



# INFORME FINAL

## ESTUDIO

# ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO COMUNA DE SANTIAGO MEDIANTE SOFTWARE DE MODELACIÓN

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE  
FICHA DE LICITACIÓN N° 1588-67-LE10

23 DE DICIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE ACÚSTICA

### EQUIPO CONSULTOR

DR. ING. ENRIQUE SUÁREZ S. INSTITUTO DE ACÚSTICA UACH  
DR. ING. JOSÉ LUIS BARROS R. INSTITUTO DE ACÚSTICA UACH  
DRA. EST. LILIANA BÁEZ MONTENEGRO. INSTITUTO DE ESTADÍSTICA UACH

JOAQUÍN STEVENS C. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH  
CLAUDIO GONZÁLEZ R. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH  
RUBÉN ROMERO G. INGENIERO ACÚSTICO UACH  
JUAN PABLO ÁLVAREZ R. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH

### COLABORADOR EXTERNO

GUILLERMO REY – LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES UEX

# INFORME FINAL

## ESTUDIO

# ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO COMUNA DE SANTIAGO MEDIANTE SOFTWARE DE MODELACIÓN

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE  
FICHA DE LICITACIÓN Nº 1588-67-LE10

23 DE DICIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE ACÚSTICA

### EQUIPO CONSULTOR

DR. ING. ENRIQUE SUÁREZ S. INSTITUTO DE ACÚSTICA UACH  
DR. ING. JOSÉ LUIS BARROS R. INSTITUTO DE ACÚSTICA UACH  
DRA. EST. LILIANA BÁEZ MONTENEGRO. INSTITUTO DE ESTADÍSTICA UACH

JOAQUÍN STEVENS C. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH  
CLAUDIO GONZÁLEZ R. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH  
RUBÉN ROMERO G. INGENIERO ACÚSTICO UACH  
JUAN PABLO ÁLVAREZ R. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH

### COLABORADOR EXTERNO

GUILLERMO REY – LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES UEX

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>3. ACTIVIDADES .....</b>	<b>3</b>
3.1. ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO PARA LA COMUNA DE SANTIAGO .....	3
3.1.1. Análisis de la información disponible .....	3
3.1.2. Calibración de la modelación .....	7
3.1.3. Mapas de Ruido .....	25
3.2. DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL RUIDO POR PARTE DE LA COMUNIDAD .....	36
3.2.1. Metodología de diseño muestral .....	36
3.2.2. Encuesta Piloto y empadronamiento inicial .....	39
3.2.3. Agrupación de los barrios en macrozonas .....	40
3.2.4. Análisis descriptivo de la encuesta .....	42
3.2.5. Análisis inferencial de las variables de Ruido Ambiental .....	63
3.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE LA ENCUESTA CON LA MODELACIÓN .....	68
3.3.1. Análisis de regresión entre niveles de ruido modelados y percepción de la comunidad: General día -noche	68
3.3.2. Análisis de regresión entre niveles de ruido modelados y la percepción de ruido por parte de la comunidad: Macrozonas día - noche .....	70
3.3.3. Porcentaje de personas altamente molesta (%HA) .....	73
3.3.4. Análisis de la escala cualitativa en relación a escala cuantitativa .....	76
3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA MODELACIÓN Y DE LA ENCUESTA .....	79
3.4.1. Distribución de los niveles de ruido .....	79
3.4.2. Análisis de denuncias Municipalidad de Santiago .....	80
3.4.3. Análisis de denuncias SEREMI de Salud Región Metropolitana .....	84
3.5. PROPUESTA DE GESTIÓN DE RUIDO AMBIENTAL .....	88
3.6. CONSIDERACIONES REFERIDAS AL DISEÑO Y PUBLICACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	103
3.7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	107
<b>4. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>108</b>

### ÍNDICE DE ANEXOS INCLUIDOS EN EL CD DEL ESTUDIO:

- Anexo I Mapas de Ruido de la Comuna de Santiago
- Anexo II Datos de mediciones de ruido realizadas en el estudio.
- Anexo III Encuesta de Ruido Ambiental aplicada a residentes en la Comuna de Santiago.
- Anexo IV Análisis de frecuencias y otros datos de la encuesta aplicada en la comuna de Santiago.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento corresponde al Informe Final del proyecto **Elaboración de Mapas de Ruido Comuna de Santiago Mediante Software de Modelación**, desarrollado por el Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile de acuerdo a lo establecido en el plan de trabajo presentado el día 15 de septiembre de 2010.

Para una mejor comprensión de este informe se han mantenido los puntos fundamentales incluidos en el plan de trabajo.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos establecidos por los Términos de Referencia (TdR) se definen a continuación.

### 2.1. *Objetivo general*

- Elaborar el mapa de ruido urbano de la comuna de Santiago, mediante la aplicación de un modelo de predicción de ruido.

### 2.2. *Objetivos específicos*

- Obtener el mapa de ruido de la comuna de Santiago, utilizando el software de modelación CadnaA Noise Mapping (CadnaA Estándar + extensión BMP + extensión XL).
- Determinar la percepción del ruido de la comunidad en el caso piloto (comuna de Santiago), mediante la aplicación de la encuesta elaborada en la Fase I del Estudio.
- Proponer una metodología para correlacionar la respuesta de la comunidad al ruido de tránsito, con los descriptores de ruido obtenidos mediante la modelación, y aplicarla.
- Analizar los resultados y realizar un cruce de información, estableciendo recomendaciones y lineamientos estratégicos para la comuna de Santiago, en materia de gestión local para el control de ruido ambiental.

### 3. ACTIVIDADES

La presentación de las actividades mantiene el orden establecido en los TdR.

#### 3.1. Elaboración de Mapas de Ruido para la comuna de Santiago

*Elaborar el Mapa de Ruido de la comuna de Santiago, mediante el Software de Modelación CadnaA Noise Mapping (CadnaA Estándar + extensión BMP + extensión XL), cuyos resultados deben presentarse en un sistema de información geográfica. Esta actividad debe realizarse en dependencias del Ministerio del medio Ambiente, ya que la institución cuenta con este software.*

##### 3.1.1. Análisis de la información disponible

Considerando los antecedentes necesarios para esta parte del estudio, según informe de "Elaboración de mapas de ruido mediante software de modelación, para caso piloto (Comunas de Antofagasta y Providencia)" [19], se revisó la información puesta a disposición por el Ministerio del Medio Ambiente. Respecto a la información disponible se incluyen los principales comentarios en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Detalle de la información revisada.

MODELO DE TERRENO	Curvas de nivel	OK
	Ancho de vía, tipo de carpeta, etc.	FALTA
MODELO DE CARRETERA	Edificaciones, CAD, atributos de altura (formato dwg o shp)	FALTA
	Vías, ancho de calles, tipo de carpeta (hormigón, asfalto, otros)	FALTA
TRANSANTIAGO	Definición de atributos	FALTA
	Velocidades de circulación	OK
	Flujos - Frecuencia de circulación	OK
AUTOPISTAS CONCESIONADAS	Trayecto digitalizado	FALTA
	Barreras acústicas (emplazamiento, altura, especificaciones)	FALTA
	Ancho de pistas y tipo de carpeta	FALTA
	Flujo vehicular y velocidad de circulación	FALTA
MODELO DE FERROCARRILES	Composición del flujo (día, tarde, noche)	FALTA
	Características de la configuración de los trenes	FALTA
	Velocidad de circulación	FALTA
	Características de la vía	FALTA
	Trayecto digitalizado de la vía	FALTA
	Tipo de traviesas y balasto.	FALTA
Discontinuidades y estructuras	FALTA	

De acuerdo a la información disponible fue necesario establecer metodologías o criterios tendientes a generar la información imprescindible para la elaboración de los mapas de ruido mediante el software de modelación (fundamentalmente, datos de edificaciones con atributos de altura y flujos vehiculares).

Respecto a la falta de información sobre edificaciones, el Ing. Sr. Claudio González realizó la labor de incorporar las edificaciones con sus correspondientes alturas en base a la información disponible (planos, imágenes satelitales y visitas a terreno). En lo referente al flujo vehicular, se generó la información necesaria mediante una metodología de categorización de vías para asignar flujos adecuados en base a conteos de vehículos en diferentes puntos y diferentes horarios, dicha metodología se describe a continuación.

### **Categorización de vías**

Se ha establecido criterios para clasificar las vías en diferentes categorías, basando la clasificación principalmente en el rol que cumplen las diferentes calles en la comunicación de diferentes zonas en la ciudad. Para elaborar la propuesta de categorías se ha considerado la información entregada por el Ministerio del Medio Ambiente disponible para el estudio, la literatura sobre trabajos previos en categorización de vías [16] [17] [18], así como la información de la guía "Good Practice for Strategic Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure" [14]. Esta metodología permite distribuir los puntos de conteo de flujo y/o mediciones de ruido, de manera de asegurar que se han evaluado todo tipo de vías y establecer valores de flujo característico para cada categoría. Como la tendencia es que número de vías de mayor impacto acústico sea menor al número de vías de flujos menores, la metodología tiende a producir un conteo de flujo y/o mediciones de ruido más fino o de mayor resolución en las vías más influyentes desde el punto de vista de los niveles de ruido generados.

El método de categorización puede ser descrito mediante los siguientes pasos:

#### **a) Definición de las categorías.**

En este proyecto, se utilizarán fundamentos y definiciones de las categorías que se han empleado en estudios de similares características y que se respaldan teóricamente en la literatura. Tales trabajos han sido realizados por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura [16] [17] [18], y contemplan un criterio similar a las utilizadas en la Fase II del estudio [14]. Las categorías se definen según su función urbana y se muestran a continuación:

**Categoría 1:** Vías de utilización preferente para comunicar la ciudad con otras ciudades (carreteras, para ciudades del tipo estudiado, de carácter nacional) y para intercomunicar estas vías entre ellas a través de la zona urbana (en general, serán vías de dirección indicada o señalizada).

**Categoría 2:** Vías urbanas que dan acceso desde las vías de la categoría anterior a nodos de distribución principales de la ciudad, por ejemplo rotondas, que unen al menos cuatro calles, dando la posibilidad de, una vez en ellas, acceder o dirigirse hacia al menos tres tipos de zonas urbanísticamente distintas de la ciudad. En esta definición no se incluyen nodos que hayan sido

incluidos en las vías de la Categoría 1. También se incluyen en esta categoría las vías que son usadas de forma alternativa a las de la categoría anterior, dada la saturación que éstas pueden presentar en muchas ciudades.

**Categoría 3:** Se incluyen en ella tanto las vías que comunican la ciudad con otras zonas regionales (carreteras, por tanto, para "ciudades del tipo estudiado", de carácter regional o provincial), como las vías urbanas que dan acceso desde las anteriores a centros de interés o que comunican, de forma clara, las anteriores entre sí.

**Categoría 4:** Vías de intercomunicación entre las categorías anteriores. Además, se incluyen en esta clasificación, las principales vías de los diferentes barrios que no han sido incluidas en categorías previas.

**Categoría 5:** Se incluyen en ella todas las calles de la ciudad (excepto las peatonales) que no han sido incluidas en alguna de las categorías anteriores.

**Categoría 6:** Calles peatonales, calles con tránsito regulado o restringido.

Referente a la equivalencia entre esta clasificación funcional acústica para este tipo de estudios y la clasificación utilizada en el país por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones [27], no existe una correspondencia directa, pues el origen de ambas clasificaciones son distintos. Sin embargo, un ejercicio de equivalencia sería el siguiente:

- Vía expresa: Categoría 1
- Vía troncal: Categoría 2
- Vía colectora: Categoría 2 y 3
- Vía de servicio: Categoría 3 (quizás en algunos casos 4)
- Vía local: Categoría 4-5

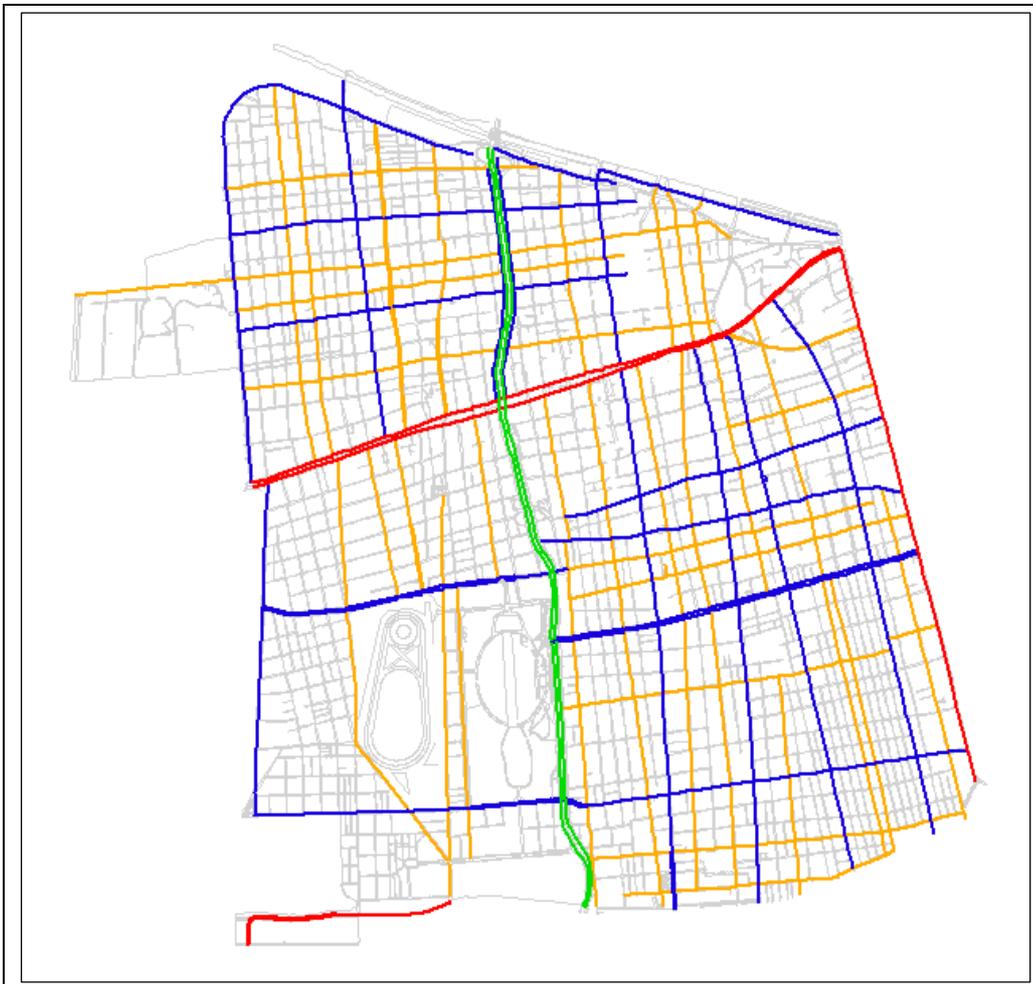
Según este análisis, lo conveniente es guiarse por la clasificación inicial propuesta en este proyecto, en virtud de la utilidad que se le entrega para el trabajo acústico de los mapas de ruido.

**b) Asignación de las diferentes calles de la ciudad a cada una de las categorías antes definidas.**

Se realizó una asignación inicial de las diferentes calles de la Comuna de Santiago a las diferentes categorías anteriormente definidas tomando como base la información disponible en Google Maps, Google Earth y la clasificación realizada por GEOSSEN. Esta asignación se elaboró previa visita a terreno.

En la figura 1 se muestra un plano adjunto con la categorización de vías preliminar, los colores corresponden a:

- a. Categoría 1: color verde
- b. Categoría 2: color rojo
- c. Categoría 3: color azul
- d. Categoría 4: color naranja
- e. Categoría 5: sin color
- f. Categoría 6: no se incluyen en este estudio



**Fig. 1.** Categorización preliminar de vías para la comuna de Santiago.

La categoría 5, representa las calles residenciales de la ciudad, en las cuales no existe una función de conexión. Esta categoría, generalmente, en los diferentes estudios realizados y señalados en la bibliografía, es la que presenta mayor variabilidad en cuanto a niveles sonoros. Por lo tanto, atendiendo la variabilidad de localización o de densidad de población residente, podría ser necesario, en otros estudios, una subdivisión adicional.

La categorización de vías se realizó incluyendo los antecedentes de la inspección en terreno y considerando posibles modificaciones en función de los conteos de flujo vehicular realizados en la campaña de mediciones. Realizado este análisis, los cambios a la primera clasificación son menores, pudiendo guiarse por la figura ya incluida. En el Anexo II Datos de mediciones de ruido realizadas en el estudio, se encuentra una planilla Excel con la clasificación de las 364 vías consideradas en este proyecto.

### 3.1.2. Calibración de la modelación

#### a) Mediciones

De acuerdo al plan de trabajo se realizaron mediciones en terreno utilizando un tiempo de medición de 15 minutos, considerando los siguientes descriptores: Leq dB(A) (nivel de presión sonora continuo equivalente), Lmax y Lmin (nivel máximo y nivel mínimo), y niveles percentiles L10, L50 y L90. Además, durante cada medición se realizó un conteo de vehículos, con el objetivo de considerar el efecto de la variable flujo vehicular sobre la relación entre valor de Leq medido y modelado. En las tablas 2 a 6 se presentan los valores obtenidos para el flujo vehicular y el nivel equivalente en las diferentes categorías de vías.

Se utilizaron para la calibración 52 puntos de medición (figura 17, incluido en el Anexo I). Se realizaron en total 106 mediciones, 54 en horario "valle" (09:00 a 18:00 y 20:00 a 21:00 hrs), y 52 en horario "punta" (07:00 a 09:00 y 18:00 a 20:00 hrs.). La clasificación de los horarios "valle" y "punta" fue acordada y validada con la Contraparte Técnica oportunamente.

También en el Anexo II se encuentran las mediciones de ruido realizadas en el estudio. En este mapa se identifican los puntos con el mismo código que el utilizado en las siguientes tablas.

**Tabla 2.** Valores de flujo vehicular y niveles equivalentes obtenidos para la Categoría 1.

Cat.	Código	Vía	Horario	Nº livianos	Nº pesados	Motos	Leq dBA
1	1.1	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	393	43	15	75,5
1	1.1	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	475	69	15	76,2
1	1.2	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	405	42	13	76,6
1	1.2	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	506	55	27	77,6
1	1.3	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	476	35	17	75,2
1	1.3	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	416	49	12	74,9
1	1.4	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	555	30	21	73,9
1	1.4	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	600	85	24	75,8
1	1.5	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	460	54	24	72,7
1	1.5	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	770	85	24	75,8
1	1.6	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	470	38	18	75,2
1	1.6	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	605	55	21	72,7
1	1.7	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	630	43	33	71,7
1	1.7	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	790	52	14	73,2
1	1.9	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	248	34	13	75,5
1	1.9	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	500	42	15	77,1
1	1.10	Av. Bdo. O'Higgins*	Valle	460	67	17	75,5
1	1.10	Av. Bdo. O'Higgins*	Punta	480	79	25	78,5

\* existe flujo en sentido opuesto.

**Tabla 3.** Valores de flujo vehicular y niveles equivalentes obtenidos para la Categoría 2.

Cat.	Código	Vía	Horario	Nº livianos	Nº pesados	Motos	Leq dBA
2	2.1	Av. Matucana*	Valle	308	32	13	72
2	2.1	Av. Matucana*	Punta	260	18	8	72,5
2	2.2	Av. Pdte. Balmaceda	Valle	360	16	12	73,9
2	2.2	Av. Pdte. Balmaceda	Punta	630	11	27	75,3
2	2.3	Av. Pdte. Balmaceda	Valle	870	76	43	77,7
2	2.3	Av. Pdte. Balmaceda	Valle	897	55	25	76,6
2	2.3	Av. Pdte. Balmaceda	Punta	984	96	27	78,8
2	2.4	Av. Cardenal J.M. Caro	Valle	390	10	17	70,8
2	2.4	Av. Cardenal J.M. Caro	Punta	223	12	8	68,3
2	2.5	Vicuña Mackenna*	Valle	116	13	6	70,4
2	2.5	Vicuña Mackenna*	Punta	353	12	17	70,2
2	2.6	Vicuña Mackenna*	Valle	263	10	12	69,3
2	2.6	Vicuña Mackenna*	Punta	250	19	20	69,1
2	2.7	Vicuña Mackenna*	Valle	380	18	20	72,9
2	2.7	Vicuña Mackenna*	Punta	363	9	13	72,9
2	2.8	Av. Manuel A. Matta*	Valle	558	17	13	73,2
2	2.8	Av. Manuel A. Matta*	Punta	458	14	40	74,6
2	2.9	Av. Manuel A. Matta*	Valle	500	21	13	72,7
2	2.9	Av. Manuel A. Matta*	Punta	502	15	16	74,7
2	2.10	Blanco Encalada*	Valle	440	24	11	73
2	2.10	Blanco Encalada*	Punta	392	28	6	75,8

\* existe flujo en sentido opuesto.

**Tabla 4.** Valores de flujo vehicular y niveles equivalentes obtenidos para la Categoría 3.

Cat.	Código	Vía	Horario	Nº livianos	Nº pesados	Motos	Leq dBA
3	3.1	Carmen	Valle	315	5	13	71,2
3	3.1	Carmen	Punta	333	4	25	70,3
3	3.2	Av. Rondizzoni*	Valle	96	5	7	69
3	3.2	Av. Rondizzoni*	Punta	115	2	4	67,9
3	3.3	Ñuble	Valle	334	17	8	71
3	3.3	Ñuble	Punta	367	15	10	70,5
3	3.4	Exposición	Valle	90	12	2	68,8
3	3.4	Exposición	Punta	151	3	2	71,1
3	3.5	San Martin	Valle	158	21	11	71,4
3	3.5	San Martin	Punta	163	25	7	73,2
3	3.6	Gral. Mackenna	Valle	358	9	11	70,7
3	3.6	Gral. Mackenna	Punta	370	24	18	70,3
3	3.7	Mc.Iver	Punta	190	25	10	70,2
3	3.7	El Mirador*	Valle	94	1	5	66,8
3	3.8	El Mirador*	Punta	162	1	3	69,7
3	3.8	San Pablo	Valle	370	12	19	69,1
3	3.9	San Pablo	Punta	340	14	8	69,4
3	3.9	Mapocho	Valle	230	14	13	69,8
3	3.10	Mapocho	Punta	187	14	7	70
3	3.10	Av. Viel	Valle	270	16	19	73,6
3	3.11	Av. Viel	Punta	241	5	14	74,7
3	3.11	Av. Manuel Rodriguez	Valle	302	11	7	72,6
3	3.12	Av. Manuel Rodriguez	Punta	309	15	17	74,3
3	3.13	Santo Domingo	Valle	142	17	5	70,1

\* existe flujo en sentido opuesto.

**Tabla 5.** Valores de flujo vehicular y niveles equivalentes obtenidos para la Categoría 4.

Cat.	Código	Vía	Horario	Nº livianos	Nº pesados	Motos	Leq dBA
4	4.1	Santa Elena	Valle	114	4	7	67
4	4.1	Santa Elena	Punta	78	4	4	65,5
4	4.2	Abate Molina	Valle	96	1	3	71,5
4	4.2	Abate Molina	Punta	263	3	14	76,8
4	4.3	Franklin	Valle	139	9	8	73,1
4	4.3	Franklin	Punta	158	5	9	71,4
4	4.4	Moneda	Valle	113	0	3	63,6
4	4.4	Moneda	Punta	164	3	9	66,1
4	4.5	Nataniel Cox	Valle	182	13	8	69,7
4	4.5	Nataniel Cox	Punta	287	17	18	69,8
4	4.6	Victoria	Valle	102	8	1	69,9
4	4.6	Victoria	Punta	120	2	4	68
4	4.7	San Francisco	Valle	177	15	16	71,6
4	4.7	San Francisco	Punta	163	27	17	71,3
4	4.8	Sazie	Valle	56	1	3	65,3
4	4.8	Sazie	Punta	44	0	2	64,6
4	4.9	Amunategui	Valle	156	10	7	68,6
4	4.9	Amunategui	Punta	164	11	14	69,6
4	4.11	10 de Julio	Valle	246	6	9	69
4	4.11	10 de Julio	Punta	330	8	7	69,9

**Tabla 6.** Valores de flujo vehicular y niveles equivalentes obtenidos para la Categoría 5.

Cat.	Código	Vía	Horario	Nº livianos	Nº pesados	Motos	Leq dBA
5	5.1	Andes	Valle	40	12	1	66,4
5	5.1	Andes	Punta	48	14	5	66,1
5	5.2	Salvador San Fuente	Valle	40	0	2	63,2
5	5.2	Salvador San Fuente	Punta	40	0	1	63,2
5	5.3	Av. Pedro Montt	Valle	47	4	1	64,7
5	5.3	Libertad	Valle	99	1	1	65,6
5	5.3	Libertad	Punta	141	1	4	67,8
5	5.4	Eyzaguirre	Valle	72	1	4	66,3
5	5.4	Eyzaguirre	Punta	123	0	3	67,2
5	5.5	Waldo Silva	Valle	3	0	0	53,5
5	5.5	Grajales	Valle	29	0	2	63,1
5	5.5	Grajales	Punta	67	0	2	63,9
5	5.6	Jose M. Carrera	Valle	25	0	0	61,1
5	5.6	Jose M. Carrera	Punta	60	0	1	65,3
5	5.7	Chiloe	Valle	57	7	3	63,7
5	5.7	Chiloe	Punta	63	6	1	65,8
5	5.8	García Reyes	Valle	10	1	0	60,4
5	5.8	García Reyes	Punta	8	0	0	59,3
5	5.9	Arauco	Valle	63	8	4	69,2
5	5.9	Arauco	Punta	96	3	3	66,7
5	5.10	Maipú	Valle	64	0	2	61,3
5	5.10	Maipú	Punta	44	2	2	61,9

#### b) Respecto a categorización de vías

Para analizar la calidad de la categorización realizada, se estableció una cantidad de vehículos equivalentes, de manera de tener un único indicador de flujo que incorpora el efecto de los flujos separados en livianos, pesados y motos. Para el cálculo de flujo vehicular se ha considerado razonable utilizar la equivalencia de 7 vehículos livianos por cada vehículo pesado [28] y 2 vehículos livianos por cada moto [29]. En este sentido es importante destacar que esta asignación tiene solo fines de comparación entre las diferentes categorías, ya que para la modelación acústica definitiva se utilizan los flujos de vehículos livianos y pesados por separado.

La categorización de vías tiene como objetivo principal asignar flujos vehiculares característicos correspondientes al valor promedio obtenido en los diferentes conteos de la categoría correspondiente. Es importante considerar los valores promedios de flujo. La figura 2 contiene los valores promedios de flujos obtenidos en los conteos para cada categoría y en horarios "valle" y "punta".

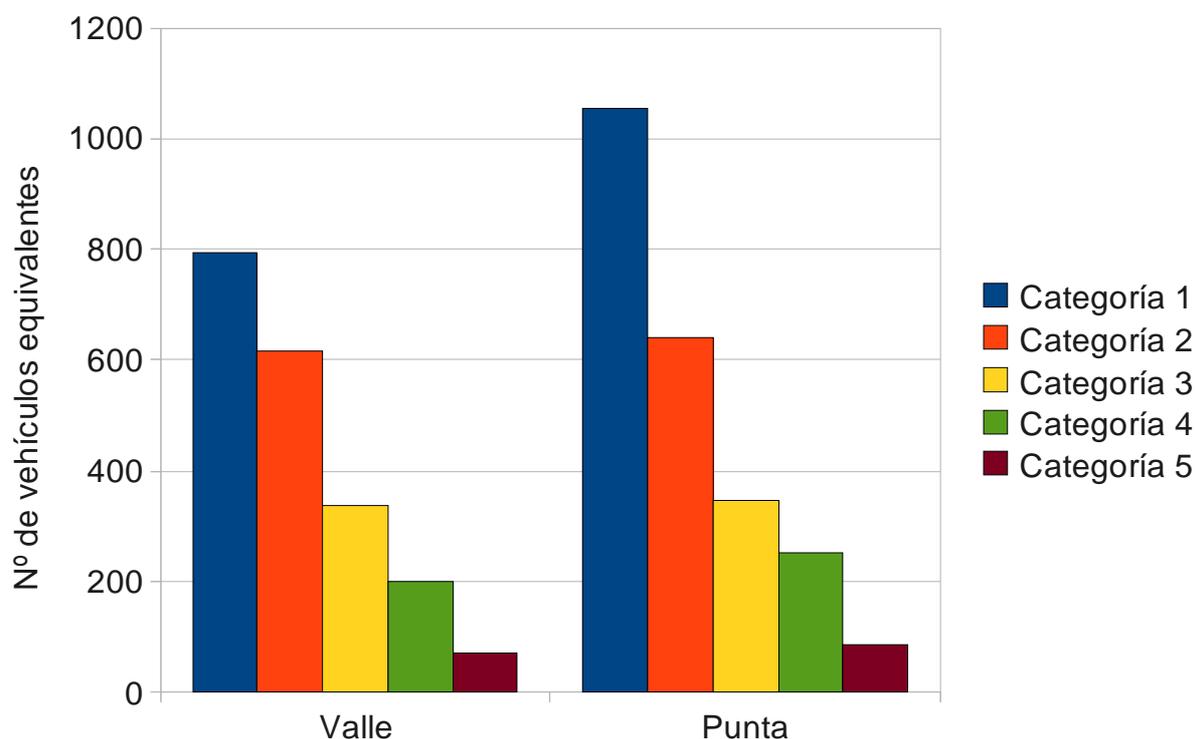


Fig. 2. Valores promedio de flujo vehicular equivalente, en horarios "valle" y "punta".

En los resultados de la figura 2 se puede apreciar que la diferenciación es clara entre las diferentes categorías de vías. Los valores de flujo obtenidos para cada categoría muestran una tendencia claramente diferenciable. Lo anterior permite concluir que la categorización de las vías es adecuada.

### c) Comparación con modelos.

A continuación se realiza un estudio del comportamiento de los diferentes modelos de ruido de tránsito considerados. Para efectos del presente análisis se han considerado los flujos y mediciones en horario

valle (condiciones de flujo vehicular que permiten hacer este análisis), los correspondientes tipos de carpeta (en los casos sin información se ha utilizado hormigón) y reflexiones de primer orden. Dado a la gran cantidad de tránsito vehicular poco fluido, y de acuerdo a la observación en terreno, se ha asignado una velocidad promedio aproximada de 35km/h para las categorías 1 a 4, con excepción del caso de la autopista (Ruta 5) cuyas velocidades son mayores y se cuenta con los datos precisos de velocidad. Para la categoría 5 se ha considerado la máxima velocidad permitida, 60 Km/h.

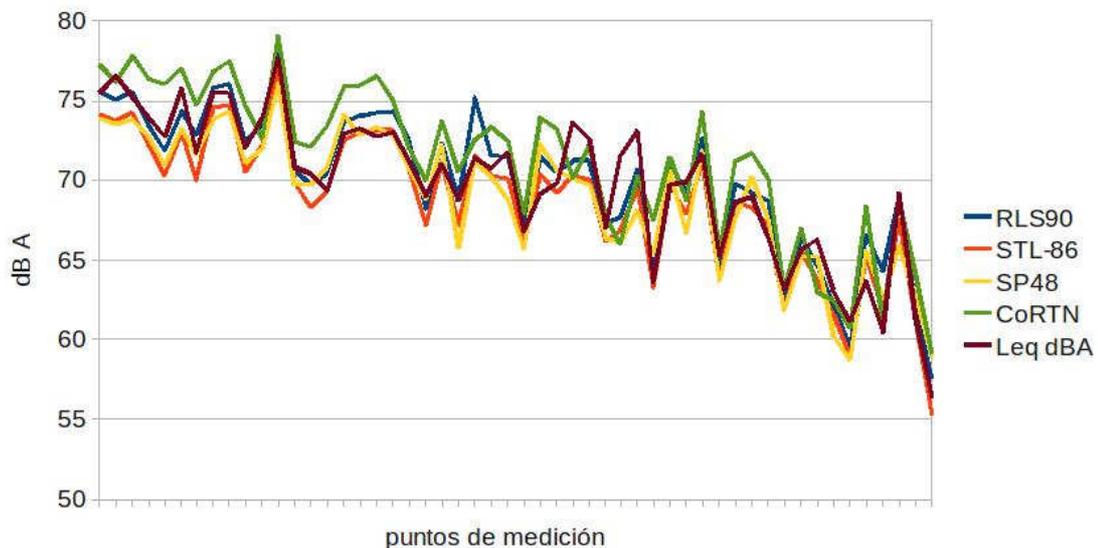
La comparación se realiza a través de un análisis de diferencias con el objetivo de establecer la desviación promedio de la muestra, según la siguiente ecuación. Además, se incluye el porcentaje de valores o puntos de medición que superaron una diferencia entre modelo y medición de 1 dBA, 3 dBA y 5dBA.

$$Diferencia = | L_{medido} - L_{simulado} |$$

Donde:

$L_{medido}$  : Nivel de ruido medido (dBA).

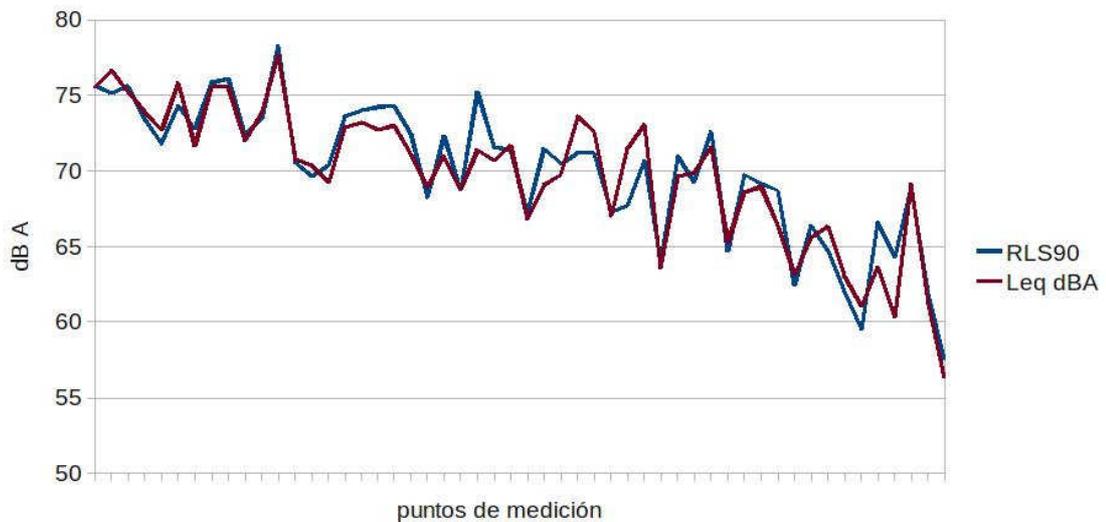
$L_{simulado}$  : Nivel de ruido modelos predictivos (dBA).



**Fig 3.** Curvas de niveles de ruido modelos utilizados versus nivel medido u observado.

En la figura 3 se muestran los niveles de presión sonora equivalente en dBA obtenidos mediante la medición en los diferentes puntos y los valores calculados mediante los diferentes modelos.

En forma general, para los modelos de ruido de tránsito rodado utilizados se puede visualizar que los métodos nórdico SP48 y CoRTN, presentan oscilaciones y diferencias claras con la curva de valores medidos. Mediante el método alemán RLS-90 y el método suizo STL-86 se obtiene en general la curva más cercana a los valores medidos. En la figura 4 se incluye la comparación entre la curva de valores medidos y el método RLS-90.



**Fig. 4.** Curvas de niveles de ruido modelo RLS-90 versus nivel medido u observado

En los siguientes gráficos se puede observar de manera resumida el comportamiento de los diferentes modelos para el caso en estudio. A continuación se muestran las diferencias promedio entre nivel medido y nivel calculado a partir de los diferentes modelos (figura 5).

