

# Niveles de ruido vehicular en la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, Colombia

Julián Rodrigo Quintero González

Ingeniero en Transporte y Vías, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos, Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja. Magíster en Ingeniería Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Docente Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Investigador Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación y Operación del Transporte GIDPOT, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.  
jrquinterog.itv@gmail.com, julian.quintero@uptc.edu.co

Recibido: 30 de agosto de 2013 Aprobado: 10 de diciembre de 2013

Artículo de investigación, como producto final del proyecto elaborado en la UPTC del programa de Ingeniería Civil

## Resumen

Este artículo presenta parte de los 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. 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 Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, Colombia y, la correlación entre niveles de presión sonora y volúmenes vehiculares mediante un análisis de correlaciones de Pearson y análisis de varianza Anova, encontrando que el ruido no guardaba una relación directa con la magnitud de los flujos de tráfico, 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 buses, particulares y taxis en la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, ocasionando un problema de contaminación acústica en el área de influencia de esta vía.

**Palabras Claves:** Ruido del tráfico vehicular, Caracterización nivel de ruido, Variación presión sonora y volúmenes de tránsito, Análisis de correlaciones.

## Abstract

This article presents part of the results of the investigation work “Formulation strategic plan for the control of the vehicular acoustic contamination – study case Tunja”, developed for the Program of Master of Science in Environmental Engineering of the Engineering Faculty of the Pedagogic and Technological University of Colombia. The methodology was focused on the evaluation of the levels of noise generated by the traffic, in the point with more conditions of critical mobility on the Suarez’s Avenue in the Tunja City, Colombia and, the correlation between levels of sound pressure and vehicular volumes by means of an analysis of correlations of Pearson and variance analysis Anova, finding that the noise didn’t keep a direct relationship with the magnitude of the traffic flows, what allowed to suggest that the high levels of sound pressure were not an immediate consequence of the high vehicular flows, but rather they responded to the volumes of specific types of vehicles like those of buses and taxis in the Suarez’s Avenue of the Tunja City, produce an acoustics contamination problem in the area of influence of this highway.

**Key words:** Noise of the vehicular traffic, Characterization level of noise, Sound pressure and traffic volumes variation, Analysis of correlation

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el estudio de la ciudad de Tunja a partir de indicadores económico-sociales realizado en el año 2009 por el Cenes (Cetre, 2009), la ciudad se encuentra ubicada sobre la cordillera Oriental en la parte central del departamento de Boyacá. Su ubicación resulta estratégica por los ejes viales, que la interconectan con los Llanos Orientales, la Costa Atlántica y el centro del país (su distancia con Bogotá es de 123 km), además de ser corredor turístico y de la producción de acero del oriente del departamento. Esta situación ha traído consigo el aumento de los flujos vehiculares dentro de algunos de los corredores viales de la ciudad como es el caso de la Avenida Suárez en Tunja, en donde se perciben problemas de contaminación acústica derivada del tráfico rodado que por ésta circula.

En relación con lo anterior, y según lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (MAVDT, 2006), 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, lo cual conduce a definir la emisión de ruido; cuya unidad de medida es el decibel (dB), como la presión sonora que generada bajo cualquier condición, 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 salud humana, las personas expuestas constantemente a ruido sufren de insomnio. 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 (Quintero González, 2012a, 2012b, 2012d). De acuerdo con el Servicio de Comunidades y Vecindarios de la Ciudad de Toronto (Fong y Johnston, 2000), Canadá, y las consideraciones hechas por entidades gubernamentales en Latinoamérica e Iberoamérica, como el Instituto Mexicano del Transporte (Flores Puentes et al 2001, 2002) y recientemente por el Ministerio de Ciencia de Innovación de España (Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Medicina del Trabajo 2010), se pueden considerar múltiples efectos adversos en la salud, entre estos: trastornos auditivos, pérdida de la audición, dificultad en la comunicación oral, estrés in-

ducido 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, mostrando la necesidad de evaluar los niveles de contaminación por ruido en las áreas urbanas de las ciudades y plantear estrategias orientadas hacia la reducción de dichos niveles, para lo cual, y como caso de estudio, en los apartes siguientes se presenta la metodología, resultados y principales hallazgos hechos en la caracterización de los niveles de ruido producidos por el tráfico vehicular en la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, Colombia.

