
Mapa Acústico de Montevideo



Intendencia Municipal de Montevideo
Desarrollo Ambiental



CONVENIO IMFIA - IMM:
MAPA ACUSTICO DE MONTEVIDEO

INFORME FINAL

INDICE

1. Introducción
2. Líneas metodológicas generales
3. Fundamentación de la selección del tiempo de muestreo
4. Niveles de presión sonora
5. Procesamiento de eventos anómalos
6. Opinión de la población
7. Mapas
8. Resultados comparativos frente a datos 1996-1997
9. Conclusiones del estudio realizado
10. Propuestas para próximas etapas
11. Bibliografía

Anexos

- A1. Conceptos básicos
- A2. Prueba de D'Agostino
- A3. Prueba de Mann - Whitney
- A4. Prueba de Kruskal - Wallis

1. Introducción

El 6 de octubre de 1998 dieron comienzo las tareas acordadas entre la Intendencia Municipal de Montevideo (Dpto. de Desarrollo Ambiental - SIME) y la Facultad de Ingeniería (IMFIA - Dpto. de Ingeniería Ambiental) para la concreción del Mapa Acústico de la ciudad de Montevideo por la modalidad de vías de tránsito, en el marco de un Convenio celebrado entre ambas instituciones.

Anteriormente se había llevado a cabo una tarea semejante en el marco de un acuerdo de cooperación recíproca y con financiación del Fondo Clemente Estable de CONICYT (Consejo Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología), obteniendo un mapa acústico de la ciudad por la modalidad de puntos o botones. Del análisis de los resultados de este trabajo, se infirió que el mayor compromiso en cuanto a niveles sonoros se concentra en algunas zonas de la ciudad y, en general, sobre las principales vías de tránsito, lo que motivó centrar sobre su estudio el objetivo del presente Convenio.

En el desarrollo de los trabajos han actuado en forma coordinada dos equipos, uno perteneciente a I.M.M. - S.I.M.E., y otro a F.I. - I.M.F.I.A. Se ha acordado la realización de las mediciones en horario diurno en días hábiles y en fines de semana por parte de la Facultad de Ingeniería, en tanto el equipo municipal se ha hecho cargo de las mediciones nocturnas. El procesamiento de los datos se centralizó en Facultad de Ingeniería.

El equipo humano afectado a las tareas de este Convenio por parte de ambas instituciones partícipes a lo largo del año de trabajo comprendido entre el 6 de octubre de 1998 y el 6 de octubre de 1999 es el siguiente:

Dirección General: Ing. Alice Elizabeth González, M.Sc.

Dirección Municipal: Ing. Guillermo Rodríguez Sarmiento
Ing. Sandra Vittorino Carrasco

Equipo de Gabinete:
(Facultad de Ingeniería) Ing. Rocco Sebastián Gerardo
Bach. Mónica Guida
Bach. Andrés Jorysz
Bach. Gonzalo Torres

Coordinación en Gabinete:
(I.M.M.) Bach. Carlos Calvo
Bach. Gabriel Firme

Equipo de Campo de F.I.
(Estudiantes) Raúl Batista
Leticia de los Reyes

Mónica Guida
Andrés Jorysz
Alvaro Prado
Gonzalo Torres

Equipo de campo de IMM
(Técnicos)

Ovidio Caballero
Rolando Campos
José Gambini
Nelson Guichón
Silvana Langone
Julio López
Gabriel Núñez
Julio Perera

Al cumplirse un año de iniciadas las actividades, y al tiempo que expira esta instancia contractual, se presenta el Informe Final de lo actuado. Este engloba los resultados parciales presentados en el Informe de Avance en el pasado mes de abril y agrega el resto de la información que a esa fecha no estaba o disponible o procesada. Asimismo, y de acuerdo con lo convenido, se entrega una versión en soporte magnético de todos los documentos.

2. Líneas metodológicas generales

Durante la ejecución de este trabajo, y de acuerdo a lo convenido contractualmente, el Servicio de Instalaciones Mecánicas y Eléctricas de la I.M.M. ha puesto a disposición del equipo de Facultad de Ingeniería un instrumento de su propiedad para posibilitar la realización de las mediciones. Se trata de un sonómetro portátil tipo II marca Larson Davis modelo 712 con data-logger e interfase, cuya calibración se ha verificado periódicamente a lo largo del desarrollo de las tareas.

Este instrumento permite obtener una versión en base magnética de los datos recabados en campo minuto a minuto. Entre otros parámetros, se obtiene el L_{eq} correspondiente al minuto en cuestión, los niveles máximo y mínimo, y cinco percentiles: L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} . De ellos, los que se han usado a los fines del procesamiento realizado en este informe son el L_{eq} , el L_{10} , el L_{50} y el L_{90} . Los niveles máximos de cada minuto se han empleado para la caracterización de los eventos anómalos registrados en campo por el operador. El equipo de técnicos municipales que ha participado en la realización de medidas nocturnas ha empleado equipos de igual marca y modelo.

Se han diagramado las tareas de medición para permitir la obtención de un mapa acústico prioritariamente diseñado por la modalidad de vías de tránsito.

Según este objetivo, los puntos de medición se ubican sobre las vías que se desea monitorear distribuidos de manera de cubrir las características diferenciadas de cada tramo de la misma. Estas vías han sido seleccionadas en función de los resultados del mapa acústico de puntos confeccionado en el período 1996-1997, observando que son las que registran mayores niveles sonoros, evaluados en función de L_{eq} y L_{90} .

Asimismo, se han elegido para monitorear algunas zonas -reconocidas por sus niveles sonoros elevados también en función de los mismos parámetros-, que son Tres Cruces, Ciudad Vieja y el entorno de Bulevar España y la Rambla.

Durante las mediciones, el operador debe llevar una planilla de registro de eventos anómalos o distorsionantes -entendiendo por tales todos aquellos que escapan al ruido de rodadura y de motores en buen estado con escape funcionando adecuadamente- para dejar sentada la ocurrencia de los mismos y el minuto en que esto sucede.

Además, debe realizar un conteo clasificado de tránsito, separando los vehículos en livianos (menores de 3,5 Ton.), camiones, omibuses y motos. En general el conteo se realiza en intervalos alternados de 5 minutos en las mediciones de 30 minutos de duración y de 10 minutos en las de duración superior, de modo que el tiempo total en que se cuenta sea por lo menos la mitad de la duración de la medición. En lugares donde la densidad de tránsito es baja se ha podido recabar los datos de tránsito durante la totalidad del tiempo de medición. En las calles de doble mano, los valores que se presentan corresponden a los

datos de una sola mano, elegida ésta como la dirección hacia el centro de la ciudad (es sobre esta mano que se realizaron las mediciones de niveles sonoros).

La lista completa de los puntos de medición se presenta a continuación. Los mismos fueron acordados con la contraparte municipal en el primer período del desarrollo del estudio. Además de su ubicación, se reseña la designación con la que, en adelante, figuran en los resultados de este estudio.

PTOS. CIRCUITO

ZONA BULEVAR ESPAÑA

ZBE 1	Benito Blanco e/Martí y Massini
ZBE 2	L. Gadea e/Bulevar España y Av. Brasil
ZBE 3	R. Graseras e/Scosería y J. Zudáñez

PTOS. CIRCUITO

BULEVAR ESPAÑA

BE 1	Bulevar España e/ Rambla y B. Blanco
BE 2	Bulevar España e/ Ellauri y F. Aguilar
BE 3	Bulevar España e/ Muñoz y Franzini
BE 4	Bulevar España e/ Br. Artigas y P. Vázquez y Vega
BE 5	Bulevar España e/ Salterain y P. De María

PTOS. CIRCUITO

TRES CRUCES

TC 1	Goes e/Bulevar Artigas y Duvimioso Terra
TC 2	Acevedo Díaz e/Muñoz y Fernández Luna
TC 3	Ferrer Serra e/Duvimioso Terra y Acevedo Díaz
TC 4	Nicaragua e/Acevedo Díaz y Duvimioso Terra
TC 5	Cufre e/Ferrer Serra y Muñoz

PTOS. CIRCUITO

BULEVAR ARTIGAS

BA 1	Bulevar Artigas e/García de Zúñiga e Itapúa
BA 2	Bulevar Artigas e/Bulevar España y Edil Hugo Prato
BA 3	Bulevar Artigas e/Av. Rivera y Palmar
BA 4	Bulevar Artigas e/Gastón Ramón y Francisco Canaro
BA 5	Bulevar Artigas e/18 de Julio y Colonia
BA 6	Bulevar Artigas e/Goes y Miguelete
BA 7	Bulevar Artigas e/Martín García y Coquimbo
BA 8	Bulevar Artigas e/Colorado y Cuñapirú
BA 9	Bulevar Artigas e/Gallinal y Melián Lafinur
BA 10	Bulevar Artigas en su ángulo recto, antes de Campisteguy
BA 11	Bulevar Artigas e/Av. General Flores y Joaquín Requena
BA 12	Bulevar Artigas e/Av. San Martín y Pando
BA 13	Bulevar Artigas e/Av. Millán y F. Estolé
BA 14	Bulevar Artigas e/Av. Agraciada y Buricayupí

PTOS. CIRCUITO

RIVERA

R 1	Av. Rivera e/Requena y Salterain
------------	----------------------------------

R 2	Av. Rivera e/Bulevar Artigas y 20 de setiembre
R 3	Av. Rivera e/Brito del Pino y S. Bolívar
R 4	Av. Rivera e/Pastoriza y Pedro Campbell
R 5	Av. Rivera e/ Rossell y Rius y 2 de mayo
R 6	Av. Rivera e/Marco Bruto y Av. L.A. De Herrera
R 7	Av. Rivera e/Bvar. Batlle y Ordóñez y Espinosa
R 8	Av. Rivera e/Santiago de Anca y Atlántico
R 9	Av. Rivera e/Rimac y Río de la Plata
R 10	Av. Rivera e/Hernani y María Espínola
R 11	Av. Rivera e/Uspallata y San Marino
R 12	Av. Rivera e/Divina Comedia y Arocena
R 13	Av. Rivera e/Santa Mónica y Cartagena

PTOS. CIRCUITO

GARIBALDI

G 1	Av. Garibaldi e/Av.Italia y Sambucetti
G 2	Av. Garibaldi e/J.R. Gómez y C.Anaya
G 3	Av. Garibaldi e/Bulevar Artigas y Cuñapirú
G 4	Av. Gariabldi e/Paullier y Cufre
G 5	Av. Garibaldi e/Arenal Grande y Porongos
G 6	Av. Garibaldi e/Pando y Marsella

PTOS. CIRCUITO

GRAL. FLORES

GF 1	Av. General Flores e/Berthelot y Blandengues
GF 2	Av. General Flores e/Vilardebó y Colorado
GF 3	Av. General Flores e/Gallinal y Lafinur
GF 4	Av. General Flores e/Consulado y Av. L.A. de Herrera
GF 5	Av. General Flores e/Quesada y Dr. A. Lamas
GF 6	Av. General Flores e/García de Zúñiga y Hortiguera
GF 7	Av. General Flores e/Chimborazo y Londres
GF 8	Av. General Flores e/Camino Corrales y Bagé
GF 9	Av. General Flores e/Mendoza e I. Bazzano
GF 10	Av. General Flores e/L. Gómez y Cabarí

PTOS. CIRCUITO

8 DE OCTUBRE

8 1	Av. 8 de Octubre e/Berro y Garibaldi
8 2	Av. 8 de Octubre e/Pedro Olmida y Centenario
8 3	Av. 8 de Octubre e/Bvar. Batlle y Ordóñez y C. Crocker
8 4	Av. 8 de Octubre e/Serrato y Miró
8 5	Av. 8 de Octubre e/Pan de Azúcar y Silvestre Pérez
8 6	Av. 8 de Octubre e/20 de Febrero y Camino Corrales
8 7	Av. 8 de Octubre e/Capdehourat y Vigodet
8 8	Av. 8 de Octubre e/Pirineos y Veracierto
8 9	Av. 8 de Octubre e/Cochabamba y Celiar

PTOS. CIRCUITO

CV 1
CV 2
CV 3
CV 4
CV 5
CV 6
CV 7
CV 8

CIUDADVIEJA

Sarandí e/Juan Carlos Gómez e Ituzaingó
Reconquista e/Ituzaingó y Treinta y Tres
Buenos Aires e/Treinta y Tres y Misiones
Colón e/Rincón y 25 de Mayo
Piedras e/Pérez Castellanos y Maciel
25 de Mayo e/Zabala y 1° de mayo
Treinta y Tres e/Rincón y 25 de Mayo
Cerrito e/Bartolomé Mitre y Juncal

PTOS. CIRCUITO

18 1
18 2
18 3
18 4
18 5
18 6
18 7
18 8
18 9

18 DE JULIO

Plaza Independencia y Av. 18 de Julio
Av. 18 de Julio y Plaza Entrevero
Av. 18 de Julio y Plaza Cagancha
Av. 18 de Julio e/Ejido y Germán Barbato
Av. 18 de Julio e/Tacuarembó y Vázquez
Av. 18 de Julio e/Tristán Narvaja y Eduardo Acevedo
Av. 18 de Julio e/Av. D. Fernández Crespo y Arenal Grande
Av. 18 de Julio e/Joaquín Requena y Martín C. Martínez
Av. 18 de Julio e/Av. 8 de Octubre y Bulevar Artigas

