemático del ruido producido por el tráfico en la ciudad de Pereira, el cual se basó en el análisis de los niveles de ruido registrados en algunos puntos de la ciudad por los cuales circulaban flujos importantes de vehículos de transporte público. Como resultado de los análisis se pudo observar que los niveles de presión sonora tanto en las mediciones con sonómetro como en la aplicación del modelo matemático superaban los estándares permisibles establecidos en la Resolución de 0627 de 2006. También se logró establecer una tendencia de niveles de ruido más altos en horas de la tarde entre la 1:00 p.m. y las 3:30 p.m., y entre las 5:00 p.m. y las 7:30 p.m. los niveles más bajos de ruido se registraron entre las 7:00 a.m. y las 9:30 a.m., y entre las 11:00 a.m. y las 12:00 m.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Posteriormente, el estudio piloto realizado en Bogotá por Pacheco et al. (2009) dejó en evidencia la importancia de profundizar en el estudio del impacto de los vehículos sobre los niveles de ruido en las áreas urbanas encontrando que los niveles de ruido ambiental registrados en cuatro zonas de la ciudad y varios corredores viales superaron en el 75 % de los casos los valores sugeridos por la norma colombiana vigente. También se encontró que al comparar los volúmenes vehiculares de la Carrera Séptima (775 incluyendo buses y camiones) con los de la Carrera 30 (500 vehículos pesados) y bajo las condiciones planteadas por el estudio, que el principal factor que tenía influencia en la generación de niveles de ruido altos no era el número total de vehículos sino la proporción de los vehículos de carga pesada.

Otras investigaciones como la de Ramírez González et al. (2011), desarrollada en la Universidad Javeriana en Colombia, han permitido comprender mejor la influencia del tráfico vehicular como principal fuente emisora de ruido en las grandes ciudades. En este trabajo, se tomó como caso de estudio la Carrera Séptima con Calle 42, vía de gran importancia para la movilidad ciudadana en el eje norte - sur de la ciudad de Bogotá, Colombia. Dentro de los resultados de la investigación más importantes se encontró que de los 105600 registros instantáneos medidos, el 97,7% se encontraron sobre los 70 dB(A), el 83,7% sobre 75 dB(A) y el 46,3% sobre 80 dB(A), concluyendo la existencia de una grave problemática ocasionada por los elevados niveles de ruido y agudizada por la existencia de un número importante de zonas residenciales y locales comerciales, así como la presencia de universidades y otras instituciones.

En Tunja, y de acuerdo con lo expuesto por Gutiérrez y López (2011), dentro de las primeras investigaciones desarrolladas y que se enfocaron en la cuantificación del ruido producido por fuentes móviles en el centro de la ciudad, fueron las realizadas por González (1996) y Zambrano (1998), quienes realizaron la cuantificación de los niveles de ruido para algunas intersecciones del tomando lecturas de presión sonora en horas con altos flujos vehiculares y durante varios días dentro de una misma semana. Los niveles de ruido registrados en el año de 1998 fueron considerablemente más bajos que los encontrados por González (1996).

Posteriormente, Gómez Escobar (2003) realizó una actualización de los niveles de ruido generados por fuentes móviles en varios de los puntos estudiados en años anteriores, considerando además el registro de lecturas de ruido en periodos de dos horas distribuidos en horas diurnas y nocturnas

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

durante dos días laborales y un día festivo. En esta investigación se encontró que los niveles de ruido eran más bajos en horas nocturnas y relativamente bajos en días festivos. A continuación, Mayorga (2010) realizó la cuantificación de los niveles de ruido sobre la Carrera 12 del centro de la ciudad de Tunja mediante técnicas de valoración contingente, encontrando una disminución respecto a años anteriores en los niveles de ruido en el centro de la ciudad, y cuyas lecturas se registraron en una hora pico y una hora valle durante cinco días, de los cuales cuatro eran días laborales y el quinto día era festivo.

Recientemente, otros autores como Gutiérrez y López (2011) han elaborado mapas de ruido para la zona céntrica de la ciudad de Tunja mediante el análisis de los niveles de ruido registrados en horas de alto y bajo flujo vehicular, y además han formulado modelos de predicción basados en modelos probabilísticos de tipo lineal y logarítmico que tienen por objeto pronosticar el comportamiento del ruido vehicular.

4. Normatividad para la regulación del ruido

En Colombia, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial elaboró la Resolución 0627 del 7 de Abril (2006); documento de carácter normativo por el cual se instauró la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. En dicha resolución se establecieron las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que pudiesen producir de manera directa o indirecta daños ambientales. De la misma forma se estableció la Norma Nacional de Emisión de Ruido y Norma de Ruido Ambiental para todo el Territorio Nacional y se fijaron los niveles máximos permisibles de ruido para Colombia (Tabla 1).

Tabla 1. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55,00	50,00

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Silencio			
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65,00	55,00
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75,00	75,00
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70,00	60,00
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65,00	55,00
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80,00	75,00
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55,00	50,00
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 0627 del 7 de Abril de 2006.

5. Metodología para la caracterización del ruido vehicular

5.1 Características de la ciudad de estudio

Localización geográfica

De acuerdo con el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana (2000) y la Alcaldía Mayor de la ciudad (2011), Tunja, capital del Departamento de Boyacá, está ubicada en la Cordillera Oriental Colombiana a los 05 32' 07"

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

de latitud norte y 73° 22' 04" de longitud oeste (Figura 1), con alturas que van desde los 2700 m.s.n.m. hasta 3150 m.s.n.m. en la parte más elevada. Dista de Bogotá 123 km. y tiene una extensión de 121,4 km². Como otras zonas de la región Andina de Colombia se encuentra en un área altamente propensa a la actividad sísmica.