## II. METODOLOGÍA

### A. Características de la ciudad de Tunja.

#### 1) 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 (Ver Figura 1, página siguiente), a los 05 32' 07" de latitud norte y 73° 22' 04" de longitud oeste, 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 km<sup>2</sup>. Como otras zonas de la región Andina de Colombia se encuentra en un área altamente propensa a la actividad sísmica.



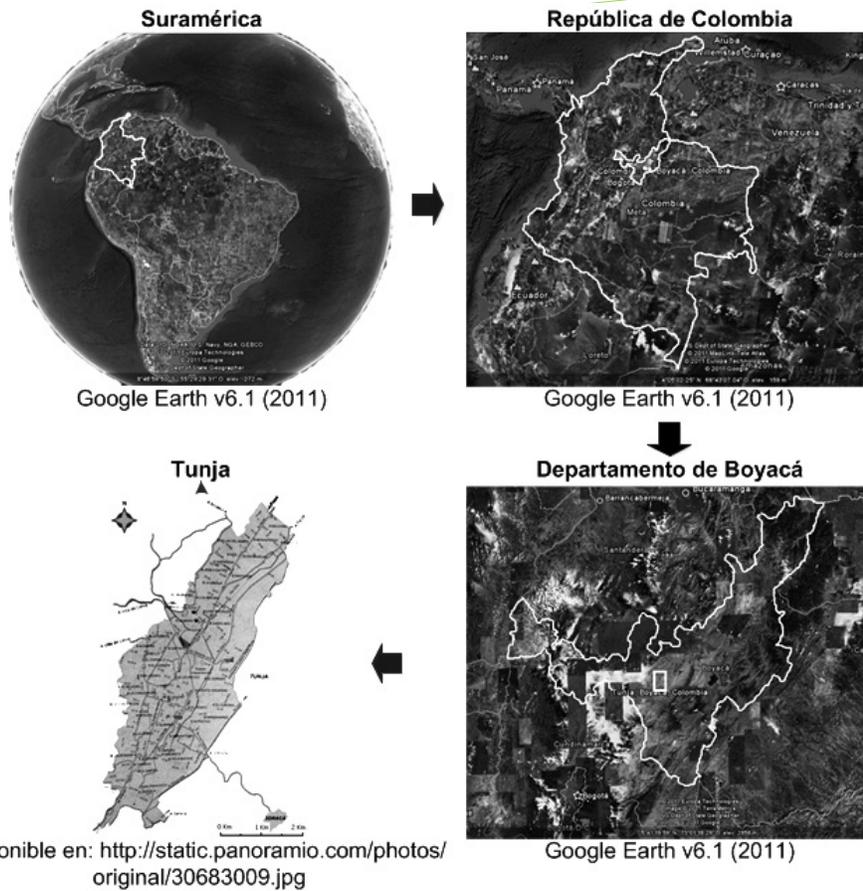


FIGURA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA CIUDAD DE TUNJA, COLOMBIA.  
Fuente: Quintero González, 2012b.

## 2) Sitio 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 del corredor vial de la Avenida Suárez (Tramo entre Calles 9 y 10; Comboy), la cual conecta el sur y el centro-oriente con el norte dentro del área urbana de la ciudad de Tunja, cuya ubicación espacial dentro de la ciudad se ilustra en la Figura 2.