PTOS. CIRCUITO

AI 1
AI 2
AI 3
AI 4
AI 5
AI 6
AI 7
AI 8
AI 9
AI 10
AI 11
AI 12

AVENIDA ITALIA

Av. Italia e/Presidente Berro y Manuel Albo
Av. Italia e/Av. Centenario y Brito Foresti
Av. Italia e/Av. L.A. de Herrera y Abacú
Av. Italia e/Anzani y Estivao
Av. Italia e/Comercio y Minnesota
Av. Italia e/Mataojo y Mariscal
Av. Italia e/Candelaria e H. Yrigoyen
Av. Italia e/Tres Cerros y Segovia
Av. Italia e/Zum Felde y A. Fleming
Av. Italia e/Catania y Av. Bolivia
Av. Italia e/Cooper y Jamaica
Av. Italia e/Gral. French y Lido

PTOS. CIRCUITO

L 1
L 2
L 3

LIBERTADOR

Av. Libertador e/ Av. Uruguay y Paysandú
Av. Libertador e/ La Paz y Valparaíso
Av. Libertador e/ Nicaragua y Venezuela

PTOS. CIRCUITO

A 1
A 2
A 3
A 4

AGRACIADA

Av. Agraciada e/ Marmarajá y Arequita
Av. Agraciada e/ Gral. Luna y Santa Fe
Av. Agraciada e/ Evaristo Ciganda y Grito de Asencio
Av. Agraciada e/ Gil y J.C. Blanco

A 5 Av. Agraciada e/ Valentín Gómez e Inocencio Raffo Arrosa

PTOS. CIRCUITO

CARLOS MARIA RAMIREZ

CMR 1

Av. C.M. Ramírez e/Basagoity y Carlos de la Vega

CMR 2

Av. C.M. Ramírez e/Ameghino y Real

CMR 3

Av. C.M. Ramírez e/Elbio Fernández y Humboldt

CMR 4

Av. C.M. Ramírez e/Turquía y Grecia

CMR 5

Av. C.M. Ramírez e/Cuba y Filipinas

PTOS. CIRCUITO

PARQUE BATLLE

PB 1

Av. Ramón Benzano y Lorenzo Mérola

PB 2

Av. Ricaldoni e/Brito del Pino y Alarcón

PB 3

Av. F. Vidiella y Av. Ramón Benzano

PB 4

Av. Navarro y Av. F. Vidiella

PTOS. CIRCUITO

PARQUE PRADO

PP 1

Ma. Eugenia Vaz Ferreira y Carlos Brussa

PP 2

Mendilaharsu y Alfonsina Storni

PP 3

Camino Castro e/Osorio y Emancipación

PTOS. CIRCUITO

PARQUE RODO

P Ro 1

Av. Gonzalo Ramírez e/Salterain y Requena

P Ro 2

Antonio Ma. Rodríguez e/G. Ramírez y J. De Salterain

P Ro 3

Av. Sarmiento y José Requena García

P Ro 4

Herrera y Reissig e/Giribaldi y 21 de setiembre

P Ro 5

Teatro de Verano

PTOS. CIRCUITO

PARQUE RIVERA

P Ri 1

Benito Cuñarro y Joaquín Torres García

P Ri 2

Durrandeau y Messina

P Ri 3

Zum Felde casi Av. Italia

P Ri 4

Av. Bolivia y Verona

PTOS. CIRCUITO

CAMINO CARRASCO

CC 1

Camino Carrasco e/Raissignier y Schinca

CC 2

Camino Carrasco e/El Aguacero y Estado de Israel

CC 3

Camino Carrasco e/Roberto Berro y Veracierto

CC 4

Camino Carrasco e/Lugo y Joaquín de la Sagra

CC 5

Camino Carrasco e/Av. Bolivia y D. Espinosa

CC 6

Camino Carrasco e/Agrigento y Dr. Elías Regules

CC 7

Camino Carrasco e/ Cooper y Adolfo Lapuente

CC 8

Camino Carrasco e/Vargas Guillemette y E. Blanco Acevedo

PTOS. CIRCUITO

RAMBLA

RBLA 1

Rambla e/ Paraguay y La Cumparsita

RBLA 2	Rambla e/Yaro y Emilio Frugoni
RBLA 3	Rambla e/Cachón y Bulevar Artigas
RBLA 4	Rambla e/Solano García y Joaquín Núñez
RBLA 5	Rambla e/Solano Antuña y Juan Ma. Pérez
RBLA 6	Rambla e/Vicente Pagola y Buxareo
RBLA 7	Rambla e/Antonio Costa y Agustín Iturriaga
RBLA 8	Rambla e/Roberto Riveros y Tomás Basáñez
RBLA 9	Rambla e/9 de Junio y Colombes
RBLA 10	Rambla e/Hipólito Yrigoyen y Concepción del Uruguay
RBLA 11	Rambla e/Grito de Gloria y Motivos de Proteo
RBLA 12	Rambla e/Av. Gral. Paz y Ciudad de Guayaquil
RBLA 13	Rambla e/Araucana y San Nicolás
RBLA 14	Rambla e/Divina Comedia y Av. Arocena
RBLA 15	Rambla e/Gral. French y Dardo Regules

PTOS. CIRCUITO

LUIS ALBERTO DE HERRERA

LAH 1	Av. L.A. de Herrera e/Echevarriarza y Antonio Costa
LAH 2	Av. L.A. de Herrera e/Plácido Ellauri y J.P.Laguna
LAH 3	Av. L.A. de Herrera e/Feliciano Rodríguez y 4 de julio
LAH 4	Av. L.A. de Herrera e/Santiago Gadea y Rep. del Salvador
LAH 5	Av. L.A. de Herrera e/Gregorio Funes y Rep. Dominicana
LAH 6	Av. L.A. de Herrera e/Monte Caseros y Amadeo Roletti
LAH 7	Av. L.A. de Herrera e/Chiavari y Canstatt
LAH 8	Av. L.A. de Herrera e/Quijote y Av. J.P. Varela
LAH 9	Av. J.P. Varela y Bvar. Batlle y Ordóñez (Parque F.Slinger)
LAH 10	Av. L.A. de Herrera e/Lavandeira y H. de Gregorio
LAH 11	Av. L.A. de Herrera e/Ramón Márquez y Burgues
LAH 12	Av. L.A. de Herrera e/Francisco Bicudo y Joaquín Suárez

Se trabajó sobre cinco horarios de medición diferenciados:

- Medidas de día hábil en horario de 8 a 13 horas (Mañana)
- Medidas de día hábil en horario de 13 a 17 horas (Tarde 1)
- Medidas de día hábil en horario de 17 a 20 horas (Tarde 2)
- Medidas de día sábado en horario de 8 a 20 horas (Sábado)
- Medidas nocturnas en horario de 20 a 8 horas (Nocturno)

En cada uno de estos horarios se realizaron como mínimo dos lecturas (hay excepciones en el horario nocturno). A los efectos de la realización de los mapas acústicos, se trabajó con

el L_{eq} y con los percentiles 10 y 90. El nivel sonoro continuo equivalente se determinó en cada caso aplicando las fórmulas que lo definen. Para el manejo de los percentiles se estudió la comparabilidad de las muestras involucradas en función de pruebas estadísticas no paramétricas (la elección de la estadística no paramétrica se fundamenta en que se ha verificado usando la prueba de D'Agostino que la incidencia de muestras no normales en la composición de la población no es despreciable). En los casos en que las muestras son comparables, se informa en los mapas el promedio de los valores de cada parámetro a partir de los valores individuales representativos de cada una de las lecturas en el punto. En los casos en que las muestras son no comparables, se presentan los valores máximo y mínimo obtenidos para el parámetro en cuestión en el punto correspondiente.

3. Fundamentación de la selección del tiempo de muestreo

La determinación de la duración de las mediciones es un tema por demás delicado si se desea garantizar que los resultados de las mismas sean buenos descriptores de la realidad muestreada. De acuerdo con la experiencia resultante del informe anterior, y ratificada por los bajos porcentajes de muestras comparables obtenidos en cada horario de muestreo, el planteo es encontrar una duración para las muestras de modo que el L_{eq} obtenido sea representativo del L_{eq} global diurno (se ha entendido este como el correspondiente al intervalo de 8 a 20 horas).

En efecto, los resultados de comparabilidad de muestras obtenidos se presentan a continuación:

	Mañana	Tarde 1	Tarde 2	Sábado	Noche
Comparables	31,8%	61,2%	55,4%	43,3%	43,2%
No Comparables	68,2%	38,8%	46,6%	56,7%	56,8%

Para la selección del *mínimo tiempo de medición* compatible con la realidad montevideana se dispone del antecedente logrado en la etapa anterior del estudio acerca de la necesidad de disponer de lecturas de como mínimo 30 minutos de duración para asegurar la representatividad de las mismas. En efecto, el estudio oportunamente realizado mostró que para lograr la estabilización del instrumento en un rango de +/- 1 dB (es decir, que el L_{eq} acumulado del evento en cuestión fluctúe desde ese momento y hasta el final de la medición en dicho rango de +/- 1 dB) y en un mínimo del 95% de los casos, el tiempo de muestreo requerido debía ser de por lo menos 30 minutos. Este resultado se ratificó a la luz de las nuevas mediciones. Si bien es un tiempo bastante superior al que refiere la bibliografía especializada, las características del ruido ambiente en Montevideo, signado fuertemente por la presencia de eventos anómalos (bocinas, alarmas, etc.), lo avalan más allá de los estudios y verificaciones formales realizadas.

Pero el problema de la duración adecuada de las mediciones de ruido urbano en la ciudad de Montevideo no está resuelto aún pese a haber determinado este tiempo mínimo de medición. En efecto, el frecuente resultado de no comparabilidad de muestras tomadas en el mismo punto y en el mismo horario de medición lleva a concluir que las múltiples repeticiones de mediciones no son una forma hábil de describir mejor la realidad. Por cierto, una excelente manera de estudiar el comportamiento del ruido urbano sería disponer de medidores fijos en distintos puntos, y procesar mediciones de larga duración (varios días o semanas) para caracterizar el nivel de ruido en cada uno de los lugares elegidos. Pero este método, aún en el caso de disponer del instrumental necesario, no es económicamente adecuado por los tiempos involucrados en la obtención de los datos de cada punto y en el procesamiento de los mismos. Es por ello que se trabaja sobre la determinación de un tiempo óptimo de medición para esta ciudad.

El tiempo óptimo de medición debe ser, obviamente, superior a 30 minutos, que es el tiempo mínimo de estabilización. La pregunta es hasta cuánto es necesario extender esta duración como mínimo para obtener resultados válidos. Se realizaron varios intentos metodológicos antes y durante el Convenio, que cristalizaron en los resultados que más adelante se describen y que avalan los tiempos de medición empleados en las tareas de muestreo.

Al respecto, se realizó un estudio sobre 24 lecturas de doce horas continuadas (de 8 a 20 horas) tomadas por estudiantes de la Facultad de Ingeniería en vías de tránsito con características diferentes en el correr del año 1997 (Av. Gral. Rivera, Av. Italia, calle Maldonado, calle Patria) y en el presente 1999 (calle García de Zúñiga, calle Benito Blanco, calle Salvador Ferrer Serra y Av. Uruguay).

Además de cubrir una diversidad de lugares de características diferentes, fue preciso realizar una medición prolongada en uno de ellos para poder realizar las verificaciones pertinentes. El punto elegido fue el de Av. Uruguay entre calles Tacuarembó y Vázquez. Allí se midió durante doce días en horario de 8 a 20 horas, de modo de obtener datos de dos días lunes, dos días martes, etc., hasta dos días sábado.

La primera verificación que se realizó fue acerca de la normalidad de los datos a tratar. De las 24 muestras de doce horas disponibles se eligieron diez -tomadas en varios puntos de la ciudad- y para los datos de cada hora de medición se aplicó la prueba de D'Agostino (Anexo A.1). Sobre las 120 pruebas realizadas se encontró aproximadamente un 15% con comportamiento no normal, por lo que todos los procesamientos posteriores se realizaron con técnicas de la estadística no paramétrica.

Los siguientes procesamientos se realizaron sobre las mediciones realizadas en Av. Uruguay entre calles Tacuarembó y Vázquez, que es el punto en el que se dispuso de la información necesaria para llevarlos a cabo. En lo que se sigue se trabajó sobre los datos de L_{eq} tomados cada una hora y sobre el L_{eq} global de las doce horas de medición calculado con la fórmula matemática correspondiente.

Aplicando la prueba de Mann-Whitney (Anexo A.2) se compararon entre sí los días lunes, los días martes, etc., hasta los días sábados, describiéndolos por las curvas de L_{eq} horarios entre las 8 y las 20 horas. Se verificó en todos los casos la comparabilidad de los mismos. Generalizando, esto muestra que los días lunes son equivalentes entre sí como lo son también los martes, los miércoles, los jueves, los viernes y los sábados.

El siguiente paso consistió en verificar la equivalencia de los distintos días de la semana entre sí. Para ello se recurrió a la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo A.3), que es equivalente a la de Mann-Whitney pero se aplica cuando el número de muestras a comparar es mayor que dos. Se compararon entre sí y por separado los elementos de cada conjunto de seis días de lunes a sábado, y en ambos casos el resultado fue el rechazo de la hipótesis nula. Esto quiere decir que, de acuerdo a lo esperable, no son equivalentes los seis días de lunes a sábados (el comportamiento del día sábado se esperaba diferente del de los demás días de la

semana, en mérito a lo cual fue muestreado por separado durante el desarrollo del Convenio). Sin embargo, y también de acuerdo a lo esperable, resultaron equivalentes entre sí los elementos de ambos conjuntos cuando se retiró el día sábado de cada uno de ellos.