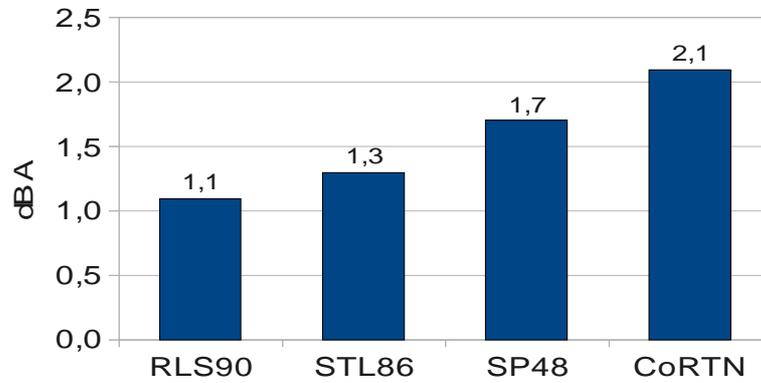


Fig 5. Diferencia promedio en dBA entre valor medido y modelación.

Si siguiendo con el análisis de diferencias se presenta a continuación un gráfico donde se incluye el porcentaje de valores o puntos de medición que superaron una diferencia entre modelo y medición de 1 dBA, 3 dBA y 5 dBA respectivamente.

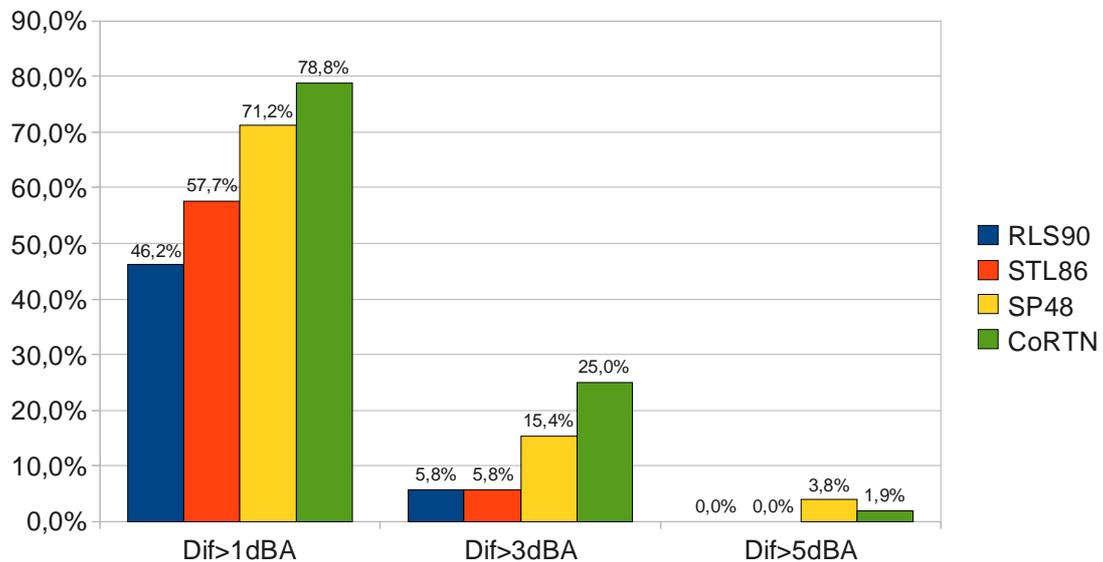


Fig 6. Porcentaje de puntos con diferencia mayor a 1, 3 y 5 dBA, entre valor medido y el valor de modelación.

De la figura anterior se puede apreciar que para el modelo alemán RLS-90 y el modelo suizo STL-86, más del 94% de los puntos presenta una desviación menor o igual a 3 dBA. Es relevante destacar que en el caso del modelo RLS-90 más del 50% de las diferencias entre modelo y medición es inferior a 1 dBA.

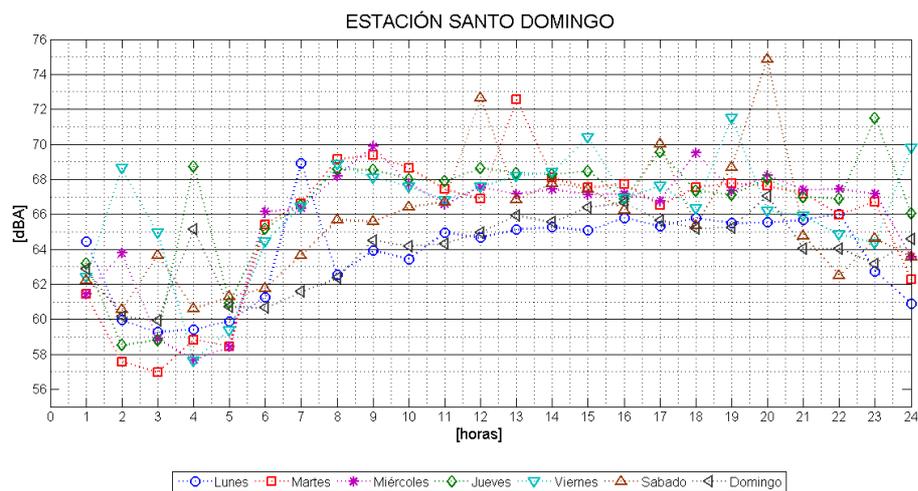
El análisis permite concluir que el modelo más adecuado para la comuna de Santiago, en acuerdo a las características del entorno y de medición es el modelo alemán RLS-90 concordando con el utilizado en el proyecto piloto que contemplaba las comunas de Providencia y Antofagasta [19]. Con estos estudios de datos, si bien no es posible concluir cuál es el mejor modelo de predicción de ruido de tránsito para Chile, si es posible indicar que el modelo alemán RLS-90 ha dado los mejores resultados en los casos estudiados. Para otros trabajos, otros modelos (como los otros aquí utilizados) pueden ser empleados, con la cautela de comprobar con mediciones la calidad de los datos calculados. Es de interés realizar un análisis más en detalle donde se estudien los modelos en otras situaciones de tránsito vehicular, que incluyan la realidad de otras zonas urbanas (pendientes, alto flujo de camiones, bajo flujo vehicular, etc). Esto permitirá conocer la validez de los cálculos en “condiciones tipo” de las vías del país. Sólo con un análisis de estas características sería posible concluir cuál es el modelo de predicción que se ajusta mejor a nuestra realidad nacional.

#### d) Estaciones fijas de monitoreo.

A continuación se realiza el análisis de las dos estaciones fijas utilizadas en la campaña de mediciones.

##### i. Estación Fija Santo Domingo

Una estación fija de monitoreo se ubicó en la calle Santo Domingo durante la semana del 25 de octubre hasta el 01 de noviembre de 2010, en dependencias de la I. Municipalidad de Santiago, St. Domingo N°961 (figuras 11 y 12). La implementación de esta estación se consideró con tal de analizar el comportamiento de la categoría 3 para horario valle (09:00 a 18:00 hrs.) y horario punta (07:00 a 09:00 hrs. y 18:00 a 20:00 hrs.) dentro de la semana de estudio.



**Fig. 7.** Análisis de lectura estación Santo Domingo para la semana de monitoreo continuo.

Para una mejor visualización del comportamiento semanal en cuanto a similitudes observadas en la figura 6 se realizó un promedio energético entre los días martes - miércoles - jueves (Fig. 8), viernes - sábado (Fig. 9), y domingo - lunes (Fig. 10). Esta curva promedio permite distinguir el comportamiento semanal de la estación.

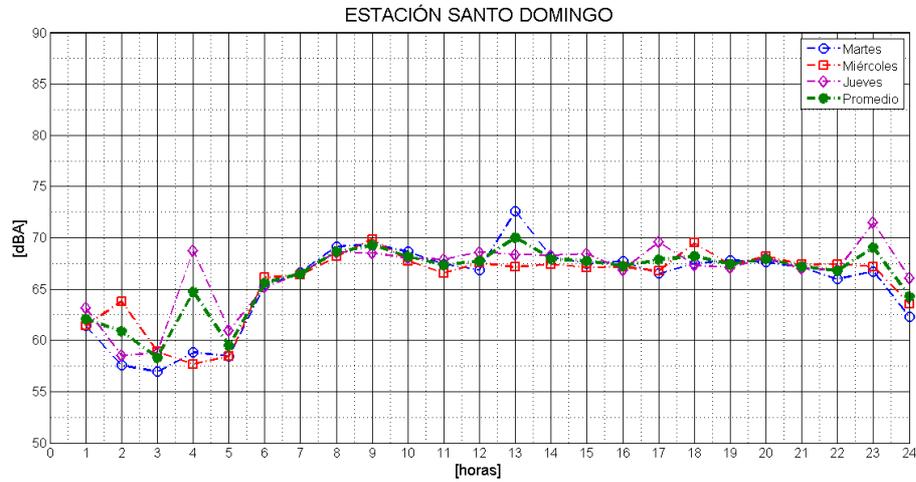


Fig. 8. Análisis de lectura estación Santo Domingo para martes - jueves.

En la figura 8, se observa una disminución del nivel nocturno con respecto al diurno en un rango de 15 dBA como máximo. Así también, el nivel sonoro de la calle no supera los 70 dBA durante el día, indicándose como horario máximo el correspondiente a las 13:00 hrs.

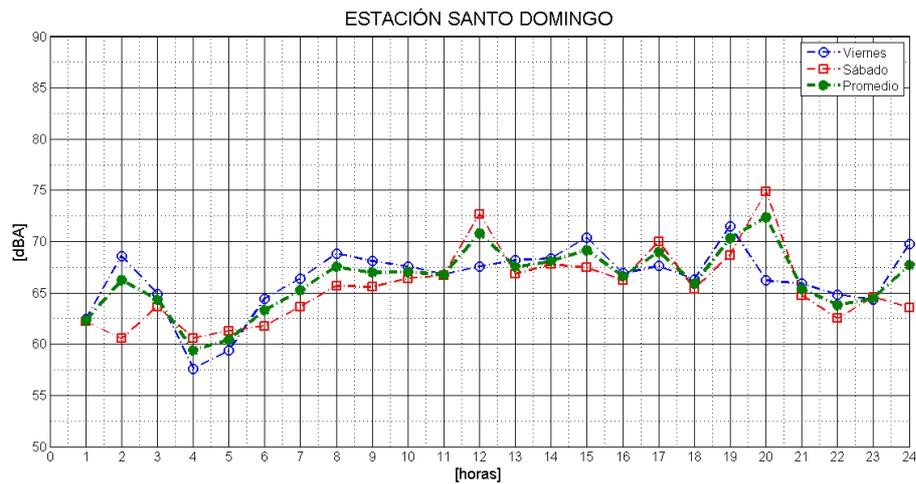
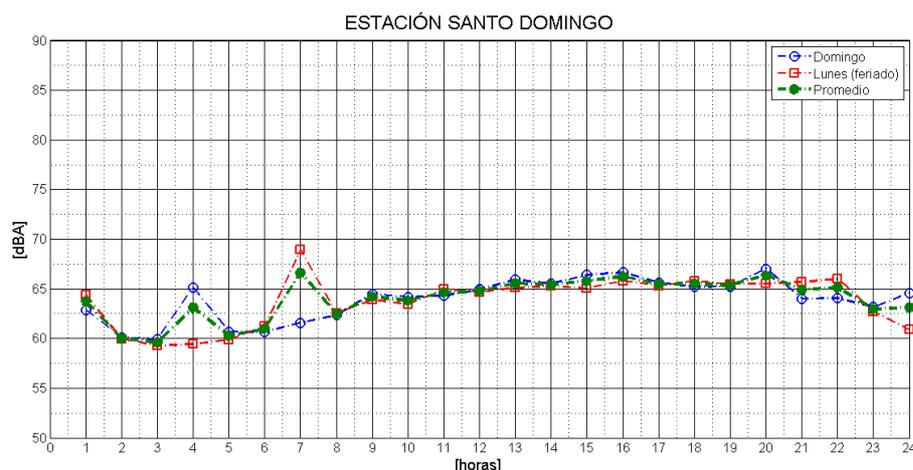


Fig. 9. Análisis de lectura estación Santo Domingo para viernes – sábado.

En el caso de viernes – sábado (figura 9), se observa que el nivel nocturno disminuye en cuanto al diurno en un rango de 12.5 dBA como máximo. Por otro lado, los mayores niveles se indican para los horarios de las 12:00 hrs (71 dBA) y el intervalo entre 18:00 y 20:00 hrs (72.5 dBA), horario punta.



**Fig. 10.** Análisis de lectura estación Santo Domingo para domingo – lunes (día feriado).

Para domingo – lunes (día feriado) se observa claramente las similitudes entre las curvas de comportamiento diario a partir de las 8:00 hrs y hasta las 24:00 hrs (figura 10), lo que se explica considerando que el día lunes en análisis corresponde al feriado del 1 de noviembre. De esta forma se ha obtenido adicionalmente el comportamiento para “día feriado” de la categoría 3. El nivel diurno supera al nivel nocturno en un rango de 6 dBA, identificándose como el comportamiento más estable dentro de la semana.

En cuanto a la localización de la estación, el micrófono se ubicó a una altura de 10 m sobre la calzada en un balcón correspondiente a dependencias de la Ilustre Municipalidad de Santiago lo que se observa en las Figuras 11 y 12.



**Fig. 11.** Estación Santo Domingo – ubicación del micrófono hacia la calle.



**Fig. 12.** Estación Santo Domingo – ubicación del micrófono desde la calle.

## ii. Estación Fija Cueto

En la figura siguiente se observa el comportamiento de la estación de monitoreo instalada en Consultorio Domeyko de calle Cueto N° 543 (figuras 15 y 16), desde el miércoles 3 de noviembre al miércoles 10 de noviembre de 2010. La implementación de esta estación se consideró con tal de analizar el comportamiento de la categoría 5 para los horarios valle (09:00 a 18:00 hrs) y punta (07:00 a 09:00 hrs, y 18:00 a 20:00 hrs) dentro de la semana de estudio.

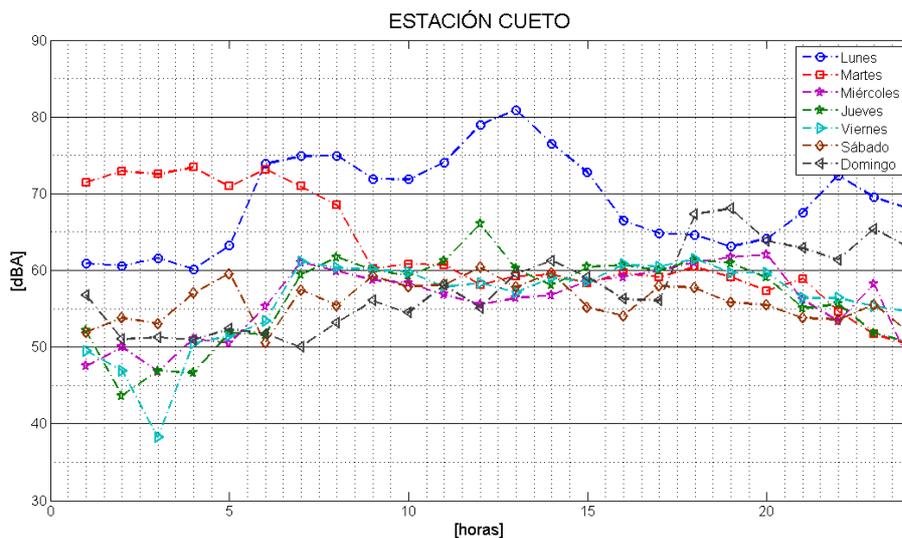
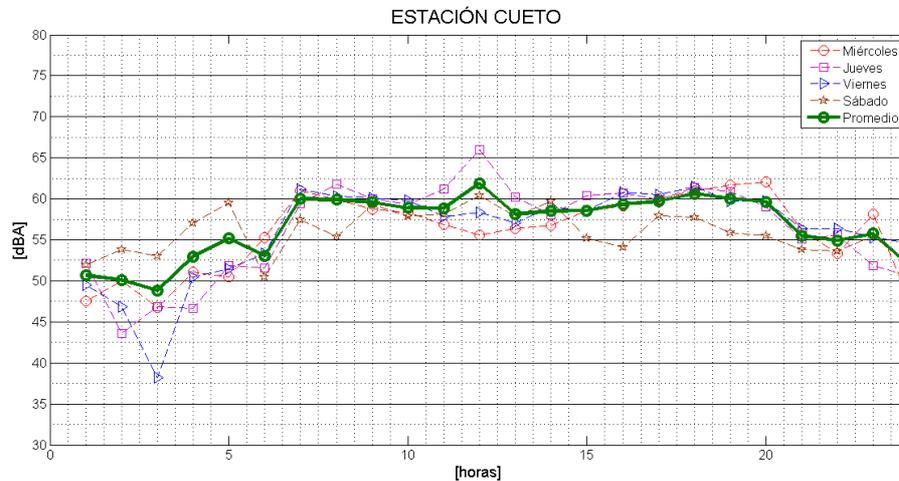


Fig. 13. Análisis de lectura estación Cueto para la semana de monitoreo continuo.

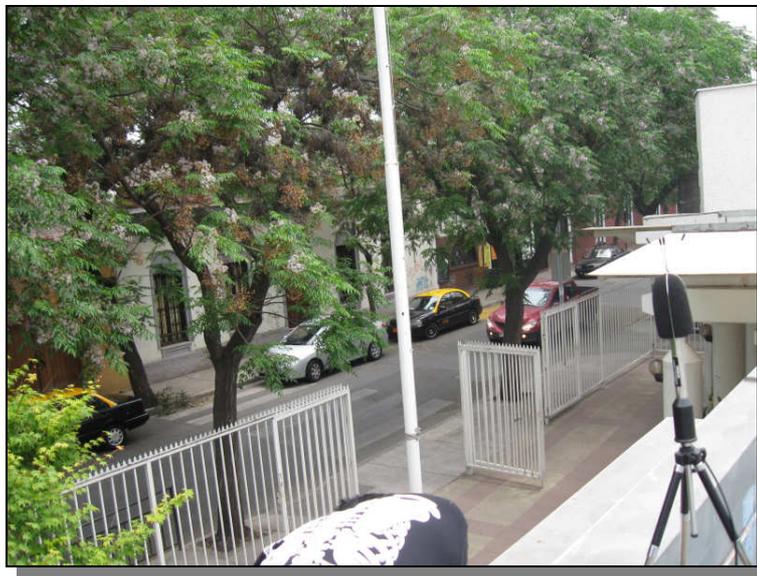
De la figura anterior resulta singular la lectura desde las 16:00 hrs del día domingo hasta las 9:00 hrs. del día martes. En este periodo se registró una lluvia intensa sobre la ciudad de Santiago, y evidentemente existe ruido ajeno al tránsito vehicular característico del lugar, que es lo que se requiere registrar. Estos datos no se han considerado para la caracterización semanal de la categoría 5. Para una mejor visualización del comportamiento semanal en cuanto a similitudes observadas se realizó un promedio energético entre los días miércoles - jueves - viernes y sábado (Fig. 14). Esta curva promedio permite concluir en cuanto al comportamiento semanal de la estación.



**Fig. 14.** Análisis de lectura estación Santo Domingo para martes - jueves.

Con respecto a la Figura 14, se observa una disminución del nivel nocturno con respecto al diurno en un rango de 13 dBA. Así también, el nivel sonoro de la calle no supera los 63 dBA durante el día, indicándose como horario máximo el correspondiente a las 12:00 hrs. Durante el día se observa un comportamiento estable en torno a los 60 dBA, situación que disminuye a partir de las 20:00 hrs, por lo que no existe una diferencia tan marcada entre horarios punta y valle.

En cuanto a la localización de la estación, el micrófono se ubicó a una altura de 6 m desde el suelo, sobre el techo del Centro de Salud Familiar Ignacio Domeyko lo que se observa en las Figuras 15 y 16.



**Fig. 15.** Estación Cueto – ubicación del micrófono hacia la calle.



**Fig. 16.** Estación Cueto – dependencias de la Ilustre Municipalidad de Santiago.

### 3.1.3. Mapas de Ruido

A continuación se presenta en la figura 17 la zona a modelar, y los puntos de medición utilizados para el proceso de calibración de la modelación. El mapa se encuentra en el Anexo II para una mejor consulta.



**Fig. 17.** Zona de modelación y puntos de medición.

### **Asignación de flujos y velocidades**

De acuerdo los flujos de las vías estudiadas, y los resultados obtenidos en la comparación con los diferentes modelos, se consideró apropiado asignar 35 Km/h para las 4 primeras categorías (categorías 1 a 4), y para la categoría 5 se consideró la velocidad máxima permitida (60Km/h). Para la Autopista (Ruta5) se consideraron los datos entregados oportunamente por la Contraparte Técnica.

Los flujos se asignaron según los valores obtenidos en los conteos. En el caso de las vías para las cuales no se realizaron conteos, se asignó el valor promedio de los flujos obtenidos mediante los conteos de la correspondiente categoría. Para los casos en que solo había conteos en horario valle se consideró como horario punta el valor promedio de la categoría para ese horario. En caso en que el promedio de la categoría fuera inferior al conteo valle, se consideró como punta el mismo valor.

El porcentaje de flujo nocturno fue considerado en un 15% del diurno, según antecedentes recopilados durante el proyecto y en acuerdo con la Contraparte Técnica. Este valor se basa en los conteos de la Autopista Central en el mes de agosto, y es un valor representativo para esta comuna, en particular por los datos observados en terreno. Se realizó un ordenamiento de la información disponible por la Contraparte Técnica, para luego estimar flujos por hora y porcentajes de vehículos pesados para un periodo de 31 días. Posteriormente se realizaron los promedios por horario (entre 7:00 y 23:00 para día, y el resto para noche).

En las siguientes figuras se presentan ejemplos de los mapas de ruido generados, por zonas más detalladas.



**Fig. 18.** Mapa de Niveles Sonoros, sector nor-poniente, Ldia.



Fig. 19. Mapa de Niveles Sonoros, sector nor-poniente, Lnoche.

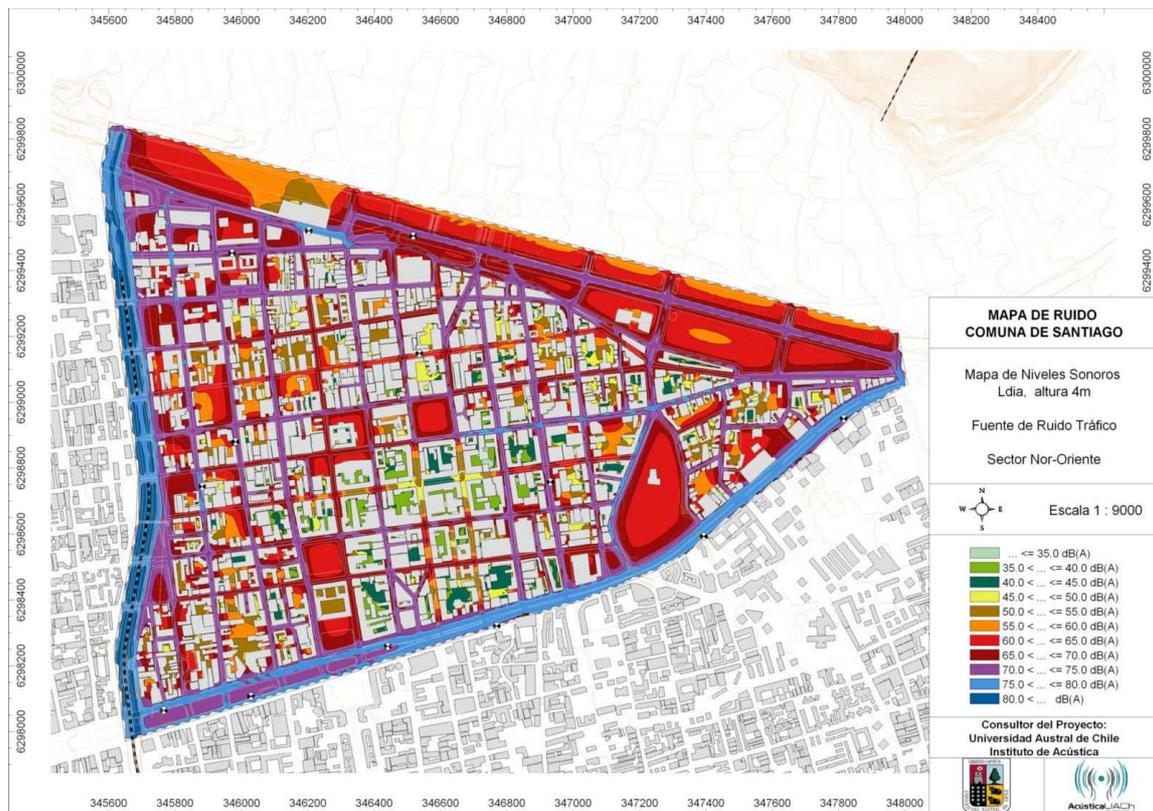


Fig. 20. Mapa de Niveles Sonoros, sector nor-oriental, Ldía.

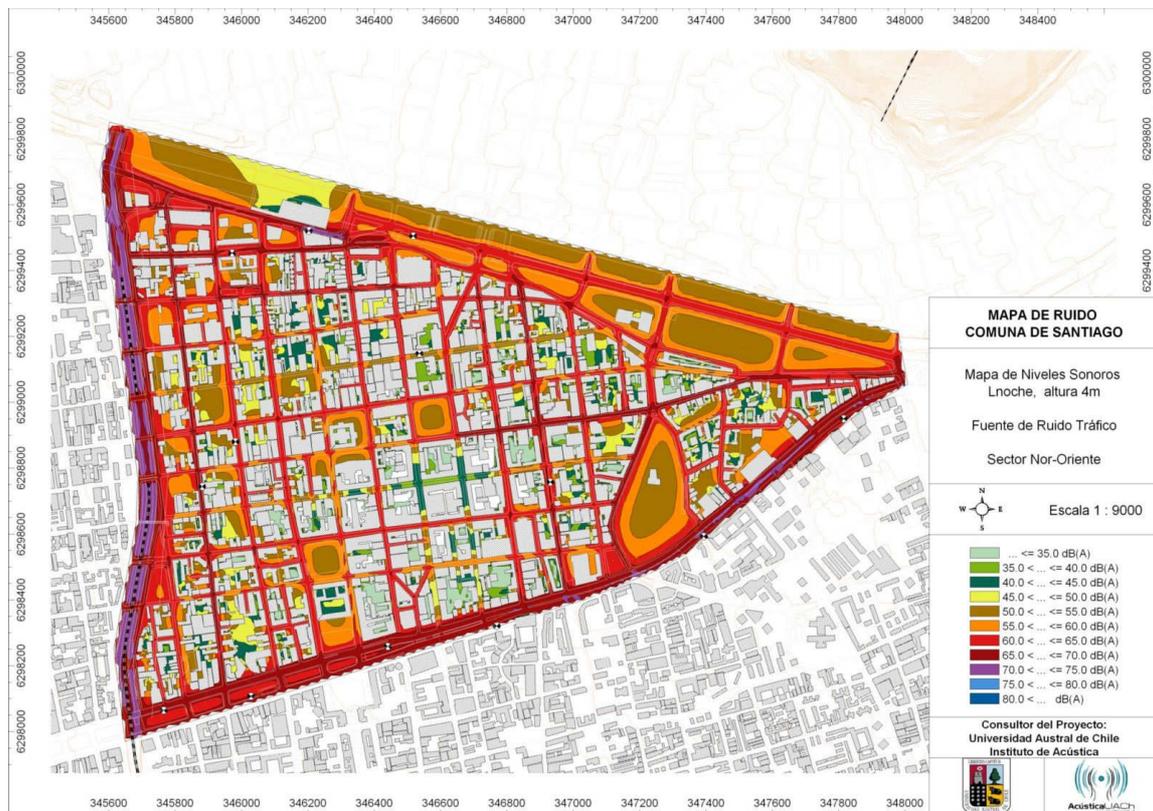


Fig. 21. Mapa de Niveles Sonoros, sector nor-oriente, Lnoche.

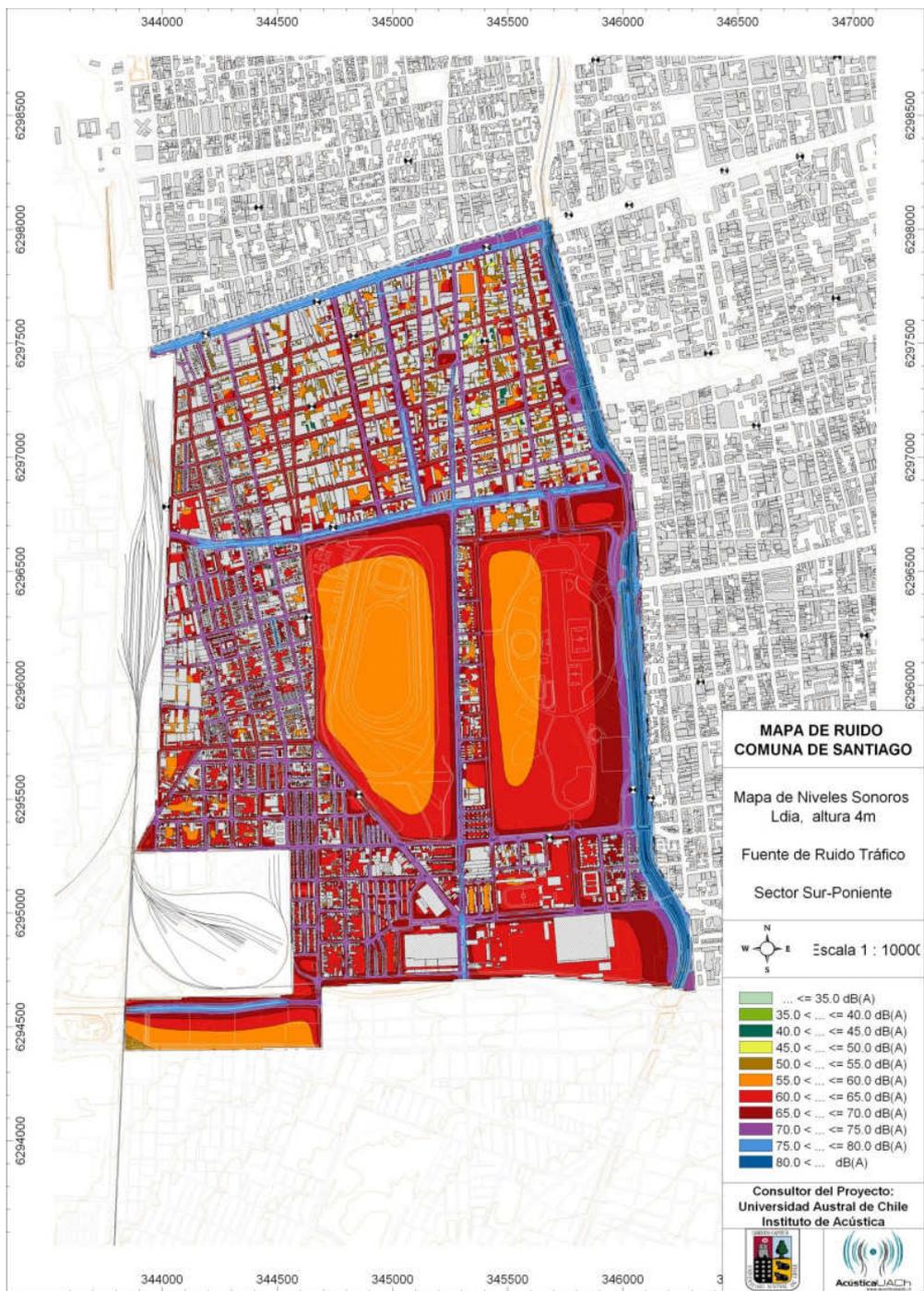


Fig. 22. Mapa de Niveles Sonoros, sector sur-poniente, Ldia.

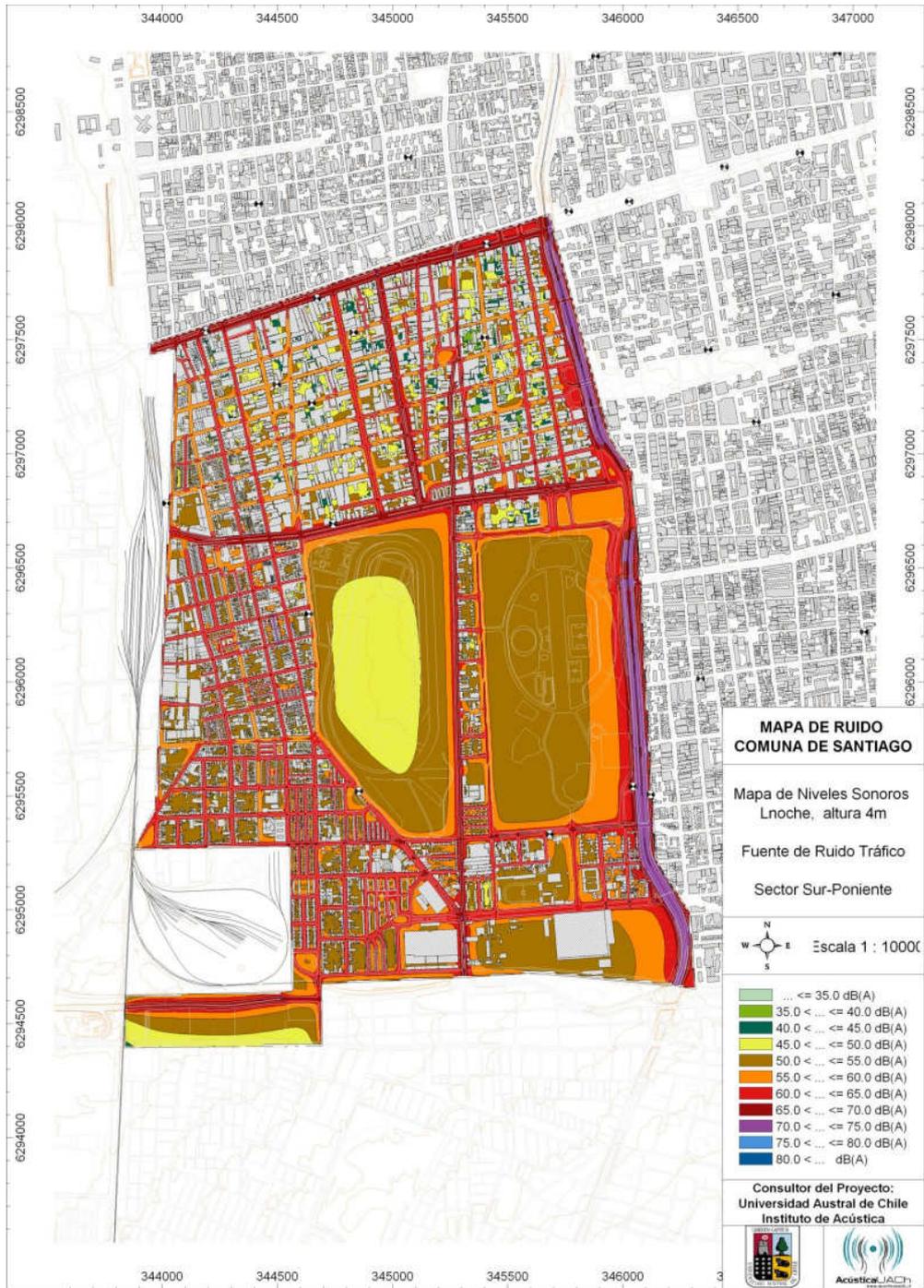


Fig. 23. Mapa de Niveles Sonoros, sector sur-poniente, Lnoche.

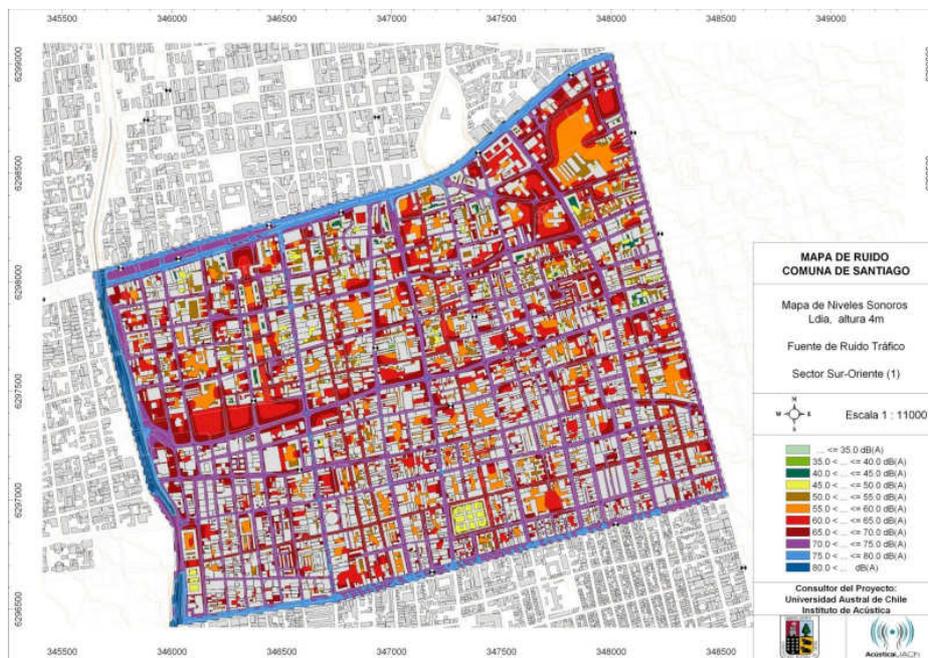


Fig. 24. Mapa de Niveles Sonoros, sector sur-oriente 1, Ldia.

