



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A128

## **Contaminación acústica proveniente del tráfico vehicular en la zona central de la ciudad de Oruro**

Jessika Susan Rodriguez Flores<sup>(a)</sup>.

(a) Tesista del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Carrera de Ingeniería Civil, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Barrio Minero San José #336, Oruro, Bolivia. e-mail: jessika.rodriguez.f@gmail.com

### **Abstract**

The first study about acoustical pollution realised in Oruro in the year 2004, estimated that a 43,64 % of the population support levels of 62,78 dBA on diurnal period (6-22), bringing up to the conclusion “ in Oruro city exists noise pollution incite principally by road traffic”, being exposed to a long time loss audition risk. We want to update and extend the information, as well as to correlate the road traffic noise with important factors like: presence of semaphore, types of pavement and days of measuring; this factors are important due of less of vial education that exist in the city.

### **Resumen**

El primer estudio sobre contaminación acústica realizado en la ciudad de Oruro en el año 2004, estimó que un 43,64 % de la población soporta niveles de 62,78 dBA en periodo diurno (6-22), llegando a la conclusión que “en la ciudad de Oruro existe contaminación acústica provocada principalmente por el tráfico automotor”, estando expuesta a un riesgo de pérdida auditiva a largo plazo. Se quiso actualizar la información y ampliarla, además de relacionar el ruido de tráfico vehicular con factores importantes como: presencia de semáforos, tipos de pavimento y días de medición; estos factores se los considera importantes debido a la escasa educación vial con que se cuenta en la ciudad.

## 1 Introducción

La Organización Mundial de la Salud consideró al ruido como un contaminante más desde el año 1972 fijando estándares de calidad y comodidad acústica.

### 1.1 Sonido

El sonido es una variación de la presión en el aire que puede ser detectada por el oído humano. Para que exista el sonido debe haber una fuente emisora, un medio de propagación y un receptor capaz de percibir el mismo.

### 1.2 Ruido

El ruido puede definirse como cualquier sonido que sea calificado como desagradable por quien lo escucha. El problema con el ruido no es únicamente que sea no deseado, sino también que afecta negativamente la salud y el bienestar humanos. Es generado por fuentes de ruido, las cuales pueden clasificarse en fijas, móviles y colectivas.

### 1.3 Contaminación acústica

La causa predominante de la contaminación acústica es: la circulación vehicular 80 %, las industrias 10%, los ferrocarriles 4 % y bares y locales públicos con un 6 %. El ruido ambiental presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes: es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido; es complejo de medir y cuantificar; no deja residuos; no tiene un efecto acumulativo en el medio pero sí tiene un efecto acumulativo en sus efectos en el hombre; tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, vale decir que es localizado; no se traslada a través de los sistemas naturales; se percibe sólo por un sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto.

El ruido del tráfico vehicular está determinado por una serie de factores: Ruido de los vehículos individuales: Propulsión (conjunto de elementos técnicos que permiten el funcionamiento del vehículo), Rodadura (rozamiento neumático-pavimento); Comportamiento del Conductor, Flujo Vehicular y Comportamiento de los Peatones.

### 1.4 Unidades y Medición de Ruido

La unidad de medición física es la presión sonora en Pa, el umbral de audición es de 20  $\mu$ Pa y el umbral de dolor de 200 Pa. Una escala de presiones cuyo origen se inicie en 20  $\mu$ Pa y finalice en 200 Pa contiene un rango tan elevado de valores que resulta inadecuada. Por eso se ha generalizado el empleo del decibel (dB). El cambio de presión sonora a nivel de presión sonora se realiza como muestra la ecuación (1), en donde  $p$  resulta ser la presión eficaz de la presión sonora y  $p_0$  la presión de referencia, ambas en Pa. El motivo de utilizar los decibeles es porque el oído oye en decibeles.

$$L_p = 10 \log \left( \frac{p}{p_0} \right)^2, \quad (1)$$

El dB (A) constituye la forma de expresar el nivel de presión sonora en decibeles, de un sonido cuyo espectro ha sido ponderado con el filtro "A". Este filtro es una curva que simula la respuesta del oído humano en determinadas condiciones.