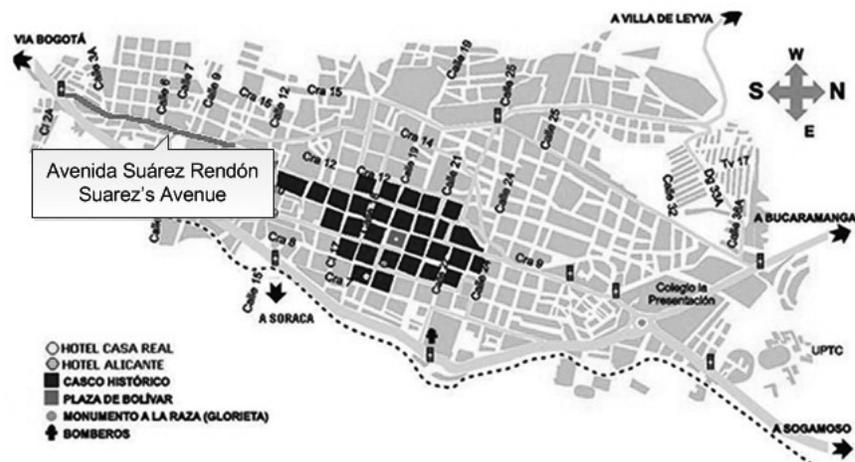


FIGURA 2. UBICACIÓN ESPACIAL CORREDOR VIAL ESTUDIADO TUNJA.  
Fuente: adaptado de <http://www.hotelcasarealtunja.com/photos/ubicacion-mapa.jpg>

La Avenida Suárez, al sur de la ciudad, y la cual se muestra en la Figura 3, se caracteriza por ser una vía de dos calzadas, una en cada sentido, y a su vez compuesta por dos carriles de circulación, la cual comunica el sector sur de la ciudad con otros corredores principales (Carrera 12 y Carrera 9ª) que confluyen en el centro histórico de la ciudad de Tunja. En el sector se desarrollan múltiples actividades industriales y comerciales caracterizadas principalmente por la existencia de talleres de mecánica automotriz, almacenes de repuestos para vehículos automotores, lavaderos de autos, estacionamientos y almacenes de suministro de víveres y alimentos, actividades que convierten a esta vía en un corredor con importantes flujos vehiculares de transporte de carga, transporte público de pasajeros y tráfico de vehículos particulares derivándose en algunos problemas de congestión significativos que también son ocasionados por el uso de los carriles exteriores de la vía como estacionamiento público de vehículos de todo tipo (Ver Figura 3), el cual adicionalmente es prohibido.



FIGURA 3. FLUJO VEHICULAR AVENIDA SUÁREZ, TUNJA.

Fuente: el autor.

B. Días y horarios para registro de niveles de ruido y volúmenes de tránsito.

Se consideraron aquellos días que no se vieran sujetos a alteraciones de las condiciones de movilidad presentes; se seleccionaron en forma preliminar los días martes y jueves. Respecto a los horarios, se consideró la obtención de lecturas de ruido en diferentes períodos de tiempo, variando los períodos de medición para lograr una amplia cobertura a lo largo de todo el día; en la mañana entre las 8:00 a.m. y las 10:00 a.m., al medio día entre las 12:00 m. y las 2:00 p.m. y en la tarde entre las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m. Las mediciones de ruido y estudio de volúmenes de tránsito se realizaron en el mes de julio de 2011.

C. 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)), generado 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 I.

TABLA I  
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 a lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2006), las especificaciones técnicas del fabricante, y considerando las características de las fuente emisoras de ruido y de los vehículos automotores, además del objetivo del estudio, se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones base para la medición de los niveles de presión sonora:

1) Escala de medición.

Entre 30 dBA y 130 dBA.

2) 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.

3) Tiempo de respuesta.

El medidor permite realizar mediciones para 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.

4) Condiciones ambientales.

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

5) 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.

6) Intervalo de medición.

Aunque la norma nacional vigente para Colombia formula la utilización de intervalos de registro de las mediciones entre 10 y 15 segundo, se consideró conveniente, y aprovechando las características del medidor empleado, realizar las mediciones con intervalos de tiempo de un segundo, 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 transcurso del período de medición de dos (2) horas, obteniendo de esta manera más de 7.200 registros para dicho período de medición y cerca de 21.600 registros a lo largo del día para cada punto estudiado.