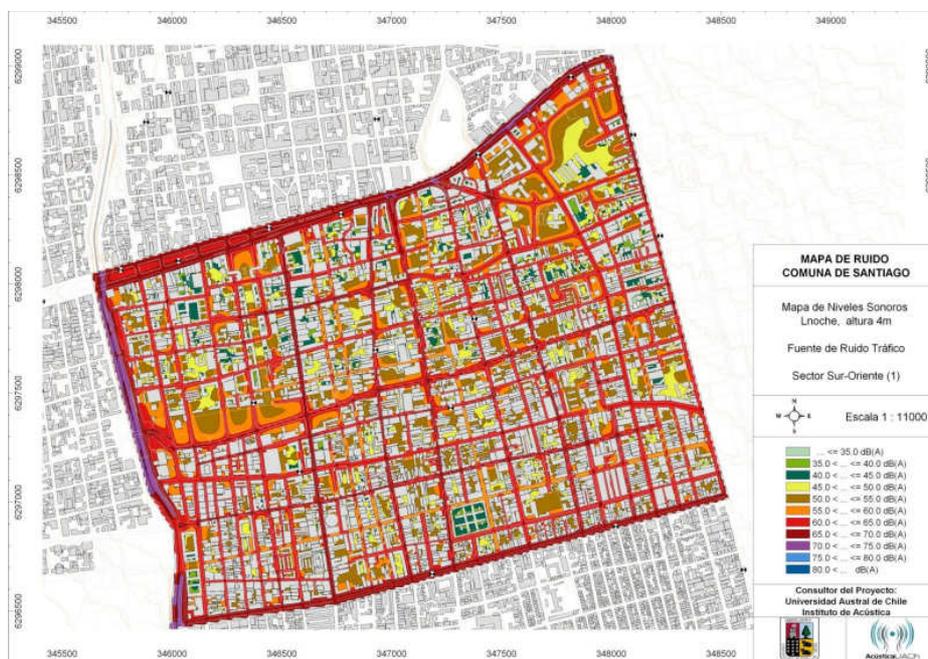
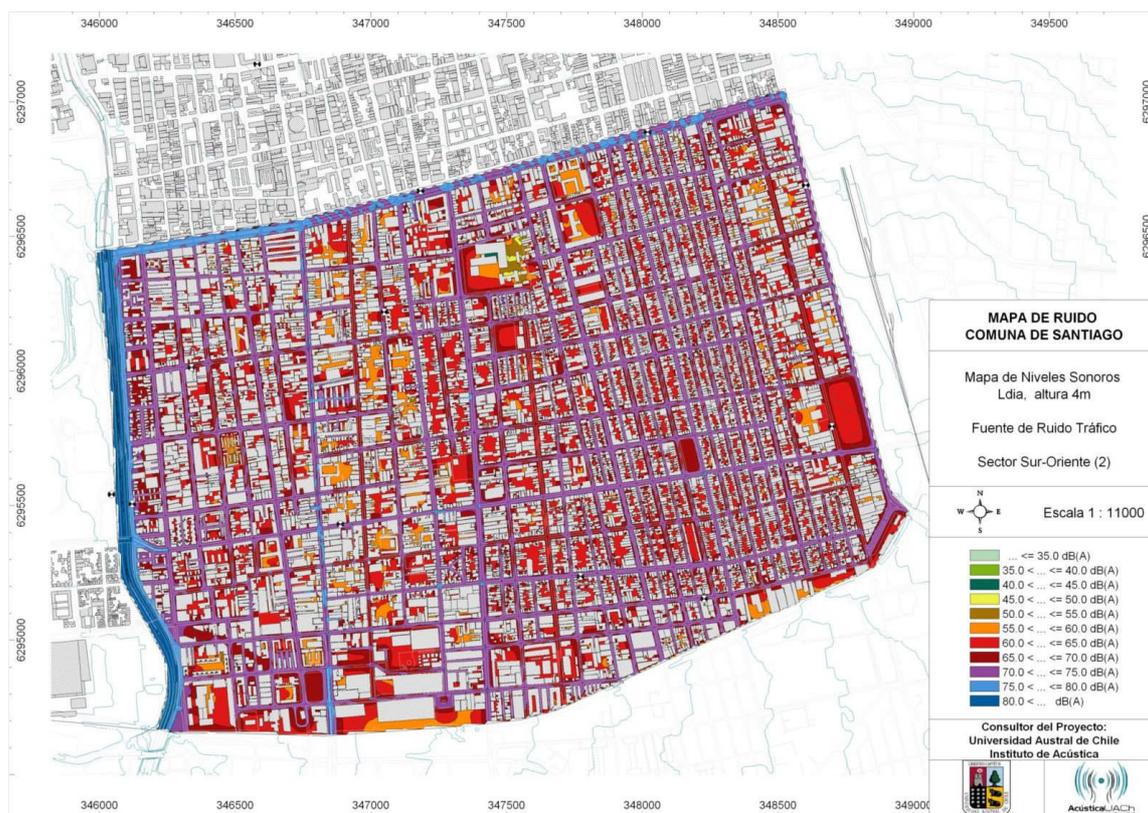
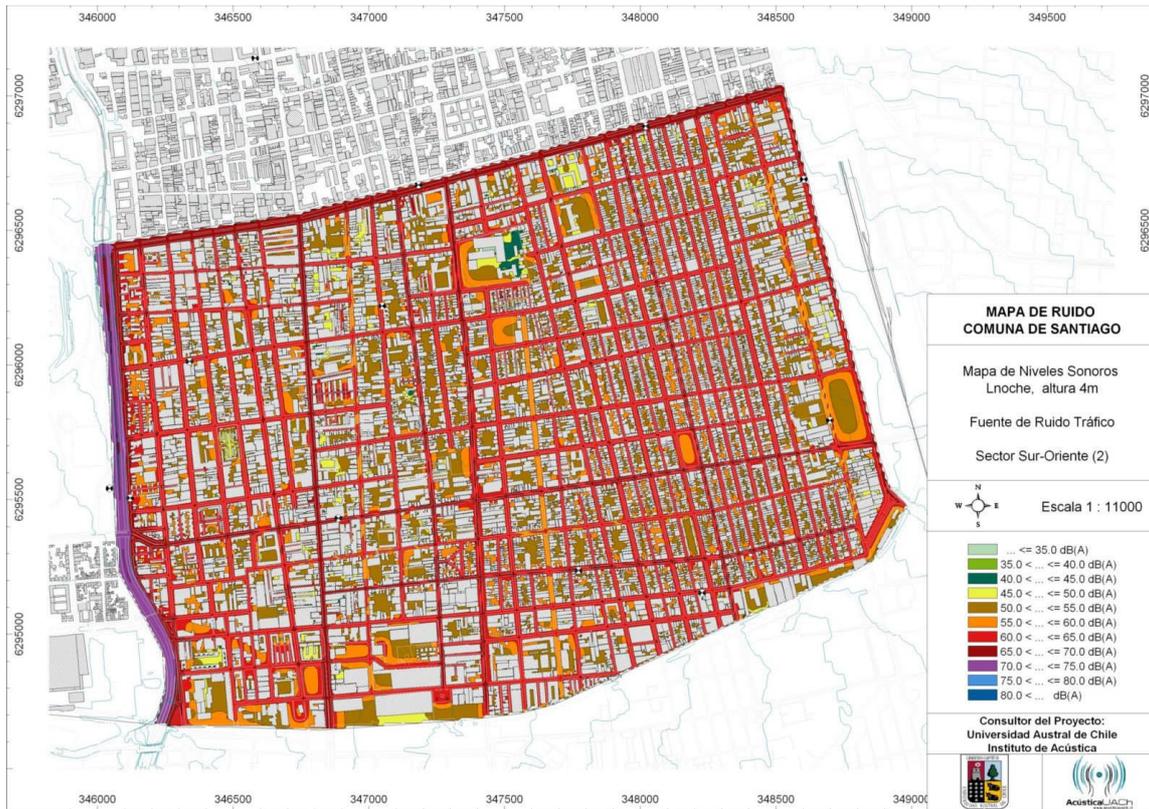


Fig. 25. Mapa de Niveles Sonoros, sector sur-oriente 1, Lnoche.



**Fig. 26.** Mapa de Niveles Sonoros, sector sur-oriente 2, Ldia.



**Fig. 27.** Mapa de Niveles Sonoros, sector sur-oriente 2, Lnoche.

Los mapas en detalle se pueden consultar en el Anexo I Mapas de Ruido de la Comuna de Santiago, en el CD adjunto a este informe.

### 3.2. Determinación de la percepción del ruido por parte de la comunidad

*Determinar la percepción de la comunidad frente al ruido, a partir de la aplicación de la encuesta elaborada en la Fase I del Estudio Piloto, y analizar los resultados de su aplicación.*

Para determinar la percepción del ruido por parte de la comunidad se utilizó un cuestionario basado en la encuesta elaborada en la Fase I [1] a la que se le han hecho modificaciones según las necesidades de esta etapa. El cuestionario utilizado se adjunta a este documento, en el Anexo III, en CD adjunto.

Entre las modificaciones más relevantes del cuestionario se pueden mencionar: mejora en el formato de presentación de las preguntas, reduciendo de 6 páginas a 3 páginas y la incorporación de 3 preguntas orientadas a recoger datos relevantes para el análisis de correlación. Además, a raíz de la aplicación de la encuesta piloto, se agregó una alternativa no contemplada en la pregunta sobre materialidad de la vivienda.

#### 3.2.1. Metodología de diseño muestral.

Como se estableció en el plan de trabajo la población objetivo de estudio corresponde a las personas mayores de 18 años que declaren residencia por lo menos de 2 años en el lugar en el que serán encuestados. Se dará cobertura a nivel comunal con posibles niveles de estimación conformados por barrios lo que corresponden a los distritos censales considerados en el Censo 2002, con ello se da cumplimiento a la componente espacial requerida.

Se realizó un muestreo probabilístico bietápico en el que la primera unidad de muestreo son secciones<sup>1</sup>, posteriormente dentro de cada sección se seleccionan las unidades de segunda etapa, correspondiente a viviendas. Se utilizó como marco de muestreo<sup>2</sup> la base geo-referenciada del Censo 2002, comprada al Instituto Nacional de Estadística.

---

<sup>1</sup>Sección: área geográfica o conglomerado estable en el tiempo, de fácil identificación en terreno y dado el número de viviendas que contienen se consideran homogéneas y compactas (manzanas).

<sup>2</sup>El marco de muestreo corresponde a la lista exhaustiva organizada en forma de bases de datos que contienen todos y cada uno de los elementos de una población de interés, que participan en distintas fases de selección de la muestra. En Chile, se usa el correspondiente al CENSO 2002, este marco es utilizado en distintas encuestas realizadas por el INE, tales como Encuesta Nacional de Empleo, Encuesta Nacional de Percepción de Calidad de Vida Urbana, etc.

### a) Tamaño Muestral

El tamaño muestral se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$m_{hi} = \frac{Z^2 \times S_{hi}^2}{e_{hi}^2} \times Deff_{hi} \quad (3.1)$$

$m_{hi}$  : Corresponde al número de viviendas en el barrio  $h$  y sección  $i$ .

$Z^2$  : Corresponde al percentil de la distribución Normal asociado a un intervalo de confianza bilateral del 95% (1,96).

$S_{hi}^2$  : Es la varianza estimada para la variable de interés en el barrio y sección  $i$ .

$e_{hi}^2$  : Es el error absoluto teórico para el barrio  $h$  y sección  $i$ .

$Deff_{hi}$  : Es el factor de ajuste, denominado efecto del diseño, para  $h$  e  $i$ .

Se estima un tamaño muestral de 519 viviendas para la comuna en estudio. La estimación de tamaño fue realizada con un 95% de confianza, con un error absoluto del 4,23% a nivel comunal, con un  $\rho=0,50$  [22].

### b) Selección de secciones (Manzanas)

La selección de las secciones de la muestra se basó en la información contenida en el Censo del año 2002 la que se resume a continuación:

- Número de barrios (Distritos Censales) = 29
- Número de total de secciones (Manzanas) = 1.363
- Número total de viviendas = 77.514
- Promedio de secciones por barrio = 47
- Promedio de viviendas por sección = 57

La selección de las manzanas se realizó siguiendo lo propuesto por Kish (1972), que considera tanto la fracción de muestreo ( $f=0,00675$ ), como el diseño de submuestreo y el promedio de viviendas por manzana. En este estudio se tienen 77.514 viviendas, distribuidas en 1.363 manzanas con un promedio de 57 viviendas por manzana, además, si se toma el criterio de representatividad espacial, da como resultado, seleccionar 54 manzanas ( $f_m=0,0405$ ) donde se encuestará a 10 viviendas por manzana ( $f_v=0,167$ ).

Por otro lado, se establecen los siguientes criterios para la selección de las manzanas:

- Se estratificó cada barrio de acuerdo al número de manzanas que lo componen.
- Dentro de barrio se utilizó el muestreo sistemático.
- Sólo se consideraron en la selección aquellas manzanas que tuvieran al menos 10 viviendas.

#### c) Contacto de los entrevistados y recolección de datos

Para la aplicación de la encuesta, se contó con un grupo de encuestadores universitarios, cuya identificación se encuentra en el Anexo IV Análisis de frecuencias y otros datos de la encuesta aplicada en la comuna de Santiago (en CD adjunto). Ellos fueron capacitados en el contacto con el entrevistado, la administración de cuestionario y el registro de datos. La entrevista fue de carácter semipresencial, donde el encuestador le deja el cuestionario al encuestado para que conteste y se acuerde horario para pasarla a buscar.

#### d) Medidas de control

Durante la fase de terreno se contó con un sistema regular de supervisión a cargo del profesional especialista Dra. Andrea Báez, respecto de las técnicas de entrevista, del cumplimiento de los procedimientos y del llenado de la encuesta. Este procedimiento tiene como objetivo anexo la resolución de cualquier contratiempo propio de esta actividad.

Además, se consideraron los siguientes mecanismos de control de calidad:

- **Estudio Piloto.** Se realizó la aplicación de encuesta piloto que considera a lo menos una vivienda por manzana. Esto cumple doble objetivo, por una parte validar la encuesta en sí y por otro realizar el catastro por manzana para afinar el trabajo de campo con la encuesta general. Por su parte esto permite evaluar todas las etapas del estudio, tales como: ubicación espacial con material cartográfico, contacto con las personas, aplicación de instrumentos, registro de los datos, gestión de la encuesta y resultados de las entrevistas.
- **Reposición.** Atendiendo a la dinámica territorial en la configuración de las viviendas, se contempló la reposición por selección aleatoria dentro de la manzana de aquellas viviendas no disponibles o dentro de las cuales se produzca un rechazo a la encuesta.
- **Numero efectivo de encuestas entregadas:** Para la aplicación de la encuesta se consideró la repartición de un número mayor de encuestas que las correspondientes al tamaño muestral en un 20%, esto con la finalidad de asegurar el retorno deseado como muestra.

### 3.2.2. Encuesta Piloto y empadronamiento inicial

El estudio piloto contempló la elección de al menos una vivienda por manzana seleccionada y se llevó a cabo durante los días 15, 16 y 17 de octubre. Como resultado de este estudio se determinó la inclusión de la categoría “adobe” en la pregunta 21. Como se ha dicho, en forma paralela, se realizó el empadronamiento de las 54 manzanas previamente seleccionadas con el fin de evitar problemas de composición de las mismas durante la aplicación de la encuesta general. Resultado de este proceso es el reemplazo de las manzanas inviables (9 manzanas en color azul en la siguiente figura) por otras pertenecientes al mismo barrio que la original de modo de no alterar la metodología de estratificación por barrios empleada en la selección de las manzanas, esto puede verse en la Figura 28. Las manzanas seleccionadas finales se presentan en color rojo.

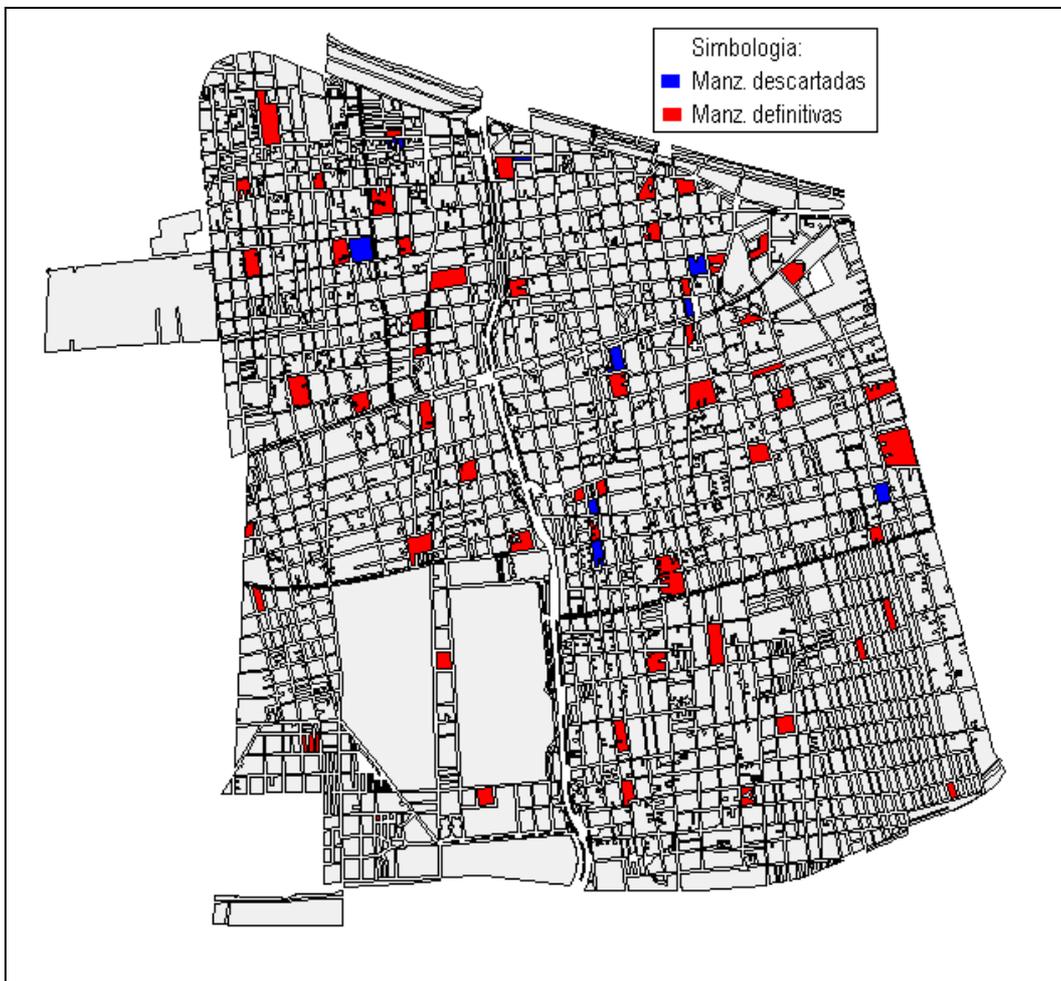


Fig. 28. Manzanas definitivas seleccionadas comuna de Santiago.

### 3.2.3. Agrupación de los barrios en macrozonas.

Se agruparon los distintos barrios de la comuna en cinco “macrozonas”, con el objetivo de realizar análisis descriptivo, cruces mediante tablas de contingencia y determinar por ejemplo si existen diferencias en la percepción de ruido ambiental según macrozona. La Figura 29 y Tabla 7 presenta la conformación de cada una de ellas en función de los barrios de la comuna de Santiago.

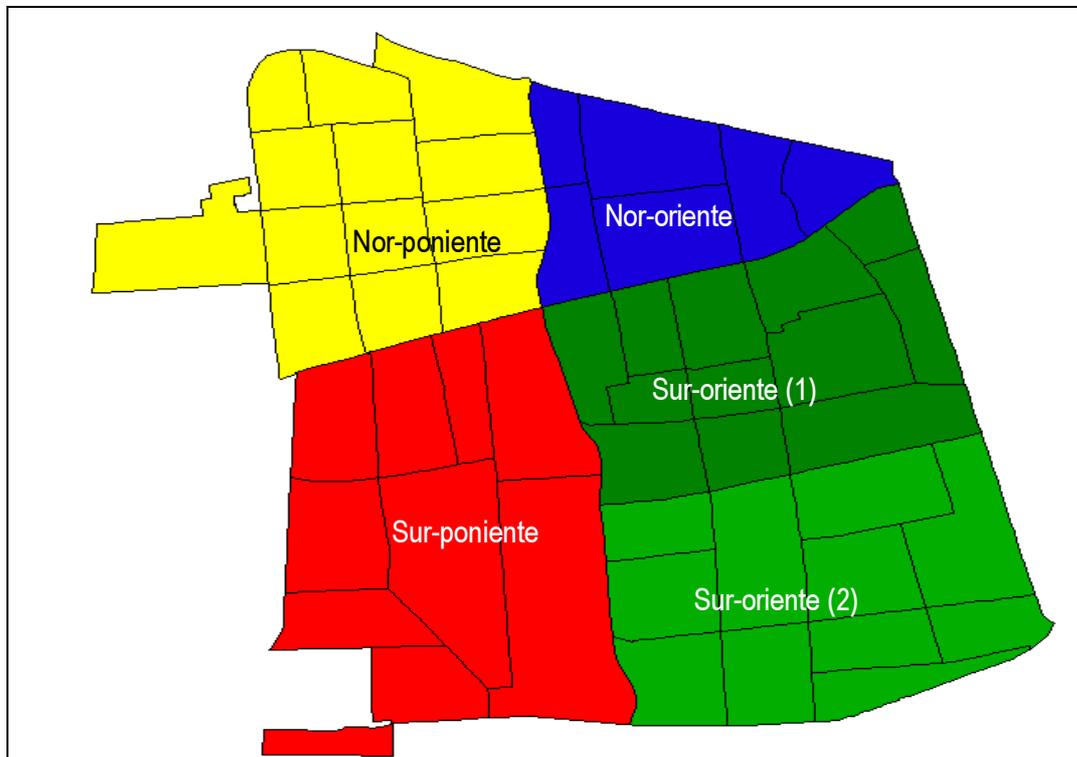
De acuerdo la información sobre la subdivisión de la comuna en barrios entregada por la I. Municipalidad de Santiago y de acuerdo a lo apreciado en terreno se pudo agrupar dichos barrios en las siguientes macrozonas:

- **Sector Nor-oriente**, corresponde a los barrios Centro Histórico y Santa Lucía-Forestal. Programáticamente corresponde a una zona donde prevalecen las actividades de servicios y queda delimitado naturalmente por: Río Mapocho por el norte, al poniente por la Autopista Central (Av. Presidente Jorge Alessandri Rodríguez Norte), al sur por la Alameda Libertador Bernardo O'Higgins R. y al oriente en el nudo de Plaza Baquedano.
- **Sector Nor-poniente**, comprende a los barrios Balmaceda, Yungay, Brasil y Concha y Toro, principalmente se trata de barrios de destino habitacional a pesar de que algunos sectores se concentran actividades educacionales y de esparcimiento (pubs y lugares de diversión nocturna). Este sector queda delimitado naturalmente por la Alameda Libertador Bernardo O'Higgins por el sur, Autopista Central por el oriente, río Mapocho por el norte y Matucana por el poniente, además se incluye la Quinta Normal.
- **Sector Sur-poniente**, corresponde a los barrios Pedro Montt, San Vicente, Parque Club, Estación, República y Ejército. Este sector es el más heterogéneo de los sectores estudiados en cuanto a su programa y constitución urbana, es así como tenemos por ejemplo, la presencia de grandes extensiones de áreas verdes como el Parque O'Higgins y el Club Hípico o sectores habitacionales consolidados como en los barrios San Vicente, Ejército o Estación. Además consta de implementación urbana de importancia como el barrio universitario (República) o el Centro de Justicia y la Ex-Penitenciería de Santiago (Pedro Montt). El límite natural de este sector es la Alameda Libertador Bernardo O'Higgins por el norte, Exposición por el poniente el Sanjón de la Aguada por el Sur y la Autopista Central por el oriente.
- **Sector Sur-oriente**, este es el sector más extenso de los 4 sectores de la comuna y queda delimitado por la Alameda por el norte, la Autopista Central por el poniente, el límite con las comunas de San Miguel y San Joaquín por el sur y Av. Vicuña Mackenna por el oriente. Durante el proceso de estudio se detectó una clara diferencia entre el extremo norte y el extremo sur, dicha diferencia está dada básicamente por el grado de renovación urbana experimentada en ambos casos

constituyéndose la vía Av. Matta como el límite entre éstos. De acuerdo lo anterior se establecen los siguientes sectores:

- Sector Sur-oriente (1): al que pertenecen los barrios Almagro, Lira y San Francisco.
- Sector Sur-oriente (2): al que pertenecen los barrios Parque O'Higgins, Bogotá, Huemul, Franklin y Sierra Bella.

Es conveniente indicar que en la agrupación de macrozonas se tomó en cuenta la clasificación de los barrios otorgada por el INE cuya descripción está en la Tabla 7.



**Fig. 29.** Macrozonas de la comuna de Santiago.

**Tabla 7.** Distribución de macrozonas según barrio de la comuna de Santiago.

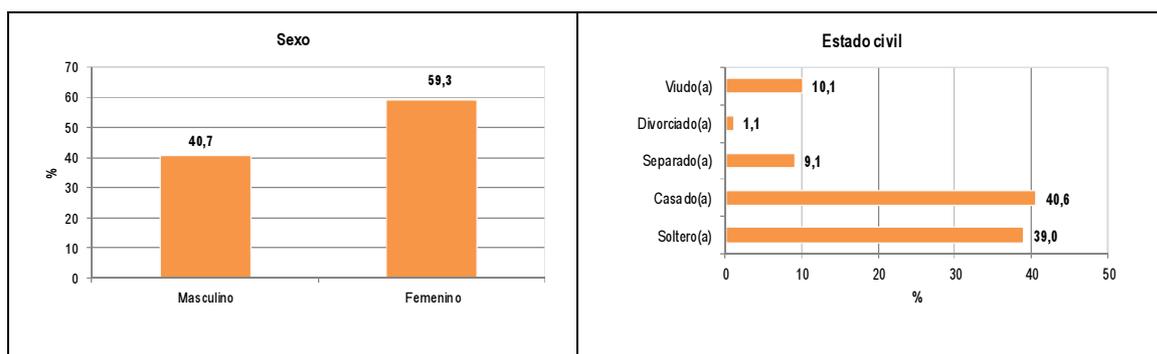
Zona nor-oriente	Zona nor-poniente	Zona sur-oriente (1)	Zona sur-oriente (2)	Zona sur-poniente
Huelén Moneda Amunátegui	Brasil Chacabuco Portales Matucana San Saturnino Mapocho	Vicuña Mackenna San Isidro Universidad Almagro Porvenir San Diego	Santa Elena Carmen Victoria Valparaíso Franklin Matadero	Parque O'Higgins Club Hípico San Eugenio Exposición San Alfonso Avenida España Ejército

### 3.2.4. Análisis descriptivo de la encuesta.

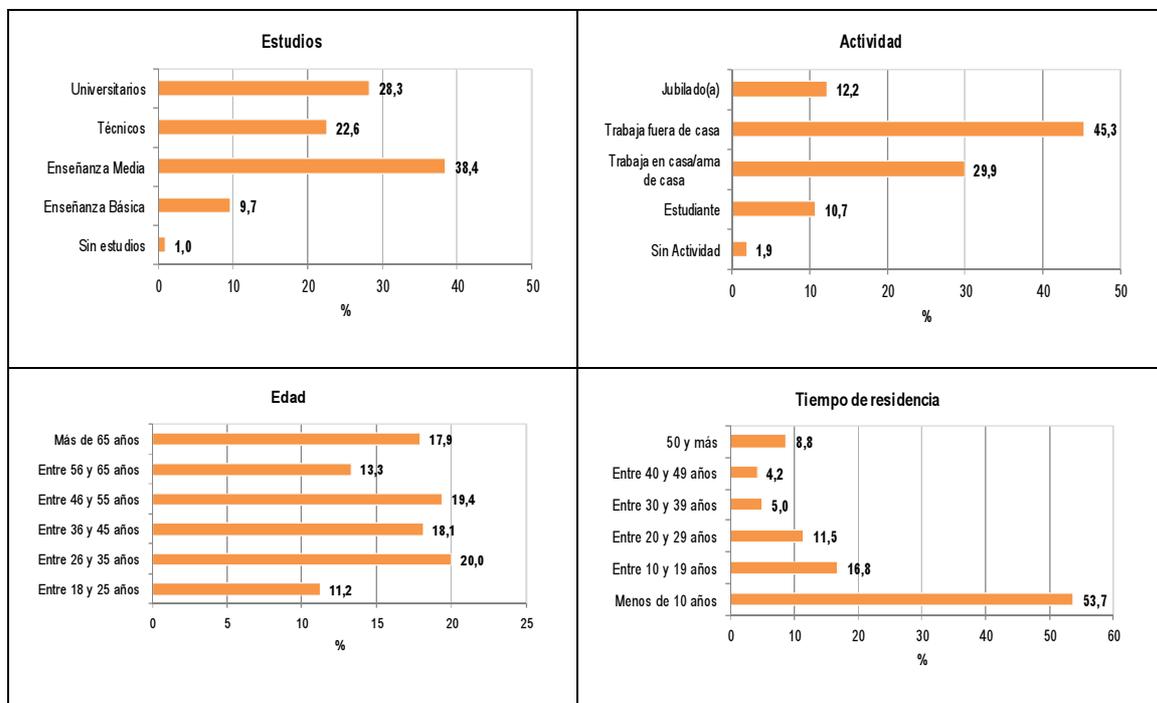
A continuación se presentara el análisis descriptivo de cada una de las partes de la encuesta: información privada, ubicación y características de la vivienda, sensibilidad al ruido ambiental, fuentes de ruido ambiental evaluadas tanto en escala verbal como numérica, para finalizar con Impacto de ruido ambiental.

#### 3.2.4.1. Análisis descriptivo de la Información Privada.

La muestra encuestada en la comuna de Santiago corresponde a un total de 527 personas, superior a 519, número inicialmente estimado como el necesario. La Figura 30, muestra los gráficos de frecuencia para las variables sexo, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia<sup>3</sup>.



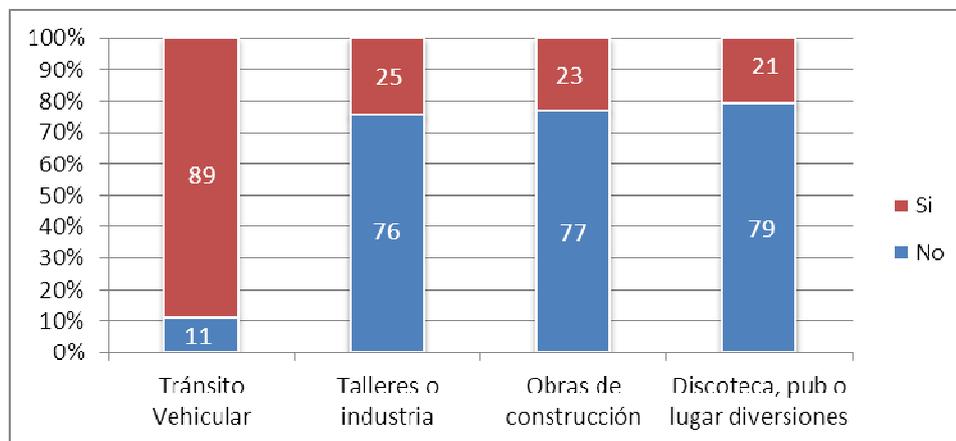
<sup>3</sup> Información obtenida del análisis de la 5ª parte de la encuesta (preguntas 22 a 28).



**Fig. 30.** Gráficos de frecuencia para género, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.

De la información presentada anteriormente, podemos destacar que la muestra se configura principalmente con personas casadas (40,6%), con estudios medios (38,4%), trabajan fuera de casa (45,3%), en el rango de edades comprendido entre 26 y 55 años (57,3%). En este apartado se debe destacar que aproximadamente el 30% de los encuestados trabaja en casa o es dueña de casa, lo que se corrobora con el porcentaje de mujeres en la muestra que alcanza al 59,3%, además debemos indicar que el 46,3% de las personas entrevistadas reside más de 10 años en su vivienda.

Según lo que se aprecia en la Figura 31, es esperable encontrar que la fuente de ruido que más impacta a la población en estudio es el tránsito vehicular, ya que un 88,8% encuestado declara vivir cerca de ella. Por otro lado, para el resto de las fuentes es esperable que los encuestados declaren percibir menos molestia, dado que el porcentaje de personas expuestas a ellas es menor.



**Fig. 31.** Distribución porcentual de las variables vive cerca de: Tránsito vehicular, Talleres o industria, Obras de construcción, talleres o industrias y lugares de diversión.

#### 3.2.4.2. Descripción de las variables sobre Ubicación y Características vivienda

La Figura 32 presenta la información relacionada con el tipo de vivienda, localización y orientación y características de la misma<sup>4</sup>; se observa que el 55% las viviendas son departamentos, y de estos el 54,7% viven entre el 1<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> piso. En relación a la localización y orientación podemos destacar que el 46,9% indica que su residencia da hacia la calle de mayor tránsito, y solo el 21,3% hacia el interior. Las características de las viviendas en relación a la fachada que enfrenta a la calle, mayoritariamente son de concreto (63,3%), seguido de ladrillo (28,7%) y adobe (22,6%) respectivamente, se destaca el bajo porcentaje de viviendas con fachada de madera que sólo alcanza al 3,6%.

<sup>4</sup>Información obtenida del análisis de la 4ª parte de la encuesta (preguntas 19 a 21).

