

## Medición de la contaminación sonora en la Ciudad de Mendoza

C. E. Boschi & G. E. Muñoz Vargas

*cboschi@frm.utn.edu.ar & gabrielmv@frm.utn.edu.ar*

*Laboratorio de Acústica y Sonido "Mario Guillermo Camín", CEREDETEC, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.*

RESUMEN: Se pretende poner de manifiesto la problemática, que representa el gran nivel de contaminación acústica debido al flujo vehicular, en un área representativa del microcentro de la Ciudad de Mendoza. Se construye un "Mapa de Ruidos" para categorizar las zonas de mayor contaminación, utilizando metodologías estándares, propias, y normativas vigentes, en distintas franjas horarias. Finalmente se plantean recomendaciones y posibles soluciones.

### 1 INTRODUCCION

El sonido es una sensación auditiva producida por ondas de presión generadas por el movimiento vibratorio de cuerpos, que se transmite por un medio elástico, normalmente el aire. Los sonidos se pueden clasificar de distintas maneras según el criterio que se siga. Atendiendo al criterio de la relación que guardan entre si los patrones que forman las ondas de presión, los sonidos se pueden clasificar en musicales o ruido. Si bien desde el punto de vista exclusivamente físico no hay distinción entre sonido y ruido, ciertos sonidos agradables clasificados generalmente como musicales, pueden convertirse en molestos cuando los niveles de presión sonora que alcanzan son excesivos. Desde el punto de vista de la contaminación sonora se define al ruido como todo sonido no deseado. Por tanto, vemos que la diferencia entre sonido agradable y sonido molesto depende tanto del nivel de presión sonora como de la respuesta subjetiva.

En cualquier lugar existen ruidos procedentes de diferentes fuentes, unas próximas y otras lejanas; pueden llegar directamente desde sus fuentes generadoras o reflejados por superficies tales como edificaciones, aceras y/o calzadas. De acuerdo con lo expuesto, al ruido total asociado con un determinado entorno se lo llama ruido ambiental.

En los conglomerados urbanos al ruido ambiental se lo denomina también ruido urbano, ruido residencial o ruido doméstico y se define como el ruido emitido por todas las fuentes presentes en dichos conglomerados a excepción de las industriales.

A diferencia de otros contaminantes, el ruido no perdura ni se exporta; está localizado, y cesa cuando lo hace el emisor. Pero también es el primero que detecta el ser humano, casi instantáneamente, el que más perturba sin necesidad de acumulación, y el que más directamente afecta al bienestar. Las consecuencias de la contaminación acústica para la salud se describen según sus efectos específicos: deficiencia auditiva causada por el ruido; interferencia en la comunicación oral; trastorno del sueño y reposo; efectos psicofisiológicos, sobre la salud mental y el rendimiento; efectos sobre el comportamiento; e interferencia en actividades [1].

#### 1.1 Conceptos Básicos

La mayoría de los ruidos ambientales puede describirse mediante medidas sencillas. Una de las maneras de medir los niveles sonoros y por lo tanto los de ruido es a través de la unidad conocida como decibel (dB). El decibel es una unidad logarítmica, utilizada en diferentes disciplinas de la ciencia, que relaciona dos parámetros y en consecuencia es adimensional. En todos los casos se usa para comparar una cantidad con otra llamada de referencia.

El decibel, planteado en principio como “magnitud de relación” de parámetros, puede utilizarse como “magnitud de medida” cuando a uno de los parámetros de referencia se le asigna un valor constante. En acústica, las relaciones que se encuentran con más frecuencia son variaciones de nivel de presión. La referencia que se utiliza es de 20  $\mu$ Pa. En consecuencia, los niveles de presión sonora expresados en decibeles se identifican como dB-SPL (Sound Pressure Level).

A su vez a los decibeles se los afecta de diferentes curvas de ponderación según la aplicación. Los más comúnmente utilizados son: los decibeles A (dBA) y los decibeles C (dBC). Los decibeles C básicamente miden el sonido en cuanto a fenómeno físico. Los decibeles A, en cambio, miden la forma en que se lo percibe, así como su peligrosidad potencial para el oído.