Con esto se ha mostrado que en cada semana cualquier día de lunes a viernes es igualmente válido para muestrear en el horario de 8 a 20 horas. Como se había ya verificado la equivalencia de los lunes, los martes, etc. de distintas semanas, estos resultados serían ya suficientes para acreditar la representatividad de cualquier día hábil para la realización de mediciones. Empero, se realizó una verificación adicional que consistió en aplicar la prueba de Mann-Whitney a ambas semanas, vale decir, las muestras a comparar contenían los datos de doce horas de cada semana. Tanto para el caso en que se considerara la semana de lunes a viernes como de lunes a sábado, se obtuvo la equivalencia de las dos muestras. Esto ratifica el supuesto de que en principio las distintas semanas en el año son equivalentes, aunque por cierto se reconoce la necesidad de un estudio estacional detallado para poder determinar en qué lugares de la ciudad el comportamiento es independiente de la época del año (por ejemplo, grandes vías de tránsito, zonas de gran incidencia comercial o de oficinas) y en qué lugares no lo es (por ejemplo, la Rambla, que presenta fuertes variaciones "fisiológicas" estacionales).

Ahora bien, lo que falta es determinar cuál es una duración adecuada de la muestra a tomar para representar el día de muestreo, que es en definitiva equivalente a cualquier otro día hábil -de esa u otra semana- en el punto considerado. En este sentido, lo que se hizo fue comparar para cada una de las lecturas de doce horas disponibles (en total 24 en ocho puntos distintos de la ciudad) la curva que se obtiene describiendo las mismas en función de los L_{eq} de cada hora y una curva ficticia dada por el valor constante del L_{eq} de 12 horas correspondiente. Los resultados obtenidos mostraron que en más del 90% de los casos ambas curvas eran comparables. En el caso en que no fue así, se requirió emplear muestras de 70 minutos para describir adecuadamente el L_{eq} diurno.

Por lo tanto, y a la luz de todas las pruebas reseñadas, se infiere que para la ciudad de Montevideo el tiempo mínimo de muestreo de ruido urbano es de 30 minutos y un tiempo adecuado para describir el L_{eq} diurno (considerado éste de 8 a 20 horas) con una única muestra es de una hora, en un compromiso entre lo práctico y económico a los efectos del muestreo y la representatividad de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de la información disponible, que no da un 100% de resultados aceptados sino un 95,8%.

En principio una sola muestra de una hora describe adecuadamente el L_{eq} diurno de día hábil en un punto, al 95% de confianza. Si se dispone de mayor información, se podrá afinar este descriptor y lograr una información de mayor representatividad, al ser obtenida sobre una diversidad de situaciones reales constatadas.

4. Niveles de presión sonora

4.1. Datos relevados

Los resultados obtenidos punto a punto para cada zona y vía de tránsito relevada se adjuntan en este Capítulo. Se presenta un cuadro con la información cruda de cada lectura realizada, un segundo cuadro con los datos procesados para cada turno y por último un resumen de la información de eventos anómalos constatados. En los dos primeros cuadros la información se expresa en dBA. En el tercero, se indica el máximo nivel sonoro constatado para cada tipo de evento anómalo -también en dBA- y la frecuencia de ocurrencia, expresada en eventos/hora.

En el primer cuadro, el L_{eq} se obtiene de acuerdo a la fórmula matemática correspondiente aplicada sobre los niveles de cada minuto, y los percentiles se expresan como la mediana de la serie correspondiente a los valores de cada minuto registrados en campo. A esto se ha llamado "datos crudos" de cada medición.

En el segundo cuadro los datos procesados se han obtenido de la siguiente manera:

- El L_{eq} se obtiene por composición de acuerdo a la fórmula matemática de adición de estos valores
- Los percentiles se obtienen de la siguiente manera: cuando las lecturas en el punto son comparables de acuerdo con la prueba estadística de Mann-Withney (que compara dos conjuntos de datos sin exigir la hipótesis de normalidad de los mismos) los valores reportados son el promedio de los obtenidos en campo; cuando no son comparables se reportan el máximo y mínimo de los valores obtenidos a modo de indicación del rango en que se pueden encontrar los valores en ese punto.

El tercer cuadro se refiere a los eventos anómalos registrados. A él se hará referencia en el próximo capítulo.

Después de las tablas de datos, se presenta el procesamiento de los mismos por circuito y a nivel complejo para toda la ciudad. Hay tres tipos de gráficas, que se designarán como "gráficas de puntos", "gráficas de barras" y "curvas de permanencia".

4.2. Procesamiento de datos: gráficas de puntos

Las gráficas de puntos muestran los valores registrados de L_{eq} , L_{10} , L_{50} y L_{90} en la totalidad de las lecturas diurnas realizadas en cada punto. En la mayoría de los circuitos de medición el eje de abscisas puede asimilarse al eje de la calle orientado desde el centro de la ciudad a la periferia, y entonces se puede asociar el comportamiento de los valores también con este hecho. Los circuitos en que esto no se cumple son los que se han muestreado por puntos y no por vías de tránsito: Ciudad Vieja, Tres Cruces, Zona Bulevar España, y los cuatro

parques urbanos (Rodó, Prado, Rivera y Batlle). De todos modos, en los gráficos existe una orientación sobre la ubicación de los puntos, que puede verificarse con más precisión en las planillas de datos.

Del análisis de las gráficas correspondientes a los distintos circuitos pueden hacerse diversos comentarios:

- Los valores diurnos de nivel sonoro continuo equivalente en los puntos relevados están en general por encima de 70 dBA, a excepción de valores relevados en los parques urbanos y en el punto Rbla-12 (Punta Gorda).
- En ningún caso se registraron lecturas con L_{eq} por encima de los 83 dBA.
- Los valores de L_{90} están en general por encima de 60 dBA, a excepción de valores relevados en los parques urbanos y en el punto Rbla-12 (Punta Gorda).
- En el circuito 8 de Octubre se aprecia un descenso de los niveles sonoros en días sábados.
- En el circuito 18 de Julio hay un punto de niveles más elevados que los demás, que es el de Ejido (18-4). Después del fin de la zona comercial, en los puntos 18-8 y 18-9 se aprecia un descenso en los valores relevados.
- En el circuito Luis Alberto de Herrera hay gran dispersión en los valores de fondo. Estos son más altos en la zona del Shopping y entre los puntos LAH-7 y LAH-10. El punto LAH-11 es más tranquilo.
- En el circuito Libertador el punto L-1 es más alto que los demás, pero baja el sábado.
- El circuito Bulevar España presenta un punto marcadamente más alto en la zona de Joaquín de Salterain. Los valores de fondo en todo el circuito bajan el sábado.
- Los puntos de los parques urbanos son muy dispersos. En general en cada parque pueden distinguirse puntos más afectados por el tránsito -similares a los restantes puntos relevados en la ciudad- y otros más tranquilos, correspondientes a vías de circulación menos transitadas. El más bajo de los L_{eq} relevados en todas las mediciones realizadas en el estudio correspondió al Parque Rivera (PRi-2: 61 dBA).
- Entre los parques urbanos, el Parque Batlle es más homogéneo que los demás, quizás por su densidad de tránsito también más homogénea en las distintas vías relevadas.
- El circuito Carlos María Ramírez es bastante homogéneo. El punto CMR-5 tiene fondos más bajos. El punto CMR-1 tiene un descenso marcado en sábados.

- El circuito Camino Carrasco presenta bastante dispersión en los datos, en especial en los valores de fondo. Hay una serie de mediciones que se reconocen como distintas a las demás de cada punto: corresponden al período de huelga de camioneros (la composición del tránsito se vio afectada en esas mediciones).
- Los puntos de Ciudad Vieja presentan diferencias según se ubiquen o no sobre calles por las que circulan líneas de transporte colectivo. Los puntos 1, 2 y 5 son los más tranquilos, y los 3, 4 y 6 los más altos, incluso con valores de ruido de fondo más altos.
- En el circuito Avenida Rivera se ve un descenso general de los valores al alejarse del centro de la ciudad. El punto R-2 presenta fondos más altos que el resto del circuito. Los puntos más altos del circuito son R-2 (Bulevar Artigas) y R-4 (Pastoriza).
- El circuito Rambla presenta un punto marcadamente distinto que es el punto Rbla-12; esto es esperable, puesto que a esa altura el tránsito se canaliza por Coimbra y no por la Rambla propiamente dicha. A excepción de este punto, se observa una cierta homogeneidad en los valores relevados en el circuito, aunque se percibe que los puntos más bajos son de Rbla-3 al Rbla-6.
- El circuito Tres Cruces presenta dos tipos de puntos: TC-1 a TC-3 están directamente afectados por el tránsito de la Terminal de Tres Cruces, en tanto TC-4 y TC-5 no están sobre los circuitos de tránsito pesado asociados con ella. Los tres primeros son parecidos entre sí y más altos -el TC-1, sobre Goes, es el más alto de los tres-, en tanto los otros dos son más tranquilos. Cada punto en sí mismo presenta características bastante homogéneas.
- El circuito Agraciada es bastante homogéneo, con fondos dispersos.
- El circuito General Flores es homogéneo entre los puntos GF-2 y GF-9. Los puntos 1 y 2 presentan fondos más bajos. El punto GF-10 tiene una gran dispersión de valores.
- El circuito Garibaldi presenta grandes diferencias al este y al oeste de Bulevar Artigas. Los puntos G-1 y G-2 son más tranquilos que los demás, incluso con fondos más bajos. Del G-3 al G-6 son homogéneos y más altos, con tendencia a bajar hacia el oeste.
- El circuito Avenida Italia tiene fondos muy dispersos. El punto AI-9 -entre Zum Felde y Fleming- es el de valores más altos en general (incluso es el punto que ha presentado el L_{eq} más alto recabado entre los 157 puntos muestreados).

- El circuito Bulevar Artigas tiene dos puntos de niveles sonoros bajos en la parte Sur (BA-1 y BA-2). Hay una zona de mayores niveles en los puntos BA-5 a BA-9. Hacia los puntos BA-12 y BA-14 hay un descenso en los valores de ruido de fondo.
- Los tres puntos muestreados en Zona Bulevar España presentan características diferentes, aunque homogéneas dentro de cada uno de ellos. El punto ZBE-1 -Benito Blanco- es el más ruidoso y el punto ZBE-3 -Roque Graseras- es el más tranquilo.

4.3. Procesamiento de datos: gráficas de barras

Las gráficas de barras muestran, para cada circuito, la distribución de los valores de L_{eq} ordenados en rangos de a 3 dB. El eje de ordenadas no está graduado porque sólo se pretende dar una idea de la presencia relativa de los distintos rangos en la composición de los datos del circuito. Estos gráficos se han ordenado en dos hojas por circuito: un desglose de los valores recabados en cada uno de los horarios de medición diurnos (8 a 13 horas, 13 a 17 horas y 17 a 20 horas); y una comparación entre los tres tipos de medición -diurno, nocturno y sábado-. Se aclara que aunque la Norma ISO 1996 propone el trabajo en rangos de a 5 dB, se ha decidido achicar estos intervalos para describir más detalladamente los rangos predominantes, debido a lo concentrado de los valores obtenidos en las mediciones.

Esta información puede resumirse en las gráficas de barras complexivas que se presentan al comienzo para comparar los distintos circuitos, y en los mapas de L_{eq} que se presentan en el Capítulo 7. Sobre dichas gráficas complexivas pueden anotarse algunos comentarios:

- Los niveles sonoros diurnos sobre las 14 vías de circulación estudiadas (evaluados según el L_{eq}) son superiores a 71 dBA. La única excepción está constituida por el punto Rbla-12, y es explicable puesto que a esa altura de la Rambla el tránsito circula por Coimbra.
- Las vías que registraron puntos con niveles más elevados son Avenida Italia y Camino Carrasco. Allí se superó -en más del 10% de los casos en Avenida Italia y en más del 25% de los casos en Camino Carrasco- el nivel de 80 dBA, pero no hubo puntos con L_{eq} superior a 83 dBA en ningún caso.
- Las vías de tránsito que presentaron rangos de L_{eq} con mínimos más bajos son Bulevar Artigas, Bulevar España, Luis Alberto de Herrera, Rambla y Rivera.
- Las vías de tránsito con niveles más homogéneos han sido Carlos María Ramírez (los cinco puntos en el rango de 74 a 77 dBA) y 8 de Octubre (los nueve puntos en el rango de 77 a 80 dBA).
- En cuanto a los circuitos estudiados por la modalidad de puntos o botones (Ciudad Vieja, Tres Cruces, Zona Bulevar España y los cuatro parques urbanos), cabe decir que Tres Cruces y Parque Batlle tienen un comportamiento análogo al de las vías de

- tránsito estudiadas, pero en los restantes casos aparecen puntos más tranquilos, con L_{eq} por debajo de 71 dBA.
- El circuito más heterogéneo ha sido Ciudad Vieja, que tiene tanto puntos con L_{eq} por debajo de 71 dBA como por encima de 80 dBA.
 - En los parques Rodó, Prado y Rivera se reconocen puntos con niveles de ruido bajos y otros más bien similares a los de las vías de tránsito estudiadas; esto se asocia fuertemente con la densidad y tipología del tránsito en los puntos relevados.
 - Los valores de día sábado tienden en general a bajar en todos los circuitos en relación con los de día hábil. Los valores máximos son menores y aparece mayor incidencia de mediciones con L_{eq} por debajo de 71 dBA, en especial en las zonas estudiadas por puntos o botones.
 - En las mediciones nocturnas los niveles sonoros presentan en general una fuerte incidencia de valores por debajo de 71 dBA.
 - Los circuitos que tienen un porcentaje menor al 20% de valores de L_{eq} nocturno por debajo de 71 dBA son 18 de Julio, Agraciada, Carlos María Ramírez y Tres Cruces. En estos últimos dos casos no hay ningún valor de L_{eq} nocturno medido por debajo de 71 dBA. En particular en el circuito Tres Cruces todos los valores medidos superan los 74 dBA.