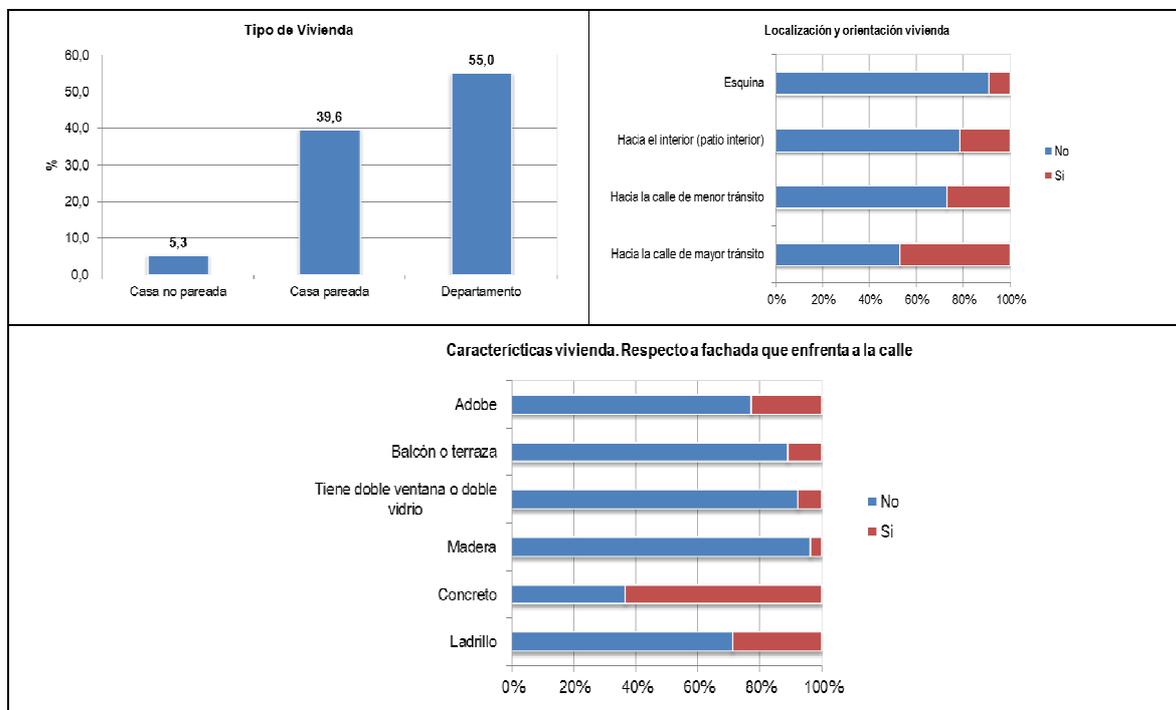


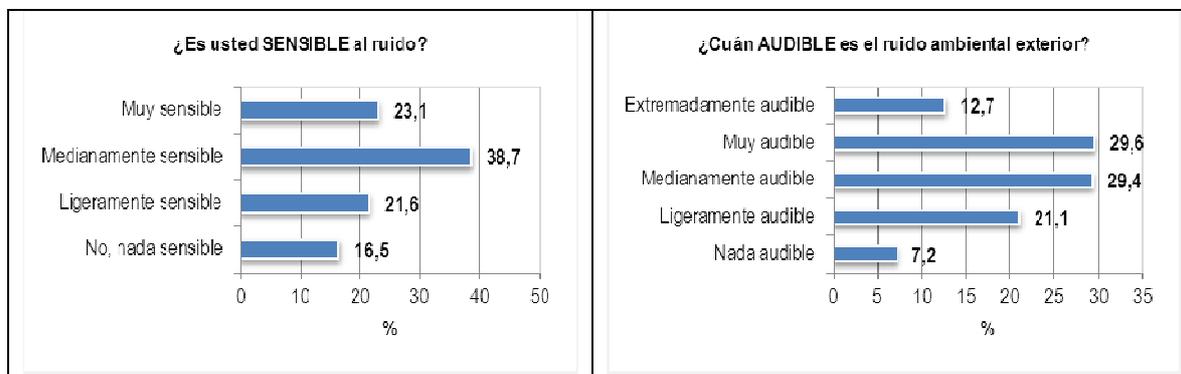
Fig. 32. Distribución porcentual de las variables tipo, localización y ubicación y características de las viviendas.

### 3.2.4.3. Descripción de las variables sobre Sensibilidad al Ruido Ambiental

Observamos en la Figura 33, que la población de la Comuna de Santiago presenta un alto grado de sensibilidad al ruido, pues un 23,1% se declara muy sensible, y un 38,7% medianamente sensible, lo que representa que casi dos tercios de la población de la comuna (un 61,8%) se define sensible al ruido<sup>5</sup>.

Las personas manifiestan escuchar el ruido exterior de su vivienda en un 12,7% extremadamente audible y un 29,6% muy audible, lo que refleja una presencia importante de este factor en la vida cotidiana de los que viven en la comuna (un 42,3% de la población).

<sup>5</sup> Información obtenida del análisis de la 1ª parte de la encuesta (preguntas 1 y 2).



**Fig. 33.** Frecuencia observadas para las variables: Es usted Sensibilidad al ruido y En el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior cuando se encuentra en el interior de su casa.

A continuación, se presentan los resultados del análisis que permite determinar si existe dependencia entre la sensibilidad del ruido ambiental y los factores macrozona, género, edad, tiempo de residencia y actividad. La Tabla 8, muestra el valor calculado y la significancia asociada a la prueba de independencia Chi-cuadrado (las hipótesis a contrastar sin hipótesis nula las variables son independiente versus hipótesis alternativa las variables son dependientes). Según estos valores, se puede concluir que existe dependencia entre la sensibilidad al ruido ambiental y el género del residente, la actividad desarrollada y tiempo de residencia ( $p$ -valor  $<0,01$ ). Tanto la macrozona como la edad no presentaron dependencia<sup>6</sup>.

**Tabla 8.** Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable “Es usted sensible al ruido” y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y actividad.

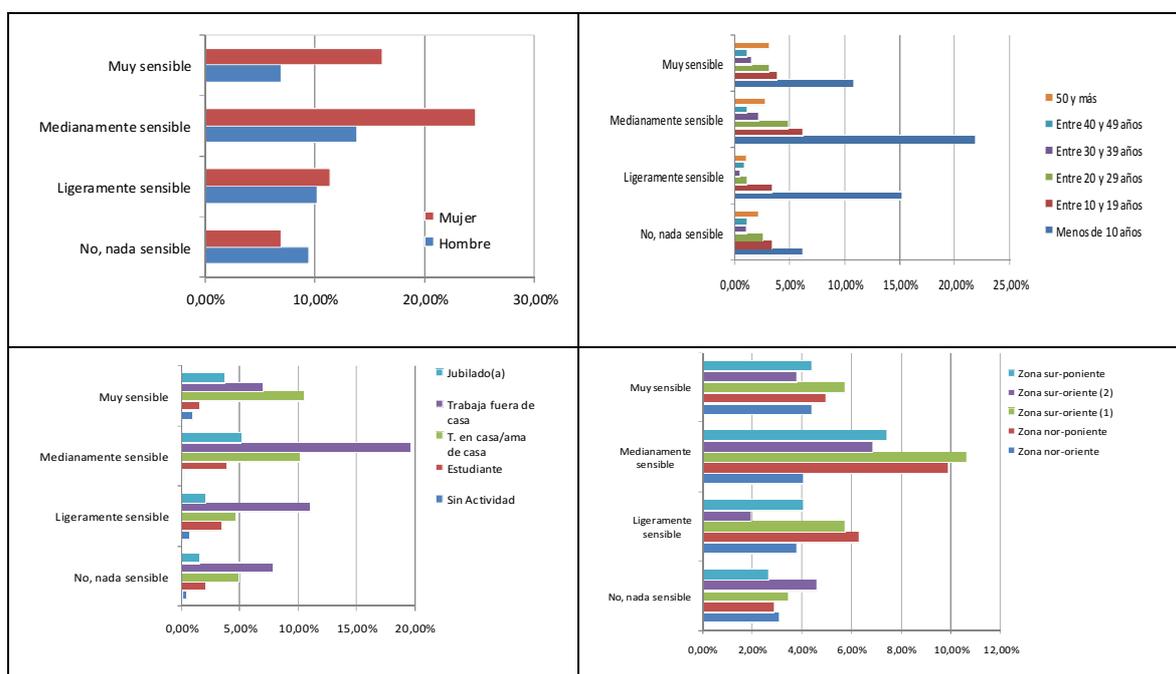
Factores	Estadística Chi-cuadrado	p-valor
Macrozonas	20,48	0,059ns
Sexo	19,57	0,000 **
Edad	21,85	0,112 ns
Tiempo de residencia	30,85	0,009 **
Actividad	34,04	0,001 **

\*\* significanciaal 1%, ns no significancia

Al observar la Figura 34 es posible concluir que la dependencia se manifiesta en el hecho de que el género femenino se muestra más sensible al ruido. Gran parte de la muestra declara en las categorías de mayor sensibilidad, es decir, ligeramente sensible a muy sensible. Por el contrario, el género masculino declara mayoritariamente percibir el ruido entre las categorías nada sensible a medianamente sensible. Las personas

<sup>6</sup>Nota aclaratoria p-valor o sig. indica que si este valor es mayor a 0,05 (ns) no se rechaza hipótesis nula, en caso contrario y dependiendo del valor se rechaza hipótesis nula al 5 (\*) o 1 (\*\*) %

que residen menos de 10 años presentan mayor sensibilidad al ruido. De la misma manera, la asociación existente entre la actividad se puede comprobar al observar que las categorías sin actividad y estudiante manifiestan menor sensibilidad al ruido contrario al de las personas que trabajan fuera de casa lo perciben como muy, medianamente y ligeramente sensible. Si bien la macrozona no presentó dependencia significativa observamos en la gráfica respectiva que las zonas nor-poniente y sur-oriente presenta una sensibilidad mediana al ruido.



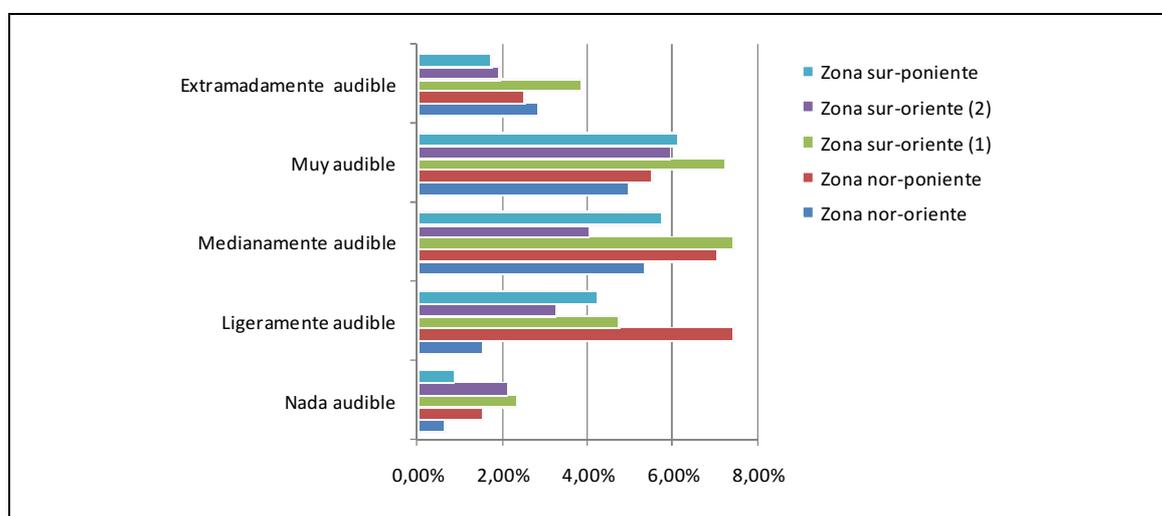
**Fig. 34.** Porcentaje de frecuencia observada de la variable "¿Es usted sensible al ruido?" versus los factores macrozona, tiempo residencia, actividad y género.

La Tabla 9, muestra el resultado del análisis de dependencia entre "en el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior" y la macrozona, sexo, edad, tiempo de residencia y actividad. Al observar la significancia se aprecia que sólo la macrozona presenta dependencia ( $p < 0,05$ ), las variables restantes no presentan dependencia significativa (ver Figura 35).

**Tabla 9.** Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable “cuán audible es el ruido ambiental exterior” y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y actividad.

Factores	Chi-cuadrado	p-valor
Macrozona	27,38	0,037*
Sexo	5,24	0,264ns
Edad	18,55	0,551ns
Tiempo de residencia	28,40	0,100ns
Actividad	11,002	0,809ns

\* significancia al 5%, ns no significancia



**Fig. 35.** Porcentaje de frecuencia observada de la variable “En el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior” versus macrozona.

#### 3.2.4.4. Descripción de las variables Fuentes de Ruido Ambiental.

##### 3.2.4.4.1 Descripción de las variables Fuentes de Ruido Ambiental en escala verbal.

El siguiente análisis tiene como objetivo describir la percepción del ruido, tanto en periodo diurno como nocturno, cuya fuente se encuentra en el tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción, ruido provocado por los vecinos, y lugares de diversión (ver Figura 36)<sup>7</sup>.

La fuente de ruido ambiental calificada como extremadamente molesta durante el día en la comuna es el tránsito vehicular (10,4%), seguido de las obras de construcción (8,6%), y luego vienen en casi igual categoría el ruido de vecinos (4%), ruido de lugares de diversión (3,8%) y talleres o industrias (3,4%). Ahora bien, si se analiza como molestas a aquellas personas que han indicado estar extremadamente y demasiado molestas por el ruido de la fuente, aumenta en forma importante la proporción de la población como molesta, y el orden casi se mantiene en tránsito vehicular (33,7%), seguido de las obras de construcción (17,2%), y luego vienen en casi igual categoría el ruido de vecinos (10,8%), talleres o industrias (8,5%) y ruido de lugares de diversión (8%).

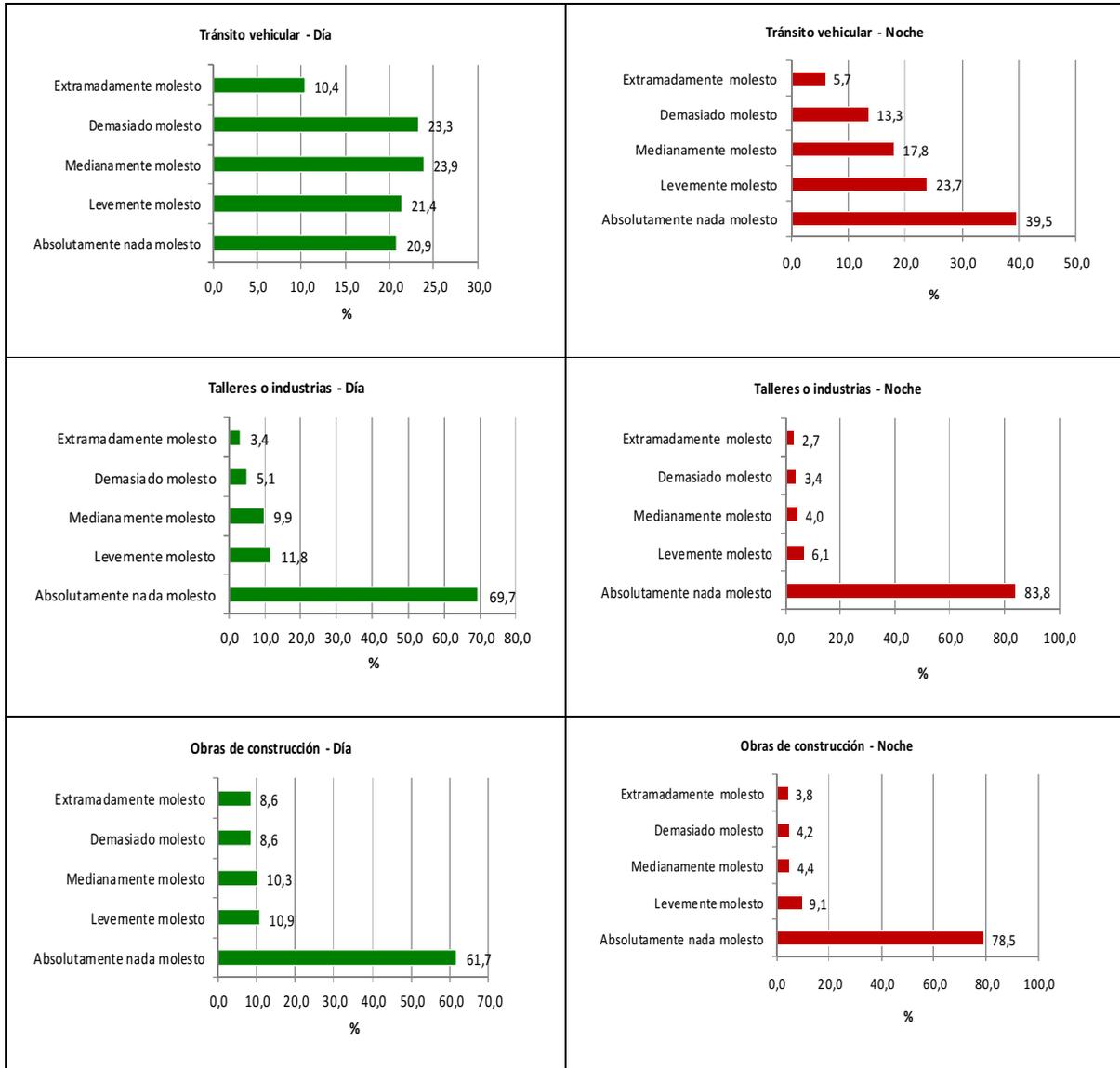
La cantidad de personas que han declarado estar extremadamente molestas por una determinada fuente de ruido es menor en la noche para todas las fuentes, excepto en el ruido de vecinos (sube de 4% a 6,8%) y los lugares de diversión (sube de 3,8% a 6,7%). Este tema puede ser un indicador relevante para la realización de gestión ambiental sobre estas fuentes. Las otras fuentes bajan sus porcentajes en forma significativa, por ejemplo, el tránsito vehicular baja de 10,4% a 5,7%; el ruido de obras de construcción baja de 8,6% a 3,8% en la noche, y los talleres o industrias bajan de 3,4% de día a 2,7% de noche.

Si se considera que las personas que han declarado estar demasiado o extremadamente molestas son aquellas realmente molestas por una determinada fuente de ruido, se presenta que es menor en la noche para todas las fuentes, excepto en el ruido de vecinos (sube de 10,8% a 17,8%) y los lugares de diversión (sube de 8% a 13,7%). Las otras fuentes de ruido disminuyen la molestia en la noche en forma significativa, por ejemplo, el tránsito vehicular baja de 23,7% a 19%; el ruido de obras de construcción baja de 17,2% a 8% en la noche, y los talleres o industrias bajan de 8,5% de día a 6,1% de noche.

Es conveniente comentar en este punto que hay un 3,8% de la población dice sentirse extremadamente molesta en la noche por las actividades de construcción, lo que debe dar una alerta de aquellas actividades que se permiten realizar en horario nocturno.

---

<sup>7</sup> Información obtenida del análisis de la 2ª parte de la encuesta (preguntas 3a 12).



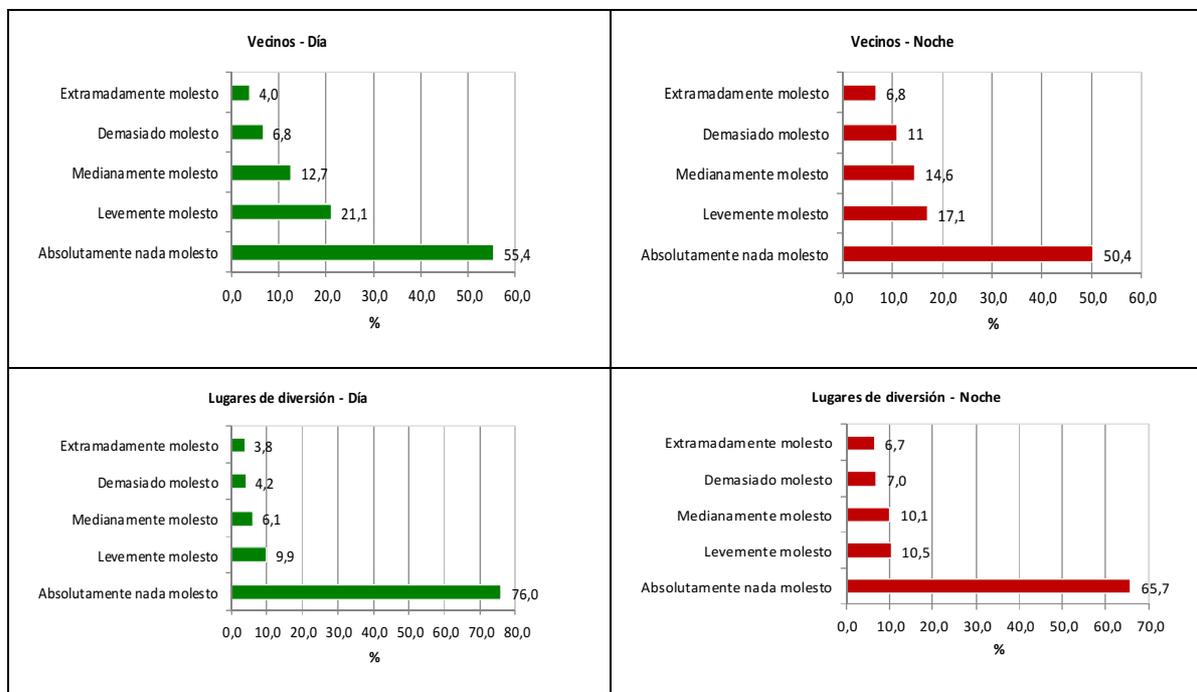


Fig. 36. Frecuencias observadas, periodo día y noche, para las categorías de las variables de Fuente de Ruido Ambiental.

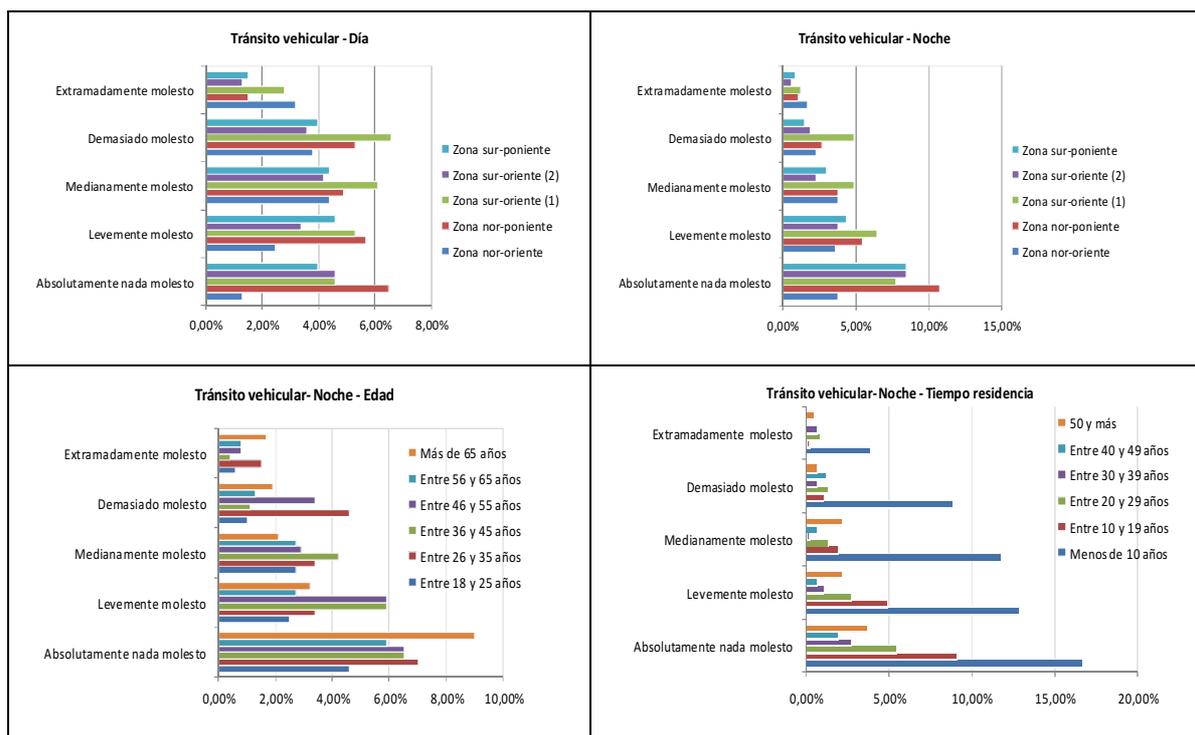
La Tabla 10 muestra los valores Chi-cuadrado y la significancia, estos indican que no existe dependencia entre el factor de ruido tránsito vehicular y los factores generales, para el día. Para la noche la situación es similar salvo el factor macrozona, edad y tiempo de residencia que sí presentaron dependencia.

Tabla 10. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores género, edad y tiempo de residencia y actividad.

Factores	Día		Noche	
	Chi cuadrado	p-valor	Chi cuadrado	p-valor
Macrozonas	26,25	0,051	27,92	0,032*
Sexo	1,721	0,787	6,39	0,172
Edad	17,19	0,641	39,14	0,006**
Tiempo residencia	26,37	0,152	41,65	0,003**
Actividad	11,12	0,802	18,89	0,274

\*\* significancia al 1%, \* significancia al 5% y ns no significancia

La Figura 37 muestra los gráficos de frecuencia para la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa” (solo para las variables que resultaron significativas) durante el periodo día y noche según, y sólo noche para edad, tiempo de residencia.



**Fig. 37.** En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores Género, Edad y Tiempo de Residencia.

### 3.2.4.4.2 Descripción de las variables Fuentes de Ruido Ambiental en escala numérica.

Se analizaron las variables ruido por tránsito vehicular, talleres e industria, obras de construcción, vecinos y ruido por lugares de diversión para el día y la noche<sup>8</sup>. En la Tabla 11 y 12 se observa que los mayores promedios de molestia es causada por el tránsito vehicular tanto para el día como para la noche con 4,94 y 3,56 respectivamente, le sigue ruido por obras de construcción, ruido provocado por los vecinos, ruido

<sup>8</sup> Información obtenida del análisis de la 2ª parte de la encuesta (preguntas 13 a 17).

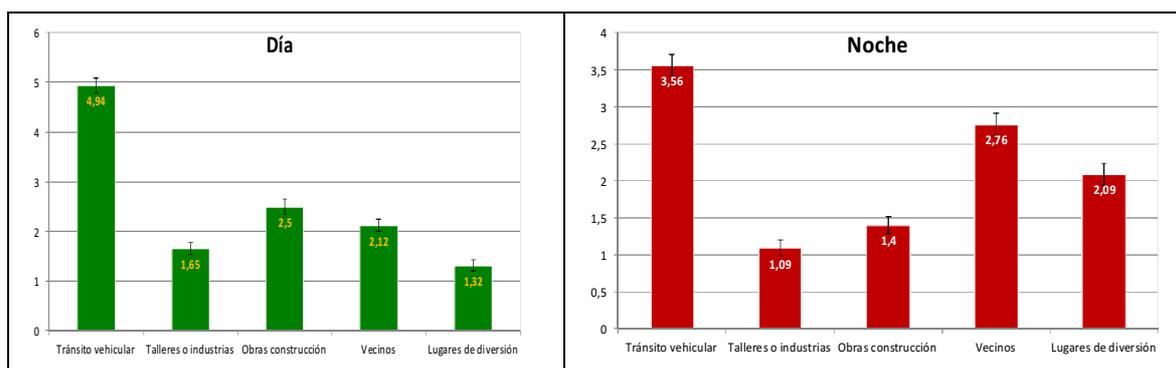
provocado por lugares de diversión y ruido por talleres e industrias<sup>9</sup> (ver Figura 38). Además podemos indicar que hay un 95% de confianza de que la puntuación media para el tránsito vehicular varía entre 4,65 y 5,23, para el día y de 3,27 y 3,84 para la noche. En las tablas se observa además que el 50% de los encuestados en el caso de Tránsito vehicular manifestó una puntuación menor o igual a 5 para el día y 3 para la noche.

**Tabla 11.** Resumen estadísticas para distintas fuentes de ruido según periodo día

Fuentes de ruido – Molestia - Día	Media	LI	LS	Mediana	S
13d. Tránsito vehicular	4,94	4,65	5,23	5	3,347
14d. Talleres o industrias	1,65	1,41	1,9	0	2,818
15d. Obras de construcción	2,5	2,19	2,81	0	3,614
16d Vecinos	2,12	1,88	2,37	1	2,798
17d Lugares de diversión	1,32	1,09	1,55	0	2,672

**Tabla 12.** Resumen estadísticas para distintas fuentes de ruido según periodo Noche

Fuentes de ruido – Molestia – Noche	Media	LI	LS	Mediana	S
13n. Tránsito vehicular	3,56	3,27	3,84	3	3,319
14n. Talleres o industrias	1,09	0,88	1,31	0	2,498
15n. Obras de construcción	1,4	1,16	1,64	0	2,769
16n Vecinos	2,76	2,46	3,05	1	3,406
17n Lugares de diversión	2,09	1,8	2,38	0	3,362



**Fig. 38.** Resumen estadístico para el ruido producido por el tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción, vecinos y lugares de diversión periodo día y noche.

<sup>9</sup>En esta etapa no se ha filtrado por si está expuesto al tránsito vehicular y si vive cerca, esto se realizará en la etapa de análisis de correlación y regresión.

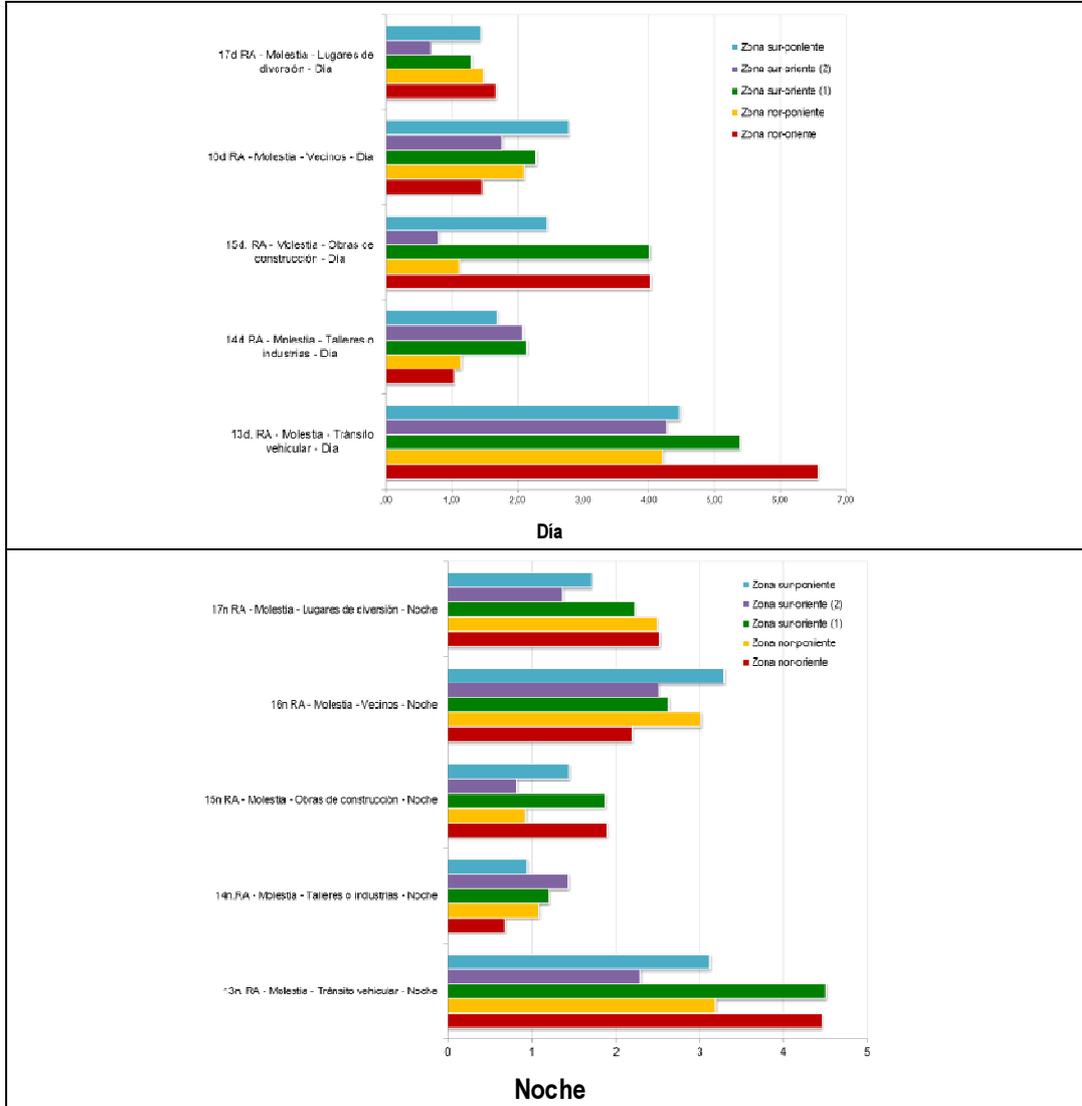
Las Tablas 13 y 14 muestran los puntajes medios según macrozonas. Aquí se observa que los mayores promedios de molestia causada por el tránsito vehicular para el día y la noche se presentan en las zonas nor-oriental y sur-oriental, situación similar se produce en el factor obras de construcción (ver Figura 39).

**Tabla 13.** Resumen estadísticas para distintas fuentes de ruido según periodo día según macrozona

	Zonas - Sectores macro				
	Nor-oriental	Nor-poniente	Sur-oriental (1)	Sur-oriental (2)	Sur-poniente
13d. Tránsito vehicular - Día	6,58	4,22	5,39	4,28	4,48
14d Talleres o industrias - Día	1,04	1,15	2,15	2,09	1,70
15d. Obras de construcción - Día	4,04	1,12	4,02	,80	2,46
16d Vecinos - Día	1,48	2,11	2,29	1,77	2,79
17d Lugares de diversión - Día	1,68	1,49	1,31	,68	1,45

**Tabla 14.** Resumen estadísticas para distintas fuentes de ruido según periodo noche según macrozona

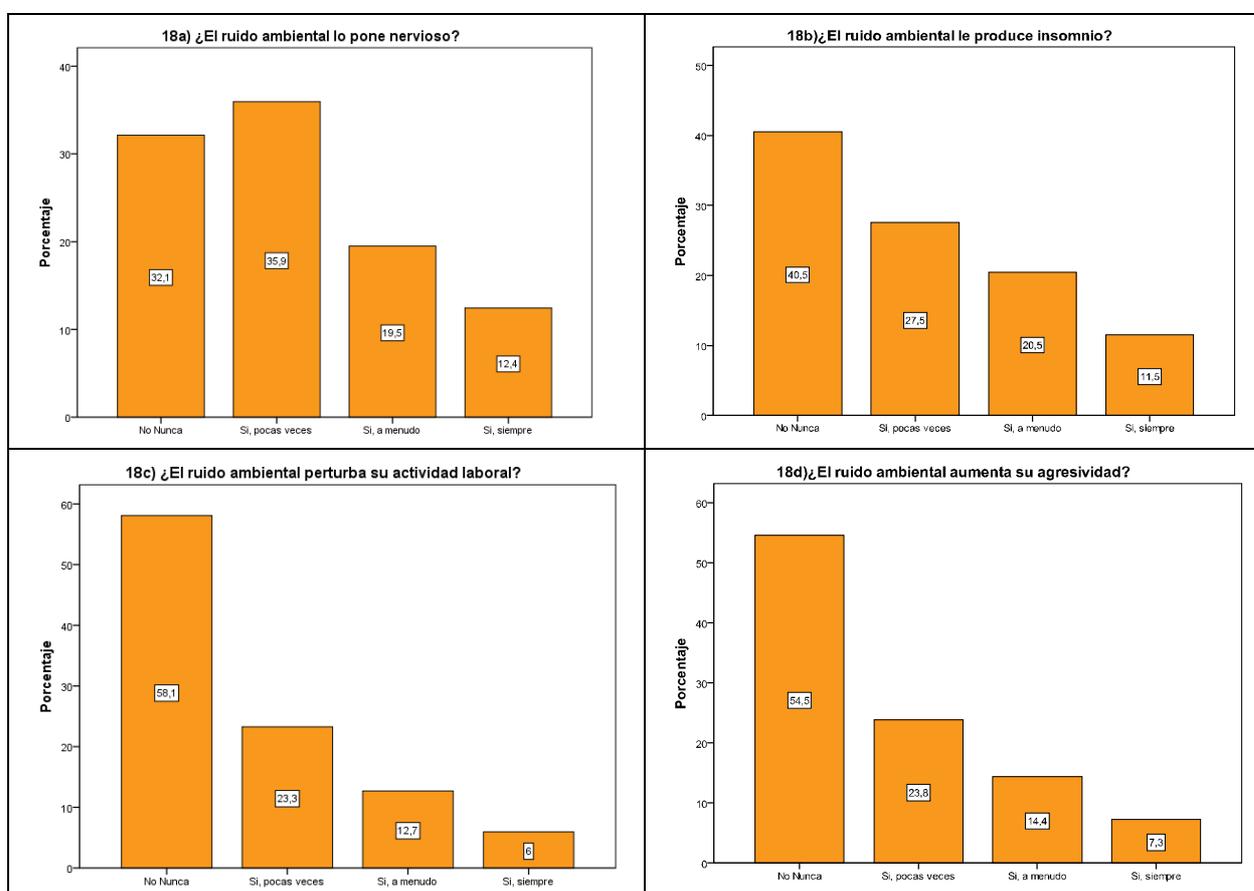
	Zonas - Sectores macro				
	Nor-oriental	Nor-poniente	Sur-oriental (1)	Sur-oriental (2)	Sur-poniente
13n. Tránsito vehicular - Noche	4,46	3,20	4,51	2,29	3,12
14n. Talleres o industrias - Noche	0,68	1,09	1,20	1,44	,95
15n Obras de construcción - Noche	1,90	,93	1,88	,82	1,45
16n Vecinos - Noche	2,20	3,02	2,63	2,51	3,29
17n Lugares de diversión - Noche	2,53	2,49	2,23	1,36	1,71



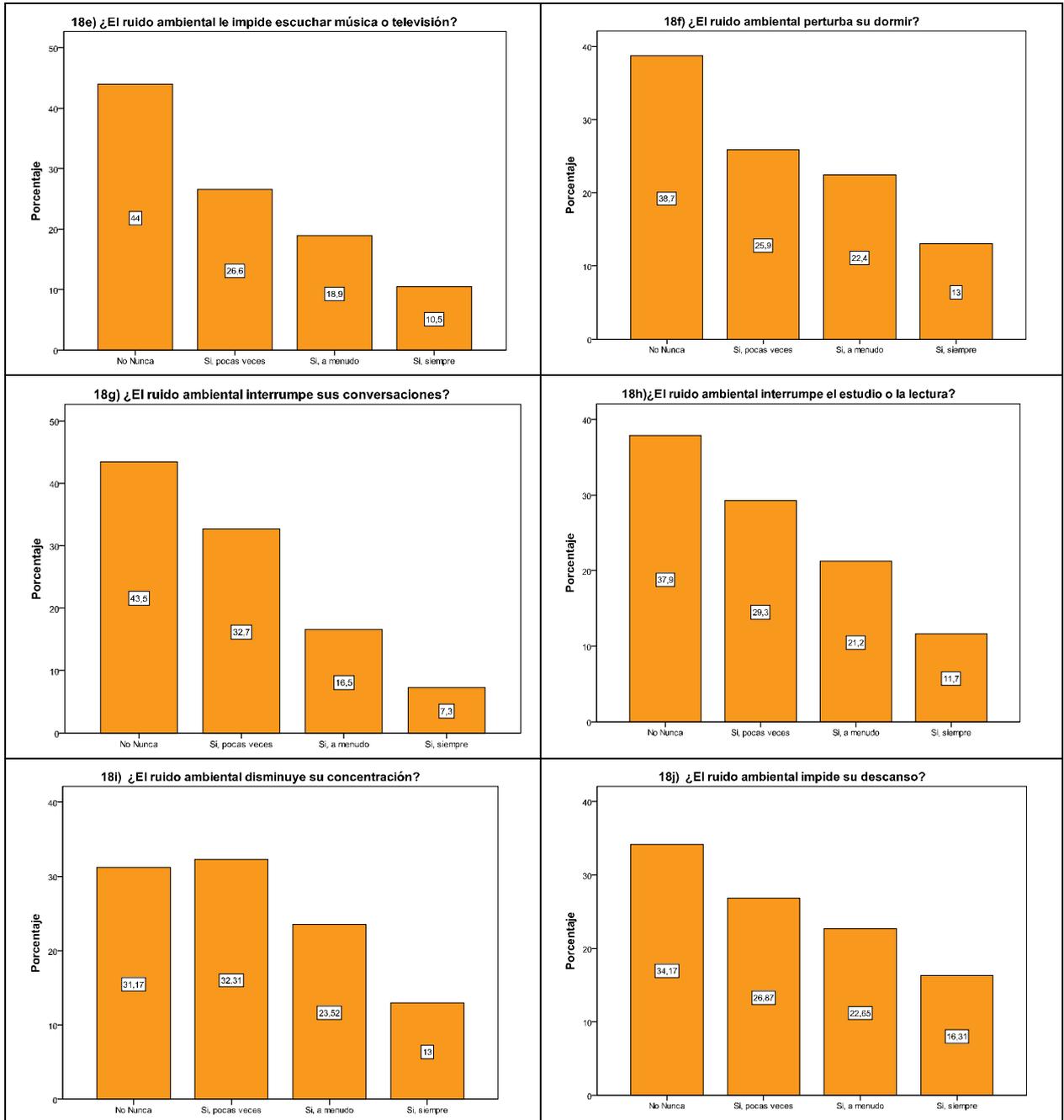
**Fig. 39.** Resumen estadístico para el ruido producido por el tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción, vecinos y lugares de diversión periodo día y noche según macrozona.