Normalmente, un mismo ruido medido con la escala C resulta mayor que si se lo mide en la escala A, dado que en ésta casi no se tienen en cuenta los sonidos graves, la razón es que el oído es menos sensible a ellos, y además son menos peligrosos.

Es interesante ilustrar con algunos ejemplos la escala A. En el campo, en silencio, se tienen unos 30 dBA. En el interior de una casa, de día, el nivel sonoro es de alrededor de 40 dBA. Una conversación normal corresponde a 60 dBA. Un automóvil en buenas condiciones pasando a baja velocidad, a unos 70 dBA. Un colectivo promedio, acelerando, emite ruidos de alrededor de 90 dBA. Un martillo neumático a 4 metros, alrededor de 100 dBA. Por último, un avión reactor despegando, medido desde el borde de la pista, corresponde a unos 120 dBA. A raíz de la definición logarítmica del decibel, los 80 dB que genera un camión no duplican los 40 dB que reinan en una biblioteca, sino que los centuplican.

## 1.2 Legislación vigente

Debido a la variedad de fuentes emisoras y a la cantidad de ruidos que estos transmiten; la legislación vigente establece niveles máximos, a nivel Nacional el Decreto N° 46.542/72 y a nivel Municipal la Ordenanza N° 2976 de la Ciudad Capital de Mendoza [2].

La Ordenanza N° 2976/13353/90 de la Ciudad de Mendoza, en el Título V, “Contaminación Sonora”, trata el tema de los ruidos, prohibiéndose “producir, causar, estimular, no impedir cuando fuere factible, o provocar ruidos vibraciones u oscilaciones, cualquiera sea su origen, cuando por razones de horario, lugar, calidad y/o grado de intensidad puedan ser calificados como ruidos molestos...” Se establece una serie de fuentes de ruido que se prohíben especialmente. Con

respecto a las fuentes fijas, se utilizan los límites establecidos por la Norma IRAM 4062 sobre ruidos molestos al vecindario, así como el procedimiento de medición allí indicado. Con respecto al ruido emitido por vehículos automotores, se establecen límites por categorías de vehículos. (Ver Tabla 2). La Ordenanza contempla en su parte final medidas punitivas que involucran una detallada descripción de infracciones y sus correspondientes multas. No se proponen medidas de prevención.

Tabla 1. Decreto-Ordenanza N° 46.542/72 - Niveles sonoros máximos en dBA.

Ámbito	Ruido Ambiente		Picos Frecuentes (7 a 60/hora)		Picos escasos (1 a 6/hora)	
	noche	día	noche	día	noche	día
Hospital	35 dBA	45 dBA	45 dBA	50 dBA	55 dBA	55 dBA
Vivienda	45 dBA	55 dBA	55 dBA	65 dBA	65 dBA	70 dBA
Comercio	50 dBA	60 dBA	60 dBA	70 dBA	65 dBA	75 dBA
Industria	55 dBA	65 dBA	60 dBA	75 dBA	70 dBA	80 dBA

Tabla 2. Valores máximos del ruido ocasionado por el escape y cualquier deficiencia para diversos tipos de vehículos, por encima de los cuales se consideran como ruidos excesivos.

Tipo de vehículo	Nivel máximo en dBA
Motocicletas livianas; inclusive bicicletas, triciclos con motor acoplado (cilindrada hasta 50 cm <sup>3</sup> ).	75
Motocicletas de 50 cm <sup>3</sup> a 125 cm <sup>3</sup> de cilindrada.	82
Motocicletas de 50 cm <sup>3</sup> a 125 cm <sup>3</sup> de cilindrada pero de 4 tiempos.	86
Automotores hasta 3500 kg de tara.	86
Automotores de más de 3500 kg de tara.	90

Los objetivos fundamentales de la lucha contra el ruido son desarrollar criterios para deducir los niveles seguros de exposición y promover la evaluación y control del ruido como parte de los programas de salud ambiental.

## 2 VALORACIÓN DEL RUIDO DE TRAFICO DE VEHÍCULOS AUTOMÓVILES.

### 2.1 Consideraciones preliminares

La causa principal de la polución sonora en las grandes ciudades es el tránsito vehicular. Contra la creencia general, los mayores responsables no son los tan denostados "escapes libres", sino los motores diesel. Cuatro ómnibus hacen más ruido que 100 autos. Una persona ubicada en una parada de transporte debe soportar un promedio de 80 dB y picos superiores a los 100 dB.

El ruido de los vehículos automotores es en general una superposición de tres tipos de ruido de orígenes bien diferenciados: a) el ruido de propulsión (el motor, la transmisión y el sistema de escape asociado); b) el ruido de rodadura entre las cubiertas y la calzada; y c) el ruido aerodinámico. A velocidades por encima de 80 km/h el ruido aerodinámico se vuelve muy importante, ya que la potencia de ruido aerodinámico crece con una potencia elevada (entre 4 y 8) de la velocidad. Por debajo de 50 km/h, en general predomina el ruido del motor. Sin embargo, y especialmente en el caso de los automóviles más nuevos, el silenciador de escape es tan efectivo que aún a velocidades tan bajas como 40 km/h sigue predominando el ruido de rodadura.

Según distintas legislaciones internacionales y nacionales se marcan ciertos niveles máximos [2], [4], que no deben superarse, con rangos desde los 80 a los 90 dBA para coches y de 70 a 80 dBA para motocicletas.

Los niveles anteriores no son producidos por un solo vehículo, sino por muchos coches de diferentes características (turismos, camiones, furgonetas, etc.), con distintas velocidades y posiciones, etc.

Para considerar a la fuente de ruido con una distribución lineal de potencia por unidad de longitud, la potencia de la fuente sonora, no se considera influenciada por la velocidad de los vehículos (se considera una velocidad media), pero es proporcional a la densidad y tipo de tráfico, debiendo introducirse correcciones en los cálculos cuando el porcentaje de tráfico debido a camiones es importante, o bien cuando la vía de circulación tiene pendiente y los vehículos circulan en dirección ascendente.

El nivel de presión sonora media varía con la distancia a la fuente de emisión y debería disminuir en 3 dB, si se considera una fuente lineal, cada vez que se dobla esa distancia. Experimentalmente se ha podido comprobar que en terreno llano y libre de obstáculos, la atenuación con la distancia es mayor de 3 dB, esto es consecuencia de una atenuación adicional debida al poder de absorción del suelo, así como a los fenómenos de refracción, difusión, condiciones meteorológicas y a la absorción del aire.

En zona urbana, la presencia continua de edificios a ambos lados de la vía refuerza el sonido, debido a las reflexiones que se producen entre las fachadas de los

edificios. El ancho de la vía, el tipo de fachada, dimensiones de las aceras, etc., permiten obtener unos valores de la variación del nivel de presión sonora con estos parámetros. Se ha comprobado que en vías con edificios a ambos lados, el nivel de presión es sensiblemente independiente de la altura del punto de observación, mientras que cuando los edificios están a un lado de la vía, el nivel de presión disminuye con la altura.

Otro factor a tener en cuenta en este estudio es el registro de la velocidad del viento, se fija en un valor de 5 m/s como límite máximo, debido a que a velocidad mayor este magnifica el ruido de fondo en los aparatos de medición.

## 2.2 Metodología a emplear

### 2.2.1 Descripción general

El estudio efectuado consiste en la medición directa de los indicadores de ruido ambiental recomendados por las normas internacionales [3], [4]:

- Nivel Sonoro Continuo Equivalente ( $L_{eq}$ )
- Niveles Percentiles L5, L10, L50, L90
- Nivel de Pico Máximo
- Nivel Mínimo
- Nivel Máximo

Estos fueron medidos en distintos puntos del área considerada. Simultáneamente se tomaron los siguientes registros:

- Velocidad del viento que se obtuvo antes de realizar cualquier medición.
- Flujo vehicular y composición (vehículos medianos, pesados y de dos ruedas).

### 2.2.2 Franjas Horarias

Se ha considerado establecer, de manera conveniente, las siguientes franjas horarias:

- Franja horaria Matutina de 8 a 12 hs.
- Franja horaria Vespertina de 16 a 19 hs.
- Franja horaria Nocturna de 21 a 23 hs.

### 2.2.3 Definiciones de los Niveles de Ruido

#### Medidos

- Nivel Sonoro Continuo Equivalente ( $L_{eq}$ ): es el nivel en dBA de un ruido hipotético constante correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado en un punto determinado, y durante un periodo de tiempo preestablecido.
- Niveles Percentiles L5, L10, L50, L90: describen los niveles de ruido en dBA que

son sobrepasados el 5%, 10%, 50% y 90% respectivamente del tiempo que dura el proceso de medición.

- Nivel Mínimo: Es el mínimo nivel de ruido en dBA obtenido en el período de medición.
- Nivel Máximo: Es el máximo nivel de ruido en dBA obtenido en el período de medición.
- Clima de ruido: Diferencia entre los percentiles L10 y L90
- Nivel de Ruido de Tráfico, TNI: Es un índice empírico en dB(A) que valora más adecuadamente las reacciones humanas y se calcula como:  

$$TNI = L50 + 9\sigma - 30 \text{ dB(A)}$$

### 2.3 Procedimiento de medición

Consistió en sesiones programadas inicialmente, y acordes a los puntos a tener en cuenta para el estudio. Se tomaron 90 lecturas cada 10 segundos en condiciones de viento por debajo del límite tolerable, y se indicaron en tablas los registros del tránsito, según la categorización dada en la Tabla 3. Además se registró la hora de inicio de la medición, la distancia y altura a la fuente de emisión. (Ver Figura 1 y Figura 2).

Todas las sesiones de medición se efectuaron en días laborales.

Tabla 3. Caracterización del tránsito.

Categoría	Características	Divisiones
Liviano	Dos ejes, dos y cuatro ruedas	Motocicletas Automóviles
Medio	Dos ejes y cuatro ruedas	Camionetas
Pesado	Más de dos ejes o dos ruedas por eje	Camiones Ómnibus

Para la metodología de medición, fueron adoptadas recomendaciones de la normas, en lo referido a la disposición de los equipos en el lugar de la medición y consideración de las condiciones climáticas [5].

Todas las mediciones se realizaron en posiciones separadas al menos 1-2 m de las superficies reflectantes y 1,20 m del suelo, se calibró el Medidor de Nivel Sonoro y colocó el aparato con el filtro de ponderación "A" , en respuesta lenta y en el intervalo 30 – 130 dBA.

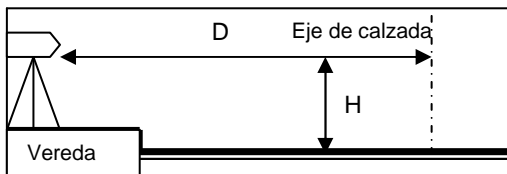


Figura 1. Ubicación de la "estación", corte.

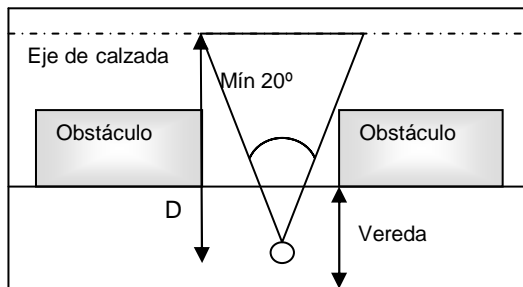


Figura 2. Ubicación de la "estación", planta.

Para velocidades de viento mayores de 3 metros por segundo y hasta el límite tolerable (5 m/s), se protegió al micrófono utilizando el accesorio para tal fin, con el propósito de evitar un aumento ficticio de los niveles medidos.

Las mediciones se efectuaron en la mitad de las cuadras con el equipo ubicado en la vereda y el micrófono dirigido hacia la vereda opuesta.

Se procuró que la ubicación de las estaciones, correspondiera a veredas despejadas de objetos que pudieran interferir en la medición tales como vehículos estacionados, carteles publicitarios, señales de tránsito, etc.

### 3 INSTRUMENTAL Y ELEMENTOS UTILIZADOS

Medidor de Nivel Sonoro portátil "Extech Instruments" Modelo 407762 - N° de Serie 990104198. Este instrumento está diseñado de acuerdo a la norma IEC651 tipo 2, ANSI S1.4 Tipo2, para mediciones de campo, con las siguientes características:

- Rangos desde 30 dB a 130 dB a frecuencias entre 20 Hz y 8 KHz.
- Display LCD de cuatro dígitos con una resolución de 0,1 dB.
- Con dos filtros de ponderación de niveles de presión sonora, A y C.
- Interface RS232 para descargar datos a una P.C.
- Capacidad de almacenamiento no - volátil de hasta 4048 muestras.

Calibrador Acústico "Extech Instruments" para Medidor de Nivel Sonoro Modelo 407769 - N° de Serie 010513264. Este instrumento está diseñado de acuerdo a la norma IEC942 tipo 2, ANSI S1.40 - 1984, con las siguientes características:

- Rangos de calibración para 94 dB y 114 dB con un tono de 1 KHz.

#### 4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Se prepararon tablas, una para cada estación de medición, las que suministran los valores particulares para cada punto. (Ver Figura 3, y Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Ejemplo de datos para un punto de medición.

Lugar : Colón entre P Mendocinas y España
Fecha: 21-06-05                      Hora : 21:25
Condiciones climáticas : Nublado y frío, sin viento
Plano de Medición: D =7.0 m    H =0.9 m

Tabla 5. Ejemplo de resultados para un punto de medición..

Valores Característicos
Desviación Típica: $\sigma = 5.003671686$ dB(A)
Varianza: VAR= 25.03673034
Dispersión: Disp = 626.837866
Nivel Medio: L50 = 69.86333333 dB(A)
Nivel Sonoro: L10 = 76.26803309 dB(A)
Nivel Sonoro: L90 = 63.45863358 dB(A)
Moda: M = 72.4 dB(A)
Valores Máx y Mín
Máx = 83 dB(A)
Mín = 58 dB(A)
Nivel Sonoro Continuo equivalente
Leq = 72.74255732 dB(A)
Nivel de Contaminación Sonoro
LNP = 85.55195684 dB(A)
Nivel de Ruido de tráfico
TNI = 84.8963785 dB(A)

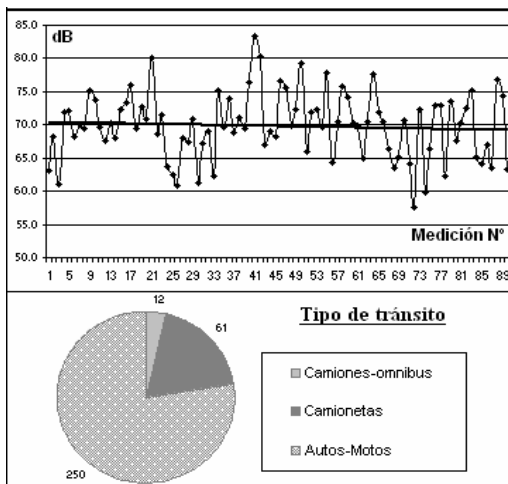


Figura 3: Representación de una medición

Con los resultados de las tablas individuales de cada punto se construye la Tabla 6, a modo de resumen.

Tabla 6. Resumen de las mediciones

Ubicación	Dens. veh/h	TNI [dBA]
<b>Mediciones Matutinas</b>		
Necochea entre 9 de julio y España	860	97.01
9 de julio entre Gutierrez y Espejo	1192	74.54
Espejo entre Perú y 25 de Mayo	480	93.56
25 de Mayo entre Sarmiento y Espejo	816	106.82
España entre Espejo y Sarmiento	1316	81.91
Chile entre Montevideo y Rivadavia	772	88.09
P. Mendocinas entre Rivadavia y Montevideo	884	89.56
Montevideo entre P. Mendocinas y España	988	88.07
San Lorenzo entre 25 de Mayo y Chile	1336	76.88
Colón entre 9 de Julio y P. Mendocinas	1440	87.12
Colón entre 9 de Julio y San Martín	1596	87.11
<b>Mediciones Vespertinas</b>		
Las Heras entre 25 de Mayo y Perú	776	89.01
Las Heras entre 25 de Mayo y Chile	724	79.91
Las Heras entre Mitre y P Mendocinas	908	79.89
Las Heras entre San Martín y 9 de Julio	488	70.96
Plaza Chile Calle Necochea	504	78.53
Necochea entre Chile y 25 de Mayo	692	78.35
Necochea entre Patricias y Mitre	772	88.99
Plaza San Martín Calle Necochea	904	88.22
Plaza Chile Calle Perú	764	83.54
Plaza Chile Calle 25 de Mayo	636	75.678
Plaza San Martín Calle España	904	75.91
Plaza San Martín Calle 9 de Julio	768	77.37
San Martín entre Gutierrez y Necochea	680	69.87

Ubicación	Dens. veh/h	TNI [dBA]
Plaza Chile Calle Gutierrez	1036	83.41
Gutierrez entre Chile y Mitre	1040	76.06
Gutierrez entre Patricias y España	984	82.46
Plaza San Martín Calle Gutierrez	1212	69.81
Perú entre Espejo y Gutierrez	736	93.11
9 de julio entre Gutierrez y Espejo	948	82.58
Espejo entre Perú y 25 de Mayo	432	88.68
Plaza Independencia Calle Espejo	708	71.88
25 de Mayo entre Sarmiento y Espejo	772	83.45
Chile entre Espejo y Sarmiento	756	69.81
España entre Espejo y Sarmiento	996	86.31
San Martín entre Sarmiento y Espejo	732	79.41
Sarmiento entre Perú y 25 de Mayo	568	83.93
Perú entre Rivadavia y Sarmiento	616	88.94
Plaza Independencia Calle Patricias	800	94.19
9 de julio entre Sarmiento y Rivadavia	904	106.21
Rivadavia entre Perú y 25 de Mayo	548	85.93
Rivadavia entre Chile y Mitre	796	76.93
25 de Mayo entre Rivadavia y Montevideo	892	98.55
San Martín entre Rivadavia y Montevideo	1556	68.89
Plaza Italia Calle Montevideo	644	80.33
Montevideo entre Mitre y Chile	1036	101.71
Montevideo entre Patricias y España	1004	88.41
Plaza España Calle Montevideo	952	79.11
Plaza Italia Calle Perú	604	76.64
Plaza Italia Calle 25 de Mayo	836	72.19
Plaza España Calle España	1168	60.57
Plaza España Calle 9 de julio	720	87.32
Plaza Italia Calle San	1184	78.44

Ubicación	Dens. veh/h	TNI [dBA]
Lorenzo		
San Lorenzo entre Chile y 25 de Mayo	1184	78.78
San Lorenzo entre Mitre y Patricias	1040	79.51
Plaza España Calle San Lorenzo	1128	67.69
San Martín entre Don Bosco y Colón	1220	65.07
Mediciones Nocturnas		
Las Heras entre 9 de Julio y San Martín	156	83.08
Necochea entre 9 de julio y España	268	83.12
9 de julio entre Gutierrez y Espejo	288	89.01
España entre Espejo y Sarmiento	672	96.71
San Martín entre Sarmiento y Espejo	512	91.88
Chile entre Montevideo y Rivadavia	516	88.46
P. Mendocinas entre Rivadavia y Montevideo	420	103.57
San Martín entre Rivadavia y Montevideo	1000	74.81
Montevideo entre P. Mendocinas y España	476	100.04
San Lorenzo entre 25 de Mayo y Chile	988	80.31
Colón entre 9 de Julio y P. Mendocinas	1292	84.89

## 5 REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

A continuación se presenta en un plano de la zona considerada las mediciones y los resultados del **NIVEL DE RUIDO DE TRÁFICO**, según la Tabla 6, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. La escala de grises nos da la variación de la intensidad, en los intervalos de valores dados a continuación.

Intervalo:

60-70 dBA; 70-80 dBA; 80-90 dBA; 90-120 dBA.

En la Fig. 4 se representa el ruido obtenido con las mediciones matutinas, en la Fig. 5 son representados los valores de las mediciones vespertinas, y finalmente en la Fig. 6, se dan los valores de ruido nocturno.

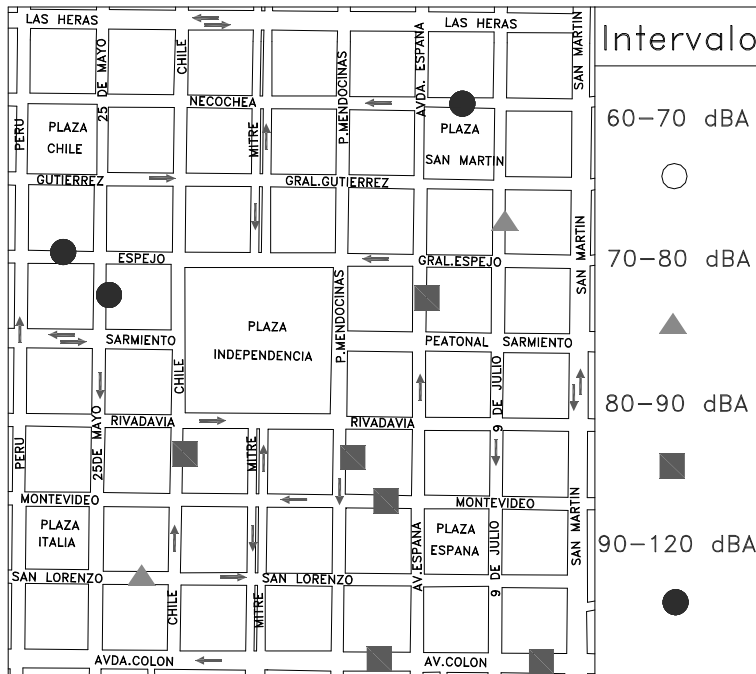


Figura 4. Mediciones matutinas.

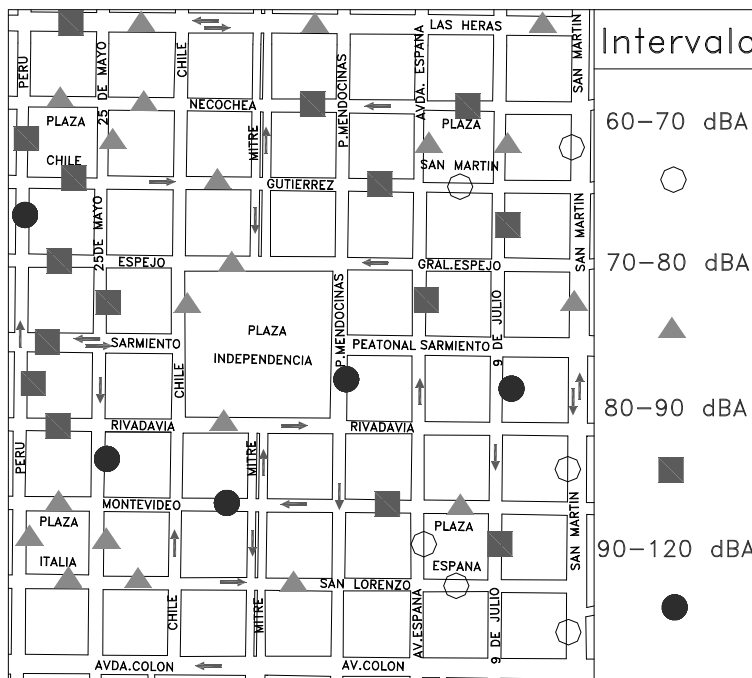


Figura 5. Mediciones vespertinas.