D. 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 período de tiempo determinado, su variación respecto al tiempo y su composición. Teniendo en cuenta lo anterior, se hizo necesario que la cuantificación de estos parámetros se realizara en forma precisa y simultánea en los mismos sitio en el cual 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, con lo cual, y con el fin de garantizar la bondad de la información recolectada y el éxito en el análisis de los datos y formulación de soluciones, para la realización del estudio de volúmenes de tránsito en tramos viales se discriminó el tipo de vehículo en las siguientes categorías: automóvil particular, taxi, microbús, bus, camión, motocicleta y bicicleta, relacionando el sentido de circulación de los vehículos registrados sobre el corredor vial.

### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. 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 mín.) y de variación de niveles de presión sonora (en dBA/15 mín.) frente a los volúmenes de vehículos (en veh. mixtos/15 mín.), para el período en el cual se registró en mayor nivel de ruido promedio dentro de

cada horario de medición diseñado para el corredor vial. En la Tabla II se presenta el resumen de los niveles de ruido registrados durante el día en el corredor vial de la Avenida Suárez, en la cual, se aprecia que existe una variación de  $\pm 3,0$  dBA entre los niveles de presión sonora promedio estimados para los tres períodos de medición, con un valor promedio máximo de 75,23 dBA registrados en el período de medición comprendido entre las 12:00 m. y las 2:00 p.m. en sentido de circulación norte-sur.

TABLA II  
NIVELES DE PRESIÓN SONORA PROMEDIO AVENIDA SUÁREZ, TUNJA

Nivel de ruido vehicular continuo, equivalente promedio para periodos de medición 15 min., Leq. (dBA)					
Periodo 1: 8 a.m. - 10 a.m. S-N		Periodo 2: 12 m. - 2 p.m. N-S		Periodo 3: 4 p.m. - 6 p.m. S-N	
8:00 - 8:15	72,31	12:00 - 12:15	72,38	16:00 - 16:15	70,01
8:15 - 8:30	73,27	12:15 - 12:30	71,62	16:15 - 16:30	71,91
8:30 - 8:45	73,83	12:30 - 12:45	87,56	16:30 - 16:45	70,75
8:45 - 9:00	72,88	12:45 - 13:00	72,18	16:45 - 17:00	72,97
9:00 - 9:15	72,47	13:00 - 13:15	76,30	17:00 - 17:15	73,91
9:15 - 9:30	72,62	13:15 - 13:30	74,63	17:15 - 17:30	73,21
9:30 - 9:45	73,41	13:30 - 13:45	73,26	17:30 - 17:45	72,01
9:45 - 10:00	72,31	13:45 - 14:00	73,90	17:45 - 18:00	73,77
Promedio ajustado	72,89	Promedio ajustado	<b>75,23</b>	Promedio ajustado	72,32

S-N: sentido sur-norte, N-S: sentido norte-sur. Fuente: Quintero González, 2012.

De otra parte, y atendiendo a lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual elaboró la Resolución 0627 del 7 de Abril (MAVDT, 2006), documento de carácter normativo, y por el cual se instauró la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, y se fijaron los niveles máximos permisibles de ruido para Colombia, y de acuerdo con las características del área de influencia del corredor vial estudiado, que lo clasifican como sector C (70 dBA), se puede observar que los niveles promedio a lo largo del día se mantienen regularizados y se encuentran entre los 72 dBA y los 76 dBA, por encima de los límites permitidos establecidos por la normatividad nacional vigente, los cuales se muestran en la Tabla III.

TABLA III  
ESTÁNDARES  
MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
NIVELES DE RUIDO AMBIEN-  
TAL, EXPRESADOS EN  
DECIBELES dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	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	75
	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	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	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, MAVDT.