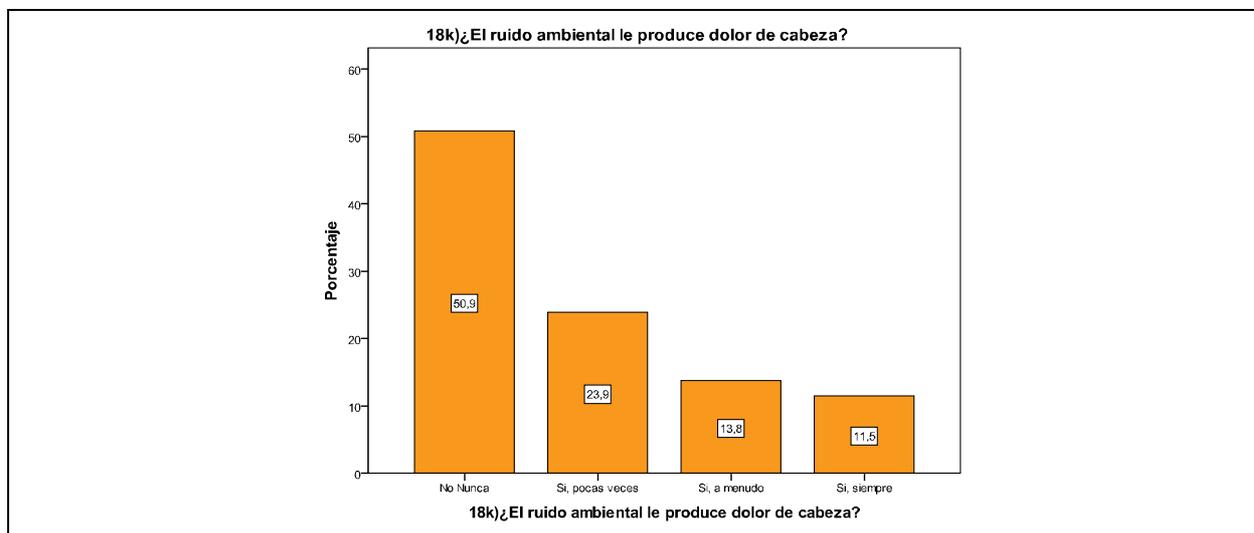
### 3.2.4.5 Descripción de las variables de Impacto del Ruido Ambiental.

En cuanto a los efectos del ruido, la población de la Comuna de Santiago identifica con claridad los efectos del ruido que les afecta<sup>10</sup>. Quizás ciertas respuestas puedan revelar un problema de salud pública que deba ser analizado en futuros estudios con mayor profundidad. Por ejemplo, un 12,4% de la población indica que el ruido **siempre** le pone nervioso, un 11,5% el ruido **siempre** le genera insomnio y un 11,5% afirma que el ruido ambiental **siempre** le produce dolor de cabeza (ver Figura 40).



<sup>10</sup> Información obtenida del análisis de la 2ª parte de la encuesta (preguntas 18 de la aa la K).





**Fig. 40.** Actividades impactadas por el ruido ambiental

La Tabla 15 muestra los valores de significación asociadas a la prueba de independencia Chi-cuadrado para macrozona, género, edad y tiempo de residencia, para cada una de las variables de impacto producidas por ruido ambiental evaluadas. A través de ellas podemos observar dependencia entre las macrozonas y *“el ruido lo pone nervioso”, perturba su actividad laboral, impide escuchar su música o tv, perturba su dormir, interrumpe el estudio o la lectura, disminuye su concentración y le produce dolor de cabeza* (ver Figura 41).

En relación al género observamos dependencia para *lo pone nervioso, interrumpe el estudio o la lectura, impide su descanso y le produce dolor de cabeza* (p-valor <0,01 y 0,05). Más detalles se pueden ver en Figura 42. Por su parte el análisis respecto a la edad, presentó dependencia entre *perturba su actividad laboral, perturba su dormir, interrumpe estudio o la lectura y disminuye su concentración* (p-valor <0,01 y 0,05); (ver Figura 43). Finalmente al estudiar la dependencia entre tiempo de residencia y los distintos factores, se encuentra dependencia significativa para *perturba su actividad laboral, interrumpe el estudio y la lectura y disminuye su concentración* (p-valor <0,01 y 0,05); (ver Figura 44).

**Tabla 15.** Análisis de dependencia entre las variables de impacto producidas por el ruido ambiental y los factores macrozonas, género, edad y tiempo de residencia.

Categoría	Macrozonas	Sexo	Edad	Tiempo de residencia
Lo pone nervioso	0,021 *	0,004 **	0,056 ns	0,138 ns
Le produce insomnio	0,055 ns	0,067 ns	0,465 ns	0,635 ns
Perturba su actividad laboral	0,008 **	0,524 ns	0,015 *	0,006 **
Aumenta su agresividad	0,060 ns	0,422 ns	0,063 ns	0,249 ns
Impide escuchar su música o TV	0,009 **	0,294 ns	0,109 ns	0,253 ns
Perturba su dormir	0,004 **	0,219 ns	0,028 *	0,219 ns
Interrumpe sus conversaciones	0,105 ns	0,239 ns	0,633 ns	0,434 ns
Interrumpe el estudio o la lectura	0,001 **	0,018 *	0,004 **	0,004 **
Disminuye su concentración	0,001 **	0,359 ns	0,007 **	0,011 *
Impide su descanso	0,177 ns	0,010 *	0,232 ns	0,363 ns
Le produce dolor de cabeza	0,026 *	0,015 *	0,845 ns	0,160 ns

\*\* significancia al 1%, \* significancia al 5% y ns no significancia

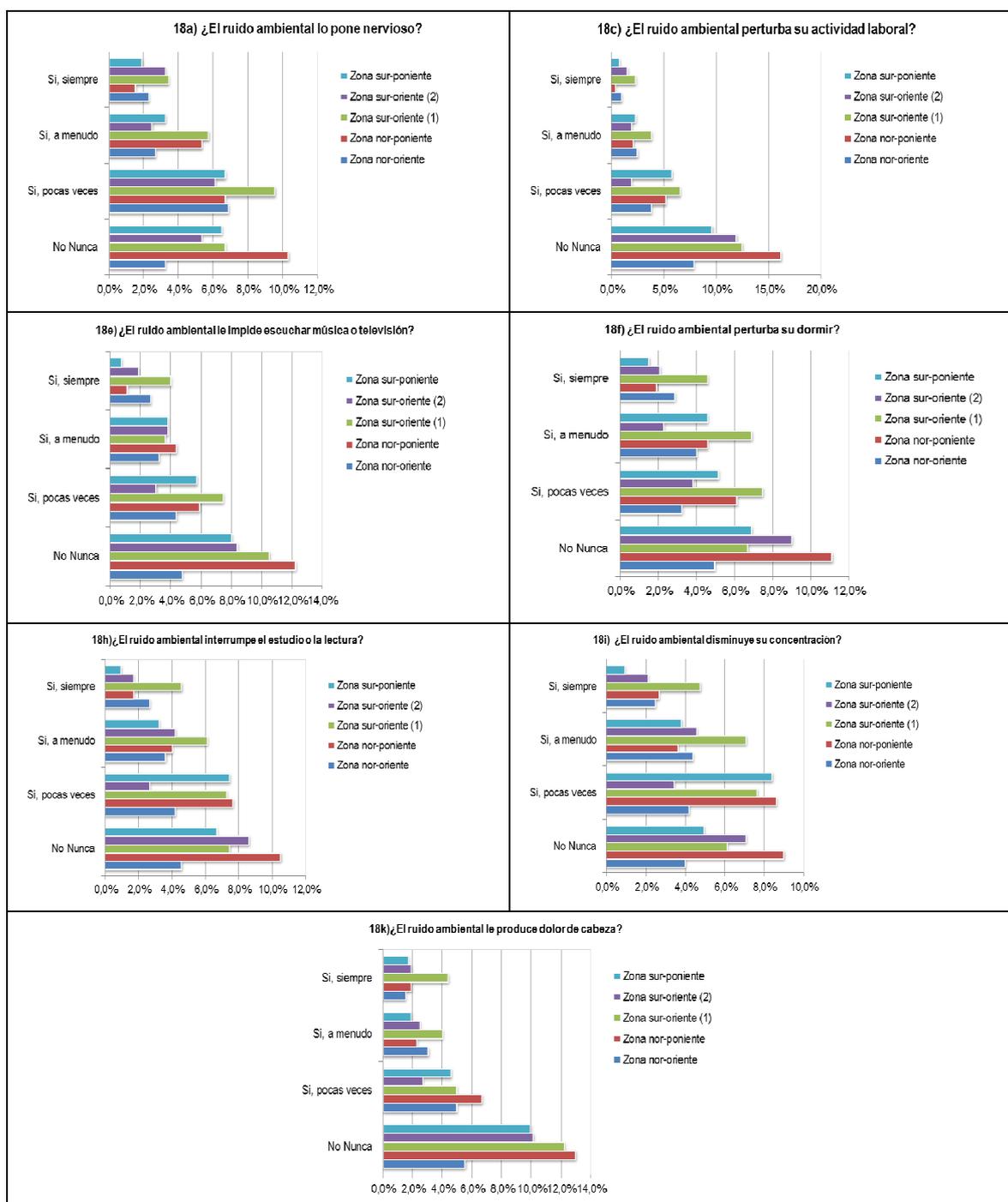


Fig. 41. Distribución de los Factores de Impacto del ruido ambiental según macrozona.

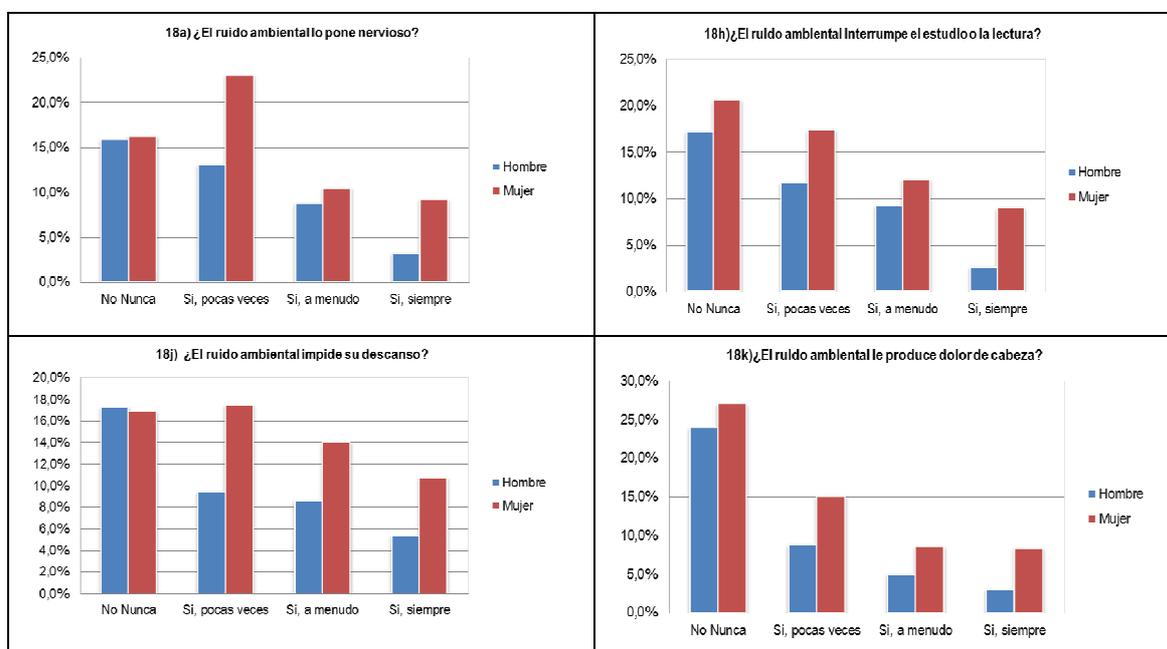


Fig. 42. Distribución de los Factores de Impacto del ruido ambiental según sexo.

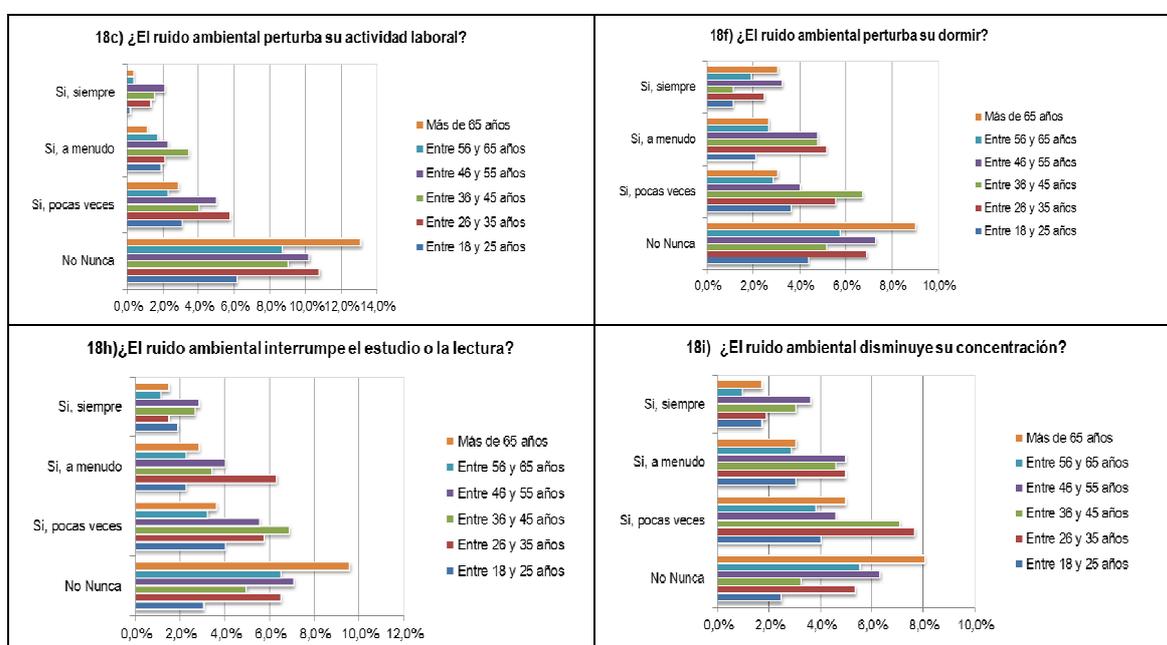


Fig. 43. Distribución de los Factores de Impacto del ruido ambiental según edad.

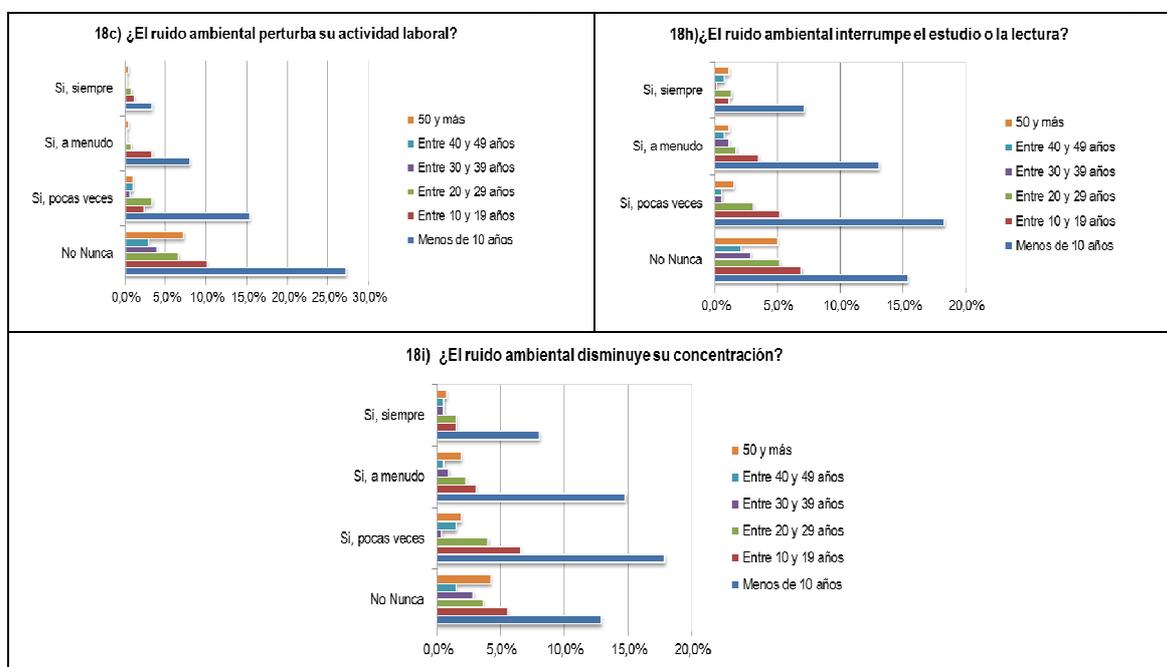


Fig. 44. Distribución de los Factores de Impacto del ruido ambiental según tiempo de residencia.

### 3.2.5. Análisis inferencial de las variables de Ruido Ambiental.

#### 3.2.5.1. Determinación de diferencias entre día y noche para las fuentes de ruido evaluadas.

La Tabla 16 muestra el resumen estadístico de la Fuentes de ruido ambiental evaluadas en escala cuantitativa; para el caso de tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción y lugares de diversión se excluyeron a las viviendas que estaban localizadas hacia el interior (patio interior – preg 20\_3). Además se usó como filtro la pregunta 28 “¿Vive usted cerca de alguna de estas actividades?. Por ejemplo, en el caso de tránsito vehicular, se excluyeron aquellas encuestas en que se señaló que no vivían cerca de tránsito vehicular. Para el caso de los vecinos no se consideraron los filtros.

**Tabla 16.** Resumen estadísticos para las fuentes de ruido ambiental usando variables filtro.

Fuente de ruido ambiental	n	Media	S	Mediana	Error típico
13 d. Tránsito vehicular - día	366	5,49	3,33	6	0,342
13n. Tránsito vehicular- noche	366	3,87	3,37	3	0,346
14d. Talleres o industria – día	110	3,65	3,52	3	0,667
14n. Talleres o industria - noche	110	2,09	3,38	0	0,639
15d. Obras de construcción – día	86	6,84	3,50	8	0,75
15n. Obras de construcción – noche	86	2,37	3,32	0	0,71
16d. Vecinos – día	522	1,35	2,7	0	0,232
16n. Vecinos – noche	522	2,11	3,37	0	0,290
17d. Lugares de diversión - día	86	1,83	2,6	0	0,556
17n. Lugares de diversión - noche	86	2,63	3,41	1	0,730

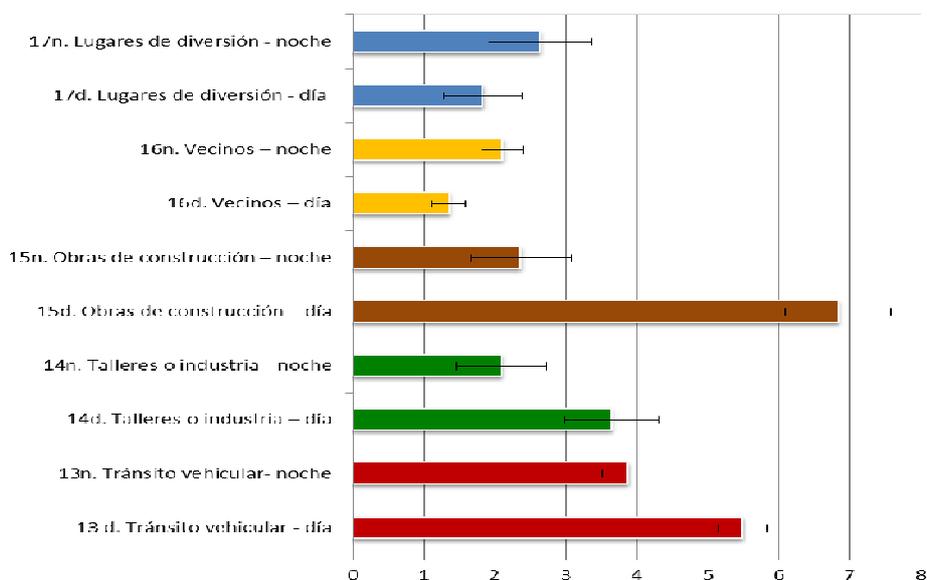
Para determinar si la percepción del ruido ambiental es distinto entre el día y la noche se utilizaron pruebas de hipótesis de diferencia de medias<sup>11</sup> y medianas a cada una de las fuentes de ruido evaluados, la Tabla 17 muestra el resultado respectivo (ver Figura 45).

<sup>11</sup> En anexo (Análisis estadísticos IV.3.2.5.1) se presenta comprobación de supuestos de homogeneidad de varianza, sólo para vecinos y lugares de diversión no se cumplieron razón por la cual se usó prueba de diferencias de medias con corrección respectiva.

**Tabla 17.** Pruebas de hipótesis para diferencias de medias y medianas entre las distintas fuentes de ruido.

Fuente de ruido ambiental -	n	Media		Mediana	
		Test (t-student)	p-valor	Test (W)	p-valor
13. Tránsito vehicular – día > noche	366	6,54	0,000 **	48807,5	0,000 **
14. Talleres o industria – día > noche	110	3,36	0,000 **	4267,5	0,000 **
15. Obras de construcción – día > noche	86	8,58	0,000 **	1456,7	0,000 **
16. Vecinos – día < noche	522	-3,99	0,000 **	149283	0,001 **
17. Lugares de diversión – día < noche	86	-1,74	0,042 *	4042	0,132 ns

\*\* significancia al 1%, \* significancia al 5% y ns no significancia



**Figura 45.** Resumen estadísticos para las fuentes de ruido ambiental usando variables filtro.

A través de la Tabla 17 se puede observar que tanto para el tránsito vehicular, talleres y obras de construcción se encontraron (tanto con prueba de media como mediana) diferencias altamente significativas ( $p$ -valor  $< 0,01$ ) entre la percepción ruido ambiental día-noche, siendo en el día la que tiene mayor grado de molestia a nivel medio (esto se corroborará a su vez con la prueba de hipótesis de la mediana). Para el caso de la fuente vecinos y lugares de diversión, al analizar las diferencias a través de las medianas, se encuentra con que en la noche (como es obvio) se presentan las mayores molestias. En el caso del análisis de la mediana para lugares de diversión no se encontraron diferencias.

### 3.2.5.2. Determinación de diferencias entre la percepción de las fuentes de ruido ambiental.

Para determinar si existen diferencias significativas entre la percepción media de los residentes, para las distintas fuentes de ruido ambiental evaluadas (tránsito vehicular, talleres e industrias, obras de construcción, vecinos y lugares de diversión) se utiliza el análisis de varianza cuyo objetivo es similar al de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias, salvo que se utiliza cuando se requiere contrastar más de dos categorías o grupos. Se determinará si existe diferencia en la percepción media en función de las cinco fuentes de ruido ambiental estudiadas. Se utilizó análisis de varianza en el caso en que se cumplieron los supuestos, cuando esto no ocurrió se utilizó la prueba no-paramétrica de Kruskal – Wallis.

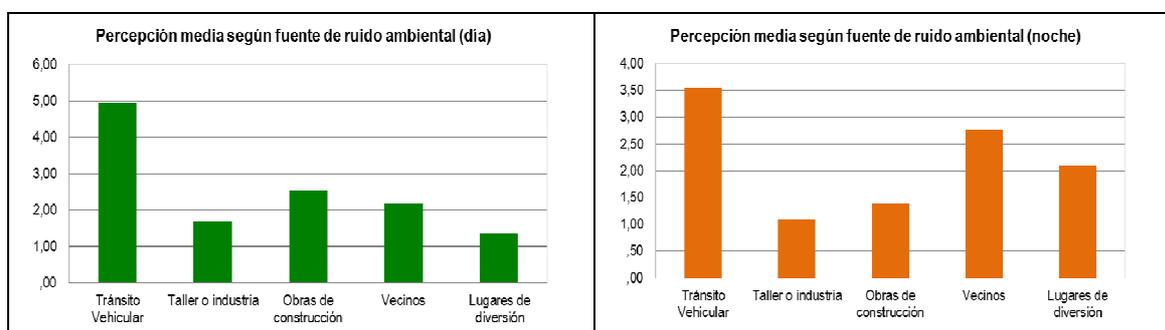
Se presentan en primer lugar los resultados del análisis general, evaluando la percepción media tanto para el día como para la noche. Al no cumplirse los supuestos respectivos (ver anexo de estadísticas), se procedió a realizar un análisis no paramétrico de Kruskal Wallis (ver Tabla 18), este arrojó que la percepción media tanto para el día como para la noche presentan diferencias significativas para las distintas fuentes de ruido ambiental.

**Tabla 18.** Test no paramétrico de Kruskal Wallis para diferencias entre fuentes de ruido.

	Día	Noche
Valor test	439,549	307,341
Significancia	0,000 **	0,000**

\*\* significancia al 1%.

A nivel gráfico podemos observar claramente en la Figura 46 que el tránsito vehicular, tanto para el día como para la noche, presentan los promedios de percepción de ruido ambiental mayores. Para el caso del día le sigue a la fuente anterior, obras de construcción y vecinos. En tanto que para la noche le sigue vecinos y lugares de diversión.



**Fig. 46.** Percepción media de ruido ambiental según fuente de ruido ambiental.

A continuación para cada fuente de ruido (día y noche en forma independiente) se analizó si existen diferencias entre las macrozonas. En la Tabla19 se observa que el resumen de los análisis realizados (ver detalle de prueba de supuesto en anexo IV.3.2.5.2), todas las macrozonas presentaron diferencias significativas para las distintas fuentes de ruido, situación similar ocurre en la noche donde la única fuente que no presentó diferencia fue taller o industria.

**Tabla19.** Resumen de los análisis de varianza realizados para las distintas fuentes de ruido.

Fuente de ruido	Día	Noche
Tránsito Vehicular	**	**
Taller o Industria	**	NS
Obras de construcción	**	**
Vecinos	**	*
Lugares de diversión	**	**

\*\* diferencias altamente significativas (1%), \* diferencia significativas (5%), NS no presenta diferencias.

La Figura 47 sirve para establecer las diferencias observadas.

- **Tránsito Vehicular.** Se aprecia que la zona nororiental es la que presenta junto con la zona sur oriental (1) mayores molestias a nivel medio de ruido ambiental, situación similar pero con niveles de molestia más bajos ocurre en la noche.
- **Taller o industria.** Se observan valores medios más bajos y destaca en el día que la zona suroriental (1) en conjunto con la zona suroriental (2) y sur-poniente valores medios similares. En la noche esto es tan claro y corresponde con lo presentado en la tabla anterior (NS).
- **Obras de construcción.** Las zonas nororiental y suroriental (1) presentan los niveles molestia más altos seguidos de la sur poniente. En la noche se presenta situación similar pero con un margen de diferencia menor.
- **Vecinos.** Tanto para el día como la noche la mayor molestia se presenta en la zona sur poniente seguido de la zona nor-poniente para el día y sur oriental (1) para la noche.
- **Lugares de diversión.** En este caso las zonas nororiental, norponiente y sur oriental 1, presentan los mayores niveles medios de molestia.

Finalmente hay que establecer que solo para la fuente tránsito vehicular los niveles medios de molestia sobrepasan los 5 puntos, en todas las otras fuentes los puntajes son más bien bajos, es decir, que las personas perciben con mayor molestia (puntuación mayor), el tránsito vehicular.

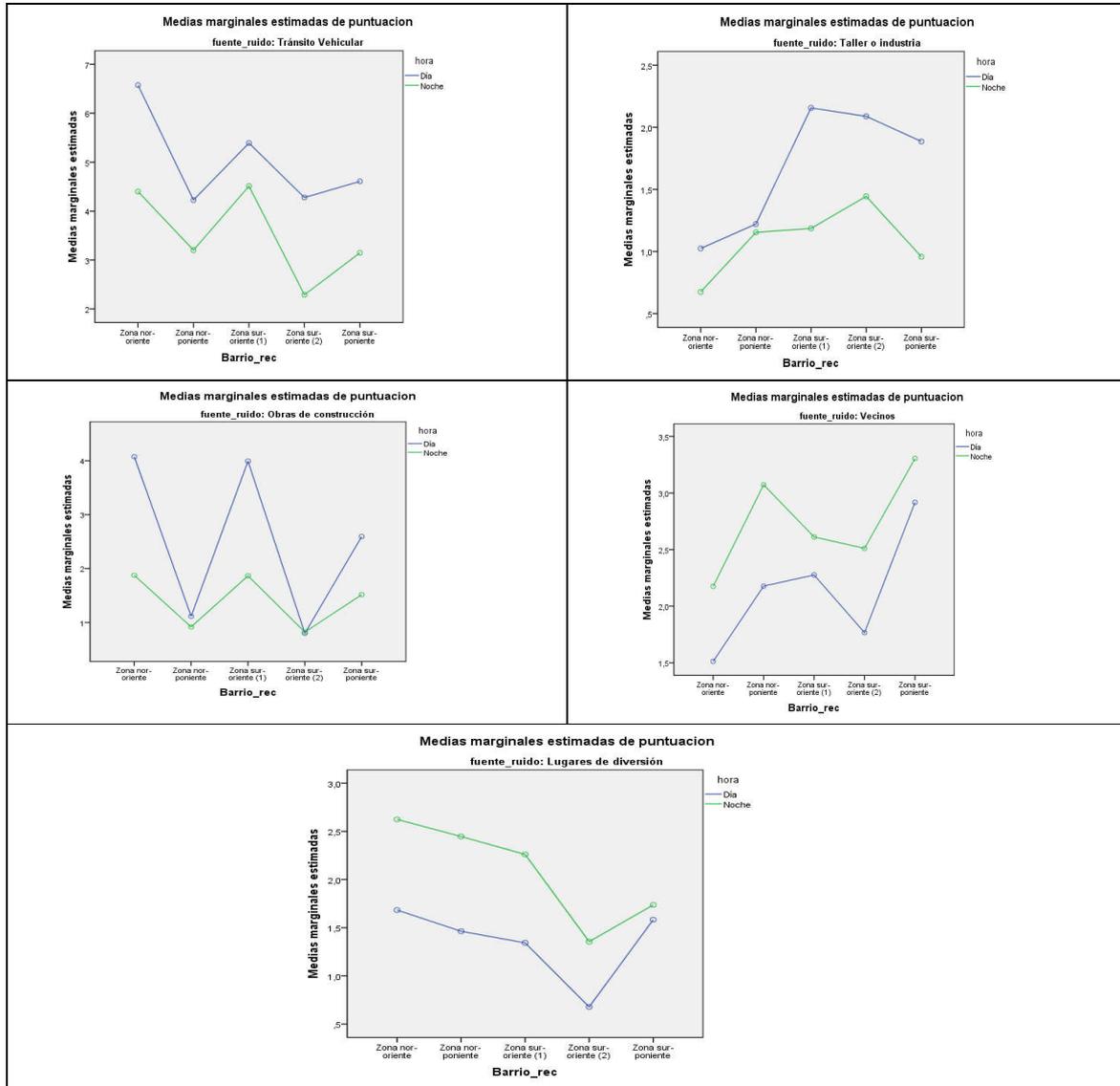


Fig. 47. Resumen gráfico de las medias (día y noche) de las fuentes de ruido ambiental.

### 3.3 Análisis de Regresión de la encuesta con la modelación

#### 3.3.1. Análisis de regresión entre niveles de ruido modelados y percepción de la comunidad: General día -noche

El análisis de regresión lineal simple, es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre dos variables. En el presente estudio se persigue estimar la percepción del ruido ambiental (variable dependiente Y – medición percepción en escala 0 a 10 preguntas 13d y 13n) en función de los niveles de ruido ambiental encontrados a través del modelo (variable independiente X – medidas del modelo tanto para el día como la noche dBA). En el análisis de regresión simple puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre estas variables, así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos. Además, el análisis de regresión lleva asociados una serie de procedimientos de diagnóstico (análisis de los residuos, prueba de supuestos) que informan sobre la estabilidad e idoneidad del análisis.