El instrumento más utilizado para medir el ruido es el sonómetro.

Se han desarrollado indicadores de ruido para valorarlo, en el presente estudio se utilizaron los siguientes:

Nivel de presión sonora continuo equivalente  $L_{eq}$ ,

$$L_{eq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right), \quad (2)$$

Niveles Percentiles:  $L_{10}$  o pico de ruido y  $L_{90}$  o ruido de fondo,  
Nivel de Contaminación Acústica  $NPL$  (Noise Pollution Level)

$$L_{eq,T} = L_{eq} + 2.56 * \sigma, \quad (3)$$

Índice de Ruido de Tráfico  $TNI$  (Traffic Noise Index)

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30, \quad (4)$$

## 2 Objetivos

Determinar el grado de contaminación acústica proveniente del tráfico vehicular en la zona Central de la ciudad de Oruro.

Determinar las esquinas de calle con mayor contaminación acústica.

Correlacionar los niveles sonoros con factores como: presencia de semáforos, tipos de pavimento, horas y días de medición.

## 3 Metodología de mediciones acústicas

Se delimitó la zona central de la ciudad de Oruro separando el Distrito 1 de los demás, este distrito se dividió en tres zonas: la primera correspondiente al casco viejo de la ciudad, la segunda es la zona norte y la tercera la zona sur. Dentro de cada zona se eligió puntos donde se presentaba ruidos de tráfico vehicular los cinco días de la semana, no se midió los días sábados ni domingos debido a que no existe mucho ruido de tráfico vehicular estos días. Los puntos de medición corresponden a esquinas de calles, esta situación se la eligió así debido a que se quería ver el efecto de la presencia de semáforos, tipos de pavimento, horas y días de medición. Las mediciones se realizaron durante los meses de Marzo a Mayo del 2007.

### 3.1 Características de la ciudad de Oruro

El Departamento de Oruro es el cuarto más poblado de la República de Bolivia, se caracteriza por su Carnaval declarado como Patrimonio Oral e Intangible de la Humanidad por la UNESCO en el año 2001.

#### 3.1.1 Localización geográfica

El departamento de Oruro se encuentra ubicado en el extremo oeste del territorio de la República de Bolivia, entre el paralelo  $17^{\circ}55'$  y  $18^{\circ}00'$  de latitud sur y entre el meridiano  $67^{\circ}02'$  y  $67^{\circ}08'$  de longitud oeste, situada en una inmensa meseta altiplánica y rodeada de serranías y pampas.

La ciudad de Oruro limita al norte con Chojlla Kharapampa, al sur con Villa Challacollo, al oeste con la localidad de Iroco y al este con la localidad de Sepulturas.

### **3.1.2 Condiciones ambientales**

La ciudad de Oruro presenta una temperatura media de 7,48 °C en promedio. La temperatura media mínima es de -3,02 °C en promedio y la temperatura media máxima de 18,19 °C en promedio.

Respecto a la estación de lluvias, la ciudad presentó una precipitación promedio de 540,9 mm anual total. La humedad presenta un valor de 44,5 % en promedio.

Los vientos Sur Este son predominantes durante la mayor parte del año, con una velocidad de 9,59 km/h en promedio, que corresponde a una brisa ligera. En época de invierno cambia radicalmente la situación y se registra verdaderas tormentas de tierra.

### **3.1.3 Aspectos demográficos**

La población del departamento de Oruro es de 391 870 habitantes, de los cuales el 51,35 % vive en la capital Cercado.

### **3.1.4 Parque automotor**

Actualmente el parque automotor en la ciudad de Oruro llega a 22 mil vehículos, sin contar los indocumentados, de los cuales por lo menos 8 mil circulan por el eje central en las horas pico cada día. La cantidad de vehículos registrados en la ciudad de Oruro alcanza a un 4 % del total de vehículos del país.

## **3.2 Instrumento de medición**

El instrumento de medición utilizado fue un sonómetro tipo 1 de la línea Radio Shack modelo 33-2055, que fue proporcionado por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Se utilizó el filtro de ponderación “A” y la respuesta lenta del instrumento de medición, los resultados de las mediciones se expresaron en dBA lento.