Acerca de las gráficas de cada circuito, corresponde hacer algunos comentarios en este acápite:

- Los valores diurnos son en general más altos que los nocturnos, y muchas veces se pueden determinar diferencias entre días hábiles y sábados.
- Los valores diurnos dominantes en la mayoría de los circuitos se ubican entre 74 y 80 dBA.
- En el circuito 18 de Julio hay un predominio durante todo el día del rango de 77 a 80 dBA. Las mañanas muestran valores más bajos.
- En el circuito 8 de Octubre los niveles diurnos son muy uniformes; el rango que domina es de 77 a 80 dBA. En sábados aparece también una incidencia importante del rango de 74 a 77 dBA.
- El circuito Agraciada tiene los mismos rangos dominantes en día hábil y en sábado (77 a 80 dBA).

- En el circuito Avenida Italia puede notarse un descenso en los valores entre las 13 y 17 horas, contra un ascenso en el horario de 17 a 20 horas.
- En el circuito Bulevar España las mañanas presentan valores más altos que las tardes.
- En el circuito Bulevar Artigas puede observarse un descenso en los valores de sábado frente a los de día hábil, como así también en los valores nocturnos.
- En el circuito Camino Carrasco el rango dominante es el de 77 a 80 dBA. Las mañanas son más tranquilas que las tardes.
- El circuito Carlos María Ramírez no acusa diferencia entre día hábil y sábado. El rango dominante es siempre 74 a 77 dBA.
- En el circuito Ciudad Vieja se agrupan puntos de realidades heterogéneas, que ocasionan la presencia de datos más dispersos. En general los valores mínimos del horario de 13 a 17 horas son más altos, en tanto los picos del horario de 17 a 20 horas son más elevados. Los valores nocturnos se ubican siempre por debajo de 70 dBA.
- El circuito Garibaldi presenta un descenso de los valores dominantes entre día hábil (74 a 77 dBA), día sábado (71 a 74 dBA) y noche (68 a 71 dBA).
- En el circuito General Flores las mañanas tienen valores de fondo más bajos que las tardes. Al igual que en Garibaldi, los valores nocturnos son menores que los de sábado y éstos que los de día hábil.
- En el circuito Luis Alberto de Herrera los días hábiles presentan mayores valores que los sábados. El horario de 13 a 17 horas es el de valores más elevados dentro de los días hábiles.
- El circuito Libertador presenta en las mañanas los valores extremos (más altos y más bajos). Los niveles sonoros entre las 13 y las 17 horas son muy homogéneos (todos se encuentran en el rango de 74 a 77 dBA).
- Los parques urbanos presentan dos realidades diferenciadas: valores por debajo de 68 dBA en las calles de poca densidad de tránsito, y valores por encima de 71 dBA en las más transitadas.
- El circuito Rivera tiene los valores de pico más altos en las mañanas (77 a 80 dBA).
- El circuito Rambla es muy homogéneo, con predominio de niveles diurnos en el rango de 77 a 80 dBA. La excepción viene dada por el punto Rbla-12, cuyo comportamiento es totalmente dispar frente al del resto de los puntos del circuito.

- El circuito Tres Cruces no acusa diferencias importantes entre las mediciones de día hábil y de sábado. En el horario de 13 a 17 horas hay valores de pico más bajos, y en el de 17 a 20 horas hay niveles de fondo más altos.
- En Zona Bulevar España se agrupan puntos de distintas características, pero en general se observa que los valores de pico son más altos en el horario de 17 a 20 horas.

4.4. Procesamiento de datos: curvas de permanencia

Las curvas de permanencia se han obtenido considerando complejivamente las lecturas disponibles en los 157 puntos de medición. Para la construcción de cada gráfico se han empleado valores de L_{eq} , L_{10} , L_{50} y L_{90} . Se han ordenado los valores de cada parámetro de mayor a menor y se les ha asignado como abscisa su nivel de permanencia (el percentil que le corresponde). Estas curvas se han organizado como los gráficos de barras: en una hoja se comparan los distintos horarios diurnos, y en otra se comparan valores diurnos, nocturnos y de sábados.

Los comportamientos en los distintos horarios del día hábil son similares. Los valores de fondo son ligeramente más altos en el horario de 17 a 20 horas.

De acuerdo a lo esperado, los valores diurnos (días hábiles) son más elevados que los de sábado y éstos que los nocturnos.

En el primer caso más del 90% de los datos tiene L_{eq} por encima de 70 dBA -existe incluso un pequeño porcentaje por encima de 80 dBA-. Más del 80% de los datos tiene su L_{90} por debajo de 70 dBA, y aproximadamente un 40% tiene el L_{10} por encima de 80 dBA..

En días sábados el comportamiento de L_{eq} y L_{10} no difiere demasiado del caso anterior, pero los valores de fondo muestran un descenso: es muy pequeño el porcentaje de datos con L_{90} por encima de 70 dBA.

Los valores nocturnos muestran aproximadamente un 50% de los casos relevados con L_{eq} por encima de 70 dBA y un 70% de los casos con L_{10} por encima de dicho valor. Los valores de L_{90} están casi en su totalidad por debajo de 70 dBA, y alcanzan valores tan bajos como 40 dBA.

5. Procesamiento de eventos anómalos

En las tablas de información a que se hace referencia en el capítulo anterior, se presenta un cuadro con el resumen de eventos anómalos constatados en campo, su frecuencia (expresada en cantidad/hora) y el máximo nivel de presión sonora asociado con ese tipo de evento. Esta información surge de las planillas de campo que cada operador lleva durante las mediciones, en las que anota el tipo de evento anómalo que ocurre y el minuto en el que el mismo sucede. Se adjunta el formato de estas planillas. Existen leves diferencias formales entre las planillas empleadas por el equipo de medición de Facultad y de la Intendencia, pero que no inciden sobre el tipo y la calidad de la información relevada.

Conviene aclarar que pueden existir tres tipos de errores en esta información, pero que la suma de los tres se estima una fracción muy pequeña del total de anómalos relevados, por las características de cada una de las circunstancias en que estos errores se originan. Ellos son los siguientes:

- Si dos o más anómalos del mismo tipo (dos bocinas, dos sirenas, por ejemplo) ocurren en el mismo minuto, se considera como si fuera uno solo.
- Si dos o más anómalos diferentes (por ejemplo, un escape libre y una bocina) ocurren en el mismo minuto de medición, se asigna el mismo valor de nivel sonoro máximo a todos ellos.
- Puede ocurrir que se asigne un máximo a un anómalo (o más de uno, según el caso anterior) pero en realidad dicho máximo represente otro evento no identificado y entonces no anotado en la planilla de campo.

Para mostrar la incidencia de los anómalos con ejemplos reales de la ciudad se han escogido algunos casos concretos, en los que se ha identificado el minuto en el que ocurre un anómalo de elevado nivel y se ha sustituido, a modo ejercicio, el valor del L_{eq} de ese minuto por un valor similar a los restantes de la serie. Al recalcular el L_{eq} de la medición se encuentran diferencias de importancia:

Punto de medición	L_{eq} original (dBA)	L_{eq} corregido (dBA)	Tipo de evento anómalo	Máximo instantáneo asociado (dBA)
8-2	87,0	77,5	Personas (gritos)	124,8
BA-3	82,2	73,7	Bocina	123,0
BA-12	78,9	76,8	Bocina	108,4
BA-14	80,6	75,6	Personas	117,7
CC-7	85,6	79,0	Moto	120,5

Punto de medición	L_{eq} original (dBA)	L_{eq} corregido (dBA)	Tipo de evento anómalo	Máximo instantáneo asociado (dBA)
CV-8	103,0	75,6	Personas (gritos)	140,7
TC-1	80,9	76,3	Sirena	108,6

Como éstos, podrían analizarse muchos casos más.

Se presentan gráficas de barras para mostrar comparativamente cómo se comportan los distintos tipos de anómalos en los diferentes circuitos. Primeramente se muestra un gráfico que compara la incidencia de los distintos tipos de anómalos en los 21 circuitos de medición. Se observa en él que en la mayor parte de los circuitos los anómalos evitables son los que predominan ampliamente. Sobre las excepciones (Ciudad Vieja, Parque Rivera, 18 de Julio) pueden formularse algunas apreciaciones:

- En Ciudad Vieja hay una importante incidencia de alarmas y personas, además de frenadas.
- En 18 de Julio las frenadas tiene una incidencia mucho mayor que en cualquiera de los demás circuitos.
- En Parque Rivera la incidencia de aviones es muy superior a la que se registra en los demás circuitos.

En cuanto a anómalos evitables (motos, escapes y bocinas), que se comparan en otro gráfico aparte, puede verse que en general la mayor incidencia está asociada con bocinas y motos. Esto es especialmente marcado en 18 de Julio y Parque Rivera. Circuitos con alta incidencia de escapes son Parque Rodó (el más alto), Rambla y Luis Alberto de Herrera.

Para cada circuito se presenta luego un gráfico de sectores que muestra la incidencia porcentual de los distintos tipos de anómalos constatados. Allí se puede observar que:

- En todos los circuitos la suma de incidencia de bocinas, motos y escapes ruidosos (subconjunto que se denominará en adelante "anómalos evitables") totaliza más del 50% de los eventos anómalos totales. El total de anómalos evitables más bajo es en Ciudad Vieja (54%) y el más alto en Parque Prado (96%).
- En casi todos los circuitos más del 50% de los anómalos totales está constituido por la suma de bocinas y motos ruidosas, solamente. Las únicas excepciones son los circuitos de Ciudad Vieja y Parque Rodó (40% y 43% respectivamente).
- El único circuito con una incidencia de aviones de relevancia es Parque Rivera (21%).

- La mayor incidencia de alarmas se constató en Ciudad Vieja (10%).
- La mayor incidencia de sirenas se verificó en el circuito Avenida Italia (3%).
- La menor incidencia de motos se constató en Ciudad Vieja (8%), seguida de 18 de Julio (13%). La mayor fue en Parque Prado (41%), que fue la única que superó los 2/5 de los anómalos totales.
- En 18 de Julio se tuvo la más baja incidencia de escapes ruidosos (7%). Los valores más altos correspondieron a Parque Rodó (43%), que junto con Parque Prado (38%) y la Rambla (36%) fueron los únicos que superaron el 30% de los anómalos totales.
- El menor uso de bocinas se constató en los parques urbanos (entre 17% y 22%); un comportamiento similar acusó el circuito Agraciada (22%). Los valores más elevados correspondieron a Zona Bulevar España (47%), Bulevar España (44%) y 18 de Julio (43%), únicos valores por encima del 40% de los anómalos totales.
- Más de la mitad de los circuitos relevados (12 en 21) presentan incidencia de bocinas por encima del 30% de los anómalos totales, y sólo uno (Parque Prado) por debajo del 20%.

Se ha decidido la construcción de un indicador de la incidencia de anómalos. Entre la totalidad de los anómalos clasificados se ha elegido el subconjunto de los "anómalos evitables", en el entendido de que no se los considera necesarios en la composición del ruido de la ciudad y está comprobado que pueden erradicarse en su mayoría, como sucede en muchas ciudades de países europeos. Este índice, que se dio en denominar "Índice de Ruidosidad Evitable" (IRE) se construye dividiendo el total de anómalos evitables en una hora entre el tránsito total del mismo período. A los efectos de obtener valores de más fácil lectura, se multiplica el valor obtenido por mil.

En el Capítulo 7 se presenta un mapa de IRE construido sobre los datos de los 157 puntos muestreados. Para su comprensión, es importante asociarlo con el mapa de tránsito total, pues sus valores están relacionados:

- Valores elevados del IRE pueden ocurrir para baja densidad de tránsito; en este caso lo que se indica es que pese a ser pocos en cantidad total cada anómalo distoriona mucho porque el número de vehículos que pasa es bajo (son muchos los vehículos ruidosos en relación al total de vehículos).
- Cuando valores elevados del IRE ocurren para alta densidad de tránsito se está señalando un punto de congestión del tránsito -o al menos de desorden respecto a lo que sería deseable- (son muchos los vehículos y muchos de ellos son ruidosos).

- Cuando ocurren valores bajos del IRE para alta densidad de tránsito, se está indicando que pese a la cantidad de vehículos que circula el flujo es más o menos ordenado (pese a haber muchos vehículos, son pocos los ruidosos). Estos casos en general se asocian con un flujo de tránsito más ágil.
- No es habitual tener valores bajos del IRE y de la densidad de tránsito; este caso mostraría un flujo escaso de vehículos con poca presencia de vehículos ruidosos.