Una forma de cuantificar el ajuste del análisis de regresión es a través del coeficiente de determinación  $R^2$ , el que mide el grado de explicación o influencia de (en este caso) la medición de ruido (modelo) sobre la percepción de ruido ambiental. Se trata de una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1 (0 cuando las variables son independientes es decir no se puede predecir y en función de x, y 1 cuando entre ellas existe relación perfecta). Además, la línea de regresión sólo sirve como un dispositivo aproximado de predicción de un valor Y para un valor determinado de X. Por lo tanto se necesita desarrollar un estadístico que mida la variabilidad de los valores Y reales, a partir de los valores Y estimados el cual es estimado a partir del error estándar del estimador.

Dadas estas consideraciones, se debe indicar que para este análisis no se consideraron las viviendas cuyas fachadas dan hacia patio interior, ni tampoco aquellos departamentos que se encuentran sobre el segundo piso. Además, se consideraron solo las viviendas en que se manifestaron vivir cerca del tránsito vehicular (en base a la pregunta 28\_1).

En Figura 48 se presentan los diagramas de dispersión entre nivel de ruido medido y percepción de ruido ambiental (día y noche). Se aprecia claramente que no existe tendencia (lineal o de otro tipo). Es decir indica a priori, que a medida que aumentan los niveles en el modelo de medición de ruido no es posible establecer si aumentará o no el puntaje de percepción de ruido ambiental por parte de los residentes. Para ser cuidadosos con estos procedimientos, se realizó de igual forma un análisis de regresión lineal simple<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup>Para validar los modelos es necesario probar una serie de supuestos, entre los cuales se destaca, que los residuales deben tener un comportamiento normal (ver comprobación en anexo respectivo), que debe existir independencia entre los errores, esto se prueba con el test de Durbin Watson (ver comprobación en anexos IV.3.3.1) y finalmente probar el supuesto de varianza constante (homocedasticidad), supuesto que no se cumple en este estudio, al revisar las gráficas de los anexos apreciamos marcadas tendencias entre los residuales y los valores predichos por el modelo, comprobando que el error de la estimación del modelo tiene una relación directa (positiva o negativa) con la magnitud de la predicción.

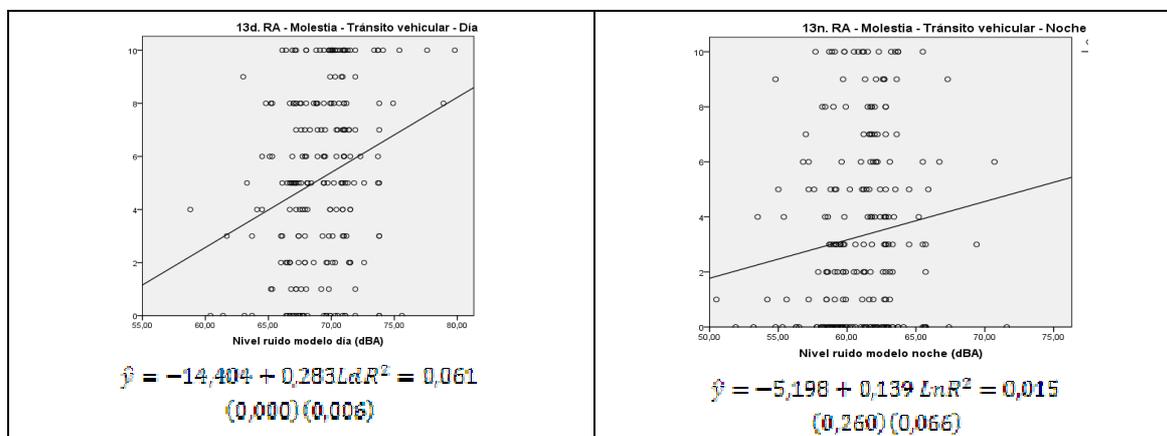
Este análisis de regresión, a nivel general muestra, en la Tabla 20 el resumen de los modelos y la significancia de los mismos. Se aprecia que el coeficiente de determinación para el modelo *General- Día* alcanza solo un 6,1% con un error de estimación de  $\pm 3,23$  puntos, y para el modelo *General – Noche* alcanza sólo 1,5% de explicación con un error de estimación de  $\pm 3,33$  puntos. Esto indica que, bajo estas circunstancias, no es posible predecir percepción en función de los valores obtenidos por el modelo. Como análisis adicional se procede a revisar la significancia de la pendiente e intercepto de los modelos estudiados. Aquí a través de la Tabla 20 y Figura 48 se puede establecer lo siguiente:

- **Modelo General - Día:** en este modelo ambos coeficiente resultan ser significativos, en términos prácticos (si el modelo fuera bueno, que no es el caso) esto nos estaría indicando en el caso de la pendiente, que por cada dBA que aumente el ruido en modelo, la percepción de molestia aumenta en 0,283 puntos.
- **Modelo General - Noche:** en este modelo ambos coeficientes son no significativos, lo que indica que no se puede predecir la percepción de ruido ambiental en función de valores obtenidos por el modelo.

**Tabla 20.**Resumen modelos de regresión lineal General y por Macrozonas

Categorías	r	R cuadrado	Error típ. de la estimación	Sig.
General Día	0,248	0,061	3,232	0,000 **
General noche	0,123	0,015	3,327	0,066 ns

\*\* diferencias altamente significativas (1%), \* diferencia significativas (5%), NS no presenta diferencias.



() las cifras entre paréntesis muestra nivel de significancia p-valor.

Fig. 48. Diagramas de dispersión para las distintas fuentes de ruido. Día

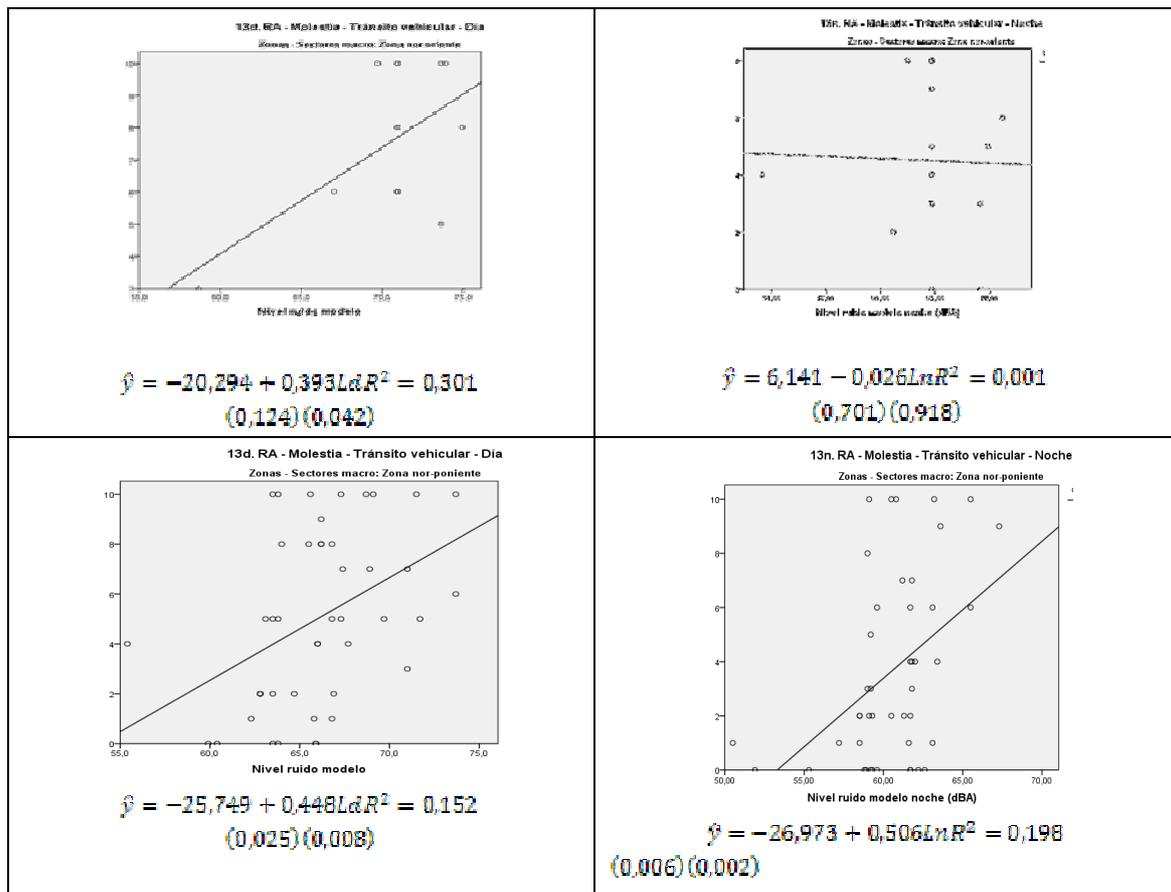
### 3.3.2. Análisis de regresión entre niveles de ruido modelados y la percepción de ruido por parte de la comunidad: Macrozonas día - noche

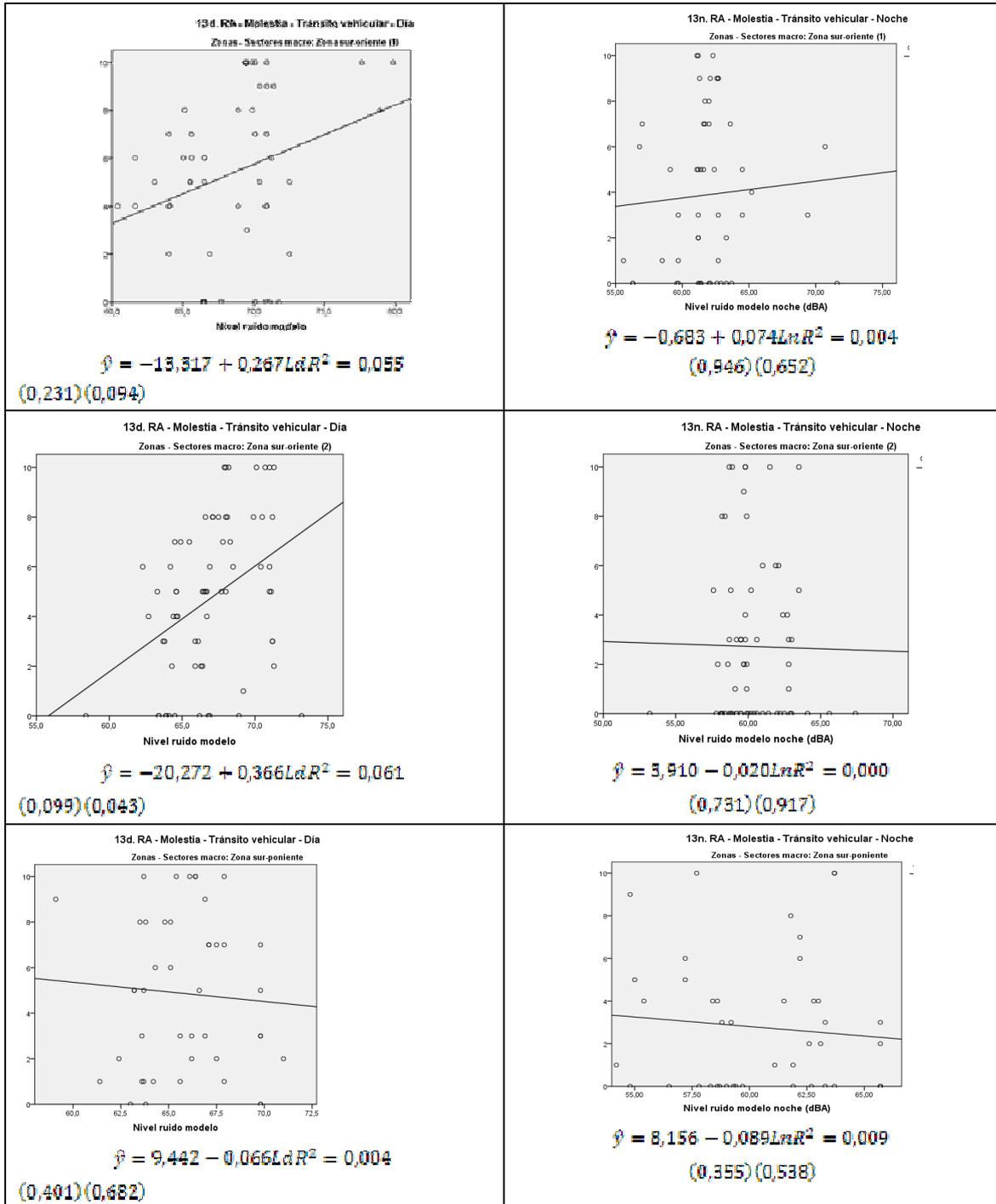
La Figura 49 muestra los diagramas de dispersión entre nivel de ruido medido y percepción de ruido ambiental según macrozona tanto para el día como para la noche. Se observan situaciones similares a las planteadas a nivel general. Para el día el grado de influencia más alto lo encontramos en la macrozona nor-oriente con un 30,1%, seguido de la nor-poniente alcanzando 15,2%; para la noche solo podemos destacar a la zona nor-poniente con un 19,8% (Ver Tabla 21). La Figura 49 muestra las ecuaciones de todos los modelos, la única macrozona que destaca por sus coeficientes (siendo todos bajos) es la *Nor-poniente (día y noche)*.

Tabla 21. Resumen modelos de regresión lineal General y por Macrozonas Día – Noche

Categorías		r	R cuadrado	Error típ. de la estimación
Zona nor-oriente	Día	0,549	0,301	1,982
	Noche	0,030	0,001	2,849
Zona nor-poniente	Día	0,390	0,152	3,244
	Noche	0,445	0,198	3,135
Zona sur-oriente (1)	Día	0,234	0,055	3,329
	Noche	0,064	0,004	3,506

Categorías		r	R cuadrado	Error típ. de la estimación
Zona sur-oriente (2)	Día	0,247	0,061	3,105
	Noche	0,013	0,000	3,334
Zona sur-poniente	Día	0,063	0,004	3,427
	Noche	0,095	0,009	3,186





() las cifras entre paréntesis muestra nivel de significancia p-valor.

Fig. 49. Diagramas de dispersión para el ruido de tránsito vehicular según macrozona para día y noche.

Finalmente se realizó un análisis de regresión múltiple para determinar si la inclusión de otras variables en el modelo podría resultar ser significativas. Se incluyeron edad, tiempo de residencia, sexo, tipo de material de la vivienda (doble ventana), y nivel de ruido del modelo. Los resultados, tanto para el día como para la noche, no encontraron significancia de ninguna de las variables incluidas, a excepción en el modelo día del nivel de ruido modelado (los resultados de estas regresiones se presenta en anexo IV.3.3.1).

Posibles razones del no poder predecir la percepción de molestia en función del modelo acústico, son la complejidad de las variables que intervienen en la opinión de las personas, y quizás que al tratar de medir percepción de las personas en un periodo de 12 meses donde el encuestado debe pensar en un valor "promedio" en ese tiempo, podría llevar tanto a subestimar o sobre estimar su grado de molestia medio.

### 3.3.3. Porcentaje de personas altamente molesta (%HA).

El objetivo de este análisis es determinar el porcentaje de personas altamente molestas por el ruido ambiental mediante la utilización del descriptor %HA. En este caso, la correlación queda definida por una curva que muestra el porcentaje de personas altamente molestas por el ruido, con relación al nivel corregido día-noche. Esta curva se determina a partir de estudios empíricos y mediante métodos de regresión cuadrática.

La relación entre el Nivel Día-Noche ( $L_{dn}$ ) con el porcentaje de personas altamente molesta, son distintas para cada tipo de transporte, existiendo varias fórmulas que relacionan la parte objetiva con la subjetiva

Cabe mencionar que dos descriptores fundamentales son necesarios para el análisis en un estudio molestia-ruido. Uno representa la parte objetiva del estudio y tiene que ver con la modelación que se realizó basada en parámetros no acústicos, pero validada a través de mediciones en terreno bien caracterizadas. Este descriptor, relacionado con la parte objetiva del análisis, es el nivel corregido día-noche  $L_{dn}$  o bien nivel corregido día-tarde-noche  $L_{dtn}$ . La parte subjetiva, está representada por las encuestas que tratan de reflejar la percepción que las personas tienen del fenómeno físico, y que no son criterios idénticos entre una persona y otra, y menos aún entre una comunidad y otra. Este descriptor es el Porcentaje de Personas Altamente Molestas %HA.

El artículo de Miedema y Vos [30] presenta un análisis de curvas que relacionan el Nivel Día-Noche  $L_{dn}$  con el porcentaje de personas altamente molestas para diferentes fuentes de ruido. Estas curvas comienzan en los 42 dBA de  $L_{dn}$  y son distintas para cada tipo de ruido de transporte. Esto quiere decir, que el porcentaje de personas muy molestas comienza y aumenta desde los 42 dBA de  $L_{dn}$ .

La fuente considerada en este estudio piloto es sólo el tránsito vehicular, por lo que la ecuación que relaciona el porcentaje de personas altamente molestas es la siguiente,

$$\%HA = 0.03(L_{dn} - 42) + 0.0353(L_{dn} - 42)^2$$

El descriptor  $L_{dn}$  utilizado en este cálculo corresponde al promedio energético de los niveles ( $L_{dn}$ ) en fachada generados por la modelación utilizando el modelo RLS-90.

En el caso de la comuna de Santiago, el nivel día-noche promedio es 70.3 dBA, en consecuencia se puede establecer que el porcentaje de personas altamente molestas por el ruido de tráfico alcanza al 29,1% del total de la población de la comuna. Para la variable  $L_{dn}$  se utilizó el promedio energético de los niveles con mayor exposición en las fachadas de los conglomerados encuestados.

Un interesante ejercicio es posible realizar al comparar este dato (un 29,1% altamente molesto) con los datos obtenidos en la encuesta de la comuna. Así, al suponer que las respuestas “demasiado” y “extremadamente” molestas de las encuestas aplicadas en este estudio, corresponde a personas “altamente molestas” (es decir, un 33,7% y 19% de personas altamente molestas en el día y en la noche respectivamente), y además, se calcula un promedio ponderado de tales porcentajes según el período del día (día con 16 horas y noche con 8 horas) con el fin de hacerlos equivalentes al descriptor  $L_{dn}$ , se obtendría un 28,8 % de personas que se manifiestan altamente molestas para la comuna de Santiago. Si bien este es un ejercicio interesante, no deja de ser atractiva la idea de la validez de la conclusión que es posible llegar a estimaciones parecidas mediante encuestas y la ecuación %HA (con datos de simulación de ruido). Sin embargo, tal afirmación no deja de ser una impresión inicial que requiere mayor análisis mediante estudio más detallados mediante casos similares. Por ejemplo, para el caso de Providencia y Antofagasta, los valores son 32,67% y 32,02% de personas altamente molestas calculadas vía valor de  $L_{dn}$ , y un 18,81% y 38,51% obtenido vía encuestas respectivamente [19].

Sin embargo, otras de las restricciones a tener en cuenta, en cuanto a los valores de niveles equivalentes, es que los datos que se entregan corresponden a datos obtenidos en las fachadas más expuestas (o cerca de la vía), y son valores que no representan la exposición de las personas dentro de las viviendas, ya que no todas las habitaciones dan a esta fachada, y no todas las viviendas ofrecen la misma protección contra el ruido. Es más, en un edificio cualquiera, el porcentaje de viviendas que tienen acceso a la fachada con mayor exposición suelen ser la mitad del total de viviendas del edificio.

### **Análisis por conglomerado.**

Con el fin de obtener información más detallada del porcentaje de personas altamente molestas según la bibliografía consultada, se realizó un cálculo adicional del %HA por sección. De esta forma, se analiza la exposición al ruido de tráfico por la vía inmediata en puntos receptores conocidos. Se consideraron 61

manzanas correspondientes a los conglomerados que formaron parte de la encuesta y se utilizó el promedio energético de los niveles día-noche en fachada correspondiente a cada uno de ellos.

En general, el intervalo que va desde el 20% al 30% es el que contiene la mayor cantidad de las manzanas evaluadas concentrando 45 de las 61 manzanas evaluadas. Lo anterior coincide con el porcentaje %HA calculado anteriormente considerando el promedio energético para toda la comuna. En intervalo superior, desde el 30% al 40%, contiene 13 manzanas y las tres manzanas restantes se ubican en el intervalo que contiene porcentajes menores al 20% de personas altamente molestas por el ruido de tránsito vehicular. En la Figura 50 se aprecia la distribución de %HA en la comuna de Santiago.



Fig. 50. Distribución de %HA en la comuna de Santiago.

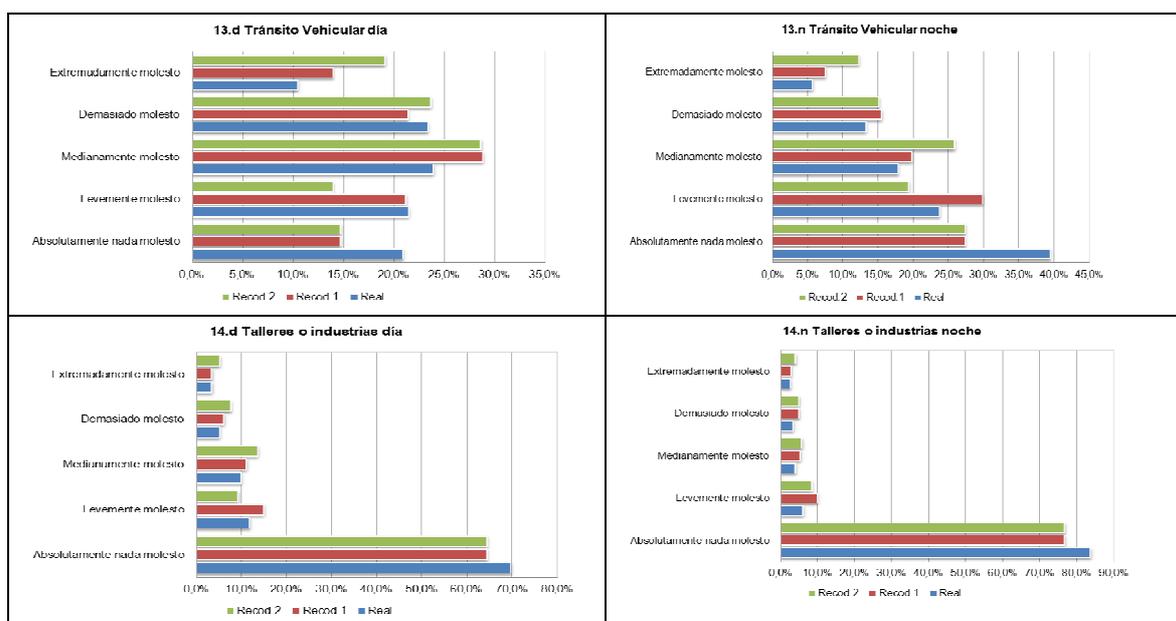
### 3.3.4. Análisis de la escala cualitativa en relación a escala cuantitativa

Se requiere determinar si es posible utilizar una sola escala de percepción de ruido ambiental. Para esto se tomó como base la escala verbal y se recodificó la escala numérica (0 a 10) de dos formas como se presenta en la Tabla 22, es decir para el recod1 el valor 0 representa "Absolutamente nada molesto" y los puntajes por ejemplo entre 4 y 6 representan en escala verbal situación "medianamente molesto", igual significado para la segunda recodificación. En la bibliografía pueden encontrarse análisis similares que encuentran estudios con recodificaciones parecidos [30], [31].

**Tabla 22.** Recodificación de escala numérica en escala verbal.

Niveles	Recod1	Recod 2
Absolutamente nada molesto	0	0
Levemente molesto	1 a 3	1 a 2
Medianamente molesto	4 a 6	3 a 5
Demasiado molesto	7 a 9	6 a 8
Extremadamente molesto	10	9 a 10

Para las tres escalas, las fuentes evaluadas fueron tránsito vehicular, taller o industria, obras de construcción, vecinos y lugares de diversión. La Figura 51 muestra los gráficos de barra para cada una de las fuentes de ruido tanto para el día como para la noche.



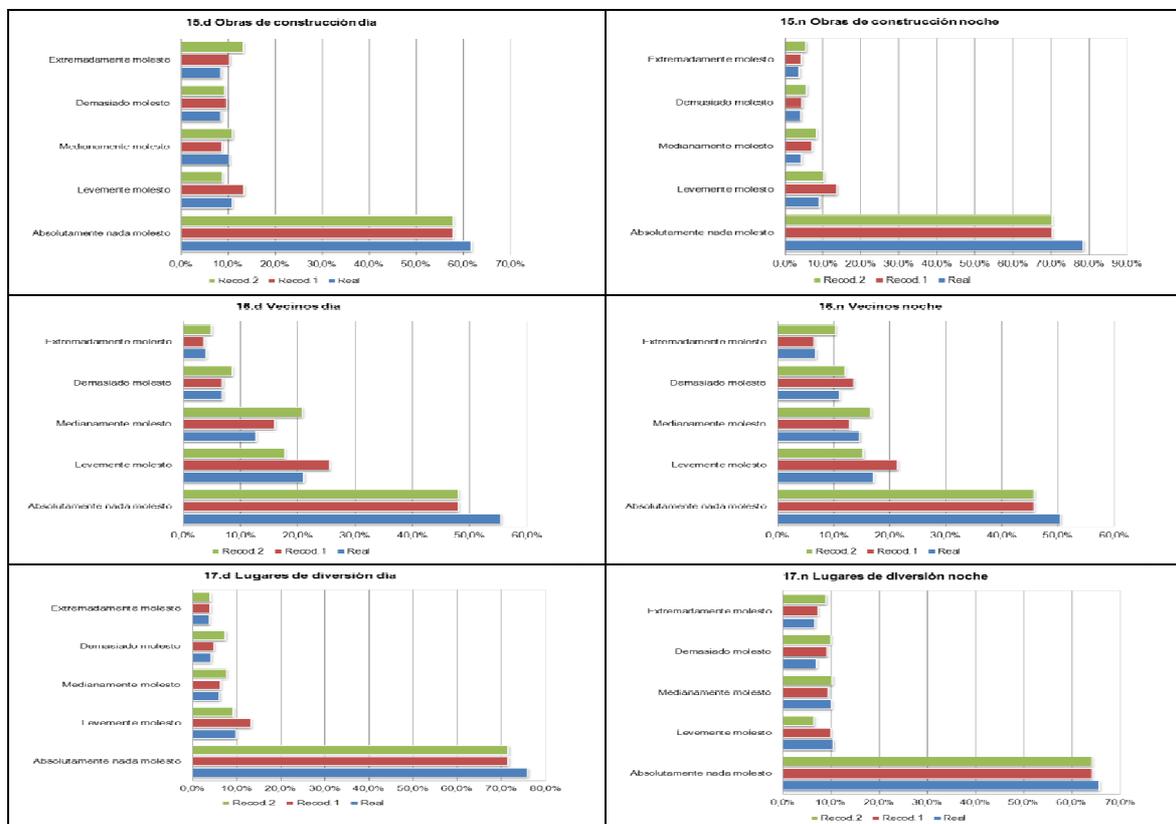


Fig. 51. Distribución de frecuencias para escalas según fuentes de ruido ambiental.

Analizando los resultados que se obtuvo con las tres escalas, se aprecia claramente que salvo para el caso de tránsito vehicular, las otras fuentes de ruido ambiental medidas presentan porcentajes similares para cada nivel de molestia. En el caso de tránsito vehicular en la categoría absolutamente nada molesto el porcentaje obtenido en escala verbal es superior en el día y noche a las dos recategorizaciones de la escala numérica<sup>13</sup>.

Para determinar si existe una correlación significativa entre las escalas se utilizó la correlación de rangos de Spearman. Esto indicaría que si son significativas tales correlaciones, sería posible usar una u otra, o dicho de otra forma, puede obtener la misma información de ellas. En la Tabla 23 se señalan las correlaciones respectivas entre cada una de las escalas de a pares, para cada fuente de ruido día y noche. Aquí se puede establecer que las dos escalas producto de las recodificación de la escala numérica presentan para todos los casos, correlaciones altamente significativas ( $p$ -valor  $< 0,01$ ). Es decir, se puede utilizar cualquiera de las dos (las correlaciones son todas superiores al 95%). Referente a la comparación entre la escala verbal y las recodificaciones, para ambos casos se encuentran correlaciones entre 70 y 88% (todas altamente

<sup>13</sup> Las tablas de frecuencias que dan como resultados los gráficos de la figura 38 se encuentran en anexo IV 3.4

significativas p-valor <0,01), tanto para el día como para la noche. A la luz de estos resultados, se puede concluir que las tres escalas entregan la misma información.

**Tabla 23.** Análisis de correlación de rangos de Sperman

Fuente ruido	Correlación		
	Real – recod 1	Real –Recod 2	Recod 1- Recod 2
13 d. Tránsito vehicular - día	0,763 **	0,752 **	0,942 **
13n. Tránsito vehicular- noche	0,713 **	0,708 **	0,957 **
14d. Talleres o industria – día	0,800 **	0,803 **	0,993 **
14n. Talleres o industria - noche	0,723 **	0,723 **	0,999 **
15d. Obras de construcción – día	0,885 **	0,881 **	0,994 **
15n. Obras de construcción – noche	0,777 **	0,783 **	0,995 **
16d. Vecinos – día	0,712 **	0,718 **	0,964 **
16n. Vecinos – noche	0,792 **	0,804 **	0,973 **
17d. Lugares de diversión - día	0,720 **	0,721 **	0,977 **
17n. Lugares de diversión - noche	0,846 **	0,830 **	0,982 **

\*\* diferencias altamente significativas (1%), \* diferencia significativas (5%), NS no presenta diferencias.

Si bien se puede establecer que al recodificar la escala numérica se puede obtener una información similar que la que nos entrega la escala verbal, debe tomarse con cautela, ya que la inclusión de las escalas (verbal como numérica) en los cuestionarios, usadas en todo el mundo, no solo facilita la comparación de resultados obtenidos en tales trabajos, sino que también, además, permitirá realizar análisis normalizados de la información proporcionadas por las correspondientes respuestas<sup>14</sup>. Lo anterior en concordancia con lo establecido en un estudio similar realizado en España [31].

<sup>14</sup> Hay que recordar que este análisis se realizó sólo con los datos de la comuna de Santiago, se recomienda validarlos con las otras comunas evaluadas anteriormente, situación que escapa a este estudio.

### 3.4. Análisis de los resultados de la modelación y de la encuesta

*Realizar un análisis en extenso de los resultados obtenidos de la modelación y de la aplicación de la encuesta, así como del cruce de información, con aquella de carácter desagregada que se obtenga de la Municipalidad de Santiago, organismos públicos regionales y otras que el equipo consultor estime relevantes.*

La información desagregada disponible se utilizará para el análisis de los resultados obtenidos. Tal información corresponde a denuncias por ruido, fuentes denunciadas, características y distribución de la población (censo 2002), usos de suelo según PRC, etc. También se analizará los niveles modelados de acuerdo a valores límite de exposición al ruido. Para esto se considerará principalmente los criterios de evaluación establecidos por la Unión Europea [13].

#### 3.4.1. Distribución de los niveles de ruido

En las Tabla 24 se identifica la distribución de los niveles de ruido modelados en la superficie estudiada de acuerdo a los descriptores Nivel día  $L_d$  y Nivel noche  $L_n$ . En el Anexo I Mapas de Ruido de la Comuna de Santiago se encuentran las tablas detalladas por las cinco zonas en que se dividió la superficie de la comuna.

**Tabla 24.** Distribución de los niveles de ruido modelados en la superficie de la Comuna de Santiago.

Intervalo (dBA)		Superficie (m <sup>2</sup> )		Porcentaje Total	
Min	Max	Día	Noche	Día (%)	Noche (%)
	50.0	751.600	3.957.900	3	17
50.0	55.0	1.328.400	5.180.000	6	22
55.0	60.0	3.417.900	4.942.000	15	21
60.0	65.0	5.189.500	6.540.600	22	28
65.0	70.0	5.496.400	2.013.600	24	9
70.0	75.0	5.417.900	442.900	23	2
75.0		1.477.100	1.800	6	0
Superficie Total (m <sup>2</sup> )		23.078.800	23.078.800	100	100

Para los fines del presente estudio es conveniente remitirse a valores sugeridos por la Comunidad Europea de 65 dB durante el día, 55 dB por la noche como valores de referencia, tal como lo indica [20]. Según estas referencias y los datos obtenidos, la Comuna de Santiago tiene un 54 % de su superficie sobre los 65 dBA en el día y un 60 % de la superficie con niveles sobre 55 dBA en la noche. Si es de interés comparar este valor

con otras comunas, los datos de estudios anteriores [19], indican que la Comuna de Providencia tiene 31,6% de su superficie sobre los 65 dBA en el día y un 64,1% de la superficie con niveles sobre 55 dBA en la noche, y la Comuna de Antofagasta, un 42,4% de la superficie tiene sobre los 65 dBA en el día, y un 78,1% de superficie sobre los 55 dBA en la noche. Por consiguiente, la Comuna de Santiago tiene un porcentaje mayor de superficie que supera las recomendaciones sobre ruido ambiental durante el día, pero una superficie menor en la noche, lo que parece bastante lógico por la dinámica de la misma comuna.

### 3.4.2. Análisis de denuncias Municipalidad de Santiago

Se ha realizado un análisis de las denuncias recibidas por la Unidad de Control de la Contaminación Acústica de la Dirección de Inspección General de la Municipalidad de Santiago.

De esta manera, y de acuerdo a lo proporcionado por la Contraparte Técnica, se han analizado y clasificado en ocho categorías un total de 1.865 denuncias recibidas por la Unidad de Control de la Contaminación Acústica. De ellas, 954 denuncias corresponden al año 2008 y 911 denuncias a 2009.

En el estudio de las denuncias, se ha considerado lo siguiente para su clasificación y posterior análisis:

1. **Construcción:** denuncias sobre ruido de actividades de construcción en general, constructoras, remodelaciones, ampliaciones, demoliciones.
2. **Fuente Fija:** denuncias de ruido de talleres, fábricas, supermercados, multitiendas, restaurantes, discotecas, pubs, imprentas, cines, teatros, universidades, centros culturales, equipos de aire acondicionado, equipos electrógenos, escuela de música, gimnasio, sala de ensayo, etc. Se ha asumido que es una fuente fija cuando se indica el domicilio y el rubro de la fuente: pub, restaurante, gimnasio, etc
3. **Sonido de Alarma:** denuncias de alarmas, ya sea de automóviles como de recintos.
4. **Música – Fiesta:** denuncias de ruido de actividades que se definen esporádicas a partir de la descripción de la denuncia, como: música, fiesta, instrumentos musicales, uso de parlantes hacia la vía pública en comercio. No se clasificaron aquí actividades permanentes como una escuela de música (se clasificó como fuente fija).
5. **Templos Religiosos:** denuncias por actividades en templos religiosos. Se dejó esta clasificación especial por lo reiteradas de las denuncias de este tipo de ruido. Las actividades de grupos religiosos en la vía pública no se clasificaron aquí, se incluyeron en el grupo "Artistas en la vía pública", por su similitud en cuanto a la generación del ruido y su posible gestión en control.
6. **Artistas Vía Pública:** ruido de actividades en vía pública: músicos, artistas, batucadas, chinchineros, incluyendo manifestaciones en la vía pública y actividades de grupos evangélicos en la vía pública.
7. **Campanas:** denuncia de sonido de campanas.
8. **Animales:** denuncias por ruido de animales domésticos.

En las siguientes tablas se presenta la clasificación de denuncias por cantidad y año, y por porcentaje.