## **3.3 Condiciones de medición**

Las mediciones se realizaron conforme a la norma boliviana NB-62006, los puntos de medición se ubicaron a una altura de 1,2 m -1,5 m sobre el nivel del suelo y a una distancia de 2 m o más de las paredes, construcciones y estructuras reflectantes. Se eligió tres horarios de medición: 8:00-9:00, 12:30-13:30 y 18:00-19:00, estos horarios pertenecientes al periodo diurno (6-22). El tiempo de medición fue de 5 minutos, se confeccionó una planilla de toma de datos conforme a las necesidades previstas. Las mediciones se realizaron en condiciones favorables de: precipitación, velocidad de viento, humedad.

## **3.4 Fuentes de ruido medidas**

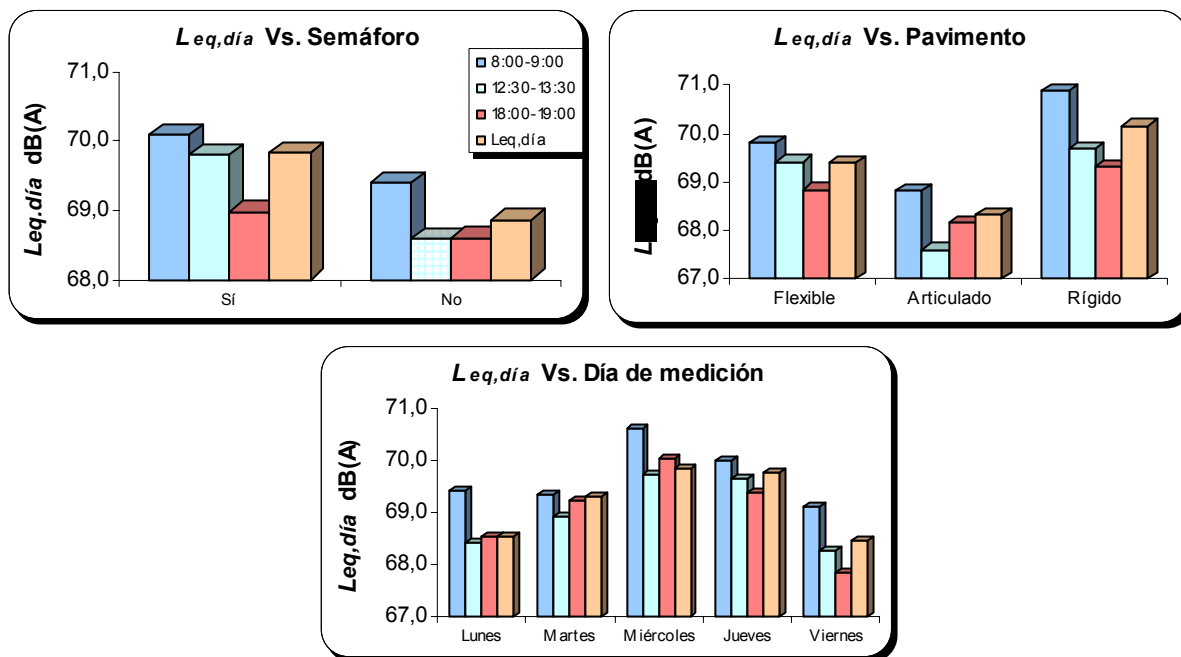
La fuente de ruido medida fue el conjunto denominado “tráfico vehicular” conformado por: vehículos livianos, vehículos pesados, bocinazos, frenados, aceleraciones, discusión entre conductores y peatones. Se eligió este conjunto debido a que es la principal fuente de ruido en la ciudad, especialmente los días miércoles que es cuando se realiza una gran feria comercial, se generan embotellamientos, riñas entre conductores, bocinazos incesantes. Todo esto causa irritación en la gente que circula en la zona central de la ciudad de Oruro.

## **4 Análisis de Resultados**

Se realizó una variación de niveles sonoros (nivel sonoro continuo equivalente, percentiles 10 y 90, nivel de contaminación sonora y el índice de ruido de tráfico) con los parámetros anteriormente mencionados: semáforo, tipos de pavimento y días de medición.

