

MAPA DE RUIDO DEL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE CUENCA

1 ANTECEDENTES

La Ilustre Municipalidad de Cuenca, ante la problemática que se está generando en el centro de la ciudad con motivo de la presencia de un alto número de vehículos, acompañado por las actividades diarias cotidianas que involucran el comercio, la industria, el turismo, ha hecho que las emisiones al ambiente como son gases, material particulado, ruido vayan incrementándose.

La contaminación por ruido es un factor ambiental que incide directamente en la salud de la población, con el crecimiento de la ciudad, aumentan los niveles acústicos, repercutiendo en el grado de confort de la ciudadanía y por ende en la calidad de vida.

Como en todo proceso para poder mitigar impactos es necesario contar con una línea de base que nos permita conocer el estado situacional de inicio, para de esta manera poder establecer planes y programas necesarios para mitigar los posibles impactos que se estén generando.

En los últimos tiempos proyectos como el del Mapa de Ruido, son un instrumento que sirve para caracterizar el grado de contaminación sonora en las ciudades y sobre esta base elaborar un plan de intervención. Esta información permitirá a las entidades locales y gubernamentales tomar decisiones con relación a la planificación del territorio, estableciendo normas, reglamentos con niveles máximos permisibles de acuerdo con los usos del suelo de la ciudad.

Sobre esta base, la Ilustre Municipalidad de Cuenca, a través de la Comisión de Gestión Ambiental –CGA-, con oficio N°. CGA-0603-2011, invita a la Universidad del Azuay a elaborar la propuesta para el proyecto: “ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO DEL ÁREA URBANA DE CUENCA”, petición que la hace en conocimiento de que la UDA cuenta con experiencia en este componente, en virtud de que había elaborado un mapa de ruido durante el año 2009. Con fecha mayo de 2011 se presenta la propuesta.

Se suscribe el Convenio entre la Ilustre Municipalidad de Cuenca y la Universidad del Azuay, con fecha 2 de marzo de 2012, para la realización del citado proyecto, así mismo con fecha 5 de junio del presente año se recibe el anticipo correspondiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.- Contar con información suficiente que permita conocer la realidad del ruido ambiente en el área urbana de Cuenca, sobre la cual, la Ilustre Municipalidad de Cuenca pueda considerar y tomar las decisiones necesarias para el control de la contaminación acústica en la ciudad de Cuenca.

2.2.- Objetivos específicos:

- Elaborar un mapa de ruido para el área urbana de la ciudad de Cuenca.
- Contar con un diagnóstico general con respecto a la contaminación acústica en Cuenca.
- Diseñar una red para el monitoreo del ruido urbano

3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se han establecido un conjunto de pasos a seguir, el cual parte de:

1. La identificación del sitio, con el establecimiento de los puntos de muestreo y el correspondiente levantamiento de los datos.
2. Se continúa con el procesamiento de datos, es decir, sobre la base de la utilización de métodos estadísticos, se elabora el Modelamiento teórico del ruido en la ciudad de Cuenca.
3. Con la información levantada, y posteriormente modelada, se procede a determinar un diagnóstico y análisis de la situación actual de las emisiones sonoras.
4. Luego de contar con la información procesada y saber el estado de la ciudad de Cuenca en lo referente a la contaminación acústica se plantea una Propuesta para una red de monitoreo que permita contar con una serie de datos en el tiempo e ir conociendo el comportamiento del ruido en la ciudad.
5. Como producto final se desarrolla la Metodología para el levantamiento de información.

4 IDENTIFICACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE DATOS

4.1.- Puntos de Muestreo.- Para la identificación de los sitios de muestreo se tomaron en consideración factores como el tráfico vehicular, características físicas de las vías, seguridad de la zona para mantener los equipos e instrumental necesario para el levantamiento de datos, así mismo, se coordinó con el equipo técnico de la CGA para establecer de manera conjunta los puntos de muestreo necesarios.

Como se indicó en acápite anteriores la Universidad del Azuay durante el año 2009 elaboró el primer mapa de ruido de la ciudad, para lo cual se contó con 23 sitios de muestreo, los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 4.1
Sitios de muestreo iniciales

| N° Puntos | Cod_med | Calle1 | Calle2 | N° Puntos | Cod_med | Calle1 | Calle2 |
|-----------|---------|----------------------|---------------------|-----------|---------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | R_01 | Del Estadio | José Peralta | 13 | R_21 | Av. de las Américas | Remigio Crespo |
| 2 | R_02 | Av. 24 de Mayo | Las Herrerías | 14 | R_22 | Lope de Vega | Gaspar de Jovellanos |
| 3 | R_03 | Av. España | Elia Liut | 15 | R_23 | Av. de las Américas | Don Bosco |
| 4 | R_04 | Primero de Mayo | Fray Vicente Solano | 16 | R_26 | Luis Cordero | Juan de Salinas |
| 5 | R_05 | Remigio Crespo | Ricardo Munioz | 17 | R_27 | Av. Huayna Capac, Av. España | Gaspar Sangurima |
| 6 | R_06 | Paseo de los Cañaris | Pumapungo | 18 | R_28 | Juan Larrea Guerrero | Mariano Villalobos |
| 7 | R_08 | Camino a Paccha | | 19 | R_29 | Larga | Benigno Malo |
| 8 | R_10 | Octavio Chacón | Carlos Tosi Siri | 20 | R_30 | Totoracocha | Av. el Condor |
| 9 | R_11 | Camino Ochoa León | | 21 | | Av. de las Américas | Ordoñez Lazo |
| 10 | R_14 | De los Cerezos | | 22 | | Mariscal Antonio José Sucre | Presidente Antonio Borrero |
| 11 | R_19 | Paseo de los Cañaris | Gonzalez Suarez | 23 | | Mariano Cueva Vallejo | Gaspar Sangurima |
| 12 | R_20 | Tres de Noviembre | Simón Bolívar | | | | |

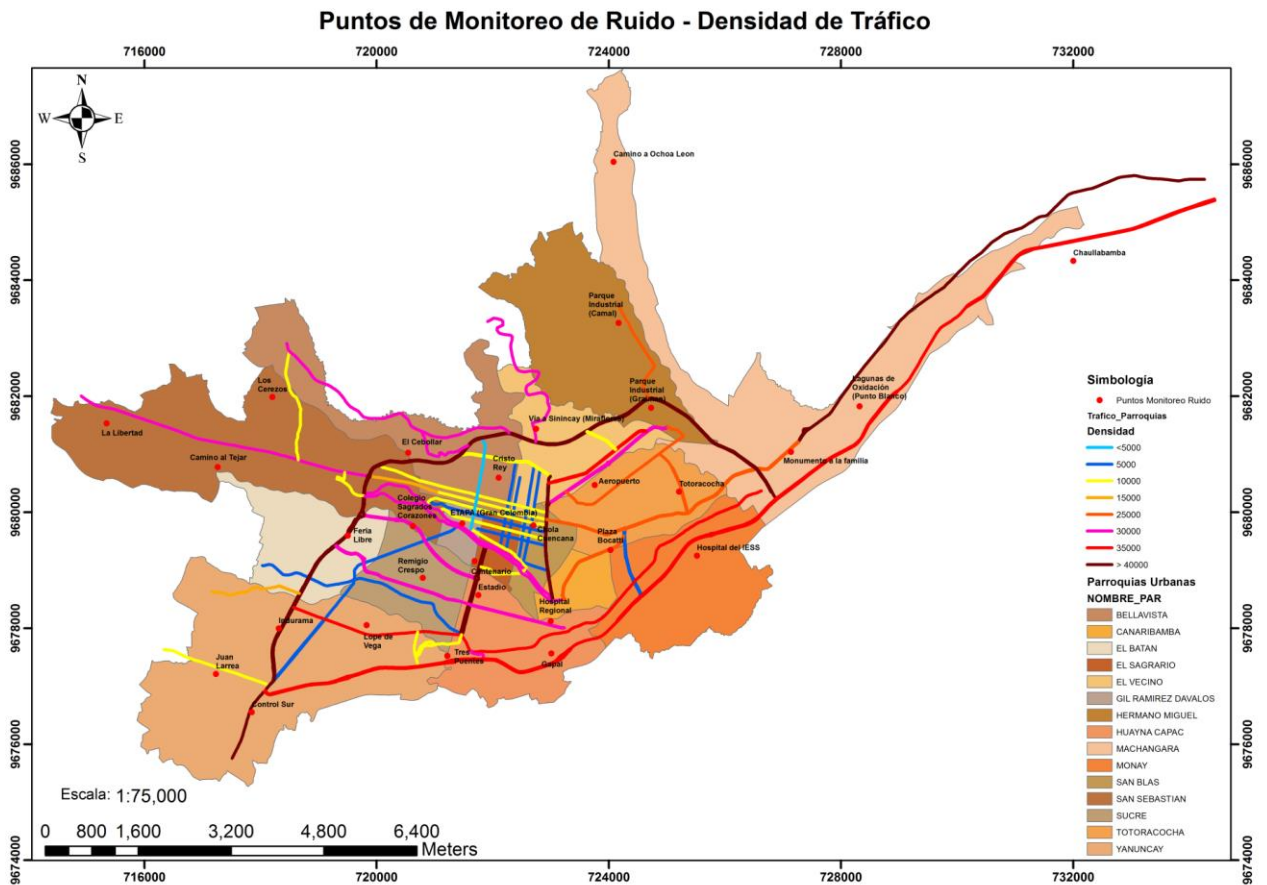
Fuente: Proyecto ICAUC – UDA - 2009

Elaborado por: Equipo Técnico del IERSE -UDA

Si bien el primer mapa fue elaborado en el año 2009, para el presente año ha habido un crecimiento poblacional y de infraestructura urbana, lo que condujo a incrementar los puntos de muestreo a 30 puntos.

Se procede a la revisión de cada uno de los 23 puntos ya existentes, y tomando en cuenta aspectos como los ya indicados (tráfico, actividades, servicios), se ratifican en su mayoría los puntos iniciales y se determinan los 7 puntos faltantes para completar el número de 30. En el siguiente mapa se puede observar los volúmenes de tráfico existentes en la ciudad, lo cual justifica la elección de los treinta puntos para el muestreo, en virtud de que los mismos fueron localizados en sitios en donde la densidad de tráfico está sobre los 10.000 vehículos por día.

Mapa N° 4.1
Densidad de Tráfico



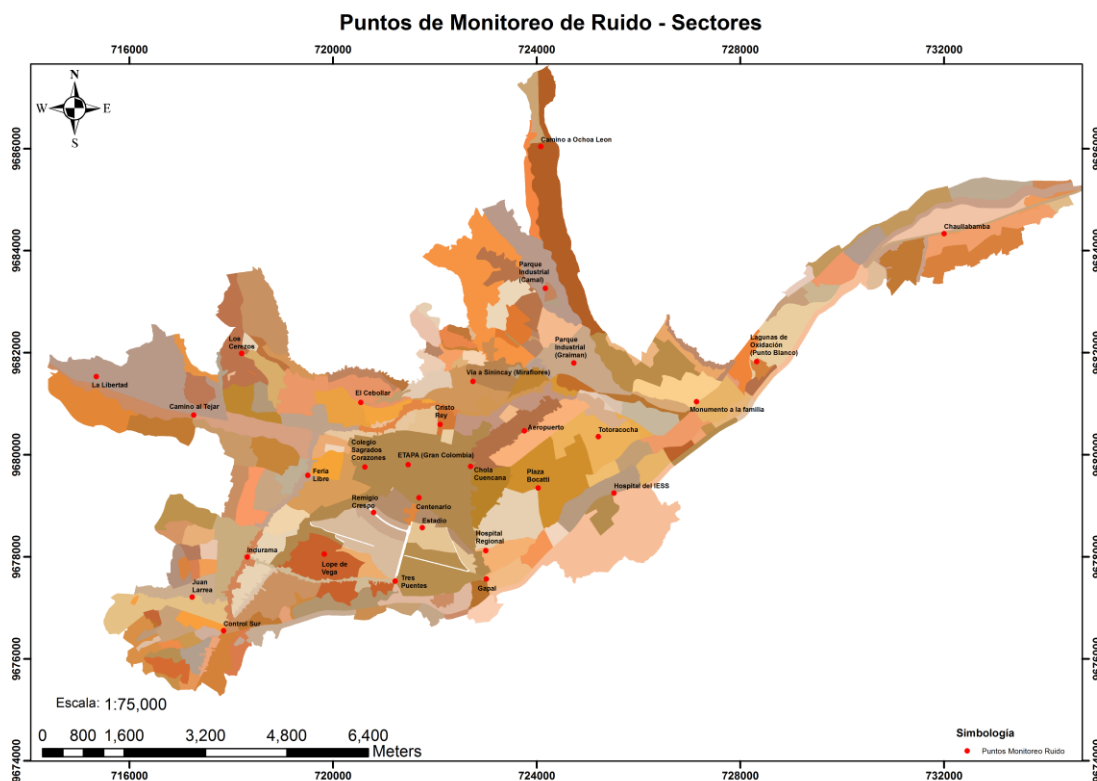
Fuente: Proyecto ICAUC – UDA - 2009
Elaborado por: Equipo Técnico del IERSE -UDA

Cuadro N° 4.2
Sitios de monitoreo actuales

| Código_med | Sector | Calle1 | Calle2 |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| R_01 | Estadio | Del Estadio | José Peralta |
| R_02 | Gapal | Av. 24 de Mayo | Las Herrerías |
| R_03 | Aeropuerto | Av. España | Elia Liut |
| R_04 | Tres Puentes | Primero de Mayo | Fray Vicente Solano |
| R_05 | Remigio Crespo | Remigio Crespo | Ricardo Muñoz |
| R_06 | Hospital Regional | Paseo de los Cañaris | Pumapungo |
| R_07 | Punto 9 | Autopista Cuenca Azogues | Triángulo (Challuabamba) |
| R_08 | Lagunas de Oxidación (Blanco) | Camino a Paccha | Ucubamba |
| R_09 | Punto 7 | Av. González Suarez | Panamericana |
| R_10 | Parque Industrial (Graiman) | Octavio Chacón | Carlos Tosi Siri |
| R_11 | Parque Industrial (Camal) | Camino Ochoa León | |
| R_12 | Punto 6 | Camino a Ochoa León | Vía a Checa |
| R_13 | Punto 2 | Av. Ordoñez Lazo | Rio Culebrillas |
| R_14 | Los Cerezos | De los Cerezos | |
| R_15 | Punto 3 | Av. Ordoñez Lazo | Camino al Tejar |
| R_16 | Punto 5 | Julio Jaramillo | Vía a Sinincay |
| R_17 | Punto 4 | Av. del Chofer | Av. Abelardo J. Andrade |
| R_18 | Punto 8 | Circunvalación Norte | Monay -Paccha |
| R_19 | Plaza Bocatti | Paseo de los Cañaris | González Suarez |
| R_20 | Colegio Sagrados Corazones | Paseo Tres de Noviembre | Simón Bolívar |
| R_21 | Feria Libre | Av. de las Américas | Remigio Crespo |
| R_22 | Lope de Vega | Lope de Vega | Gaspar de Jovellanos |
| R_23 | Indurama | Av. de las Américas | Don Bosco |
| R_24 | Punto 1 | Av. de las Américas | Circunvalación Sur |
| R_25 | Punto 10 | Tarqui | Gran Colombia |
| R_26 | Cristo Rey | Luis Cordero | Juan de Salinas |
| R_27 | Chola Cuencana | Av. Huayna Cápac, Av. España | Gaspar Sangurima |
| R_28 | Juan Larrea | Juan Larrea Guerrero | Mariano Villalobos |
| R_29 | Centenario | Calle Larga | Benigno Malo |
| R_30 | Totoracocha | Totoracocha | Av. el Cóndor |

Elaborado: Equipo IERSE - UDA

Mapa N° 4.2 Sitios de muestreo actuales



Elaborado por: Equipo técnico del IERSE - UDA

Se puede observar que se han incrementado 10 puntos, en virtud que tres de ellos fueron cambiados:

**Cuadro N° 4.3
Puntos cambiados**

| N° | Calle 1 | Calle 2 | Punto_medido |
|----|-----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 21 | Av. de las Américas | Ordoñez Lazo | Gasolinera Eloy Alfaro |
| 22 | Mariscal Antonio José Sucre | Presidente Antonio Borrero | Banco del Austro |
| 23 | Mariano Cueva Vallejo | Gaspar Sangurima | Mercado 9 de octubre |

Elaborado por: Equipo técnico del IERSE - UDA

El punto de muestreo inicial denominado “Gasolinera Eloy Alfaro” que está ubicado en la Av. de las Américas y Ordóñez Lazo, fue omitido en virtud de que al momento de realizar las mediciones estuvo en construcción el intercambiador de tráfico que funciona en este punto de muestreo, por lo que se estimó que las mediciones no iban a representar la realidad, ya que el tráfico está interrumpido en el sector; en su lugar se estableció el Punto N° 3, con el código R_15 ubicado en la Av. Ordóñez Lazo y Camino del Tejar debido a que el tráfico de la zona fue desviado a estas calles.

Con relación a los otros dos puntos, se consideró que en el centro histórico de la ciudad de Cuenca se cuenta con tres puntos para el monitoreo que son los ubicados en:

- Colegio Sagrados Corazones, código R_20
- Chola cuencana, código R_27
- Sector Centenario, código R_29

Se estimó incorporar un punto adicional, para que de esta manera el monitoreo sea representativo, el punto que se incorpora es el ubicado en:

- Punto 10, código R_25, Calles Tarqui y Gran Colombia

En resumen en el siguiente cuadro se describen los 10 puntos adicionales que se han incorporado.

Cuadro N° 4.4
Lista de puntos adicionales

| Código_med | Sector | Calle1 | Calle2 |
|------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| R_07 | Punto 9 | Autopista Cuenca Azogues | Triángulo (Challuabamba) |
| R_09 | Punto 7 | Av. González Suarez | Panamericana |
| R_12 | Punto 6 | Camino a Ochoa León | Vía a Checa |
| R_13 | Punto 2 | Av. Ordoñez Lazo | Rio Culebrillas |
| R_15 | Punto 3 | Av. Ordoñez Lazo | Camino al Tejar |
| R_16 | Punto 5 | Julio Jaramillo | Vía a Sinincay |
| R_17 | Punto 4 | Av. del Chofer | Av. Abelardo J. Andrade |
| R_18 | Punto 8 | Circunvalación Norte | Monay -Paccha |
| R_24 | Punto 1 | Av. de las Américas | Circunvalación Sur |
| R_25 | Punto 10 | Tarqui | Gran Colombia |

Elaborado por: Equipo técnico del IERSE - UDA

Se plantea estos nuevos puntos de monitoreo con el fin de que toda el área urbana de Cuenca esté cubierta, para el escogimiento se consideraron aspectos relacionados con el tráfico vehicular y la expansión urbana.

4.2.- Equipo utilizado.- Para el levantamiento de datos se contó con el equipo proporcionado por la Comisión de Gestión Ambiental de Cuenca – CGA-, el mismo que consta de:

- Sonómetro QUEST TECHNOLOGIES SERIAL N°. BKG030036
- Porta micrófono
- Micrófono
- Pantalla rompe vientos
- Tira sujetadora de sonómetro
- Memory stick de 2 GB marca Sandisk

4.3 Configuración del equipo.- Configuración ruido comunitario

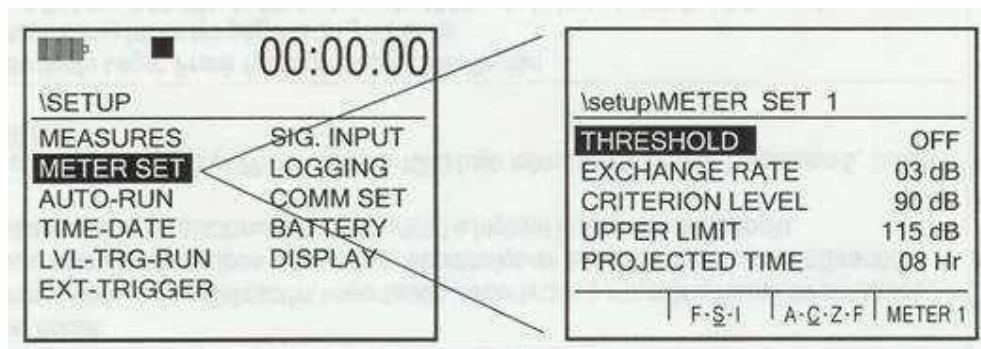
El sonómetro SoundPro DL reúne todos los requisitos para la medición de ruido y el análisis de frecuencia. Este sonómetro integrador de precisión e impulsos reúne todas las normativas (clase 1 EN/IEC 61672, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.43-1997 EN/IEC61260, etc.).

Configuración Meter 1/Meter 2.

Meter 1, Meter 2 o también llamados tipo1, tipo2, clase1, clase2 son especificaciones de precisión en el primer caso de +1 dB y en caso de **Meter 2** + 2dB de precisión.

Opciones F-S-I. Opciones del tiempo de respuesta (F- Fast) rápida, (S_ Slow) lenta, e (I-Impulsive) Impulsivo respectivamente, el equipo se encuentra configurado en **Meter 1 y Meter 2** con tiempo de respuesta **Lenta (S)**.

Método de ponderación A, B, C, Z, que representan curvas de ponderación, donde **Meter 1** se encuentra configurado en A curva de ponderación A y **Meter 2** C curva de ponderación C, estas configuraciones se encuentran explicadas en acápite de configuración **C-A** utilizado para este estudio.



| Medida | Descripción |
|--------|--|
| L1-L4 | L1 – L4 son tipos de excedencia de niveles. Esto puede ser definido como los niveles excedentes de las medidas de ruido por un periodo de tiempo determinado. Los excedentes pueden ser calculados en múltiples fracciones de tiempo o porcentajes. También puede apagarse o ingresar un porcentaje entre 1 – 99%. |
| LDN | Que representa el nivel de ruido Día/Noche, esta medida es el promedio de ruido medido en 24 horas donde 10dB son aumentados a todas las medidas que ocurren entre las 10 pm a 7 am. Esta opción de puede usar en dos formas prendido o apagado. |
| CNEL | Nivel de Exposición al ruido comunitario (CNEL). El acumulado de la exposición al ruido en intervalos de muestreos de 24h y |

| | |
|------------------------|--|
| | artificialmente aumentadas durante ciertas horas. |
| L_{c-a} | Esta opción comúnmente conocida como (Medida C-A), es utilizada solo bajo ciertas condiciones. Principalmente debido a la forma de configuración del equipo (Se explica a continuación). |
| TAKTMX | Tiempo promedio sobre el muestreo que utiliza el nivel más alto registrado del muestreo previo (3 o 5 segundos), y asume que se encuentra en todo el intervalo del taktmx. |

Configuración C –A.

Las mediciones C-A están determinadas por mediciones concurrentes del SPL (Sound Pressure Level) nivel de presión acústica de los dos sensores **Meter 1** y **Meter 2**. Esto solo se puede hacer configurando los dos sensores de forma compatible. Si estas configuraciones no son las correctas, el campo de Lc-a marcará como N/A (no disponible).

| | | | |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| \setup\METER SET 1 | | \setup\METER SET 2 | |
| THRESHOLD | OFF | THRESHOLD | 60 dB |
| EXCHANGE RATE | 03 dB | EXCHANGE RATE | 03 dB |
| CRITERION LEVEL | 90 dB | CRITERION LEVEL | 90 dB |
| UPPER LIMIT | 115 dB | UPPER LIMIT | 115 dB |
| PROJECTED TIME | 08 Hr | PROJECTED TIME | 08 Hr |
| F-S-I A-C-Z-F METER 1 | | F-S-I A-C-Z-F METER 2 | |

A continuación se describen estas configuraciones:

Thresholds: Umbrales deben estar apagados (OFF) para ambos sensores (**Meter 1** y **Meter 2**).

Exchange Rates: Rangos de intercambio ambos sensores con el mismo valor en decibelios.

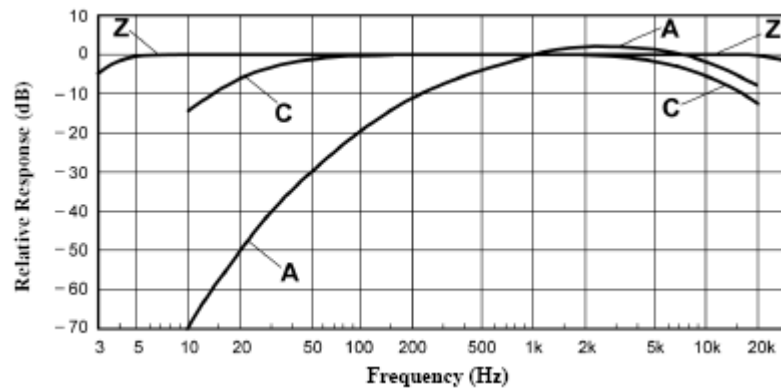
Time response: Tiempo de respuesta, ambos sensores con el mismo valor.

Frequency weightings: Pesos de Frecuencias: El sensor Meter 1 debe estar configurado en peso de tipo A, Meter 2 con peso C.

Los pesos de frecuencias (A, B, C, Z) y los lineares son los tipos de pesos estándares disponibles, estos son filtros de frecuencias que cubren el rango de frecuencias que capta el oído humano (20Hz – 20KHz).

- **Peso A.-** Este filtro o peso de frecuencia es el más comúnmente utilizado para registrar el ruido industrial (OSHA) y el monitoreo de ruido comunitario, registrado como dBA. Los filtros de peso A procuran hacer que el dosímetro responda de forma similar a la respuesta del oído humano al ruido. Aquí se atenúa las frecuencias por debajo de varios cientos de hertz a la vez los ruidos que están sobre los seis mil hertz.

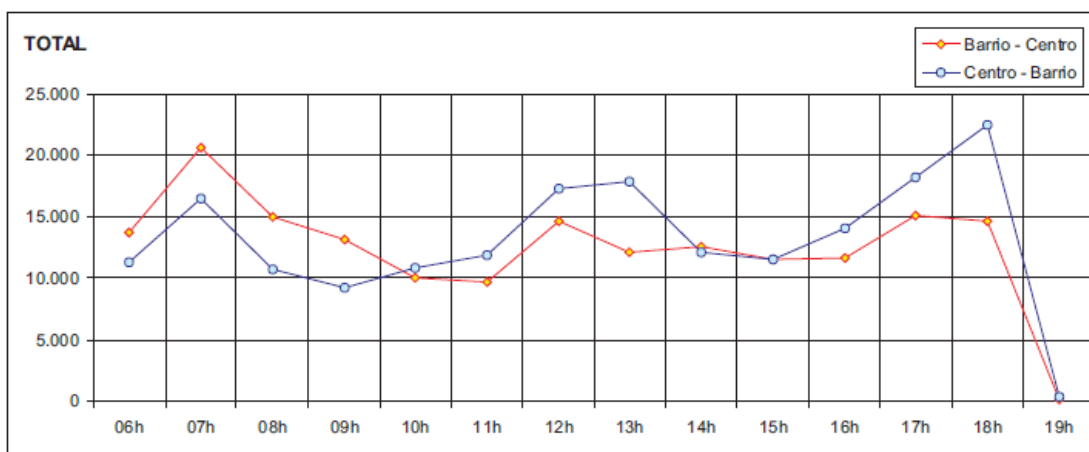
- **Peso C.-** Este filtro provee una respuesta casi plana a la frecuencia con atenuaciones en las frecuencias muy altas o muy bajas, con la intención de representar como percibe el oído humano el ruido con altos decibelios, registrado en el equipo como dBC.



4.4.- Horario de muestreo.- Sobre la base del estudio realizado para el Sistema integrado de transporte y que fuera realizado por la Unidad Municipal de tránsito y transporte (UMT), en el cual se establecen las frecuencias de entrada y salida de la población hacia y fuera de la zona céntrica, se determinaron los puntos picos críticos en donde se presenta el mayor flujo tanto de personas como de vehículos, como se puede observar en el siguiente gráfico:

Gráfico N° 4.1

Frecuencia de entrada y de salida de la población desde y hacia la zona urbana de Cuenca



Fuente: Estudio del Sistema Integrado de Transporte – UMT

El horario establecido para los muestreos por día son los siguientes:

| N° de muestreos por punto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Horario | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |

Elaborado por: Equipo técnico del IERSE - UDA

Las mediciones se realizaron durante treinta días, considerando un día por cada punto a levantar, incluidos fines de semana y feriados. El período de toma de datos fue de 15 minutos en cada estación durante el horario indicado.

4.5.- Datos obtenidos.- Para cada punto de medición se registró el nivel de presión sonora promedio, el máximo y el mínimo (L_{avg} , $L_{máx}$, $L_{mín}$). *Ver Anexo N° 1.- Matriz de levantamiento de datos.*

5 PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1 Modelamiento teórico del ruido en la ciudad de Cuenca

El objetivo de este apartado es poder determinar sobre la base de la interpolación de los datos obtenidos en los monitoreos de ruido, el comportamiento e influencia que tienen las emisiones de ruido en el territorio urbano de Cuenca. Para el efecto se utilizaron algunos métodos estadísticos como son:

- “Método del Inverso de la Distancia Ponderada (IDW)”, luego de lo cual se han elaborado los mapas en los seis horarios en los cuales se levantó la información.
- Kriging ordinario

5.1.1 Método del Inverso de la Distancia Ponderada (IDW).- El método IDW se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más parecidos para posiciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia.

Desde el punto de vista metodológico, cada valor que tiene una correspondencia con un punto determinado, influye sobre los demás de forma local y disminuye proporcionalmente su efecto con la distancia. Al ser un método exacto y ajustarse en su localización a los datos, generalmente dibuja en el mapa círculos concéntricos, denominados “bulleyes” (ojos de toro), que gradúan los cambios bruscos en los valores. (GARCÍA GONZÁLEZ & CEBRIÁN ABELLÁN).

- **Cálculo del valor de ruido de un punto utilizando como método de interpolación el inverso de la distancia ponderada (IDW) con datos del muestreo de Ruido.**

A continuación se muestra el proceso de cálculo de este método de interpolación, se trata de calcular cuál sería el promedio de ruido en decibeles de un lugar, cuyas coordenadas (X; Y) son (720296.13; 9679264.67) utilizando como vecinos los datos correspondientes a los puntos de muestreo de ruido de: Feria Libre, Remigio Crespo y Lope de Vega del Horario 7:00.

Cuadro N° 5.1
Coordenadas y valores de los puntos de ruido (ejem)

| Puntos | Nombre | Coordenada X | Coordenada Y | Valor |
|--------|------------------|--------------|--------------|-------|
| 1 | Feria Libre | 719753.56 | 9679958.11 | 74.5 |
| 2 | Remigio Crespo | 721046.52 | 9679230.59 | 71.9 |
| 3 | Lope de Vega | 720075.94 | 9678417.62 | 63.9 |
| 4 | Lugar a Predecir | 720296.13 | 9679264.67 | ? |

Paso 1: Calcular las distancias entre el punto cuyo valor se va a predecir y los puntos muestrales (Cuadro N° 5.1).

$d(\text{lugar1}, \text{lugar2})$ significa distancia del lugar 1 al lugar 2.

$$d(\text{Feria Libre}, \text{Punto Predicción}) = d_{10}$$

$$= \sqrt{(719753.56 - 720296.13)^2 + (9679958.11 - 9679264.67)^2} = 880.478$$

$$d(\text{Remigio Crespo}, \text{Punto Predicción}) = d_{20}$$

$$= \sqrt{(721046.52 - 720296.13)^2 + (9679230.59 - 9679264.67)^2} = 751.163$$

$$d(\text{Lope de Vega}, \text{Punto Predicción}) = d_{30}$$

$$= \sqrt{(719753.56 - 720296.13)^2 + (9679958.11 - 9679264.67)^2} = 875.201$$

Cuadro N° 5.2
Distancias entre lugares y el punto a predecir

| Puntos | Distancias | di |
|--------|------------|-----|
| (1,0) | 880.478 | d10 |
| (2,0) | 751.163 | d20 |
| (3,0) | 875.201 | d30 |

Paso 2: Calcular los pesos λ_i .

$$\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}}$$

N= Número de sitios de muestreo.

p= Grado de ponderación.

En nuestro ejemplo $N=3$ y $p=2$, debido a que el programa utiliza estos valores por defecto, pero pueden variar.

La suma de todos los pesos debe ser 1, esto es, $\sum_{i=1}^3 \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2} &= \sum_{i=1}^3 \left(\frac{1}{d_{i0}^2} \right) = \frac{1}{d_{10}^2} + \frac{1}{d_{20}^2} + \frac{1}{d_{30}^2} \\ &= 0.00000128992 + 0.00000177227 + 0.00000130552 \\ &= 0.00000436771 \end{aligned}$$

$$\lambda_1 = \frac{d_{10}^{-2}}{\sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2}} = \left(\frac{0.00000128992}{0.00000436771} \right) = 0.295330701$$

$$\lambda_2 = \frac{d_{20}^{-2}}{\sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2}} = \left(\frac{0.00000177227}{0.00000436771} \right) = 0.405766803$$

$$\lambda_3 = \frac{d_{30}^{-2}}{\sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2}} = \left(\frac{0.00000130552}{0.00000436771} \right) = 0.298902496$$

Comprobamos que la suma de los pesos es 1:

$$0.295330701 + 0.405766803 + 0.298902496 = 1.$$

Paso 3: Calcular la predicción.

$z(s_1), z(s_2), z(s_3)$ Son los valores del promedio de ruido en decibeles en el lugar1, lugar2 y lugar3 respectivamente.

$$\begin{aligned} z(s_0) &= \lambda_1 * z(s_1) + \lambda_2 * z(s_2) + \lambda_3 * z(s_3) = 0.295330701 * 74.5 + 0.405766803 * \\ &71.9 + 0.298902496 * 63.9 = 22.00213 + 29.17463 + 19.09986 = 70.27663 \end{aligned}$$

(Jiménez, 2006)

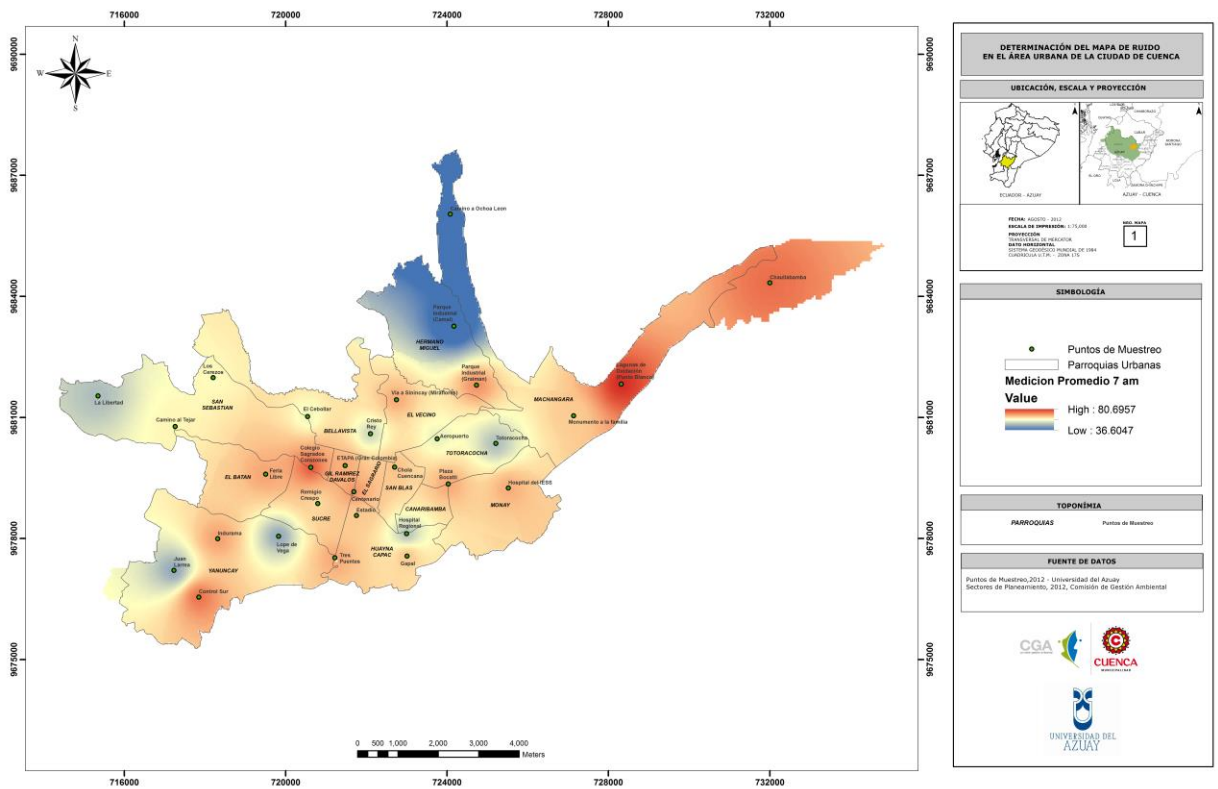
* El valor de la predicción varía con respecto al dato real, debido a que en este se toma como referencia otros puntos de muestreo.