**Tabla 25.** Cantidad de denuncias por ruido en el año 2008.

	Construcción		Fuente Fija		Sonido Alarma		Música - Fiesta		Templos Religiosos		Artistas Via Pública		Campanas		Animales		Total Fuentes Denunciadas
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n
<b>Enero</b>	23	22,55	23	45,10	5	4,90	14	13,73	9	8,82	3	2,94	2	1,96	0	0	<b>102</b>
<b>Febrero</b>	28	32,94	28	40,00	3	3,53	11	12,94	4	4,71	3	3,53	0	0	2	2,35	<b>85</b>
<b>Marzo</b>	39	39	39	33	2	2	8	8	6	6	12	12	0	0	0	0	<b>100</b>
<b>Abril</b>	52	42,28	52	27,64	3	2,44	14	11,38	6	4,88	14	11,38	0	0	0	0	<b>123</b>
<b>Mayo</b>	19	32,76	19	46,55	0	0,00	7	12,07	1	1,72	3	5,17	0	0	1	1,72	<b>58</b>
<b>Junio</b>	24	38,71	24	32,26	4	6,45	2	3,23	5	8,06	5	8,06	0	0	2	3,23	<b>62</b>
<b>Julio</b>	37	46,25	20	25,00	9	11,25	3	3,75	3	3,75	8	10,00	0	0	0	0	<b>80</b>
<b>Agosto</b>	25	43,86	16	28,07	5	8,77	6	10,53	2	3,51	3	5,26	0	0	0	0	<b>57</b>
<b>Septiembre</b>	21	35,00	21	35,00	2	3,33	3	5,00	8	13,33	5	8,33	0	0	0	0	<b>60</b>
<b>Octubre</b>	25	31,65	28	35,44	3	3,80	4	5,06	8	10,13	11	13,92	0	0	0	0	<b>79</b>
<b>Noviembre</b>	14	21,88	32	50,00	4	6,25	5	7,81	5	7,81	4	6,25	0	0	0	0	<b>64</b>
<b>Diciembre</b>	25	29,76	39	46,43	6	7,14	6	7,14	2	2,38	5	5,95	1	1,19	0	0	<b>84</b>
<b>Suma</b>	<b>332</b>		<b>350</b>		<b>46</b>		<b>83</b>		<b>59</b>		<b>76</b>		<b>3</b>		<b>5</b>		<b>954</b>
<b>Promedio</b>	<b>27,67</b>	<b>34,72</b>	<b>29,17</b>	<b>37,04</b>	<b>3,83</b>	<b>4,99</b>	<b>6,92</b>	<b>8,39</b>	<b>4,92</b>	<b>6,26</b>	<b>6,33</b>	<b>7,73</b>	<b>0,25</b>	<b>0,26</b>	<b>0,42</b>	<b>0,61</b>	
<b>Porcentaje del total de denuncias</b>		<b>34,8</b>		<b>36,7</b>		<b>4,8</b>		<b>8,7</b>		<b>6,2</b>		<b>8,0</b>		<b>0,3</b>		<b>0,5</b>	<b>100</b>

**Tabla 26.** Cantidad de denuncias por ruido en el año 2009.

	Construcción		Fuente Fija		Sonido Alarma		Música - Fiesta		Templos Religiosos		Artistas Via Pública		Campanas		Animales		Total Fuentes Denunciadas
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n
<b>Enero</b>	25	31,25	29	36,25	6	7,50	7	8,75	6	7,50	7	8,75	0	0	0	0	<b>80</b>
<b>Febrero</b>	16	24,62	27	41,54	6	9,23	7	10,77	5	7,69	3	4,62	0	0	1	1,54	<b>65</b>
<b>Marzo</b>	28	28	40	40	4	4	12	12	8	8	8	8	0	0	0	0	<b>100</b>
<b>Abril</b>	17	26,15	26	40,00	5	7,69	4	6,15	7	10,77	6	9,23	0	0	0	0	<b>65</b>
<b>Mayo</b>	20	33,33	26	43,33	1	1,67	5	8,33	3	5,00	4	6,67	0	0	1	1,67	<b>60</b>
<b>Junio</b>	13	21,31	27	44,26	1	1,64	8	13,11	3	4,92	9	14,75	0	0	0	0	<b>61</b>
<b>Julio</b>	28	30,43	41	44,57	3	3,26	9	9,78	1	1,09	10	10,87	0	0	0	0	<b>92</b>
<b>Agosto</b>	15	22,39	30	44,78	6	8,96	11	16,42	0	0,00	3	4,48	1	1,49	1	1,49	<b>67</b>
<b>Septiembre</b>	7	11,48	37	60,66	2	3,28	5	8,20	1	1,64	9	14,75	0	0	0	0	<b>61</b>
<b>Octubre</b>	17	17,35	57	58,16	3	3,06	7	7,14	10	10,20	4	4,08	0	0	0	0	<b>98</b>
<b>Noviembre</b>	28	36,36	36	46,75	1	1,30	7	9,09	1	1,30	4	5,19	0	0	0	0	<b>77</b>
<b>Diciembre</b>	13	15,29	52	61,18	4	4,71	8	9,41	4	4,71	3	3,53	0	0	1	1,18	<b>85</b>
<b>Suma</b>	<b>227</b>		<b>428</b>		<b>42</b>		<b>90</b>		<b>49</b>		<b>70</b>		<b>1</b>		<b>4</b>		<b>911</b>
<b>Promedio</b>	<b>18,92</b>	<b>24,83</b>	<b>35,67</b>	<b>46,79</b>	<b>3,50</b>	<b>4,69</b>	<b>7,50</b>	<b>9,93</b>	<b>4,08</b>	<b>5,23</b>	<b>5,83</b>	<b>7,91</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,33</b>	<b>0,49</b>	
<b>Porcentaje del total de denuncias</b>		<b>24,9</b>		<b>47,0</b>		<b>4,6</b>		<b>9,9</b>		<b>5,4</b>		<b>7,7</b>		<b>0,1</b>		<b>0,4</b>	<b>100</b>

En las figuras 52 y 53 siguientes se representa la distribución de las denuncias por tipo según la clasificación utilizada.

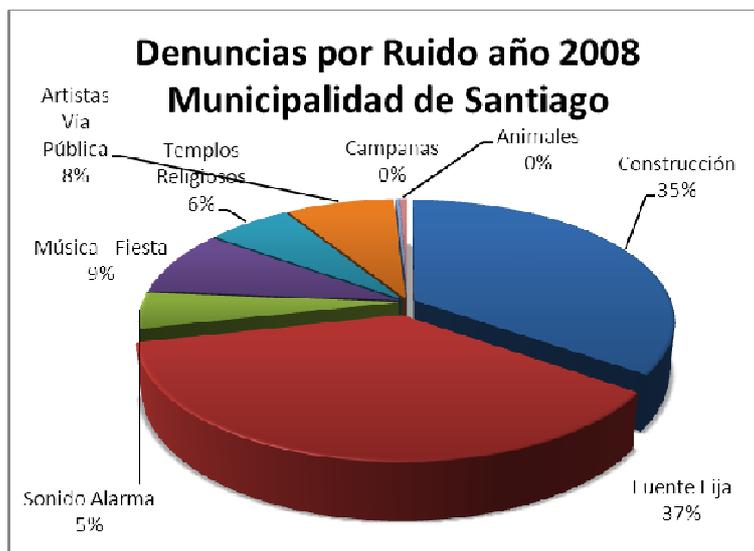


Fig. 52. Distribución de las denuncias por ruido recibidas en 2008 en la comuna de Santiago.

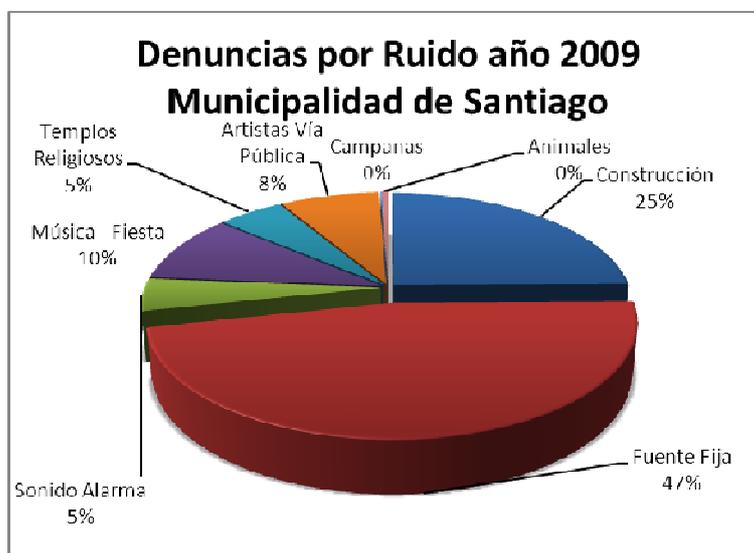


Fig. 53. Distribución de las denuncias por ruido recibidas en 2009 en la comuna de Santiago.

De las tablas y gráficos, se puede observar que:

- La municipalidad recibió un promedio mensual de 79,5 y 75,92 de denuncias por ruido durante el año 2008 y 2009 respectivamente. Dicho de otra forma, el municipio recibe en promedio más de dos denuncias diarias por ruido ambiental.
- Sin que exista una clara identificación del o los meses con más denuncias por ruido, el mes de marzo en ambos años tiene un valor alto de denuncias por ruido (100). Otros meses con más denuncias mensuales son enero, febrero, abril, julio, octubre, y diciembre el año 2008. Para el 2009 los meses sobre el promedio de denuncias son enero, junio, octubre, noviembre y diciembre. Esta distribución de denuncias en los distintos meses obedece a una dinámica propia de cada tipo de fuente, y seguramente responde a características de cada año (fecha de la ejecución de actividades de construcción, eventos en la vía pública, etc.).
- Las fuentes más denunciadas corresponden a fuentes fijas 36,7% y 47% en 2008 y 2009. La segunda actividad más denunciada son las actividades de construcción (34,8% y 24,9%). Si a estas fuentes sumamos la actividad de templos religiosos, se obtiene que el 77,7% y 77,3% en los años 2008 y 2009 son denuncias generadas por actividades reguladas por el DS 146/97 MINSEGPRES.

En la municipalidad deben existir con seguridad más antecedentes para cada denuncia (fecha, hora de la denuncia, domicilio del denunciante, teléfono, etc.). Esos datos, posiblemente asociados a los códigos "ING.DGI" y "ING.ALO" de la base de datos, pueden ser relevantes a futuro para un análisis más en detalle de cada fuente de ruido, y conocer más información para el diseño de gestión ambiental más particular.

Al no considerar las fechas de las denuncias, podría suceder que un mismo evento molesto registre más de una denuncia. Lo anterior, para fines de este estudio, no es del todo relevante, pues lo que interesa es la cantidad de denuncias (molestia), como indicador de bienestar de la comunidad, y no como evento. Este es un elemento que podría considerar el municipio a futuro.

### 3.4.3. Análisis de denuncias SEREMI de Salud Región Metropolitana

Se ha realizado un análisis de las denuncias recibidas por la Salud Región Metropolitana.

De esta manera, y de acuerdo a lo proporcionado por la Contraparte Técnica, se han analizado un total de 193 denuncias. De ellas, 76 denuncias corresponden al año 2008 y 117 denuncias a 2009.

La responsabilidad de esta institución sobre las denuncias por ruido recae en aquellas clasificadas como fuentes de fijas, de acuerdo al DS 146/97 MINSEGPRES. Según lo informado, del total de denuncias, aquellas clasificadas como "otros" no se les aplica el mencionado decreto, como tampoco a dos casos de "Edificación Habitacional", un caso en "Construcción" y un caso en "Actividad Comercial".

**Tabla 27.** Denuncias por ruido en el año 2008 y 2009 en la SEREMI de Salud RM.

	2008		2009	
	n	%	n	%
<b>Comuna de la Fuente</b>				
Comuna de Santiago	74	97,4	106	90,6
Fuera de la Comuna de Santiago	2	2,6	11	9,4
Comuna de Vitacura	1	1,3	2	1,7
Comuna de Ñuñoa	1	1,3	0	0,0
Comuna de La Florida	0	0,0	1	0,9
Comuna de San Miguel	0	0,0	7	6,0
Comuna de Puente Alto	0	0,0	1	0,9
<b>Aplica el DS 146</b>				
Si aplica	64	84,2	111	94,9
No aplica	12	15,8	6	5,1
<b>Fuentes denunciadas</b>				
Actividad comercial	4	5,3	22	18,8
Actividad Productiva/bodegas	6	7,9	9	7,7
Centro Deportivo/recreativo	0	0,0	4	3,4
Construcción	20	26,3	26	22,2
Discoteque/Pub/Centro Eventos	5	6,6	13	11,1
Edificación Habitacional	6	7,9	1	0,9
Elaboradora / bodega de alimentos	4	5,3	0	0,0
Establecimiento educacional	2	2,6	2	1,7
Infraestructura de servicios	2	2,6	7	6,0
Local de alimentos	0	0,0	1	0,9
Otro	10	13,2	4	3,4
Restaurante / fuente de soda	4	5,3	8	6,8
Supermercado	0	0,0	3	2,6
Taller	8	10,5	8	6,8
Templo Religioso	5	6,6	9	7,7
<b>Total de denuncias</b>	<b>76</b>	<b>100</b>	<b>117</b>	<b>100</b>

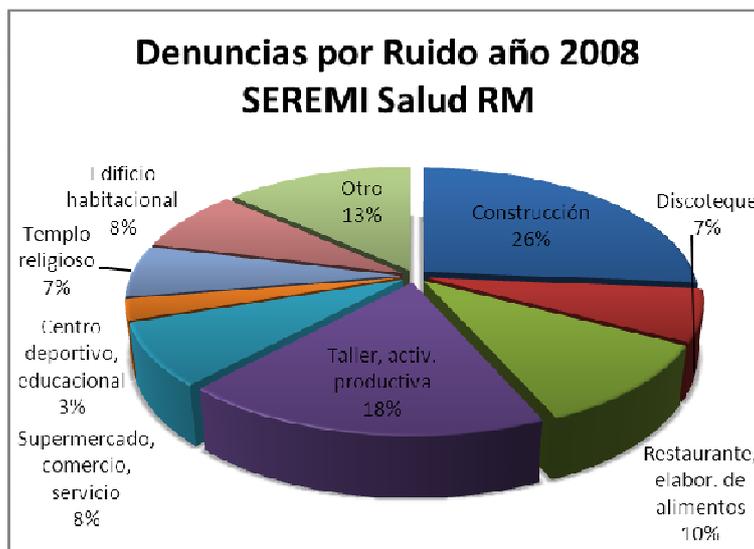


Fig. 54. Distribución de las denuncias por ruido recibidas en 2008 en la SEREMI Salud RM.

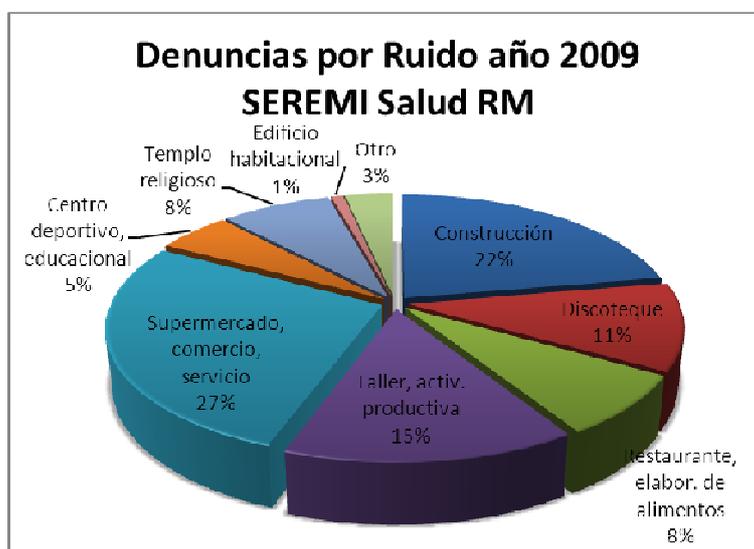


Fig. 55. Distribución de las denuncias por ruido recibidas en 2009 en la SEREMI Salud RM.

De las tablas y gráficos, se puede observar que:

- La SEREMI de Salud RM recibió un promedio mensual de 6,3 y 9,75 de denuncias por ruido durante el año 2008 y 2009 respectivamente.
- Las fuentes más denunciadas corresponden a la construcción con 26,3% y 22,2% en 2008 y 2009. La segunda actividad más denunciada son los talleres en el 2009 (10,5%) y las actividades comerciales el 2009 (18,8%). Hay cierto tipo de actividades que disminuyeron sus denuncias desde el 2008 al 2009 (como las de edificación habitacional, o elaboradora de alimentos), otras aumentaron (como la actividad comercial) y otras mantuvieron su porcentaje de denuncias (como las actividades productivas, o templo religioso). Estos análisis tienen una validez estadística discreta, ya que considera sólo dos años de datos, y por lo tanto no es posible concluir alguna tendencia útil para el estudio o para la gestión ambiental de la comuna.

Será de interés conocer a futuro la información de atención a las denuncias, fiscalización y tasa de casos resueltos como para evaluar la efectividad de la gestión en control de ruido ambiental sobre las fuentes fijas que realiza la SEREMI de Salud RM.

Del universo de denuncias (Municipio y SEREMI de Salud RM), destacan las denuncias sobre las fuentes fijas, y particularmente sobre obras de construcción como un tipo muy denunciado. En menor medida, la actividad de los templos religiosos como actividad diferenciada del resto de denuncias.

### 3.5. Propuesta de gestión de ruido ambiental

*El equipo consultor deberá realizar un análisis de los resultados del Estudio y elaborar una propuesta con las directrices y lineamientos futuros recomendados, referente a la estrategia de la gestión local en control de ruido ambiental para la comuna de Santiago, incluyendo los alcances y limitaciones.*

En esta etapa del proyecto se realiza un análisis de los resultados de los mapas de ruido y las encuestas, con el fin de elaborar una propuesta con directrices y lineamientos generales que puedan ser considerados en la gestión del control de ruido ambiental de la comuna.

También se esbozarán posibles mecanismos de gestión, estudiando los instrumentos propios del municipio, indicando medidas preventivas, reactivas y correctivas, que pudieran desarrollarse en la comuna de Santiago.

En particular, se profundizará en las medidas propuestas por el Manual del Profesional para la Elaboración de Planes de Acción contra el Ruido en el Ámbito Local [20] en aquellas que son aplicables a la comuna en estudio. Se tendrá especial atención de los resultados de las encuestas en cuanto al tránsito vehicular y como se presente en la modelación de los mapas de ruido, y también se analizarán otras fuentes de ruido distintas al tránsito vehicular que figuren en las encuestas como relevantes para estos efectos.

Para este ítem del proyecto, se han realizado dos entrevistas con personal de la Municipalidad de Santiago: la Srta. Paola Escobar, Directora de la Gerencia de Medio Ambiente; y del Sr. Nelson Rojas, Encargado de La Unidad de Control de la Contaminación Acústica de la Dirección de Inspección General. De ambas entrevistas, se pueden destacar algunos elementos relevantes para este estudio:

- La municipalidad presenta un sistema de gestión en control de ruido ambiental avanzado. Cuenta con una ordenanza de ruidos molestos [24] bastante completa que de acuerdo a la base de datos de denuncias, responde en un alto porcentaje a los problemas de ruido de la comunidad.
- Para el caso de fuentes fijas (las fuentes de ruido más denunciadas):
  - a. Existe una homologación de zonas para toda la comuna, y que corresponde a una clasificación de zonas I, II y III. No se contemplan zonas IV en el municipio.
  - b. Es una homologación clara respecto al uso de suelo permitido y la aplicación del DS 146/97 MINSEGPRES. Lo anterior se considera un gran aporte a la gestión en control de ruido.
- En esta ordenanza, como en otras en el país, comparten dos formas de regulación: aquella vinculada con la prohibición de actividades que se presumen molestas (sin medición), y actividades a las que se les fija un valor límite de ruido (requiere medición). En este aspecto, es necesario destacar que la ordenanza municipal es una instancia de apoyo a las normas ambientales (emisión y calidad), por lo cual debería actuar mediante convenios Municipalidad-SEREMI de Salud en la fiscalización de las

fuentes fijas. El texto de una ordenanza municipal no debiera fijar niveles ni procedimientos de medición, ya que son propios de una norma ambiental. Sin embargo, la gran utilidad que tienen las ordenanzas de ruidos molestos dan pie a no detenerse en este aspecto, y subrayar el papel de este cuerpo legal por cuanto es un verdadero aporte a la gestión en control de ruido ambiental (especialmente a las fuentes fijas).

- La Ordenanza N° 80 [24], en sus artículos 5 y 6, define aquellas actividades que se presumen molestas. Si bien la redacción es clara, se sugiere analizar si es necesario ampliar el detalle de las prohibiciones recogiendo la forma de denuncias de la comunidad, y atendiendo la naturaleza de cada evento. Así, por ejemplo, se podrían incluir actividades como generación de música (ensayo con instrumentos musicales) y fiestas en propiedades privadas, tenencia de animales ruidosos, etc.; incluir o definir horarios para ciertas actividades, etc.
- Para el ruido generado por vecinos, los reglamentos de copropiedad deberían ser una herramienta de gestión potente. Se sugiere explorar sobre estos instrumentos y su aplicación a las molestias de ruido en la comuna.
- Casi la totalidad de gestión en control de ruido ambiental se realiza en base a denuncias de los vecinos. No están implementados aún mecanismos preventivos articulados, por ejemplo, entre el otorgamiento de patentes para locales potencialmente ruidosos o permisos para actividades de construcción, y un seguimiento asociado a fiscalización de las condiciones autorizadas. Este es un espacio a explorar a futuro en virtud de la gran cantidad de denuncias recibidas por actividades como fuentes fijas, templos evangélicos y actividades de construcción. La ordenanza N° 102, 17 de Octubre de 2005, Para Establecimientos de Espectáculos Públicos de Entretenimiento y Gastronómicos [25], indica en sus artículos 49 y 50 un mecanismo de exigencia de certificados de aislación acústica de las instalaciones, extendidos por el Servicio de Salud del Ambiente o Instituciones Oficiales de Control Técnico de Calidad de Materiales y Elementos Industriales para la Construcción (Resolución No. 420, MINVU -"D.O." 13.12.90). Si fuera posible implementar esta exigencia con un sistema de seguimiento, que podría exigirse a los mismos dueños de las fuentes fijas (como se hace en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental), disminuirían en forma importante las denuncias por estas fuentes en el tiempo.
- Para locales de uso público con capacidad para recibir en forma simultánea a 100 personas o más, se sugiere explorar la forma de articular una gestión coordinada con la Secretaría Regional Ministerial de Salud para la implementación del Reglamento De Condiciones Sanitarias, Ambientales y de Seguridad Básicas en Locales de Uso Público. Decreto N° 10/10, Publicado en el Diario Oficial de 25.09.10. [26]. En particular, el reglamento establece en cuanto a la patente municipal y el ruido:

*Artículo 2. Para la obtención del informe de evaluación sanitaria solicitado por la Municipalidad para el otorgamiento de una patente municipal, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 83 del Código Sanitario, se deberán presentar los siguientes antecedentes a la Autoridad Sanitaria Regional correspondiente:*

...

*h) En caso de declararse entre sus usos la música o cualquier otra finalidad que requiera, deberá acompañar un informe que acredite la realización de un ensayo de prueba que permita verificar el cumplimiento a la normativa vigente sobre emisión de ruidos hacia la comunidad. En dicho informe se deberán especificar las condiciones del funcionamiento del local relativas a los equipos utilizados, según el inventario, el nivel sonoro al interior del local y las ubicaciones especificadas en el plano de planta.*

...

## TÍTULO VII

### *De las condiciones acústicas de los locales*

*Artículo 17.- Todo local de uso público deberá ser diseñado, construido y funcionar en términos de asegurar el cabal cumplimiento de la Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, decreto N° 146 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia o el que lo reemplace, además de las exigencias sobre condiciones acústicas contenidas en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.*

*En caso que el local cuente con sistemas artificiales de ventilación y/o extracción de aire, grupos electrógenos o cualquier otro tipo de equipo susceptible de generar ruido hacia la comunidad, éstos deberán contar con los sistemas de aislamiento acústico necesarios para dar cumplimiento a la normativa previamente señalada.*

*Artículo 18.- En caso de que en virtud del ensayo practicado al establecimiento, conforme a lo dispuesto en el artículo 2º, letra h) de este reglamento, se determine la capacidad de dar cumplimiento a la normativa vigente en materia de emisión de ruidos sólo para la reproducción de música envasada, quedará prohibida la ejecución de música en vivo, debiendo la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva consignar expresamente tales circunstancias en el Informe Sanitario que se extienda al efecto.*

*Artículo 19.- En este tipo de locales, cuando el nivel de presión sonora continuo equivalente, a nivel del oído de los usuarios, sea superior a 86 dB(A) lento, deberá colocarse, junto con el letrero a que se refiere el artículo 4º de este reglamento, un aviso de gráfica visible que contenga la siguiente leyenda: "La permanencia al interior de este recinto durante un prolongado período de tiempo puede producir daños permanentes en el oído".*

- Es relevante destacar que siendo el ruido un contaminante con naturaleza objetiva (física, medible en decibeles) y subjetiva (depende de la opinión de las personas), es importante realizar permanentemente acciones de gestión en control de ruido en el ámbito educativo y preventivo. Así, por ejemplo, no es apropiado realizar sólo una campaña de sensibilización de la comunidad sobre los efectos dañinos del ruido y cómo y dónde se debe recurrir en caso de problemas, sino llevar a cabo acciones permanentes que colaboren en la gestión de fiscalización más compleja. La acción permanente y coordinada de los Inspectores Municipales y Carabineros de Chile en eventos ruidosos y potencialmente molestos, permitirán proyectar una imagen de una autoridad comprometida con el medio ambiente y un entorno menos ruidoso. El objetivo es controlar aquellas conductas o actos ruidosos que alteren las condiciones acústicas habituales de los habitantes y causen quejas a los vecinos, de ese modo, educar una conciencia ciudadana respecto del ruido. Sólo a modo de ejemplo, con la colaboración de Carabineros se puede orientar una acción focalizada en dos tipos de denuncias frecuentes: la utilización de parlantes en la vía pública (y de locales comerciales hacia la vía pública) y la generación de música y la realización de fiestas. Ambos tipos de denuncias corresponden del orden de un 15% del universo, y una acción coordinada y permanente podría disminuir estos números.

Es necesario e imprescindible destacar que el equipo consultor está en conocimiento que el municipio cuenta con una nueva ordenanza de ruidos molestos en los últimos pasos de tramitación legal. En vista de lo anterior, parece poco productivo hacer un análisis en profundidad de la ordenanza vigente. Sin embargo, puede ser de interés considerar el siguiente listado de actividades que se presumen molestas por realizarse en cierto horario y/o condición:

**Tabla 28.** Ejemplo de situaciones presuntamente molestas a incluir y regular en una ordenanza municipal de ruido.

Prohibiciones y condiciones que definen la prohibición	Acciones Molestas y Fuentes de Ruido Específicas
Ruidos Molestos - Acciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ generación de música</li> <li>○ propaganda a viva voz</li> <li>○ utilización de parlantes</li> <li>○ extracción de desperdicios</li> <li>○ empleo de cualquier equipo que produzca ruido</li> <li>○ utilización de instrumentos musicales</li> <li>○ actividad de canto</li> <li>○ actividad de teatro o similar</li> <li>○ acción de tipo deportiva, cultural, artística, religiosa</li> </ul>
Ruidos Molestos - vehículos motorizados – zonas sensibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ vehículos que producen sonidos molestos</li> <li>○ utilización de escape libre, o sin silenciador</li> <li>○ arrastre de piezas</li> <li>○ golpes de la carga</li> <li>○ carrocería en estado que genera ruido (defectuosa)</li> <li>○ empleo de tolvas</li> <li>○ realización de carga y descarga</li> <li>○ realización de embalaje, apertura u otra manipulación de cajas, estanques y similares</li> </ul>

Prohibiciones y condiciones que definen la prohibición	Acciones Molestas y Fuentes de Ruido Específicas
Ruidos Molestos - con dispositivos de aviso	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ empleo de alarmas sonoras</li> <li>○ manejo de dispositivos de aviso que no tienen el carácter de emergencia</li> <li>○ uso de sistemas de llamado</li> <li>○ utilización de bocina</li> </ul>
Ruidos Molestos - acciones - autorizados por escrito por la autoridad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ actividad de construcción</li> <li>○ actividad de demolición</li> <li>○ actividad de excavación</li> <li>○ actividad de extracción</li> <li>○ instalación de faenas</li> <li>○ funcionamiento de ferias de diversiones</li> <li>○ actividad de fondas</li> <li>○ funcionamiento de circos</li> <li>○ eventos que utilicen sistemas de amplificación</li> <li>○ utilización de explosivos</li> <li>○ empleo de armas de fuego</li> <li>○ uso de fuegos artificiales, petardos, cohetes</li> <li>○ funcionamiento de ferias libres</li> </ul>
Ruidos Molestos - lugares de descanso	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ empleo de vehículos de carácter recreativo</li> <li>○ uso de vehículos todo terreno</li> <li>○ utilización de motos</li> <li>○ acción de modelos a escala de vehículos motorizados</li> <li>○ funcionamiento de equipos de amplificación</li> </ul>

Sería deseable que la ordenanza municipal contemplara el mecanismo de realización de las denuncias. A modo de ejemplo:

*La recepción de una denuncia ante la municipalidad podrá iniciarse en forma personal, telefónica, fax o vía correo electrónico, y quedar registrados al menos los siguientes datos:*

- a) *Individualización completa del denunciante.*
- b) *Identificación del presunto responsable: Dirección, y en lo posible, Razón Social, Nombre, Teléfono u otros datos que faciliten su comunicación.*
- c) *Fecha(s) y hora(s) en que ocurrió la molestia.*
- d) *Descripción de la actividad afectada, tipo de ruido, horas de ocurrencia.*
- e) *Declaración que proporcionará todas las facilidades necesarias para aplicar el procedimiento que corresponda a la denuncia que ha efectuado.*

*Recibida una denuncia de estas características, la municipalidad la pondrá en conocimiento del denunciado, dentro de {15} días como máximo.*

Por otro lado, es posible encontrar en la bibliografía reciente, una serie de acciones sugeridas para la gestión ambiental en control de ruido. En la tabla 29 hay un listado en tres ámbitos: medidas legales, medidas de ingeniería, y educación e información, lo que es una buena muestra de las acciones posibles en la materia.

**Tabla 29.** Actuaciones sugeridas para la gestión ambiental en control de ruido [32].

Tipo de medidas	Ejemplos
<b>Medidas Legales</b>	
Control de emisiones	Valores límites de emisión: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Automóviles, motos y ciclomotores</li> <li>○ Equipos de construcción y de uso exterior</li> <li>○ Plantas industriales</li> </ul>
Control de la transmisión del sonido	Medidas de apantallamiento de ruido
Cartografía y zonificación acústica en el entorno de carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, e industrias y aglomeraciones.	Programas de medida y modelización del ruido
Control de inmisiones	Limitación de los niveles de exposición: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Valores límite de inmisión nacionales</li> <li>○ Campañas de medida y modelización</li> <li>○ Regulación de situaciones complejas. Planes zonales.</li> <li>○ Regulación de las actividades recreativas</li> </ul>
Límites de velocidad	Áreas residenciales y zonas hospitalarias
Aplicación de normativas	Planes de acción preventivos y correctivos
Requerimientos acústicos mínimos a los edificios	Código técnico para el aislamiento acústico de edificios
<b>Medidas de Ingeniería</b>	
Reducción de emisiones por modificación de la fuente	Capas de rodadura silenciosas Perfil de los neumáticos Cambios en las propiedades de los motores
Aplicación de nuevas tecnologías (MTD's)	Vehículos Material ferroviario Aeronaves Maquinaria de construcción y uso en el exterior
Reducción de la transmisión	Encapsulamiento de maquinaria Apantallamiento acústico
Orientación de los edificios	Diseño y estructuración para usos tranquilos Uso de edificios para apantallamiento acústico
Gestión del tráfico rodado	Límites de velocidad Regulación por medios electrónicos
Protección pasiva	Aislamiento de viviendas Diseño de fachadas
Planificación territorial y urbanística	Zonificación acústica Separación de usos incompatibles Implantación de zonas de servidumbre acústica en el entorno de infraestructura de transporte Corredores by-pass para el tráfico pesado Protección de áreas tranquilas
<b>Educación e Información</b>	
Concienciación del público	Información al público sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Efectos del ruido sobre la salud</li> <li>○ Presentación de quejas</li> </ul>

Tipo de medidas	Ejemplos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Niveles de exposición al ruido</li> <li>○ Participación en los Planes de Acción</li> </ul>
Elaboración de mapas de exposición al ruido	Publicación de los resultados
Formación de expertos en evaluación y gestión del ruido	Programas educativos en la Universidad y Escuelas
Potenciar programas de investigación y desarrollo	Generación de fondos de información sobre las necesidades de investigación científica
Potenciar cambios de comportamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de la velocidad de conducción</li> <li>Uso de bocinas</li> <li>Uso de altavoces para publicidad</li> <li>Uso de sirenas y alarmas</li> </ul>

Para este conjunto de acciones de gestión en control de ruido ambiental, es necesario incorporarles la perspectiva del marco nacional legislativo vigente, con el fin de analizar la viabilidad de incorporar tales estrategias de trabajo. Por ejemplo, en Chile la determinación de los límites de emisión ambiental están fuera del alcance municipal, por ser potestad del Ministerio del Medio Ambiente. Sin embargo, otras medidas pueden adaptarse a la realidad, interés y capacidad disponible en el municipio en esta materia.

El ámbito más potente de acción del municipio está en la cercanía con la ciudadanía, pues habitualmente es la primera instancia de consulta o queja por parte de la comunidad. Así, toda acción educativa y mediadora, pueden ser las acciones más inmediatas y efectivas. Los ejemplos de la tabla 29 en educación e información son actuaciones al alcance del gobierno local, incluso aquellas que aparentemente pueden involucrar ámbitos ministeriales, como el caso de la educación. El municipio, a través de los colegios de su dependencia puede llevar a cabo campañas de información y formación a la comunidad escolar, crear pequeños fondos de investigación escolar concursables sobre el entorno sonoro en la ciudad, sus características y problemas.

Para una comuna que presenta altos grados de sensibilidad al ruido ambiental, con marcados grados de molestia y efectos en la salud (más del 10% de la población indica que el ruido ambiental le genera siempre nerviosismo, insomnio y dolor de cabeza), la educación ambiental es una responsabilidad que debe abordarse con una perspectiva temporal apropiada.

Acciones sobre la planificación territorial, pueden considerarse como esfuerzos extremadamente efectivos a largo plazo. Tales acciones deben incorporarse a la discusión del diseño de ciudad y comuna que se quiere alcanzar. No es posible ni responsable indicar que debe disminuir el tránsito de autobuses por las calles de la comuna, ni menos que deba disminuir importantemente el tránsito vehicular en la misma. Las características de la comuna presentan desafíos más complejos, como diseñar el flujo vehicular de manera que disminuya su impacto ambiental hasta el mínimo, sin dejar de cumplir su función. Las medidas que típicamente son recomendadas a reducir el impacto del ruido de tránsito deben analizarse con mayor profundidad, caso a caso y según la proyección de la comuna: reducción de velocidad, adecuación de la carpeta de rodado según el tráfico, reducción del espacio destinado al vehículo (y más espacio para el peatón), prohibición horario de

acceso de vehículos ruidosos, regulación del tráfico, vehículos de servicio más silenciosos (recogida de basura, de vidrios, microbuses, reparto mercadería) [32].

Será conveniente que el municipio pueda focalizar más acciones preventivas sobre las fuentes más denunciadas que califican como fuentes fijas, tales como las obras de construcción o actividad de templos religiosos.

Por otro lado, si se considera que el 55% de la población vive en departamento, y el 39,6% vive en casas pareadas, es fácil suponer que se puedan generar condiciones que favorezcan posible molestia por ruido de vecinos (un 10,8% de día y un 17,8% en la noche). En este escenario puede ser útil fomentar reglamentos de copropiedad que cooperen en la disminución de tales porcentajes. Hay casi un 10% de denuncias de fiestas y música que recibe el municipio anualmente.

La municipalidad cuenta con un sistema de registro de denuncias de ruido que parece apropiado a los problemas de la comuna. Será apropiado que a futuro se acompañe este análisis con la efectividad de atención a las denuncias, fiscalización y tasa de casos resueltos. Para tal diagnóstico se requiere información adicional que permita evaluar si son necesarios mayores recursos o cambios de estrategias en esta gestión.