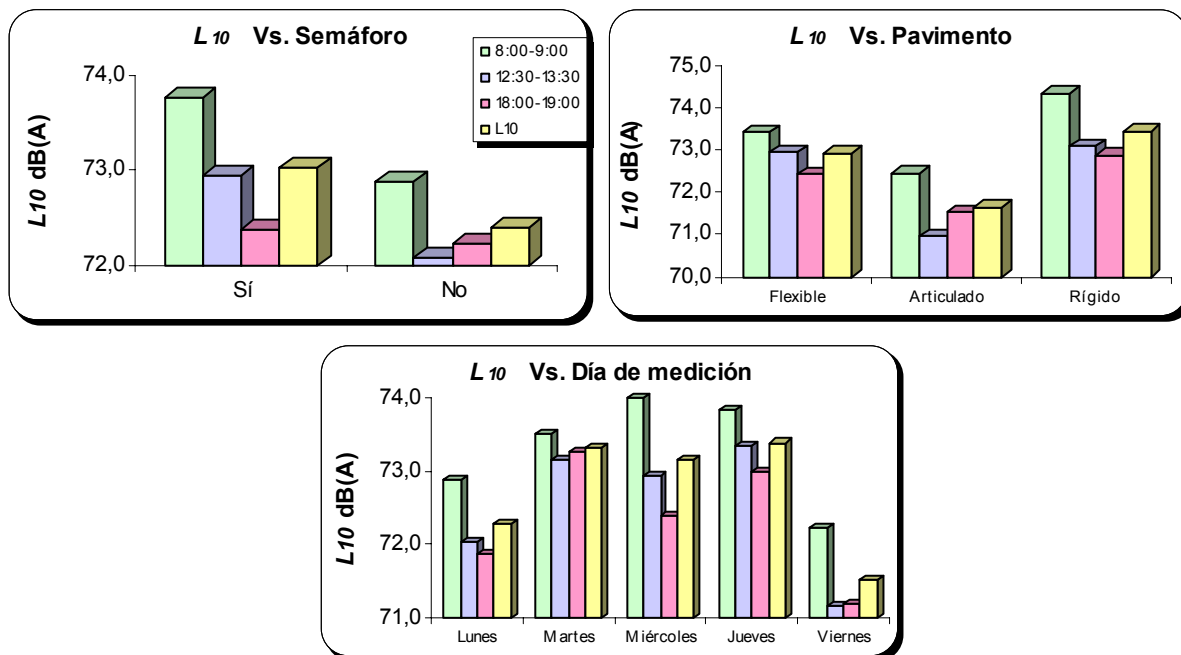
De este proceso realizado se evidenció lo siguiente:

Según el  $L_{eq,día}$ , se generan valores altos en presencia de semáforo, pavimento rígido y en días miércoles. El horario más ruidoso es de 8:00-9:00.



**Figura 1.** Variación de  $L_{eq,día}$  dB (A) (nivel de presión sonora continuo equivalente) según presencia de semáforo, tipo de pavimento y días de medición.

Según el  $L_{10}$ , se generaron valores altos en presencia de semáforos, pavimento rígido, día miércoles. El horario más ruidoso es de 8:00-9:00.



**Figura 2.** Variación de  $L_{10}$  dB (A) (Niveles Pico) según presencia de semáforo, tipos de pavimento y días de medición

Según el  $L_{90}$ , los valores más altos se generan en presencia de semáforos, pavimento rígido y días jueves. Los horarios más ruidosos son de 8:00-9:00 y 12:30-13:30