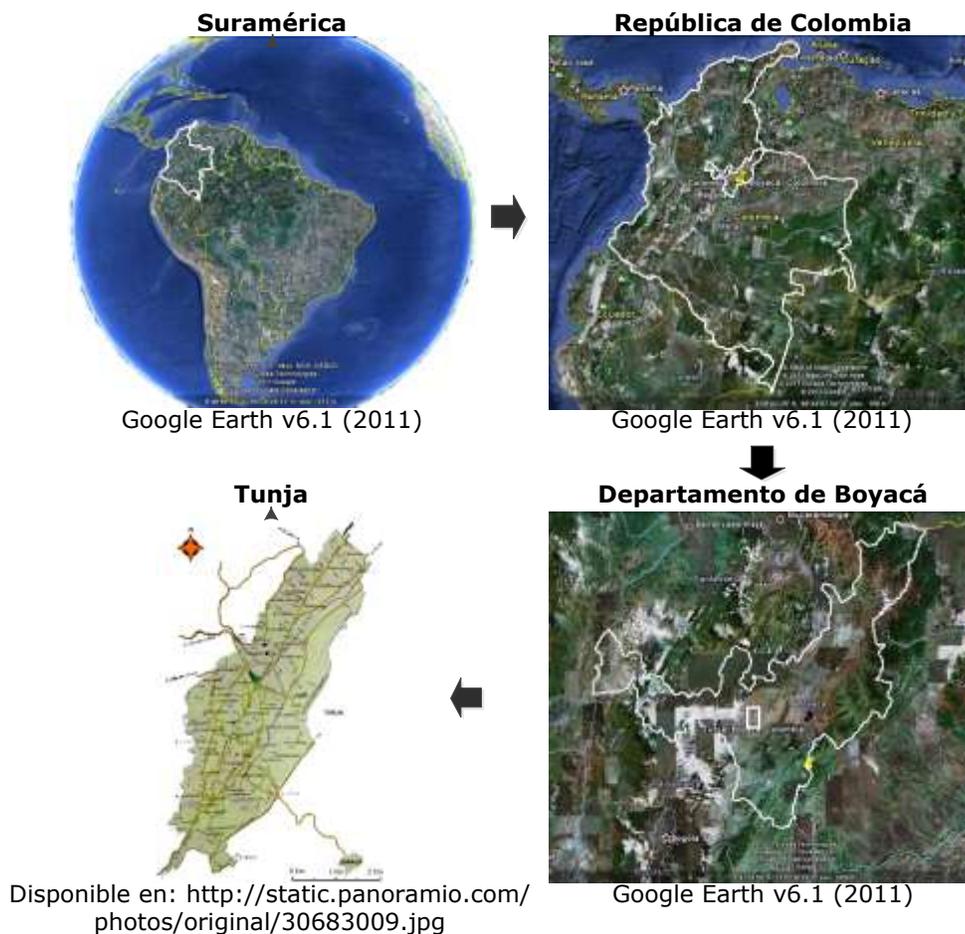


Figura 1. Localización geográfica Ciudad de Tunja, Colombia
Fuente: Quintero González (2012)

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Población

Según la Alcaldía de la ciudad de Tunja (2011), de acuerdo con proyecciones del DANE, se esperaba que para el año 2008, el municipio de Tunja tuviera una población de 164.676 habitantes, de la cual el 47,45%, que corresponde a 78.139 serían hombres y el 52,55%, que corresponden al 86.537 serían mujeres; distribuidos así: en la zona urbana el 95,15% (156.689 habitantes) y en la zona rural el 4,85%, es decir 7.987 habitantes. Actualmente, y de acuerdo con lo expuesto por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2010), se sabe que para el año 2008 la proyección fue de 164.405 habitantes y, que para los años 2011, 2012, y 2013, se espera un total de 174.557, 177.974 y 181.407 habitantes, respectivamente.

Esta concentración de población urbana conlleva a que las administraciones deban orientar la inversión social hacia esta zona, atender las altas demandas de servicios públicos, salud, educación, vivienda, saneamiento básico, entre otros, con desventaja para el sector rural; de acuerdo con la información contenida en el Plan de Desarrollo 2008-2011 "Para Tunja Lo Mejor", elaborado por el Concejo Municipal de Tunja (2008), se tiene una densidad poblacional urbana de 7.630. Hab./km² y rural de 95 Hab./km² cifra que señala el despoblamiento del sector rural.

Estructura y área urbana

De acuerdo con la Alcaldía de la ciudad (2011), la extensión territorial de Tunja es de 118 kilómetros cuadrados, de los cuales el 87% corresponde al área rural y el 13% al área urbana. Sus límites con los pueblos vecinos son los siguientes:

- Norte: Motavita, Oicata y Cómbita
- Oriente: Chivatá, Soracá, Boyacá
- Occidente: Samacá, Cucaita y Sora
- Sur: Ventaquemada

Según lo expuesto por Hidalgo (2007), durante el siglo XX "se produce la configuración de las periferias contemporáneas de la ciudad de Tunja, a partir de la transformación del antiguo trazado ortorreticular heredado de La Colonia" (p. 7), lo cual concuerda con lo revelado por la Alcaldía de la ciudad, explicando que la configuración urbana de la ciudad de Tunja corresponde a

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

una forma de tablero de ajedrez, con manzanas de cuatro cuadras, y una longitud de 100 varas (80 metros) por cada cuadra, formando una retícula. Hidalgo (2007) plantea para su trabajo de investigación la hipótesis en la cual explica que "el conjunto de mecanismos con los cuales se construyó Tunja produjo un crecimiento periférico fragmentario, disperso, discontinuo, extenso y estratificado o segregado socialmente, con lo cual esta ciudad representa un caso típico de urbanización contemporánea" (p. 8).

5.2 Sitios de estudio

La metodología propuesta se orientó hacia la cuantificación de los niveles de ruido producidos por el tráfico vehicular en un punto específico dentro de un corredor vial, para lo cual, se consideraron como de carácter principal dentro del centro del área urbana de la ciudad de Tunja los siguientes corredores: Carrera 12 y Carrera 9^a, los cuales fueron seleccionados atendiendo a la forma de la distribución espacial y configuración física del área urbana con el fin de cubrirla en forma equilibrada, estos se señalan en la Figura 2. Los puntos con mayores condiciones desfavorables para la movilidad y en los cuales se centró el desarrollo del trabajo de campo fueron Carrera 12 entre Calles 19 y 20 (Respaldo Universidad Santo Tomás) y Carrera 9 entre Calles 20 y 21 (Juzgados).

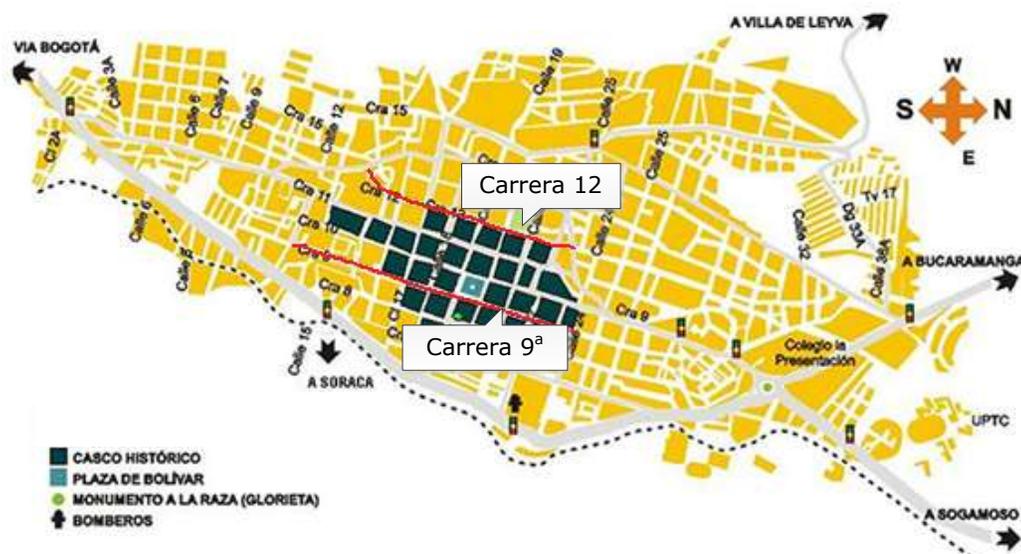


Figura 2. Ubicación espacial corredores viales estudiados centro Tunja

Fuente: Quintero González (2012)