Sería muy interesante que el municipio pudiera avanzar en definir lineamientos y acciones en materias de control de ruido ambiental tales como los ayuntamientos españoles de la ciudad de Bilbao y de Madrid. El Ayuntamiento de Bilbao ha establecido un Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica basado en cuatro líneas estratégicas: aumento de la participación y sensibilización de la ciudadanía, actuación sobre la planificación del suelo y el diseño urbano, actuación contra el ruido y promover transportes de baja emisión sonora [32]. El Ayuntamiento de Madrid también cuenta con un Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica, aprobado en diciembre de 2009. Éste incluye en su Tomo III un interesante y completo "Catálogo de Soluciones" para resolver las situaciones problemáticas que pueden servir de muestra (tabla 29).

**Tabla 29.** Catálogo de soluciones del Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica [33].

Línea de Actuación	Actuaciones
1. Sensibilización y Educación Contra el Ruido Actuaciones	1.1 Encuestas a los ciudadanos 1.2 Realización de campañas de comunicación y sensibilización 1.3 Instalación de monitores de información 1.4 Campañas educativas en colegios de primaria 1.5 Fomento de una conducción más silenciosa
2. Movilidad Sostenible	2.1 Promover medios de transporte más silenciosos 2.2 Renovación del parque automovilístico 2.3 Fomento del intercambio modal mediante aparcamientos disuasorios 2.4 Renovación de la flota de vehículos municipales 2.5 Acceso restringido a vehículos de transporte de mercancías

Línea de Actuación	Actuaciones
	2.6 Redistribución de líneas de autobuses 2.7 Categorización de viales según su velocidad 2.8 Zona treinta en las proximidades de los edificios educativos y hospitalarios 2.9 Control de velocidad 2.10 Sustitución de superficies viales 2.11 Señales variables 2.12 Rotondas 2.13 Control del parque de vehículos y herramientas de limpieza 2.14 Controlar la emisión de vehículos privados 2.15 Alternativas de recogida de residuos 2.16 Instalación de puntos de carga eléctrica en los parkings 2.17 Protección de las áreas de influencia de las bases de vehículos de emergencia 2.18 Control acústico de la maquinaria empleada en obras en la vía pública
3. Actuaciones de Control de Ruido Provocado por Ocio Nocturno	3.1 Técnicos especializados en ruido 3.2 Potenciar las patrullas conjuntas 3.3 Mapa de ocio nocturno 3.4 Localización de zonas de conflicto por ocio nocturno 3.5 Medidas específicas de rehabilitación acústica en entornos saturados de ocio
4. Actuaciones sobre el Paisaje Urbano	4.1 Cambio en el eje de trayectoria de los viales 4.2 Ampliación de aceras mediante el estrechamiento de calzadas 4.3 Sustituir el adoquinado 4.4 Apantallamientos acústicos 4.5 Creación de un plan de aislamiento acústico
5. Ordenación del Territorio	5.1 Distribución de habitaciones compatible con el ruido 5.2 Ordenación estratégica de usos del suelo 5.3 Delimitación de zonas residenciales sensibles 5.4 Medidas especiales para la protección de espacios naturales

Otro grupo de sugerencias a ser consideradas en materia de control de ruido ambiental a nivel local, se presenta en la tabla 30 un breve análisis de medidas que contribuyen a reducir los niveles de ruido en los puntos de conflicto según el proyecto SILENCE [24]. Siguiendo la misma lógica que el presente proyecto y el documento referenciado, se identifican las medidas que podrían implementarse en el ámbito local. Otras medidas conocidas y que exceden el ámbito de acción de las autoridades locales (por ej. neumáticos silenciosos), no se comentarán.

**Tabla 30.** Análisis de medidas contra el ruido ambiental del Proyecto SILENCE [20].

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida	Análisis de aplicación para la Comuna de Santiago
1. Superficies viales de baja emisión	Disminuir el ruido de interacción neumático/carretera. Aquí los factores relevantes en la emisión acústica son la textura de la superficie, el patrón de textura, y el grado de porosidad de la estructura de la superficie. Se ha observado una reducción inicial del ruido de hasta 3 dB en relación con el hormigón de asfalto denso.	La aplicación de esta medida está orientada a vías donde el ruido de rodadura es relevante. Es decir, en vías donde la velocidad promedio es mayor que 50 o 60 km/h. A velocidades menores, el ruido más relevante es el tubo de escape, motor y carrocería. En la comuna vías como la autopista y otras de gran tamaño podrían ser candidatas a analizar la rentabilidad de esta medida.
2. Mantenimiento de las superficies viales	Las irregularidades y discontinuidades suponen una amenaza para el rendimiento de todas las viales en lo que respecta al ruido. Por eso es necesario siempre un buen mantenimiento, a fin de que el nivel de ruido sea el mínimo posible, sobre todo en puntos que se identifiquen más conflictivos. Por ejemplo, los antiguos badenes irregulares de adoquines rugosos o una serie de plataformas reductoras de velocidad (a 30 y 50 km/h) pueden reducir de 8 a 10 dBA.	Esta medida es aplicable a toda la comuna, y es una medida más bien de sentido común. Al respecto se destaca que la modelación de ruido en el mapa no contempla aquel ruido generado por mal mantenimiento de las superficies viales (como hoyos, grietas, desniveles, etc.). El modelo de predicción asume el buen estado de las vías, y no se han contemplado reductores de velocidad, los que pueden ser una buena solución, pero deben estudiarse caso a caso.
3. Rieles más silenciosos para los tranvías	El ruido de rodadura es la principal fuente emisora de ruido en los tranvías durante. Se ha comprobado que existen 'puntos conflictivos de ruido' cuando se usan vías en placa flotante para reducir la transmisión del ruido a los edificios próximos. La diferencia entre vías gravemente onduladas y vías uniformes es de hasta 20 dB.	La aplicación de esta medida está fuera del alcance del estudio en esta oportunidad.
4. Depósitos de trenes y tranvías	El funcionamiento de un garaje genera diferentes tipos de ruido que causan distintos tipos de molestia. Pueden adoptarse medidas de distribución, como mantener las fuentes emisoras lejos de los vecinos y construir edificios alrededor del depósito para que actúen como barreras, y otras medidas en los procesos, como reducir el número de movimientos o buscar alternativas a las bocinas, y otras	La aplicación de esta medida está fuera del alcance del estudio en esta oportunidad.

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida	Análisis de aplicación para la Comuna de Santiago
	medidas asociadas a la conducta de los usuarios, como aplicar la potencia mínima en funcionamiento y en parada, o acelerar gradualmente.	
5. Túneles y pantallas acústicas	Las barreras o pantallas acústicas son un medio eficaz para reducir el ruido a lo largo de las carreteras o líneas de ferrocarril. La barrera debe tener una altura y longitud adecuada. La efectividad de una barrera puede llegar a 15 dBA, y en edificios cercanos a las carreteras la reducción puede alcanzar entre 5 a 10 dBA. Las barreras tienen problemas en su alto costo y la intervención visual que hacen del entorno. Los túneles también son alternativas que ciertos casos deben considerarse como una pantalla cerrada de la vía.	Estas medidas de alto costo están dimensionadas más bien para carreteras y líneas ferroviarias de gran impacto. La comuna presenta algunas zonas que pueden ser de interés para analizar particularmente a futuro.
6. Aislamiento de los edificios	La insonorización de ventanas y paredes exteriores de un edificio, debe ser considerada la última opción de control de ruido ambiental. Las ventanas aisladas sólo reducen el ruido cuando están cerradas, y debe resolverse con un sistema de ventilación especial o fachadas de vidrio adicional con ventilación independiente. Actualmente se considera necesario cuando el sonido exterior supera los 55 dB durante el día y los 45 dB LAeq por la noche. Las ventanas dobles pueden proporcionar unos 30 dBA y hasta 40 dBA de aislamiento. Los costos por vivienda son elevados.	El fomento de uso de esta medida, si bien puede estar fuera del alcance directo de la gestión municipal, es de gran efectividad. En la zona céntrica de la comuna, en edificaciones en altura expuestas a altos niveles de ruido (Alameda, por ejemplo), suele ser lo más efectivo. La comuna presenta un 90% de su superficie sobre los 55 dBA en el día, lo hace difícil aplicar esta medida siguiendo directamente la sugerencia del Proyecto SILENCE. Esto requiere un análisis más en detalle.
7. Tranvías y trenes más silenciosos	En comparación con los tranvías viejos (se puede considerar que la vida útil de los tranvías es de 30 años), los tranvías modernos generan aproximadamente 10 dB menos. Los costos son relevantes, pero pueden incorporarse en el momento de la renovación de los trenes.	La aplicación de esta medida está fuera del alcance del estudio en esta oportunidad, ya que no fueron estudiados los trenes como fuentes de ruido. Además, ésta es una medida que seguramente excede el ámbito territorial de la comuna. Sin embargo, el uso de tranvías para ciertos servicios que deben circular por la comuna, puede ser una alternativa de análisis y discusión dado sus distintas ventajas (entre ellas, menos ruido).
8. Renovación de la flota del transporte público	Los tranvías y autobuses modernos en general emiten mucho menos ruido que las unidades de parque móvil antiguo. Por tanto, la	Esta es una medida que excede el ámbito territorial de la comuna. Sin embargo, la renovación del parque de buses de la ciudad ha

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida	Análisis de aplicación para la Comuna de Santiago
	renovación de la flota puede contribuir en gran medida a la reducción del ruido. La idea es que al renovar las flotas, las autoridades establezcan acuerdos con los operadores de transporte e incluir criterios relativos al ruido en las licitaciones.	beneficiado en forma importante a la comunidad en un aspecto como la menor emisión de ruido de los autobuses nuevos del Transantiago.
9. Vehículos de recogida de basura más silenciosos	En muchas ciudades la recogida de basura se realiza por la noche o a primera hora de la mañana para reducir la congestión de tráfico, es decir, en horas de bajo ruido de fondo y mayor sensibilidad al ruido por parte de los vecinos. Se ha observado una reducción de hasta 25 dB(A) en vehículos que han adoptado medidas de reducción de ruido.	Si bien este aspecto no ha salido reflejado en las encuestas como un tema relevante, es una materia a considerar, pues es de responsabilidad municipal. En municipios como el de Madrid, la flota de camiones de retiro de basura es sometida periódicamente a controles específicamente de emisión de ruido por su alto impacto en la comunidad.
10. Identificación de vehículos ruidosos	Los vehículos dotados de silenciadores ilegales pueden generar una emisión de ruido excesiva, sobre todo las motocicletas. Es necesario realizar controles en los talleres para reducir el impacto acústico. La reducción por este control en motocicletas es de 5 a 10 dB(A).	Lamentablemente no contamos en el país con una normativa de ruido de vehículos, a excepción de buses. Es relevante, a pesar que pueda exceder las atribuciones municipales, buscar vías de fomento o regulación uso de vehículos menos ruidosos, y desarrollar actitudes y maneras de conducción menos contaminantes (como el empleo de la bocina).
11. Reparto de mercancías más silencioso en horario nocturno	Para evitar problemas de congestión, es posible que sea preferible realizar el reparto en horario nocturno. El uso de equipos de carga y descarga y vehículos de baja emisión, junto con la formación del personal, puede hacer que las operaciones se efectúen de una forma silenciosa y por tanto tolerable durante la noche.	Si bien este aspecto no ha salido reflejado en las encuestas como un tema relevante, es una materia a considerar, pues la municipalidad podría hacer alguna gestión para restringir el reparto de mercaderías en horarios que generen menos impacto en la población (por ejemplo, restringir el horario de reparto nocturno en las zonas más residenciales).
12. Gestión del tránsito: relaciones básicas ruido-tránsito	El cambio en el volumen de tránsito afecta a los niveles de ruido. Si los parámetros de composición del tránsito, velocidad y conducción permanecen invariables, el carácter logarítmico de la escala de dB implica que una reducción del 50% en el volumen de tránsito genera una reducción de 3 dB en los niveles de ruido. Sin embargo, la reducción del volumen de tránsito puede generar un aumento de la velocidad, por lo que se deben adoptar medidas complementarias. Otro factor relevante es la composición del tránsito. Un vehículo pesado puede generar un gran impacto en	La gestión del tránsito de la comuna es algo que excede el aspecto acústico. Sin embargo, debe destacarse que la reducción del flujo vehicular y la disminución de los vehículos pesados, sin aumento de velocidad, pueden llevar consigo importantes disminuciones de los niveles de ruido. Lo anterior demanda incorporar en la gestión del tráfico la variable acústica. Dadas las características de la comuna, parece difícil disminuir el volumen del tráfico, pero no el de considerar la gestión de rutas y horarios para los vehículos más ruidosos.

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida	Análisis de aplicación para la Comuna de Santiago
	<p>horario nocturno, por lo tanto la gestión de rutas y horarios también es relevante. Otros factores relevantes de considerar son la velocidad y el estilo de conducción. Por esto mismo, la gestión del tránsito debe verse como un proceso integrado y complejo, y no como medidas aisladas de reducción de flujo o velocidades.</p>	
<p>13. Reducción e imposición de los límites de velocidad</p>	<p>Las reducciones de velocidad por medio de señales varían de un sitio a otro, y por tanto los efectos sobre el ruido también variarán. Cabe esperar reducciones de hasta 3 dB LAeq. La imposición de estas medidas deben estar apropiadamente planificadas, de modo de buscar, además, el cumplimiento de las mismas.</p>	<p>Estas medidas pueden ser muy efectivas, sobre todo si se acompañan con una conducción más cuidadosa. Con el fin de disminuir el ruido del motor a velocidades más bajas, es conveniente no forzar el motor (revoluciones), y desplazarse en marchas apropiadas, e incluso, más altas.</p>
<p>14. Badenes y plataformas</p>	<p>Un modo eficaz y muy común de reducir la velocidad, y por esto posiblemente los niveles de ruido, son las desviaciones verticales en forma de badenes o plataformas. Sin embargo, su diseño debe ser elegido con cuidado, de manera de no entorpecer el flujo vehicular, pues algunos conductores no se preocupan por la presencia de estos elementos, lo que generaría un aumento en el nivel de ruido.</p>	<p>Los badenes disminuyen la velocidad del tránsito, y por consiguiente el ruido de rodado y aerodinámico, pero pueden aumentar el ruido de motor. Por ejemplo, se disminuye la velocidad al enfrentar el badén, y luego de pasarlo se acelera para recuperar velocidad, provocando justamente el efecto contrario de disminución de ruido. Por lo tanto, la implementación de esta medida debe ser muy estudiada.</p>
<p>15. Chicanas</p>	<p>Entendidas por sinuosidades y curvas que permiten la reducción de la velocidad. También pueden ser generadas a partir de discontinuidades en el trazado de la calzada a través del ensanche de las aceras y área para el peatón o la incorporación de bandejonas, jardineras, árboles, topes, luminaria, ciclo-vías y áreas de estacionamiento. Pueden ubicarse en uno o en ambos carriles. Los conductores tienen que frenar para comprobar el tránsito que viene antes de introducirse en el área de la chicana. Para este tipo de modificaciones es necesario estudiar todos los factores que intervienen en su eficacia y diseño. Cuanto más tránsito hay en la vía con este tipo de chicanas, con más frecuencia tendrán que acelerar y desacelerar los vehículos, lo que puede aumentar el nivel de ruido y el tipo de sonido transformándose en más perceptible y más molesto.</p>	<p>Esta es una medida poco habitual en nuestro país, y puede ser de utilidad considerarla para ciertos casos. El inconveniente de ella es que requiere "sacrificar" superficie de calle que a veces es demasiado escasa ante la demanda de tránsito. En este último caso, podría generar accidentes.</p>

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida	Análisis de aplicación para la Comuna de Santiago
16. Rediseño del espacio de las calles	Para los conductores, la claridad y dominio sobre el recorrido de una vía determina la seguridad y velocidad con que por ella se transita. Lo anterior tiene que ver por ejemplo con la posibilidad de supervisar una gran parte de la calle, la anchura de la misma, el espacio destinado a los distintos medios de transporte, etc. Algunas de las posibles medidas son el estrechamiento de los carriles destinando más espacio a los peatones, los ciclistas o el aparcamiento, la plantación de árboles para crear la sensación de calle estrecha, el estrechamiento de carriles en las intersecciones, carriles-bici y senderos para peatones, etc. Según el volumen de tránsito y su composición, habrá que calcular los niveles en cada caso antes de implementar ninguna medida.	Esta es una medida poco habitual en nuestro país, y puede ser de utilidad considerarla para ciertos casos. Sin embargo, posiblemente para la costumbre de conducción nacional, el estrechamiento de carriles y otros elementos mencionados, podrían generar confusión y un efecto no deseado.
17. Diseño de los cruces	El diseño de un cruce (rotondas, intersecciones ordinarias con o sin semáforos) influye sobre las emisiones acústicas. Varios estudios indican que el efecto de sustituir intersecciones ordinarias con o sin señalización por rotondas. Las reducciones obtenidas en las rotondas en comparación con los cruces dependerán del tránsito y de la ubicación tanto del cruce como de la rotonda. Las mini-rotondas si tienen un diseño adecuado, pueden reducir el ruido como consecuencia de la disminución de la velocidad y de un estilo de conducción más constante. A partir de estos datos, parece que el ruido (LAeq) se puede reducir en un máximo de 4 dB.	La disminución de detenciones y aceleraciones innecesarias en el tránsito vehicular, que pueda reflejarse en una circulación más fluida, son aportes a la disminución del ruido ambiental. Las rotondas son ampliamente utilizadas en Europa como reguladoras de cruces, con buenos resultados. Esta medida sería interesante analizarla para algunas intersecciones de la comuna.
18. Ondas verdes para aliviar el tránsito	Las ondas verdes son definidas como aquellas vías en las cuales existe una secuencia de señales coordinadas en algunas intersecciones, para que el tráfico fluya en una dirección sin tener que detenerse en los semáforos rojos. Este hecho facilita una conducción más suave y por tanto, es probable también que las emisiones acústicas sean más bajas. Sin embargo, el potencial de esta medida depende mucho del estado de la red de carreteras locales y del diseño de los programas de onda verde vigentes. Así, los niveles LAeq pueden disminuir 4 dB en las intersecciones, pero	La disminución de detenciones y aceleraciones innecesarias en el tránsito vehicular, que pueda reflejarse en una circulación más fluida, son aportes a la disminución del ruido ambiental. Esta medida sería interesante analizarla para algunos sectores de la comuna.

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida	Análisis de aplicación para la Comuna de Santiago
	también que pueden aumentar hasta 3 dB entre una intersección y otra como consecuencia del aumento de la velocidad y del incremento del flujo de tránsito.	
19. Reducir el volumen de tránsito	La reducción del volumen de tránsito puede contribuir a disminuir el ruido también. Sin embargo, es necesario reducir drásticamente el volumen de tránsito para obtener una reducción considerable del ruido (e.g. una reducción del 50% para que el ruido baje 3 dB). Por otro lado, es necesario analizar detenidamente que un peaje urbano, por ejemplo, y otras medidas para reducir el volumen de tránsito disminuyan los niveles de ruido si la reducción del flujo y congestión genera un aumento de la velocidad en los vehículos.	Dada la característica de la comuna, la meta de disminuir el tránsito que la circula, es poco aplicable. Sin embargo, parece interesante avanzar un estudio que permita encontrar distribuciones del flujo vehicular que favorezca la disminución del ruido.
20. Prohibiciones sobre los camiones	La prohibición de circulación de camiones (durante un horario definido, permitiendo únicamente la carga/descarga en horario matinal por ciertas carreteras o en zonas más amplias apenas influirá la mayoría de las veces en los niveles LAeq, pero probablemente reducirá el número de peak sonoros y por tanto las alteraciones en el sueño y la molestia de las personas que viven junto a las carreteras. Tanto los efectos por el día como los efectos por la noche dependen de las condiciones del tránsito local. En algunos países se prohíbe a los camiones circular de noche, y los muestran efectos sobre los niveles LAeq durante la noche (22.00-05.00) de hasta 7,2 dB. Otros estudios con modelaciones entregan resultados en reducción de 6 dB aproximadamente en los niveles Lden.	Esta es una medida de interés a nivel municipal, dado que la mayor responsabilidad del ruido de tránsito recae en los vehículos de mayor tamaño, como los camiones (que además no tienen regulación de emisión de ruido en el país). Habría que analizar en detalle qué consecuencias puede tener una medida de este tipo.

### 3.6. Consideraciones referidas al diseño y publicación de los resultados

*Elaborar los contenidos para realizar la publicación de los resultados del estudio, en 2 formatos definidos por el Ministerio del medio Ambiente e imprimir o reproducir cada uno de ellos en, al menos, 350 ejemplares.*

Los documentos a elaborar en esta etapa del estudio se desarrollarán una vez aprobado el informe final y sus contenidos, como es razonable de suponer.

Se elaborará el texto y otro material como mapas, información para gráficos, etc. con que se elaborarán los medios de difusión definidos por Ministerio del Medio Ambiente. Dicha información texto será diagramado por el Ministerio del medio Ambiente de acuerdo a las especificaciones de ambos formatos.

En acuerdo con la Contraparte Técnica, se realizará una publicación de un tiraje de 200 ejemplares. Se considerarán plípticos desplegados según modelo entregado por la Contraparte Técnica, a 4/4 color couche 200 gr, pliegues, termolaminado 1/1.

El segundo medio de difusión será un CD con contenido tipo página web con grabado impreso con un tiraje de 200 unidades (CDs o DVD).

Los productos serán elaborados en consenso con el Coordinador del Estudio y el Departamento de Comunicaciones del Ministerio del medio Ambiente.

De acuerdo a los TdR (Pto. V.6.a.), será responsabilidad del Ministerio del Medio Ambiente elaborar las matrices y originales de los medios de difusión aquí nombrados (publicación y multimedia), correspondiendo al consultor sólo la reproducción de los mismos. Sin perjuicio de lo anterior, el consultor podrá participar de esta instancia como apoyo para un buen logro de la actividad, sin que ello implique costos en diseño o diagramación.

A modo de muestra se incluyen las figuras que contendrá el CD con la información del estudio. Lo anterior, deberá ser consensuado con la Contraparte Técnica oportunamente.



**Ministerio del Medio Ambiente**  
Departamento de Asuntos Atmosféricos  
División de Política y Regulación Ambiental

**Cuidando Chile**  
NUEVA INSTITUCIONALIDAD AMBIENTAL

Informe Final Estudio  
**ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO COMUNA DE SANTIAGO  
MEDIANTE SOFTWARE DE MODELACIÓN**  
Santiago, diciembre de 2010



**Mapa de Ruido Comuna Santiago**

**Material Incluido en el CD**  
[Resumen Ejecutivo \(pdf\)](#)  
[Informe Final del Estudio \(pdf\)](#)  
Material Complementario al Informe  
[Índice de Anexos](#)  
[Bibliografía](#)

Estudio realizado por el Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile [www.acusticauach.cl](http://www.acusticauach.cl)

Ministerio del Medio Ambiente - Teatinos 254/258, Santiago, Chile / Recepción: (56-2) 2405600 /  
Oficina de Información: (56-2) 2411800 / Fax: (56-2) 2405758. -Sitio web: <http://www.mma.gob.cl/>

Fig. 56. Muestra de la portada del CD con la documentación del estudio.



Informe Final Estudio  
**ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO COMUNA DE SANTIAGO**  
**MEDIANTE SOFTWARE DE MODELACIÓN**  
 Santiago, diciembre de 2010



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONAMA. (2008). Levantamiento de Información de Entrada de Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación de Caso Piloto. Gobierno de Chile, CONAMA. Contrato Nº10-21-028/07. Disponible en Internet en: [http://www.sinia.cl/1292/articles-46174\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-46174_recurso_1.pdf)
- [2] MUNICIPALIDAD DE PUERTO MONTT. (2009). Evaluación del Ruido Ambiental en dos Sectores de la Ciudad de Puerto Montt. Estudio realizado mediante la utilización de software de modelación de ruido en exteriores Cadna/A v3.7 durante enero – julio de 2009.
- [3] Álvarez, J. P.; Suárez, E. (2008). Estudio Comparativo de Modelos de Predicción de Ruido de Tráfico Rodado, Utilizando Mediciones en la Ciudad de Osorno. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet en: [http://www.sea-acustica.es/Buenos\\_Aires\\_2008/a-132.pdf](http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-132.pdf)
- [4] Suárez, E. (2002). Metodologías Simplificadas para Estudios en Acústica Ambiental, Aplicación en la Isla de Menorca. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. España.
- [5] Lobos V., Suárez E. (2008). Estudio Subjetivo de la Percepción del Ruido Ambiental en la Ciudad de Puerto Montt. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet en: [http://www.sea-acustica.es/Buenos\\_Aires\\_2008/a-133.pdf](http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-133.pdf)
- [6] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. (2006) Relationship between Loudness Perception and Noise Indices in Valdivia, Chile. Applied Acoustics Vol 67, Issue 9, 2006. Págs. 892-900.
- [7] Suárez, E.; Antillanca, P. (2005). Influence of Tourists on Environmental Noise of a Small City (Castro, Chile). INTERNOISE 2005, Environmental Noise Control, Rio de Janeiro, Brasil.
- [8] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. (2004). Community Noise Survey of the City of Valdivia, Chile. Applied Acoustics Vol 65, Issue 4, July 2004. Págs. 643-656.
- [9] Suárez, E.; Recuero, M. (2002). Study of Annoyance by Environmental Noise in Menorca Island's Population. Forum Acusticum 2002. Sevilla, España. Disponible en Internet en: <http://www.sea-acustica.es/Sevilla02/noi07009.pdf>
- [10] Suárez, E.; Recuero, M. (2002). Study of Perception on the Acoustic Environmental of Students of School in the Menorca Island. Forum Acusticum 2002. Sevilla, España. Disponible en Internet en: <http://www.sea-acustica.es/Sevilla02/noi07013.pdf>
- [11] Organization for Economic Cooperation and Development (1991). Fading Noise 1990s. París, Francia.
- [12] Intendencia Región Metropolitana, Santiago de Chile. (1989). Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido en el Gran Santiago.
- [13] Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental. Disponible en Internet en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:L89:0012:0025:ES:PDF>
- [14] WG-AEN (European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise) (2007). Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production Associated Data on Noise Exposure. Position Paper 2. Disponible en Internet en: [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg\\_aen.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg_aen.pdf)
- [15] Instituto Nacional de Normalización INN. (2000). Aislación Acústica - Parte 1: Construcciones de Uso Habitacional - Requisitos Mínimos y Ensayos. NCh352/1.Of2000. Chile.
- [16] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Méndez Sierra, J. A., Vilchez-Gómez, R., and Trujillo Carmona, J. (2002). An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain. Appl. Acoust. 63, 1061–1070.
- [17] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Méndez Sierra, J. A., Vilchez-Gómez, R., Vaquero Martínez, J. M.,

Fig. 57. Muestra de bibliografía del CD con la documentación del estudio.



Informe Final Estudio  
**ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO COMUNA DE SANTIAGO  
MEDIANTE SOFTWARE DE MODELACIÓN**  
Santiago, diciembre de 2010



## ANEXOS

Anexo I	Mapas de Ruido de la Comuna de Santiago	
Anexo II	Datos de mediciones de ruido realizadas en el estudio.	
Anexo III	Encuesta de Ruido Ambiental aplicada a residentes en la Comuna de Santiago.	 
Anexo IV	Análisis de frecuencias y otros datos de la encuesta aplicada en la comuna de Santiago.	

[Volver a la portada](#)

Estudio realizado por el Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile. Visite: [www.acusticauach.cl](http://www.acusticauach.cl)

**Fig. 58.** Muestra de parte de Anexos del CD con la documentación del estudio.

### 3.7. *Presentación de resultados*

*Realizar presentaciones de los resultados finales, con el equipo consultor en pleno a la contraparte técnica del estudio, al Dpto. de Gestión de la Calidad del Aire, a la contraparte municipal y a la comunidad de Santiago, como mínimo (acordado con el coordinador del estudio).*

Presentación pormenorizada de resultados a la contraparte técnica y otra a la División de Política y Regulación Ambiental del Aire del Ministerio del Medio Ambiente. Además, se considera la realización de al menos un taller de difusión de los principales resultados del estudio a realizarse en la comuna de Santiago parte del equipo consultor. Se compromete la participación para esta actividad de la Jefatura de Proyecto.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

A continuación se presenta la bibliografía citada y consultada durante el estudio (no sólo en este Informe Final). Los documentos de carácter públicos y que están publicados en Internet, están disponibles también en el CD adjunto.

- [1] CONAMA. (2008). Levantamiento de Información de Entrada de Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación de Caso Piloto. Gobierno de Chile, CONAMA. Contrato N°10-21-028/07. Disponible en Internet en: [http://www.sinia.cl/1292/articles-46174\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-46174_recurso_1.pdf)
- [2] MUNICIPALIDAD DE PUERTO MONTT. (2009). Evaluación del Ruido Ambiental en dos Sectores de la Ciudad de Puerto Montt. Estudio realizado mediante la utilización de software de modelación de ruido en exteriores Cadna/A v3.7 durante enero – julio de 2009.
- [3] Álvarez, J. P.; Suárez, E. (2008). Estudio Comparativo de Modelos de Predicción de Ruido de Tráfico Rodado, Utilizando Mediciones en la Ciudad de Osorno. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet en: [http://www.sea-acustica.es/Buenos\\_Aires\\_2008/a-132.pdf](http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-132.pdf)
- [4] Suárez, E. (2002). Metodologías Simplificadas para Estudios en Acústica Ambiental, Aplicación en la Isla de Menorca. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. España.
- [5] Lobos V., Suárez E. (2008). Estudio Subjetivo de la Percepción del Ruido Ambiental en la Ciudad de Puerto Montt. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet en: [http://www.sea-acustica.es/Buenos\\_Aires\\_2008/a-133.pdf](http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-133.pdf)
- [6] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. (2006) Relationship between Loudness Perception and Noise Indices in Valdivia, Chile. Applied Acoustics Vol 67, issue 9, 2006. Págs. 892-900.
- [7] Suárez, E.; Antillanca, P. (2005). Influence of Tourists on Environmental Noise of a Small City (Castro, Chile). INTERNOISE 2005, Environmental Noise Control, Rio de Janeiro, Brasil.
- [8] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. (2004). Community Noise Survey of the City of Valdivia, Chile. Applied Acoustics Vol 65, issue 4, July 2004. Págs. 643-656.
- [9] Suárez, E.; Recuero, M. (2002). Study of Annoyance by Environmental Noise in Menorca Island's Population. Forum Acusticum 2002. Sevilla, España. Disponible en Internet en: <http://www.sea-acustica.es/Sevilla02/noi07009.pdf>
- [10] Suárez, E.; Recuero, M. (2002). Study of Perception on the Acoustic Environmental of Students of School in the Menorca Island. Forum Acusticum 2002. Sevilla, España. Disponible en Internet en: <http://www.sea-acustica.es/Sevilla02/noi07013.pdf>
- [11] Organization for Economic Cooperation and Development (1991). Failing Noise 1990s. Paris, Francia.
- [12] Intendencia Región Metropolitana, Santiago de Chile. (1989). Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido en el Gran Santiago.

- [13] Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental. Disponible en Internet en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:ES:PDF>
- [14] WG-AEN (European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise) (2007). Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production Associated Data on Noise Exposure. Position Paper 2. Disponible en Internet en: [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg\\_aen.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg_aen.pdf)
- [15] Instituto Nacional de Normalización INN. (2000). Aislación Acústica - Parte 1: Construcciones de Uso Habitacional - Requisitos Mínimos y Ensayos. NCh352/1.Of2000. Chile.
- [16] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Méndez Sierra, J. A., Vilchez-Gómez, R., and Trujillo Carmona, J. (2002). An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain. Appl. Acoust. 63, 1061–1070.
- [17] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Méndez Sierra, J. A., Vilchez-Gómez, R., Vaquero Martínez, J. M., and Trujillo Carmona, J. (2005). A categorization method applied to the study of urban road traffic noise. J. Acoust. Soc. Am. 117, 2844–2852.
- [18] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Rey Gozalo, G., and Vilchez-Gómez, R. (2010). Possible relation of noise levels in streets to the population of the municipalities in which they are located. J. Acoust. Soc. Am. 128, 2.
- [19] CONAMA (2010). Elaboración de Mapas de Ruido mediante Software de Modelación, para Caso Piloto (Comunas de Antofagasta y Providencia) (Contrato N° 01-059/09). Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.
- [20] SILENCE (2009) Manual del Profesional para la Elaboración de Planes de Acción contra el Ruido en el Ámbito Local. Disponible en Internet en [http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP\\_J/E-learning/Planners/SILENCE\\_Handbook\\_ES\\_LR.pdf](http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP_J/E-learning/Planners/SILENCE_Handbook_ES_LR.pdf)
- [21] Azorin, F.; Sánchez Crespo, J. (1986). Métodos y Aplicaciones de Muestreo. Alianza Editorial. Madrid.
- [22] Lohr, S. (2000). Muestreo: Diseño y Análisis. Thomson Paraninfo, S.A.
- [23] European Communities (2002) Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Disponible Internet: [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise\\_expert\\_network.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf)
- [24] Municipalidad de Santiago (1998). Ordenanza Sobre Ruidos y Sonidos Molestos Para La Comuna de Santiago. (Texto original y completo). Ordenanza N° 80, 30 de Octubre de 1998, Disponible en Internet en: [http://intranet.munistgo.cl/integridad/web2/file/tei/ACTOS%20Y%20RESOLUCIONES/ORDENANZAS/orden\\_80-2.pdf](http://intranet.munistgo.cl/integridad/web2/file/tei/ACTOS%20Y%20RESOLUCIONES/ORDENANZAS/orden_80-2.pdf)
- [25] Municipalidad de Santiago (2008). Ordenanza Para Establecimientos de Espectáculos Públicos de Entretenimiento y Gastronómicos. (Texto completo, refundido y actualizado a julio de 2008). Ordenanza N° 102, 17 de Octubre de 2005. Disponible En Internet En: [http://www.municipalidaddesantiago.cl/descargas/municipalidad/ordenanzas/ORDEN\\_102-%20julio\\_2008.pdf](http://www.municipalidaddesantiago.cl/descargas/municipalidad/ordenanzas/ORDEN_102-%20julio_2008.pdf)

- [26] República de Chile, Ministerio de Salud (2010). Reglamento De Condiciones Sanitarias, Ambientales Y De Seguridad Básicas En Locales De Uso Público. Decreto N° 10/10, Publicado en el Diario Oficial de 25.09.10.
- [27] República de Chile, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2010). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (actualizada al 16 de Enero del 2010 por los D.S. N°56 y D.S. N°58 (V. y U.), ambos del 2009), Disponible en Internet en: de [http://minvu.cl/incjs/download.aspx?glb\\_cod\\_nodo=20061113165715&hdd\\_nom\\_archivo=OGUC%20Enero%202010\\_125101423748097979.pdf](http://minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20061113165715&hdd_nom_archivo=OGUC%20Enero%202010_125101423748097979.pdf)
- [28] Sánchez J.I. y González J. (1996). Modelo matemático para la medida del Leq en zonas urbanas de Chile. Jornadas Nacionales de Acústica Tecniacústica Barcelona 96. Disponible en Internet en: <http://www.sea-acustica.es/publicaciones/4350sr149.pdf>
- [29] González, A., Gaja E., Jorysz A., Torres G. (2000) Monitoreo de Ruido Urbano: Determinación del Tiempo Mínimo de Muestreo en la Ciudad de Montevideo, Uruguay. Memorias II Congreso Iberoamericano de Acústica, Tecniacústica 2000, Madrid, España.
- [30] Barrigón, M., Vilches, J.M., Gómez, V., Méndez, J.A., y Tejeiro, C. (2000). Formalización de una encuesta sobre efectos del ruido urbano. Actas de Tecniacustica 2000. Cáceres, España. Disponible en Internet: <http://www.sea-acustica.es/publicaciones/4350qp082.pdf>
- [31] García A.; García A., Arana, M., y Vela A. (1999). Evaluación de la molestia producida por el ruido ambiental. Actas de Tecniacustica 99. Avila, España. Disponible en Internet: <http://www.sea-acustica.es/publicaciones/4350qp073.pdf>
- [32] Sociedad Española de Acústica (SEA). (2009). Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones. ISBN 84-87985-18-1, España.
- [33] Ayuntamiento de Madrid (2009). Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Madrid. España. Disponible en Internet en: <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Medio-Ambiente/Publicaciones/Aprobacion-inicial-del-Plan-de-Accion-en-Materia-de-Contaminacion-Acustica-de-Madrid?vgnextfmt=default&vgnextoid=d1fab761244d5210VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnnextcha nel=ef62ca1c5a057010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&pk=5526347>