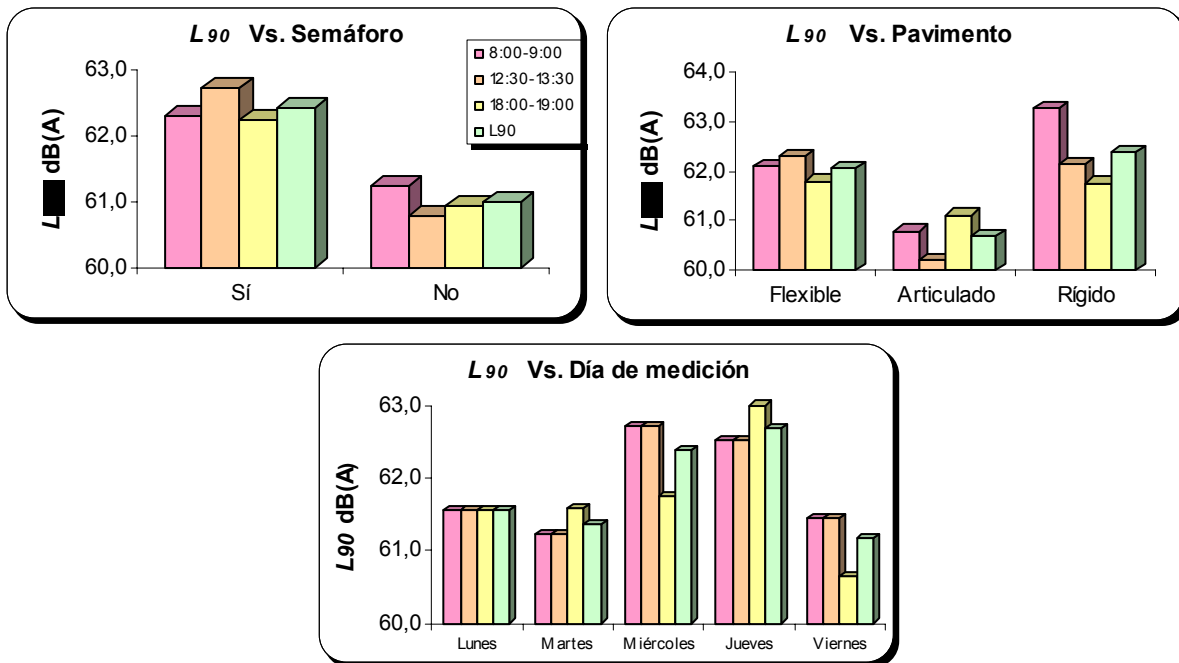


Figura 3. Variación de  $L_{90}$  dB (A) (Ruido de Fondo) según presencia de semáforo, tipos de pavimento y días de medición

La zona más ruidosa según los tres parámetros es la Zona 3 en horario de 8:00-9:00.