En la Figura 4 se presenta la variación de los volúmenes vehiculares sobre la Avenida Suárez en el período comprendido entre las 12:00 m. y las 2:00 p.m. (donde se registró el nivel de ruido más elevado; 75,23 dBA), en donde se puede apreciar que son los vehículos de tipo particular, bus y taxi los que representan el mayor porcentaje dentro del flujo vehicular, que de acuerdo con Quintero, 2012, están distribuidos así: particulares 34,24%, buses 23,26% y taxis 21,20%. En un menor porcentaje las motocicletas (10,65%), las bicicletas (5,00%), los camiones (3,37%) y los microbuses (2,28%).

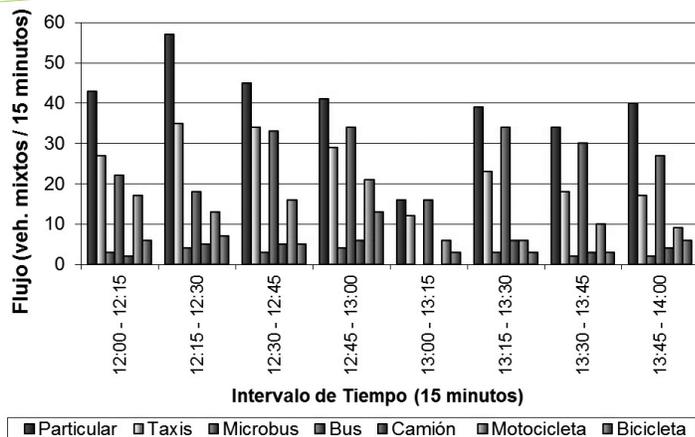


FIGURA 4. HISTOGRAMA DE VARIACIÓN DE VOLÚMENES VEHICULARES POR TIPO DE VEHÍCULO SENTIDO NORTE-SUR AVENIDA SUÁREZ 12:00 M.-2:00 P.M., TUNJA. Fuente: Quintero González, 2012b.

La variación del nivel de ruido del tráfico rodado frente a la variación de los volúmenes vehiculares se presenta en la Figura 5, en la cual se puede observar que el nivel de ruido en la Avenida Suárez trata de mantenerse estabilizado, incluso bajo variaciones importantes de los flujos vehiculares tanto al aumentar el volumen como al disminuir el mismo. Sin embargo, y para período comprendido entre las 12:30 p.m. y las 12:45 p.m. se presenta un significativo aumento del nivel de presión sonora, de 71,62 dBA a 87,56 dBA, el cual, y al revisar los volúmenes y su distribución mostrados en la Figura 4, permitieron establecer que la principal causa del excesivo aumento del ruido vehicular fue el aumento del volumen de vehículos tipo bus, los cuales variaron de 18 en el período entre las 12:15 p.m. y las 12:30 p.m. a 33 vehículos, entre las 12:30 p.m. y las 12:45 p.m. La situación anterior, sumada a la reducción del número de vehículos particulares y el hecho de que el número de taxis permaneció estable en el mismo período de medición, permiten sugerir que al duplicar el número de vehículos de transporte público que circulan por una vía, se puede generar un aumento de incluso en más de 10.0 dBA en los niveles de ruido vehicular, lo cual confirma la consideración de que es este tipo de vehículo el que más aporta al desarrollo de altos niveles de presión sonora y contaminación acústica (Quintero González, 2012 c).