Los valores obtenidos para este índice en los puntos muestreados oscilan entre 3 y 62. Esto quiere decir que cada mil vehículos que circulan en una determinada vía de tránsito hay entre 3 y 62 cuyos niveles de ruido pueden reducirse suprimiendo el uso de la bocina o mejorando la calidad del escape. Algunos comentarios sobre la distribución de los valores del IRE en los puntos relevados se incluyen en el Capítulo 7.

6. Opinión de la población

En esta instancia, y buscando mejorar los resultados obtenidos en el trabajo anterior en relación con la opinión de la población montevideana con respecto a la contaminación sonora en la ciudad, se ha contratado una empresa especializada que lleve adelante la tarea con mejor representatividad de lo que está en este momento al alcance del grupo de trabajo de Facultad de Ingeniería.

La empresa (Equipos Mori) trabajó sobre 600 casos en la ciudad de Montevideo en base a un formulario de 12 preguntas relacionadas con la situación ambiental de la ciudad y especialmente con la percepción de la población sobre la contaminación sonora.

El procesamiento de las respuestas a cada pregunta ha sido desglosado según sexo, edad, nivel cultural, nivel socioeconómico y zona a que corresponde el entrevistado. El número de casos no ha permitido una zonificación exhaustiva. Se ha trabajado sobre la base de cuatro grandes zonas que podrían denominarse zona Centro - Ciudad Vieja (Zona 1); zona Este (Zona 2); zona centro - oeste (Zona 3); y zona periférica (Zona 4). El detalle de las zonas censales integradas en cada una de estas grandes zonas se presenta en el informe de la Consultora, en el que además se presenta un mapa explicativo.

Como la información ha sido entregada por completo bajo la forma de tablas, se ha elegido un pequeño conjunto de ellas para ser representadas gráficamente, con la intención de que la ayuda visual facilite la comprensión e interpretación de los resultados.

Cabe realizar algunos comentarios para sintetizar la información que se presenta en el citado Informe:

- Más de las tres cuartas partes de la población montevideana considera que los problemas ambientales de la ciudad son muy importantes (27%) o bastante importantes (51%).
- Esta percepción tiene poca influencia del nivel socioeconómico, si bien la preocupación es ligeramente mayor en los sectores de nivel alto y medio alto, e inferior en el sector de nivel bajo.
- La casi totalidad de la población de Centro y Ciudad Vieja opina que los problemas ambientales de esta zona son muy o bastante importantes. La percepción baja un poco en la zona este; menor incidencia puede encontrarse en la periferia, y la zona que da menor importancia a los problemas ambientales es la centro-oeste.
- Dentro de los problemas ambientales que la población identifica en mención espontánea se destaca ampliamente la presencia de bolsas de basura con una incidencia próxima al 35%, seguida por la limpieza en general (15%). El problema de la contaminación sonora ambiental figura en tercer lugar, con apenas más del

- 10% de incidencia, y seguida muy de cerca por saneamiento, estado de los arroyos, contaminación del aire y tránsito.
- Al focalizar la encuesta sobre el tema de la contaminación sonora, se encuentra que el 68% de la población opina que es un problema muy importante (37%) o bastante importante (31%).
 - Los sectores socioeconómicos que tienen mayor percepción de esta problemática son el sector alto y medio alto, y el sector medio bajo. El sector medio es el que asigna menor importancia al problema.
 - El problema tiene una fuerte importancia en la Zona 1 (Centro - Ciudad Vieja), donde casi el 100% de la población lo considera muy importante o bastante importante. En Zona 2 es casi un 80% de la población que tiene esa opinión. En Zona 4 (periferia) sólo un 50% de la población piensa que es un problema muy o bastante importante, en tanto en Zona 3 este valor alcanza apenas al 40%.
 - La percepción acerca de la molestia ocasionada por los ruidos es en general mayor en la zona en que la gente trabaja y no en la zona en la que vive. De todos modos son valores bastante similares entre sí para las cuatro zonas de la ciudad, y se mantiene la jerarquización ya mencionada (Zona 1, Zona 2, Zona 4, Zona 3).
 - En una primera mención guiada sobre los principales ruidos molestos, el 65% de la población identifica como responsable al tránsito, sólo un 10% a las bocinas y apenas el 5% a las alarmas.
 - Cuando esta mención se hace guiada, el 45% de los encuestados opina que el problema de los ruidos molestos es ocasionado por los motores de los vehículos, en tanto la percepción acerca de bocinas y alarmas sube (a 22% y 17% respectivamente).

7. Mapas

A partir de los valores procesados a los que se hizo referencia en capítulos anteriores y que se presentan detalladamente en el Capítulo 4, se construyen los mapas acústicos propiamente dichos.

En principio se intentó representarlos de acuerdo a la escala cromática que presenta la Norma ISO 1996 para la confección de mapas acústicos -que consiste en intervalos de a 5 dB-, pero al observar que la mayor parte de los valores obtenidos se concentran en un rango muy reducido, se decidió adoptar un rango de 3 dB para los intervalos a diferenciar, aun respetando los criterios cromáticos de la Norma, para que el diagnóstico resulte más detallado.

Se presentan los mapas de L_{eq} para cada turno de medición, para el complejo diurno que resulta de ponderar las lecturas de los distintos horarios por su permanencia durante la semana, para días sábados y para horario nocturno. También se dan los mapas de L_{10} y L_{90} diurnos, de sábado y nocturnos. Asimismo se adjuntan las planillas con los datos en base a los que se han construido dichos mapas.

En los mapas de L_{eq} se representa en cada punto un rectángulo coloreado de acuerdo con el valor correspondiente. En los mapas de percentiles puede aparecer en cada punto uno o dos rectángulos: cuando los eventos han resultado comparables al realizar el análisis estadístico, se informa un solo valor (el promedio de los valores medidos) y entonces hay un solo rectángulo; cuando los eventos resultaron no comparables, se informa el máximo y el mínimo registrados, por lo que los rectángulos son dos por punto. La excepción a este método son los mapas de percentiles diurnos. Como los valores que presentan son complejos de los tres horarios de medición empleados a lo largo del día (8 a 13, 13 a 17 y 17 a 20 horas), se ha decidido presentar los valores máximo y mínimo entre los que han fluctuado los distintos percentiles a lo largo del día.

Al observar estos mapas surgen algunos comentarios:

- No hay grandes diferencias entre los distintos horarios a lo largo del día. En todos los casos aparece predominio de L_{eq} por encima de 74 dBA, con "islas" más silenciosas en los parques urbanos.
- El mapa de L_{eq} diurno (valores complejos de día hábil) presenta valores en general por encima de 74 dBA, y con predominio del rango de 77 a 80 dBA. Se excluyen de este comportamiento los parques urbanos.
- Pese a estar trabajando sobre las vías supuestas más congestionadas de la ciudad, no se encontró en ningún caso valores de L_{eq} diurno por encima de los 83 dBA.

- Los valores de L_{eq} de día sábado están también por encima de 74 dBA, pero con predominio del rango de 74 a 77 dBA.
- Los valores de L_{eq} nocturno están mayoritariamente por encima de 68 dBA.
- Los valores de L_{10} diurno predominantes están en el rango de 77 a 83 dBA. Hay 14 puntos que presentan valores de L_{10} superiores a 83 dBA.
- No hay una diferencia demasiado marcada entre los valores de L_{10} para día hábil y para sábado, aunque en este último caso son solamente 4 los puntos con valores que exceden los 83 dBA.
- Los valores de L_{90} diurnos están en general comprendidos entre 65 y 71 dBA.
- Los valores de L_{90} correspondientes a días sábados están en general comprendidos entre 59 y 71 dBA.
- Los valores de L_{90} nocturnos están en general por debajo de 65 dBA.

Se presentan mapas de densidad de tránsito total horario promedio diurno relevado en cada punto. Datos de tránsito clasificado promedio se presentan en las planillas que acompañan a estos mapas. Cabe aclarar que en las calles de doble mano se presenta el valor de vehículos en uno solo de los sentidos, que en general se adoptó como la dirección al centro de la ciudad. Del mapa de tránsito surgen breves comentarios:

- Densidades de tránsito inferiores a 500 veh./hora se registran en Ciudad Vieja, Carlos María Ramírez, en los parques urbanos (a excepción del Parque Batlle) y en la zona de Carrasco (en distintos circuitos).
- La mayor parte de las vías de circulación relevadas presenta un promedio de tránsito superior a 500 veh./hora (valor de una mano).
- Se han relevado valores superiores a los 1500 veh./hora (en una mano) en Avenida Italia, Rambla, y en la zona de la Terminal de Tres Cruces.

Si bien es claro que hay una relación directa entre densidad de tránsito y niveles sonoros, debe aclararse que esta no es la única variable que condiciona el valor de aquéllos. La relación debe estudiarse más en detalle conociendo la composición del tránsito (vehículos livianos, pesados, motos); existen además otros parámetros que tienen incidencia en esto (tipo y altura de edificación, ancho de la calzada, número de carriles, velocidad de flujo, etc.).

Se adjunta también el mapa del Índice de Ruidosidad Evitable (IRE) a que se hiciera referencia en el capítulo 5. Este mapa debe observarse conjuntamente con el de tránsito para poder extraer mejor información.

En general puede verse que en las vías de tránsito rápido el IRE baja (caso Rambla y Avenida Italia, por ejemplo). Se han identificado cinco puntos particularmente conflictivos (elevada densidad de tránsito, elevado L_{eq} y elevado IRE) que son:

- 18-4 (18 de Julio entre Ejido y Germán Barbato)
- GF-2 (General Flores entre Vilardebó y Colorado)
- TC-1 (Goes entre Bulevar Artigas y Duvimioso Terra)
- 8-1 (8 de Octubre entre Presidente Berro y Garibaldi)
- BE-2 (Bulevar España entre Ellauri y F. Aguilar).

8. Resultados comparativos frente a datos 1996-1997

La comparación de resultados de ambos mapas se realiza en base a los puntos que resultan comunes a los trabajos del período 1996-1997 y 1998-1999.

Dichos puntos se listan a continuación:

Nomenclatura 96-97	Nomenclatura 98-99	Ubicación
P01A	CV3	Buenos Aires y Misiones
P01B	CV2	Reconquista e Ituzaingó
P01C	CV1	Sarandí y J.C.Gómez
P02A	18-1	Av. 18 de Julio y Plaza Independencia
P04A	18-4	Av. 18 de Julio y Germán Barbató
P05C	RBLA2	Rambla y Yaro
P06A	18-7	Av. 18 de Julio y Arenal Grande
P06B	18-6	Av. 18 de Julio y Tristán Narvaja
P07A	18-8	Av. 18 de Julio y Joaquín Requena
P07B	R1	Av. Rivera y Joaquín Requena
P08A	BA5/18-9	Obelisco
P08B	TC3	Ferrer Serra y Acevedo Díaz
P08C	TC1	Goes y Bulevar Artigas
P09A	BA3/R2	Av. Rivera y Bulevar Artigas
P09B	BA4	Bulevar Artigas y Gastón Ramón
P10A	BA2/BE4	Bulevar Artigas y Bulevar España
P12A	R4	Av. Rivera y Pastoriza
P13C	RBLA4	Rambla y Solano García
P16A	BE1	Bulevar España y Rambla
P17A	BE2	Bulevar España y Ellauri
P18C	ZBE1	Benito Blanco y Martí
P19C	RBLA6	Rambla y Buxareo
P20B	LAH2	Av. L.A. de Herrera y Plácido Ellauri
P21A	R6	Av. Rivera y Marco Bruto
P21B	R7	Av. Rivera y Bvar. J. Batlle y Ordóñez
P22B	AI12	Av. Italia y Gral. French
P23B	RBLA14	Av. Rambla y Av. Arocena
P23C	R13	Av. Rivera y Santa Mónica
P25A	AI10	Av. Italia y Av. Bolivia
P25B	RBLA11	Rambla y Grito de Gloria
P26B	CC6	Camino Carrasco y Elías Regules
P28B	RBLA10	Rambla y Concepción del Uruguay
P28D	R9	Av. Rivera y Rimac

Nomenclatura 96-97	Nomenclatura 98-99	Ubicación
P29C	AI6	Av. Italia y Mariscal
P30B	G2	Av. Garibaldi y J.R. Gómez
P30C	8-2	Av. 8 de Octubre y Pedro Olmida
P31A	AI3	Av. Italia y Av. L.A. de Herrera
P33A	AI5	Av. Italia y Mariscal Solano López
P36A	8-3	Av. 8 de Octubre y Bvar. J. Batlle y Ordóñez
P37A	8-4	Av. 8 de Octubre y José Serrato
P39B	LAH7	Av. L.A. de Herrera y Chiavari
P39C	BA8	Bulevar Artigas y Colorado
P39D	BA9	Bulevar Artigas y Gallinal
P40A	BA10	Bulevar Artigas en su ángulo recto
P40C	G6	Av. Garibaldi y Pando
P41C/P43D	GF2	Av. Gral. Flores y Colorado
P42D	L3	Av. Libertador y Venezuela
P43B	G5	Av. Garibaldi y Arenal Grande
P43C	A2	Av. Agraciada y Gral. Luna
P45A	BA13	Bulevar Artigas y Av. Millán
P47A	A5	Av. Agraciada y Raffo Arrosa
P51A	CMR4	Av. Carlos María Ramírez y Turquía
P51B	CMR5	Av. Carlos María Ramírez y Cuba
P62C	GF7	Av. Gral. Flores y Chimborazo
P64A	GF8	Av. Gral. Flores y Camino Corrales
P65A	8-8	Av. 8 de Octubre y Pirineos
P65C	8-7	Av. 8 de Octubre y Capdehourat
P70B	18-3	Av. 18 de Julio y Plaza Cagancha
P70C	18-2	Av. 18 de Julio y Plaza del Entrevero

Para la comparación de resultados, se identificó cada punto con su valor de L_{eq} diurno relevado en cada uno de los estudios mencionados. Se analizó la normalidad de las poblaciones empleando la prueba de D'Agostino para determinar las herramientas estadísticas a aplicar, verificándose la necesidad de recurrir a la estadística no paramétrica.