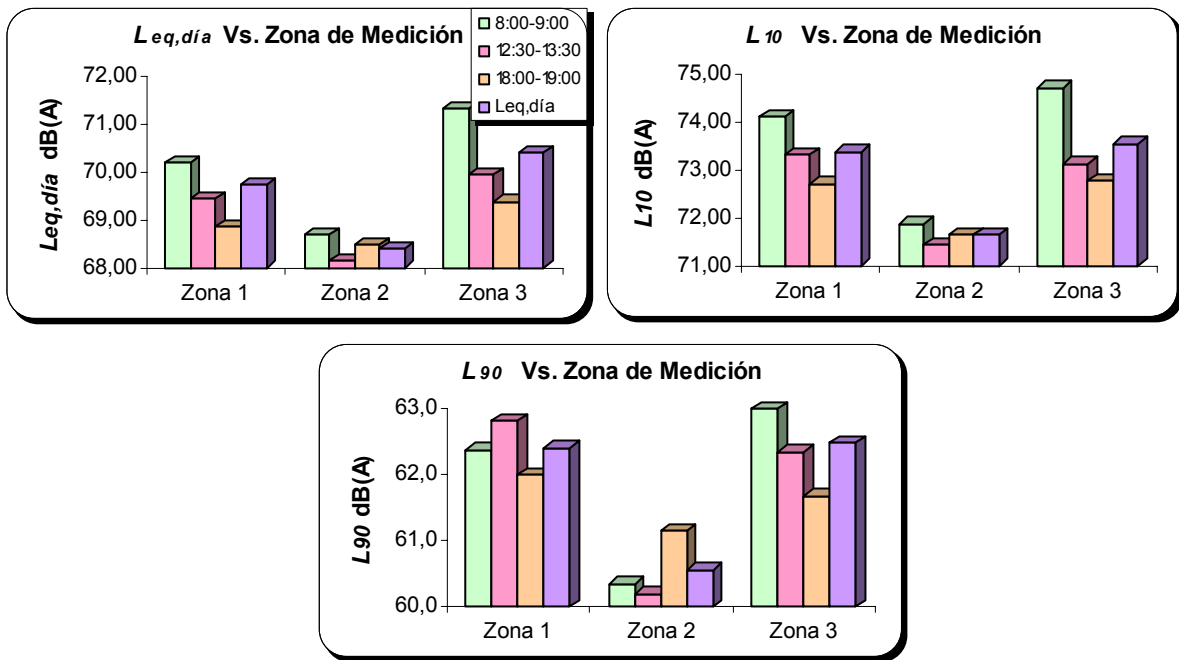
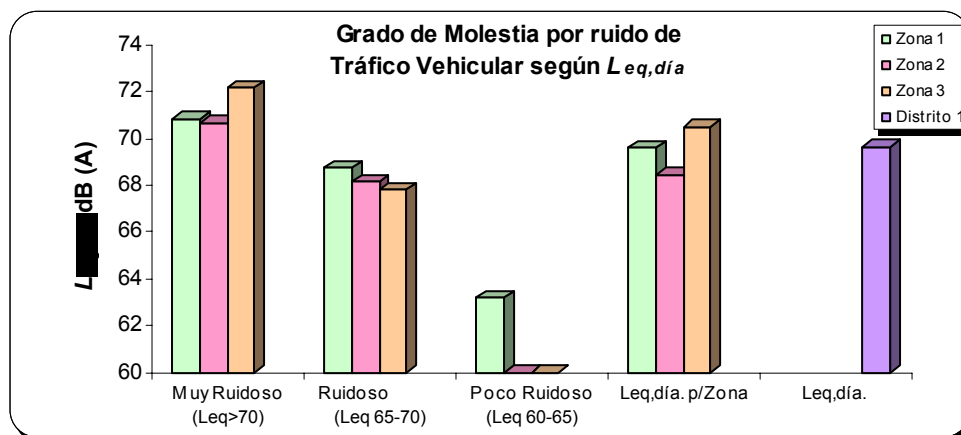


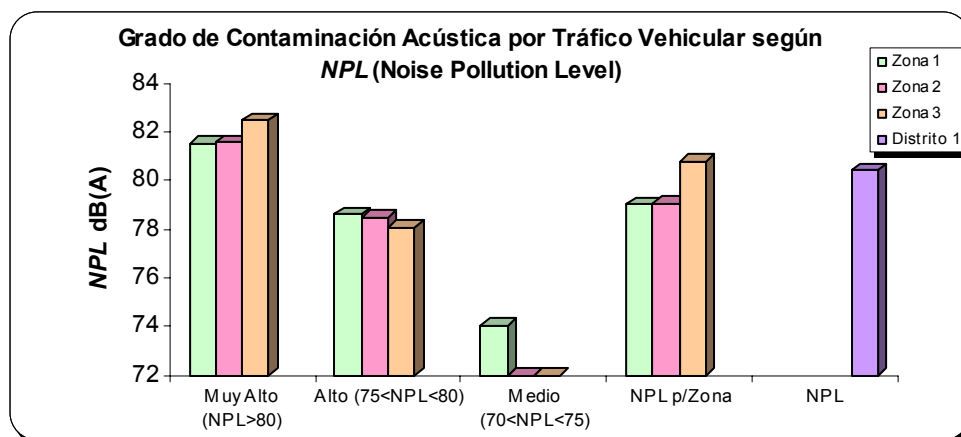
Figura 3. Variación de niveles sonoros  $L_p$  dB (A) según Zonas de medición

El grado de molestia por ruido de tráfico vehicular es “Ruidoso”. La zona con mayor grado de contaminación acústica es la Zona 3.



**Figura 4.** Valoración de la contaminación acústica de tráfico vehicular según  $L_{eq,día}$

El grado de contaminación acústica por tráfico vehicular es “Alto”. La zona con mayor grado de contaminación acústica es la Zona 3.