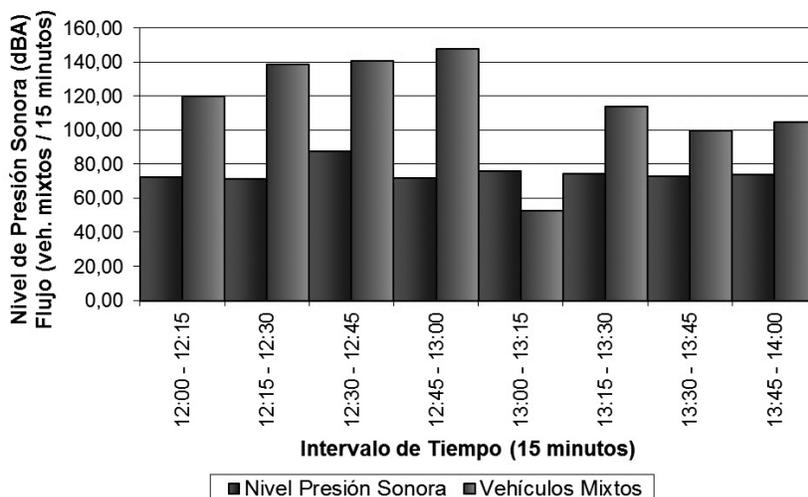


FIGURA 5. VARIACIÓN NIVEL DE RUIDO Y VOLÚMENES VEHICULARES AVENIDA SUÁREZ SENTIDO NORTE-SUR 12:00 M.-2:00 P.M., TUNJA. Fuente: Quintero González, 2012b.

## B. 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 período 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 IV y V 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 la Avenida Suárez se pudo establecer la inexistencia de una relación directa entre los niveles de ruido y volúmenes vehiculares, este es el caso de las correlaciones de Pearson encontradas entre el nivel de presión sonora y los vehículos particulares (-0,058), buses (0,293) y taxis (0,227) (Ver Tabla IV), lo cual sugiere que no existe una relación directa entre los volúmenes vehiculares y la generación de determinados niveles de ruido del tráfico.

TABLA IV  
CORRELACIONES DE PEARSON AVENIDA SUÁREZ, TUNJA

			Nivel de Presión Sonora	Particular	Taxi	Microbús	Bus	Camión	Motocicleta
Correlación de Pearson	Nivel de Presión Sonora		1,000	-0,058	0,227	-0,139	0,293	0,063	0,046
	Particular		-0,058	1,000	0,860	0,894	0,182	0,691	0,509
	Taxi		0,227	0,860	1,000	0,872	0,210	0,633	0,698
	Microbús		-0,139	0,894	0,872	1,000	0,411	0,816	0,680
	Bus		0,293	0,182	0,210	0,411	1,000	0,709	0,258
	Camión		0,063	0,691	0,633	0,816	0,709	1,000	0,340
	Motocicleta		0,046	0,509	0,698	0,680	0,258	0,340	1,000
Sig. (unilateral)	Nivel de Presión Sonora		.	0,445	0,295	0,372	0,241	0,441	0,457
	Particular		0,445	.	0,003	0,001	0,333	0,029	0,099
	Taxi		0,295	0,003	.	0,002	0,309	0,046	0,027
	Microbús		0,372	0,001	0,002	.	0,156	0,007	0,032
	Bus		0,241	0,333	0,309	0,156	.	0,024	0,268
	Camión		0,441	0,029	0,046	0,007	0,024	.	0,205
	Motocicleta		0,457	0,099	0,027	0,032	0,268	0,205	.

Fuente: Quintero González, 2012b (SPSS Versión 19).

De otra parte, al considerar los resultados del análisis de varianza Anova mostrados en la Tabla V; específicamente la significancia (0,227) encontrada para cada corredor vial, se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% que en conjunto ninguna de las variables predictoras explica 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 independencia entre las dos variables y la consideración en que los niveles de ruido vehicular son mayormente generados por los vehículos de transporte de carga y particulares de acuerdo a la composición vehicular de los flujos de tráfico en el corredor vial y las características propias de estos tipos de vehículos.

TABLA V  
ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA AVENIDA SUÁREZ, TUNJA  
ANOVA<sup>a</sup>

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	186,813	6	31,136	11,011	0,227 <sup>b</sup>
Residual	2,828	1	2,828		
Total	189,641	7			

Fuente: Quintero González, 2012b (SPSS Versión 19).

- a. Variables predictoras: (Constante), Motocicleta, Bus, Particular, Taxi, Camión, Microbús  
b. Variable dependiente: Nivel de Presión Sonora

## IV. CONCLUSIONES

Al comparar los niveles de ruido registrados en los diferentes períodos de medición para el mismo corredor vial, se pudo establecer que los niveles de ruido se conservan estables a lo largo del día, pero se incrementan en horas del mediodía (12:00 m. a 2:00 p.m.), con lo cual podría afirmarse que los niveles de presión sonora registrados en el corredor vial de la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, presentan una variación moderada durante los tres períodos de medición y conteo considerados para el estudio, conservándose relativamente estables, incluso entre los períodos de medición para el horario de medición en el que se cubren tanto horas pico como horas valle a lo largo del día.

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 ruido en relación con la variación de los volúmenes de tránsito, se puede sugerir que dichos niveles de ruido presentan una condición variable independiente de la variación de los volúmenes vehiculares presentes a lo largo de los períodos 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 mediante la correlación de Pearson y el análisis de varianza Anova, se puede indicar que el nivel de ruido no guarda una relación directa con la magnitud de los flujos de tráfico, sugiriendo así, 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 de pasajeros, particulares y taxis que circulan sobre la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja.

Por último, y teniendo en cuenta las consideraciones consignadas en la legislación Colombiana vigente, se puede establecer que existe un drástico problema de contaminación por ruido en la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, dado que los niveles promedio superan el nivel máximo permitido (70 dBA) para sectores con las características del área de influencia del corredor vial estudiado, para el cual, y considerando las características de los resultados encontrados en referencia a los volúmenes vehiculares y su composición, es razonable pensar en alternativas y estrategias para el control del ruido que se enfoquen en la gestión del tráfico del parque automotor particular de la ciudad y la distribución de las rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros en el área urbana de la ciudad de Tunja.

## REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja. Construcción de la ciudad de Tunja. Consultada en agosto de 2013. En: <http://www.tunja.gov.co>

Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja. Localización. Consultada en agosto de 2013. En: <http://www.tunja.gov.co>

Alcaldía Mayor de la Ciudad de Tunja. Población. Consultada en agosto de 2013. En: <http://www.tunja.gov.co>

Cetre, M. (2009). Estudio de la ciudad de Tunja a partir de indicadores económico-sociales. Ciudades e indicadores básicos: el caso de Tunja. Apuntes del CENES, ISSN 0120-3053, Vol. XXVIII - No. 48, Págs. 285 – 310, Diciembre 2009. p 289.

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. pp 7-18. 21 p.

Extech Instruments Corporation (2007). Manual de usuario extechinstruments sonómetro modelo HD 600. Medidor digital de nivel de sonido con grabadora integral de datos HD600 V.1.2. p. 5.

Flores, M.; Téllez, R. y Torras, 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. pp 17-21. 142 p.

Flores, M.; Téllez, R. y Torras, 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. pp 17-21. 148 p.

Fong, Siu and Johnston, Marina (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.

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. pp. 4-32.

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.

International Electrotechnical Commission IEC (2002). International Standard IEC 61672-1. First edition 2002-05. Electroacoustics, Sound level meters. Part 1: specifications. Switzerland. pp. 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. pp. 1-8.

Quintero, J. (2012a). Caracterización del ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, Volumen 36, pp. 311-343, 32 p., ISSN: 0124-5821. Católica del Norte Fundación Universitaria. Medellín.

Quintero, J. (2012b). Formulación plan estratégico para el control de la contaminación acústica vehicular – caso de estudio Tunja. Trabajo de grado. 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. 192 p.

Quintero, J. (2012c). Influencia del intervalo de paso de vehículos de transporte público en los niveles de ruido vehicular en la ciudad de Tunja, Colombia. Revista de la Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente – EIDENAR, Enero-Diciembre de 2012, ISSN 1692-9918. Universidad del Valle. Cali.

Quintero, J. (2012d). Tendencias actuales en el estudio y análisis del ruido producido por el tráfico rodado en las ciudades. Revista Intekhnia, Volumen 7, No. 2, Julio-Diciembre, pp. 175-192, 18 pp., ISSN: 1900-7612. División e Ingenierías, Universidad Santo Tomás, Bogotá.

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, Colombia. pp. 1-11, pp. 12-17, pp. 20-30.