Adaptado de <http://www.hotelcasarealtunja.com/photos/ubicacion-mapa.jpg>

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

5.3 Días y horarios para registro de niveles de ruido y volúmenes de tránsito

Para la selección de los días de estudio se consideraron aquellos que no se vieran sujetos a importantes alteraciones de las condiciones de movilidad presentes en los corredores viales estudiados; se seleccionaron los días martes y jueves. Respecto a los horarios, se consideró la necesidad de obtener lecturas de ruido en diferentes periodos de tiempo en cada punto considerado, variando los periodos de medición para lograr una amplia cobertura a lo largo de todo el día; entre las 7:00 a.m. y las 7:00 p.m. Así se definieron dos horarios divididos en tres periodos de medición y conteo, cuya combinación permitió obtener una distribución uniforme la cual se presenta en la Tabla 2. Las mediciones de ruido y estudios de tránsito se realizaron durante dos semanas entre los meses de junio y julio de 2011.

Tabla 2. Relación puntos estudiados, días y horarios

Corredor Vial	Corredor vial/Punto de estudio	Días de estudio	Horario mediciones de presión sonora y estudios de tránsito
1	Carrera 12 con entre Calles 19y 20 (Respaldo USTA)	(Junio 30 de 2011)	9:00 a.m. - 11:00 a.m. 1:00 p.m. - 3:00 p.m. 5:00 p.m. - 7:00 p.m.
2	Carrera 9 entre Calles 20 y 21 (Juzgados)	(Julio 07 de 2011)	7:00 a.m. - 9:00 a.m. 11:00 a.m. - 1:00 p.m. 3:00 p.m. - 5:00 p.m.

Fuente: Quintero González (2012)

5.4 Medición de los niveles de ruido

El instrumento más común utilizado en la medición de los niveles de presión sonora es el sonómetro, el cual permite hacer una lectura directa del nivel de presión sonora (en decibeles (dB)), producido por una fuente generadora de ruido fija o móvil. Para la medición de los niveles de ruido vehicular se empleó el sonómetro de referencia modelo HD 600 de Extech Instruments (medidor digital de nivel de sonido con grabadora integral de datos), el cual, y de acuerdo con las especificaciones del fabricante; Extech Instruments Corporation (2007), se clasifica como de Tipo 2 de acuerdo con la Tabla 3.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Tabla 3. Tolerancias permitidas para tipos de sonómetros definidos por la IEC 60651 (modificada por la IEC 61672 (2002, 2003))

Clase	Calibradores (dB)	Sonómetros (dB)
0	+/- 0,15	+/- 0,4
1	+/- 0,3	+/- 0,7
2	+/- 0,5	+/- 1,0
3	Eliminada por la IEC 61672	+/- 1,5

Fuente: Documento soporte norma de ruido ambiental IDEAM (2006)

De acuerdo con lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006) y las especificaciones técnicas del fabricante, y considerando además las características de las fuentes emisoras de ruido (vehículos automotores), se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones base para la medición de los niveles de presión sonora:

Escala de medición: entre 30 dBA y 130 dBA.

Ponderación de frecuencia: ponderación "A", para la cual la frecuencia de respuesta de medidor es similar a la respuesta del oído humano. La "ponderación A" se usa comúnmente para programas ambientales o de conservación del oído tales como pruebas reglamentarias de la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de América) y cumplimiento de la normatividad vigente en cada región.

Tiempo de respuesta: el medidor permite realizar mediciones en dos tiempos de respuesta; Rápido (125ms) o Lento (1 segundo). Para las mediciones se seleccionó el tiempo de respuesta lento, el cual permite vigilar una fuente de ruido con un nivel de presión sonora razonablemente constante o para promediar niveles rápidamente cambiantes.

Condiciones ambientales: humedad relativa: 90% máx. Temperatura de operación: 0 a 40°C (32 a 104°F).

Posición medidor sobre el corredor vial: para la medición de niveles de ruido del tráfico vehicular se posicionó el medidor a 1,5 metros de distancia del flujo vehicular y a 1,20 m del piso.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Intervalo de medición: aunque la norma para Colombia formula la utilización de intervalos de registro de las mediciones entre 10 y 15 seg., se consideró conveniente realizar las mediciones con intervalos de tiempo de 1 seg., con lo cual se buscó además minimizar los errores estadísticos en el tratamiento de la información al contar con un registro ininterrumpido de niveles de presión sonora en la totalidad del trascurso del periodo de medición de dos (2) horas, obteniendo de esta manera más de 7.200 registros para dicho periodo de medición y cerca de 21.600 registros a lo largo del día para cada punto estudiado.

5.5 Volúmenes de tránsito

Los volúmenes vehiculares presentes en una calle o carretera son un indicador fundamental en la determinación de las condiciones del tránsito en un corredor vial. Su importancia radica en su carácter esencial en el diseño y planeación de cualquier proyecto de una calle, carretera, intersección u otros elementos de infraestructura, para los cuales es primordial determinar el volumen de tránsito o demanda que circula por la vía en un periodo de tiempo determinado y su variación respecto al tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hizo necesario que la cuantificación de estos parámetros se realizara en forma precisa y simultánea en los mismos sitios en los cuales se realizó la medición de los niveles de presión sonora, esto con el fin de tener una mayor claridad en cuanto al tipo de vehículo que genera los mayores niveles de contaminación acústica en cada punto específico.

Para esto, en la realización del estudio de volúmenes de tránsito en tramos viales se discriminó el tipo de vehículo conforme con lo expuesto por Quintero (2010) en las siguientes categorías: automóvil particular, taxi, microbús (15 pasajeros; 12 sentados, 3 de pie), bus (25 pasajeros; 19 sentados, 6 de pie), camión (de 2 a 6 ejes), motocicleta y bicicleta, relacionando el sentido de circulación de los vehículos registrados sobre el corredor vial.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

6. Resultados

6.1 Variación de los niveles de ruido y volúmenes de tránsito

Una vez se obtuvo la información relacionada con los niveles de ruido y los volúmenes vehiculares en los sitios de estudio se realizó un análisis que permitiera establecer el comportamiento de las variables estudiadas mediante la elaboración de histogramas de variación de volúmenes por tipo de vehículo (cada 15 min.) y de variación de niveles de presión sonora (en dBA/15 min.) frente a los volúmenes de vehículos (en vehículos mixtos/15 min.), para el periodo en el cual se registró en mayor nivel de ruido promedio dentro de cada horario de medición diseñado para cada corredor vial.

En las Tablas 4 y 5 se presenta el resumen de los niveles de ruido registrados durante el día en los corredores viales; Carrera 12 y Carrera 9ª respectivamente. En la Carrera 12, y de acuerdo con los datos mostrados en la Tabla 4, se puede establecer que los mayores niveles de ruido vehicular se presentan en el periodo comprendido entre la 1:00 p.m. y las 3:00 p.m., con una variabilidad entre los 75,95 dBA y los 89,72 dBA. De otro lado, y en relación con los niveles de presión sonora promedio se puede apreciar que la variación es pequeña; $\pm 2,0$ dBA, lo que sugiere un nivel de ruido regularizado a lo largo del día.

Tabla 4. Niveles de presión sonora promedio Carrera 12 centro, Tunja 2011

Nivel de ruido vehicular continuo equivalente promedio para periodos de medición 15 min., Leq. (dBA)					
Periodo 1: 9 a.m. - 11 a.m.		Periodo 2: 1 p.m. - 3 p.m.		Periodo 3: 5 p.m. - 7 p.m.	
9:00 - 9:15	76,57	1:00 - 1:15	75,95	5:00 - 5:15	79,45
9:15 - 9:30	77,40	1:15 - 1:30	75,98	5:15 - 5:30	74,92
9:30 - 9:45	75,75	1:30 - 13:45	74,29	5:30 - 5:45	76,31
9:45 - 10:00	75,61	1:45 - 2:00	79,18	5:45 - 5:00	75,97
10:00 - 10:15	78,19	2:00 - 2:15	89,72	6:00 - 6:15	75,09
10:15 - 10:30	75,46	2:15 - 2:30	78,50	6:15 - 6:30	73,94
10:30 - 10:45	78,34	2:30 - 2:45	84,00	6:30 - 6:45	76,68
10:45 - 11:00	75,85	2:45 - 3:00	76,17	6:45 - 6:00	86,48

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Promedio ajustado	76,65	Promedio ajustado	79,22	Promedio ajustado	77,36
-------------------	-------	-------------------	--------------	-------------------	-------

Fuente: Quintero González (2012)

En la Tabla 5 se presentan los niveles de presión sonora promedio para el corredor vial de la Carrera 9ª en el centro de la ciudad de Tunja, en el cual, y según la información presentada, se puede afirmar que el mayor nivel de ruido vehicular se origina en horas de la mañana; entre 7:00 a.m. y 9:00 a.m., variando su valor entre los 72,11 dBA y los 85,05 dBA. De otra parte se observa que la variación entre los niveles de ruido promedio en los tres periodos de conteo es de $\pm 4,5$ dBA, sin embargo, los valores a lo largo del día se mantienen por encima de los 70 dBA.

Tabla 5. Niveles de presión sonora promedio Carrera 9ª centro, Tunja 2011

Nivel de ruido vehicular continuo equivalente promedio para periodos de medición 15 min., Leq. (dBA)					
Periodo 1: 7 a.m. - 9 a.m.		Periodo 2: 11 a.m. - 1 p.m.		Periodo 3: 3 p.m. - 5 p.m.	
7:00 - 7:15	73,12	11:00 - 11:15	73,42	3:00 - 3:15	71,21
7:15 - 7:30	72,11	11:15 - 11:30	71,67	3:15 - 3:30	71,70
7:30 - 7:45	73,12	11:30 - 11:45	77,25	3:30 - 3:45	71,96
7:45 - 8:00	72,69	11:45 - 12:00	69,77	3:45 - 4:00	70,02
8:00 - 8:15	73,10	12:00 - 12:15	70,09	4:00 - 4:15	72,82
8:15 - 8:30	74,00	12:15 - 12:30	70,09	4:15 - 4:30	81,43
8:30 - 8:45	80,68	12:30 - 12:45	71,93	4:30 - 4:45	71,78
8:45 - 9:00	85,05	12:45 - 1:00	71,63	4:45 - 4:00	72,10
Promedio ajustado	75,48	Promedio ajustado	71,98	Promedio ajustado	72,88

Fuente: Quintero González (2012)

En las Figuras 3 y 4 se presenta la variación de los volúmenes vehiculares sobre la Carrera 12 en el periodo comprendido entre la 13:00 p.m. y las 15:00 p.m. (donde se registró el nivel de ruido más elevado; 79,22 dBA), en esta se puede apreciar que son los vehículos de tipo particular y bus en sentido norte-sur, y los vehículos tipo bus, taxi y particular en sentido sur-norte los que representan el mayor porcentaje dentro del flujo vehicular, que de acuerdo con Quintero (2012), corresponde al 35,14% (particulares), 30,18% (buses) y 21,40% (taxis) en sentido norte-sur y 34,70% (buses), 28,14% (taxis) y 22,54% (particulares) en sentido sur-norte.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

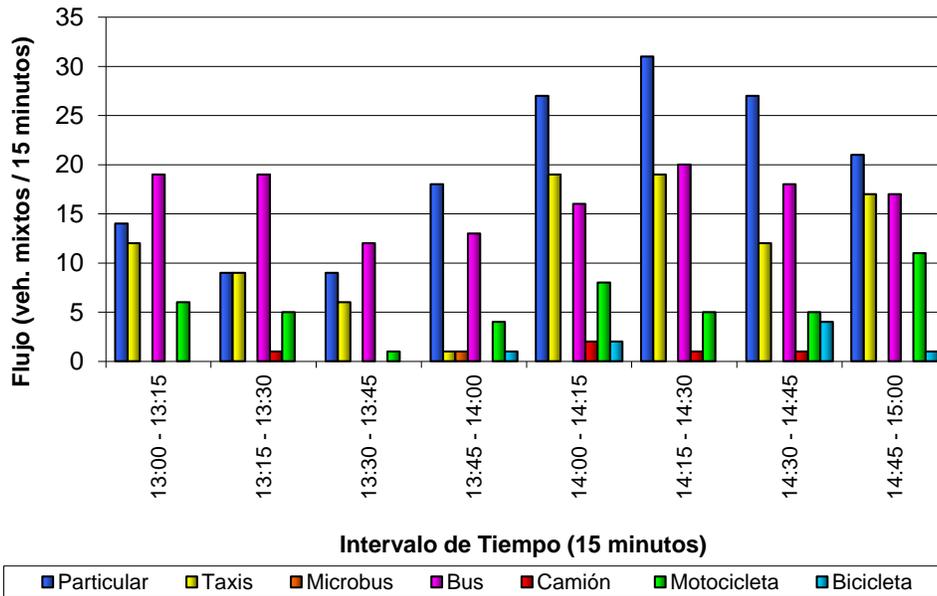


Figura 3. Histograma de variación de volúmenes vehiculares por tipo de vehículo sentido norte-sur Carrera 12 1:00 p.m. - 3:00 p.m., centro Tunja
Fuente: Quintero González (2012)

“Revista Virtual Universidad Católica del Norte”. No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

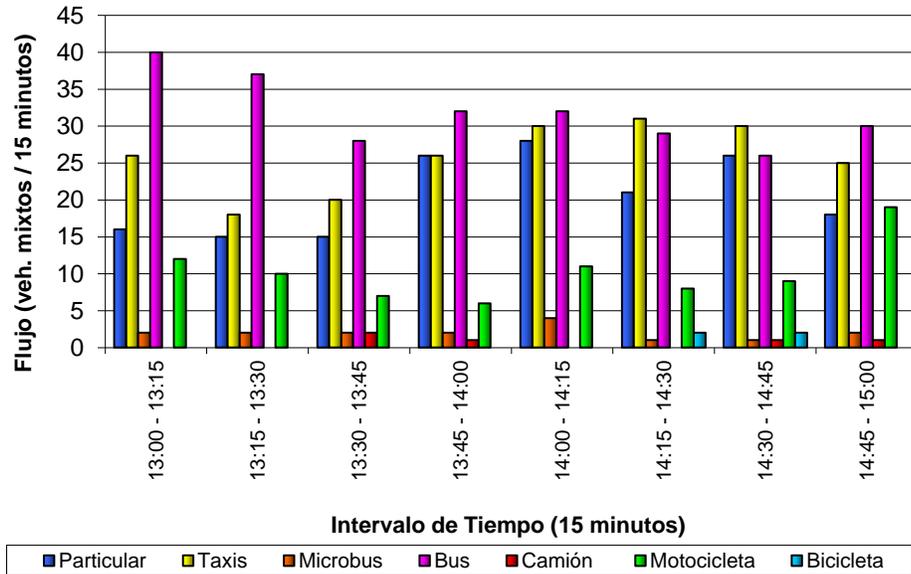


Figura 4. Histograma de variación de volúmenes vehiculares por tipo de vehículo sentido sur-norte Carrera 12 1:00 p.m. - 3:00 p.m., centro Tunja
Fuente: Quintero González (2012)

En la Figura 5 se presenta la variación de los volúmenes vehiculares sobre la Carrera 9ª en el periodo comprendido entre las 7:00 p.m. y las 9:00 p.m. (donde se registró el nivel de ruido más elevado; 75,48 dBA), en esta se puede observar que son los vehículos de tipo taxi, particular y bus en el único sentido de circulación de la vía (sur-norte), los que representan el mayor porcentaje dentro del flujo vehicular, que de acuerdo con Quintero (2012), corresponde al 32,03% para los taxis, 28,79% para buses y 28,29% para particulares.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

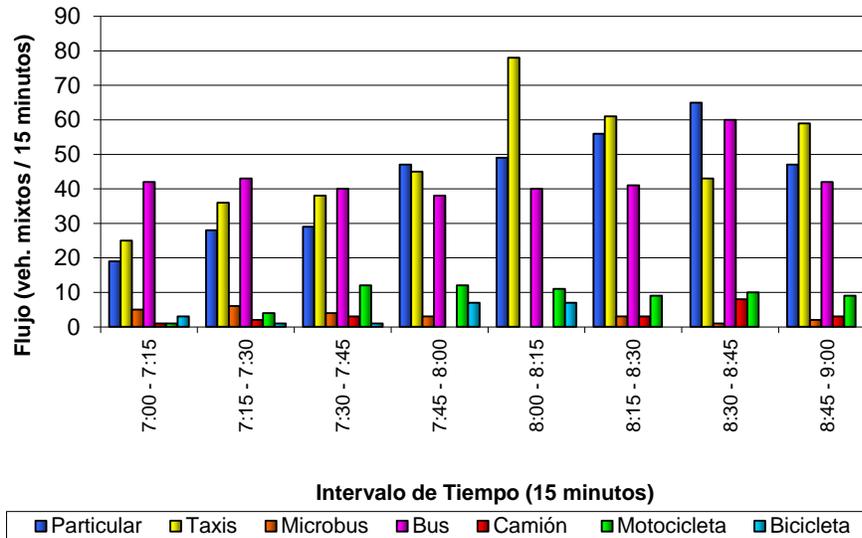


Figura 5. Histograma de variación de volúmenes vehiculares por tipo de vehículo sentido sur-norte Carrera 9ª 7:00 a.m. - 9:00 a.m., centro Tunja
Fuente: Quintero González (2012)

La variación del nivel de ruido sobre el corredor de la Carrera 12 se presenta en la Figura 6, esta muestran un comportamiento similar al de la variación de los volúmenes vehiculares. En el periodo comprendido entre 14:00 p.m. y las 14:15 p.m. se observa un aumento del nivel de presión sonora (de 79,18 dBA a 89,72 dBA) probablemente derivado del aumento del 33% en el flujo de vehículos particulares y el 19% en el de vehículos de transporte público, cuyas proporciones ocasionan un aumento de aproximadamente el 10 dBA en el ruido vehicular promedio con lo cual se manifiesta la influencia de los vehículos particulares en la generación de niveles de ruido en este corredor y el centro de la ciudad.

Sobre la Carrera 9, y de acuerdo con lo mostrado en la Figura 7, se puede afirmar que el nivel de ruido vehicular se conserva estable a lo largo del periodo de medición mostrando un aumento gradual de principio (73,12 dBA) a fin (85,05 dBA) del periodo comprendido entre 7:00 a.m.- 9:00 a.m., el cual podría asociarse con el incremento de los volúmenes vehiculares, sin embargo, estos últimos disminuyen al final del periodo sin que por ello se reduzca el nivel de presión sonora, lo cual sugiere cierta tendencia en relación con los flujos vehiculares mixtos, pero una relación más cercana con un tipo específico de vehículo como por ejemplo el taxi, que de acuerdo con

“Revista Virtual Universidad Católica del Norte”. No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Quintero (2012) y la información relacionada con los volúmenes vehiculares para los tres periodos de medición a lo largo del día presenta junto con los vehículos tipo bus y particulares los porcentajes de composición vehicular más altos; taxi (32%, 32% y 27%), bus (29%, 29% y 24%) y particular (28%, 29% y 36%).