**Figura 5.** Valoración de la contaminación acústica de tráfico vehicular según el Nivel de Contaminación Sonora  $NPL$ .

El Índice de Ruido de Tráfico por tráfico vehicular es “Alto”. La zona con mayor grado de contaminación acústica es la Zona 2.

## 5 Mapa preliminar de Ruido

El Mapa preliminar de ruido de la zona central de la ciudad de Oruro se lo realizó según el modelo de propagación de ruido de fuentes lineales, donde  $L_1$  y  $L_2$  son los valores de nivel de presión sonora en los puntos 1 y 2 respectivamente separados a una distancia de  $r_1$  y  $r_2$  de la fuente lineal.

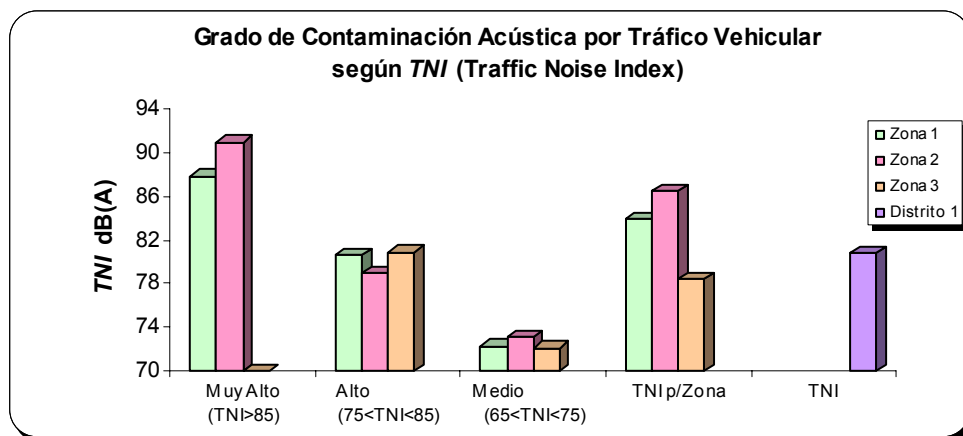


Figura 6. Valoración de la contaminación acústica de tráfico vehicular según el Índice de Ruido de Tráfico TNI.

$$L_1 - L_2 = 10 * \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right), \tag{5}$$

Este mapa es preliminar debido a que para realizar estos mapas de ruido es necesario software especial que tiene en cuenta no sólo los niveles de presión sonora sino también factores como superficies reflectantes. Se trazaron las curvas de nivel en el programa AutoCad 2006 sólo tomando en cuenta los valores de nivel de presión sonora. El mapa de ruido, confeccionado en AutoCad 2006 se muestra en la figura 7.