De una primera observación de los valores a trabajar resultó que en cinco puntos se registraron modificaciones de más de 10 dBA en el valor del L_{eq} . No habiendo podido identificar ninguna modificación estructural o funcional en el entorno de esos puntos que avale una variación tan importante, y ante el riesgo de que los puntos de medición no se situaran en el mismo lugar, se descartaron. Dichos puntos son AI-12, Rbla-14, R-13, Rbla-10 y R-9.

Se estudió la normalidad de las series resultantes, verificándose nuevamente no normalidad. Se procedió a realizar una prueba de Mann-Whitney entre los resultados de los estudios 96-

97 y 98-99. El resultado de la prueba fue la aceptación de la hipótesis nula, lo que quiere decir que al 95% de confianza no puede afirmarse que ambos conjuntos de datos pertenezcan a distintas poblaciones, o, lo que es lo mismo, no se encuentra variación significativa al 95% de confianza en los valores recabados en ambos estudios en los puntos comunes a ambos.

A continuación se listan los valores de L_{eq} diurno con los que se trabajó en cada punto:

Nomenclatura 96-97	Nomenclatura 98-99	L_{eq} diurno 96-97	L_{eq} diurno 98-99	Diferencia entre los dos L_{eq}
P01A	CV3	78,2	77,8	-0,4
P01B	CV2	73,6	70,8	-2,8
P01C	CV1	71,8	68,1	-3,7
P02A	18-1	73,8	77,3	+3,5
P04A	18-4	77,3	79,0	+1,7
P05C	RBLA2	80,1	76,3	-3,8
P06A	18-7	77,4	77,2	-0,2
P06B	18-6	75,8	78,2	+2,4
P07A	18-8	78,3	77,6	-0,7
P07B	R1	76,9	75,4	-1,5
P08A	BA5/18-9	78,8	76,9/76,2	-1,2
P08B	TC3	78,3	76,6	-1,7
P08C	TC1	78,4	78,9	+0,5
P09A	BA3/R2	78,1	77,3/79,5	+0,3
P09B	BA4	70,4	74,3	+3,9
P10A	BA2/BE4	76,1	74,3	-1,8
P12A	R4	73,4	79,4	+6,0
P13C	RBLA4	78,3	73,2	-5,1
P16A	BE1	78,3	73,8	-4,5
P17A	BE2	82,1	75,1	-7,0
P18C	ZBE1	74,7	76,9	+2,2
P19C	RBLA6	75,8	75,8	0
P20B	LAH2	80,4	74,9	-5,5
P21A	R6	70,1	76,9	+6,8
P21B	R7	75,7	77,8	+2,1
P22B	AI12	54,6	77,5	+22,9
P23B	RBLA14	63,8	78,0	+14,2
P23C	R13	63,1	78,3	+15,2
P25A	AI10	73,9	78,1	+4,2
P25B	RBLA11	72,5	78,2	+5,7
P26B	CC6	72,6	77,5	+4,9
P28B	RBLA10	65,4	76,7	+11,3

Nomenclatura 96-97	Nomenclatura 98-99	L_{eq} diurno 96-97	L_{eq} diurno 98-99	Diferencia entre los dos L_{eq}
P28D	R9	64,7	75,5	+10,8
P29C	AI6	80,4	77,5	-2,9
P30B	G2	70,9	75,1	+4,2
P30C	8-2	76,9	78,1	+1,2
P31A	AI3	68,0	77,9	+9,9
P33A	AI5	77,2	77,4	+0,2
P36A	8-3	79,4	79,0	-0,4
P37A	8-4	80,5	78,0	-2,5
P39B	LAH7	76,0	78,1	+2,1
P39C	BA8	74,4	77,5	+3,1
P39D	BA9	75,5	77,6	+2,1
P40A	BA10	73,9	76,4	+2,5
P40C	G6	75,5	75,0	-0,5
P41C/P43D	GF2	76,6	77,7	+1,1
P42D	L3	75,6	75,5	-0,1
P43B	G5	72,4	77,0	+4,6
P43C	A2	77,5	79,9	+2,4
P45A	BA13	77,8	75,5	-2,3
P47A	A5	69,9	78,7	+8,8
P51A	CMR4	73,8	74,9	+1,1
P51B	CMR5	70,3	74,6	+4,3
P62C	GF7	76,0	78,8	+2,2
P64A	GF8	76,5	77,5	+1,0
P65A	8-8	77,6	78,8	+1,2
P65C	8-7	76,6	78,1	+1,5
P70B	18-3	72,6	75,0	+2,4
P70C	18-2	68,4	77,5	+9,1

Se compararon también los resultados de los sondeos de opinión realizados en ambos estudios. Se puede remarcar la modificación (fuerte descenso) de la percepción de las molestias generadas por las alarmas, pero por haberse aplicado técnicas diferentes (aunque formularios muy similares) en ambos casos no se pueden realizar verificaciones más detalladas.

9. Conclusiones del estudio realizado

El estudio de Diagnóstico de la Contaminación Sonora en la ciudad de Montevideo, que se ha llevado adelante por parte del SIME - Dpto. de Desarrollo Ambiental - IMM y el DIA - IMFIA - FI (UROU) ha permitido obtener valiosa información en este tópico.

Aunque en cada capítulo se han ido remarcando las observaciones pertinentes respecto a la información que se maneja en ellos, corresponde sintetizar los aspectos globales más relevantes. En ese sentido, entre las principales conclusiones del estudio cabe señalar:

- Las principales vías de tránsito de la ciudad presentan niveles sonoros diurnos en general superiores a 70 dBA (más del 90% de los puntos medidos), que es el nivel recomendado por la Unión Europea como máximo para ambiente urbano diurno.
- No se han encontrado puntos con L_{eq} superior a 83 dBA en ningún horario.
- Los valores del L_{eq} en horario nocturno están en el 50% de los casos, por encima de 70 dBA.
- En los parques urbanos aún quedan relictos de bajos niveles sonoros que debe ser de interés preservar.
- Los principales agentes contaminantes tienen causas evitables, pues tienen que ver con la ocurrencia de eventos denominados anómalos o distorsionantes y su abatimiento debería repercutir en forma sensible en los niveles sonoros ambientales en la ciudad (como ejemplo, cabe citar que una sola bocina que eleve durante un minuto el L_{eq} a 90 dBA eleva el L_{eq} ambiental de una hora en el punto de medición de 70 a 74,2 dBA; si las bocinas con ese nivel fueran dos en la hora, el L_{eq} se elevaría de 70 a 76,3 dBA).
- Los anómalos más frecuentes son las bocinas y las motos ruidosas; en general en todos los circuitos representan más del 50% de los eventos distorsionantes.
- La percepción de la población acerca de la contaminación sonora en la ciudad sitúa este ítem en un tercer lugar en el ranqueo de problemas ambientales.
- La percepción de la población acerca de los agentes más molestos dentro del ruido ambiental coincide con la constatación objetiva de la ocurrencia de tales agentes.
- La población que se siente más afectada por la contaminación sonora es la que se desenvuelve (vive o trabaja) en Centro y Ciudad Vieja.
- No se verifica modificación significativa en los valores de niveles sonoros relevados en un conjunto de 54 puntos que resultaron comunes a los estudios 96-97 y 98-99.

10. Propuestas para próximas etapas

Los equipos de la Intendencia Municipal de Montevideo - Dpto. de Desarrollo Ambiental - SIME y la Facultad de Ingeniería - IMFIA - Dpto. de Ingeniería Ambiental vienen trabajando juntos desde 1996 en temas relacionados con Acústica Urbana.

La experiencia de esta segunda etapa en el Diagnóstico de la problemática de la Contaminación Sonora en la ciudad de Montevideo llevada adelante por ambas instituciones es evaluada por el IMFIA como una enriquecedora instancia en el desarrollo de este estudio.

A medida que se profundiza más en el estudio, surgen propuestas para nuevas instancias de trabajo que sería muy positivo pudieran llevarse adelante. Entre ellas, a modo de ejemplo y sin desmedro de otras posibles, se señalan:

- El mapeo acústico es un estudio que debe actualizarse periódicamente para poder conocer la evolución de la situación y actuar en consecuencia, corrigiendo disfuncionamientos declarados y previniendo situaciones indeseadas.
- En esta etapa se han estudiado las principales vías de tránsito, que están en su mayoría con su capacidad soporte saturada. Se muestra de interés realizar un estudio de vías no saturadas de uso alternativo, para prevenir situaciones indeseadas que pudieran evitarse.
- Hay zonas cuyas características determinan la existencia de una "mancha acústica", como por ejemplo las zonas de los Shoppings, de las Terminales de Omnibus - interdepartamental y urbana-, de Ciudad Vieja, entre otras. Para mejorar la gestión de dichas áreas, que genera un compromiso desde el punto de vista de la contaminación sonora en la ciudad, vale la pena estudiarlas más exhaustivamente.
- Hasta la fecha no se ha trabajado con fluctuaciones estacionales en los estudios de ruido urbano realizados. Se entiende que es una variable que conviene incorporar, y en un concepto más general que el de las estaciones propiamente dicho (época de vacaciones escolares, carnaval, campañas masivas de propaganda, etc.).
- Aunque las técnicas convencionales para la actualización de los mapas acústicos (medición y procesamiento de datos) son herramientas insustituibles, puede interesar generar herramientas alternativas para agilizar este proceso y obtener resultados más inmediatos con técnicas indirectas. En este sentido, se puede trabajar en la generación de un modelo de tránsito - niveles sonoros explícito, o intentar la aplicación de técnicas de modelación más complejas, como modelos de tránsito - niveles sonoros mejorados con la incorporación de otros parámetros, modelos de flujo de tránsito interrumpido, etc.

11. Bibliografía

1. BERANEK, L. Acústica. 1952
2. BRUEL&KJAER. La medida del sonido. Cuadernos de divulgación de B&K.
3. GAJA DIAZ, E. Ingeniería Acústica Ambiental. Universidad Politécnica de Valencia. 263 pp. 1995.
4. GAJA DIAZ, E. La acústica en las actividades calificadas. Universidad Politécnica de Valencia. 1997.
5. GAJA DIAZ, E. Memoria técnica sobre un estudio de actualización y ampliación sobre la contaminación acústica de la Provincia de Valencia. LAI - UPV. 19 pp. 1997.
6. GAJA DIAZ, E. Propuesta de realización del mapa de ruidos en la ciudad de Valencia. LAI - UPV.
7. GAJA DIAZ, E. Propuesta de realización de estudio acústico en la provincia de Valencia. LAI - UPV.
8. GONZALEZ E. *et al.* Contaminación Sonora en Ambiente Urbano. Informe Final del proyecto de Investigación CONICYT Clemente Estable N°2040. IMFIA - IMM. 1998.
9. GONZALEZ, A.E. Una aproximación a la metodología del tratamiento del problema de la contaminación sonora en la ciudad de Montevideo. Tesis para la obtención del grado de Magister en Ingeniería. Facultad de Ingeniería, UROU. 1998.
10. GONZALEZ, E. Ambiente urbano: Niveles de contaminación sonora (caso Montevideo). Proyecto final para la aprobación del Curso de Posgrado en Formación Ambiental. FLACAM. 1997.
11. GONZALEZ, E.; GERARDO, R. Acústica Urbana. Notas introductorias preparadas para la Intendencia Municipal de Salto. IMFIA. 12 pp. 1997.
12. GONZALEZ, E.; GERARDO, R. Niveles sonoros en la ciudad de Salto. IMFIA. 39 pp. 1997.
13. GONZALEZ, E.; MARTINEZ LUACES, V. Avances en la metodología de muestreo de ruido urbano. Anales de las II Jornadas sobre Medio Ambiente de la AUGM. Pág.136. 1996.

14. GONZALEZ, E.; MARTINEZ LUACES, V.; GAJA DIAZ, E.; REIG FABADO, A. Niveles de contaminación sonora en la ciudad de Montevideo. Anales de Tecniacústica 97. pp.25-28. 1997.
15. GONZALEZ, E.; MARTINEZ LUACES, V.; GERARDO, R.; GAJA DIAZ, E. Aplicación de técnicas estadísticas al tratamiento de datos de ruido urbano. Anales del I Congreso de la FIA. pp. 431-434. 1998.
16. INSTITUTO ARGENTINO DE SEGURIDAD. Notas del Workshop Internacional sobre Ruidos y Vibraciones. 1995.
17. ISO. Norma 1996 partes 1, 2 y 3.
18. MARTINEZ LUACES, V. Tratamiento estadístico de datos ambientales. Facultad de Química de la Universidad de la República. GUEIQA. 1995.
19. MARTINEZ LUACES, V. Comunicaciones personales. 1998 - 1999.
20. REIG, A.; MANGLANO, J.L.; GAJA DIAZ, E.; SANCHO, S. Measuring traffic noise in Valencia. Anales del Congreso de la American Society of Acoustics. 4 pp. Seattle, 1998.
21. SACHS, L. Estadística aplicada. Editorial Labor. 567 pp. 1978.
22. SANCHEZ RIVERA, J.I. El ruido de tráfico en Valladolid. Universidad de Valladolid. Caja de Salamanca y Soria. 144 pp. 1991.
23. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACUSTICA. El ruido en la ciudad. Gestión y control. 1991.