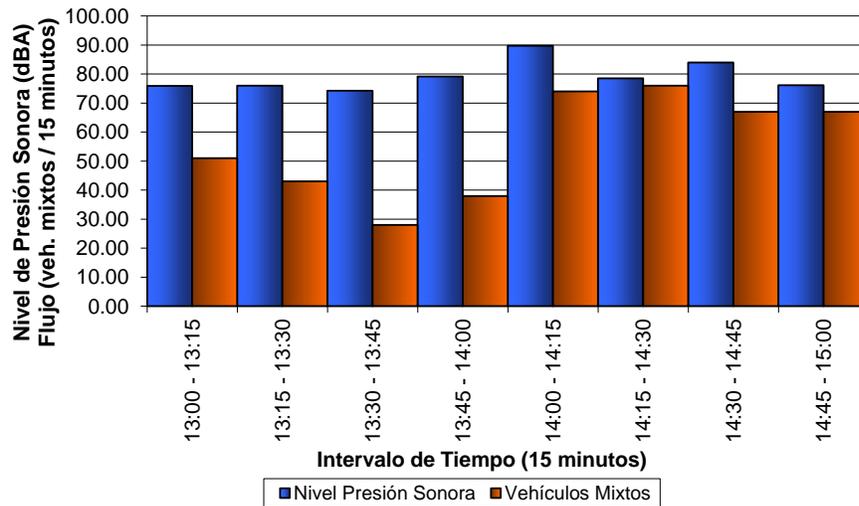


Figura 6. Variación nivel de ruido y volúmenes vehiculares Carrera 12 13:00 p.m. - 15:00 p.m., centro Tunja

Fuente: Quintero González (2012)

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

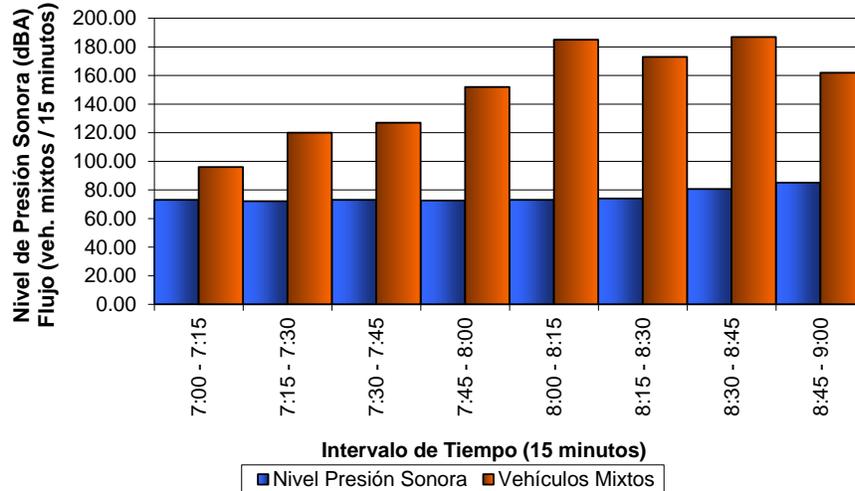


Figura 7. Variación nivel de ruido y volúmenes vehiculares Carrera 9^a 7:00 a.m. - 9:00 a.m., centro Tunja
Fuente: Quintero González (2012)

6.2 Correlación entre niveles de ruido y volúmenes vehiculares

Para el análisis de correlación se consideraron el método estadístico de Pearson y el análisis de varianza Anova (Analysis Of Variance) relacionando los niveles de ruido vehicular promedio y los volúmenes vehiculares en el mismo periodo de medición sin tener en cuenta el volumen de vehículos no motorizados como las bicicletas, las cuales se puede afirmar no aportan a la generación de elevados niveles de ruido. Para la obtención de las correlaciones se empleó el programa estadístico SPSS Statistics Versión 19 (2010) de la compañía IBM, considerando además un nivel de confianza del 95% (Significancia del 5%, $\alpha=0,05$) para las estimaciones. En las Tablas 6 y 7 se presentan los resultados de las correlaciones de Pearson y la tabla Anova arrojados por el programa para los corredores viales estudiados.

Al analizar los valores de las correlaciones de Pearson para los distintos corredores viales estudiados se puede formular la existencia de cierta correspondencia con el análisis comparativo entre niveles de ruido y volúmenes vehiculares desde el punto de vista de la influencia de determinados tipos de vehículos en la generación de niveles de ruido vehicular, este es el caso de las correlaciones de Pearson encontradas entre el nivel de presión sonora y los vehículos particulares (0,805), taxis (0,583) y camiones (0,530) en la Carrera 12 (Ver Tabla 6) y los particulares (0,479), buses (0,488) y camiones (0,584) en la Carrera 9^a (Ver Tabla 7).

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Tabla 6. Correlaciones de Pearson Carrera 12, centro Tunja

		Nivel de Presión Sonora	Particular	Taxi	Micro-bús	Bus	Camión	Motocicleta
Correlación de Pearson	Nivel de Presión Sonora	1,000	0,805	0,583	0,469	-0,172	0,530	0,072
	Particular	0,805	1,000	0,764	0,099	-0,286	0,340	0,113
	Taxi	0,583	0,764	1,000	-0,068	0,080	0,077	0,464
	Microbús	0,469	0,099	-0,068	1,000	-0,012	0,153	0,109
	Bus	-0,172	-0,286	0,080	-0,012	1,000	-0,775	0,294
	Camión	0,530	0,340	0,077	0,153	-0,775	1,000	-0,260
	Motocicleta	0,072	0,113	0,464	0,109	0,294	-0,260	1,000
Significancia (unilateral)	Nivel de Presión Sonora		0,008	0,065	0,120	0,342	0,088	0,433
	Particular	0,008		0,014	0,408	0,246	0,205	0,395
	Taxi	0,065	0,014		0,437	0,425	0,428	0,124
	Microbús	0,120	0,408	0,437		0,489	0,359	0,399
	Bus	0,342	0,246	0,425	0,489		0,012	0,240
	Camión	0,088	0,205	0,428	0,359	0,012		0,267
	Motocicleta	0,433	0,395	0,124	0,399	0,240	0,267	

Fuente: Quintero González (2012)

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Tabla 7. Correlaciones de Pearson Carrera 9ª, centro Tunja

	Nivel de Presión Sonora	Particular	Taxi	Micro-bús	Bus	Camión	Motocicleta
Correlación de Pearson Nivel de Presión Sonora	1,000	0,479	0,206	-0,453	0,488	0,584	0,158
Particular	0,479	1,000	0,618	-0,789	0,490	0,502	0,619
Taxi	0,206	0,618	1,000	-0,774	0,176	-0,157	0,556
Microbús	-0,453	-0,789	0,774	1,000	0,298	-0,223	-0,649
Bus	0,488	0,490	0,176	-0,298	1,000	0,899	-0,021
Camión	0,584	0,502	0,157	-0,223	0,899	1,000	0,127
Motocicleta	0,158	0,619	0,556	-0,649	0,021	0,127	1,000
Significancia (unilateral) Nivel de Presión Sonora		0,115	0,312	0,130	0,110	0,064	0,354
Particular	0,115		0,051	0,010	0,103	0,103	0,051
Taxi	0,312	0,051		0,012	0,339	0,355	0,076
Microbús	0,130	0,010	0,012		0,236	0,298	0,041
Bus	0,110	0,109	0,339	0,236		0,001	0,481
Camión	0,064	0,103	0,355	0,298	0,001		0,383
Motocicleta	0,354	0,051	0,076	0,041	0,481	0,383	

Fuente: Quintero González (2012)

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Sin embargo, al considerar los resultados del análisis de varianza Anova mostrados en las Tablas 8 y 9, específicamente las significancias encontradas para cada corredor vial, se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% que en conjunto las variables predictoras no explican en forma adecuada el comportamiento de la variable respuesta "nivel de ruido", esta formulación coincide con el análisis de las variaciones del nivel de ruido y de volúmenes vehiculares en el que se logró establecer que existe cierta tendencia en el comportamiento de las dos variables y la consideración en que los niveles de ruido vehicular son mayormente generados por los vehículos de transporte público, los taxis y particulares de acuerdo a la composición vehicular de los flujos de tráfico en cada corredor vial.