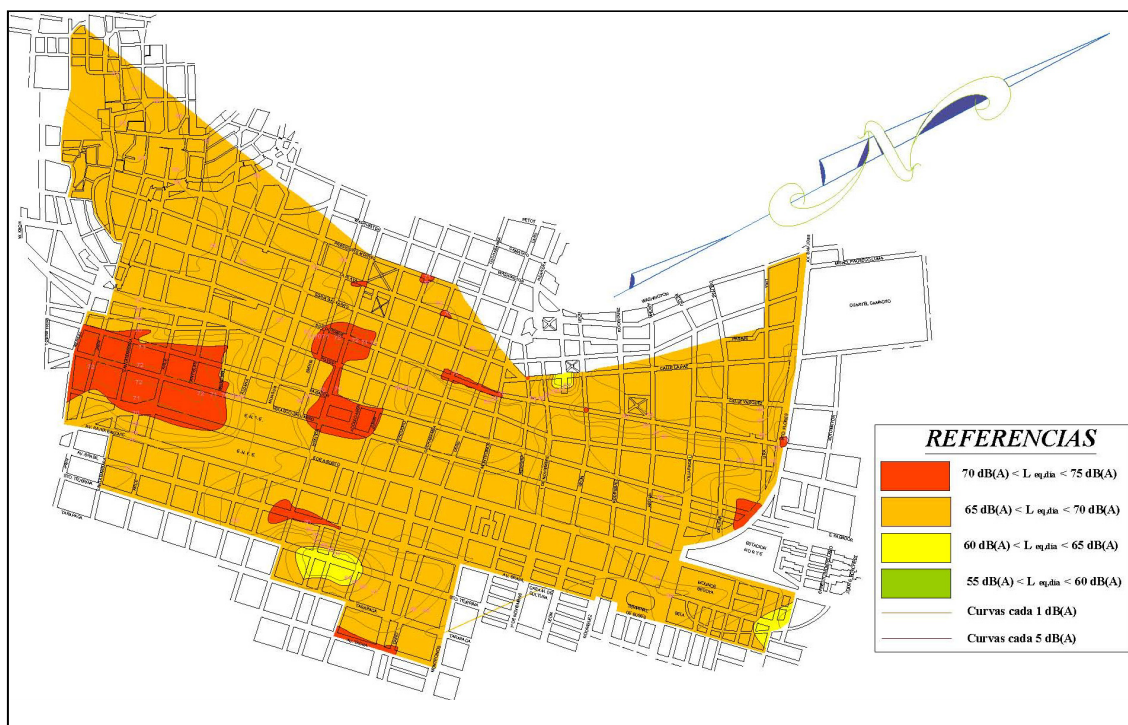


Figura 7. Mapa preliminar de Ruido de la zona central de la ciudad de Oruro



## 6 Conclusiones

El grado de molestia por contaminación acústica en la zona central de la ciudad de Oruro es “*Ruidoso*”.

El nivel de contaminación acústica es considerado “*Alto*”.

El índice de ruido de tráfico vehicular es considerado “*Alto*”.

Como dijimos anteriormente el parque automotor de la ciudad de Oruro alcanza a sólo un 5 % del total del país, esto da cuenta de que el ruido producido por tráfico vehicular en la ciudad de Oruro no es por una enorme cantidad de vehículos circulando, sino por la falta de educación vial tanto de conductores como de peatones que hacen caso omiso de semáforos, uso indiscriminado de bocinas, elevaciones injustificadas de la velocidad de los vehículos, música estridente dentro de los vehículos utilizados por jóvenes. A esto se suma la voluntad de los pasajeros de subir o bajar de los buses a media cuadra o cuando el semáforo está en verde y todos los vehículos están avanzando. Todas estas razones hacen que los conductores utilicen sus bocinas para pedir a los demás quitarse del camino para poder seguir con su ruta.

En la ciudad de Oruro hace falta más que nada educación vial.

Según las mediciones realizadas y los indicadores de ruido los puntos o esquinas más ruidosas en la zona central de la ciudad de Oruro son:

Calle Velasco Galvarro, desde la calle San Felipe hasta la calle Arce.

Calle Bolívar, desde la calle Soria Galvarro hasta la calle Velasco Galvarro.

Calle 6 de Octubre, desde calle Cochabamba hasta calle Herrera.

Los valores de nivel de presión sonora continuo equivalente de las tres zonas sobrepasan el valor máximo de 68 dB(A) en horario diurno, estipulado en la Ley 1333 de Medio Ambiente, Reglamento en Materia de contaminación Atmosférica, Anexo 6, de la República de Bolivia.

## Referencias

“APNB-62005, Calidad del Aire, Ruido Ambiental, Vocabulario”. Norma Boliviana

“APNB-62006, Calidad del Aire, Determinación de Niveles de Presión Sonora”. Norma Boliviana

Kiely, Gerard (1999). “Ingeniería Ambiental”. Mc Graw-Hill Inc., USA.

Canter, Larry (1998). “Manual de Evaluación de Impacto Ambiental”. Mc Graw-Hill Inc., USA.

Sears; Zemanzky; Young (1969). “Física Universitaria”. Addison-Wesley, USA.

Seto, William (1971). “Teoría y Problemas de Acústica”. Mc Graw-Hill Inc., USA.

Ugarte, Carlos (2004). “Contaminación Acústica por Tráfico Automotor en la ciudad de Oruro”. Tesis de Licenciatura en Ing. Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Veterinarias. Universidad Técnica de Oruro. Oruro, Bolivia.