5.1.1.1 Mapas generados

Con la utilización de la metodología descrita en el numeral anterior (5.1.1), se han elaborado los mapas de ruido para los distintos horarios de levantamiento de datos, así se tiene:

Mapa N° 5.1

Medición de Ruido en Horario 7:00

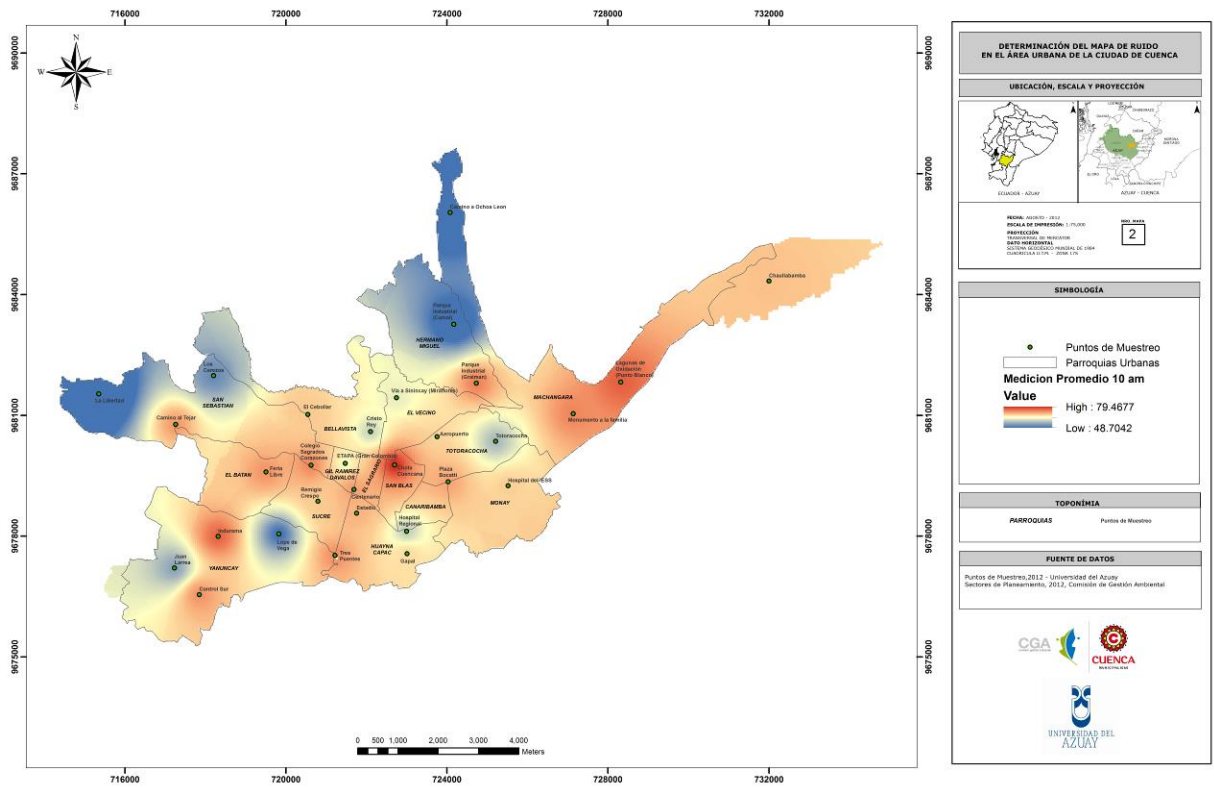


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

Como se puede observar los valores máximos de emisiones de ruido a las 7h00 se localizan en los sectores de Challuabamba, Colegio Sagrados Corazones y el sector del control Sur, en tanto que las emisiones de tipo moderada están de manera general en el Centro Histórico de la ciudad.

Mapa N° 5.2

Medición de Ruido en Horario 10:00

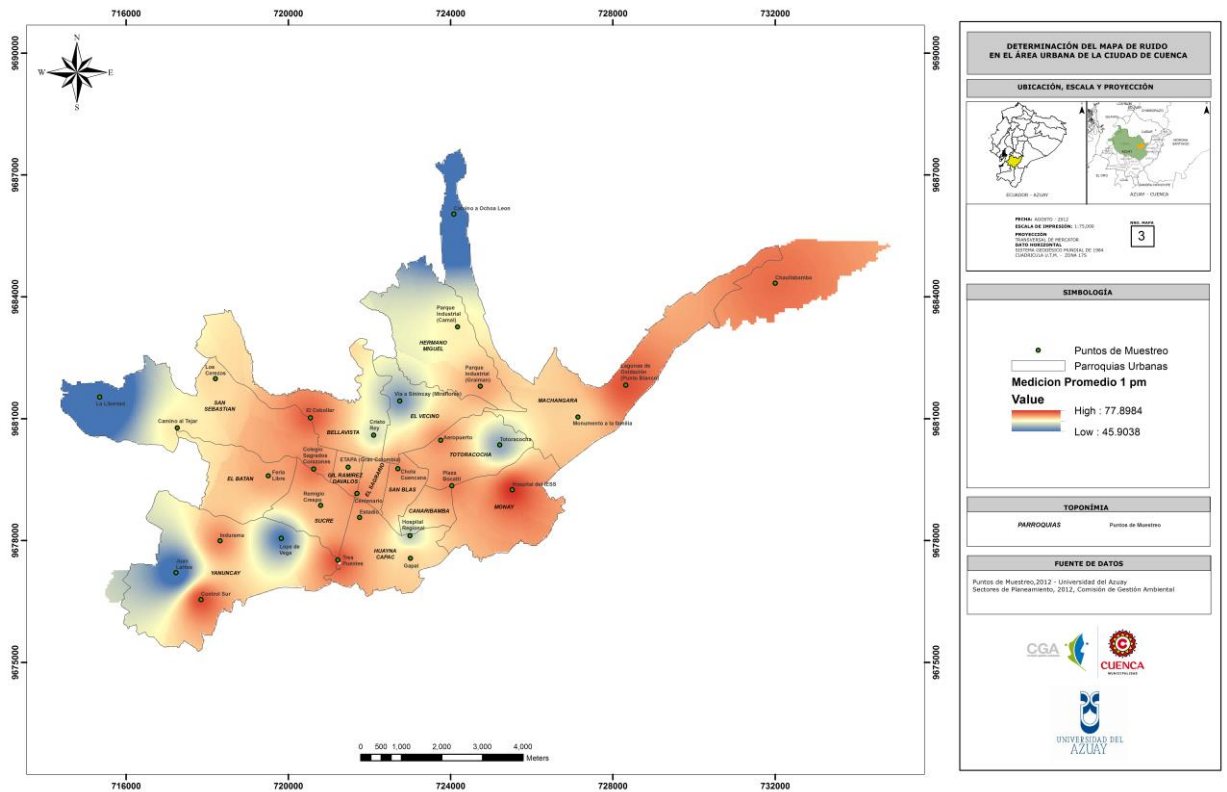


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

El comportamiento de las emisiones varía con el horario, es así que a las 10h00, los sitios de mayor emisión de ruido son en los sectores de las lagunas de oxidación, en la Chola Cuencana y el sector de Indurama, se observa también en el centro de la ciudad de manera general se empieza a incrementar.

Mapa N° 5.3

Medición de Ruido en Horario 13:00

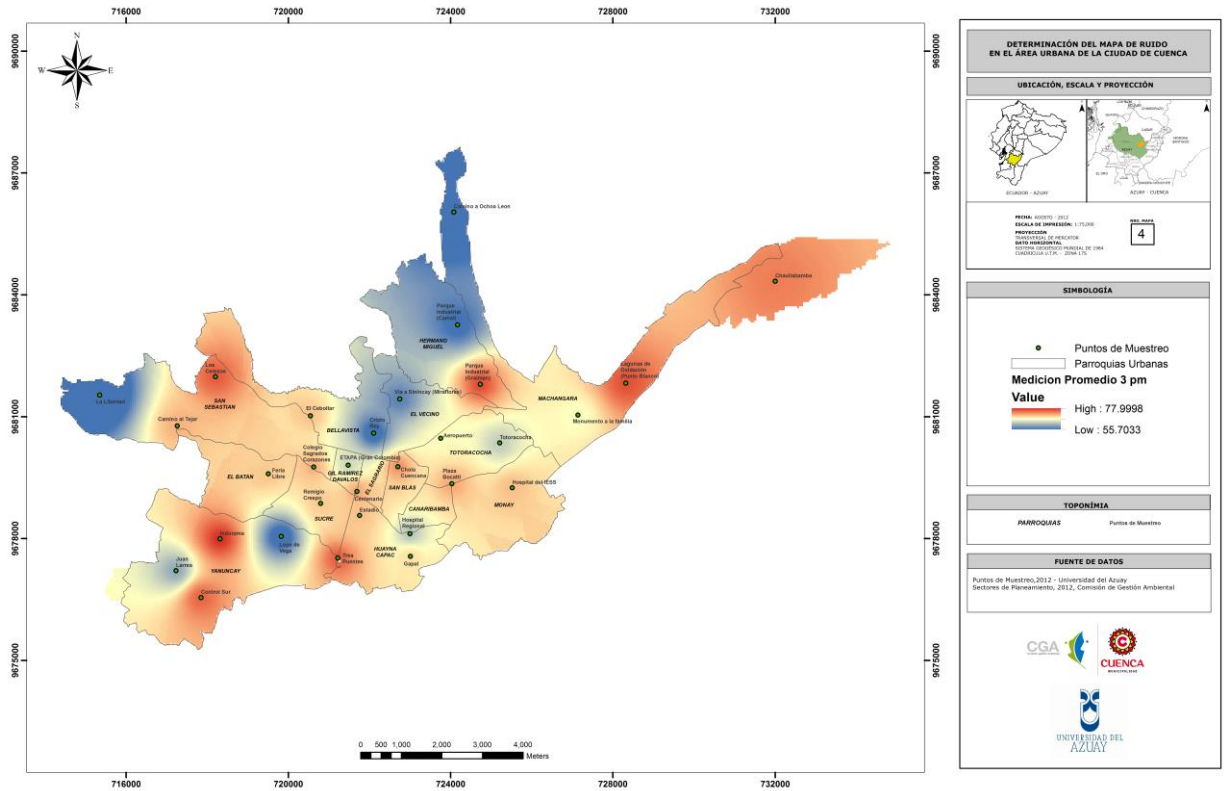


Elaborado por el equipo técnico del IERSE –UDA

El ruido a esta hora (13h00) se ha incrementado en toda la ciudad, pero de manera preponderante en la zona de la autopista Cuenca – Azogues en los sectores de las lagunas de oxidación y Challuabamba, otro sitio que mantiene un nivel de ruido alto es el control sur. Los sitios que presentan un incremento a esta hora del día son: los Tres Puentes, el sector del Hospital del IESS y el sector de El Cebollar.

Mapa N° 5.4

Medición de Ruido en Horario 15:00

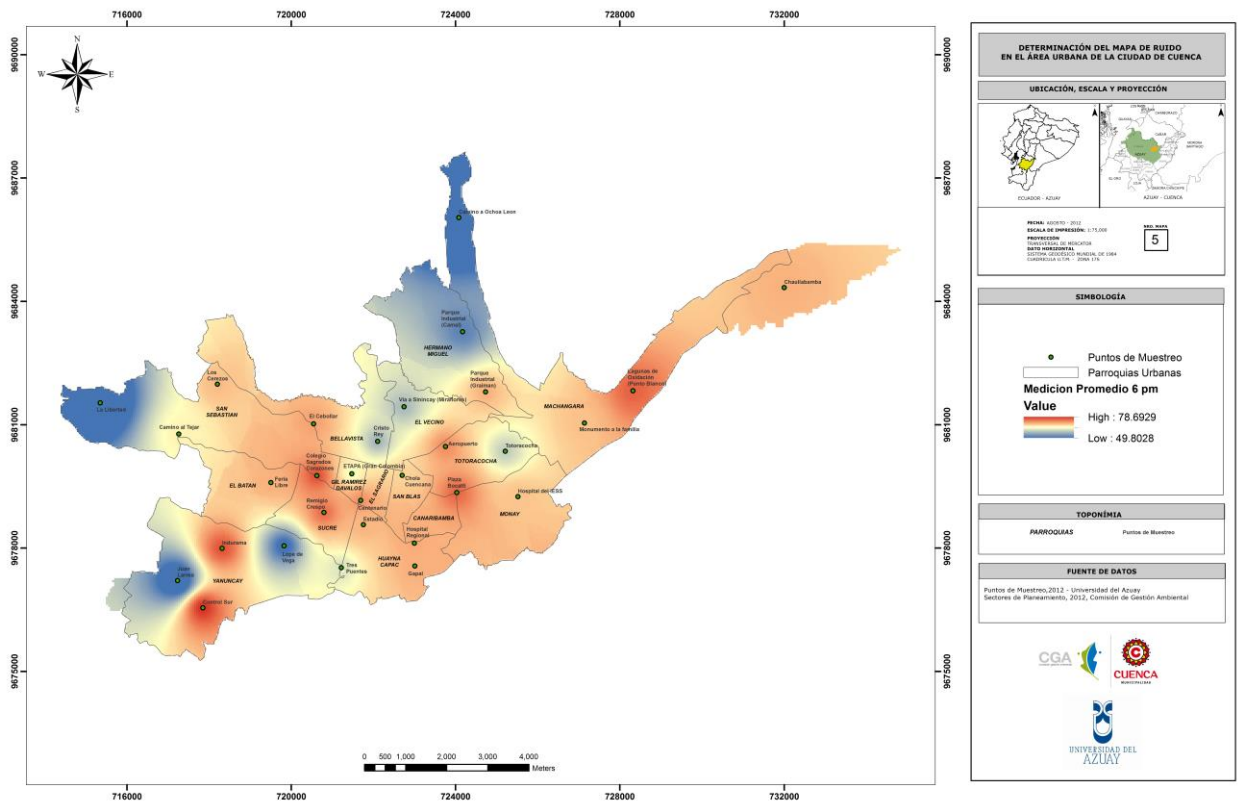


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

En el horario de las 15h00 los niveles de ruido alto se presentan en la autopista Cuenca - Azogues, sector de Indurama, el parque industrial y en el sector de los Cerezos. En general en el Centro Histórico se mantienen emisiones de medias a altas.

Mapa N° 5.5

Medición de Ruido en Horario 18:00

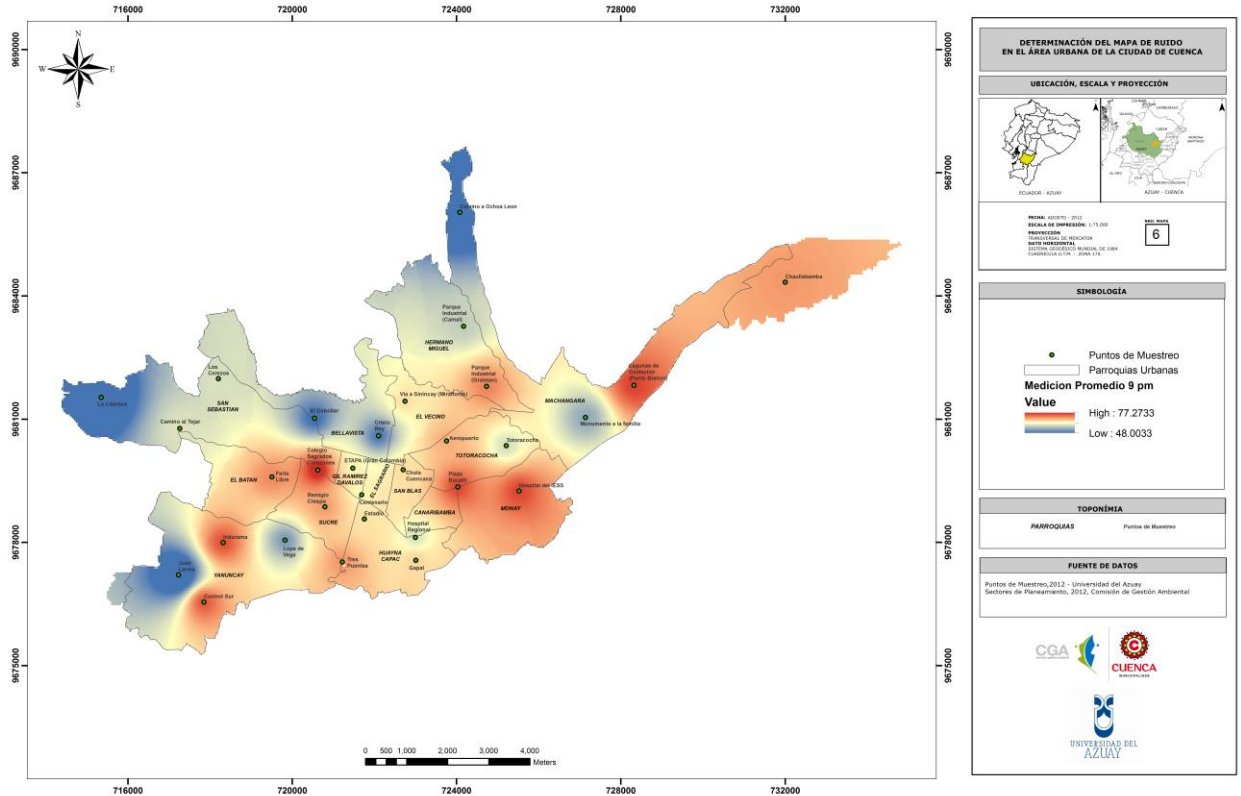


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

Las altas emisiones de ruido se mantienen a las 18h00 en sitios en donde existe un alto tráfico vehicular como es en los sectores del Control Sur, la autopista Cuenca – Azogues por las lagunas de oxidación, así mismo se mantiene en el sector de Indurama y colegio Sagrados Corazones, adicionalmente se incrementa la presión sonora en el sector de la Plaza Boccati ubicada en la Paseo de los Cañaris.

Mapa N° 5.6

Medición de Ruido en Horario 21:00



Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

En el presente horario nocturno las emisiones altas se presentan en los sectores de la autopista Cuenca - Azogues, desde el Control Sur, el Hospital del IESS, las lagunas de oxidación y Challuabamba, en tanto que en el centro de la ciudad se incrementa por el Colegio Sagrados Corazones y la Plaza Boccatti ubicada en la Paseo de los Cañaris.

Del modelamiento realizado se ha podido localizar los sitios en donde se presenta una mayor presión sonora a lo largo del día, observándose manifestaciones permanentes en sitios como son: autopista Cuenca – Azogues, Control Sur, sector de Indurama. En los restantes sitios la manifestación sonora varía de media a alta, observándose las emisiones de ruido son permanentes en la ciudad a lo largo de todo el día.

5.1.2 Kriging Ordinario.- Es un método basado en auto correlación espacial de las variables. El Kriging es un estimador lineal insesgado que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos, asume que la media aunque desconocida, es constante y que las variables son estacionarias y no tienen tendencias, permite la transformación de los datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de error.

Predecir el ruido de un lugar con el método del kriging ordinario

El objetivo de este ejercicio es mostrar el proceso de cálculo con esta técnica, para lo cual vamos a predecir el ruido de un lugar cuyas coordenadas geográficas son (720778.83 9679274.509) utilizando como vecinos los observatorios de Feria Libre, Colegio Sagrados Corazones y Centenario, cuyas coordenadas y valores de ruido están en el cuadro N° 5.3.

El modelo del kriging ordinario es: $Z(s)=\mu+\varepsilon(s)$. El modelo está basado en una media constante de los datos (μ), (variable estacionaria) que no tienen tendencia y en unos errores $\varepsilon(s)$ con dependencia espacial. La predicción de un lugar es: $\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(s_i)$, donde $\hat{Z}(s_0)$ es el valor pronosticado de un lugar, λ_i es un peso desconocido que tenemos que calcular para cada valor observado y $z(s_i)$ es el valor observado en un lugar. El valor estimado se diferenciará lo menos posible del valor observado, esa diferencia se llama error de estimación.

Cuadro N° 5.3
Coordenadas y valores de los puntos de ruido

| Puntos | Observatorio | Coordenada_X | Coordenada_Y | Valor (Lavg_7am) |
|--------|----------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | Feria Libre | 719503.86 | 9679593.46 | 74.5 |
| 2 | Colegio Sagrados Corazones | 720624.64 | 9679759.43 | 78.2 |
| 3 | Centenario | 721689.42 | 9679158.35 | 75.2 |
| 0 | Lugar a predecir | 720778.83 | 9679274.509 | ? |

Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

Paso 1: Cálculo de distancias

Calcular las distancias entre puntos usando la fórmula de la distancia euclidiana: $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ y la semivarianza empírica aplicando la fórmula $\hat{\gamma} = 0.5 * \text{promedio} [(\text{valor del lugar } i - \text{valor del lugar } j)^2]$. Las soluciones obtenidas están recogidas en el cuadro 5.4.

Cuadro 5.4
Valores del semivariograma empírico

| Puntos | Distancias (h) | Diferencia entre valores al cuadrado | Semivarianza empírica |
|--------|----------------|--------------------------------------|-----------------------|
| (1,2) | 1133.00214 | 13.69 | 6.845 |
| (1,3) | 2228.45086 | 0.49 | 0.245 |
| (2,3) | 1222.72385 | 9 | 4.5 |

Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

Paso 2:

Ajustar el modelo esférico al semivariograma empírico y así obtenemos el valor de la meseta (still) y del alcance (range) con los cuales podemos calcular los valores del semivariograma teórico. Este proceso lo hemos realizado mediante el Analista Geoestadístico obteniendo los siguientes valores: $\theta_s = 70.5$, $\theta_r = 6000$. Con ellos y aplicando la fórmula del modelo esférico donde se van calculando distintos valores de gamma para las diferentes distancias del semivariograma empírico, obtenemos los valores de semivariograma teórico. Así $\gamma(h)$ (Feria Libre, Colegio Sagrados Corazones) = 19.74020 (γ_{12}); $\gamma(h)$ (Feria Libre, Centenario) = 37.48640 (γ_{13}) y $\gamma(h)$ (Colegio Sagrados Corazones, Centenario) = 21.26122 (γ_{23}). Así, construimos la matriz de los γ . γ_{ij} será la semivarianza teórica entre el punto i y el punto j.

Se ve claramente que γ_{12} es igual que γ_{21} , γ_{13} es igual que γ_{31} y que γ_{23} es igual que γ_{32} . También es claro que γ_{11} , γ_{22} y γ_{33} son cero ya que la distancia de un punto a sí mismo es cero.

Cuadro 5.5
Matriz Γ (Matriz Gamma)

| | 1 | 2 | 3 | |
|---|-------------|-------------|-------------|---|
| 1 | 0 | 19.74020468 | 37.48640452 | 1 |
| 2 | 19.74020468 | 0 | 21.26122575 | 1 |
| 3 | 37.48640452 | 21.26122575 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 | 0 |

En esta matriz añadimos la última fila y la última columna para que la predicción sea insesgada; esto es equivalente a que el sumatorio de los pesos sea igual 1: $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$. Condición que luego se verificará.

Paso 3: Obtención de la inversa de la matriz Γ

Para hallar los pesos λ_i hay que calcular la matriz inversa de la matriz Γ :

$$\Gamma * \lambda = g \quad \lambda = \Gamma^{-1} * g$$

La matriz inversa de una matriz A, es otra matriz A^{-1} de manera que $A * A^{-1} = I$ donde I es la matriz identidad (la diagonal principal son todos unos y el resto de elementos son ceros). Sólo tienen inversa las matrices que tienen determinante distinto de cero. Dada una matriz $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ el número $a*d - b*c$, a ella asociado recibe el nombre de determinante de A y se denota |A|.

Para hallar la inversa de la matriz Γ (y de cualquier matriz) se siguen los siguientes pasos:

- Se calcula el determinante de la matriz (si éste fuera cero no hay inversa), el valor en este caso del determinante es -1666.44838.
- Se calcula la matriz adjunta de la matriz Γ

Cuadro 5.6
Matriz Adjunta de la Matriz Γ (Matriz Gamma)

| | | | |
|------------|-----------|------------|--------------|
| -42.52245 | -39.00743 | 3.51503 | -764.66814 |
| -39.00743 | -74.97281 | -35.96538 | 131.76568 |
| 3.51503 | -35.96538 | -39.48041 | -770.01457 |
| -764.66814 | 131.76568 | -770.01457 | -31466.15903 |

c) Se transpone la matriz adjunta.

Cuadro 5.7
Matriz transpuesta de la Matriz Adjunta

| | | | |
|------------|-----------|------------|--------------|
| -42.52245 | -39.00743 | 3.51503 | -764.66814 |
| -39.00743 | -74.97281 | -35.96538 | 131.76568 |
| 3.51503 | -35.96538 | -39.48041 | -770.01457 |
| -764.66814 | 131.76568 | -770.01457 | -31466.15903 |

d) Inversa de la matriz Γ

Cuadro 5.8
Inversa de la matriz Γ (Γ^{-1})

| | | | |
|----------|----------|----------|-----------|
| -0.02552 | 0.02341 | 0.00211 | 0.45886 |
| 0.02341 | -0.04499 | 0.02158 | 0.07907 |
| 0.00211 | 0.02158 | -0.02369 | 0.46207 |
| 0.45886 | 0.07907 | 0.46207 | -18.88217 |

Paso 4: Cálculo del vector g

Calcular el vector g. Hallamos la distancia entre los vecinos (Feria Libre, Colegio Sagrados Corazones y Centenario) y el punto que se va a interpolar (lo llamamos punto 0), cuyas coordenadas aparecen en el cuadro 5.3. Utilizaremos para ello la fórmula de la distancia euclidiana. Calculadas las distancias determinamos los valores de la semivarianza teórica (valores de γ) (cuadro 5.9), correspondientes a estas distancias aplicando el ajuste del modelo esférico cuyos parámetros (meseta y alcance) hemos obtenido mediante el Analista Geoestadístico.

Cuadro 5.9
Vector g

| Puntos | Distancias (h) | Semivarianza (γ) |
|--------|----------------|---------------------------|
| (1,0) | 1314.25958 | 22.80306 |
| (2,0) | 508.84470 | 8.95069 |
| (3,0) | 917.96899 | 16.05980 |

Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

El vector g adopta lo siguiente forma: $g = \begin{pmatrix} 22.80306 \\ 8.95069 \\ 16.05980 \\ 1 \end{pmatrix}$

El 1 se añade de nuevo para verificar la condición de que $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$; al multiplicar la matriz gamma por el vector de los pesos, el vector resultante tiene como último elemento $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ que coincide con el último elemento del vector g que es 1, verificándose así la condición requerida.

Paso 5: Obtención de los pesos

Hallar los pesos: $\lambda = \Gamma^{-1} * g$

$$\Gamma^{-1} \begin{pmatrix} -0.02552 & 0.02341 & 0.00211 & 0.45886 \\ 0.02341 & -0.04499 & 0.02158 & 0.07907 \\ 0.00211 & 0.02158 & -0.02369 & 0.46207 \\ 0.45886 & 0.07907 & 0.46207 & -18.88217 \end{pmatrix} * g \begin{pmatrix} 22.80306 \\ 8.95069 \\ 16.05980 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.12039 \\ 0.55675 \\ 0.32286 \\ -0.29027 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ m \end{pmatrix} = \lambda$$

Comprobamos que la suma de los pesos λ_i es igual a 1:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0.12039 + 0.55675 + 0.32286 = 1$$

Paso 6: Realizar la predicción

Para ello aplicamos la fórmula $\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(s_i)$. Siendo $\hat{Z}(s_0)$ el valor de la predicción del punto cuyas coordenadas son $X=720778.83$ e $Y=9679274.509$; $z(s_i)$ es el valor de la precipitación media anual en el punto i .

Cuadro 5.10
Obtención de la predicción

| Pesos (λ) | Valores | Producto |
|---------------------|---------|---------------------|
| 0.12039 | 74.50 | 8.96890 |
| 0.55675 | 78.20 | 43.53772 |
| 0.32286 | 75.20 | 24.27935 |
| -0.29027 | | 76.78597 Predicción |

$z(s_1)$ Feria Libre = 74.5; $z(s_2)$ Colegio Sagrados Corazones = 78.20; $z(s_3)$ Centenario = 75.20

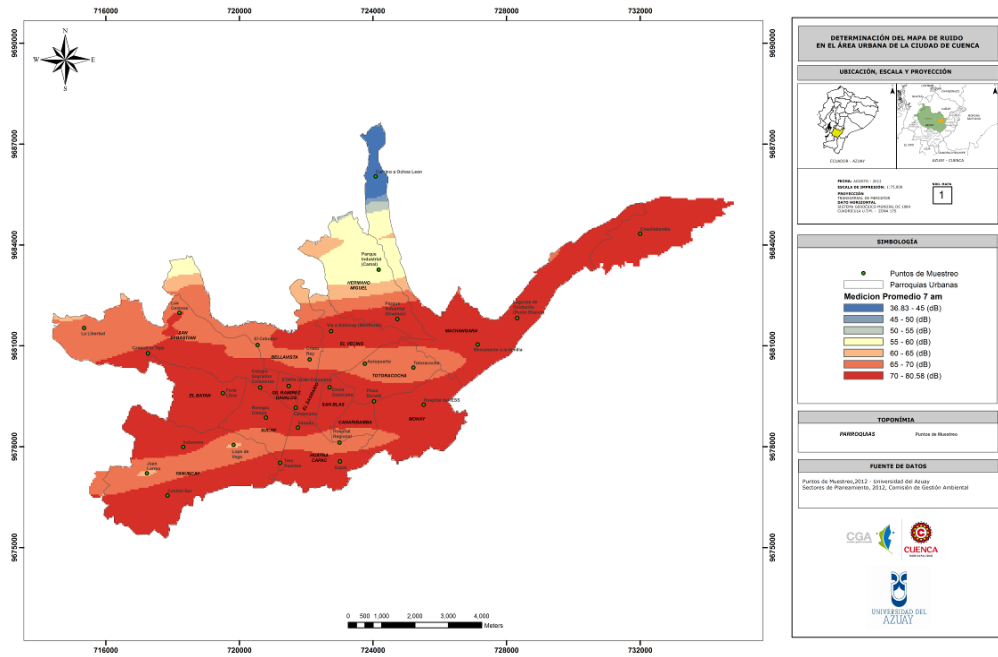
$$\hat{Z}(s_0) = 74.50 * 0.12039 + 78.20 * 0.55675 + 75.20 * 0.32286 = 76.78597$$

5.1.2.1 Mapas generados

Con la utilización del Kriging, cuya metodología está descrita en el acápite anterior (5.1.2), se han elaborado los mapas de ruido para los distintos horarios de levantamiento de datos, así se tiene:

Mapa N° 5.7

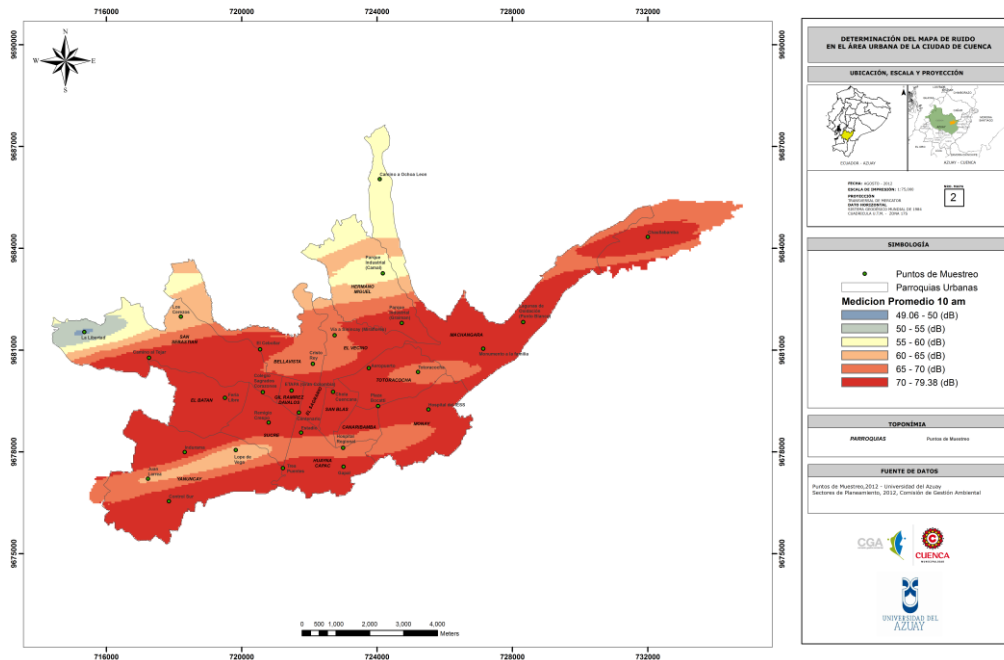
Medición de Ruido en Horario 7:00



En el horario de las 7h00, en la ciudad de Cuenca se presentan emisiones sonoras que van desde un mínimo de 36,83 dB a un máximo de 80,58 dB.

Mapa N° 5.8

Medición de Ruido en Horario 10:00

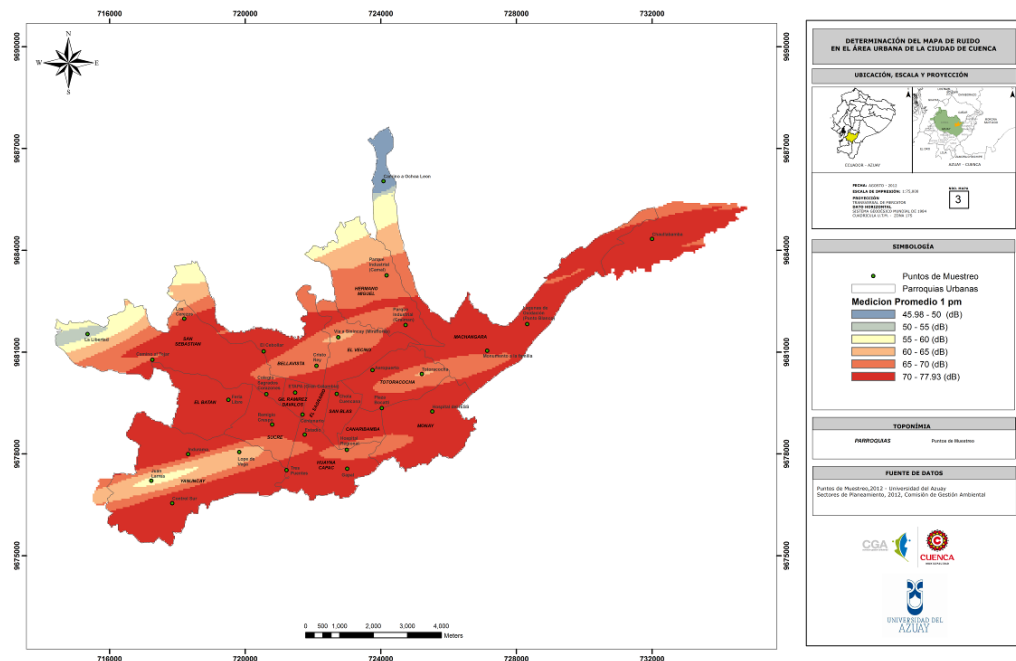


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

En el horario de las 10h00 el mínimo valor de emisión está por el orden de los 49,06 dB y un máximo de 79,38 dB.

Mapa N° 5.9

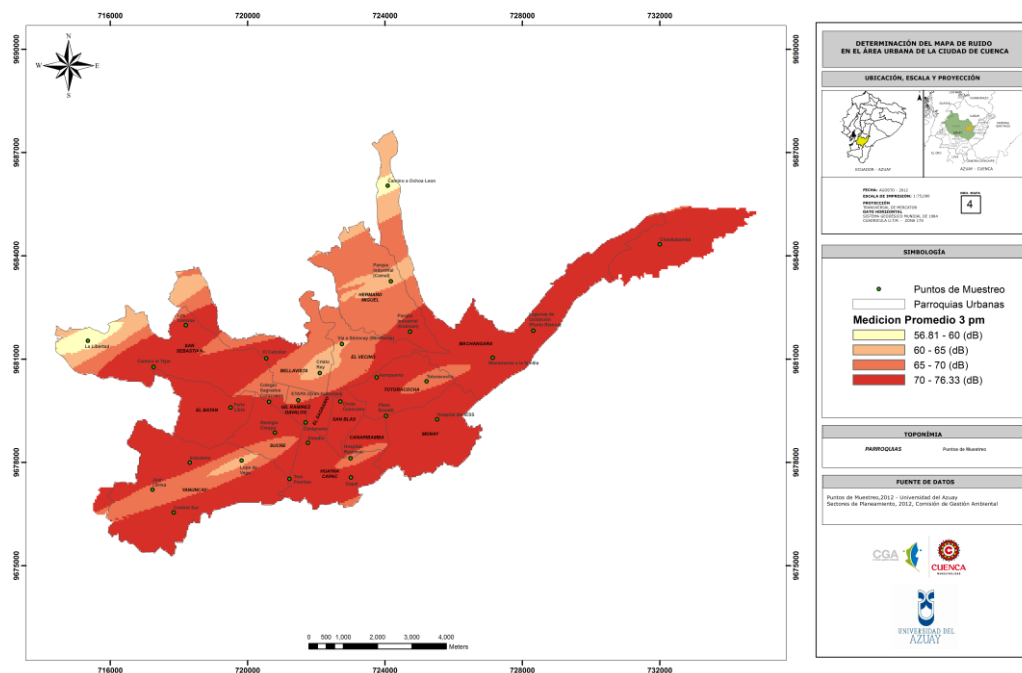
Medición de Ruido en Horario 13:00



En el presente mapa se representa los valores mínimos en color azul con (45,98 dB) en tanto que se presenta un máximo en color rojo que llega a (77,93 db).

Mapa N° 5.10

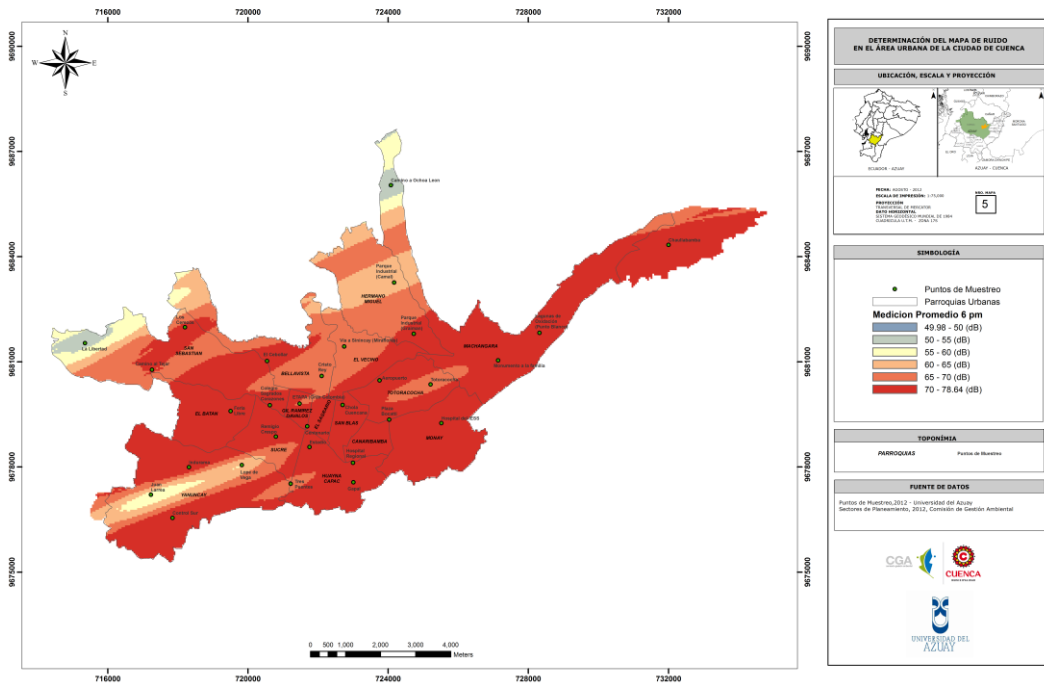
Medición de Ruido en Horario 15:00



Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA
 Para el horario de las 15h00 se parte de una emisión mínima de 56,81 dB hasta un máximo de 76,33 dB

Mapa N° 5.11

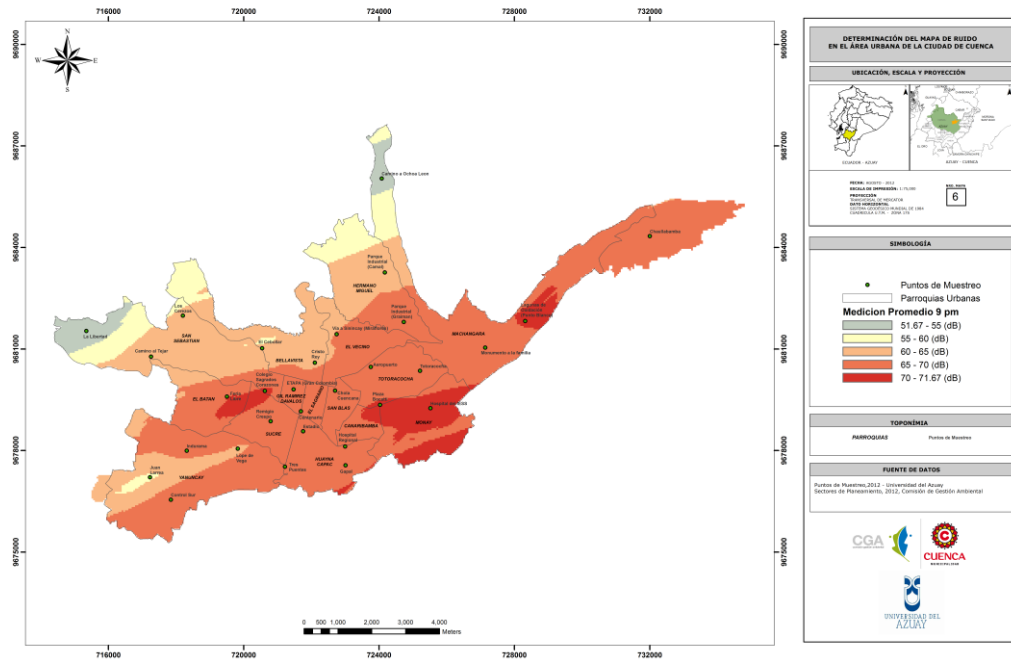
Medición de Ruido en Horario 18:00



Para las 18h00 la emisión sonora varía desde un mínimo de 49,98 dB, hasta un máximo de 78,64 dB.

Mapa 5.12

Medición de Ruido en Horario 21:00



Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

En el horario de las 21h00, la emisión sonora mínima es de 51,67 dB hasta un máximo de 71,67 dB.

En los mapas generados se puede observar los niveles de contaminación sonora que se presenta en la Ciudad. En los horarios comprendidos entre las 7h00 y las 18h00, existen emisiones altas de ruido en todo el centro urbano de la ciudad en tanto que a las 21h00, estas bajan, sin embargo zonas como la de las lagunas de oxidación de ETAPA, el sector del redondel de la Av. Paseo de los Cañaris y Max Uhle, el sector de Indurama mantiene emisiones por sobre la norma del TULAS, durante todo el día.

6 DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

6.1 Zonificación según usos del suelo del TULAS

Como se ha descrito en informes anteriores, luego de que fueron determinados los puntos de muestreo -en número de 30- y distribuidos a lo largo de la ciudad de Cuenca, se ha procedido a realizar el análisis de la información levantada y sobre esta base, evaluar el comportamiento del ruido, en comparación con la normativa ambiental existente.

En el Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) se consideran seis tipos de zona según uso del suelo, para el establecimiento de límites permisibles de contaminación sonora. Las zonas contempladas son: zona hospitalaria y educativa, zona residencial, zona residencial mixta, zona comercial, zona comercial mixta y zona industrial.

6.2 Asignación de uso de suelo a los puntos de monitoreo

La ciudad de Cuenca ha sufrido cambios vertiginosos en los últimos años sin que esta particularidad se evidencie en reformas oportunas en las ordenanzas de uso y ocupación del suelo urbano.

Por otra parte, los usos de suelo contemplados en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, son generales, que no siempre evidencian una correspondencia directa con los usos de suelo manejados en los diferentes municipios a nivel del país.

Sin embargo y al revisar el objetivo de la norma técnica que es el, *“preservar la salud y el bienestar de las personas y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido...”* es razonable que los límites reglamentados en el TULAS sean acoplados a la realidad de cada ciudad, dejando de lado por un momento, el uso de suelo propuesto por cualquier ordenanza local.

Las ordenanzas que establecen las determinantes de suelo son construidas como parte de un modelo de ciudad a futuro, sin que ello signifique que durante su construcción se considere temas de salud, dinámicas económicas, composición de la población, por citar algunos ejemplos. En este sentido, los puntos de monitoreo fueron clasificados considerando las posibles afecciones a la salud del conglomerado humano que habita la zona de estudio, los equipamientos emplazados en el sitio, la dinámica del entorno, y; como referencia, el uso de suelo vigente.

Así por ejemplo, en el caso de equipamientos educativos de tipo privado como es el Colegio “Sagrados Corazones”, para términos de control y cumplimiento de normativas de ruido se emplea el criterio de centros educativos, a pesar de que el uso del suelo de la zona de acuerdo a la ordenanza vigente de uso y ocupación del suelo de la ciudad de Cuenca, corresponde a vivienda. Esta particularidad se debe a que la gran mayoría de normativas técnicas buscan el bienestar de la

población y la salud ambiental de los ecosistemas. La primera declaración internacional que contempló las consecuencias del ruido sobre la salud humana se remonta a 1972, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) resolvió catalogarlo genéricamente como un tipo más de contaminación. Siete años después, la Conferencia de Estocolmo clasificaba al ruido como un contaminante específico.

A manera de ejemplo, la OMS evalúa límites de sonoridad a nivel del interior de las aulas escolares y preescolares, patios de recreación de las escuelas y áreas aledañas a zonas escolares, si bien la normativa local no tiene este nivel de detalle ni desagregación, sin embargo, si permite cumplir con su objetivo, que es el de velar por la salud de la población.

Para efectos del presente estudio y bajo las consideraciones anteriores, se clasificó los puntos de monitoreo de la ciudad. En ningún momento se considera como una imposición a seguir, pero se sugiere que cualquier cambio que pudiera hacerse en lo posterior, se analicen las particularidades anotadas en párrafos anteriores. A continuación en el siguiente cuadro se detallan los puntos de muestreo con su ubicación, así como también se ha incluido información relacionada con las áreas de planeamiento y los usos de suelo asignados en la ordenanza vigente de uso y ocupación de suelo de la ciudad de Cuenca.

Cuadro N° 6.1

Puntos de muestreo según área de planeamiento y ordenanza vigente en la ciudad de Cuenca

| N° | SECTORES | Uso de suelo según ordenanza actual | Área de planeamiento |
|------|---|--|----------------------|
| R_01 | Estadio | Comercio, servicios generales y vivienda | S2 |
| R_02 | Capal | Vivienda | S3 y CH |
| R_03 | Aeropuerto | Comercial y vivienda | E1 y CH |
| R_04 | Tres Puentes | Vivienda | S5 |
| R_05 | Frutillados (Remigio Crespo) | Vivienda | S6 |
| R_06 | Hospital Regional | Vivienda | E2 y E4 |
| R_07 | Chaulabamba | Vivienda | E31 |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | Camino especial | E24 |
| R_09 | Monumento a la familia | Vivienda | E18 |
| R_10 | Graiman | Industria de alto impacto (Tipo B) | N12 |
| R_11 | Camal | Vivienda | N14 |
| R_12 | Camino a Ochoa Leon | Vivienda | N14 |
| R_13 | La Libertad | Vivienda | O9 |
| R_14 | Los Cerezos Alto | Servicios industriales e industria de mediano impacto y también vivienda | O7 y O6 |
| R_15 | Camino al Tejar | Vivienda | O11 |
| R_16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | Vivienda | N19 y N19c |
| R_17 | El Cebollar | Vivienda | N5A |
| R_18 | Hospital del IEES | Vivienda y Forestal | E12 y E32 |
| R_19 | Plaza Bocatti | Vivienda | E3 y E7 |
| R_20 | Col. Sagrados Corazones | Vivienda | S22 |
| R_21 | Feria Libre | Equipamiento urbano mayor, de abastecimiento, comercio y vivienda | O14 |
| R_22 | Estación de servicio Trinití (Isabela Católica) | Vivienda | S7 o S9 |
| R_23 | Indurama | Vivienda | S20 |
| R_24 | Control Sur | Vivienda | O24 y S19 |
| R_25 | ETAPA (Gran Colombia) | Gestión y Administración | CH |
| R_26 | Cristo Rey | Vivienda | N6 y N7 |
| R_27 | Chola Cuencana | Comercial y vivienda mas Gestión y Administración | E1 y CH |
| R_28 | Vía Baños | Servicios industriales e industria de mediano impacto | O20 |
| R_29 | Bajada Centenario | Gestión y Administración | CH |
| R_30 | Totoracocho | Servicios industriales e industria de mediano impacto (A) y vivienda también | E14 y E9 |

Elaborado por: Equipo Técnico del IERSE -UDA

Como se había descrito, tomando en consideración la información que contiene el cuadro anterior, así como las inspecciones realizadas a los sitios de muestreo, al analizar las dinámicas propias de las zonas circundantes a los sitios de muestreo se ha asumido para el presente estudio la siguiente clasificación de las zonas, en función de lo estipulado en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

Cuadro N° 6.2
Zonificación de acuerdo al TULAS

| N° | Punto medido (sector) | Clasificación según el TULAS |
|------|---|------------------------------|
| R_01 | Estadio | Comercial |
| R_02 | Gapal | Residencial Mixta |
| R_03 | Aeropuerto | Comercial |
| R_04 | Tres Puentes | Residencial Mixta |
| R_05 | Frutilados (Remigio Crespo) | Comercial Mixta |
| R_06 | Hospital Regional | Hospitalaria |
| R_07 | Chaulabamba | Residencial |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | Residencial |
| R_09 | Monumento a la familia | Residencial |
| R_10 | Graiman | Industrial |
| R_11 | Camal | Industrial |
| R_12 | Camino a Ochoa Leon | Residencial |
| R_13 | La Libertad | Residencial Mixta |
| R_14 | Los Cerezos Alto | Industrial |
| R_15 | Camino al Tejar | Residencial Mixta |
| R_16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | Residencial |
| R_17 | El Cebollar | Residencial |
| R_18 | Hospital del IESS | Hospitalaria |
| R_19 | Plaza Bocatti | Residencial Mixta |
| R_20 | Col. Sagrados Corazones | Educativa |
| R_21 | Feria Libre | Comercial Mixta |
| R_22 | Estación de servicio Trinita (Isabela Católica) | Educativa |
| R_23 | Indurama | Residencial Mixta |
| R_24 | Control Sur | Residencial Mixta |
| R_25 | ETAPA (Gran Colombia) | Comercial |
| R_26 | Cristo Rey | Residencial |
| R_27 | Chola Cuencana | Comercial Mixta |
| R_28 | Vía Baños | Residencial |
| R_29 | Bajada Centenario | Comercial Mixta |
| R_30 | Totoracocha | Residencial |

Elaborado por: Equipo Técnico del IERSE -UDA

De manera resumida, se han localizado cuatro puntos de monitoreo en zona hospitalaria y educativa, nueve puntos en zonas residenciales, siete puntos en zonas residenciales mixtas, tres en zonas comerciales, cuatro en zonas comerciales mixtas y tres en áreas industriales (véase Cuadro adjunta).

Cuadro N° 6.3
Sitios de monitoreo según uso del suelo del TULAS

| Zona | Número de puntos |
|--------------------------|------------------|
| Hospitalaria y educativa | 4 |
| Residencial | 9 |
| Residencial mixta | 7 |
| Comercial | 3 |
| Comercial mixta | 4 |
| Industrial | 3 |
| TOTAL | 30 |

Fuente: Propio del Estudios

El TULAS considera la zona hospitalaria y educativa como un área en la que los seres humanos requieren particulares condiciones de serenidad y tranquilidad a cualquier hora del día. La zona residencial por otro lado, asume como uso del suelo predominante la vivienda en donde los seres humanos requieren descanso; la tranquilidad y serenidad son esenciales. Para la zona comercial, el TULAS prevé el uso de suelo de tipo comercial en donde los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo. Para las zonas industriales, se establece como uso predominante la industria por lo que se requiere protección del ser humano contra daños y pérdida de la audición siendo la necesidad de conversación limitada.

El TULAS también contempla áreas en donde coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Así por ejemplo, la zona residencial mixta comprende mayoritariamente un uso residencial dentro del cual se presentan actividades comerciales. La zona comercial mixta comprende un predomnio comercial en el uso del suelo, sin embargo, se puede encontrar la presencia limitada de fábricas o talleres. Por último, la zona industrial mixta que contempla el predominio de un uso de suelo industrial, sin embargo, es posible encontrar residencias o comercios.

Si bien el TULAS contempla áreas en donde coexisten varios usos de suelo, éstas no siempre coincidirán con los usos de suelo de una ciudad. Esta particularidad ha hecho que puedan existir diferentes puntos de vista y opiniones sobre qué usos de suelo deberían asignarse a determinado lugar.

Según el TULAS, la zona comercial mixta por ejemplo, evidenciaría un predomnio comercial en donde también se puede encontrar la presencia limitada de fábricas o talleres.

Como primer paso para definir la caracterización del suelo es primordial entender los conceptos de taller y comercio.

El término taller hace referencia al lugar en donde se trabaja principalmente con las manos. Es por ello que el término taller se emplea para designar por ejemplo, es espacio de trabajo de un pintor, un alfarero o artesano.

El comercio por otra parte, se refiere a la transacción que se lleva a cabo con el objetivo de comprar o vender un producto. En la actualidad se utiliza el término comercio para referirse a un local comercial, negocio, botica, tienda o grupo social conformado por comerciantes.

Para el caso de la ciudad de Cuenca, existen zonas que en un inicio fueron pensadas como residenciales dentro de las cuales se evidenciaba la presencia de talleres para confección de estucos, carpinterías, latonerías, sastrerías, mecánicas y arreglo de bicicletas. Con el pasar del tiempo, las dinámicas económicas de la ciudad, incorporaron dentro de estas zonas comercios y servicios de turismo y recreación, pasando de una zona residencial a un sector comercial con presencia importante de vivienda.

Para fines prácticos del presente estudio, se considera también dentro de las Zonas Comerciales Mixtas, la presencia de vivienda así como también los servicios de turismo y recreación.

Análisis de los datos levantados por zonas según la clasificación del TULAS

Para el análisis en las diferentes zonas se procedió a comparar los valores promedios obtenidos en cada lugar de medición, con los establecidos en la norma que fija los límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas, fuentes móviles y para vibraciones, Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental. En el siguiente cuadro se detalla los niveles de ruido permisibles por uso de suelo:

Cuadro N° 6.4
Límites permisibles según el TULAS

| | Zona / Uso del suelo | NPS eq (dB(A)) | |
|---|-------------------------------|----------------|---------------|
| | | 06h00 - 20h00 | 20h00 – 06h00 |
| 1 | Zona hospitalaria y educativa | 45 | 35 |
| 2 | Zona residencial | 50 | 40 |
| 3 | Zona residencial mixta | 55 | 45 |
| 4 | Zona comercial | 60 | 50 |
| 5 | Zona comercial mixta | 65 | 55 |
| 6 | Zona industrial | 70 | 65 |

Fuente. Texto unificado de legislación ambiental - TULAS

En el análisis se distinguen dos períodos de medición, el diurno que comprende el horario desde las 06h00 hasta las 20h00 horas y el nocturno que abarca el período desde las 20h00 a las 06h00 horas.

A continuación se detalla el análisis de la información obtenida en las distintas zonas de la ciudad y que fueron levantados en el horario establecido que fue: 7h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 y 21h00, por cada zona se presentan los valores obtenidos y el nivel sonoro en comparación con la normativa ambiental.

6.2.1 Zona Comercial

La zona comercial la integran los puntos localizados en los sectores: estadio, aeropuerto y el cenáculo a la altura del edificio de ETAPA-EP, calle Gran Colombia y Tarqui (véase cuadro adjunto).

Cuadro N° 6.5
Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido
en zonas comerciales

| Código | Sector | Calle 1 | Calle 2 | Mediciones Lavg (dB) | | | | | |
|--------|------------|-------------|---------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_01 | Estadio | Del Estadio | José Peralta | 72,5 | 73,2 | 73,2 | 72,6 | 72,7 | 67,2 |
| R_03 | Aeropuerto | Av. España | Elia Liut | 69 | 71,7 | 74,1 | 70,5 | 74,5 | 69,6 |
| R_25 | Cenáculo | Tarqui | Gran Colombia | 74,1 | 69,8 | 72,2 | 68,4 | 69,3 | 66,6 |

Fuente: Información generada en el proyecto

La dinámica es diferente en cada uno de los sectores que integran la zona comercial. Para el caso del sector del aeropuerto, la zona se caracteriza por la presencia de varios comercios de automotores siendo esta actividad la predominante del área. En la zona también se emplazan algunos equipamientos importantes como son: la terminal terrestre, el centro comercial Miraflores, la universidad Politécnica Salesiana y el mismo aeropuerto.

En relación al sector del estadio, la zona presenta varios comercios como restaurantes, bancos, servicios financieros, centros de estudios, licoreras, canchas deportivas además de tres equipamientos mayores como son: el centro comercial Milenium Plaza, el centro comercial El Vergel y el estadio municipal.

Finalmente, el sector del cenáculo se caracteriza por la presencia de comercios en su mayoría boutiques y tiendas de barrio aunque también se encuentran locales como relojerías, librerías, venta de productos naturales, servicios de alimentación, bazares y cristalerías entre otros. Esta zona forma parte del área especial de manejo urbano denominado Centro Histórico, caracterizado por un importante movimiento comercial y gran afluencia de personas que pasan o visitan la zona.

Nivel de presión sonora.- En relación al período de medición diurno, ninguno de los sitios de monitoreo localizados en la zona comercial cumplieron con los límites estipulados en norma técnica (véase gráfico correspondiente a la zona comercial).

El punto menos ruidoso en horas de la mañana fue el sector del aeropuerto, a pesar que a esa hora la terminal aérea registra un importante movimiento. Esta situación cambia para las horas de la tarde, en donde se presentan los niveles de ruido más elevados respecto a los otros sectores evaluados (74,1 decibels).

El único punto de medición que mantiene niveles constantes de ruido durante el día fue el sector del Estadio con un promedio de 72,84 decibeles. En esta misma zona, el horario de las 10h00 y 13h00 horas registran niveles iguales de ruido (73,2 decibeles).

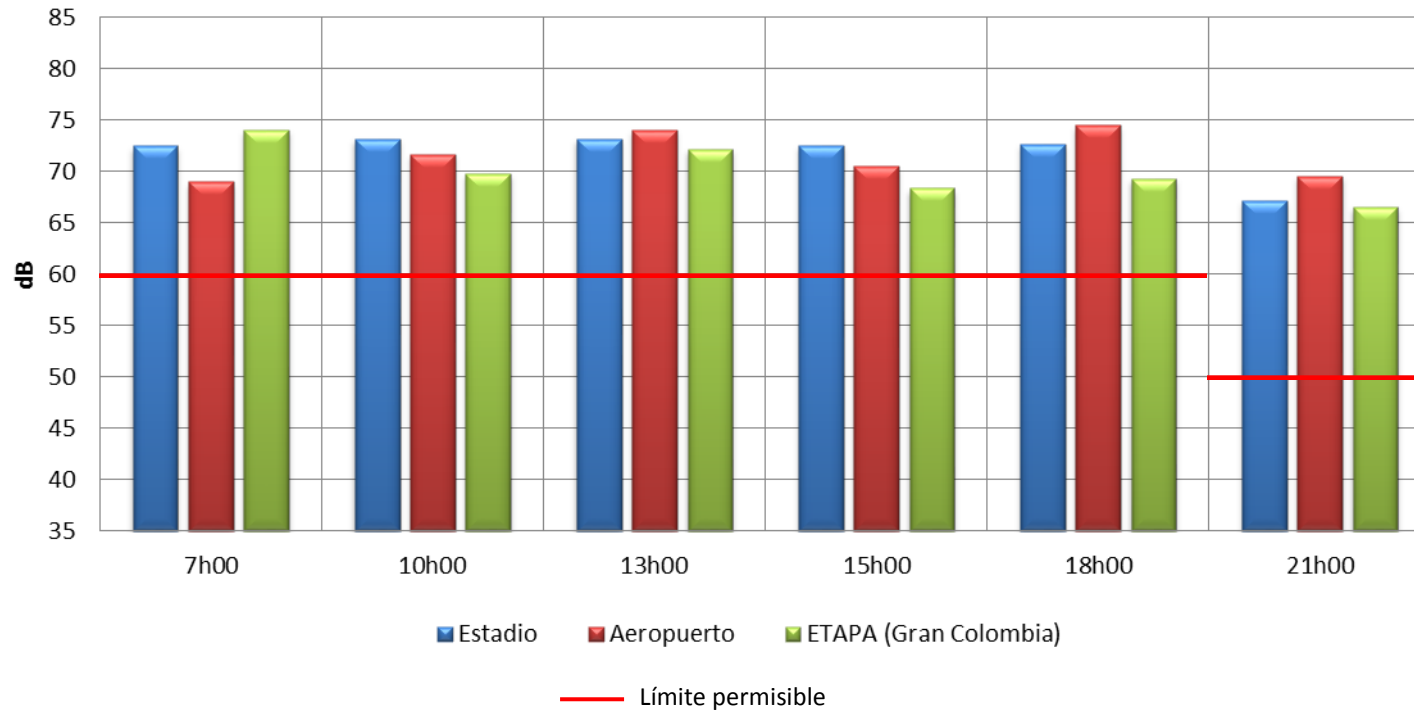
De todas las mediciones realizadas en horario diurno, el sector del Cenáculo registra los valores más bajos en el horario de las 15h00 horas. Contrastado con la norma, el punto en el horario de las 15h00 horas excede en 8,4 decibels el límite permisible establecido para este tipo de zonas (60 dB).

Durante el día, el horario de las 13h00 horas fue el más ruidoso registrando 73,17 decibels en promedio.

Durante el período nocturno, todos los sitios sobrepasaron el umbral señalado por la norma (50 dB) a pesar de la disminución significativa de tráfico vehicular en las zonas. El punto del aeropuerto fue el que registró los mayores valores con 69,6 decibels.

Gráfico N° 6.1
Presión sonora – Zona comercial

Niveles de ruido registrado en la zona comercial



6.2.2 Zona Comercial Mixta

Partiendo de la definición previa sobre los conceptos de taller y comercio, y para fines prácticos del presente estudio, la zona comercial mixta la integran los puntos localizados en los sectores: feria libre, avenida Remigio Crespo, redondel de la Chola Cuencana y la bajada del Centenario (véase cuadro adjunto).

Cuadro N° 6.6
Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido
en zonas comerciales mixtas

| Código | Sector | Calle 1 | Calle 2 | Mediciones Lavg (dB) | | | | | |
|--------|-------------------|------------------------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_05 | Frutilados | Remigio Crespo | Ricardo Muñoz | 71,9 | 72,2 | 72,4 | 72,3 | 76 | 70,6 |
| R_21 | Feria Libre | Av. de las Américas | Remigio Crespo | 74,5 | 74,6 | 73,1 | 72,3 | 72,9 | 71,4 |
| R_27 | Chola Cuencana | Av. Huayna Cápac, Av. España | Gaspar Sangurima | 73 | 79,5 | 74 | 74,3 | 71,4 | 67,6 |
| R_29 | Bajada Centenario | Calle Larga | Benigno Malo | 75,2 | 74,2 | 74,4 | 73,5 | 74,3 | 66,1 |

Fuente: Información generada en el proyecto

El sector de la avenida Remigio Crespo se caracteriza por la fuerte presencia de locales comerciales como son: restaurantes, pizzerías, cafés, licoreras, farmacias, pastelerías y heladerías hasta locales comerciales para venta de motos y talleres. También se evidencia la presencia de vivienda pues anteriormente esta zona era de tipo residencial. En la zona se encuentran emplazados: el edificio del Servicio de Rentas Internas y la pista de bicigrós La Concordia, como parte de los equipamientos influyentes en la dinámica de la zona.

El sector de la Bajada del Centenario se caracteriza por la presencia de comercios relacionados con sastrerías y talleres de costura, bordado y tejido, venta de muebles y suministros de oficina, librerías, imprentas y *offsets*, almacenes de computación, accesorios y suministros, despensas, bares, restaurantes, discotecas, oficinas y agencias de viajes, bancos, servicios financieros, servicios de salud, establecimientos educativos, entre otros. La zona se localizan importantes equipamientos como son: colegio Benigno Malo, Hospital Militar, Facultad de Gastronomía y Turismo de la Universidad de Cuenca, Banco del Pichincha y la cadena de bares y restaurantes de la calle Larga.

Los puntos de monitoreo “Frutilados” y “Bajada del Centenario” presentan una connotación adicional a las ya descritas en párrafos anteriores. La presencia de bares y restaurantes en la zona modifican significativamente el comportamiento del sector. Es por ello que se vio oportuno incorporar estos sitios de monitoreo dentro de la zona comercial mixta que contempla un límite de sonoridad superior a la zona comercial (60 dB durante el día y 50 dB durante la noche).

En las inmediaciones de la Av. Remigio Crespo, en la zona de la calle Lorenzo Piedra y sectores aledaños al sitio de medición se puede evidenciar la presencia de electro mecánicas, talleres radio técnicos, latonería y pintura de vehículos (sector Escuela Panamá).

En necesario dejar constancia de que dentro del sector de la calle Larga y Benigno Malo se evidencia la presencia de talleres radio técnicos, imprentas, forja de metales y trabajos en vidrio.

En relación al sector feria libre, la actividad predominante es el comercio de víveres y textiles pudiéndose encontrar tiendas de abarrotes, despensas, minimercados, lecherías, carnicerías, panaderías, confiterías, farmacias, picanterías, restaurantes, bancos, mercados, almacenes de insumos agropecuarios, distribuidores de aves procesadas, depósitos de distribución de cilindros de gas licuado de petróleo, vulcanizadoras y estaciones de lubricación y cambio de aceites, entre otros. Se evidencia también la presencia de vivienda en la parte superior de los comercios y los alrededores. La presencia del mercado Feria Libre concebido en su momento como mayorista marca la vocación comercial del sector.

Finalmente, el sector de la Chola Cuencana, presenta una dinámica comercial relacionada con comercios de repuestos y accesorios automotrices en general, almacenes de baterías, almacenes de resortes, talleres mecánicos y electromecánicos, ferreterías, almacenes de mangueras, centros de belleza, almacenes de pernos, zapaterías, bazares, parqueaderos de vehículos, hostales, residencias, picanterías, restaurantes, tiendas de abarrotes, despensas, mini mercados, panaderías, papelerías, servicios financieros, con una importante presencia de vivienda en la parte superior de los locales comerciales y en las zonas aledañas. Las dinámicas apreciadas en el sector “Huayna Cápac” y “Feria Libre” coinciden con las descritas en el TULAS y con la zonificación propuesta en el presente estudio.

Nivel de presión sonora.- La zona comercial mixta abarcó cuatro sitios de monitoreo y las mediciones fueron realizadas en horarios diurno y nocturno. En el período de medición diurno, ninguno de los sitios de monitoreo establecidos cumplen con la normativa de ruido (véase gráfico correspondiente a la zona comercial mixta).

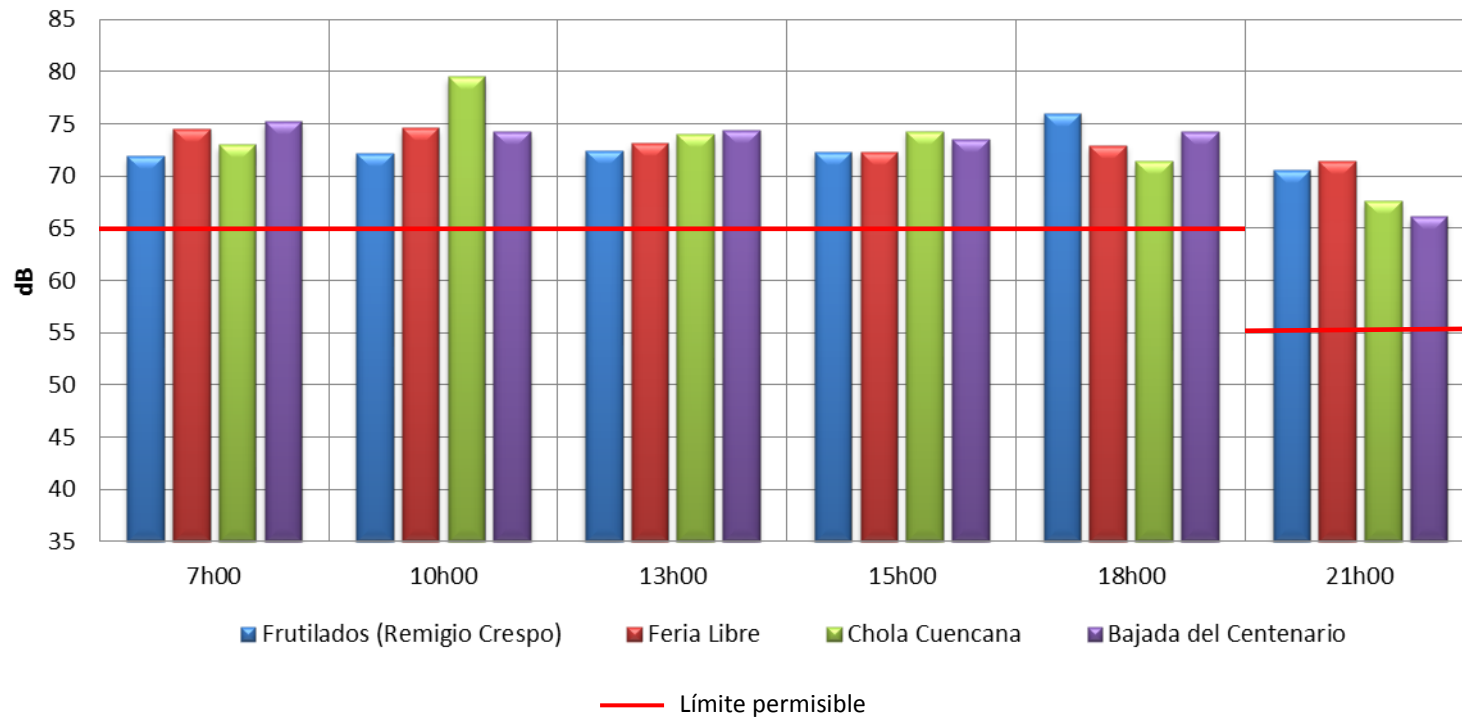
El sitio menos ruidoso en horas de la mañana lo constituyó la zona de la avenida Remigio Crespo mientras que el punto con mayor presión sonora fue el de la Chola Cuencana. Éste último llegó a registrar 79,5 decibels a las 10h00 horas, 14,5 decibels por encima del umbral permitido para este tipo de zonas (65 dB).

Debido a la dinámica del sector, la zona de la avenida Remigio Crespo (Frutilados) incrementa paulatinamente su presión sonora desde la mañana, llegando a registrar 76 decibels en horas de la tarde (18h00 horas). Esta particularidad solo se presenta en este sitio y en ese período de tiempo. Producto de las mediciones diurnas, el sector de la Chola Cuencana registra la mayor presión sonora con 74,44 decibels promedio, seguida muy de cerca por el sector de la Bajada del Centenario con 74,32 decibels promedio durante el día. El horario de las 10h00 horas es considerado como el de mayor ruido con mediciones promedio de 75,13 decibels.

En relación a las mediciones nocturnas, todos los sitios monitoreados sobrepasan el límite de 55 decibels fijado en la normativa. El sector de la Feria Libre registra los mayores valores de ruido urbano sobrepasando los 70 decibels y excediendo en 6,4 decibels el límite permitido (55 dB). Ver *Anexo N° 7.- Listado de puntos con mediciones altas (picos)*.

Gráfico N° 6.2
Presión sonora – Zona Comercial Mixta

Niveles de ruido registrado en la zona comercial mixta



6.2.3 Zona Educativa y Hospitalaria

La zona educativa y hospitalaria la integran los puntos localizados en los sectores en donde se asientan equipamientos estratégicos como son: Hospital Regional, Hospital del IESS, colegio Sagrados Corazones y el sector de la gasolinera Trinití ubicada en la calle Lope de Vega.

Cuadro N° 6.7
Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido
en zonas educativas y hospitalarias

| Código | Sector | Calle 1 | Calle 2 | Mediciones Lavg (dB) | | | | | |
|--------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_06 | Hospital Regional | Paseo de los Cañaris | Pumapungo | 66 | 66,8 | 66,5 | 67,4 | 73,2 | 64,2 |
| R_18 | Hospital del IESS | Circunvalación Norte | Monay - Paccha | 74 | 71,9 | 77,9 | 72,7 | 72,2 | 74,8 |
| R_20 | Col. Sagrados Corazones | Paseo Tres de Noviembre | Simón Bolívar | 78,2 | 75,2 | 75,3 | 73,1 | 77,3 | 77,3 |
| R_22 | Estación de servicio Trinití | Lope de Vega | Gaspar de Jovellanos | 63,9 | 60,2 | 60,8 | 60,6 | 59,7 | 59,2 |

Fuente: Información generada en el proyecto

La zona del Hospital Regional se caracteriza por la presencia de vivienda y en menor magnitud, tiendas de barrio, servicios de alimentación, hostales, establecimientos educativos y establecimientos médicos. Entre los equipamientos más relevantes del sitio se encuentra: el Hospital Regional, el Instituto del Cáncer SOLCA, el parque El Paraíso y el biocorredor del río Tomebamba, la facultad de Odontología de la Universidad Estatal de Cuenca y el colegio Daniel Córdova Toral.

En relación al sector del Hospital del IESS, el uso del suelo que predomina es de vivienda con un importante conjunto de espacios verdes, bosques de rivera y terrenos baldíos. En las zonas aledañas se puede encontrar tiendas de barrio, parques infantiles, canchas recreativas, abacerías, panaderías, papelerías, farmacias, minimercados, entre otras. La vía rápida Cuenca-Azogues puede considerarse como determinante en el sector además de la presencia del hospital en su conjunto.

El sector del Colegio Sagrados Corazones en su gran mayoría está conformado por viviendas y el biocorredor del río Tomebamba. Existe muy poca presencia de comercios y sus actividades se limitan a espacios reducidos. En la zona se puede apreciar la existencia de tiendas de barrio siendo el Colegio Ecuador, la Clínica Latino y el mismo colegio, los equipamientos más relevantes.

Finalmente, el sector de la Isabela Católica (estación de servicios Trinití) se caracteriza por el predominio de viviendas, canchas deportivas, tiendas de barrio, panaderías, servicios de alimentación e infraestructura educativa, entre otras. Como el equipamiento más relevantes del sector se menciona al Colegio Fray Vicente Solano.

Nivel de presión sonora.- Para la zona educativa y hospitalaria se consideraron cuatro mediciones de las cuales dos se localizan en áreas con infraestructura hospitalaria de gran afluencia. Ninguno de los cuatro sectores evaluados se ubicó dentro de los establecido en la norma para el período diurno y nocturno (véase gráfico correspondiente a la zona educativa y hospitalaria).

El sector del Hospital Regional y el sector del colegio Sagrados Corazones demuestran interesantes similitudes, en ambos casos están presentes infraestructuras educativas y equipamientos de salud. En ambos sitios se sobrepasa los límites de ruido permitidos. En las primeras horas de la mañana (7h00), el sector del colegio Sagrados Corazones registró los mayores valores de ruido ambiente (78,2 decibeles) en relación al resto de puntos, presumiblemente por el ingreso de los estudiantes a este establecimiento educativo.

El comportamiento del ruido en el sector del Hospital Regional se mantiene constante durante la mañana siendo en horas de la tarde en donde se incrementan los niveles sonoros llegando a registrar hasta 73,2 decibeles, 28,2 decibels sobre el límite estipulado en la normativa (45 dB).

Como resultado de las mediciones diurnas, el sector del colegio Sagrados Corazones se presenta como el más ruidoso con 75,82 decibels promedio durante el día. Dentro de este mismo contexto, el horario de las 18h00 horas fue el que registró la mayor presión sonora promedio con 70,6 decibels, seguido muy de cerca por el horario de las 7h00 horas con 70,53 decibeles y el de las 13h00 horas con 70,13 decibeles. En todos los casos, más de 25 decibeles por encima de lo permitido.

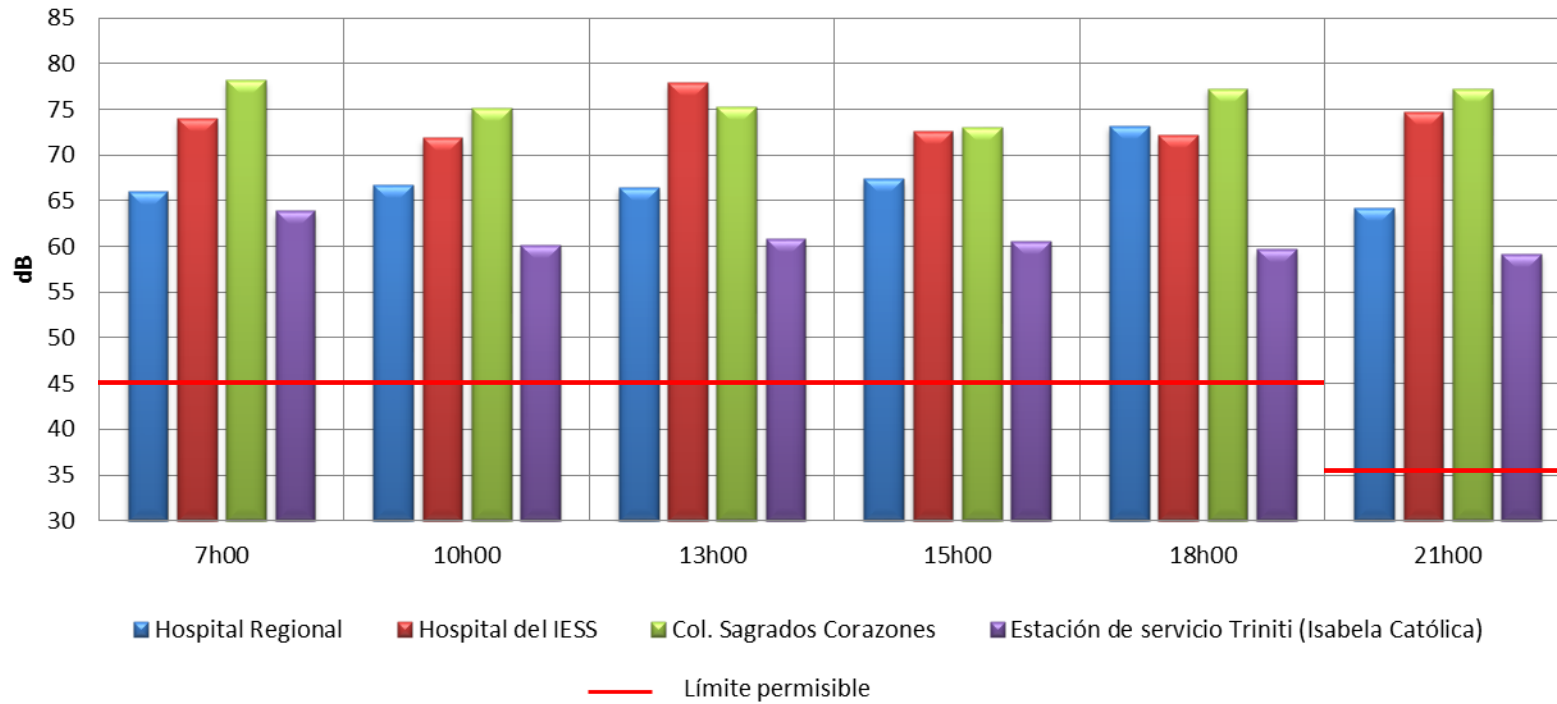
El sector de la estación de servicio Tríniti refleja los niveles de ruido más bajos, en promedio, 61,04 decibeles durante el día.

En el período nocturno, la situación lejos de mejorar se agrava pues en el punto del colegio Sagrados Corazones se sobrepasa la normativa con 42,3 decibels. Similar situación se observa en el sector del Hospital del IESS en donde los valores medidos sobrepasan en 39,8 decibels el límite estipulado en el TULAS de 35 decibeles. Esta situación estaría siendo influenciada por el alto tráfico vehicular de las zonas pues en el primer caso, la avenida 3 de Noviembre estaría funcionando como una arteria de desfogue frente a la construcción del intercambiador de tráfico Eloy Alfaro y en el segundo caso, la cercanía de la vía rápida Cuenca-Azogues a las inmediaciones del hospital habría aumentado la presión habitual del sitio.

Al igual que en el período diurno, el sector de la Isabel Católica presenta los niveles de ruido más bajos durante la noche. *Anexo N° 7.- Listado de puntos con mediciones altas (picos).*

Gráfico N° 6.3
Presión sonora – Zona Hospitalaria y educativa

Niveles de ruido registrado en la zona hospitalaria y educativa



6.2.4 Zona Industrial

La zona industrial la integran los puntos localizados en los sectores: parque industrial (Graiman), el camal y los Cerezos alto (véase cuadro adjunto). Si bien los Cerezos es considerado dentro del estudio como una zona industrial mixta, para fines del diagnóstico se la considera como industrial.

Cuadro N° 6.8
Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido
en zonas industriales

| Código | Sector | Calle 1 | Calle 2 | Mediciones Lavg (dB) | | | | | |
|--------|------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_10 | Graiman | Octavio Chacón | Carlos Tosi Siri | 75,4 | 75,5 | 73,2 | 77 | 72,9 | 71,7 |
| R_11 | Camal | Camino Ochoa León | | 55,3 | 56,7 | 69,9 | 62,1 | 61,8 | 62,8 |
| R_14 | Los Cerezos Alto | De los Cerezos | | 70,2 | 62,3 | 70,8 | 76,3 | 72,5 | 64 |

Fuente: Información generada en el proyecto

El sector del parque industrial es una zona en donde el uso del suelo es eminentemente industrial permitiéndose el emplazamiento de mediana y gran industria.

En relación al sector del Centro de faenamiento, éste se caracteriza por presentar suelo descubierto, en algunos casos con sembríos de ciclo corto y vivienda dispersa. En el sector se pueden encontrar tiendas de barrio, locales de internet y cabinas telefónicas. Se evidencia también la presencia de algunas naves industriales. Como equipamientos relevantes del sector están el Centro de faenamiento Municipal y el complejo deportivo del Deportivo Cuenca.

El sector de los Cerezos presenta en su mayoría suelo descubierto y vivienda dispersa. También se pueden evidenciar la presencia de naves industriales dispersas.

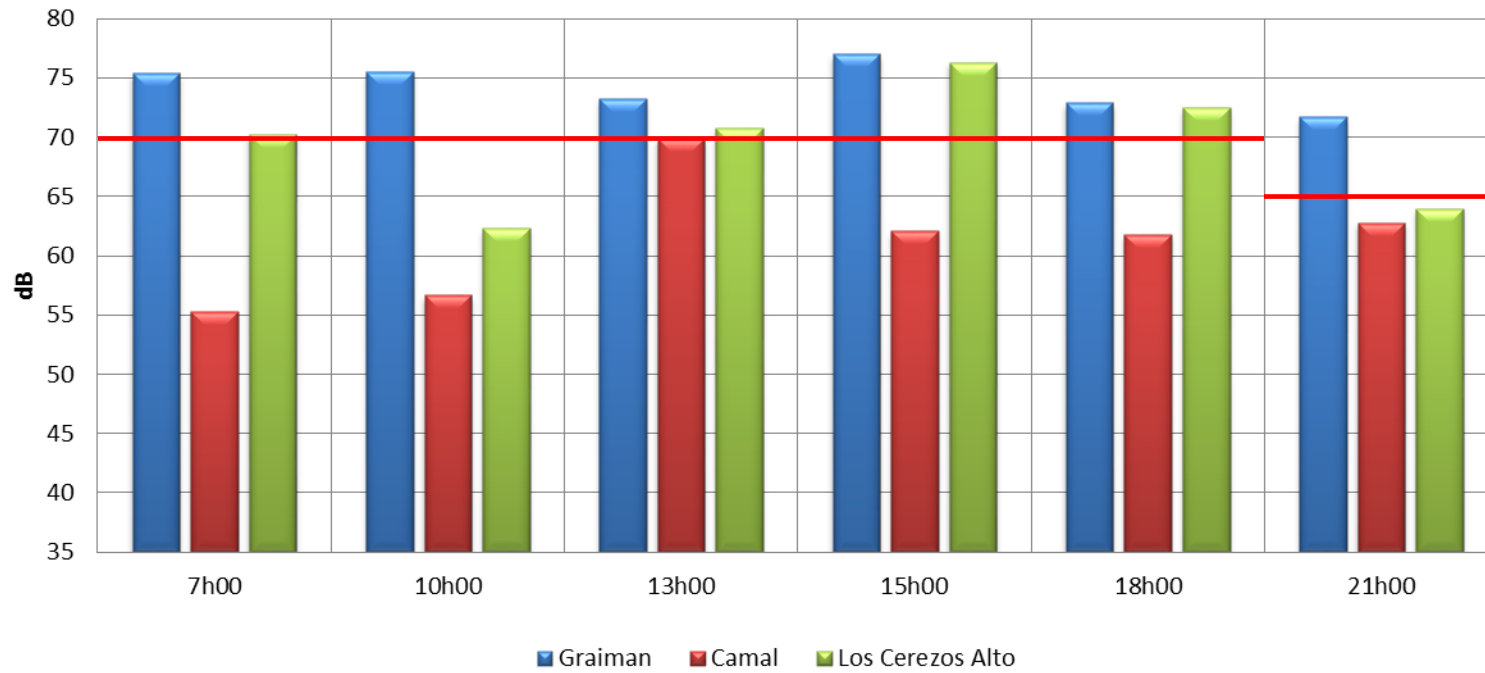
Nivel de presión sonora.- La zona industrial contempló tres sitios de monitoreo abarcando horarios diurnos y nocturnos de medición.

En general el nivel sonoro de la zona industrial se podría considerar como aceptable (véase gráfico correspondiente a la zona industrial). El único lugar que no sobrepasó los niveles permitidos en el período diurno (70 dB) ni nocturno (65 dB) fue el sector del Camal.

La zona en donde se emplaza Cerámicas Graiman es el lugar más ruidoso de los sitios evaluados registrando un promedio de 74,28 decibels en las seis mediciones. En este mismo punto, las 15h00 horas registran el nivel de ruido más alto con 77 decibels. Ver *Anexo N° 7.- Listado de puntos con mediciones altas (picos)*

Gráfico N° 6.4
Presión sonora – Zona industrial

Niveles de ruido registrado en la zona industrial



En el período de medición diurna, el horario que mayor presión sonora registró fue el de las 15h00 horas con 71,8 decibels promedio. Por el contrario, el horario de las 10h00 horas obtuvo los menores niveles sonoros con 64,83 decibels promedio durante el día.

En el período de medición nocturno, los sectores del camal y los Cerezos presentaron niveles de ruido por debajo de la normativa, no así con el punto localizado en Cerámicas Graiman que registró 71,7 decibels.

6.2.5 Zona Residencial

La zona residencial la integran los puntos localizados en los sectores: Chaullabamba, Lagunas de Oxigenación de ETAPA, monumento a la familia, Miraflores, El Cebollar, Cristo Rey, vía a Baños, Totoracocha y camino a Ochoa León.

Cuadro N° 6.9
Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido
en zonas residenciales

| Código | Sector | Calle 1 | Calle 2 | Mediciones Lavg (dB) | | | | | |
|--------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_07 | Chaullabamba | Autopista Cuenca Azogues | Triángulo de Challuabamba | 77,4 | 72,6 | 75,3 | 75,1 | 72,9 | 70,6 |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | Camino a Paccha | Ucubamba | 80,7 | 77,1 | 76,5 | 76,8 | 76,5 | 74,9 |
| R_09 | Monumento a la familia | Av. González Suarez | Panamericana Norte | 72,5 | 75,3 | 71 | 70,2 | 72,3 | 60,3 |
| R_12 | Camino a Ochoa León | Camino a Ochoa León | Vía a Checa | 36,6 | 55,6 | 45,9 | 57,1 | 49,8 | 49,7 |
| R_16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | Julio Jaramillo | Vía a Sinincay | 74,1 | 68,8 | 62,9 | 63,6 | 65,6 | 67,4 |
| R_17 | El Cebollar | Av. del Chofer | Av. Abelardo J. Andrade | 69,4 | 72,2 | 76,2 | 72,5 | 73,6 | 55,5 |
| R_26 | Cristo Rey | Luis Cordero | Juan de Salinas | 67,4 | 67,3 | 67,4 | 61 | 65,3 | 56,5 |
| R_28 | Vía Baños | Juan Larrea Guerrero | Mariano Villalobos | 63,8 | 64 | 57,6 | 65,9 | 55,9 | 48,1 |
| R_30 | Totoracocha | Totoracocha | Av. el Cóndor | 65,6 | 65,6 | 64,1 | 67,9 | 66,8 | 64 |

Fuente: Información generada en el proyecto

Los sectores anteriormente mencionados se caracterizan por la presencia de vivienda, en algunos de ellos con procesos de consolidación más definidos que en otros.

En el sector del Cebollar, Cristo Rey, Totoracocha, Miraflores y la vía a Baños se pueden encontrar tiendas de barrio, abarrotes, locales de internet y cabinas telefónicas, panaderías, servicios de alimentación, farmacias, talleres de reparación de radio, televisión y electrodomésticos, talleres automotrices y espacios verdes. Entre los equipamientos más relevantes están: el complejo deportivo de Totoracocha y el Colegio Rafael Borja.

El sector Chaullabamba se caracteriza por presentar vivienda dispersa y suelo descubierto mientras que alrededor de las Lagunas de Oxigenación predomina la vivienda. Es necesario destacar que el sector de Chaullabamba está destinado para uso habitacional con excepción de las áreas que presentan problemas geológicos.

En lo referente al sector del monumento a la familia, la zona se caracteriza por la presencia de vivienda y vegetación arbórea. Algunas actividades comerciales como tiendas de barrio, latonerías y talleres mecánicos también están presentes pero de manera dispersa. Como equipamiento relevante se puede mencionar a la facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Cuenca. Este sector es visto en la actualidad como sitio ideal para consolidación de vivienda.

En el sector camino a Ochoa León, prevalece los espacios descubiertos y vivienda.

Nivel de presión sonora.- La zona residencial abarcó nueve sitios de monitoreo con mediciones realizadas en horarios diurno y nocturno, la mayoría de los sitios evaluados no cumplen con los límites de ruido establecidos en la normativa, únicamente el sector de Ochoa León presenta tres de las seis mediciones por debajo del umbral de los 50 decibeles, para el período diurno y 40 decibeles para el nocturno (véase gráfico correspondiente a la zona residencial).

El sitio que reportó el mayor nivel de ruido en todos los horarios de medición fue el punto localizado en las lagunas de oxigenación de ETAPA-EP, con un promedio general de 77,08 decibeles, 27,08 decibeles por encima de la norma.

Otro de los puntos que llama la atención y que registra elevados niveles de ruido es el sector de Chaullabamba con 74,66 decibeles promedio durante el día. A pesar que el sitio cuenta con amplios espacios abiertos que en teoría ayudarían a disminuir los niveles de presión sonora, es uno de los más elevados lo que indica que la zona está sometida a una fuerte presión sonora. Se evidencia la necesidad de analizar más detenidamente las posibles fuentes de ruido, fijas y móviles.

El sitio con menores niveles de ruido registrado durante el día fue el sector de Ochoa León con un promedio de 49 decibeles; el horario de las 7h00 es el que registra el menor valor con 36,6 decibeles. Para el período nocturno, este punto también registra los niveles más bajos con 49,7 decibeles.

A pesar de estar sometidos a la dinámica urbana y los niveles de presión sonora urbana, los sectores de Miraflores, el Cebollar y Cristo Rey presentan niveles de ruido inferiores a los registrados en los puntos de Chaullabamba y las lagunas de oxidación considerados como puntos en áreas periféricas y de espacios abiertos. Ver **Anexo N° 7.- Listado de puntos con mediciones altas (picos)**

Gráfico N° 6.5
Presión sonora – Zona residencial_1

Niveles de ruido registrado en la zona residencial

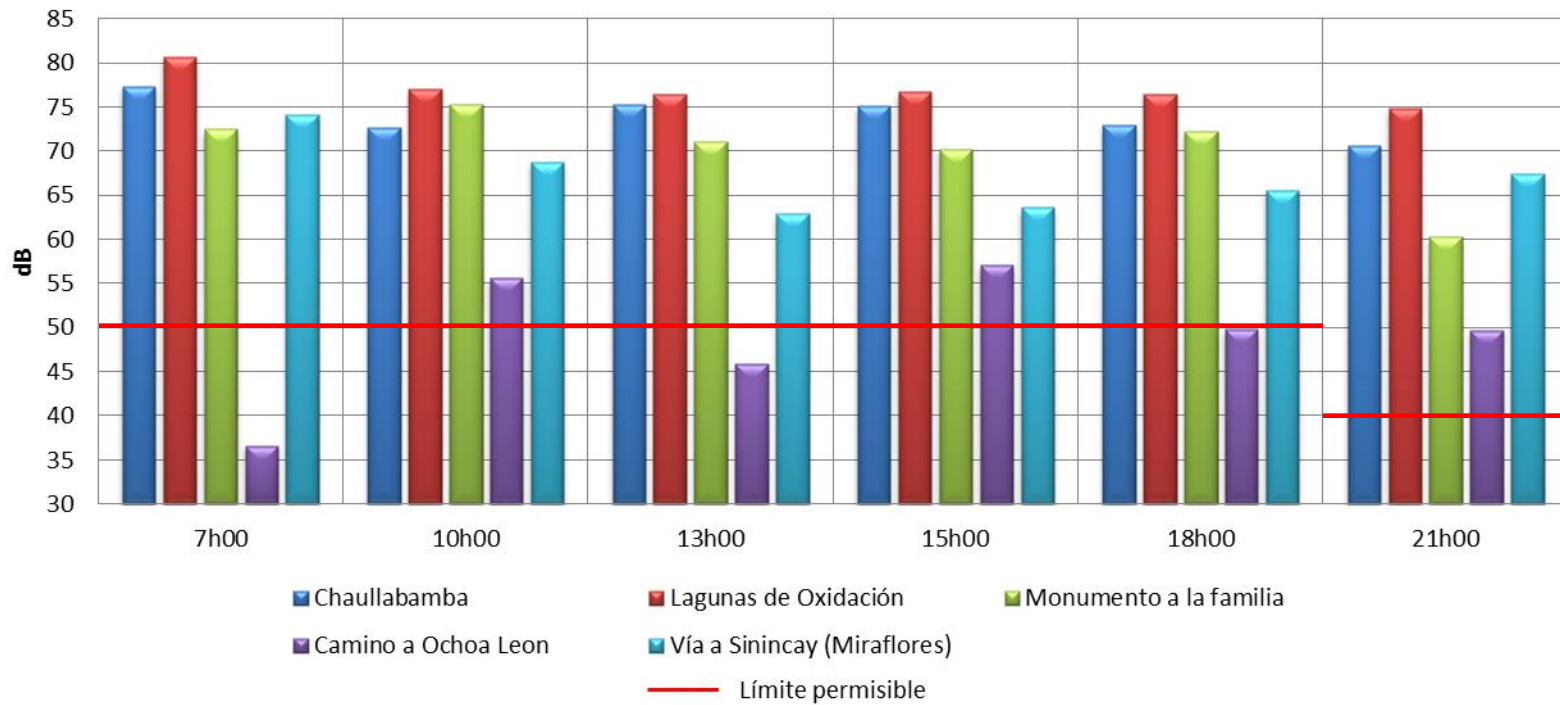
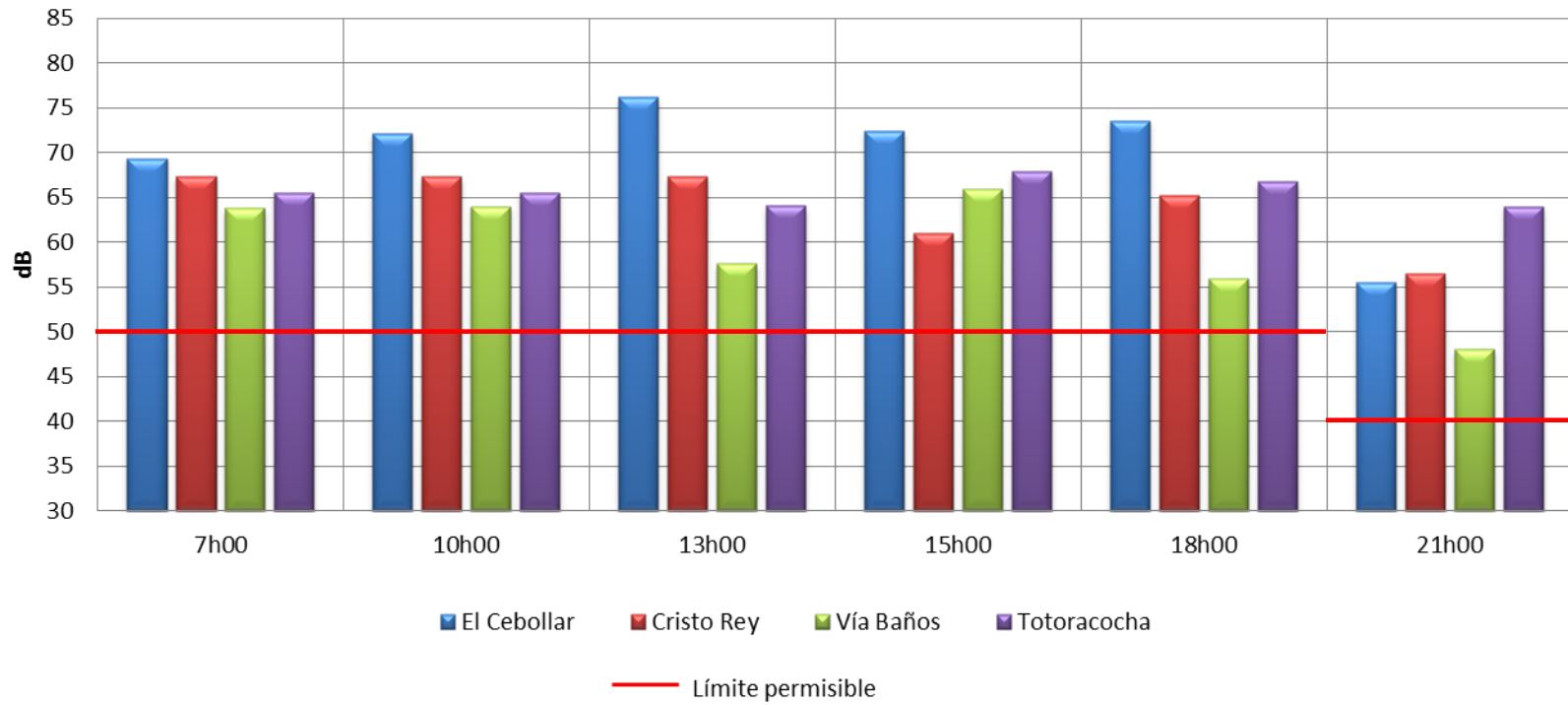


Gráfico N° 6.6
Presión sonora – Zona residencial_2

Niveles de ruido registrado en la zona residencial



En promedio, el horario que mayor presión sonora refleja durante el día es el de las 10h00 horas con un total de 68,72 decibeles promedio, 18,72 decibels por encima de lo estipulado en la normativa. Los horarios de las 7h00 y 15h00 presentan niveles de ruido similares con 67,5 y 67,79 decibels promedio respectivamente.

El punto que mayor ruido registra en el horario nocturno fue el de las lagunas de oxigenación con 74,9 decibels, 24,9 decibels por encima del límite establecido en el TULAS. Este valor se considera sumamente elevado en relación a las mediciones registradas en los otros puntos.

6.2.6 Zona Residencial Mixta

La zona residencial mixta la integran los puntos localizados en los sectores: Gapal, Tres Puentes, La Libertad, camino al Tejar, Plaza Bocatti, control sur e Indurama (véase cuadro adjunto).

Cuadro N° 6.10
Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido
en zonas residenciales mixtas

| Código | Sector | Calle 1 | Calle 2 | Mediciones Lavg (dB) | | | | | |
|--------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_02 | Gapal | Av. 24 de mayo | Las Herrerías | 72,7 | 71,5 | 71,1 | 71,5 | 73 | 67,9 |
| R_04 | Tres Puentes | Primero de Mayo | Fray Vicente Solano | 74,3 | 74,8 | 76,5 | 76,3 | 68 | 70,7 |
| R_13 | La Libertad | Av. Ordoñez Lazo | Rio Culebrillas | 65,4 | 48,7 | 52 | 55,7 | 52,3 | 48 |
| R_15 | Camino al Tejar | Av. Ordoñez Lazo | Camino al Tejar | 70,5 | 74,3 | 70,2 | 73,1 | 70,2 | 64,3 |
| R_19 | Plaza Bocatti | Paseo de los Cañaris | González Suarez | 74,3 | 73,9 | 74,6 | 73,5 | 76,3 | 74,7 |
| R_23 | Indurama | Av. de las Américas | Don Bosco | 74,6 | 76,9 | 74,3 | 78 | 77,2 | 74,2 |
| R_24 | Control Sur | Av. de las Américas | Circunvalación Sur | 77 | 74,6 | 76,9 | 76,1 | 78,7 | 73,9 |

Fuente: Información generada en el proyecto

El sector de Gapal se caracteriza por la presencia mayoritaria de vivienda pero también se encuentran actividades comerciales dentro de las que se destacan: tiendas de barrio, papelerías y útiles escolares, panaderías, servicios de internet y telefonía, fabricación de productos de hierro, talleres de reciclaje de hierro, servicios de alimentación, servicios de salud, estaciones e servicios y museos. Entre los equipamientos más relevantes del sector está: la unidad de policía comunitaria, la estación de servicio Gapal y el centro de servicios Gapal de ETAPA-EP.

El uso del suelo que predomina en la zona de los Tres Puentes es la vivienda sin embargo, se pueden encontrar: tiendas de barrio, depósitos de gas licuado de petróleo, panaderías, depósitos de madera, carpinterías y ebanisterías, locales para expendio de cárnicos y el biocorredor del río Yanuncay. Se considera al local *Bocatti Delicatessen* como el equipamiento más influyente en el sector.

El sector de la Libertad y el camino al Tejar evidencia una presencia mayoritaria de vivienda y algunas actividades comerciales que para el caso del punto R-15, estas actividades prevalecen a lo largo de la avenida Ordoñez Lazo pudiéndose encontrar: tiendas de barrio, panaderías, servicios de alimentación, locales de internet y cabinas telefónicas.

En relación a la Plaza *Bocatti*, el uso del suelo predominante es la vivienda, sin embargo, existe una marcada dinámica comercial sobre todo a nivel de la avenida Gonzales Suarez. En la zona se pueden encontrar: tiendas de barrio, canchas deportivas, gabinetes de belleza, servicios de alimentación, papelerías, servicios de internet y cabinas telefónicas, servicios financieros y panaderías. Entre los equipamientos mas relevantes están el Centro Comercial Gran Aki y la Plaza *Bocatti*.

El sector del Control Sur se caracteriza por la presencia de vivienda en su mayoría y algunas actividades comerciales en la avenida de las Américas y en la avenida Ricardo Durán principalmente en los alrededores del intercambiador de tráfico. En la zona se puede encontrar: tiendas de barrio, servicios de alimentación, servicios de internet y cabinas telefónicas, mini comisariatos, panaderías y dulcerías. Como equipamiento relevante se destaca la estación de servicio Terpel.

Finalmente, el sector Indurama se caracteriza por la presencia de vivienda con una importante actividad comercial a lo largo de la avenida de las Américas y la avenida Don Bosco. De acuerdo a la ordenanza de uso y ocupación del suelo vigente, la zona es residencial, en virtud de lo cual existe una consolidación de viviendas en el sector. Sin embargo y dadas las tendencias comerciales actuales, se ha producido una proliferación de comercios y negocios, sobre todo en los predios localizados a los costados de las vías principales. En el área se pueden encontrar: tiendas de barrio, pollerías, restaurantes, picanterías, farmacias, papelerías, bazares, locales de compra y ventas de vehículos, talleres de alineación y balanceo de llantas, talleres mecánicos, zapaterías, locales para alquiler de videos, supermercados, distinción de productos veterinarios, exhibición de muebles, ferreterías, gimnasios, entre otras. En la zona se localizan importantes equipamientos como son: Indurama, la estación de servicio P&S, la Megatienda del Sur y el local de PLACACENTRO.

La normativa vigente de uso y ocupación del suelo asigna a la Av. De las Américas (sector S-20, O-19, S-21, ejes urbanos) los usos relacionados con el comercio, servicios generales y la vivienda en tanto que, a los costados de la misma se establece un uso residencial.

Nivel de presión sonora.- La zona residencial mixta abarcó siete sitios de monitoreo con mediciones realizadas en horarios diurno y nocturno.

Casi todos los sitios evaluados no cumplen con los límites de ruido establecidos, únicamente el sector La Libertad presenta cuatro de las seis mediciones por debajo del umbral de los 55 decibeles para el período diurno y 45 decibeles para el nocturno (véase gráfico correspondiente a la zona residencial mixta).

El punto que registra la mayor presión sonora en las mediciones es el sector del antiguo control sur con 76,20 decibels seguido muy de cerca por el sector de Indurama con 75,87 decibels promedio. En ambos casos se supera el límite permisible por más de 20 decibels. Esta situación está ligada al alto tráfico vehicular que soporta esta arteria vial además de ser el único desfogue en buenas condiciones que tiene la ciudad para la parte sur de la provincial del Azuay. Las actividades comerciales de la zona también influyen directamente en la disminución de la calidad ambiental y el aumento de la presión sonora.

El sitio con las mediciones de ruido más bajas tanto en horario diurno como nocturno se atribuye al sector de La Libertad que en promedio registra 53,68 decibels.

En promedio, el horario que denota mayor presión sonora es el de las 7h00 horas, registrando valores de 72,7 decibels, 17,7 decibels por encima de lo estipulado en la normativa (55 dB). Los horarios de las 7h00 y 15h00 horas presentan en promedio niveles de ruido similares con más de 72 decibels en ambos casos.

El sector de los Tres Puentes soporta un nivel de ruido promedio de 73,43 decibels, superando en 18,43 decibels el límite establecido. Esta situación estaría influenciada en gran manera por los cuernos de botella vehiculares que se generan en el sector sobre todo durante el día.

De igual manera, el sector de la Plaza *Bocatti* registra un ruido diurno promedio de 74,55 decibels. Los valores de ruido registrados durante el día se mantienen por encima de los 73 decibels, esta situación puede ser atribuida a la dinámica comercial del entorno descrita en los párrafos anteriores. Ver **Anexo N° 7.- Listado de puntos con mediciones altas (picos).**

Gráfico N° 6.7
Presión sonora – Zona residencial mixta_1

Niveles de ruido registrado en la zona residencial mixta

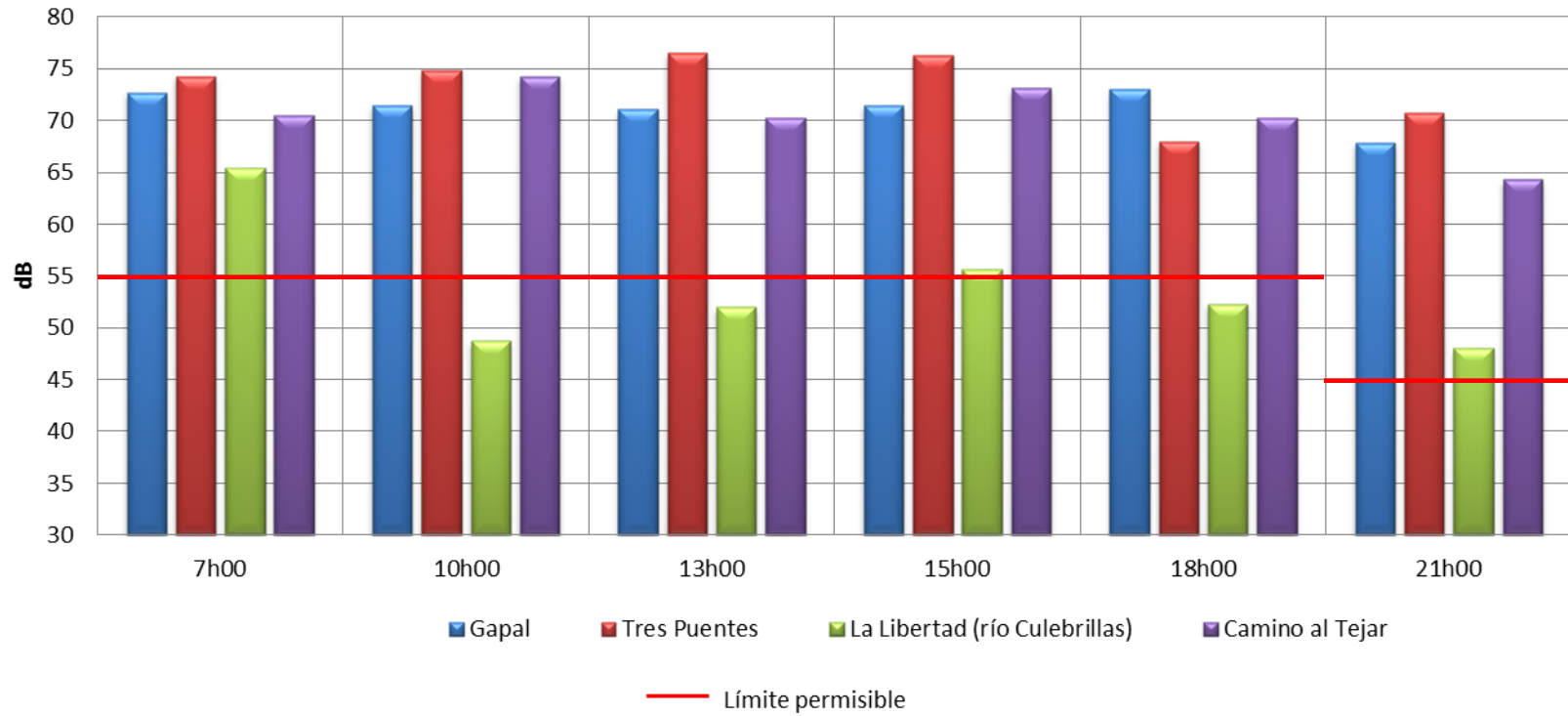
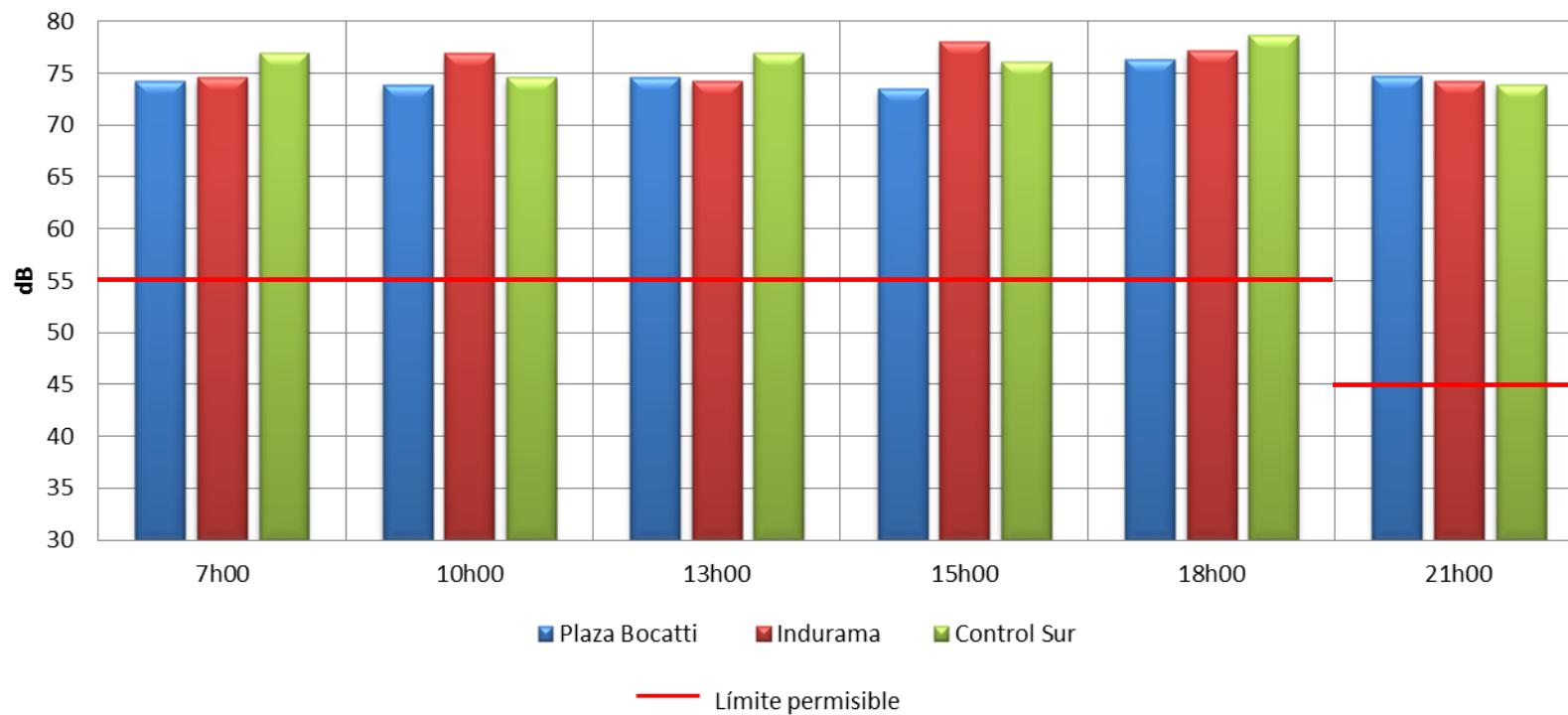


Gráfico N° 6.8
Presión sonora – Zona residencial mixta_2

Niveles de ruido registrado en la zona residencial mixta



6.3 Evaluación de resultados con la zonificación basada en la ordenanza de uso y ocupación del suelo

Adicionalmente a la evaluación realizada en el numeral anterior (6.2), se ha incorporado el presente acápite con el propósito de realizar una comparación del comportamiento de las emisiones sonoras tomando en cuenta los límites establecidos en el TULAS, pero con la zonificación determinada en la ordenanza vigente de uso y ocupación del suelo del cantón Cuenca. Para el efecto, la zonificación sería la siguiente:

Cuadro N° 6.11
Zonificación de acuerdo a la ordenanza de uso y ocupación del suelo

| N° | Punto medido (sector) | Zonificación de acuerdo a la ordenanza | Calificación asumida |
|------|---|--|----------------------|
| R_01 | Estadio | Comercio, servicios generales y vivienda | Comercial |
| R_02 | Gapal | Vivienda | Residencial |
| R_03 | Aeropuerto | Comercial y vivienda | Comercial Mixta |
| R_04 | Tres Puentes | Vivienda | Residencial |
| R_05 | Frutillados (Remigio Crespo) | Vivienda | Residencial |
| R_06 | Hospital Regional | Vivienda | Residencial |
| R_07 | Chaullabamba | Vivienda | Residencial |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | Camino especial | Residencial |
| R_09 | Monumento a la familia | Vivienda | Residencial |
| R_10 | Graiman | Industria de alto impacto (Tipo B) | Industrial |
| R_11 | Camal | Vivienda | Residencial |
| R_12 | Camino a Ochoa Leon | Vivienda | Residencial |
| R_13 | La Libertad | Vivienda | Residencial |
| R_14 | Los Cerezos Alto | Servicios industriales e industria de mediano impacto y también vivienda | Industrial |
| R_15 | Camino al Tejar | Vivienda | Residencial |
| R_16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | Vivienda | Residencial |
| R_17 | El Cebollar | Vivienda | Residencial |
| R_18 | Hospital del IESS | Vivienda y Forestal | Residencial |
| R_19 | Plaza Bocatti | Vivienda | Residencial |
| R_20 | Col. Sagrados Corazones | Vivienda | Educativa |
| R_21 | Feria Libre | Equipamiento urbano mayor, de abastecimiento, comercio y vivienda | Comercial Mixta |
| R_22 | Estación de servicio Trinita (Isabela Católica) | Vivienda | Residencial |
| R_23 | Indurama | Vivienda | Residencial |
| R_24 | Control Sur | Vivienda | Residencial |
| R_25 | ETAPA (Gran Colombia) | Gestión y Administración | Comercial |
| R_26 | Cristo Rey | Vivienda | Residencial |
| R_27 | Chola Cuencana | Comercial y vivienda mas Gestión y Administración | Comercial Mixta |
| R_28 | Vía Baños | Servicios industriales e industria de mediano impacto | Industrial |
| R_29 | Bajada Centenario | Gestión y Administración | Comercial |
| R_30 | Totoracocha | Servicios industriales e industria de mediano impacto (A) y vivienda también | Industrial |

Fuente: Información generada en el proyecto

De acuerdo a la ordenanza de uso y ocupación del suelo vigente en la ciudad de Cuenca, se han encontrado las siguientes zonas de monitoreo y evaluación de información:

Cuadro N° 6.12
Zonas a evaluar según uso y ocupación del suelo en el marco del TULAS

| Zona | Número de puntos |
|--------------------------|------------------|
| Hospitalaria y educativa | 1 |
| Residencial | 19 |
| Residencial mixta | 0 |
| Comercial | 3 |
| Comercial mixta | 3 |
| Industrial | 4 |
| TOTAL | 30 |

Fuente: Información generada en el proyecto

Con la información levantada se ha podido realizar una evaluación de las emisiones sonoras y los límites establecidos en el TULAS para la zonificación que se practicó desde el punto de vista de la ordenanza de uso y ocupación del suelo, mostrándose en los siguientes cuadros los puntos y las horas en las cuales se está dentro de la normativa ambiental vigente, la clasificación se realizó por sector.

Cuadro N° 6.13
Puntos levantados en zona residencial

| N° | Punto medido (sector) | Calificación asumida | Promedio de la medición de ruido en dB (Lavg) | | | | | |
|------|---|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_02 | Gapal | Residencial | 72,7 | 71,5 | 71,1 | 71,5 | 73,0 | 67,9 |
| R_04 | Tres Puentes | Residencial | 74,3 | 74,8 | 76,5 | 76,3 | 68,0 | 70,7 |
| R_05 | Frutilados (Remigio Crespo) | Residencial | 71,9 | 72,2 | 72,4 | 72,3 | 76,0 | 70,6 |
| R_06 | Hospital Regional | Residencial | 66,0 | 66,8 | 66,5 | 67,4 | 73,2 | 64,2 |
| R_07 | Chaulabamba | Residencial | 77,4 | 72,6 | 75,3 | 75,1 | 72,9 | 70,6 |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | Residencial | 80,7 | 77,1 | 76,5 | 76,8 | 76,5 | 74,9 |
| R_09 | Monumento a la familia | Residencial | 72,5 | 75,3 | 71,0 | 70,2 | 72,3 | 60,3 |
| R_11 | Camal | Residencial | 55,3 | 56,7 | 69,9 | 62,1 | 61,8 | 62,8 |
| R_12 | Camino a Ochoa Leon | Residencial | 36,6 | 55,6 | 45,9 | 57,1 | 49,8 | 49,7 |
| R_13 | La Libertad | Residencial | 65,4 | 48,7 | 52,0 | 55,7 | 52,3 | 48,0 |
| R_15 | Camino al Tejar | Residencial | 70,5 | 74,3 | 70,2 | 73,1 | 70,2 | 64,3 |
| R_16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | Residencial | 74,1 | 68,8 | 62,9 | 63,6 | 65,6 | 67,4 |
| R_17 | El Cebollar | Residencial | 69,4 | 72,2 | 76,2 | 72,5 | 73,6 | 55,5 |
| R_18 | Hospital del IESS | Residencial | 74,0 | 71,9 | 77,9 | 72,7 | 72,2 | 74,8 |
| R_19 | Plaza Bocatti | Residencial | 74,3 | 73,9 | 74,6 | 73,5 | 76,3 | 74,7 |
| R_22 | Estación de servicio Trinití (Isabela Católica) | Residencial | 63,9 | 60,2 | 60,8 | 60,6 | 59,7 | 59,2 |
| R-23 | Indurama | Residencial | 74,6 | 76,9 | 74,3 | 78,0 | 77,2 | 74,2 |
| R_24 | Control Sur | Residencial | 77,0 | 74,6 | 76,9 | 76,1 | 78,7 | 73,9 |
| R_26 | Cristo Rey | Residencial | 67,4 | 67,3 | 67,4 | 61,0 | 65,3 | 56,5 |

Fuente: Información generada en el proyecto

De los 30 puntos monitoreados, los 19 pertenecen a la categoría de uso “residencial”, el límite sonoro permitido en esta zona es de 50 dB para el día y 40 dB para la noche. Para los datos

obtenidos se puede observar que únicamente en los puntos R_12 y R_13, el promedio de emisiones sonoras están bajo la norma establecida en el TULAS, en tanto que en los otros puntos, en todos se sobrepasa el límite máximo de lo normado.

Cuadro N° 6.14
Puntos determinados en zona Comercial

| N° | Punto medido (sector) | Calificación asumida | Promedio de la medición de ruido en dB (Lavg) | | | | | |
|------|-----------------------|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_01 | Estadio | Comercial | 72,5 | 73,2 | 73,2 | 72,6 | 72,7 | 67,2 |
| R_25 | ETAPA (Gran Colombia) | Comercial | 74,1 | 69,8 | 72,2 | 68,4 | 69,3 | 66,6 |
| R_29 | Bajada Centenario | Comercial | 75,2 | 74,2 | 74,4 | 73,5 | 74,3 | 66,1 |

Fuente: Información generada en el proyecto

De acuerdo a la presente zonificación, se han determinado tres puntos dentro de la zona comercial, según la norma, el límite máximo permisible para el día es de 60 dB y para la noche es de 50 dB. Como se puede observar en el cuadro anterior, en ninguno de los puntos se cumple con la normativa del TULAS.

Cuadro N° 6.15
Puntos determinados en zona Comercial Mixta

| N° | Punto medido (sector) | Calificación asumida | Promedio de la medición de ruido en dB (Lavg) | | | | | |
|------|-----------------------|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_03 | Aeropuerto | Comercial Mixta | 69 | 71,7 | 74,1 | 70,5 | 74,5 | 69,6 |
| R_21 | Feria Libre | Comercial Mixta | 74,5 | 74,6 | 73,1 | 72,3 | 72,9 | 71,4 |
| R_27 | Chola Cuencana | Comercial Mixta | 73 | 79,5 | 74 | 74,3 | 71,4 | 67,6 |

Fuente: Información generada en el proyecto

Para este tipo de zona “Comercial Mixta”, los límites establecidos en el TULAS, para el día son de 65 dB y para la noche de 55 dB. Los datos obtenidos en los monitoreos nos muestran que en estos sitios, las emisiones sonoras están por encima de la norma.

Cuadro N° 6.16
Puntos determinados en zona Hospitalaria - Educativa

| N° | Punto medido (sector) | Calificación asumida | Promedio de la medición de ruido en dB (Lavg) | | | | | |
|------|-------------------------|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_20 | Col. Sagrados Corazones | Educativa | 78,2 | 75,2 | 75,3 | 73,1 | 77,3 | 77,3 |

Fuente: Información generada en el proyecto

De acuerdo a la ordenanza de uso y ocupación del suelo, el sector del Colegio Sagrados Corazones es el único punto de muestreo que pertenece a este tipo de zona. El límite permisible de emisión sonora para el día es de 45 dB y para la noche es de 35 dB. Como se puede observar en el cuadro anterior, las emisiones de ruido en los seis horarios están por sobre lo establecido en la normativa ambiental del TULAS.

Cuadro N° 6.17
Puntos determinados en zona Industrial

| N° | Punto medido (sector) | Calificación asumida | Promedio de la medición de ruido en dB (Lavg) | | | | | |
|------|-----------------------|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 7h00 | 10h00 | 13h00 | 15h00 | 18h00 | 21h00 |
| R_10 | Graiman | Industrial | 75,4 | 75,5 | 73,2 | 77,0 | 72,9 | 71,7 |
| R_14 | Los Cerezos Alto | Industrial | 70,2 | 62,3 | 70,8 | 76,3 | 72,5 | 64,0 |
| R_28 | Vía Baños | Industrial | 63,8 | 64,0 | 57,6 | 65,9 | 55,9 | 48,1 |
| R_30 | Totoracocha | Industrial | 65,6 | 65,6 | 64,1 | 67,9 | 66,8 | 64,0 |

Fuente: Información generada en el proyecto

Para este tipo de zona, el límite de emisiones establecido para el día es de 70 dB y para la noche es de 65 dB. Como se puede observar en el cuadro anterior, los puntos de muestreos de los sectores R_28 (vía a Baños) y R_30 (Totoracocha), están por debajo de la norma en todos los horarios.

Resumen.- Se puede observar que en los distintos puntos muestreados, ya sea con la zonificación realizada tomando como base la ordenanza de uso y ocupación del suelo, así como la que incorpora además criterios de las dinámicas de cada sector sobre la base de inspecciones realizadas, indican emisiones sonoras elevadas que por lo general están sobre la norma establecida por el Texto unificado de legislación ambiental.

Si bien existen casos muy puntuales, como es el sitio de monitoreo R_30 (Totoracocha) que, de acuerdo a la ordenanza de uso del suelo le corresponde un uso industrial con un límite de emisiones de 70 dB en el día, según los datos levantados estarían dentro de la norma, sin embargo, si se analiza la dinámica del lugar la zona es residencial, con lo cual los límites permisibles son menores (para el día 50dB), con lo cual no estaría cumpliendo con la normativa local.

De los resultados obtenidos se recomienda que para la zonificación, si bien existe una ordenanza de uso y ocupación del suelo, sin embargo, las características urbanas en cuanto a su comportamiento varían día a día, por lo que es necesario realizar inspecciones periódicas a los sitios de muestreo y analizar la presencia o no de ciertas actividades que irán dando su calificación, para de esta manera continuar en el proceso de evaluación de emisiones a lo largo del tiempo.

6.4 Comparación de datos levantados actuales con los obtenidos en el proyecto del Índice de la calidad ambiental de la ciudad de Cuenca – ICAUC.-

Como se había indicado en los antecedentes del presente documento, para la realización del mapa de ruido se partió de información obtenida del proyecto desarrollado en el año 2010 denominado ICAUC, el cual sirvió para el establecimiento de los sitios de muestreo, ya que se asumieron 20 de las estaciones de monitoreo planteadas por el proyecto ICAUC y se adicionaron 10 nuevas estaciones.

Con el propósito de establecer comparaciones de las emisiones sonoras que se generan en la ciudad de Cuenca, a continuación se presenta un cuadro comparativo con la información que fuera levantada en el año 2010 y la que se obtuvo en el presente año con el proyecto actual, para

las 20 estaciones que se han mantenido en común, así como en los horarios que también coinciden, es decir a las 13h00 y 18h00.

Cuadro N° 6.18
Comparación de datos levantados actuales vs los del ICAUC

| Cod_med | SECTOR | Actual | ICAUC | Actual | ICAUC |
|---------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 13h00 (Lavg) | 18h00 (Lavg) | 13h00 (Lavg) | 18h00 (Lavg) |
| R_01 | Estadio | 73,2 | 69,1 | 72,7 | 69,4 |
| R_02 | Gapal | 71,1 | 67,9 | 73,0 | 70,1 |
| R_03 | Aeropuerto | 74,1 | 74,2 | 74,5 | 74,6 |
| R_04 | Tres Puentes | 76,5 | 69,2 | 68,0 | 68,6 |
| R_05 | Frutillados (Remigio Crespo) | 72,4 | 62,6 | 76,0 | 72,1 |
| R_06 | Hospital Regional | 66,5 | 66,4 | 73,2 | 67,1 |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | 76,5 | 45,5 | 76,5 | 48,6 |
| R_10 | Graiman | 73,2 | 73,0 | 72,9 | 76,8 |
| R_11 | Camal | 69,9 | 77,5 | 61,8 | 77,5 |
| R_14 | Los Cerezos Alto | 70,8 | 65,4 | 72,5 | 62,6 |
| R_19 | Plaza Bocatti | 74,6 | 74,3 | 76,3 | 73,5 |
| R_20 | Col. Sagrados Corazones | 75,3 | 71,8 | 77,3 | 72,4 |
| R_21 | Feria Libre | 73,1 | 71,9 | 72,9 | 72,1 |
| R_22 | Estación de servicio Trinité (Isabela Católica) | 60,8 | 55,0 | 59,7 | 54,0 |
| R_23 | Indurama | 74,3 | 76,3 | 77,2 | 76,5 |
| R_26 | Cristo Rey | 67,4 | 53,8 | 65,3 | 52,2 |
| R_27 | Chola Cuencana | 74,0 | 57,1 | 71,4 | 58,5 |
| R_28 | Vía Baños (Juan Larrea) | 57,6 | 49,1 | 55,9 | 50,1 |
| R_29 | Bajada Centenario | 74,4 | 68,3 | 74,3 | 68,3 |
| R_30 | Totoracocha | 64,1 | 62,9 | 66,8 | 64,2 |

Fuente: Información generada en el proyecto y la del ICAUC – CGA_2010

De los 20 puntos de muestreo se observa que en un 60% de los puntos las emisiones sonoras han subido, sobresaliendo las emisiones producidas en el sitio de muestreo R_08 (Lagunas de oxidación) el mismo que fue considerado como punto blanco en el estudio del ICAUC con emisiones iniciales de 45,5 dB, y; que en la actualidad está con valores de 76,5 dB, lo que representa que las emisiones se han incrementado en un 68%.

En el sector de la Chola Cuencana (R_27), las emisiones se han incrementado en un 30% y en el sector de Cristo Rey (R_26) se han incrementado en un 26%, en los puntos restantes los incrementos están en el orden del 10 al 15%.

En 7 de las estaciones las emisiones han mantenido de manera aproximada sus valores de emisiones como es el caso de los puntos: R_03 (aeropuerto), R_04 (Tres puentes), R_10 (Graiman), R_19 (Plaza Bocatti), R_21 (Feria Libre), R_23 (Indurama), R_30 (Totoracocha).

En el sector del R_11 (Camal), las emisiones sonoras han disminuido en un 10%.

6.5 Análisis de los picos altos registrados en las estaciones

Como se ha indicado en numerales anteriores, el período de tiempo de levantamiento de datos fue de 15 minutos en cada estación de monitoreo en cada horario, por lo que se ha determinado

los valores máximos registrados en cada período con el propósito de establecer el comportamiento de las emisiones durante este período.

Como se conoce el sonómetro permite comprobar y medir la peculiaridad del comportamiento de cada lugar así como cuantificar los puntos álgidos, los momentos de mayor calma, los gritos o los silencios provocados por los transeúntes en general consiguiendo así, dar una precisa lectura numérica de la evolución del ruido ambiente.

El sonómetro mide los decibeles (dB) correspondientes a los valores máximo, promedio y mínimo registrados durante el período de medición, siendo el valor promedio (Lavg) el que se compara con la normativa técnica.

Si bien el Lavg es una medida que se ha generalizado y se utiliza habitualmente en todos los países que miden las condiciones sonoras, es un indicador que para algunos expertos en acústica denota falencias puesto que no llegan a valorar el grado de molestia real sobre la población. Ante esta situación, el partir del Lmáx obtenido podría ser una primera aproximación en este sentido. Por cada una de las estaciones de monitoreo se han determinado los valores Lmáx y los picos que se han presentado. *Ver Anexo N° 7.- Puntos altos ruido*, sin embargo a continuación se resume los valores máximos encontrados en las estaciones:

Cuadro N° 6.19
Datos máximos (picos) por cada estación de monitoreo

| Código | Sector | Horario | Lmax | Lmin | Lavg | Valores Altos |
|--------|-------------------------------------|---------|-------|------|------|---|
| R_01 | El Estadio | 10h00 | 93,5 | 58,9 | 73,2 | 10:04:46 -> 93.50 |
| R_02 | Gapal | 18h00 | 88,3 | 56,0 | 73,0 | 17:52:47->86.00, 18:00:47 -> 88.30 |
| R_03 | Aeropuerto | 18h00 | 98,8 | 60,9 | 74,5 | 18:06:48->89.60, 18:07:48->89.80 |
| R_04 | Tres puentes | 13h00 | 91,8 | 66,2 | 76,5 | 13:10:11->91.80, 13:13:11->87.00 |
| R_05 | Remigio Crespo | 18h00 | 99,6 | 55,9 | 76,0 | 18:02:25->99.60 |
| R_06 | Hospital Regional | 18h00 | 95,6 | 57,2 | 73,2 | 18:12:39->95.60 |
| R_07 | Challuabamba | 7h00 | 95,7 | 58,2 | 77,4 | 7:21:39->95.70, 7:30:39->93.70 |
| R_08 | Lagunas de oxidación | 15h00 | 91,4 | 60,8 | 76,8 | 15:15:56->91.40 |
| R_09 | Monumento a la Familia | 10h00 | 93,4 | 52,8 | 75,3 | 9:58:38->93.40, 10:03:38->88.30 |
| R_10 | Parque Industrial - Graiman | 15h00 | 99,8 | 58,1 | 77 | 14:56:16->99.80 |
| R_11 | Parque Industrial - Camal | 13h00 | 89,5 | 35,8 | 69,9 | 13:16:13->89.50 |
| R_12 | Camino a Ochoa León | 21h00 | 78,1 | 27,2 | 49,7 | 21:11:50->78.10, 21:19:50->65.10 |
| R_13 | La Libertad | 7h00 | 91,3 | 40,8 | 65,4 | 7:15:19->71.70, 7:39:19->91.30 |
| R_14 | Los Cerezos | 15h00 | 98,6 | 41,4 | 76,3 | 15:21:14->98.20, 15:22:14->98.60 |
| R_15 | Camino al Tejar | 7h00 | 98,8 | 47,0 | 70,5 | 7:13:02 ->87.10, 7:15:02->89.80 |
| R_16 | Vía a Sinicay (camino a Miraflores) | 7h00 | 89,5 | 47,3 | 74,1 | 7:17:14->86.70, 7:18:14->89.50 |
| R_17 | El Cebollar | 13h00 | 100,0 | 48,9 | 76,2 | 13:00:45->88.5, 13:01:48->88.6, 13:05:48->88.30 |
| R_18 | Hospital del IESS | 7h00 | 90,6 | 60,9 | 74,0 | 7:05:23->90.60, 7:06:23->89.90 |
| R_19 | Plaza Bocatti | 21h00 | 100,6 | 49,9 | 74,7 | 21:11:25->100.6 |
| R_20 | Sagrados Corazones | 7h00 | 96,7 | 62,8 | 78,2 | 7:21:20->96.70, 7:30:20->94.20 |
| R_21 | Feria Libre | 18h00 | 94,4 | 54,0 | 72,9 | 18:08:29->94.40 |
| R_22 | Lope de Vega | 7h00 | 82,7 | 40,2 | 63,9 | 7:10:39->82.70, 7:17:39->77.80 |
| R_23 | Indurama | 15h00 | 94,9 | 54,8 | 78,0 | 15:07:41->91.20, 15:14:41->94.90, 15:16:41->91.10 |
| R_24 | Control Sur | 18h00 | 95,5 | 60,1 | 78,7 | 18:10:39->95.50, 18:18:39->92.60 |
| R_25 | ETAPA (Gran Colombia) | 7h00 | 89,9 | 57,3 | 74,1 | 7:09:48->89.50, 7:22:48->89.80 |
| R_26 | Cristo Rey | 18h00 | 95,1 | 42,3 | 65,3 | 18:15:33->64.60, 18:20:33->63.00 |
| R_27 | Chola cuencana | 7h00 | 90,1 | 56,3 | 73,0 | 6:57:19->90.10 |
| R_28 | Juan Larrea | 7h00 | 90,0 | 40,7 | 63,8 | 7:23:56->90.00 |
| R_29 | Centenario | 7h00 | 98,2 | 51,5 | 75,2 | 6:50:17->91.60 |
| R_30 | Totoracocho | 15h00 | 89,3 | 44,2 | 67,9 | 15:06:13->84.70, 15:08:13->89.30 |

Fuente: Información generada en el proyecto

6.6 Análisis de legislación

Con el propósito de establecer comparaciones con relación a los límites establecidos para las emisiones de ruido en las distintas ciudades, se ha procedido a revisar la legislación de algunas ciudades y países de Latinoamérica.

6.6.1 Ciudades de la Argentina.- Si bien la legislación contempla el establecimiento de límites permisibles para las personas que están en contacto con fuentes emisoras por motivo de su trabajo, éstas se regulan en los Reglamentos de salud y seguridad laboral, de manera similar a la establecida en la legislación ecuatoriana, a su vez las emisiones al ambiente tienen sus propias ordenanzas y reglamentaciones.

Partamos de la revisión de la Ordenanza N° 8.167/86 de la ciudad de Córdoba, de manera general regula la prohibición de causar o estimular ruidos innecesarios o excesivos, así como vibraciones, capaces de afectar a las personas.

Cuadro N° 6.20

Listado de ruidos considerados innecesarios por decreto reglamentario N° 40/86 de la ciudad de Córdoba

| | Ruidos Innecesarios |
|---|---|
| a | Circulación de vehículos con tracción mecánica desprovistos de silenciador de escape. |
| b | La circulación de vehículos que produzcan ruidos por arrastre de objetos |
| c | La circulación de vehículos que provoquen ruidos debido a ajustes defectuosos o desgaste del motor, frenos, carrocerías rodajes u otras partes del mismo; carga mal distribuida o asegurada, etc. |
| d | La circulación de vehículos dotados con bocinas de tonos múltiples o desagradables, salvo si fueren de dos tonos graves con un intervalo musical; bocinas de aire comprimidos, sirenas o campanas salvo que fueran necesarias debido al servicio público que prestan (vehículos policiales, de bomberos, hospitalarios, etc.) |
| e | El uso de bocinas, silbatos, sirenas o cualquier elemento, salvo en casos de emergencia para evitar accidentes de tránsito |
| f | El uso de bocinas, campanas, silbatos u otros dispositivos sonoros cuando se circula por zona de restricción a velocidad inferior a 20 km/h o vehículos detenidos |
| g | Acelerar a fondo vehículos, aún so pretexto de ascender por calles empinadas, calentar o probar motores, etc. |
| h | Mantener los vehículos con el motor en marcha a altas revoluciones. |
| i | El armado e instalación por particulares de tarimas, cercas, quioscos o cualquier otro implemento en ámbitos públicos entre las 22:00 y 7:00 horas. |
| j | Toda clase de propaganda por difusión comercial realizada de viva voz con altavoces, tanto del interior de locales y hacia el ámbito público como desde su exterior, sea efectuada mediante vehículos o sin ellos. <i>Se excluye de esta prohibición el pregón de diarios entre las 7:00 y 22:00 horas.</i> |
| k | El patinaje en ámbitos públicos, salvo en lugares especialmente destinados para ello |
| l | La utilización de fuegos de artificio, ejecución de cantos o músicas en ámbitos públicos, salvo casos excepcionales, previamente autorizados por la autoridad competente. |
| m | El funcionamiento de cualquier tipo de maquinaria, motor o herramienta fijada rígidamente a paredes medianeras y/o elementos estructurales ligados a las mismas |
| n | La operación de carga o descarga de bultos u objetos que se realice en la vía pública y que produzca ruidos reiteradamente molestos dentro del lapso comprendido entre las 22:00 y 7:00 horas |
| ñ | Cualquier otro acto, hecho o actividad semejante a los enumerados precedentemente que se incluya mediante posterior reglamentación |

La reglamentación anterior que prohíbe ruidos que son considerados innecesarios, es utilizada en las distintas ciudades de la Argentina con una u otra variación de forma pero en el fondo el espíritu de las reglamentaciones es similar.

Con relación al establecimiento de límites máximos o mínimos a continuación se detallan las reglamentaciones asumidas por las ciudades de Córdoba y Rosario que son las que tienen un mayor grado de limitación y detalle con relación a otras ciudades de la Argentina.

Cuadro N° 6.21

Detalle de los valores máximos del ruido ocasionado por diversas categorías de vehículos, por encima de los cuales se consideran ruidos excesivos (según decreto reglamentario N° 40/86 de la Ciudad de Córdoba) y (decreto – ordenanza N° 46.542/72 de la ciudad de Rosario).

| Vehículos | Ciudad de Córdoba Niveles de dBA | Ciudad de Rosario Nivel máximo en dBA |
|---|-------------------------------------|--|
| Motocicletas de cualquier tipo | 80 | |
| Motocicletas y motonetas | | 90 - 105 |
| Automotores hasta 3500 kg de tara | 85 | |
| Automóviles, vehículos de carga y del transporte público de pasajeros | | 100 - 125 |
| Automotores de más de 3500 kg de tara y a Diesel | 90 | |
| Ambulancias, vehículos policiales, bomberos y brigadas de servicios públicos de apuntalamiento y derrumbe | | 120 - 140 |

Fuente: Legislación Rosario - Argentina

Elaborado por: Equipo Técnico de la UDA – IERSE

Cuadro N° 6.22

Valores máximos en dBA del ruido ocasionado por fuentes fijas según el ámbito de percepción y el grado de intermitencia, por encima de los cuales se consideran ruidos excesivos (según decreto reglamentario N° 40/86 de la Ciudad de Córdoba). Se considera “Noche” al horario de 22:00 a 7:00 hs y “Día” al horario de 7:00 a 22:00 hs.

| Ámbito de percepción | Ruido Ambiente | | Picos Frecuentes (más de 6/hora) | | Picos escasos (menos de 6/hora) | |
|----------------------|----------------|-----|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| | Noche | Día | Noche | Día | Noche | Día |
| Hospitalario | 35 | 45 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Vivienda | 45 | 55 | 55 | 65 | 65 | 70 |
| Mixto | 50 | 60 | 60 | 65 | 65 | 75 |
| Industria | 55 | 60 | 60 | 70 | 70 | 80 |

Fuente: Legislación Rosario - Argentina

Elaborado por: Equipo Técnico de la UDA – IERSE

Cuadro N° 6.23

Valores máximos en **dB**A del ruido ocasionado por fuentes fijas según el ámbito y el grado de intermitencia, por encima de los cuales se consideran ruidos excesivos (según el Decreto-Ordenanza N° 46.542/72 de la Ciudad de Rosario). Se considera “Noche” al horario de 22:00 a 6:00 hs y “Día” al horario de 6:00 a 22:00 hs

| Ámbito | Ruido Ambiente | | Picos Frecuentes (de 7 a 60/hora) | | Picos escasos (1 a 6/hora) | |
|--------------|----------------|-----|-----------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| | Noche | Día | Noche | Día | Noche | Día |
| Hospitalario | 35 | 45 | 45 | 50 | 55 | 55 |
| Vivienda | 45 | 55 | 55 | 65 | 65 | 70 |
| Mixto | 50 | 60 | 60 | 70 | 65 | 75 |
| Industria | 55 | 65 | 60 | 75 | 70 | 80 |

Fuente: Legislación Rosario - Argentina

Elaborado por: Equipo Técnico de la UDA – IERSE

6.6.2 Normativa Chilena.- De acuerdo al Decreto 146, publicado el 17/04/1998 por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia; Comisión Nacional del Medio Ambiente, establece la “Norma de emisiones de ruidos molestos generados por fuentes fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el Decreto N° 286, de 1984 del Ministerio de Salud” la cual en la parte pertinente establece los siguientes límites:

Cuadro N° 6.24

Niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos (NPC) en dBA lento

| Ámbito | De 7 a 21 Horas | De 21 a 7 horas |
|----------|-----------------|-----------------|
| Zona I | 55 | 45 |
| Zona II | 60 | 50 |
| Zona III | 65 | 55 |
| Zona IV | 70 | 70 |

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile

Zona I.- Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo con los instrumentos de planificación territorial corresponden a: habitacional y equipamiento a escala vecinal.

Zona II.- Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo con los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona I, y además se permite equipamiento a escala comunal y/o regional.

Zona III.- Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo con los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona II, y además se permite industria inofensiva.

Zona IV.- Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo con los instrumentos de planificación territorial corresponden a industrial, con industria inofensiva y /o molesta.

6.6.3 Normativa Colombiana.- El Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial con Resolución 027 del 7 de abril de 2006, reglamenta lo establecido en el Decreto Ley 2811 y la

Ley 09 de 1979, mediante el cual el Ministerio de Salud emite la Resolución 8321 la cual establece normas de Protección y Conservación de la audición, de la salud y bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.

De las disposiciones generales se emana que el horario de análisis es:

- Diurno: Desde las 7:01 a las 21:00
- Nocturno: De las 21:01 a las 7:00

Cuadro N° 6.25
Estándares permisibles de niveles de emisión de ruido (dBA)

| Sector | Subsector | Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido dBA | |
|--|---|---|----------|
| | | Día | Noche |
| Sector A.- Tranquilidad y silencio | Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos | 55 | 45 |
| Sector B.- Tranquilidad y ruido moderado | Zonas residenciales o exclusivamente destinados para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación. Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre. | 65 | 55 |
| Sector C.- Ruido intermedio restringido | Zonas con usos permitidos industriales, como industriales 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 e institucionales. Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos al aire libre. | 65 80 | 55 75 |
| Sector D.- Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado | Residencial suburbana, rural habitada destinada a explotación agropecuaria, zonas de recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales. | 55 | 50 |

Fuente: Normativa Colombiana

6.6.4 Resumen.- De la información legal revisada se puede determinar que los límites establecidos en la normativa nacional están en concordancia con la media de los valores utilizados a nivel latinoamericano. En general se puede observar que la normativa de las ciudades Argentinas es más restrictiva que la del Ecuador, en tanto que la normativa de Colombia tiene límites permisibles más altos de acuerdo a los usos del suelo a los que reglamenta.

6.7 Conclusiones y recomendaciones

El 99% de los puntos no cumplen o cumplen parcialmente los límites permisibles de ruido ambiente establecido en el TULAS. La presión sonora sobre zonas escolares y hospitalarias según los datos del estudio es alarmante y sugiere la necesidad de plantear políticas que logren revertir esta situación.

Los niveles de ruido percibidos en sectores residenciales son igualmente preocupantes, sobre todo si las zonas son consideradas como de reposo y descanso para las personas. Las dinámicas comerciales y la infraestructura presente en cada sector estarían influenciando de manera significativa los niveles sonoros en cada punto.

Algunos estudios realizados a nivel mundial sobre las fuentes de ruido urbano, revelan que el 70% del ruido presente es atribuido al tráfico vehicular y la movilidad colectiva (Platzer et al., 2007)¹. No se descarta la posibilidad que situación similar se esté produciendo en la ciudad de Cuenca.

El análisis del ruido urbano en el estudio realizado para determinar el índice de calidad ambiental urbana a través de indicadores ambientales y los resultados obtenidos en el presente trabajo, evidencian que actualmente el ruido urbano es un problema latente en la ciudad de Cuenca.

Si bien no existe una red de monitoreo de ruido establecida, ni diagnósticos periódicos sobre calidad acústica urbana, los resultados en los estudios sugieren que los altos niveles de ruidos estarían presentándose de manera periódica en la ciudad.

Se recomienda tomar en consideración la importancia de la valoración del ruido en los procesos de planificación urbana la necesidad de incrementar los espacios verdes y masas arbóreas como barreras naturales a la contaminación acústica.

Es indispensable mejorar el control y cumplimiento de la ordenanza que regula y controla la ocupación de las vías públicas por los vehículos motorizados dentro del cantón Cuenca y funcionamiento del Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado y Parqueo indebido (SERT) y que fue aprobada el 12 de julio de 2012. Parte de los problemas de ruido están ligados al embotellamiento vehicular de ciertas zonas producto de la carga y descarga de vehículos fuera del horario permitido.

Si bien la ley de tránsito y transporte en su capítulo V. Art. 191, fija los límites de velocidad urbanos para transporte liviano, público y de carga, no fue sino hasta el 25 de julio de 2012 que el reglamento general para su cumplimiento fue aprobado. Por esta razón es imperativo que los futuros análisis de ruido urbano tengan en cuenta esta consideración sobre todo si se compara con monitoreos anteriores a esa fecha.

¹ Platzer, L. Iñiguez, R. Cebo, J. Ayala, F. 2007. Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. Revista de otorrinolaringología. Cir. Cabeza Cuello; 67:122-128.

7 DISEÑO DE LA RED DE VIGILANCIA DE RUIDO PARA CUENCA

7.1 Antecedentes

La contaminación ha existido siempre y con el apareamiento del hombre, ésta se ha vuelto inherente a las actividades del ser humano. Con el pasar de los años, el continuo aumento de la población mundial y la preocupación de ciertos sectores sobre la salud de la población en general, han propiciado que últimamente se le preste mayor interés a las temáticas ambientales.

Hoy en día comienzan a aparecer una serie de estudios que ya evidencian un marcado deterioro en la salud de la población como consecuencia del deterioro ambiental de ciertos sectores o la presencia de contaminantes en una u otra región.

En la actualidad, el ruido ambiental se ha convertido en uno de los contaminantes más molesto de las sociedades, tanto de países desarrollados como de aquellos en vías de desarrollo. El ruido incide directamente sobre el bienestar de la población y sobre su calidad de vida. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo define como un tema de Salud Pública importante. Más del 80% de las personas que habitan en ciudades se encuentran diariamente expuestas a una presión sonora superior a la recomendable.

El ruido debe ser entendido como todo sonido no deseable, desagradable, cuya sensación y percepción afectan el bienestar de las personas. Se denomina ruido urbano al originado por fuentes sonoras localizadas en un área urbana y cuya propagación se produce dentro de la ciudad. En consecuencia para que el sonido pueda ser considerado un ruido, no sólo debe existir ruido como tal sino una población expuesta.

La población sometida constantemente al ruido, experimentan serios trastornos fisiológicos que van desde la pérdida de la capacidad auditiva, la alteración de la actividad cerebral, afecciones cardiacas y respiratorias, hasta trastornos gastrointestinales. Adicionalmente, la sociedad experimenta alteraciones conductuales como la perturbación del sueño, dificultades de comunicación, irritabilidad, agresividad, además de problemas para desarrollar la atención y concentración mental.

De las fuentes de ruido urbano, los vehículos motorizados son responsables de aproximadamente el 70% del ruido presente en las ciudades, y de él, el mayor aporte lo representan los vehículos de mayor tamaño, entre ellos el transporte público. Un segundo grupo lo constituyen las denominadas fuentes fijas como son las industrias, la construcción, los talleres, centros de recreación, etc. Dentro de los agentes de menor impacto con ocurrencia esporádica de eventos están: los gritos de los niños, conciertos al aire libre, ferias, vendedores callejeros, sonidos de animales domésticos, desfiles, etc. (Platzer, Iñiguez, Cevo, & Ayala, 2007)

En varias localidades se han propuesto un sin número de medidas para combatir el problema, todas ellas con sus defensores y detractores. La sustitución del transporte privado por el público, sobre todo si es a base de automotores, no convence a muchos por cuanto provocan un ruido de cerca de 90 dB durante el arranque; a velocidades constantes, los autobuses siguen siendo los vehículos más ruidosos. A este hecho se suman las motos de 150cc, 250cc y demás cilindrajés,

muchas de ellas no diseñadas para la ciudad. Aunque pareciera extraño, el automóvil sigue siendo el vehículo menos ruidoso, sin embargo, es el número de automotores que transitan por un punto a una hora determinada (alto tráfico vehicular y congestiones) lo que lo vuelve un problema.

El diseño urbano también está íntimamente relacionado con la proliferación del ruido. Las calles conformadas por fachadas continuas a ambos lados de las mismas, provocan un aumento considerable del nivel de ruido por el efecto “cañón”. Dentro de este mismo contexto, una planificación de ciudad que no considere patrones de movilidad, está condenada al fracaso. La necesidad de prever volúmenes de tráfico futuro en arterias críticas, el diseño o rediseño de la malla vial urbana y la identificación de las necesidades de movilidad de la población, permitirá a futuro evitar congestiones vehiculares y emisiones sonoras no deseadas.

Como se puede apreciar, el problema no tiene una sola vertiente por lo que la gestión del ruido es una preocupación importante para políticos, municipios, urbanistas, entidades de salud y demás actores involucrados con la temática. La exitosa gestión del ruido urbano exige medidas de tipo legislativo sólidamente fundamentadas y el aporte del conocimiento técnico y científico actualizado, además de un uso inteligente de los recursos disponibles.

7.2 Objetivo y alcance

Este documento presenta una propuesta de red para vigilancia del ruido en la ciudad de Cuenca. Para el efecto, se revisó el trabajo realizados por la Universidad del Azuay conjuntamente con la Comisión de Gestión Ambiental en el año 2009 denominado “Cálculo del índice de calidad ambiental a través de indicadores ambientales” en donde se realizaron campañas de monitoreo del ruido ambiente en la ciudad de Cuenca en sitios seleccionados. Adicionalmente, se cuenta con la información actualizada para el año 2012 que complementa la levantada en el 2009.

7.3 Gestión del ruido y redes de monitoreo

La adecuada gestión del ruido se basa en una serie de estrategias tanto de nivel técnico como decisiones administrativas. El poder contar con normativa y normas técnicas para ruido ambiente es fundamental sobre todo para el control y cumplimiento obligatorio de los límites permisibles. Adicionalmente, es necesario concienciar a la población en general sobre el tema del ruido urbano y sus implicaciones.

Se considera que, a pesar de que el ruido por tráfico es el que más molesta, es el que menos denuncias produce porque los ciudadanos no sienten que se pueda hacer nada para solucionarlo. Esta es la dimensión subjetiva del ruido tan difícil de controlar.

Dentro de estas estrategias, el primer paso suele ser atribuido a la identificación de las fuentes más importantes de ruido. Una vez identificadas, la medición del ruido debe ser periódica en estos lugares con el objeto de obtener una información que refleje el comportamiento sonoro de la zona. En algunos casos, la inclusión de todas las fuentes puede complicarse sobre todo cuando se tienen limitantes presupuestario o de nivel técnico, en este caso, la mejor estrategia es la de considerar las fuentes más relevantes.

Adicional a la identificación de fuentes emisoras, es necesario monitorear diversos sectores de la ciudad con el fin de entender el comportamiento del ruido urbano y la dinámica de la ciudad. La selección indistinta de sitios de monitoreo que parten de una necesidad de información puede llegar a convertirse en una red piloto de monitoreo cuando reúne criterios técnicos o lo suficientemente documentados. La selección de los puntos de monitoreo es la columna vertebral de la red por lo que los mayores esfuerzos deben estar centrados en esta distribución. A la iniciativa debe sumarse un objetivo de mediano y largo plazo pues caso contrario y sin quitar mérito científico, el trabajo será considerado como un estudio puntual.

El monitoreo cumple un papel importante dentro de la gestión del ruido pues aporta con elementos de carácter científico para la toma de decisiones y desarrollo de políticas y estrategias. Sin embargo, se debe tener presente que el monitoreo tiene limitaciones y en muchos de los casos, las mediciones no son suficientes o pueden resultar poco prácticas para definir el comportamiento acústico de un territorio. Ningún programa de monitoreo, aunque esté bien fundamentado y diseñado, puede aspirar a cuantificar de manera integral los niveles de presión sonora en el espacio y en el tiempo. A pesar de ello, el contar con una red de vigilancia y mantener campañas de monitoreo periódico permitirá evaluar de mejor manera la situación actual y proponer medidas correctivas que busquen mejorar la calidad de vida de la ciudadanía en general.

El segundo paso en la gestión del ruido está relacionado con el control y cumplimiento de los límites fijados. Las medidas a adoptar están íntimamente relacionadas con la visión de ciudad, los resultados de los monitoreos en campo y el cumplimiento de la normativa.

Finalmente, es necesario verificar si los objetivos planteados se están logrando con las medidas adoptados, de ahí que el monitoreo deba ser una tarea periódica.

7.4 Objetivo de la red

La finalidad última de una red de vigilancia de ruido ambiental no es simplemente recopilar datos sino proporcionar la información necesaria para que los científicos, los encargados de formular políticas, las autoridades ambientales y los planificadores, tomen decisiones fundamentadas sobre la gestión y mejoramiento de la calidad acústica.

Los objetivos de la red de vigilancia del ruido para Cuenca serán:

- Vigilar permanentemente la calidad acústica de la urbe y dar cumplimiento de lo establecido en la norma técnica dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental vigente a nivel nacional (TULAS, libro VI - anexo 5), y de las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Generar información para caracterizar la distribución espacial de la contaminación acústica, mediante campañas de medición sostenidas en diferentes zonas de la ciudad
- Identificar las zonas con problemas de contaminación acústica
- Analizar la tendencia a largo plazo

7.5 Normativa

Con miras a combatir los efectos nocivos del ruido, la normativa ecuatoriana ha fijado una serie de métodos y procedimientos destinados a determinar los niveles de ruido sobre el territorio. La norma técnica tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido (Ministerio del Ambiente, 2003).

Para el diseño de la red se revisó el Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

7.5.1 Definiciones referidas en la norma técnica (TULAS)

Decibel (dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

Fuente Fija

Elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio, por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

Generadores de Electricidad de Emergencia

Conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados de manera estática o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias.

Nivel de Presión Sonora

Expresado en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define:

$$NPS = 20 \log_{10} \left[\frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right]$$

Donde: PS es la presión sonora expresada en pascales (N/m²).

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

Nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

Nivel de Presión Sonora Corregido

Nivel de presión sonora que resulta de las correcciones establecidas en la presente norma.

Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

Respuesta Lenta

Respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

Ruido Estable

Ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido Fluctuante

Ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido Imprevisto

Ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

Ruido de Fondo

Ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

Vibración

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

Zona Hospitalaria y Educativa

Aquellas zonas en las que los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

Zona Residencial

Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.

Zona Comercial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo.

Zona Industrial

Aquella zona cuyo uso de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada.

Zonas Mixtas

Zonas en las que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en que se puede verificar la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales.

7.5.2 Límites permisibles contemplados en la norma técnica (TULAS)

Los niveles de presión sonora contemplados en la normativa se expresan en decibeles tal como se detalla a continuación (véase Cuadro 7.1) (Ministerio del Ambiente, 2003).

Cuadro N° 7.1
Niveles máximos de ruido permisible según uso de suelo

| Tipo de zona según uso de suelo | Nivel de presión sonora equivalente | |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| | * NPS eq [dB(A)] | |
| | De 06H00 A 20H00 | De 20H00 A 06H00 |
| Zona hospitalaria y educativa | 45 | 35 |
| Zona residencial | 50 | 40 |
| Zona residencial mixta | 55 | 45 |
| Zona comercial | 60 | 50 |
| Zona comercial mixta | 65 | 55 |
| Zona industrial | 70 | 65 |

* Nivel de presión sonora equivalente en ponderación con escala A

Adicionalmente, la norma considera:

- Los métodos de medición del nivel de presión sonora equivalente, ocasionado por una fuente fija, y de los métodos de reporte de resultados, serán aquellos fijados en esta norma.
- Para fines de verificación de los niveles de presión sonora equivalente estipulados en el cuadro 7.1, emitidos desde la fuente de emisión de ruidos objeto de evaluación, las mediciones se realizarán, sea en la posición física en que se localicen los receptores externos a la fuente evaluada, o, en el límite de propiedad donde se encuentra ubicada la fuente de emisión de ruidos.
- Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos correspondientes a la zona en que se encuentra el receptor.
- En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos en la definición del uso de suelo, para la evaluación de cumplimiento de una fuente fija con el presente reglamento, será la Entidad Ambiental de control correspondiente la que determine el tipo de uso de suelo descrito en el cuadro 7.1.
- Se prohíbe la emisión de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros desde el interior de locales destinados, entre otros fines, para viviendas, comercios, servicios, discotecas y salas de baile, con niveles que sobrepasen los límites determinados para cada zona y en los horarios establecidos en la presente norma.

7.6 Aspectos a considerar en el diseño de la red

Es fundamental definir el objetivo de la red con el fin de lograr un diseño óptimo de la misma. La conformación de objetivos claros ayudará también a definir de mejor manera los objetivos generales del monitoreo, de los procedimientos de medición y de la calidad de los datos. Los objetivos de la red pueden cambiar con el tiempo y las circunstancias, sin embargo, se recomienda contar con datos base que justifiquen cualquier cambio.

No existen reglas definidas para el diseño de una red de vigilancia de ruido ambiental pues finalmente el diseño o ajuste final dependerá de las políticas u objetivos generales del ente de medición y de la disponibilidad de recursos.

Si bien es cierto que una red de monitoreo se diseña en base a un objetivo concreto, es completamente erróneo creer que el diseño final abordará completamente todos los posibles objetivos que se puedan desprender de una red de monitoreo. A pesar de ello, todo diseño tiende a garantizar la máxima información con el mínimo esfuerzo.

7.6.1 Disponibilidad de recursos

Los programas de vigilancia de ruido urbano suelen ser costosos por lo que dentro de un diseño de red, el factor monetario recibe una connotación especial. La disponibilidad de recursos debe ser abordada desde el inicio del proceso de diseño de una red pues de ellos depende la selección del número de sitios de monitoreo, los parámetros de medición, los equipos y la metodología para el levantamiento de datos.

Dentro de esta conceptualización económica es necesario considerar que los costos no son únicamente provenientes de los equipos de monitoreo, sino por el contrario, también se deben considerar los costos de manejo, calibraciones, transportación y sobre todo, los recursos humanos y el tiempo que destinarán para el levantamiento, procesamiento y publicación de la información.

Las redes que operan de manera manual, es decir, con la participación de personal técnico durante el proceso de levantamiento de datos, son las más caras, sin embargo, son también las más versátiles y flexibles. Este tipo de redes son las más fáciles de ajustar ante situaciones emergentes o reestructuraciones. Para ciudades que no cuentan con redes de monitoreo de ruido y en las cuales se pretende empezar a monitorear de manera continua esta variable, se recomienda un diseño de red que opere de forma manual. Sólo cuando la red preliminar haya alcanzado una madurez en términos de producción de información, se podría pensar en utilizar estaciones automáticas de monitoreo de ruido, pudiendo ser éstas fijas o móviles.

Por otra parte, las redes fijas o no asistidas, requieren una selección cuidadosa del sitio de medición en donde será necesario evaluar variables del sitio como son: vandalismo, delincuencia, accesibilidad, acceso de personal no autorizado, seguridad en la toma de muestras, propiedad del predio, alturas máximas, por citar algunos ejemplos.

7.6.2 Número y elección de sitios de medición

Existen algunas metodologías que llegan a determinar el número de puntos idóneos o número ideal de sitios de muestreo para un territorio dado. Algunas de ellas, parten desde el empleo de complejas mallas estratificadas mientras que otras optan por el establecimiento de sitios inteligentes. Como se mencionó anteriormente, la metodología a emplear va de la mano con la disponibilidad de recursos y los objetivos.

La selección de sitios de monitoreo debe considerar entre otros aspectos, escalas geográficas, uso actual del suelo, densidades poblacionales, densidades de tráfico vehicular, densidades de comercio, conglomerados industriales, edificaciones, fuentes fijas de producción de ruido y la dinámica de los sectores.

Cuando se cuenta con información previa producto de levantamientos anteriores o proyectos de monitoreo sostenidos, es indispensable considerar esa información al momento de diseñar cualquier red de monitoreo.

Muchas ciudades cuentan con planes urbanos de ordenamiento territorial y en la mayoría de casos, los planes contienen políticas o líneas de acción tendientes a disminuir los problemas ambientales. El diseño de la red debería considerar estas políticas, si es que las hubiese, pues lograría posicionar la red en un futuro garantizando su sostenibilidad.

Como criterios clave para la selección de los sitios están:

- Selección de zonas representativas para tomar como referencia en zonas en donde no existe monitoreo de ruido pero que mantienen comportamientos similares
- Determinación de puntos o zonas críticas identificadas al momento de revisar los usos de suelo, patrones de circulación y dinámicas del sector
- Revisión de los puntos de monitoreo considerados en estudios similares o anteriores para su posterior evaluación

Lo más frecuente en el monitoreo del ruido urbano es ubicar localidades influenciadas por el tráfico vehicular, sin embargo, puede haber zonas en particular o eventos que ameriten un tratamiento especial. Cuando se busca proteger la salud de la población es necesario analizar todas las fuentes que comprometan la calidad acústica del entorno sean estas fijas o móviles.

7.7 Presión sonora sobre la ciudad de Cuenca según el Índice de Calidad Ambiental (ICAUC)

El índice de calidad ambiental de Cuenca partió del análisis de variables latentes que de manera positiva o negativa, afectan el entorno. De este modo se logró tener una representatividad del nivel de calidad ambiental de la ciudad. Dentro de este estudio, el ruido ambiente constituyó una variable de estudio fundamental con incidencia directa en el cálculo final del ICAUC.

Para la evaluación del ruido urbano fueron fijados 23 puntos de medición (véase cuadro 7.2) distribuidos en la ciudad. Los puntos fueron ubicados tomando en consideración los criterios especificados en el Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental, el flujo vehicular y el uso del suelo. Las mediciones fueron efectuadas durante los meses de agosto, septiembre y noviembre del 2009 cubriendo la totalidad de los puntos. Dos puntos fueron localizados en zonas educativas, un punto en zona hospitalaria, cuatro en zonas residenciales

mixtas, dos puntos en sectores netamente comerciales, siete puntos en las zonas comerciales mixtas, tres puntos en el sector industrial y tres puntos en zonas residenciales. Adicionalmente se consideró un punto de blanco en el sector Ucubamba próximo a las lagunas de oxigenación.

Para una mayor representatividad de los datos los sitios de monitoreo están distribuidos en todas las parroquias urbanas.

Cuadro N° 7.2
Puntos para la medición de ruido clasificados por uso de suelo

| | Punto de medición | Zona |
|----|-----------------------------|-------------------|
| 1 | Hospital Regional | Hospitalaria |
| 2 | Lope de Vega | Educativa |
| 3 | Colegio Sagrados Corazones | Educativa |
| 4 | Juan Larrea | Residencial |
| 5 | Cristo Rey | Residencial |
| 6 | Totoracocha | Residencial |
| 7 | Indurama | Residencial mixta |
| 8 | Tres Puentes | Residencial mixta |
| 9 | Gapal | Residencial mixta |
| 10 | Plaza Bocatti | Residencial mixta |
| 11 | Aeropuerto | Comercial |
| 12 | Feria Libre | Comercial |
| 13 | Chola Cuencana | Comercial mixta |
| 14 | Gasolinera Eloy Alfaro | Comercial mixta |
| 15 | Remigio Crespo | Comercial mixta |
| 16 | Estadio | Comercial mixta |
| 17 | Centenario | Comercial mixta |
| 18 | Banco del Austro (matriz) | Comercial mixta |
| 19 | Mercado 9 de Octubre | Comercial mixta |
| 20 | Parque Industrial (Graiman) | Industrial |
| 21 | Camal (Feria de Ganado) | Industrial |
| 22 | Los Cerezos | Industrial |
| 23 | Laguna de oxidación | Blanco |

Fuente: Información generada en el proyecto

El estudio realizado por la universidad del Azuay revela entre otras cosas, que la calidad acústica de la ciudad es deficitaria. Del total de sitios de monitoreo evaluados, más del 80% presenta niveles sonoros por encima de la norma. El estudio también especifica los puntos más críticos y los lugares más ruidosos dentro de la ciudad según el período de monitoreo.

Ante esta particularidad, es imprescindible considerar los sitios de monitoreo y sus usos de suelo en el diseño de la red, mas aún, si los puntos de monitoreo fueron pensados como sitios estratégicos de monitoreo del ruido. Esta particularidad permitirá contrastar la presión sonora actual de la urbe con el estudio realizado por la Universidad y la Comisión de Gestión ambiental en el año 2009.

7.8 Presión sonora sobre la ciudad de Cuenca según diagnóstico 2012

Para el diagnóstico de la presión sonora urbana se emplearon 30 puntos de monitoreo distribuidos a lo largo de la ciudad de Cuenca.

Los puntos fueron ubicados tomando en consideración los criterios especificados en el Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental, el flujo vehicular, el uso del suelo actual en concordancia con el establecido en la norma técnica y la dinámica comercial. Producto de esta distribución, cuatro puntos de monitoreo se ubicaron en la zona hospitalaria y educativa, nueve puntos en zonas residenciales, siete puntos en zonas residenciales mixtas, tres en zonas comerciales, cuatro en zonas comerciales mixtas y tres en áreas industriales (véase Cuadro N° 7.3).

Cuadro N° 7.3
Puntos para la medición de ruido clasificados por uso de suelo

| | Punto de medición | Zona |
|----|---|-------------------|
| 1 | Estadio | Comercial |
| 2 | Gapal | Residencial Mixta |
| 3 | Aeropuerto | Comercial |
| 4 | Tres Puentes | Residencial Mixta |
| 5 | Frutilados (Remigio Crespo) | Comercial Mixta |
| 6 | Hospital Regional | Hospitalaria |
| 7 | Chauillacamba | Residencial |
| 8 | Lagunas de Oxidación | Residencial |
| 9 | Monumento a la familia | Residencial |
| 10 | Graiman | Industrial |
| 11 | Camal | Industrial |
| 12 | Camino a Ochoa León | Residencial |
| 13 | La Libertad | Residencial Mixta |
| 14 | Los Cerezos Alto | Industrial mixta |
| 15 | Camino al Tejar | Residencial Mixta |
| 16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | Residencial |
| 17 | El Cebollar | Residencial |
| 18 | Hospital del IESS | Hospitalaria |
| 19 | Plaza Bocatti | Residencial Mixta |
| 20 | Col. Sagrados Corazones | Educativa |
| 21 | Feria Libre | Comercial Mixta |
| 22 | Estación de servicio Trinita (Isabela Católica) | Educativa |
| 23 | Indurama | Residencial Mixta |
| 24 | Control Sur | Residencial Mixta |
| 25 | ETAPA (Gran Colombia) | Comercial |
| 26 | Cristo Rey | Residencial |
| 27 | Chola Cuencana | Comercial Mixta |
| 28 | Vía Baños | Residencial |
| 29 | Bajada Centenario | Comercial Mixta |
| 30 | Totoracocha | Residencial |

Fuente: Información generada en el proyecto

El nuevo estudio revela que el 99% de los puntos no cumplen o cumplen parcialmente los límites permisibles de ruido ambiente establecido en el TULAS.

En el análisis por cada punto revela también que la dinámica comercial y los equipamientos urbanos presentes en cada zona, estarían influenciando sobre la presión sonora de cada sitio. La propuesta de red debe también considerar los sitios empleados en las mediciones y las particularidades evidenciadas en el momento de la medición.

7.9 Propuesta de red de monitoreo

Toda red debe partir del análisis de las escalas de monitoreo y las áreas de influencia en donde se llevarán a cabo los estudios.

La Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos, EPA por sus siglas en inglés (*U.S. Environmental Protection Agency*), ha definido diferentes escalas espaciales para diferentes objetivos de monitoreo (véase Cuadro N° 7.4).

Cuadro N° 7.4
Escalas de monitoreo

| Escala | Áreas de influencia |
|--------------------------|--|
| Micro Escala | Define las concentraciones en volúmenes de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros. |
| Escala Media | Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100 metros, hasta 0.5 km. |
| Escala Local | Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0.5 a 4 km |
| Escala Urbana | Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50 km |
| Escala Regional | Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros. |
| Escala Nacional y Global | Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación y del mundo como un todo |

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Referencia 3, parte 58, apéndice D, capítulo I.

Si bien las escalas presentadas en el cuadro (7.4) han sido utilizadas para el diseño de redes de monitoreo atmosférico de contaminantes primarios y secundarios, su utilización también puede ser direccionada para especificar la escala de medición en las redes de monitoreo de ruido ambiente.

No hay una definición exacta para el ruido, pero se admite que se trata de un sonido que provoca una sensación desagradable en quien lo escucha. Evidentemente, esta definición se encuentra muy ligada a la subjetividad y es por ello que la diferencia entre sonido y ruido es

muy subjetiva y depende no sólo de la sensibilidad de las personas y las características del sonido o ruido, sino también de las circunstancias en que éstas se encuentran.

Bajo esta subjetividad, se asume que un evento de contaminación acústica tiende a ser localizado y que su área de influencia no sobrepasaría de los 100 metros. Con esta premisa teórica, se suele denominar a los sitios de monitoreo del ruido como de micro escala sin que esto signifique que el sitio a monitorear pueda ser representativo de una zona o sector.

La ubicación de las estaciones de medición ya sea como parte del establecimiento de una red de monitoreo o para un programa específico, está en función de los objetivos a alcanzar y el área a cubrir.

Para ciudades intermedias y sobre todo aquellas localizadas en países en vías de desarrollo, las redes de monitoreo suelen ser construidas en base en la experiencia. Los puntos denominados “inteligentes” o “estratégicos” responden al entendimiento de la ciudad, su funcionamiento, sus dinámicas y sobre todo, a la información de primera mano que estuviese disponible. Más que distribuir la red a través de una cuadrícula o modelo matemático, la distribución de sitios de monitoreo estará enfocado en cubrir sitios representativos del área que se pretende monitorear.

La densidad de los puntos de muestreo indica el número de sitios seleccionados para la toma de datos por zona dentro de una misma área. Por lo general, el número de sitios de monitoreo se incrementará en las zonas en donde se estuviesen excediendo los niveles permisibles. Se requerirán de mayor puntos cuando se tengan tiempos de monitoreo cortos y cuando las mediciones sean menos frecuentes, a menor frecuencia mayor el número de sitios de muestreo.

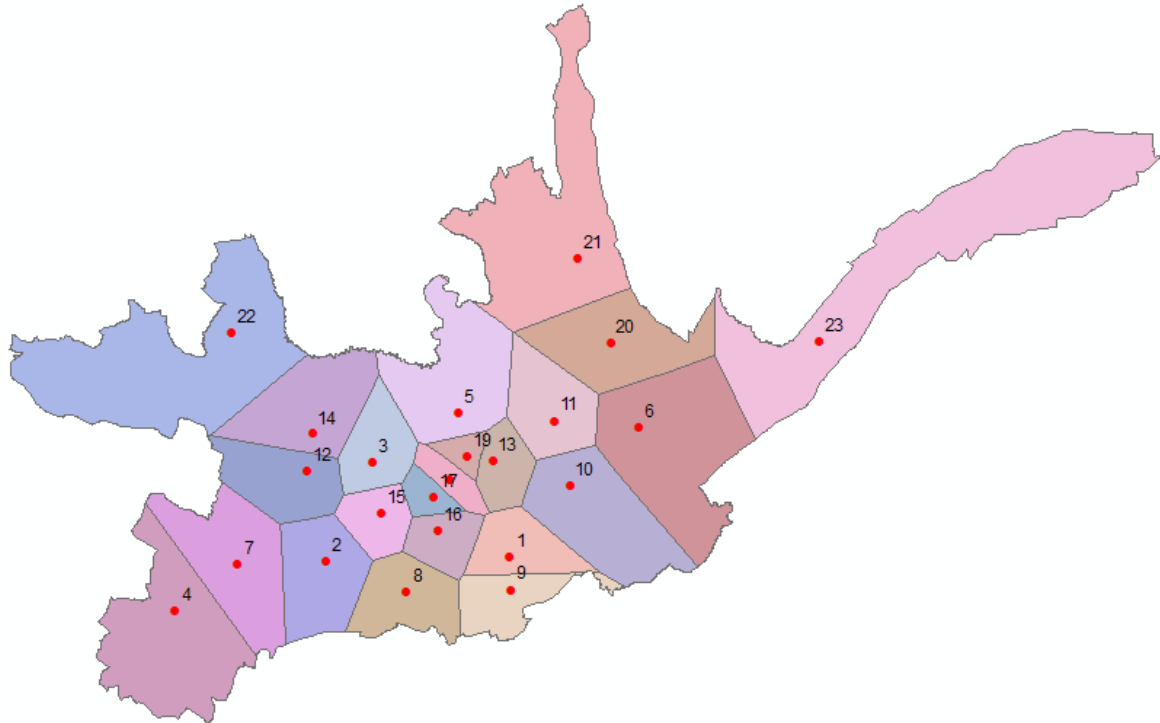
En primera instancia, todos los puntos de monitoreo serán temporales o móviles, es decir los muestreos se realizarán con un equipo (sonómetro) desmontable. No se recomienda optar por estaciones fijas sin antes tener un historial de información de por lo menos cinco años.

7.9.1 Evaluación de redes piloto empleadas en el índice de calidad ambiental y en la campaña de monitoreo del 2012

Para la evaluación de las redes piloto empleadas en estudios anteriores (índice de calidad ambiental y monitoreo 2012), se empleará el método de Thiessen el cual intenta asignar una ponderación de representatividad a cada punto de monitoreo en función de la superficie y su posible área de influencia. Un inconveniente de este método de evaluación recae en el hecho de que todo cambio realizado en la configuración espacial de las estaciones implica un replanteo de las áreas, lo que conlleva a la necesidad de realizar nuevos cálculos. Sin embargo, es un método bastante utilizado en la evaluación de las estaciones de monitoreo.

En relación a los puntos de monitoreo empleados durante el estudio “índice de calidad ambiental - ICAUC “, se puede concluir que la ubicación de los sitios de muestreo partió de una discusión multicriterio logrando establecer una muy buena cobertura según se demuestra en el mapa 7.1 (véase también cuadro 7.3). Como estudio piloto, la red cumple con los objetivos para la que fue diseñada logrando evidenciar además, la necesidad de monitorear ciertos sectores de la ciudad de manera permanente. Esta primera red conformada fue incluida en el proceso de diseño de la propuesta de red de monitoreo acústico para Cuenca.

Mapa N° 7.1
Área de influencia por sitio de monitoreo en la ciudad de Cuenca del año 2009 según
Thiessen

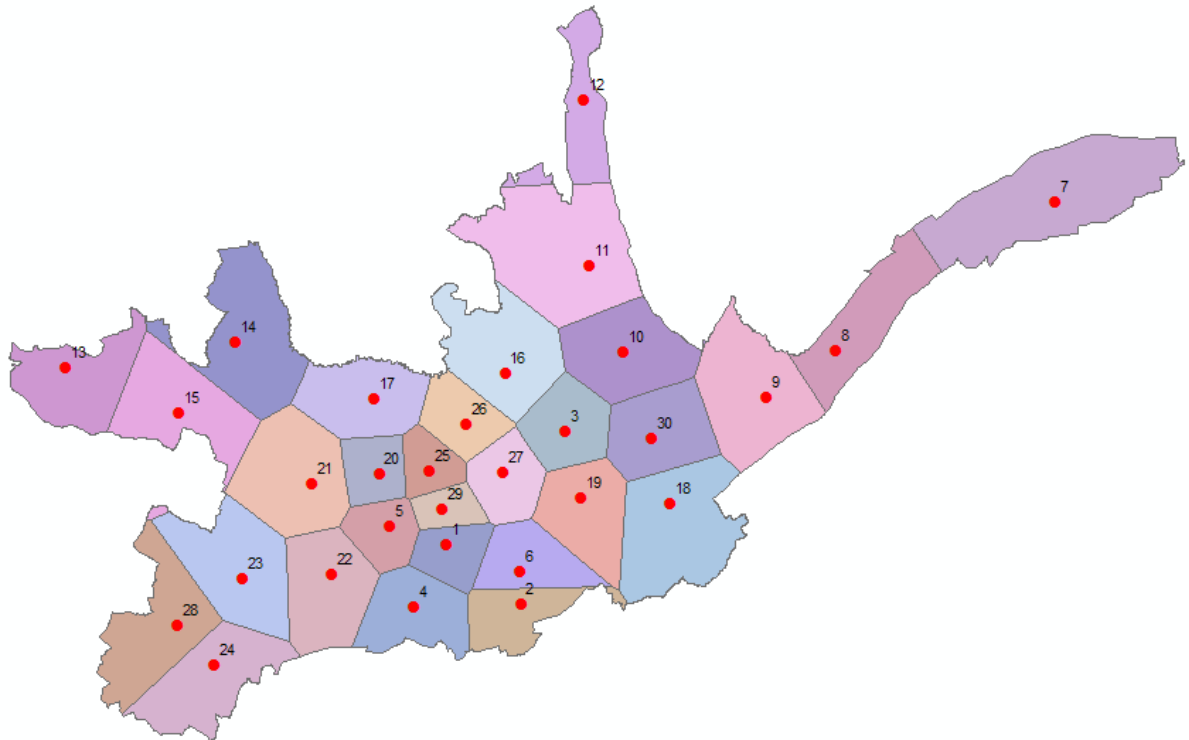


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

Por otra parte, el monitoreo realizado en el año 2012 incluyó la mayor parte de los sitios empleados en el estudio del año 2009. Se midieron los niveles sonoros en 30 localidades distribuidas a lo largo de la ciudad logrando evidenciar la solidez de los datos levantados y el acierto en la distribución de las localidades. La red como resultado del estudio, evidencia una distribución espacial bastante representativa lo que demuestra la integralidad de la misma (véase Mapa N° 7.2 y Cuadro N° 7.3).

En esta red se evidencia además la existencia de una mejor distribución espacial de los sitios de monitoreo, sobre todo en áreas periféricas con procesos de crecimiento y densificación de vivienda.

Mapa N° 7.2
Área de influencia por sitio de monitoreo en la ciudad de Cuenca del año 2012 según
Thiessen



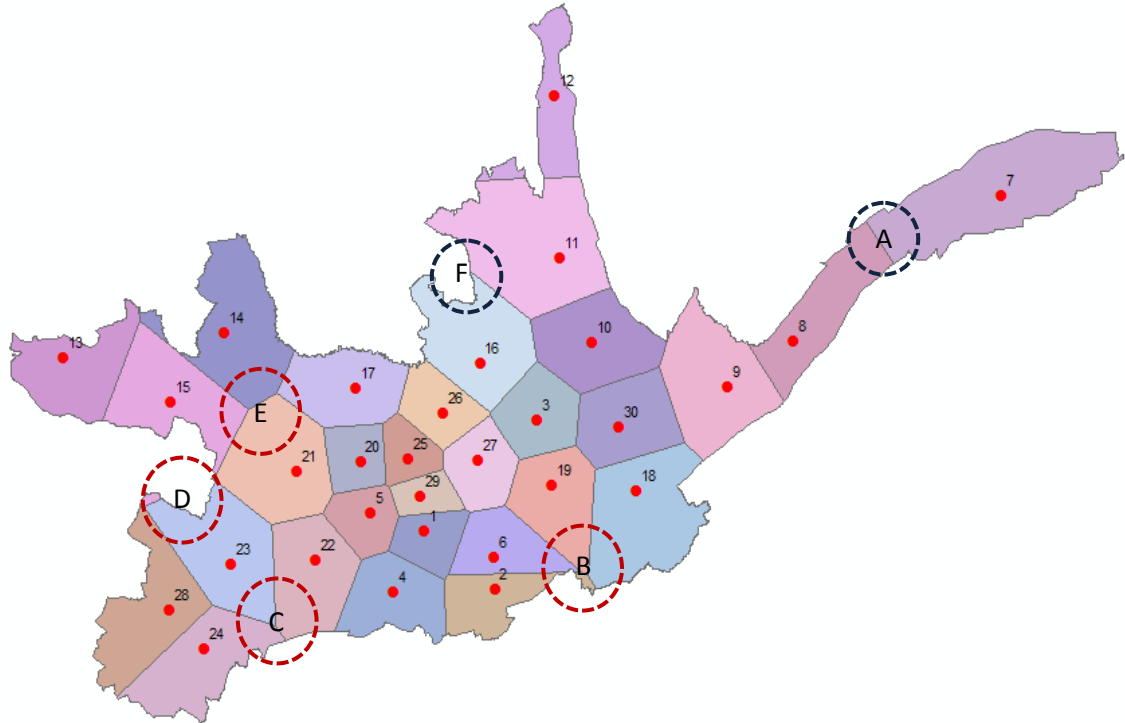
Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

Como paso previo al diseño definitivo de la red y tomando como esquema base las áreas de influencia y distribución del año 2012, se procedió a identificar las zonas en las que la red actual podría ser potencializada. Para ello, se partió del análisis en campo de los sitios así como la revisión de imágenes satélite de la ciudad² con el fin de evaluar zonas de crecimiento y el uso actual del suelo.

Las zonas identificadas, en un total de seis, se marcan con letras (véase Mapa 7.3) para su diferenciación. De éstas, se consideraron cuatro sitios para ser incluidos dentro de la red para monitoreo acústico de la ciudad de Cuenca. Los puntos marcados con las letras A y F, fueron descartados por cuanto la dinámica y el uso de suelo de la zona, no justifica la necesidad de colocar un punto de monitoreo de ruido. Es necesario tomar en consideración que cada punto de ruido demanda personal técnico y recursos por lo que la red final debe, a más de brindar información confiable, optimizar los recursos. Para la ubicación de los nuevos puntos se partió del concepto localidades estratégicas, es decir, sitios seleccionados de acuerdo a la experiencia, la información disponible y/o la observación directa de las zonas y su dinámica.

² Imágenes de la ciudad de Cuenca disponibles a través de Google Maps.

Mapa N° 7.3
Zonas identificadas para potenciación de la red

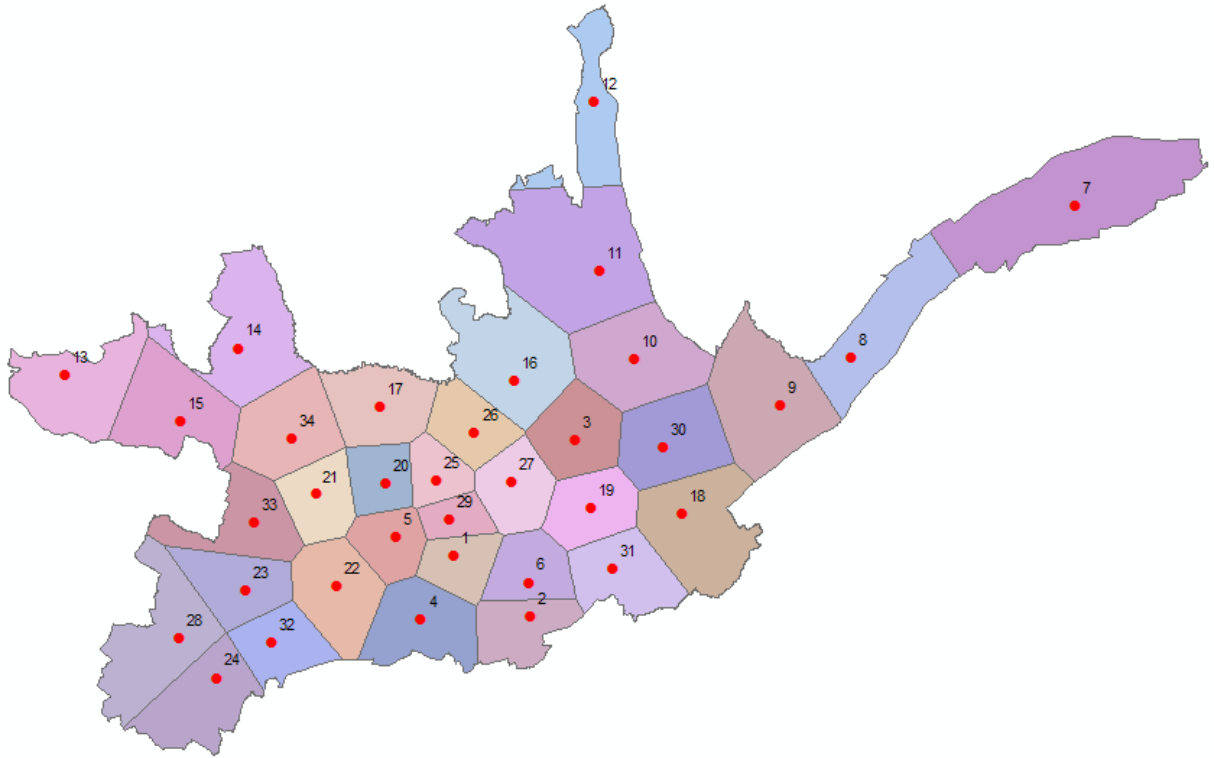


Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

7.10 Área de cobertura teórica de la red final para monitoreo de la calidad acústica

La red de vigilancia de ruido para Cuenca está conformada por 34 puntos de monitoreo diseminados a lo largo de la ciudad. La distribución espacial de los sitios logra cubrir las diferentes zonas de la urbe permitiendo que los datos a levantar reflejen la dinámica de la urbe (véase Mapa N° 7.4).

Mapa N° 7.4
Área de cobertura de la red propuesta según Thiessen



Elaborado por el equipo técnico del IERSE -UDA

El área de cobertura teórica por punto de monitoreo se detalla en el Cuadro 7.5.

Cuadro N° 7.5
Área de cobertura por sitio de monitoreo

| Código | Punto de medición | Ha |
|--------|-----------------------------|--------|
| R_01 | Estadio | 111,93 |
| R_02 | Gapal | 147,14 |
| R_03 | Aeropuerto | 174,46 |
| R_04 | Tres Puentes | 206,98 |
| R_05 | Frutilados - Remigio Crespo | 117,33 |
| R_06 | Hospital Regional | 136,03 |
| R_07 | Chauillacamba | 514,96 |
| R_08 | Lagunas de Oxidación | 261,89 |
| R_09 | Monumento a la familia | 342,78 |
| R_10 | Parque Industrial (Graiman) | 277,69 |
| R_11 | Parque Industrial (Camal) | 494,66 |
| R_12 | Camino a Ochoa León | 180,14 |
| R_13 | La Libertad | 254,86 |
| R_14 | Los Cerezos alto | 298,65 |
| R_15 | Camino al Tejar | 254,72 |
| R_16 | Vía a Sinincay (Miraflores) | 311,37 |

| | | |
|------|---|--------|
| R_17 | El Cebollar | 198,99 |
| R_18 | Hospital del IESS | 293,47 |
| R_19 | Plaza Bocatti | 156,69 |
| R_20 | Colegio Sagrados Corazones | 110,11 |
| R_21 | Feria Libre | 140,21 |
| R_22 | Estación de servicio Trinita (Isabela Católica) | 209,82 |
| R_23 | Indurama | 171,48 |
| R_24 | Control Sur | 220,85 |
| R_25 | ETAPA (Gran Colombia) | 89,72 |
| R_26 | Cristo Rey | 141,76 |
| R_27 | Chola Cuencana | 147,69 |
| R_28 | Vía Baños | 292,98 |
| R_29 | Bajada Centenario | 71,81 |
| R_30 | Totoracocha | 227,28 |
| R_31 | Villa Nueva | 187,55 |
| R_32 | Diario El Tiempo (detrás) | 143,91 |
| R_33 | Parque del Dragón (detrás) | 189,17 |
| R_34 | El Tejar | 220,63 |

Fuente: Información generada en el proyecto

Los sitios contemplados en la red así como sus coordenadas se detallan a continuación (véase Cuadro N° 7.6).

Cuadro N° 7.6
Área de cobertura por sitio de monitoreo

| Código | Sector | | | Coordenadas | |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| | Calle - 1 | Calle - 2 | Zona | X | Y |
| R_01 | Del Estadio | José Peralta | Comercial | 721754 | 9678568 |
| R_02 | Diez de Agosto | Las Herrerías | Residencial Mixta | 723009 | 9677564 |
| R_03 | Av. España | Elia Liut | Comercial | 723757 | 9680467 |
| R_04 | Primero de Mayo | Fray Vicente Solano | Residencial Mixta | 721220 | 9677520 |
| R_05 | Remigio Crespo | Ricardo Muñoz | Comercial Mixta | 720797 | 9678866 |
| R_06 | Paseo de los Cañaris | Pumapungo | Hospitalaria y Educativa | 722998 | 9678121 |
| R_07 | Autopista Cuenca Azogues | Triángulo (Challuabamba) | Residencial | 732001 | 9684334 |
| R_08 | Camino a Paccha | Ucubamba | Residencial | 728320 | 9681825 |
| R_09 | Av. González Suarez | Panamericana | Residencial | 727137 | 9681041 |
| R_10 | Octavio Chacón | Carlos Tosi Siri | Industrial | 724729 | 9681799 |
| R_11 | Camino a Ochoa León | | Industrial | 724171 | 9683262 |
| R_12 | Camino a Ochoa León | Vía a Checa | Residencial | 724080 | 9686039 |
| R_13 | Av. Ordoñez Lazo | Río Culebrillas | Residencial Mixta | 715351 | 9681532 |
| R_14 | De los Cerezos | | Industrial | 718204 | 9681984 |
| R_15 | Av. Ordoñez Lazo | Camino al Tejar | Residencial Mixta | 717262 | 9680775 |
| R_16 | Julio Jaramillo | Vía a Sinincay | Residencial | 722746 | 9681437 |
| R_17 | Av. del Chofer | Av. Abelardo J. Andrade | Residencial | 720544 | 9681023 |
| R_18 | Circunvalación Norte | Monay - Paccha | Hospitalaria y Educativa | 725520 | 9679249 |
| R_19 | Paseo de los Cañaris | González Suarez | Residencial Mixta | 724030 | 9679349 |
| R_20 | Paseo Tres de Noviembre | Simón Bolívar | Hospitalaria y Educativa | 720625 | 9679759 |
| R_21 | Av. de las Américas | Remigio Crespo | Comercial Mixta | 719504 | 9679593 |
| R_22 | Lope de Vega | Gaspar de Jovellanos | Hospitalaria y Educativa | 719826 | 9678053 |

| | | | | | |
|------|------------------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|
| R_23 | Av. de las Américas | Don Bosco | Residencial Mixta | 718316 | 9677994 |
| R_24 | Av. de las Américas | Circunvalación Sur | Residencial Mixta | 717848 | 9676548 |
| R_25 | Tarqui | Gran Colombia | Comercial | 721476 | 9679805 |
| R_26 | Luis Cordero | Juan de Salinas | Residencial | 722102 | 9680594 |
| R_27 | Av. Huayna Cápac, Av. España | Gaspar Sangurima | Comercial Mixta | 722702 | 9679769 |
| R_28 | Juan Larrea Guerrero | Mariano Villalobos | Residencial | 717233 | 9677210 |
| R_29 | Calle Larga | Benigno Malo | Comercial Mixta | 721689 | 9679158 |
| R_30 | Totoracocha | Av. el Cóndor | Residencial | 725210 | 9680353 |
| R_31 | El Tiempo | | Residencial | 724381 | 9678342 |
| R_32 | Puerto de Palos | | Residencial | 718745 | 9677126 |
| R_33 | Francisco Cisneros | Rafael Aguilar | Hospitalaria y Educativa | 718459 | 9679103 |
| R_34 | Los Cedros | De las Margaritas | Residencial | 719086 | 9680485 |

Fuente: Información generada en el proyecto

7.11 Conclusiones y recomendaciones

El dimensionamiento de la red empleada en el año 2012 para monitorear el ruido urbano fue acertada por lo que constituyó un insumo fundamental en el diseño final de la propuesta de red para vigilancia del ruido urbano.

Se recomienda planificar cualquier cambio a la distribución planteada cuando se disponga de por lo menos 3 años de información continua. Dentro de este contexto, se sugiere que el monitoreo se realice de manera periódica siendo lo óptimo modificar la red de vigilancia de ruido al cabo de 5 años de medición continua.

8 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE RUIDO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.1 Introducción

En la actualidad, la planificación y gestión ambiental constituye un reto fundamental para el desarrollo urbano. Una planificación y gestión ambiental eficiente garantizará que las ciudades sean “espacios posibilitadores” de oportunidades y relaciones sociales, evitando situaciones de conflictividad ocasionadas por impactos negativos sobre recursos compartidos (Morán, 2009).

El crecimiento de ciudades que hasta hace algunos años eran consideradas como manejables, ha evidenciado cambios significativos sobre todo en lo referente a infraestructura y servicios. Las dinámicas económicas y el crecimiento urbano en algunos casos no planificado, ha provocado que actualmente existan conflictos y tensiones por los impactos y transformaciones generados en el territorio consecuencia de estos factores.

El cambio en el tipo de vida de la mayoría de personas que habitan las ciudades, el aumento de la necesidad de transporte público y privado, la pérdida de espacios verdes, el desplazamiento de las personas desde la periferia al centro de la urbe para concurrir a sus puestos de trabajo, ha condicionado un ambiente sonoro altamente nocivo que incide en la calidad de vida de las personas.

De esta manera, el ruido ambiental se ha convertido en uno de los contaminantes más molestos, frecuentes y subestimados, de la sociedad moderna con incidencia directa en la población. Las personas sometidas a grandes ruidos de forma continua experimentan serios trastornos fisiológicos dentro de los que se destacan: pérdida de la capacidad auditiva, alteración de la actividad cerebral, cardíaca y respiratoria, trastornos gastrointestinales, por citar algunos ejemplos. Algunas alteraciones conductuales como: perturbación del sueño y el descanso, dificultades para la comunicación, irritabilidad, agresividad, problemas para desarrollar la atención y concentración mental, estarían también presentes (Platzer, Iñiguez, Cevo, & Ayala, Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile, 2007).

Al momento, los estudios de ruido urbano en Cuenca son escasos por lo que no se puede hablar de una base sólida de información que permita liderar una gestión adecuada sobre los problemas de contaminación acústica urbana.

La presente metodología tiene por objeto sentar las bases de actuación para mantener una estrategia sostenida de monitoreo que permita contar en el mediano plazo, con una base de información local y de esta manera posibilitar la adecuada toma de decisiones.

8.2 Objetivos

8.2.1 Objetivo General

- Fortalecer a la Comisión de Gestión Ambiental (CGA) en su calidad de Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable (AAAr) en la toma de decisiones relacionadas con la contaminación acústica

8.2.2 Objetivos Específicos

- Mantener una estrategia sostenida de monitoreo y actualización de la información
- Identificar los sitios con mayor presión sonora dentro de la ciudad
- Comparar el resultado de las mediciones con estudios locales, normas nacionales e inclusive internacionales
- Promover la corresponsabilidad ciudadana en la gestión del ruido mediante la difusión periódica de resultados

8.3 Características del ruido

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. Informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB como el límite superior deseable.

La principal causa de la contaminación acústica es la actividad humana. El transporte, la construcción de edificios, las intervenciones urbanas, la industria, son algunos ejemplos.

El ruido se mide en decibelios (dB) y los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Técnicamente, el ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades, que se propaga en el ambiente en forma ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico.

Desde el punto de vista físico el sonido es un movimiento ondulatorio con una intensidad y frecuencia determinada que se transmite en un medio elástico (aire, agua o gas), generando una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva. La intensidad del sonido corresponde a

la amplitud de la vibración acústica, la cual es medida en decibeles (dB). La Frecuencia indica el número de ciclos por unidad de tiempo que tiene una onda (Hertzios - Hz).

El rango de frecuencia de los sonidos audibles en personas jóvenes y sanas es entre 20 Hz y 20.000 Hz. Los ruidos de alta frecuencia son los más dañinos para el oído humano. En los programas de vigilancia médica sobre los riesgos del ruido en trabajadores, es posible detectar efectos iniciales en la salud con frecuencias de 4.000 y 6.000 Hz.

8.3.1 Tipos de ruido

Ruido Constante. La presión sonora no varía en más de 5 dB durante el período observado.

Ruido Fluctuante. La presión sonora varía continuamente y en apreciable extensión, durante el periodo de observación.

Ruido Intermitente. La presión sonora disminuye repentinamente hasta el nivel de ruido de fondo, varias veces durante el periodo de observación, el tiempo durante el cual se mantiene a un nivel superior al ruido de fondo es de un (1) segundo o más.

Ruido Impulsivo. La intensidad de la presión sonora aumenta bruscamente (más de 35 dB) en tiempos menores de un (1) segundo.

En la práctica el ruido se presenta como una mezcla de todos tipos, por ello recomienda estimar el Nivel Sonoro Equivalente (Leq). Excepcionalmente en el Ruido Impulsivo, el criterio de mayor importancia es el valor pico, y por lo tanto el Nivel Sonoro Equivalente no es aplicable.

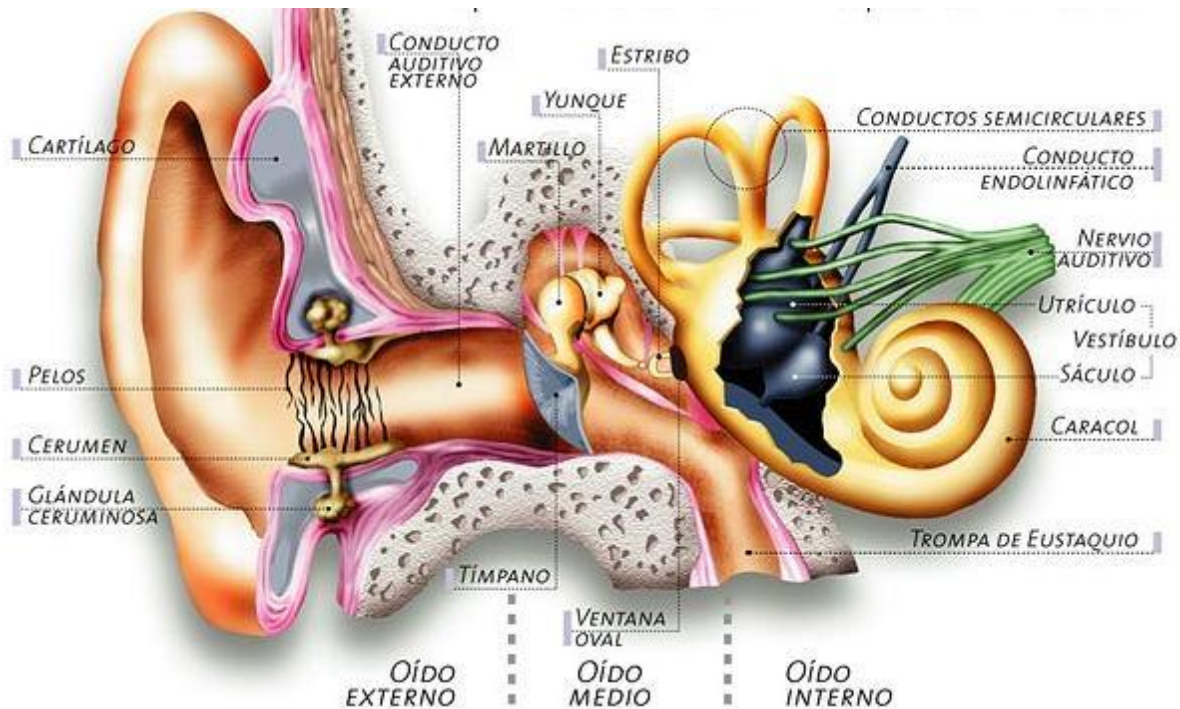
8.4 Fisiología del sistema auditivo

El oído humano, además de ser un muy sofisticado sensor de sonido, constituye el último eslabón de la cadena sonora.

La recepción y análisis del sonido por el oído humano, se compone de procesos complicados, debido a que es un sistema bastante sensible, delicado y discriminativo que nos permite además de recibir, interpretar el sonido. Sus procesos no son aun conocidos completamente.

El oído se divide usualmente de acuerdo a su ubicación en el cráneo, en tres zonas: el oído externo, el medio y el interno, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8.1
Anatomía del oído humano



8.5 Efectos en la Salud Humana

Científicos, expertos y numerosos organismos oficiales como la Organización mundial de la salud (OMS), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), etc., han declarado de forma unánime que el ruido tiene efectos muy perjudiciales para la salud.

En la unión europea la contaminación acústica afecta unos 100 millones de personas y causa pérdidas por más de 60 millones de euros (Platzer, Iñiguez, Cevo, & Ayala, Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile, 2007).

Los efectos del ruido en la población no están asociados únicamente a las enfermedades auditivas sino también al deterioro de la calidad de vida de las personas.

Los efectos del ruido son múltiples, sobre todo si se refiere a sus efectos en el ser humano. Sin embargo, estos pueden ser agrupados en efectos fisiológicos y psicológicos.

8.5.1 Efectos fisiológicos

El efecto del ruido en el organismo humano, produce daño a diferentes órganos y sistemas. El más conocido, debido a que es el más directo y el que se detectó con mayor anticipación, es el que produce al sistema auditivo pero, aunque su efecto no puede cuantificarse, se han establecido relaciones entre el ruido y el sistema nervioso central, sistema nervioso autónomo, sistema endocrino, aparato cardiovascular, aparato digestivo, aparato respiratorio, aparato reproductor-gestación, aparato vestibular, órganos de la visión, entre otros.

Es preciso tener en cuenta que todos los efectos varían de unas personas a otras, pudiendo incluso no aparecer.

Los efectos sobre el sistema nervioso central se caracterizan por electroencefalogramas irregulares, trastornos de la consciencia, llegando a la pérdida del conocimiento, (sobre todo para enfermos epilépticos), aumento de la tensión vascular cerebral y disminución de la capacidad motriz e intelectual, con el consiguiente aumento de errores en trabajos que requieran precisión.

El ruido también afecta el sistema cardiovascular, produciendo alteraciones del ritmo cardíaco. Así, por ejemplo, algunos estudios muestran que trabajadores de las industrias de acero y fundición presentan una gran incidencia de alteraciones del ritmo cardíaco. También se producen modificaciones del electrocardiograma y del riesgo coronario. Todos estos efectos relacionados con el corazón, parecen ser transitorios, desapareciendo con mayor o menor rapidez cuando cesa la exposición al ruido.

El aumento de la tensión arterial también está vinculado al ruido, habiéndose comprobado que los trabajadores que utilizan protectores auditivos no padecen modificación de la misma.

Otros efectos son el aumento del ritmo respiratorio, alteraciones en el aparato digestivo que se caracterizan por mayor acidez e incidencia de úlceras duodenales.

Los efectos sobre la visión se traducen en un estrechamiento del campo visual y modificación de los colores percibidos, alteraciones en la visión nocturna y dilatación de las pupilas.

Asimismo, se aconseja que las mujeres embarazadas no estén sometidas a ruidos superiores a 80 - 85 dB(A) por el efecto nocivo que pueda tener para el feto.

8.5.2 Efectos psicológicos

La principal consecuencia de los efectos psicológicos provocados por el ruido está la sensación de desagrado, molestia y pérdida de concentración. Altos niveles de sonoridad pueden también provocar trastornos en la salud mental como dolores de cabeza, inestabilidad emocional, irritabilidad, agresividad, ansiedad, e insomnio.

Algunos problemas comunicacionales son también asociados a la presencia de ruido en el ambiente. El organismo, ante la incapacidad de comunicarse efectivamente, tiende a evitar la comunicación lo que resulta en problemas de retracción y asilamiento de la persona.

La sensación de molestia no es el efecto más grave ni el más peligroso pero sí el más evidente. Su evaluación es muy subjetiva y variable dependiendo de la persona que la padece.

La alteración del sueño por esta causa, ocasiona un cansancio general del organismo disminuyendo las defensas y posibilitando la aparición de enfermedades infecciosas.

8.6 Materiales y metodología

8.6.1 Antecedentes

El cantón Cuenca, ubicado al sur del Ecuador, es uno de los 15 cantones que conforman la provincia del Azuay de la cual Cuenca es su capital. A una cota media de 2.550 m s.n.m., la ciudad de Cuenca se asienta en la hoya del río Paute al este del cantón, entre las coordenadas $78^{\circ}59' - 79^{\circ}01'$ de longitud oeste y $2^{\circ}52' - 2^{\circ}54'$ de latitud sur, hacia el centro sur de la cordillera de los Andes.



El cantón presenta una topografía compleja pues un porcentaje importante de su territorio se emplaza sobre la cordillera Occidental superando los 4.000 m s.n.m. Cuatro ríos atraviesan la ciudad: Machángara, Tarqui, Tomebamba y Yanuncay, afluentes del río Paute que a su vez desemboca en el río Santiago, afluente del Amazonas. El cantón posee un clima de montaña, por lo que la ciudad tiene un clima templado de 15°C promedio con pluviosidad anual de 700 a 1.100 mm y 75% de humedad relativa. La época lluviosa se presenta normalmente de febrero a mayo y de octubre a noviembre. La época seca, se presenta de junio a septiembre y de diciembre a enero. La velocidad media del viento es de alrededor de 4 m/s entre abril y mayo y de 5,5 m/s en dos períodos: diciembre-enero y julio-agosto. El viento predominante proviene del noreste en sentido contrario al flujo de los afluentes del río Paute (Fundación Natura; CUENCAIRE; Comisión de Gestión Ambiental;, 2009).

8.6.2 Instrumental

La unidad de medida del sonido es el decibel (dB) y el instrumento que se utiliza para medir el ruido es el sonómetro. El indicador más común para medir el ruido ambiental es el nivel de presión sonora (NPSeq³) expresado en dB.

El sonómetro deberá estar debidamente calibrado y certificado por el organismo competente antes de realizar cualquier toma de datos.

8.6.3 Planificación del monitoreo

A futuro se recomienda tener en cuenta algunas variables relacionadas con la planificación física territorial con el afán de potenciar los monitores realizados y valorar de mejor manera los resultados obtenidos.

Variables urbanísticas

Vialidad

Es necesario entender el funcionamiento de la estructura vial de la urbe vinculando aspectos relacionados con el tipo de carpeta que poseen, el ancho de la vía y su nivel de jerarquía.

Estas particularidades orientarían de mejor manera los resultados obtenidos en un sector evaluado, por ejemplo, las vibraciones producidas por los neumáticos en una vía asfaltada es diferente que las vibraciones producidas sobre las calles adoquinadas (Centro Histórico por ejemplo).

La topografía de la ciudad también influye sobre la presión sonora. En general, las pendientes en las calles generan mayor esfuerzo en el motor de cualquier vehículo (en el caso de circular cuesta arriba) lo que se traduce a mayores niveles de sonoridad.

Flujo vehicular

La principal fuente de ruido en las ciudades Latinoamericanas es el tráfico vehicular. En este sentido, es necesario analizar la composición de los flujos y la velocidad aproximada de circulación.

La composición del flujo vehicular deberá ser considerar la siguiente tipología:

- Vehículos livianos tipo automóvil
- Vehículos particulares tipo jeep y camionetas
- Buses urbanos

³ Nivel de presión sonora continua equivalente (NPSeq).- Nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A[dB(A)] que en el mismo intervalo, contiene la misma energía total que el ruido medido (TULAS, 2003).

- Buses interprovinciales
- Camiones
- Motos

La identificación de las horas de congestión vehicular y pico son primordiales en el entendimiento del comportamiento del tránsito en la urbe.

Altura de las edificaciones

Si bien las principales fuentes de ruido predominante se relacionan al tráfico vehicular, es necesario tomar en consideración el medio de propagación del sonido. La ciudad está conformada por edificios, en su mayoría con un pobre coeficiente de absorción acústica. Esta realidad haría que las ondas sonoras se reflejen en los edificios aumentando los niveles de sonoridad en contraste con una propagación realizada en campo abierto.

La información relacionada con las edificaciones generalmente es manejada por el departamento de manejo catastral. Si no es factible obtener esta información, la estimación visual juega un papel imperante.

Actividades productivas

A nivel de ciudades, cada sector puede ser similar estéticamente que otros, sin embargo la principal diferencia radica en la dinámica del entorno.

La dinámica económica de una zona puede influir directamente en los niveles de presión sonora de la misma. La georeferenciación de equipamientos urbanos vinculados con esta dinámica constituye un factor fundamental en el análisis del entorno y su comportamiento.

Áreas verdes

La delimitación de áreas verdes es de gran ayuda para la evaluación del ruido en una zona. La propagación acústica es diferente en suelos duros como el pavimento, acera, plaza, que en suelos blandos conformados por suelo, vegetación y demás elementos bióticos.

Los parterres no se consideran como áreas verdes pues si bien poseen algún tipo de vegetación, su área no es significativa.

El parterre de la Av. Solano tendría un tratamiento especial en el caso de Cuenca; se trataría como espacio verde en virtud de su extensión y demás elementos bióticos que lo conforman.

Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas inciden también en la forma como se propaga el sonido. Es necesario contar con registros detallados sobre la meteorología local para poder relacionar el comportamiento

del ruido con las condiciones meteorológicas. Para el caso de Cuenca los registros meteorológicos son escasos por lo que estas variables pueden no estar disponibles.

Humedad del aire relativa

Evaluar los cambios de humedad relativa de manera mensual. El cambio de humedad en el ambiente influencia la propagación del sonido.

Temperatura

Algunos estudios vinculan la temperatura local con el comportamiento del sonido en una localidad. En la manera de lo posible se tratará de analizar la influencia de la temperatura con la propagación del ruido.

Viento

La dirección y fuerza del viento son también de gran interés en la evaluación del ruido urbano. En la mayoría de casos, las ciudades no cuentan con información desagregada a nivel de ciudad por lo que se opta realizar mediciones esporádicas para entender el comportamiento del viento dentro de la urbe.

La direccionalidad del viento en las diferentes zonas que conforman la urbe, puede o no coincidir en direccionalidad y fuerza con la rosa de los vientos de la ciudad de Cuenca. Esta variación está condicionada por la estructura urbana de cada sector además de sus rasgos topográficos.

Variables demográficas

Cuando se recomiendan reglamentos sobre ruidos o de protección contra ruidos, se deben considerar los subgrupos vulnerables de la población. En cada subgrupo, se debe tener en cuenta los diferentes efectos del ruido, sus ambientes y modos de vida específicos.

Los subgrupos vulnerables lo integran las personas con enfermedades o problemas médicos específicos (por ejemplo, hipertensión); los internados en hospitales o convalecientes en casa; los individuos que realizan tareas cognitivas complejas; ciegos; sordos, fetos, bebés, niños pequeños y personas de la tercera edad.

Las personas con problemas de audición son las más afectadas en lo que se refiere a la interferencia en la comunicación oral. La sordera leve en la banda sonora de alta frecuencia puede causar problemas con la percepción del habla en un ambiente ruidoso. La gran mayoría de la población pertenece al subgrupo vulnerable a interferencias en la comunicación oral.

En el caso de no contar con esta información, se procederá a evaluar únicamente la distribución y características de la población. Las posibles variables a emplear serían:

- Cantidad total de la población por parroquia urbana, sector censal o manzana
- Número total de hombres y mujeres por parroquia urbana, sector censal o manzana
- Densidad poblacional por sector de planeamiento, parroquia urbana o sector censal
- Pirámide poblacional para la categorización de la población por grupo de edad
- Tasa de natalidad y defunción a nivel de ciudad

Variables de control y cumplimiento

Es necesario evaluar las denuncias receptadas por el órgano de control y ubicarlas geográficamente en la ciudad. La localización geográfica de las denuncias permitirá obtener las zonas con mayor concentración de problemas basadas en la percepción ciudadana.

Se recomienda clasificar las denuncias tomando en consideración criterios como el tipo de ruido generado y la fuente de emisión sonora.

La verificación de la denuncia en el campo permitirá obtener información adicional sobre la problemática y el sector, información relevante en el momento de realizar los diagnósticos sectoriales.

Variables de percepción ciudadana

Adicionalmente a la información recopilada, es preciso captar la percepción de la población sobre la problemática.

Uno de los insumos indispensables para afrontar una problemática de ruido es el reconocimiento del problema por parte de la ciudadanía. De esta manera, las medidas preventivas o correctivas serán asimiladas y vistas con agrado por parte de la población.

Para el efecto es necesario desarrollar una encuesta modelo que evalúe la percepción ciudadana sobre el ruido en la ciudad.

Para determinar el tamaño de la muestra se tomará como universo al total de la población del área urbana (Ibarluzea Maurologoitia, Larrañaga Padilla, & Aspuru Soloaga, 2004). Las encuestas deberán realizarse tomando como premisa los usos de suelo dictaminado por la normativa vigente y reglamentos ambientales.

Se recomienda realizar las encuestas en los siguientes escenarios urbanos:

- Zonas hospitalarias
- Zonas residenciales
- Zonas comerciales
- Zonas industriales
- Zonas educativas
- Zonas de recreación y esparcimiento

Se sugiere registrar la edad del encuestado con el objeto categorizar los resultados por grupos de edad y evaluar de mejor manera, los sectores vulnerables de la población.

El cuestionario será aplicado por medio de una entrevista personal a cargo de un técnico calificado. El cuestionario asegurará el anonimato y total confidencialidad de la información aportada.

No se descarta la utilización de formularios en línea siendo de especial interés el registro de la zona, sector o manzana, para la posterior localización geográfica de los resultados.

De ser factible incluir una o dos preguntas relacionadas con afecciones a la salud. Si bien es cierto que las respuestas pueden no ser precisas, el optar por una pregunta dirigida con respuestas cerradas (SI, NO) ayudaría a mejorar la información en este sentido.

8.6.4 Levantamiento de datos y actualización de la información

La determinación del ruido en una zona puede convertirse en una tarea delicada si lo que se pretende es garantizar que los resultados obtenidos sean buenos descriptores de la realidad muestreada.

El tiempo mínimo de muestreo para cada punto está determinado por el tiempo de estabilización de los equipos. El tiempo de estabilización se obtiene de la comparación del nivel equivalente Leq^4 del primer minuto de medición, con el Leq del segundo, tercer, cuarto, etc., minutos de medición acumulados ($Leq1'$, $Leq1'+Leq2'$, $Leq1'+Leq2'+Leq3'$, etc.). Cuando a partir del minuto n de medición, el Leq acumulado y el Leq global difieren en menos de un cierto ε , se dice que n es el tiempo de estabilización del instrumento.

Se recomienda emplear un tiempo de estabilización de 15 minutos (Krauss, 2003) o un ε equivalente a dos, para la obtención de muestras de ruido urbano (González, Gaja, Jorysz, & Torres, 2000).

El sonómetro deberá ser calibrado para registrar la medición del ruido ambiente en respuesta lenta, ponderación A, ancho de banda apagado y en un rango entre 20 y 120 decibeles (dB) como lo estipula el libro IV del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

El equipo de medición (sonómetro) deberá ser colocado a una altura entre 1,20 y 1,50 metros del suelo y a una distancia mayor a tres metros de cualquier superficie reflectante que pudiera interferir con la medición.

Generalmente los sonómetros miden los decibeles (dB) correspondientes a los valores máximo, promedio y mínimo registrados durante el período de medición, siendo el valor promedio (Leq) el que se compara con la normativa ambiental, TULAS.

⁴ Los términos Leq o $Lavg$, empleados en los estudios de contaminación acústica, hacen referencia al nivel de sonido promedio obtenido durante el intervalo de medición.

Una vez determinados los sitios de medición es necesario realizar una evaluación sostenida de los puntos identificados. Esta particularidad ayudará a entender el comportamiento del ruido en el área contribuyendo a optimizar los sitios y días de monitoreo en una posterior fase de monitoreo.

Se ha podido comprobar a través de varios estudios realizados que mediciones realizadas sobre un mismo punto geográfico y dentro de un mismo horario, no son estadísticamente comparable, es decir, no representa el mismo fenómeno físico evaluado.

En base a lo anterior, se propone realizar la medición en el sitio previamente identificado durante una semana. Para el caso de los fines de semana, será necesario evaluar el día sábado descartando el día domingo por tratarse de un análisis urbano (véase esquema 8.1).

El número de mediciones a realizar estará condicionado por la temporalidad del estudio. Para el levantamiento de la línea base se recomienda la obtención de 12 muestras en cada punto (véase Cuadro 8.1). Esta particularidad permitirá entender el comportamiento del ruido en la zona y planificar mejor futuros monitoreos.

Esquema N° 8.1
Mediciones por punto



Cuadro N° 8.1
Horario de monitoreo

| Horario | Hora |
|----------------|-------------|
| Diurno | 7:00 |
| | 8:00 |
| | 10:00 |
| | 11:00 |
| Vespertino | 12:30 |
| | 13:30 |
| | 16:00 |
| | 17:00 |
| | 18:00 |
| Nocturno | 19:00 |
| | 22:00 |
| | 23:00 |

La duración de la campaña de monitoreo estará determinada por el número de equipos de medición disponibles así como el personal involucrado en el mismo (véase cuadro 8.2).

Cuadro N° 8.2
Puntos analizados y sonómetros considerados

| Período de medición | N° puntos analizados | N° sonómetros empleados |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 01 mes | 4 | 1 |
| | 8 | 2 |
| | 12 | 3 |
| | 16 | 4 |
| 02 meses | 8 | 1 |
| | 16 | 2 |
| | 24 | 3 |
| | 32 | 4 |
| 03 meses | 12 | 1 |
| | 24 | 2 |
| | 36 | 3 |
| | 48 | 4 |
| 04 meses | 16 | 1 |
| | 32 | 2 |
| | 48 | 3 |
| | 64 | 4 |

Dependiendo de la zona evaluada y la dinámica observada, el horario de muestreo podría variar (véase Cuadro 8.3) en función de los objetivos planteados durante el monitoreo.

Cuadro N° 8.3
Horario de monitoreo alterno

| Horario | Hora |
|----------------|-------------|
| Diurno | 6:00 |
| | 7:00 |
| | 8:00 |
| | 10:00 |
| | 11:00 |
| Vespertino* | 12:30 |
| | 13:30 |
| | 16:00 |
| | 18:00 |
| Nocturno | 19:00 |
| | 22:00 |
| | 23:00 |

*Se eliminó el monitoreo de las 17:00 h para conservar las 12 mediciones planteadas

*El horario de monitoreo puede variar según requerimientos de la Autoridad Ambiental

La línea base constituirá el punto de partida para la evaluación tendencial de los sitios a lo largo del tiempo. La eficacia de las políticas aplicadas podrá ser valorada en base a los registros levantados en la primera fase del monitoreo.

Al término de la primera fase de monitoreo y antes de empezar una segunda campaña de monitoreo, se plantea analizar la equivalencia de los días medidos, es decir, verificar que los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes, sean equivalentes entre sí en cada punto. Para el efecto, se puede emplear cualquier método estadístico como por ejemplo Kruskal-Wallis o la media aritmética. Los días sábados deberán ser tratados independientemente respetando los valores obtenidos.

La equivalencia indicaría que el comportamiento del ruido en ese sector es uniforme durante toda la semana (lunes a viernes). Bajo esta premisa, no sería necesario monitorear el sitio los días: lunes, martes, miércoles, jueves y viernes como en un inicio, bastaría con un solo levantamiento cualquiera de esos días. La equivalencia de los días permitiría también acortar el tiempo de monitoreo en una segunda fase.

Así por ejemplo, si se toman los valores de las mediciones del horario correspondiente a las 10:00 del día lunes del punto A y se los compara con las mediciones de los días martes, miércoles, jueves y viernes en el mismo horario y del mismo punto A, puede resultar que estadísticamente sean equivalentes. De ser este el caso, en una segunda fase de monitoreo será necesario tomar una sola medición en el horario de las 10:00 en el punto A cualquier día de la semana.

Si no es posible determinar la equivalencia de los días en los puntos, se sugiere seleccionar el día más propicio para efectuar el monitoreo en la segunda fase. Para el efecto se deberá recurrir a la línea base levantada en la primera fase y revisar el comportamiento del ruido diario durante la semana. Lo óptimo sería monitorear el sitio durante toda la semana, sin embargo, no siempre existe la disponibilidad de recursos y el tiempo.

Adicionalmente, se sugiere que en esta primera fase de monitoreo se evalúe también el comportamiento acústico del mes de agosto, cuya dinámica en la ciudad es diferente del resto del año. Esta evaluación permitirá contar con elementos suficientes para la toma de decisiones a corto plazo.

La segunda campaña de monitoreo tendrá por objeto actualizar la información base levantada optimizando las salidas de campo y tiempos de medición. Esta optimización permitirá a futuro ampliar la red de monitoreo existente anexando nuevas localidades.

La actualización de la información se la realizará de manera anual para lo cual se deberá considerar todos los apartados descritos en esta metodología. Los horarios de monitoreo a ser empleados deberán ser los mismos empleados en la primera fase o levantamiento de la línea base.

Se sugiere realizar el monitoreo del ruido dos veces al año. Las mediciones no deberán ser efectuadas en los meses de julio y agosto. El mes de agosto deberá ser evaluado cada tres años tal como se muestra en el esquema adjunto (esquema 2) o a conveniencia de la autoridad ambiental. El monitoreo en el mes de agosto no sustituye a las dos mediciones propuestas por año a excepción del tercer año.

**Esquema N° 2
Cronograma de monitoreos**

| | | Cronograma de monitoreos | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| Año 0 | Fase I | * | | | | | | | | | | | |
| Año 1 | Fase II | | | | | | | | | | | | |
| Año 2 | Fase III | | | | | | | | | | | | |
| Año 3 | Fase IV | | | | | | | | | | | | |
| Año 4 | Fase V | | | | | | | | | | | | |
| Año 5 | Fase VI | | | | | | | | | | | | |
| Año 6 | Fase VII | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Año n | Fase n | | | | | | | | | | | | |

* La coloración empleada es una guía para programar las campañas de medición y en ningún caso deberá considerarse como imposición

Red de vigilancia y monitoreo del ruido

La finalidad del monitoreo del ruido ambiental no es simplemente recopilar datos sino por el contrario, recopilar información necesaria para que las autoridades y los planificadores tomen decisiones fundamentadas.

Dentro de este contexto, es necesario reconocer que el monitoreo tiene limitaciones. En muchos casos la medición no es suficiente o puede resultar poco práctica para definir la exposición del ruido de la población en una ciudad. Ningún programa de monitoreo, aunque esté bien fundamentado y diseñado, puede aspirar a cuantificar de manera integral los niveles sonoros (Londoño, 2009).

Sin embargo, el contar con información confiable, actualizada y oportuna permitirá sin lugar a dudas, entender el comportamiento acústico en la ciudad de Cuenca.

Registro de datos y actualización de la información

En la actualidad, está bien reconocida la necesidad de disponer de una información sistemática y exacta en casi todos los campos.

El registro de datos de ruido proporcionará información útil sobre la situación real y la evolución del ruido a través de los años.

Se consideran datos válidos si existe un porcentaje de exactitud en la medición del 90%. Los datos perdidos o inválidos pueden responder a problemas de interpretación o factores externos presentes al momento de la medición. La exactitud puede valorarse comparando los datos con estándares aceptados o por la comparación de otras medidas de los mismos datos.

La utilidad de los registros depende básicamente de la calidad de los datos recogidos. En general, se acepta que los datos registrados nunca son perfectos, sin embargo, se debe propender a obtener una base de datos con la máxima calidad posible dentro de los límites impuestos por los recursos disponibles.

Existe una serie de pasos a considerar para garantizar que los registros obtenidos sean de calidad, entre éstos se destacan:

1. Definir previamente los usos que se esperan dar de los datos obtenidos
2. Diseñar los repositorios de datos de manera que sean comprensivos en términos de utilidad pero sin limitar su tamaño
3. Reducir al máximo el riesgo de error en la codificación y transcripción
4. Minimizar los errores en la toma de la muestra revisando con anterioridad la adecuada calibración del equipo de medición, la estabilización del mismo antes de empezar la medición, la observación adecuada de las variables del entorno como ruidos ajenos al entorno (paso de una ambulancia por ejemplo) y las variables meteorológicas (lluvia excesiva), por citar los mas importantes.

Los repositorios de datos (véase esquema adjunto) deberán almacenar información referente a:

- a. Sitio de monitoreo
- b. Áreas de planeamiento y uso del suelo
- c. Registro de mediciones anuales por punto y hora de monitoreo

Esquema N° 3
Repositorios de información



Durante las campañas de monitoreo y posteriormente en consolidación de datos, deberán mínimamente constar, los siguientes campos:

- Sector de monitoreo
- Calle principal del sector
- Calle secundaria del sector
- Coordenadas geográficas (X,Y)
- Año de monitoreo

- Zonificación según el TULAS
- Área de planeamiento urbano
- Breve descripción del sector y su dinámica
- Fecha de medición
- Hora de monitoreo
- Ruido máximo registrado
- Ruido mínimo registrado
- Ruido promedio
- Observaciones en la medición
- Responsable de la medición

Actualización de la información

La información deberá ser actualizada periódicamente para lo cual se recomienda almacenar los datos en una hoja de cálculo o de preferencia, una base de datos. Es indispensable categorizar la información por años de tal manera que en lo posterior se puedan analizar tendencias de comportamiento.

Se recomienda emplear una base de datos por las siguientes consideraciones:

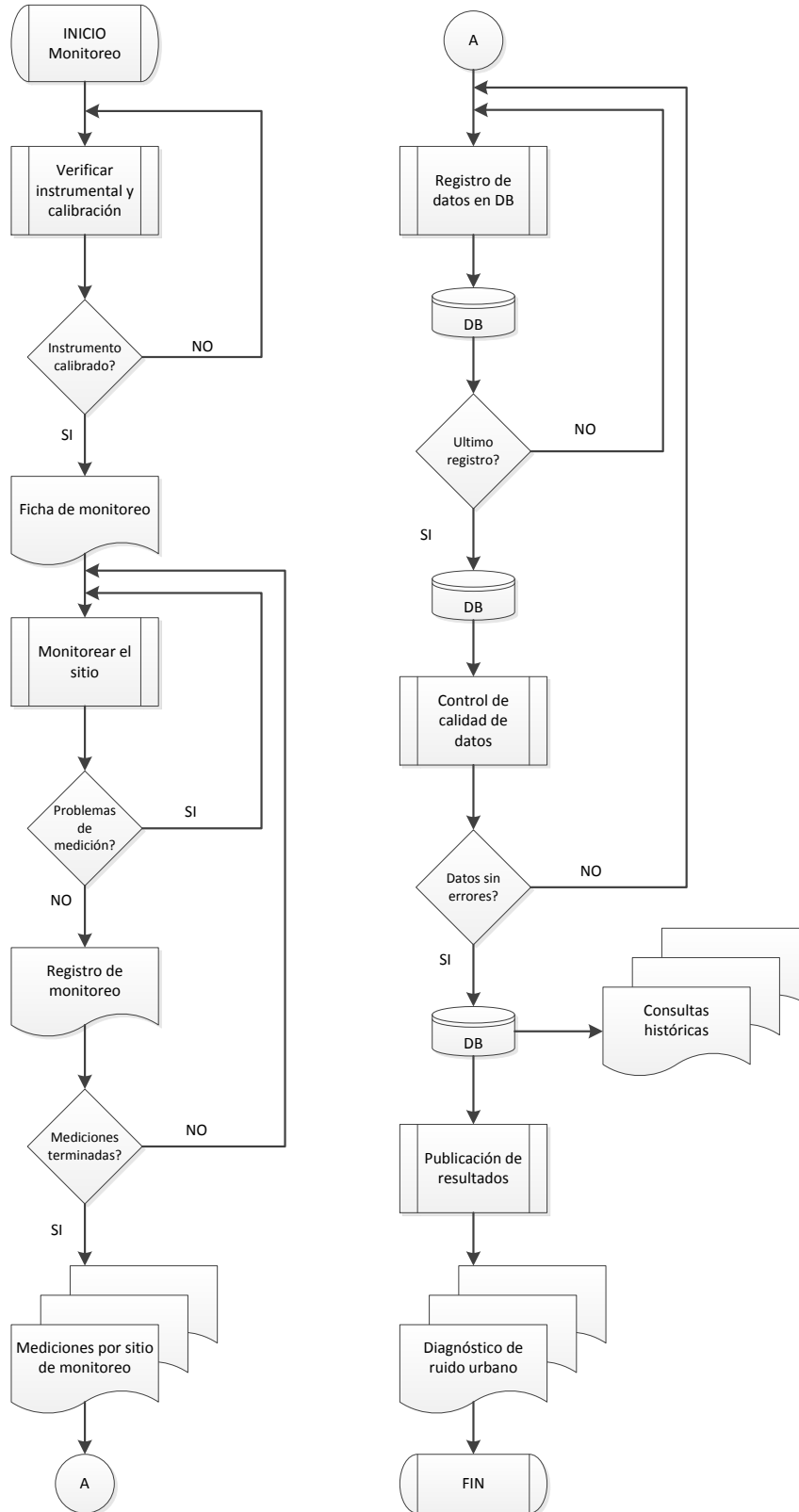
- Almacenan grandes cantidades de información
- Permiten la recuperación rápida y flexible de la información
- Facilitan la organización y reorganización de la información
- Permiten la impresión y distribución de la información en varias formas

De no ser factible el empleo de bases de datos, se recomienda que las hojas de cálculo a emplear permitan la organización de la información en base al año, sitio, sector y horario de monitoreo.

El procedimiento de actualización de la información se representa en el siguiente esquema (véase flujograma 1).

Todas las mediciones deberán ser registradas siendo diferenciadas por periodo de medición.

Flujograma N°1 Levantamiento y actualización de la información



d. Ficha de medición

La ficha de monitoreo propuesta es una guía, en ningún momento se considera de aplicación obligatoria. Sin embargo, este tipo de ficha es ampliamente utilizada en las campañas de monitoreo del ruido ambiente por lo que se recomienda su utilización o los elementos en ella considerados (véase esquema 4 y *Anexo N° 8.- Ficha de monitoreo*).

Esquema N° 4
Ficha modelo para registro de monitoreo

| FICHA DE MONITOREO | | | |
|--|--------------------------|-------------------------------|---|
| Fecha monitoreo (dd-mm-aaaa) | <input type="text"/> | Hora | <input type="text"/> 24 hrs |
| Medido por | <input type="text"/> | Entidad | <input type="text"/> |
| Dirección monitoreo <input type="text"/> | | | |
| Coordenada | X <input type="text"/> | Y <input type="text"/> | Sistema de coordenadas <input type="text"/> |
| VARIABLES CLIMATOLÓGICAS Y URBANAS | | | |
| Sol | <input type="checkbox"/> | Lluvia | <input type="checkbox"/> |
| Llovizna | <input type="checkbox"/> | Día ventoso | <input type="checkbox"/> |
| Presencia de edificios | <input type="checkbox"/> | Buen estado de la vía | <input type="checkbox"/> |
| Espacios verdes cercanos | <input type="checkbox"/> | Flujo vehicular intenso | <input type="checkbox"/> |
| USO DEL SUELO SEGÚN TULAS | | | |
| Residencial | <input type="checkbox"/> | Residencial mixta | <input type="checkbox"/> |
| Comercial | <input type="checkbox"/> | Comercial mixta | <input type="checkbox"/> |
| Hospitalaria y educativa | <input type="checkbox"/> | Industrial / industrial mixta | <input type="checkbox"/> |
| USO DEL SUELO SEGÚN ORDENANZA LOCAL | | | |
| Sector (es) de planeamiento | <input type="text"/> | | |
| Uso (s) de suelo permitido | <input type="text"/> | | |
| Marca del sonómetro | <input type="text"/> | Modelo | <input type="text"/> |
| NIVEL DE RUIDO (dB) | | | LÍMITE DE RUIDO (dB) |
| Lmin | <input type="text"/> | Lmax | <input type="text"/> |
| Lavg | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| DESCRIPCIÓN Y DINÁMICA DEL ENTORNO | | | |
| | | | |
| PERCEPCIÓN CIUDADANA | | | |
| | | | |
| OBSERVACIONES | | | |
| | | | |

e. Normativa

Los límites permisibles en las diferentes zonas son también motivo de registro, de esta manera se garantizaría que cualquier cambio en la normativa vigente no altere la interpretación de los registros de monitoreo anteriores al cambio.

El cuerpo legal vigente y con el que se deberán contrastar los valores medidos, consta en el Libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

Al no contar con una normativa local para ruido ambiente, se deberá emplear el cuerpo legal vigente a nivel nacional.

A continuación se resalta un extracto de la normativa directamente relacionado con la campaña de monitoreo.

Zonificación del suelo según el TULAS

El Texto Unificado de Legislación Ambiental establece límites según uso de suelo. Entre las zonas consideradas para el establecimiento de límites están:

Zona Hospitalaria y Educativa

Aquellas zonas en las que los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

Zona Residencial

Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.

Zona Comercial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo.

Zona Industrial

Aquella zona cuyo uso de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada.

Zonas Mixtas

Zonas en las que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en que se puede verificar la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales.

Límites permisibles en la norma técnica (TULAS)

Los niveles de presión sonora contemplados en la normativa se expresan en decibeles y para cada tipo de zona se presentan límites máximos permisibles (véase Cuadro N° 8.4) (Ministerio del Ambiente, 2003).

Cuadro N° 8.4
Niveles máximos de ruido permisible según uso de suelo

| Tipo de zona según uso de suelo | Nivel de presión sonora equivalente | |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| | * NPS eq [dB(A)] | |
| | De 06H00 A 20H00 | De 20H00 A 06H00 |
| Zona hospitalaria y educativa | 45 | 35 |
| Zona residencial | 50 | 40 |
| Zona residencial mixta | 55 | 45 |
| Zona comercial | 60 | 50 |
| Zona comercial mixta | 65 | 55 |
| Zona industrial | 70 | 65 |

* Nivel de presión sonora equivalente en ponderación con escala A

f. Análisis de resultados y presentación de informe

El análisis y diagnóstico de ruido urbano reflejará el estado actual de la ciudad y su entorno. Producto del diagnóstico se establecerá una línea base de contaminación acústica urbana contra la cual se deberán evaluar el impacto de las políticas o acciones implementadas en el tiempo con el objeto de mitigar los efectos de la contaminación acústica.

La presentación de los resultados, conclusiones y recomendaciones, deberán ser incluidas en un informe técnico de forma anual. Los resultados obtenidos deberán ser expresados cualitativa y cuantitativamente.

El análisis de la problemática deberá ser elaborado por zonas diferenciando las mediciones realizadas durante el día (horario de las 06H00 hasta las 20H00) y las llevadas a cabo durante la noche (desde las 20H00 a las 06H00 del día siguiente).

El informe de la calidad acústica de la ciudad deberá contener los siguientes apartados:

- Presentación del estudio por parte de la máxima autoridad de turno
- Introducción a la temática por parte del director de la Comisión de Gestión Ambiental
- Antecedentes dentro de los cuales se mencionará los efectos del ruido en la salud de la población y sus efectos en la calidad de vida
- Objetivos del monitoreo
- Descripción de la red (puntos de monitoreo y localización espacial)
- Normativa de ruido / límites permisibles
- Análisis de resultados por zona y horario de medición
- Conclusiones y recomendaciones
- Anexos
- Agradecimientos

g. Mapa de ruido

Los mapas de ruido constituyen una representación cartográfica de datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en una zona específica o en un espacio determinado, relacionando al mismo tiempo: habitantes, número de viviendas y calidad acústica.

Se recomienda la elaboración de mapas de ruido al finalizar cada campaña de monitoreo. De no ser factible, se sugiere la confección de un mapa de ruido que represente el comportamiento del ruido en el año; para ello se deberá partir de los sitios monitoreados y los niveles sonoros registrados.

Para un mejor entendimiento del comportamiento del ruido urbano, los mapas de ruido deberán ser realizados respetando los diferentes periodos de medición. Si bien es posible representar el comportamiento del ruido urbano promediando el total de mediciones, es imprescindible diferenciar las mediciones efectuadas durante el día de aquellas realizadas durante la noche. Lo óptimo será obtener un mapa de ruido diurno y otro nocturno.

Se recomienda realizar el mapa de ruido para la ciudad de Cuenca mediante la técnica de digitalización del ruido registrado en las diferentes localidades con ayuda del sonómetro y el empleo de técnicas de geo estadística.

Se sugiere emplear la misma metodología utilizada en el presente estudio para modelar el comportamiento del ruido en la ciudad. Este ejercicio permitirá abarcar zonas en donde no fue posible realizar mediciones.

Finalmente, los mapas de ruido a elaborar tendrán los siguientes objetivos:

- Entender el comportamiento del ruido urbano
- Identificar zonas con problemas de contaminación acústica
- Representar la exposición sonora a largo plazo (1 año)

- Informar a la población en general sobre la calidad sonora de la urbe
- Diseñar planes de acción

h. Recomendaciones finales

Antes de cada salida se deberá realizar una inspección del instrumental y calibración de los equipos.

Labores de reconocimiento de una zona pueden mejorar la calidad de monitoreo a realizarse. Esta rutina contempla la observación de particularidades locales como rutina de la gente, flujos comerciales, fuentes potenciales de ruido y tipo de ruido a ser percibido. Los trabajos emergentes realizados sobre las vías podría alterar las mediciones de la zona evaluada por lo que se deberá tomar las mediciones a una distancia adecuada del foco de ruido principal de ruido o redistribuir el itinerario en caso de ser factible.

Se sugiere que el informe técnico anual de monitoreo de ruido urbano deje establecido si algunos intervalos de medición fueron omitidos por la presencia de ruidos ajenos a la zona evaluada.

A nivel de Cuenca, existirán sectores de similares características por lo que será conveniente analizar la presión sonora a la que están sometidos. Si a lo largo de la campaña de monitoreo los resultados son similares y presentan un margen de error bajo entre una localidad y otra, se podría asumir que las zonas son equivalentes. Para determinar el margen de error aceptable se deberá analizar los datos estadísticamente. Si dos zonas fuesen equivalentes se podría pensar en omitir uno de los puntos de monitoreo y localizarlo en otro lugar en donde no se esté realizando ninguna medición.

El número de mediciones necesarias en un punto variará en función al tipo de ruido presente en la zona y las condiciones ambientales del lugar. Si el ruido es fluctuante la mayor parte del tiempo (presencia de ruidos esporádicos o silbido del viento por ejemplo), el tiempo de estabilización de equipo será mayor. De igual manera, si existen ruidos esporádicos fuertes como el paso de una ambulancia o un accidente de tránsito, será necesario volver a medir el sitio.

Para cada sitio de monitoreo deberán anotarse, si se consideran importantes, los datos meteorológicos pertinentes (viento, temperatura y humedad) y seguir siempre las instrucciones del fabricante del equipo para evitar la influencia de estos factores en la medición.

En la medida de lo posible, se sugiere preguntar a los moradores del sector que problemas de ruido usualmente se perciben, con qué frecuencia, si han sentido molestias, que enfermedades relacionadas con el ruido padecen (si alguna de las personas consultadas posee un historial médico en este sentido, se deberá registrar que existe, además de la percepción, evidencia médica de la afección) y si consideran que existe un problema de ruido en el sector.

Toda la información que se logre recopilar de manera informal (sin la aplicación de una encuesta) complementará los datos de percepción ciudadana y ayudará a detectar problemas no fueron detectados con las mediciones puntuales.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

La Ilustre Municipalidad de Cuenca a través de la Comisión de Gestión Ambiental pretende contar con información que demuestre el grado de contaminación acústica existente en el área urbana de Cuenca, para lo cual se ha partido de la determinación de sitios de mayor conflictividad en relación a la presencia de tráfico vehicular, lo cual combinado a la presencia de industria, comercio, vivienda, han dado lugar a establecer de manera estadística la existencia de emisiones sonoras.

Se determinaron 30 puntos de monitoreo que formaron una red que cubre el área urbana de Cuenca, en los cuales se realizaron los muestreos correspondientes, se tomó como referencia para comparar los límites de las emisiones, la Ley existente a nivel nacional como es el Texto Unificado de Legislación Ambiental. Los valores levantados obtenidos insitu, de acuerdo a su ubicación y uso de suelo demuestran que las emisiones de ruido, están sobre las normas en la mayor parte de los puntos analizados tanto en el día como en la noche, lo cual es un indicador que requiere especial atención e intervención con el propósito de disminuir o controlar que estas emisiones sigan subiendo.

Se debe dejar constancia que por motivos del presente estudio, los puntos determinados fueron en vías principales, en donde existe la presencia de un tráfico alto, en tanto que queda pendiente realizar estudios en vías secundarias con menor afluencia vehicular.

Con relación a los métodos utilizados para el modelamiento se partió utilizando el denominado “**Método del Inverso de la Distancia Ponderada (IDW)**”, el cual se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más parecidos para posiciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia.

Por otro lado se analizó también con el método denominado **Kriging**, el cual está basado en auto correlación espacial de las variables. El Kriging es un estimador lineal insesgado que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos, el mismo asume que la media aunque desconocida, es constante y que las variables son estacionarias y no tienen tendencias, permite la transformación de los datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de error.

Del análisis realizado, los datos que se consideran más aproximados son los obtenidos con el segundo método, en función de que es un método geo estadístico que se basa en las superficies analizadas, siendo el más recomendado para este tipo de proyectos.

Del modelamiento realizado se ha podido localizar los sitios en donde se presenta una mayor presión sonora a lo largo del día, observándose manifestaciones permanentes en sitios como son: autopista Cuenca – Azogues, Control Sur, sector de Indurama. En los restantes sitios la manifestación sonora varía de media a alta, observándose las emisiones de ruido son estables en la ciudad a lo largo de todo el día.

El 99% de los puntos no cumplen o cumplen parcialmente los límites permisibles de ruido ambiente establecido en el TULAS. La presión sonora sobre zonas escolares y hospitalarias según los datos del estudio es alarmante y sugiere la necesidad de plantear políticas que logren revertir esta situación.

Los niveles de ruido percibidos en sectores residenciales son igualmente preocupantes, sobre todo si las zonas son consideradas como de reposo y descanso para las personas. Las dinámicas comerciales y la infraestructura presente en cada sector estarían influenciando de manera significativa los niveles sonoros en cada punto.

Algunos estudios realizados a nivel mundial sobre las fuentes de ruido urbano, revelan que el 70% del ruido presente es atribuido al tráfico vehicular y la movilidad colectiva (Platzer et al., 2007)⁵. No se descarta la posibilidad que situación similar se esté produciendo en la ciudad de Cuenca.

El análisis del ruido urbano en el estudio realizado para determinar el índice de calidad ambiental urbana a través de indicadores ambientales y los resultados obtenidos en el presente trabajo, evidencian que actualmente el ruido urbano es un problema latente en la ciudad de Cuenca.

Si bien no existe una red de monitoreo de ruido establecida, ni diagnósticos periódicos sobre calidad acústica urbana, los resultados en los estudios sugieren que los altos niveles de ruidos estarían presentándose de manera periódica en la ciudad.

Por otro lado, es indispensable mejorar el control y cumplimiento de la ordenanza que regula y controla la ocupación de las vías públicas por los vehículos motorizados dentro del cantón Cuenca y funcionamiento del Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado y Parqueo indebido (SERT) y que fue aprobada el 12 de julio de 2012. Parte de los problemas de ruido están ligados al embotellamiento vehicular de ciertas zonas, producto de la carga y descarga de vehículos fuera del horario permitido, Por lo que el Mapa de ruido se constituye en la herramienta fundamental para el planteamiento de políticas públicas de movilidad.

Si bien la ley de tránsito y transporte en su capítulo V. Art. 191, fija los límites de velocidad urbanos para transporte liviano, público y de carga, no fue sino hasta el 25 de julio de 2012 que el reglamento general para su cumplimiento fue aprobado. Por esta razón es imperativo que los

⁵ Platzer, L. Iñiguez, R. Cebo, J. Ayala, F. 2007. Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. Revista de otorrinolaringología. Cir. Cabeza Cuello; 67:122-128.

futuros análisis de ruido urbano tengan en cuenta esta consideración, sobre todo si se compara con monitoreos anteriores a esa fecha.

Sobre la base de los modelamientos y evaluación realizados se ha podido dimensionar una red de monitoreo permanente de la ciudad así como se ha descrito la metodología a seguir para realizar el levantamiento de información de ruido de manera periódica, a fin de contar con un historial de datos que nos permita programar las acciones de planificación urbana y vial en el centro de la ciudad.

9.2 Recomendaciones

Organizar el transporte público en la ciudad, para lo cual se deberá diseñar un sistema de movilidad pública que garantice la disminución de emisiones sonoras, producto de la circulación vehicular, tomando como base el mapa de ruido generado, así como el planteamiento de políticas de movilidad.

Promover un programa de educación vial para los transportistas y los usuarios de tal manera que se optimicen el uso las paradas.

Se recomienda tomar en consideración la importancia de la valoración del ruido en los procesos de planificación urbana, la necesidad de incrementar los espacios verdes y masas arbóreas como barreras naturales a la contaminación acústica, así mismo incluir en los diseños de las vías a las ciclovías que llevarían a contar con un tipo de movilidad alternativa sin contaminación.

Educar a los propietarios de comercios y a los conductores de vehículos particulares, en el uso de equipos sonoros y bocinas.

Controlar las emisiones generadas por los establecimientos comerciales e industriales, para que sobre la base de tecnologías disminuyan la contaminación de ruido.

La Comisión de Gestión Ambiental del Municipio de Cuenca al contar con la información del mapa de ruido y una vez que se implemente la propuesta de monitoreo permanente podrá emprender en estudios complementarios que relaciones las emisiones sonoras con la salud de la población, con la densidad del tránsito vehicular, etc.

Así mismo deberá emprender en la realización de mediciones periódicas en otros puntos de monitoreo, en donde las densidades de tráfico sean menores, a fin de establecer comparaciones y tendencias.

Elaborar una normativa local sobre las emisiones de ruido, que garantice la paz pública y la salud de la población, siendo necesario también realizar una revisión de la normativa nacional TULAS, a fin de establecer los límites de las emisiones sonoras de acuerdo a cada territorio y sobre todo tomando en consideración las dinámicas de cada población o asentamiento humano. La normativa local permitirá realizar una mejor correspondencia entre los usos de suelo evaluados en el TULAS y el uso y ocupación del suelo regulado vía ordenanza local.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI Anexo 5 De la Calidad Ambiental. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental* (pág. 13). Quito.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *OMS*. Recuperado el 29 de 06 de 2012, de <http://www.who.int/es/>
- Platzer, L., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad. *Oorrinolaringología(67)*, 122-128.
- Fundación Natura; CUENCAIRE; Comisión de Gestión Ambiental;. (2009). *Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca, año base 2007*. Técnico, Ilustre Municipalidad de Cuenca, Cuenca.
- González, A. E., Gaja, E., Jorysz, A., & Torres, G. (2000). Monitoreo de ruido urbano: determinación del tiempo mínimo de muestreo en la ciudad de Montevideo, Uruguay. *Acústica*, 6.
- Ibarluzea Maurologoitia, J., Larrañaga Padilla, I., & Aspuru Soloaga, I. (2004). Percepción del ruido por la población residente en el entorno de la bahía de Pasaia. *Salud Ambiental*, 61-69.
- Krauss, F. (2003). *Metodología para la evaluación del ruido por tráfico vehicular en zonas urbanas*. Universidad Santiago de Chile. Santiago: Universidad Santiago de Chile.
- Londoño, C. A. (2009). Diseño de la red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el área metropolitana del valle de Aburrá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 22-38.
- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI Anexo 5 De la Calidad Ambiental. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental* (pág. 13). Quito.
- Morán, C. J. (2009). Convivencia sustentable en zonas urbanas. En C. I. Quito, & C. J. Morán (Ed.), *Quito, desarrollo para la gente* (págs. 67-101). Quito: Instituto de la Ciudad.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *OMS*. Recuperado el 29 de 06 de 2012, de <http://www.who.int/es/>
- Platzer, L., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad. *Oorrinolaringología(67)*, 122-128.
- Platzer, L., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de Otorrinolaringología(67)*, 122-128.

11 ANEXOS

En formato impreso:

- Anexo N° 1.- Matriz de levantamiento de datos
- Anexo N° 2.- Anexo fotográfico
- Anexo N° 3.- Gráfico de cotizaciones
- Anexo N° 7.- Listado de puntos con mediciones altas (picos)
- Anexo N° 8.- Flujograma y Ficha de Monitoreo
- Anexo N° 9.- Parámetros de validación de los métodos de interpolación (kriging)
- Anexo N° 9A.- Detalle del método Kriging
- Anexo N° 11.- Ubicación en coordenadas geográficas de los sitios de muestreo
- Anexo N° 12.- Ficha por cada punto de muestreo
- Anexo N° 13.- Mapas generados

En formato digital:

- Anexo N° 4.- Datos del sonómetro
- Anexo N° 5.- Shape con la información levantada en campo
- Anexo N° 6.- Fotografías
- Anexo N° 10.- Interpolaciones (IDW y Kriging)
- Anexo N° 14.- Proyectos de mapas elaborados