Tabla 8. Análisis de varianza Anova Carrera 12, Tunja 2011

ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	183,404	6	30,567	6,099	0,300 ^a
Residual	5,012	1	5,012		
Total	188,416	7			

a. Variables predictoras: (Constante), Motocicleta, Microbús, Particular, Bus, Camión, Taxi

b. Variable dependiente: Nivel de Presión Sonora

Fuente: Quintero González (2012)

Tabla 9. Análisis de varianza Anova para Carrera 9^a, Tunja 2011

ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	97,514	6	16,252	0,274	0,895 ^a
Residual	59,246	1	59,246		
Total	156,760	7			

a. Variables predictoras: (Constante), Motocicleta, Bus, Taxi, Particular, Camión, Microbús

b. Variable dependiente: Nivel de Presión Sonora

Fuente: Quintero González (2012)

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

6.3 Evaluación ruido - normatividad

En este punto se realiza una comparación entre los niveles de ruido encontrados para cada horario de medición y conteo, en los diferentes corredores viales estudiados y, los niveles de ruido permisibles establecidos por la normatividad nacional vigente para la regulación del ruido. En la Tabla 10 se presentan los niveles ruido encontrados en cada uno de los corredores viales de la ciudad de Tunja y los niveles permisibles establecidos de acuerdo al tipo de zona definido para cada corredor.

Como se puede observar, los niveles de ruido permitidos establecidos por la normatividad nacional son superados significativamente por los niveles de ruido encontrados en cada uno de los corredores viales estudiados dejando en evidencia la problemática de contaminación acústica vehicular que afecta el centro de la ciudad de Tunja.

Tabla 10. Comparación niveles de ruido en corredores viales y niveles permisibles

Corredor vial	Horario mediciones de presión sonora	Niveles de presión sonora dBA	Niveles permisibles Resolución 0627 MAVDT 2006 dBA
Carrera 12 entre Calles 19y 20	9:00 a.m. - 11:00 a.m.	71,37	65,00
	1:00 p.m. - 3:00 p.m.	72,30	
	5:00 p.m. - 7:00 p.m.	72,39	
Carrera 9 entre Calles 20 y 21 (Juzgados)	7:00 a.m. - 9:00 a.m.	70,18	65,00
	11:00 a.m. - 1:00 p.m.	68,41	
	3:00 p.m. - 5:00 p.m.	69,39	

Fuente: Quintero González (2012)

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

7. Discusión

Atendiendo a las características de los resultados encontrados en referencia a los volúmenes vehiculares y su composición, es razonable pensar en alternativas y estrategias que estén orientadas hacia el estudio de la oferta y demanda del parque automotor de los vehículos de servicio de transporte público y taxis, así como hacia la adecuada distribución del número de rutas de transporte público colectivo de pasajeros que circulan a lo largo de los principales corredores viales en el centro de la ciudad de Tunja.

En relación con las estrategias para mitigar el problema del ruido se puede formular la implementación de algunas de las propuestas diseñadas en países de Iberoamérica como España, las cuales han tenido buenos resultados, entre estas el Ayuntamiento de Madrid (2000) considera las siguientes: la regulación de la velocidad, la disposición relativa de usos sensibles y vías generadoras de ruido y la asignación de vías de circulación entre otros.

Por último, y teniendo en cuenta las consideraciones consignadas en la legislación Colombiana vigente, se puede establecer que aún se carece de una metodología ajustada específica para realizar la medición y cuantificación del ruido producido por el tráfico vehicular, dado que las técnicas de medición incorporadas en la legislación vigente solo explica la medición del ruido ambiental, el cual, no considera en forma detallada el estudio de variables como los volúmenes vehiculares y las características de la infraestructura vial de los sistemas de transporte propias del análisis del ruido vehicular, por lo cual sería conveniente ajustar la normativa existente.

8. Conclusiones

Comparando los niveles de ruido encontrados en los diferentes periodos de medición para el mismo corredor vial, se pudo establecer que el ruido vehicular se conserva estable a lo largo del día, con lo cual podría sugerirse que los niveles de presión sonora registrados en los corredores viales de la Carrera 12 y la Carrera 9ª, en el centro de la ciudad de Tunja, presentan una variación moderada durante los tres periodos de medición y conteo considerados para el estudio, conservándose relativamente estables, incluso entre los periodos de medición para cada uno de los horarios de medición en los que se cubren tanto horas pico como horas valle a lo largo del día.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [**Pp. 311 - 343**]

Aunque el conocimiento general del problema del ruido indica que su incremento es una condición inherente al aumento de los flujos vehiculares en las ciudades, al comparar la variación de los niveles de presión sonora en relación con la variación de los volúmenes de tránsito, se puede apuntar que los niveles de ruido vehicular presentan una condición regularizada frente a la variación de los volúmenes vehiculares presentes a lo largo de los periodos de medición en los que se registraron los niveles de ruido máximos, relacionándolos más con el paso de un tipo específico de vehículos que con una relación directa con el flujo vehicular.

En relación con lo anterior, y atendiendo a los resultados encontrados en el análisis de correlación de Pearson y el análisis de varianza Anova, se puede indicar que el nivel de ruido muestra una tendencia similar en su comportamiento en relación con la magnitud de los flujos de tráfico, sin embargo, es posible sugerir que los altos niveles de presión sonora no son una consecuencia inmediata de los altos flujos vehiculares, sino que responden a los volúmenes de tipos específicos de vehículos como los de transporte público, particulares y taxis en el centro de la ciudad de Tunja.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