A n e x o s

A1. Conceptos básicos

A1.1. El sonido

El *sonido* es una onda de presión que se desplaza en un medio. En el caso más frecuente, en que este medio es el aire, es *una onda de variación de la presión atmosférica*. También se aplica el término *sonido* a las sensaciones que es capaz de producir dicha onda en el órgano auditivo (el oído).

El sonido se caracteriza por dos propiedades físicas: su frecuencia y su intensidad. Otra variable que es de gran interés a la hora de trabajar con el sonido como agente contaminante es la temporal, caracterizada por la permanencia y la variabilidad.

La frecuencia, expresada en Hertz o ciclos por segundo, da el número de pulsaciones de presión o ciclos que se producen por unidad de tiempo. El rango de frecuencias que es capaz de oír el oído humano se sitúa entre los 20 y 20.000 Hz.

La intensidad de la onda de sobrepresión –la perturbación que genera la sensación auditiva- no es una magnitud práctica para trabajar, puesto que el oído es capaz de captar un intervalo muy amplio: entre 20×10^{-6} Pa y 200 Pa. El primero de los valores representa el *umbral auditivo* de un oído sano de un individuo de 18 años, y es un valor obtenido a través de múltiples estudios estadísticos. El segundo es el *umbral del dolor*.

Para manejar esta magnitud de tan amplio rango de variación, se emplea el concepto de *nivel*. Se trabaja con el logaritmo del cociente entre el valor de interés y un valor de referencia. En el caso del sonido, el valor de interés es el cuadrado de la presión sonora p y el valor de referencia p_0 , que se toma como 20×10^{-6} Pa, representa el umbral auditivo.

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

La unidad de esta escala es el Bell, pero para lograr un rango más amplio dentro de la misma se emplea comúnmente el decibel (dB), que es la décima parte de aquél. Así se expresará en

dB el nivel de presión sonora, el nivel de potencia o el nivel de intensidad de la onda sonora. Esta escala está a su vez de acuerdo con la respuesta del oído humano ante el estímulo sonoro que, como se verá en el acápite siguiente, es de tipo logarítmico.

A1.2. Sonido y audición

El campo auditivo del oído humano no cubre exactamente la totalidad de los intervalos de frecuencia e intensidad especificados en el punto anterior. El oído tiene una respuesta logarítmica gobernada por la ley de Weber-Fechner, según la cual la sensación que se produce es proporcional al logaritmo del estímulo que se registra. Así, existe un rango de audibilidad y dentro de él se definen las curvas isofónicas o isófonas, que son aquellas sobre las que el oído registra una misma sensación. Se han construido a través de estudios poblacionales en individuos sanos. La curva de 40 fones está definida por un tono puro de 40 dB a 1000 Hz, y a partir de allí, variando la frecuencia, se busca la equivalencia de sensaciones. Se observa que las curvas isófonas requieren mayor nivel de presión a bajas frecuencias, puesto que el oído genera una atenuación en estos rangos; luego hay una pequeña amplificación en el entorno de los 1000 Hz a 5000 Hz y finalmente otro tramo de atenuación hacia las altas frecuencias

A1.3. Redes de ponderación

Esta respuesta diferencial del oído con respecto a las frecuencias ha conducido al uso de *redes o curvas de ponderación*. Las mismas intentan reproducir el comportamiento del oído ponderando en forma diferencial la respuesta a distintas frecuencias. Existen cuatro redes de ponderación, denominadas A, B, C y D. La escala A reproduce la curva isófona de 40 dB; la escala B lo hace con la de 60 dB; la escala C tiene una ponderación bastante uniforme reproduciendo el nivel del oído para altos niveles de presión sonora; por último, la escala D se emplea para evaluar el ruido en aeropuertos.

A1.4. Sonido y ruido

Si bien el concepto subjetivo de ruido conduce a la expresión de “*un sonido no deseado*”, se puede hacer una definición mucho más acabada en función de las características físicas del sonido. En efecto, así como el espectro de frecuencias de un sonido musical es de tipo discreto, gobernado por la frecuencia fundamental y con la aparición de sus armónicos, el

espectro de un ruido es de tipo continuo, es decir, es una amalgama de frecuencias superpuestas sin ningún ordenamiento.

A1.5. Nivel sonoro continuo equivalente

Debido a las fluctuaciones temporales que caracterizan a las ondas de presión sonora, los niveles sonoros instantáneos proporcionan escasa información a la hora de comparar valores en distintos entornos, de informar un valor representativo del caso, de determinar un patrón de comparación o de definir un potencial de agresión o molestia sobre el ser humano.

Es por ello que internacionalmente se ha adoptado un parámetro que permite describir con un solo valor numérico la globalidad de los niveles de presión sonora que han tenido lugar en un intervalo de tiempo determinado. Se trata del nivel sonoro continuo equivalente L_{eq} .

El nivel sonoro continuo equivalente es un sonido ficticio de nivel de presión sonora constante, que, si hubiera tenido lugar, hubiera hecho llegar a la membrana del tímpano la misma dosis de energía que la secuencia de sonidos que efectivamente tuvieron lugar en el intervalo de tiempo considerado. Es, pues, un equivalente energético, y su manejo matemático es muy simple, por lo que facilita enormemente las operaciones de adición, diferencia, comparación, etc.

La forma matemática de la expresión del L_{eq} en un intervalo de tiempo T es la siguiente:

$$L_{eqA,T} = 10 \log \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2(t)} dt \right)$$

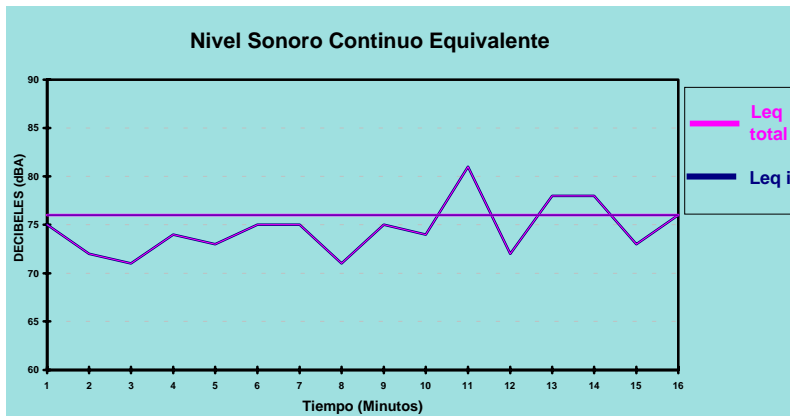
Esta aparente complejidad matemática, que implica el conocimiento continuo de valores para poder aplicar el operador *integral*, se salva fácilmente:

- Cuando se dispone de un instrumento integrador, que da directamente el valor del L_{eq} en el intervalo considerado sin necesidad de realizar ningún tipo de cálculo.

- Cuando se dispone de lecturas discretas de nivel de presión sonora, caso en el que se puede construir el valor del L_{eq} empleando la siguiente expresión:

$$L_{eqA,t} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 * L_{pAi}} \right)$$

Esto se aplica sobre una muestra de N valores de nivel de presión sonora L_{pAi} obtenidos en intervalos de tiempo iguales t^* , siendo T el intervalo total de tiempo. Se verifica $T = N \cdot t^*$.



A1.6. Niveles de permanencia (percentiles)

Además de poder emplear un valor único -el L_{eq} - para describir energéticamente la secuencia de sonidos que efectivamente tienen lugar en un intervalo de tiempo, puede ser de gran interés conocer la permanencia de los distintos niveles de presión sonora que ocurren en el intervalo de tiempo considerado. Esto conduce a la construcción de curvas de permanencia y al uso de los percentiles.

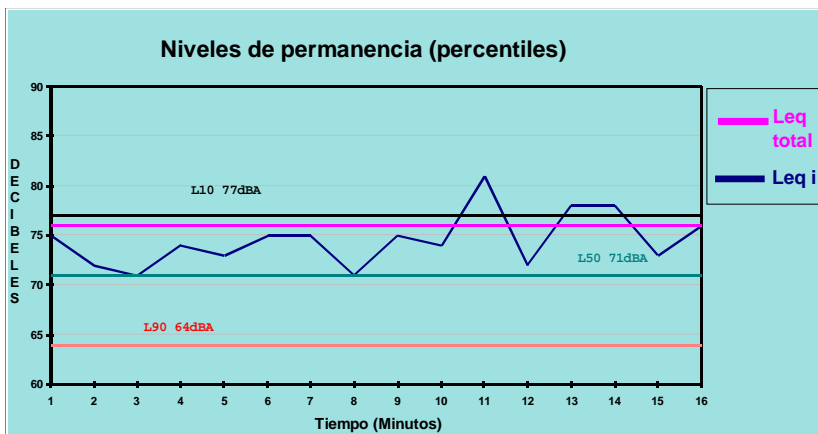
Los percentiles son los valores que son superados un determinado porcentaje del tiempo de muestreo; así, el percentil 10 o L_{10} es el valor que es superado el 10% del tiempo de muestreo; el percentil 90 o L_{90} es el valor que es superado el 90% del tiempo de muestreo.

El uso de algunos percentiles como descriptivos del comportamiento temporal de la presión sonora puede dar información de fácil interpretación. Así el L_1 y el L_5 son representativos de los niveles de pico (los más altos) con bajo nivel de permanencia (el 1% y el 5% del tiempo de muestreo respectivamente).

El L_{10} también describe niveles de pico pero con una permanencia mayor (la décima parte del tiempo de muestreo). El L_{10} es el parámetro que usa la normativa de Inglaterra como parámetro de comparación (es de las escasas normativas a nivel internacional que no emplea el L_{eq} sino un percentil como patrón de comparación).

El L_{50} es el valor que es superado durante la mitad del tiempo de muestreo. Su valor normalmente no coincide con el del L_{eq} , puesto que este último parámetro es un parámetro energético y penaliza fuertemente los valores elevados y de corta duración que ocurren en el intervalo de tiempo considerado.

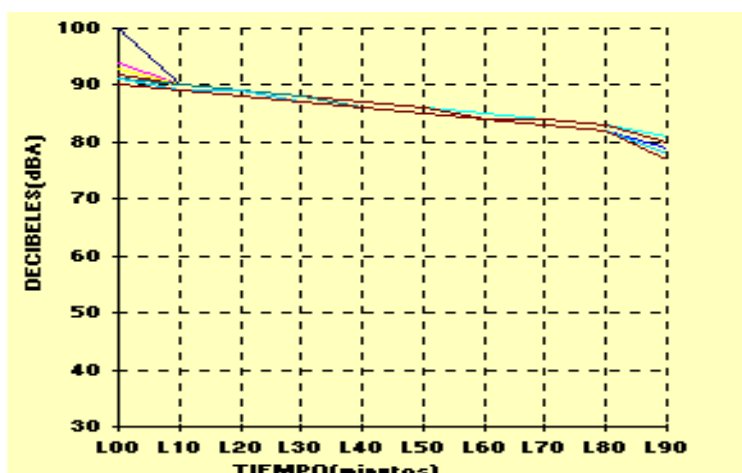
El L_{90} es un descriptor del nivel de ruido de fondo, ya que representa el valor que es superado el 90% del tiempo de muestreo. Otros descriptores más exigentes con significado similar son el L_{95} y el L_{99} (este último es casi un descriptor absoluto del ruido de fondo, aunque escuelas como la francesa han llegado a emplear valores de $L_{99,9}$ y $L_{99,99}$).



A1.7. Curvas de permanencia

Con estos percentiles, y aún mejor, si se conocen más valores de L_i , se puede construir la curva de permanencia de los niveles sonoros en el intervalo de tiempo considerado. Esta curva se construye colocando en el eje de las abscisas el nivel de permanencia (1%, 2%, hasta 100%) y en el eje de las ordenadas el correspondiente valor de nivel de presión sonora. La forma de la curva de permanencia anuncia el comportamiento temporal de los niveles de presión sonora en el intervalo de tiempo considerado: una curva muy plana advierte sobre niveles muy uniformes, con poca variación, y a mayor pendiente señalará que la presencia de los distintos niveles sonoros cobra permanencia relativa similar.

CURVAS DE PERMANENCIA



A1.8. Los mapas de ruido

A la hora de encarar el tema de la contaminación acústica en ambiente urbano y su gestión, una herramienta de gran utilidad son los mapas de ruido. Los mismos son representaciones cartográficas de los niveles sonoros que tienen lugar, relevados según metodologías adecuadas a la realidad que se estudia. La aplicación de estos mapas a la planificación urbanística es indiscutible. Asimismo, es una potente herramienta de diagnóstico que habilita a la elección de soluciones puntuales o globales en las zonas que así lo ameritan.