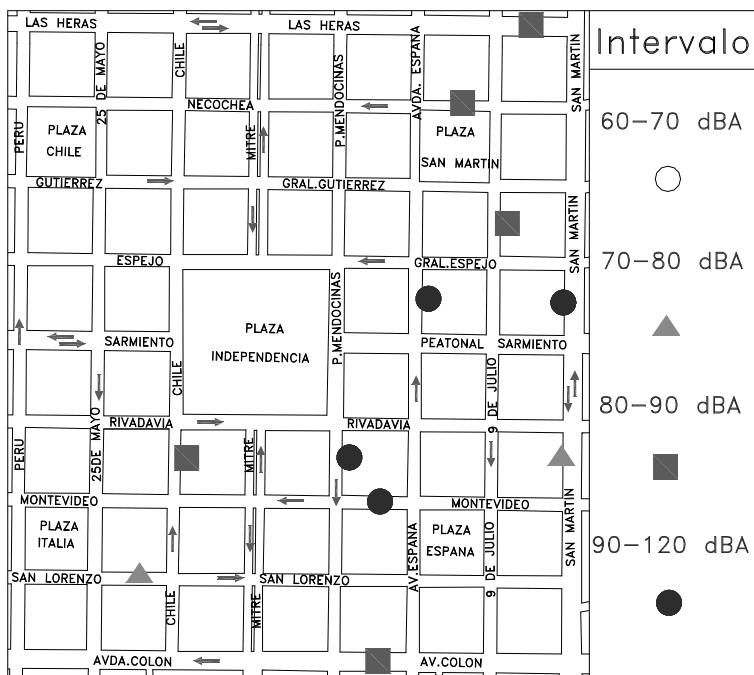


Figura 6. Mediciones nocturnas

## 6 RECOMENDACIONES

Los niveles de emisión sonora que se dan en algunas zonas de la Capital debido al flujo vehicular ponen de manifiesto la necesidad de tomar medidas de precaución.

Estas medidas, pueden contemplar la posibilidad de estudio y aplicación de nuevos materiales de construcción, pavimentos especiales reductores del ruido de rodadura, el aislamiento de las zonas más castigadas con barreras acústicas, como así también el control periódico y sistemático del estado de mantenimiento del parque automotor que circula por la Ciudad de Mendoza.

Por otro lado, se recomienda la medición periódica del ruido de tránsito en las zonas de ingreso al microcentro y finalmente el desarrollo de un modelo matemático con el cual, se pueda predecir el ruido del tránsito, y sirva como herramienta de prevención.

## 7 COLABORADORES

Para el desarrollo de la investigación se agradece la colaboración en la recolección de datos del siguiente personal: Sr. Marcos F. Fozzatti, Srta. Silvina P. Lucero e Ing. Sergio G. Acosta.

## 8 REFERENCIAS

- [1] Prevention of noise-induced hearing loss: report of an informal consultation held at the World Health Organization, Genova, on 28-30 October 1997.
- [2] Ordenanza N° 2976/13353/90, Instrumentando medios tendientes a prevenir la contaminación ambiental en el éjido de la ciudad de Mendoza, Mendoza, 3/12/1990.
- [3] ISO 9613-2, Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation, Genève, Suiza, 1994.
- [4] Ambiente Consultores, Informe Final: Elaboración de Propuesta de Normativa para la Regulación de la Contaminación Acústica generada por Carreteras y Autopistas, Chile; Diciembre 2001.
- [5] Miyara, F, TRANSRUIDO: Simulación Digital del Ruido del Tránsito Urbano, Primer Provia Urban, Rosario, Argentina, Abril de 1998.