9. Lista de referencias

- Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja. *Construcción de la ciudad de Tunja*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2011, de: <http://www.tunja.gov.co>
- Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja. *Indicadores*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2011, de: <http://www.tunja.gov.co>
- Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja. *Localización*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2011, de: <http://www.tunja.gov.co>
- Ayuntamiento de Madrid (2000). *Instrucción para el diseño de la vía pública. Ficha 10.2: acondicionamientos frente a ruido*. Madrid. p. 2.
- Cardona M., J. M. & Ortega B., M. (2005). Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, Vol. 23, Núm. 2, julio-diciembre, 2005. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. p. 70-77.
- Concejo Municipal de Tunja (2008). *Proyecto de acuerdo No. 0019 de Junio 13 del 2008: por medio del cual se adopta el plan de desarrollo 2008-2011 "Para Tunja lo mejor"*. Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja, Colombia. p. 6. 247 p.
- Duque Ramírez, M. A. & Ladino Villada, E. (2007). *Modelación matemática del ruido producido por el tráfico en la ciudad de Pereira*. Especialización en Vías y Transporte, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Manizales. p. 3. 151 p.
- España, Ministerio de Ciencia e Innovación, Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Medicina del Trabajo (2010). *Efectos extra-auditivos del ruido, salud, calidad de vida y rendimiento en el trabajo; actuación en vigilancia de la salud*. Madrid. p. 7-18. 21 p.
- España, Ministerio De Industria Turismo y Comercio, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2006). *PUMS: Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de movilidad urbana sostenible*. Madrid. p. 18. 160 p.
- Extech Instruments Corporation (2007). *Manual de usuario extech instruments sonómetro modelo HD 600*. Medidor digital de nivel de sonido con grabadora integral de datos HD600 V1.2. p. 5.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Fields, J.M. (2001). *An update catalog of 521 social surveys of residents' reactions to environmental noise (1943-200)*. NASA/CR-2001-211257. National Aeronautics and Space Administration. December 2001. Washington D.C. 155 p.

Flores Puentes, M. A., Téllez Gutiérrez, R. & Torras Ortiz, S. (2001). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León*. Publicación Técnica No. 193. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro. p. 17-21. 142 p.

Flores Puentes, M. A., Téllez Gutiérrez, R. & Torras Ortiz, S. (2002). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz*. Publicación Técnica No. 194. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro. p 17-21. 148 p.

Fong, S. & Johnston, M. (2000). *Health effects of noise*. Toronto Public Health, Health Promotion and Environment Protection Office. Community and Neighbourhood Services, City of Toronto, Canada. p. 6-10. 21 p.

Germán-González, M. & Santillán, O. A. (2006). Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro. *Revista Bitácora Urbano Territorial*. Universidad Nacional de Colombia, ISSN 0124-7913, Vol. 1, Número 10. Bogotá, Colombia. p. 39-52. p 43.

Gómez Escobar, A. (2003). *Estudio de contaminación auditiva en el centro de Tunja debido a fuentes móviles*. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 100 p.

Gutiérrez Bautista, D. & López Huertas, Y. T. (2011). *Cuantificación del ruido causado por vehículos de transporte en el centro de Tunja*. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías. Facultad de Ingeniería. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 65 p.

Guzmán Piñeiro, R. & Barceló Pérez, C. (2006). Estimación de la contaminación sonora del tránsito en Ciudad de La Habana, 2006. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, Vol. 46, Núm. 2, Agosto, 2008, pp. 1-13. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Ciudad de la Habana, Cuba. p. 1, 2, 7, 8.

Hidalgo Guerrero, A. (2007). *El papel de la vivienda en la configuración urbana de las periferias: caso de Tunja-Colombia 1907-2007*. Trabajo de Investigación. Doctorado "Periferias, sostenibilidad y vitalidad urbana". Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. p. 7, 61 p.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Ideam, Subdirección de Estudios Ambientales (2006). *Documento soporte norma de ruido ambiental*. Convenio de asociación No. 038/04 (Numeración MAVDT) - 112/04 (Numeración IDEAM). Bogotá, Colombia. p. 160.

Instituto Geofísico Universidad Javeriana (2000). *Microzonificación sísmica preliminar de Tunja*. Convenio estudios de amenaza y microzonificación sísmica, vulnerabilidad estructural y evaluación de escenarios de daño. Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Consultoría Colombiana s.a. Bogotá. p. 4. 32 p.

Intelligent Energy Europe, Intelligent Use of Energy at School (2009). *Transporte sostenible y movilidad: manual para estudiantes*. Programa de Energía Inteligente para Europa, Comisión Europea. Italia. p. 3. 90 p.

International Electrotechnical Commission IEC (2002). *International Standard IEC 61672-1. First edition 2002-05*. Electroacoustics, Sound level meters. Part 1: specifications. Switzerland. p. 1-7.

International Electrotechnical Commission IEC (2003). *International Standard IEC 61672-2. First edition 2003.04*. Electroacoustics, Sound level meters. Part 2: pattern evaluation tests. Switzerland. p. 1-8.

Mayorga, Yeffer (2010). *Valoración del ruido del tráfico urbano considerando técnicas de valoración contingente*. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 68 p.

Miraya, F. S. & Rall, J. C. (2000). *Análisis dinámico urbano: nuevos enfoques para actuar contra el ruido*. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. 6 p.

Pacheco, J., Franco, J. F. & Behrentz, E. (2009). Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: estudio piloto. *Revista de Ingeniería*, Núm. 30, noviembre, 2009, pp. 72-80, Universidad de Los Andes, Colombia. p. 72-76.

Portela, B. S. & Zannin, P. H. (2010). Analysis of factors that influence noise levels inside urban buses. *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 69, September 2010. p. 684,687.

Quintero González, J. R. (2010). *Elementos del tránsito. Guías de clase, curso de fundamentos de tránsito, primer semestre de 2010*. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. p. 22, 64 p.

Quintero González, J. R. (2012). *Formulación plan estratégico para el control de la contaminación acústica vehicular - caso de estudio Tunja*. Trabajo de grado.

"Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 36, (mayo - agosto de 2012, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México. [Pp. 311 - 343]

Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación y Operación del Transporte GIDPOT, Maestría en Ingeniería Ambiental, Escuela de Postgrados de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. 192 p.

Ramírez González, A., Domínguez Calle, E. A. & Borrero Marulanda, I. (2011). El ruido vehicular urbano y su relación con medidas de restricción del flujo de automóviles. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*: Volumen XXXV, Número 135-Junio de 2011. p. 143-156.

República Dominicana. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001). *Método de referencia para el control de la emisión de ruido del tráfico vehicular*. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Subsecretaría de Gestión Ambiental. Abril de 2001. Santo Domingo, República Dominicana. p. 1-8.

República de Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2010). *Proyecciones de población municipales por área 2005-2020*. Recuperado el 16 de Marzo de 2012, de: <http://www.dane.gov.co>

República de Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006). *Resolución 0627 del 7 de Abril de 2006: por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental*. Bogotá. p. 1-11, p. 12-17, p. 20. 30 p.

Rodrigues, F., Resende, C., Nassi, C. D. & Kahn, S. (2010). *Traffic engineering indicators analysis as explanatory variables of traffic noise*. Inter-noise 2010: noise and sustainability, 15-16 June 2010. Lisbon, Portugal. 10 p.

Santos de la Cruz, E. (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular en la avenida Javier Prado. *Industrial Data, Revista de Investigación*, Vol. 10, Número 1 enero-junio, ISSN 1560-9146. Lima, Perú. p. 11, 13.