Las representaciones cartográficas pueden ser de distintos tipos (Gaja Díaz, 1995): mapas de curvas isosónicas (de igual nivel sonoro); mapas de cuadrículas, de puntos o botones (el primero corresponde a la situación en que los puntos elegidos se distribuyen según una cuadrícula; el segundo caso es cuando esto no sucede; en ambos casos los puntos son elegidos al azar); o mapas de red viaria de ruidos (cuando lo que se releva es el nivel de ruido ocasionado por el tránsito urbano a lo largo de las distintas arterias de la red vial). Cada tipo de mapas implica una diferente metodología de selección de puntos y de criterios de colecta de muestras, para obtener información valedera para la preparación del mismo.

El mapa de ruido, como herramienta al servicio del planificador urbano, permite discernir la distribución espacial de los niveles de ruido, caracterizándolos y cuantificando su intensidad. Esto habilita a tomar medidas de reordenamiento que favorezcan, por ejemplo, la creación de "islas acústicas" en las áreas que por su uso requieren ser protegidas (áreas destinadas a centros de salud, instituciones educativas, etc.); la detección de "zonas acústicamente saturadas", evitando la concentración de fuentes puntuales (por ejemplo, locales de esparcimiento nocturno); el reordenamiento de la circulación del tránsito pesado; entre otras acciones. De esta forma se procura incrementar la calidad de vida de la sociedad desde el punto de vista del confort acústico.

A2. Prueba de D'Agostino

La prueba de D'Agostino se aplica para determinar si un conjunto de datos sigue o no una distribución normal.

La hipótesis nula (H_0) consiste en suponer que la muestra proviene de una población normal. La hipótesis alternativa (H_1) es la contraria.

Dados los n valores muestrales x_1, x_2, \dots, x_n , se ordenan de menor a mayor, obteniéndose y_1, y_2, \dots, y_n .

El estadístico de comparación es

$$D(w) = \frac{\sum_{k=1}^n y_k \left(k - \frac{n+1}{2} \right)}{\sqrt{n^3 S_{xx}}}$$

Donde

$$S_{xx} = \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2$$

La región crítica es el exterior (cerrado) del intervalo (k_1, k_2) , donde k_1 y k_2 se obtienen - para cada nivel de confianza- de las tablas de D'Agostino.

A3. Prueba de Mann -Whitney

La prueba de Mann - Whitney permite la comparación de dos muestras cuya distribución es no normal (o no necesariamente normal).

Dadas dos muestras 1 y 2 con m y n elementos respectivamente, se ordenan los $(m+n)$ valores muestrales y se les asignan rangos. Sea R_1 la suma de los rangos de los elementos pertenecientes a la muestra 1 y R_2 la suma de los rangos de los elementos pertenecientes a la muestra 2.

Se construyen los valores U_1 y U_2 como sigue:

$$U_1 = nm + \frac{m(m+1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = nm + \frac{n(n+1)}{2} - R_2$$

El estadístico es el menor de ambos valores. Se compara contra valores de tablas confeccionadas para cada nivel de confianza, y la hipótesis nula se rechaza cuando el estadístico resulta menos que el valor crítico de tablas.

Para tamaños muestrales suficientemente grandes ($m+n > 60$) se puede emplear la aproximación:

$$U(m, n, \alpha) = \frac{nm}{2} - z \sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}$$

donde $z(\alpha)$ se obtiene de las tablas de distribución normal.

A4. Prueba de Kruskal - Wallis

La prueba de Kruskal - Wallis es equivalente a la de Mann-Whitney, pero se aplica cuando las muestras a comparar son más de dos. El procedimiento a seguir es esencialmente igual: se ordenan los valores muestrales, se asignan rangos, y se suman los rangos correspondientes a cada una de las muestras que se comparan.

Sea k el número de muestras, de tamaño n_1, n_2, \dots, n_k respectivamente, y sea R_i la suma de rangos de la muestra i -ésima. El estadístico que se construye es:

$$H = \left[\frac{12}{n(n+1)} \right] \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1)$$

Se compara contra la tabla de la distribución χ^2 -cuadrado con $(k-1)$ grados de libertad. Si el estadístico es mayor que el valor tabulado para el nivel de significación deseado, se rechaza la hipótesis nula.

Resumen de Gestión Acústica Municipal

ÍNDICE

- 1.- [Datos Departamentales generales acerca de las fuentes móviles y fijas](#)
- 2.- [Acción preventiva para las fuentes móviles y fijas](#)
 - [Legislación Departamental](#)
 - [Estudio y aprobación de proyectos](#)
 - [Promoción - Educación](#)
 - [Estudios Ambientales](#)
- 3.- [Acción de control:](#)
 - Inspección
 - Habilitación
 - Actuación correctiva
- 4.- [Comentarios](#)

1.- Datos Departamentales generales acerca de las fuentes móviles y fijas

En una primera aproximación, el Departamento de Montevideo con una superficie de 530 km² y 1.350.000 habitantes, tiene como posibles fuentes fijas unos 200.000 padrones básicos con 450.000 lugares con características de unidades como ser apartamentos, casas, comercios, industrias, depósitos y demás. Como fuentes móviles circulan unos 330.000 vehículos por una red vial de un poco más de 3000 kms.

2.- Acción preventiva para las fuentes móviles y fijas.

- Legislación Departamental

Hay una legislación Municipal (Decretos de la Junta Departamental, Resoluciones del Intendente y disposiciones de Departamentos y Servicios Municipales) que regula el uso del suelo y de actividades entre otros. Las disposiciones precedentes, dentro de la respectiva temática específica, contienen aspectos acústicos con diferente grado de significación.

EDIFICACIÓN

En el área de la edificación, hay un conjunto de normas acerca de los materiales a emplear en la construcción. Por ejemplo

Decreto Departamental 20683 acerca de la edificación, por el que se establece normas constructivas, materiales y condiciones de higiene de la vivienda, incluyendo definiciones acerca del aislamiento acústico de entresijos y muros separativos en viviendas colectivas establecido en 45 dB. Posteriores Resoluciones del Intendente y diversas reparticiones municipales caso del Servicio de Contralor de la Edificación) continuaron reglamentando el uso de materiales modernos prefabricados o de "obra seca". En algunos casos se requiere ensayos acústicos para garantizar el poder de aislamiento de 45 dB. Según los casos, estos ensayos son realizados por el SIME y/o por empresas particulares reconocidas por la Intendencia Municipal. Estos ensayos se realizan generando ruido rosa, midiendo en emisor y receptor con análisis en bandas de octavas y normalizando el resultado. En otros casos se reconoce los ensayos acústicos de origen, dependiendo del conocimiento que se tenga del laboratorio acústico certificador, las características de los materiales, el procedimiento constructivo etc.

INSTALACIONES MECÁNICAS

El Decreto Departamental 16556 acerca de instalaciones mecánicas establece entre otros, límites de emisión acústica, con correcciones por frecuencia, zona, ruido de fondo, horario nocturno, lapso de funcionamiento, estación invernal, tonos puros, carácter impulsivo, tipo de población expuesta. También establece límites de transmisión de vibraciones definiendo amplitudes en función de las frecuencias.

El Decreto Departamental 17918 establece limitaciones a la transmisión de ruidos a terceros. Al amparo de este Decreto, el SIME elaboró la circular 20/10/98 donde se establece límites de inmisión dentro de viviendas a $L_{p,A}=45$ dB diurno y $L_{p,A}=39$ dB nocturno y una posible corrección por ruido de fondo. El ruido de fondo se lo define, y se lo mide como LN90 en lapsos no inferiores a 15 minutos.

ACTIVIDADES DE OCIO

El Decreto Departamental 23845 limita los ruidos de bailes, espectáculos públicos y afines, estableciendo una escala de niveles sonoros, relacionado con el interés social y vinculado a la frecuencia del evento, horarios, días de la semana, períodos de fiestas tradicionales.

La Resolución de Departamento 2807/88 reglamentó lo precedente.

TRÁNSITO VEHICULAR EN LA VÍA PÚBLICA

El Decreto Departamental particularmente limita la emisión acústica de motos a 88 dB, de automotores de hasta 3500 kgs. a 85 dB y de vehículos de mayor tamaño a 92 dB, medido a 7 metros perpendiculares al eje longitudinal, con el micrófono a 1m20 y con el motor a $\frac{3}{4}$ de las r.p.m. máximas. También establece que la bocina tendrá limitada su emisión acústica a $L_{p,A}=100$ medido a 3 metros por delante del eje de la misma o del rodado.

La Ordenanza Municipal de Tránsito establece en el Art. R. 424.76. la obligatoriedad en el uso del silenciador de gases de escape del motor.

El Art. D.677 inciso i de la Ordenanza Municipal de Tránsito prohíbe el uso de bocina salvo como excepción por razones extremas de seguridad.

La Resolución 1835/98 del Intendente Municipal, propiciada por el Departamento de Desarrollo Ambiental, reglamenta el uso de alarmas.

Se reitera que la legislación expuesta es parcial y tiene actualizaciones posteriores en algunos casos.

- Estudio y aprobación de proyectos

Los emprendimientos de construcción en metrajés superior a los 300 m² dentro del Departamento de Montevideo tienen un proceso de estudio del proyecto que incluye una evaluación acústica.

Los proyectos de instalaciones mecánicas son evaluados directamente en el SIME. Es un procedimiento particularmente conveniente para los grandes emprendimientos por la economía de la prevención. Hay muchos ejemplos de grandes superficies comerciales que han seguido este procedimiento y están actualmente instaladas en plena ciudad sin inconvenientes de naturaleza acústica con los vecinos, a pesar de disponer de importantes instalaciones de aire acondicionado.

- Promoción – Educación

Eventos de divulgación sobre la temática de ruidos, tal como acontece en las muestras ambientales que se desarrollan anualmente, así como las recorridas programadas que se efectúan en las escuelas y centros comunales, por parte del GEA (Grupo de Educación Ambiental).

Servicios complementarios: calibración a terceros de los sonómetros por medio de las fuentes acústicas disponibles en el SIME.

Como ejemplo anecdótico, para una escuela se construyó un pseudo emulador del oído humano acoplado a un micrófono con sonómetro remoto. El trabajo que había planteado la maestra a los niños de clase, consistía en relevar a las personas que corren por la rambla con walkman, midiendo el nivel sonoro a que estaban expuestos. El trabajo se hizo con la lógica y permanente presencia de un técnico municipal y el grupo escolar lo presentó en el LATU.

Se ha brindado asesoramiento a Intendencias del interior e incluso se ha concurrido para arbitrar y efectuar docencia en casos particulares.

- Estudios Ambientales

Se realizan estudios ambientales para conocer la realidad del Departamento. En este contexto podemos mencionar:

Mapeo acústico de la ciudad años 1998-1999, realizado conjuntamente con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

Relevamientos zonales de la calidad ambiental en el área de ruido. Actualmente se puede apreciar un monitor acústico de exterior instalado en una columna de alumbrado en la esquina de Ejido y la Av. 18 de Julio. En el evento de la fecha se exponen algunos registros continuos en días típicos (domingo, lunes) por medio de gráficas de 24 horas donde se aprecia la enorme influencia del tránsito vehicular.

3.- Acción de control:

- Inspección**
- Habilitación**
- Actuación correctiva**

Estas 3 etapas se desarrollan en diversas oficinas municipales según la competencia específica. El Servicio de Contralor de la Edificación y profesionales de los CCZ intervienen en lo atinente a la etapa de construcción de viviendas y afines. El Servicio de Instalaciones Mecánicas y Eléctricas (SIME) actúa dentro de su competencia en las más de 20000 instalaciones mecánicas. El Servicio de Inspección General, a través de la sección Espectáculos Públicos controla los ruidos nocturnos de unos 350 locales destinados a actividades de ocio.

La acción correctiva se realiza fundamentalmente por denuncia. El SIME dispone de unos 300 casos de denuncias. La informalidad y aperiodicidad de las actividades dificultan la resolución de las situaciones. El Servicio de Inspección General actualmente atiende unas 8 denuncias semanales (lo que aumenta en verano) y existen unos 15 locales con prohibiciones de emitir música en vivo o de todo tipo según el caso. En algunos casos en que se intima al local a realizar mejoras, se solicita al SIME una evaluación o por medio de un ensayo de aislamiento acústico o del plan de mejoras a realizar (situación en que se solicita presentar un proyecto acústico).

4.- Comentarios

Los ruidos tienen un efecto sico-físico. Los aspectos socio-culturales generales e individuales tienen una enorme influencia en la respuesta global de cada persona. Una madre seguramente duerme una siesta satisfactoriamente mientras escucha los ruidos de su pequeño que juega en el patio. Es probable que se despierte abruptamente si se hace el silencio. Esta misma madre, tal vez no concilie bien el sueño si el ruido del partido de fútbol del estadio cercano le llega. Diferente actitud deben tener los espectadores del cuadro que esté ganando el partido.

Otro ejemplo es que debe ser diferente el tratamiento de un problema acústico en un departamento cerca del centro de la república, al mismo en la principal avenida del balneario más importante del país.

Esta particular característica del ruido, agregado que el efecto residual en el medio ambiente es muy particular, obliga a reflexionar si la legislación del tema no debe ser administrada localmente en cada lugar, y tratada diferenciadamente a las demás normas ambientales, como ha sido hasta el presente?

Ing. G. Rodríguez Sarmiento

Director Profesional del SIME
Departamento de Desarrollo Ambiental
INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO