

INFORME FINAL

ESTUDIO

ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE RUIDO DEL GRAN SANTIAGO

**SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
FICHA DE LICITACIÓN ID: 608897-160-LP15**

27 DE DICIEMBRE DE 2016

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

ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN.....	1
1. OBJETIVOS.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
2. PRINCIPIOS ORIENTADORES DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	2
3. ACTIVIDADES.....	3
3.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ENTRADA AL MODELO DEL MAPA DE RUIDO DEL GRAN SANTIAGO.....	4
3.1.1. Descripción y Metodología.....	4
3.1.2. Desarrollo.....	5
3.2. ELABORACIÓN DE MODELOS DIGITALES DEL MAPA DE RUIDO DEL GRAN SANTIAGO.....	10
3.2.1. Descripción y Metodología.....	10
3.2.2. Desarrollo.....	11
3.3. MEDICIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO DEL GRAN SANTIAGO.....	13
3.3.1. Descripción y Metodología.....	13
3.3.2. Desarrollo.....	18
3.3.2.1. Campaña Temprana de Mediciones 2015.....	19
3.3.2.2. Campaña de Mediciones 2016.....	26
3.3.2.3. Análisis de flujos vehiculares y mediciones en terreno por categorías.....	35
3.3.2.4. Redes de Monitoreo.....	47
3.4. ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO DEL GRAN SANTIAGO.....	52
3.4.1. Descripción y Metodología.....	52
3.4.2. Desarrollo.....	53
3.4.2.1. Protocolo de Modelación.....	53
3.4.2.2. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU).....	53
3.4.2.3. Estimación de personas expuestas al ruido.....	54
3.4.3. Ingreso Datos Modelación.....	55
3.4.3.1. Trenes y Metro.....	55
3.4.3.2. Transantiago.....	63
3.4.3.3. Autopistas.....	65
3.4.3.4. Vías (calles de la ciudad).....	69
3.4.3.5. Mapas de Ruido generados.....	71
3.5. ANÁLISIS DEL RUIDO GENERADO POR EL TRANSANTIAGO.....	82
3.5.1. Descripción y Metodología.....	82
3.5.2. Estimación del ruido aportado por los buses del Transantiago.....	82
3.5.2.1. Introducción.....	82
3.5.2.2. Metodología.....	83
3.5.2.3. Resultados y Discusión.....	85
3.5.2.4. Determinación del aporte de los buses del Transantiago al ruido urbano.....	91
3.5.2.5. Aporte del Transantiago a los niveles de ruido de acuerdo al tipo de vía.....	96
3.5.2.6. Conclusiones sobre el aporte de buses al ruido de tránsito.....	99
3.5.3. Estimación del ruido generado por el Transantiago a través de un mapa de ruido.....	100
3.6. ANÁLISIS DEL MAPA DE RUIDO DEL GRAN SANTIAGO.....	101
3.6.1. Descripción y Metodología.....	101
3.6.2. Estimación de la población afectada por niveles de ruido: análisis de la red de Transantiago.....	105
3.6.2.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por el Transantiago.....	105
3.6.2.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por el Transantiago.....	107
3.6.2.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por el Transantiago.....	109
3.6.3. Estimación de la población afectada por niveles de ruido: análisis de la red de autopistas.....	111
3.6.3.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por red de autopistas.....	111
3.6.3.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por red de autopistas.....	113
3.6.3.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por red de autopistas.....	115

3.6.4. Estimación de la población afectada por niveles de ruido: análisis de la red ferroviaria	117
3.6.4.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por red ferroviaria	117
3.6.4.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por red ferroviaria	119
3.6.4.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por red ferroviaria	121
3.6.5. Estimación de población afectada por ruido de transporte terrestre: análisis de Mapa Global.....	123
3.6.5.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por red vial del transporte terrestre (Gran Santiago – Mapa Global)	123
3.6.5.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por red vial del transporte terrestre (Gran Santiago – Mapa Global)	126
3.6.5.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por red vial del transporte terrestre (Gran Santiago – Mapa Global)	129
3.6.6. Estimación de la Superficie modelada sobre recomendaciones internacionales Gran Santiago.....	132
3.6.7. Estimación de la Infraestructura de educación afectada por ruido ambiental en Gran Santiago	134
3.6.8. Estimación de la Infraestructura de salud afectada por ruido ambiental en Gran Santiago	135
3.7. PLAN DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DEL CONTROL DEL RUIDO AMBIENTAL DE UNA COMUNA.	137
3.7.1. Descripción y Metodología	137
3.7.2. Planes de Acción.....	139
3.7.2.1. Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental en Europa	139
3.7.2.2. Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental en España	143
3.7.3. Análisis de Tres Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental de España	147
3.7.3.1. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Granada	151
3.7.3.2. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Palma de Mallorca.....	159
3.7.3.3. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Madrid	168
3.7.3.4. Legislación y normativa de referencia.	177
3.7.4. Recomendaciones iniciales para el diseño de un plan de acción contra el ruido en Chile	179
3.7.5. Análisis del marco jurídico vinculado con un plan de acción contra el ruido en Chile	180
3.7.5.1. Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental en Europa	181
3.7.5.2. Plan de Acción de Palmas de Mallorca (España) como referencia para un Plan de Acción en Chile.....	185
3.7.5.3. Viabilidad Jurídica de Aplicar un Plan de Acción para la Gestión del Ruido Ambiental en el Gran Santiago (Como caso de estudio)	191
3.7.6. Elementos relevantes para el diseño de un plan de acción contra el ruido en Chile	201
3.8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO.....	202
3.8.1. Descripción y Metodología	202
3.8.2. Desarrollo	202
3.9. ESTUDIO DE PAISAJE SONORO.....	203
3.9.1. Descripción y Metodología	203
3.9.2. Definición de los alcances del estudio	204
3.9.3. Reuniones de trabajo para conciliar criterios.....	204
3.9.4. Cuestionarios para proponer paisajes sonoros a grabar en el área de estudio	206
3.9.4. Encuesta OnLine para definir paisajes sonoros a grabar en el área de estudio	208
3.9.4.1. Distribución de la Muestra	208
3.9.4.2. Análisis de los datos de la encuesta	210
3.9.5. Grabación de paisajes sonoros en el área de estudio.....	224
3.9.5.1. Paisajes sonoros registrados	225
3.9.5.2. CD de Audio con Paisajes sonoros de la Zona Centro del Gran Santiago.....	232
4. PRODUCTOS ESPERADOS.....	233
5. EQUIPO CONSULTOR.....	234
6. CRONOGRAMA.....	235
7. INFORMES.....	236
8. BIBLIOGRAFÍA.....	237

ANEXOS

- ANEXO_01_ESTACIONES_FIJAS-53
- ANEXO_02_FLUJO_CALLES-3000
- ANEXO_03_TREN
- ANEXO_04_METRO
- ANEXO_05_TRANSANTIAGO
- ANEXO_06_FLUJOS_AUTOPISTAS
- ANEXO_07_VIALIDAD_GRAN_SANTIAGO
- ANEXO_08_PLAN_DE_ACCION
- ANEXO_09_MAPAS_DE_RUIDO
- ANEXO_10_GRABACIONES PAISAJE SONORO
- ANEXO_11_ PROTOCOLO DE ELABORACIÓN MAPAS DE RUIDO GRAN SANTIAGO
- ANEXO_12_ANALISIS_MODELACION
- ANEXO_13_PAISAJES_SONOROS
- BIBLIOGRAFIA

0. INTRODUCCIÓN.

Este documento corresponde al Informe Final del Proyecto “Actualización del Mapa de Ruido del Gran Santiago” (licitación ID: 608897-160-LP15), que desarrolló el Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile para la Subsecretaría del Medio Ambiente.

Se describen los puntos del proyecto de acuerdo a la metodología aprobada y de acuerdo a las actividades planteadas en las Bases Administrativas y Contrato correspondiente, y según el Informe de Ajuste Metodológico del mismo.

1. OBJETIVOS.

Los objetivos del proyecto:

1.1. Objetivo General.

- a) Actualizar, complementar y gestionar la información de ruido ambiental presentes en el Gran Santiago urbano y generar información de ruido ambiental respecto a las principales vías de infraestructura de transporte en la Región Metropolitana.

1.2. Objetivos Específicos.

- a) Determinar y representar a través de mapas de ruido los niveles generados por el tránsito de transporte terrestre en el Gran Santiago urbano para los periodos día, tarde, noche.
- b) Determinar y representar a través de mapas de ruido los niveles generados por las principales vías vehiculares y ferroviarias de la Región Metropolitana para los periodos día, tarde, noche.
- c) Estimar el aporte generado por el sistema de transporte público denominado Transantiago al ruido ambiental del Gran Santiago urbano.
- d) Establecer un plan de acción para la gestión del ruido ambiental en una comuna de la Región Metropolitana.

2. PRINCIPIOS ORIENTADORES DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO.

Los mapas de ruido constituyen importantes herramientas de información ambiental y poseen, en sí mismos, un alto valor como aportadores de datos ambientales. En este sentido, también es necesario avanzar en la interpretación de tal información y su posible utilización en la gestión ambiental. Se requiere implementar con ellos medidas de control de ruido a nivel local, regional y nacional.

La información que aportan los mapas de ruido sugiere explorar cuáles serían aquellas directrices y elementos que permitan guiar. Por ejemplo, es oportuno plantear la discusión de una **norma de calidad ambiental para el país**, u otra estrategia a menor plazo, como la creación de nuevos instrumentos de gestión ambiental (planes de acción en determinados territorios). En ese sentido, es necesario considerar competencias y estrategias jurídicas que permitan diseñar un instrumento que se adapte al marco regulatorio nacional.

El transporte urbano constituye el mayor aporte al ruido ambiental de una ciudad. Parece lógico entonces, orientar esfuerzos en su cuantificación, mitigación y medidas de prevención apropiadas. Sin embargo, también es necesario mirar el comportamiento de otras fuentes de ruido y de cómo las personas perciben el entorno sonoro. Los mapas de ruido deben orientar acciones sobre actores y zonas con niveles de ruido elevados, pero también deben orientar medidas sobre aquellas zonas donde tales niveles son saludables o confortables. Es ineludible desarrollar una estrategia para valorarlos apropiadamente, protegerlos de su deterioro, e incluso dar directrices para el diseño urbanístico acústico saludable. Esta es una mirada que a nivel internacional ya ha ganado espacio, y en Chile no se ha trabajado aún con suficiente profundidad.

La reducción del nivel de ruido en la UE, y el foco de su política sobre ruido ambiental, nos está indicando que sus acciones no conducen necesariamente a una mejor calidad de vida en las zonas urbanas. Es necesario incorporar un enfoque multidisciplinario que incorpore además de estudiar las variables físicas del entorno sonoro, la cooperación de las ciencias humanas y sociales para mejorar el ambiente acústico (psicología, sociología, arquitectura, antropología, medicina, ecología, etc.).

Desarrollar mejores estudios de ruido ambiental en la ciudad del Gran Santiago, no sólo debe abocarse a actualizar los datos acústicos, sino también en cómo mejorar la calidad de estos datos y validar la metodología aplicada. Es necesario aportar a una nueva mirada del entorno acústico de los distintos lugares de la ciudad, y transformar los sonidos ambientales en un "recurso" (paisaje sonoro) y no sólo "residuo" (ruido).

Para el desarrollo de este proyecto se han unido tres elementos relevantes en su diseño y ejecución:

- i. La reconocida experiencia en acústica ambiental del Instituto de Acústica UACH, quien ya ha ejecutado exitosamente varios proyectos anteriores en mapas de ruido;
- ii. La colaboración del Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada de la Universidad Politécnica de Madrid, quienes participarán como colaboradores internacionales y poseen una reconocida trayectoria científica y de desarrollo técnico a nivel internacional;
- iii. El contraste de las actividades del proyecto con experiencias extranjeras similares, mejorando y validando el trabajo nacional desarrollado.

3. ACTIVIDADES.

La metodología y las distintas partes de este proyecto se describen de acuerdo a las siguientes actividades, que mantienen el orden establecido en las Bases Administrativas:

- 3.1. Análisis de Información de Entrada al Modelo del Mapa de Ruido del Gran Santiago
- 3.2. Elaboración de Modelos Digitales del Mapa de Ruido del Gran Santiago
- 3.3. Mediciones para la Elaboración del Mapa de Ruido del Gran Santiago
- 3.4. Elaboración del Mapa de Ruido del Gran Santiago
- 3.5. Análisis del Ruido Generado por el Transantiago
- 3.6. Análisis del Mapa de Ruido del Gran Santiago
- 3.7. Plan de Acción para la Gestión del Control del Ruido Ambiental de una Comuna
- 3.8. Presentación de Resultados del Estudio.
- 3.9. Estudio de Paisaje Sonoro.

3.1. Análisis de información de entrada al modelo del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Definir, recopilar y analizar la información de entrada requerida por los modelos de estimación de niveles de presión sonora.

3.1.1. Descripción y Metodología

Las variables de entrada a la modelación son aquellas que requiere el software para la modelación y que contempla, por ejemplo y de manera general, la caracterización de la trama circulatoria (tipo de carpeta, pendiente, número de pistas, etc.), flujo vehicular, edificación en altura, manzanas, predios, variables meteorológicas, periodos diarios, etc. De acuerdo a lo señalado en las Bases Administrativas, el Ministerio es quien ha aportado los antecedentes que contemplan, entre otros, la trama vial, curvas de nivel, edificación, manzanas, además de poseer un sistema de información geográfico [19]. Esta información disponible ha sido considerada en el desarrollo del Estudio, y es la base de la actualización del mapa de ruido.

Es conveniente señalar que el mapa de ruido a elaborar será aquel que representa de mejor manera a un día laborable, característico de la situación más frecuente en la ciudad, un día promedio y no se incluyen situaciones especiales (como festividades, marchas, paros, etc.). No se trata tampoco de un mapa de ruido promedio anual, sino un mapa de ruido de la situación más frecuente de la ciudad. Lo anterior es relevante tanto para el diseño de las mediciones como para el mismo proceso de modelación y análisis.

a) Cartografía

En primer lugar, se analizó la información cartográfica, de calles y vías ferroviarias que ya contiene el modelo digital del mapa de ruido del Gran Santiago [19]. Posteriormente se depuró, limpió y mejoró la información, dentro de los alcances del estudio. En este proceso, se hizo necesario verificar y mejorar en detalle aquellos aspectos que puedan ser relevantes para el proyecto de actualización del mapa de ruido realizado en el año 2011. Se incorporaron, a nivel regional, rutas interurbanas concesionadas y edificaciones en algunos sectores urbanos del Gran Santiago adicionales a los modelados en el proyecto anterior, a solicitud de la Contraparte.

b) Flujos Vehiculares y trenes

Se debieron analizar los datos de flujos vehiculares disponibles para el proyecto, tanto de estudios anteriores [16], [18], [19], como aquellos que dispone el Ministerio del Medio Ambiente para el proyecto (por ejemplo, de otras fuentes de información como la SECTRA). De la misma manera, se debieron considerar datos de los trenes que se van a incluir en la modelación. Los datos de flujos vehiculares y otros necesarios para la modelación, se obtuvieron de campañas de medición diseñadas para tal fin.

c) Clasificación Vial

Uno de los elementos sensibles para la actualización del mapa de ruido, consiste en obtener información actualizada de la clasificación vial según REDEVU, vale decir, en vías expresas, troncales, colectoras, de servicio y locales. Idealmente esta información debe estar disponible para todos los municipios que incluyen la superficie de estudio, pues es la base metodológica de la calidad del mapa de ruido. En vista de una buena ejecución del estudio, la información fue solicitada por parte del mismo Ministerio del Medio Ambiente a cada municipalidad al inicio del proyecto. Finalmente, se contó con información parcializada, y que fue completada y ajustada por el equipo consultor, acorde con las necesidades del proyecto.

De la misma manera, y en concordancia con el último proyecto de mapas de ruido realizado por el Instituto de Acústica de la UACH para el Ministerio del Medio Ambiente, fue necesario conocer las vías que incluyen locomoción colectiva mayor (microbuses), con el fin de utilizar una subclasificación vial de aquellas vías, es decir, “con” y “sin” locomoción colectiva mayor (fuente: departamento de Transporte Público Metropolitano). Esta diferenciación permite una mejora en los resultados de la modelación acústica del mapa de ruido [26] [38]. Esta información también fue también incorporada al análisis y definición de los puntos de medición de la campaña de terreno.

3.1.2. Desarrollo

En esta actividad se trabajó para mejorar y actualizar la información que configuran las variables relevantes para la modelación del mapa. En la Tabla 3.1.1. presenta el análisis de la información de entrada necesaria para el modelo del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Tabla 3.1.1. Análisis de información de entrada necesaria para el modelo del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

	Variable	Origen	Formato
Modelo de Terreno	Curvas de Nivel	Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp
	Ejes viales	Modelo digital mapa de ruido del Gran Santiago	.cna/.shp
		Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp
	Manzanas	Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp
	Edificación	Modelo digital mapa de ruido del Gran Santiago	.cna/.shp
		Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp
Modelos de transporte	Dimensiones	Modelo digital mapa de ruido del Gran Santiago	.cna/.shp
		Departamento de Planificación Regional (GORE)	.shp
	Tipo de carpeta	Modelo digital mapa de ruido del Gran Santiago	.cna
	Flujos vehiculares particulares	SECTRA (para noviembre)	No definido
		Autopistas concesionadas urbanas e interurbanas (región)	No definido
	Flujos, recorridos,	Departamento de Transporte público	.xls

	Variable	Origen	Formato
	velocidad Transantiago	metropolitano	
		Departamento de Transporte público metropolitano	.shp
	Metro: Flujo, recorridos, tipo de vagón, velocidad	Departamento de Transporte público metropolitano Metro de Santiago	No definido
	Tren: Flujo, recorridos, tipo de vagón, velocidad	Departamento de Transporte público metropolitano Empresa Ferrocarriles del estado (EFE)	No definido
Otros	Establecimiento educacionales (ubicación, tipo, número de matrículas)	MINEDUC – sitio web	.kmz
		Seremi de Educación	No definido
	Establecimiento de Salud (ubicación, tipo, número de camas)	MINSAL – Departamento de estadísticas e información de salud (DEIS) – sitio web	.xls
		Departamento Planificación Regional (GORE)	No definido
	Limites administrativos (regionales, comunales, urbana, rural)	Infraestructura de datos espaciales (IDE) – Ministerio de Bienes Nacionales	.shp o .kmz
		Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp
	Clasificación Vial (REDEVU)	Municipalidades	No definido
	Áreas verdes	Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	.shp
	Densidad poblacional	Departamento Planificación Regional (GORE)	No definido
		INE	.xls
	Zonificación Urbana (usos de suelo)	Infraestructura de datos espaciales (IDE) – Ministerio de Bienes Nacionales	.shp o .kmz
		Departamento Planificación Regional (GORE)	.shp

Se acordó con la Contraparte Técnica solicitar a los municipios involucrados con el Mapa de Ruido, una persona de contacto en cada municipio, que permitió canalizar algunas dudas vinculadas con el proyecto. En particular, fue necesario:

- Consultar sobre la clasificación REDEVU¹ actualizada para cada municipio.
- Solicitar apoyo para aplicar la encuesta de Paisaje Sonoro.
- Colaborar en la instalación de estaciones de monitoreo de ruido semanales, en los municipios que fueron seleccionados.

¹ Las dos categorías superiores (Expresa y Troncal) se obtienen del PRM, las cuales se encuentran disponibles para todas las comunas en estudio.

La Contraparte Técnica tomó contacto oportuno con las autopistas concesionadas urbanas e interurbanas (región) para gestionar la información necesaria para el estudio y la instalación de las estaciones de monitoreo semanales. En el Anexo 6 se encuentran los datos que fueron procesados para este fin.

Es importante comentar que los datos cartográficos utilizados (sistema de referencia, datum), debieron finalmente disponerse de manera que permitieran realizar las transformaciones correspondientes. Lo anterior se fundamenta en que algunos servicios utilizan modificaciones de sistemas como el WGS84 (como el INE), y por lo tanto, es necesario conocer la información pertinente para la transformación.

Referente a la información de los Planes Reguladores Comunales que fue posible acceder, a continuación, se presenta un análisis pertinente a este estudio.

Tabla 3.1.2. Análisis de información de Planes Reguladores Comunales para el Mapa de Ruido del Gran Santiago.

	Comuna	Ordenanza	Clasificación vial	Ancho de vías	Carpeta	Observaciones
1	Cerrillos	NO	Parcial ²			No posee
2	Cerro Navia	SI	Parcial	SI	NO	
3	Conchalí	SI	SI	SI	NO	
4	El Bosque	SI	Parcial	NO	NO	
5	Estación Central	NO	Parcial			No posee
6	Huechuraba	SI	SI	SI	NO	
7	Independencia	SI	SI	SI	NO	
8	La Cisterna	SI	SI	SI	NO	
9	La Florida	SI	SI	SI	NO	
10	La Granja	SI	SI	SI	NO	
11	La Pintana	SI	SI	SI	NO	
12	La Reina	SI	SI	SI	NO	
13	Las Condes	SI	SI	SI	NO	Clasificación vial corregida 2015
14	Lo Barnechea	SI	SI	SI	NO	Revisar las modificaciones
15	Lo Espejo	SI	Parcial	SI	NO	Regido por el PRC la Cisterna 1983
16	Lo Prado	SI	SI	SI	NO	
17	Macul	SI	SI	SI	NO	
18	Maipú	SI	SI	SI	NO	
19	Nuñoa	SI	Parcial	SI	NO	
20	Pedro Aguirre Cerda	SI	Parcial	SI	NO	Antecedentes
21	Peñalolén	SI	SI	SI	NO	
22	Providencia	SI	SI	SI	NO	
23	Pudahuel	SI	Parcial	NO	NO	
24	Quilicura	SI	Parcial	NO	NO	
25	Quinta Normal	SI	Parcial	SI	NO	
26	Recoleta	SI	SI	SI	NO	
27	Renca	SI	Parcial	NO	NO	
28	San Joaquín	SI	Parcial	SI	NO	
29	San Miguel	SI	Parcial	SI	NO	
30	San Ramón	NO	Parcial	NO	NO	No posee
31	Santiago	SI	SI	SI	NO	
32	Vitacura	SI	SI	SI	NO	
33	San Bernardo	SI	SI	SI	NO	
34	Puente Alto	SI	SI	SI	NO	

² Se dispone de las dos primeras categorías (Expresa y Troncal), información extraída a partir del PRM

Finalmente se ha realizado una clasificación vial de toda el área de trabajo, que se encuentra disponible en el Anexo 7 de este informe. Para los municipios que no poseen una clasificación vial completa, el equipo consultor ha procedido a realizar una clasificación, como se describe a continuación.

Determinación de las categorías para la red vial

Al igual que en los análisis anteriores para las ciudades de Coquimbo-Serena, Valdivia y Temuco-Padre Las Casas [26], se utilizó la tipología de la red vial definida en el Manual de Vialidad Urbana Recomendaciones para el diseño de elementos de Infraestructura Urbana (REDEVU) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Esta clasificación identifica vías expresas, troncales, colectoras, de servicio y locales.

El primer paso fue obtener la red vial del área de estudio, la que fue entregada por el Ministerio de Medio Ambiente en formato shape para ser visualizado a través de ArcGis. Además se trabajó con la clasificación Vial del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) que identifica principalmente las vías expresas y troncales. Complementaria a esta información se obtuvo la clasificación vial de algunas comunas del área de estudio.

A partir de la información antes indicada se procede a:

- Asignar a la base de datos de las vías la clasificación vial del PRMS y de las comunas para las vías clasificadas y se hace una primera propuesta de clasificación vial.
- Hacer una primera revisión de la red vial y de la propuesta de clasificación para identificar las clasificaciones faltantes a las vías así como revisar la completitud de las redes e identificar sectores con falta de información.
- Analizar en forma más detallada por zonas la red vial y la clasificación propuesta. Para tales efectos se llevó a archivos .Kmz la red y se asignó colores según la clasificación propuesta. Además se desplegó en Google Earth la red, revisando primeramente la necesidad de complementar la red por zonas en donde se observaron vías que no estaban digitalizadas en la red vial original. Mediante la ayuda de la herramienta Street View de Google Earth se lleva la vista a nivel de la calle para identificar características físicas de las vías.
- Completar la clasificación de las vías, en función de las características funcionales y físicas de las vías. Además, un análisis de continuidad de las vías a través de las distintas comunas, y bajo el concepto de una red jerarquizada y funcional se procede a asignar la clasificación a las vías faltantes.
- Verificar la funcionalidad de la red: se hacen los ajustes requeridos para que la asignación sea coherente con la estructura de la red a nivel de zonas y del área de estudio integrando analizando la coherencia entre zonas.
- Para las Autopistas se tomó la decisión de separar la categoría expresa a las autopistas (así las autopistas son una categoría vial aparte), mientras que las vías caletas que tienen un estándar menor se le asignó la categoría de troncales.

- Para identificar las vías de menor categoría se identificó como locales aquellas que permiten el acceso directo a las viviendas. La categoría servicio se identificó a vías de mayor longitud que permiten conectar los barrios con servicios o con vías de mayor estándar.
- Luego de las mediciones de flujos vehiculares se hace análisis de coherencia revisando aquellas vías cuyos flujos se alejan de los de su categoría, procediendo a los ajustes finales.

3.2. Elaboración de modelos digitales del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Elaborar los modelos digitales de los mapas de ruido a desarrollar.

3.2.1. Descripción y Metodología

El segundo paso relacionado con el modelo digital consiste en revisar la topografía (curvas de nivel), edificaciones, y demás variables que definen el escenario de modelación. Como base se ha considerado el área de modelación que corresponde al estudio del Mapa de Ruido del Gran Santiago realizado el 2011 (Figura 3.2.1.). El límite inicial del área a modelar fue el límite urbano de las 34 comunas consideradas, incluyendo las vías ferroviarias, y las autopistas interurbanas de la RM. Posteriormente, se incorporaron algunas zonas de comunas periféricas, a solicitud de la Contraparte. Finalmente, el área de trabajo fueron 36 comunas (se incluyó San José de Maipo y Pirque a aquellas indicadas en la Tabla 3.1.2.).

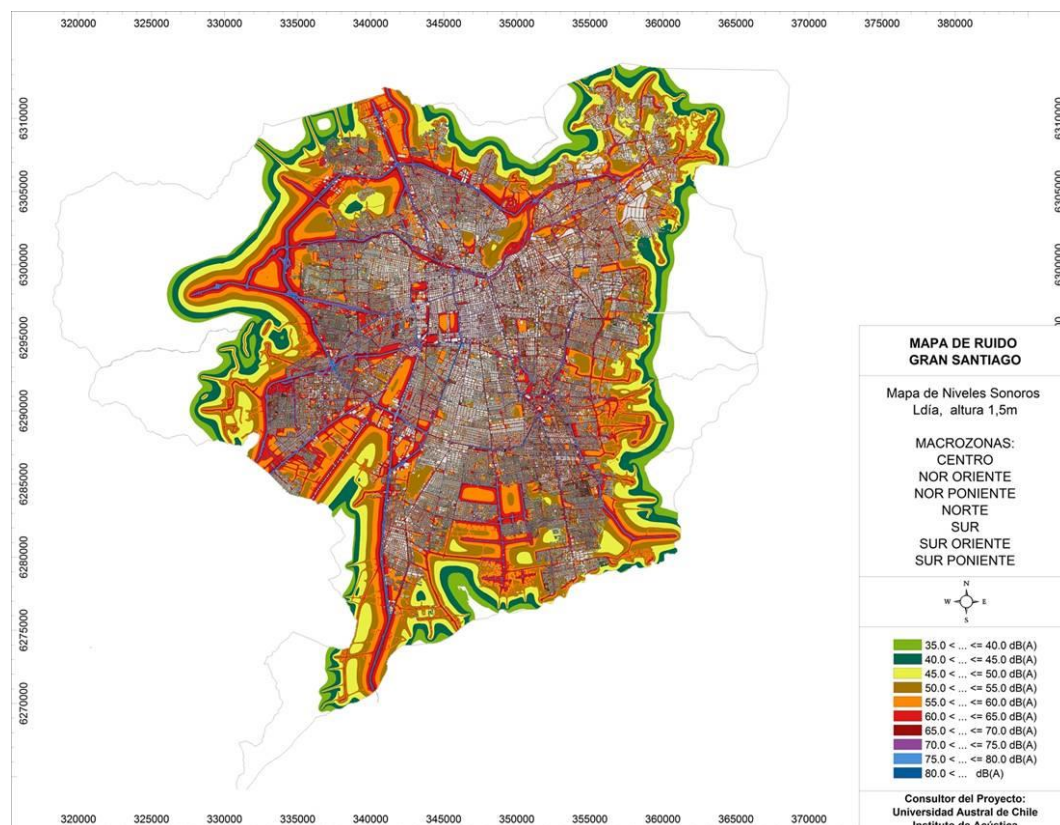


Figura 3.2.1. Mapa de Ruido del Gran Santiago 2011 [19].

3.2.2. Desarrollo

En complemento a la información analizada del punto 3.1 de este informe, se describe resumidamente la variable y subcategoría, que permitieron elaborar los modelos digitales del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Tabla 3.2.1. Resumen de variables y subcategoría para elaborar los modelos digitales del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Variable	Subcategoría	Disponible	Solicitar en	Post proceso	Observación
Ejes viales	Carpeta rodado	Desconocido	SECTRA	n/a	Se considera carpeta de tipo hormigón para eje vial urbano y asfalto para las Autopistas.
	número de pista	Desconocido	SECTRA	n/a	Se considera este aspecto como no relevante, dada la escala a la cual se levantó la información (por Macrozona). Se considera el ancho de la vía en lugar del número de pistas.
	flujo vehicular	Desconocido	SECTRA	Sí	Se considera un análisis estadístico por Macrozona estableciendo un estadígrafo (promedio, media recortada, etc.) para la asignación del valor para cada categoría presente. En el caso de las Autopistas concesionadas se consideran los datos entregados por ellas a través de la Contraparte técnica.
REDEVU		Parcial	SECTRA, Municipios	Sí	Recopilados de los PRC de cada comuna presente en el Gran Santiago (en los cuales existía tal información). Además, el especialista del equipo consultor complementó la información referente a la asignación de categoría.
Locomoción colectiva mayor		Sí	SECTRA, Municipios, Departamento de transporte público metropolitano		Se utiliza para la subclasificación de las categorías REDEVU.
Vías férreas (METRO y Ferrocarriles)		No	GORE, SECTRA, Grupo EFE	Sí	Se levantó la información mediante imágenes escaladas mediante software ArcGIS. Además se utilizó la información proporcionada por METRO para validar las vías que se encuentran en superficie.
Edificaciones		Sí		Sí	Completar edificaciones a la fecha según el límite urbano.
Predios		No	GORE		No se considera a esta variable como relevante para los efectos

Variable	Subcategoría	Disponible	Solicitar en	Post proceso	Observación
					del proyecto.
Curvas de nivel		Si		No	Equidistancia de 10 m para zonas urbanas. Considera las curvas de nivel de las comunas en estudio. Equidistancia de 25 m para zona rural de la región metropolitana.
Áreas verdes		Si		No	Mayores a 5 ha
Usos de suelo		Si		No	PRMS 100, permitió identificar las áreas industriales (no consideradas en los análisis que involucran población).
Límite urbano		No	GORE		Ajustado de cada comuna o al del PRMS 100

Explicación sobre el proceso de modelación, se indica en el apartado 3.4.

3.3. Mediciones para la elaboración del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Definir e implementar estaciones de monitoreo para caracterizar espacial y temporalmente las principales vías de infraestructura de transporte (vehicular y ferroviaria) del Gran Santiago y de la Región Metropolitana

3.3.1. Descripción y Metodología

La realización de un mapa de ruido por medio de modelación (software) requiere aportar aquellas variables que son relevantes para alimentar el modelo apropiadamente. De esa manera, el proceso de cálculo entregará datos confiables. En el caso de un mapa de ruido, son valores de ruido modelados que serán concordantes con la realidad. Una manera de verificar que este proceso de cálculo por software sea el apropiado, es contrastar el resultado de la modelación con mediciones reales de los escenarios modelados. Este proceso puede contemplar mediciones puntuales o continuas (como con una estación de monitoreo). En este proyecto se contemplaron estos dos tipos de mediciones para verificar la modelación resultante.

Para el tránsito vehicular, se necesitan datos de flujo vehicular para su modelación acústica. Por lo tanto, a través de mediciones de flujo vehicular en varios puntos, es posible caracterizar la fuente de ruido a trabajar en la emisión de la modelación. Una vez en terreno se determina la factibilidad de medición de cada punto con tal de evitar la influencia de fuentes sonoras adicionales, ajustando las posiciones de medición, en el caso que se requiera, para cuantificar la emisión de ruido producto exclusivamente del tráfico vehicular (o trenes, cuando corresponda) [2].

Se deben realizar análisis estadísticos apropiados que permitan respaldar las decisiones asociadas a la determinación de puntos de mediciones necesarias para su utilización en el proceso de elaboración del mapa de ruido, así como para definir los puntos de medición de flujo vehicular. Tales aspectos se han basado en los criterios y metodología de los estudios “Elaboración de Mapa de Ruido del Gran Santiago Mediante Software de Modelación” [19] y “Elaboración y Análisis de Mapas de Ruido de Tres Conurbaciones Mediante Software de Modelación” [26].

Tanto el diseño final de las campañas de mediciones acústicas (para verificación de la modelación), como aquellas de flujo vehicular (para obtener datos que van a permitir modelar), son objeto de un análisis que considera las siguientes variables:

- a) Como base, se ha seguido la metodología de distribución de puntos de medición del estudio del Gran Santiago [19], y mejorada en el estudio de “Elaboración y Análisis de Mapas de Ruido de Tres Conurbaciones Mediante Software de Modelación” [26].

- b) Se han incorporado mediciones semanales continuas en puntos que permiten caracterizar el perfil de ruido de tránsito durante los ciclos de día, tarde, noche, y semanales. Tales datos permiten un análisis general de los tipos de vías y sus ciclos diarios.
- c) Las mediciones acústicas (discretas), son utilizadas para contrastar con aquellas obtenidas en las mediciones semanales.

Los análisis de las mediciones acústicas y modelaciones, se encuentran en el Anexo 12.

Respecto al instrumental para realizar las mediciones necesarias de ruido para el estudio, el Instituto de Acústica cuenta con sonómetros que estuvieron disponibles para ser utilizados en el estudio. Entre ellos se pueden mencionar tres sonómetros marca RION tipo 2 (modelos NL20 y NL22), dos sonómetros marca CESVA tipo 2 (modelo SC160) y uno CESVA tipo 1 (modelo SC310), y tres sonómetros Briel&Kjaer modelo 2250L. Además, cuenta con un sistema de monitoreo continuo correspondiente a un equipo CESVA SC310 con un sistema TK1000 Kit exterior, con trípode, deshumidificador, protector contra lluvia, viento y aves, y tres sonómetros CIRRUS modelo CK:670 para medición de exteriores, que incluyen su correspondiente kit de intemperie CK:1710.

Adicionalmente, se adquirieron para efectos de este estudio, ocho sistemas complementarios de monitoreo continuo Noise Sentry RT que permiten medir, durante una semana continua, niveles característicos de un determinado punto y perfiles acústicos definidos.

La campaña de mediciones asociada a la emisión de ruido de flujo vehicular contempló:

- a) **Mediciones discretas de flujo vehicular:** distinguiendo vehículos livianos, pesados, motocicletas, Transantiago, etc.
- b) **Mediciones discretas de parámetros acústicos:** donde se miden variables acústicas, además del flujo vehicular.
- c) **Mediciones acústicas continuas semanales:** corresponde a registros acústicos de los perfiles típicos de las distintas vías del Gran Santiago: 10 tipos de vías distintas – REDEVU, y autopistas.

La cantidad total de mediciones comprometidas para este estudio fueron: 2500 mediciones de flujo vehicular, 500 mediciones acústicas discretas y 40 mediciones acústicas semanales continuas. La distribución temporal propuesta para estas mediciones es: 1000 mediciones de flujo durante el día, 500 durante la tarde, 500 mediciones acústica (incluyendo flujo, en horario valle), y 1000 durante la noche. Como se explica posteriormente, se realizaron finalmente 2.513 muestras diurnas (flujos), distribuidas en 1583 observaciones para día y 390 para la tarde (observaciones de 15 minutos), y 540 muestras (de 30 minutos) para la noche (Anexo 2). Las mediciones de estaciones fijas, correspondieron a 53 en total (Anexo 1).

Las mediciones discretas de parámetros acústicos y demás labores de terreno estuvieron a cargo de los Ingenieros Acústicos y Civil Acústico Martín Reyes y Pablo Zurita respectivamente. Los sonómetros y calibradores acústicos utilizados (RION) fueron calibrados en el ISP previamente a las campañas de mediciones. Las estaciones fijas estuvieron a cargo de la Ingeniero Civil Acústico Karina Aliante, quien se

responsabilizó de su programación, instalación y descarga de datos. Las estaciones Noise Sentry fueron compradas para este proyecto, cuentan con sus certificaciones de fábrica correspondientes. Todos los equipos fueron calibrados previo a la realización de las mediciones.

La distribución espacial de las mediciones, tanto de flujo como acústicas, contemplaron la variabilidad del ruido generado por el flujo vehicular vial. En este sentido, es conveniente distribuir más mediciones en calles con menor flujo vehicular, pero que constituyen una mayor cantidad en la ciudad (como las vías locales), y menos mediciones de flujo vehicular en calles con alto flujo vehicular, más estables desde el punto de vista acústico (como las vías expresas).

Considerando el estudio del año 2011, y la división en Macrozonas, se realizaron mediciones en áreas seleccionadas de cada Macrozona, de manera de obtener una distribución espacial apropiada.

El ruido de ferrocarriles corresponde a una fuente de ruido por sí misma, y distinta al ruido de vehículos (autos, camiones, etc.). Posee otras variables de entrada además del flujo.

La cantidad de mediciones de ruido de trenes corresponden a 20 mediciones acústicas, de manera de garantizar una apropiada modelación (Anexo 3).

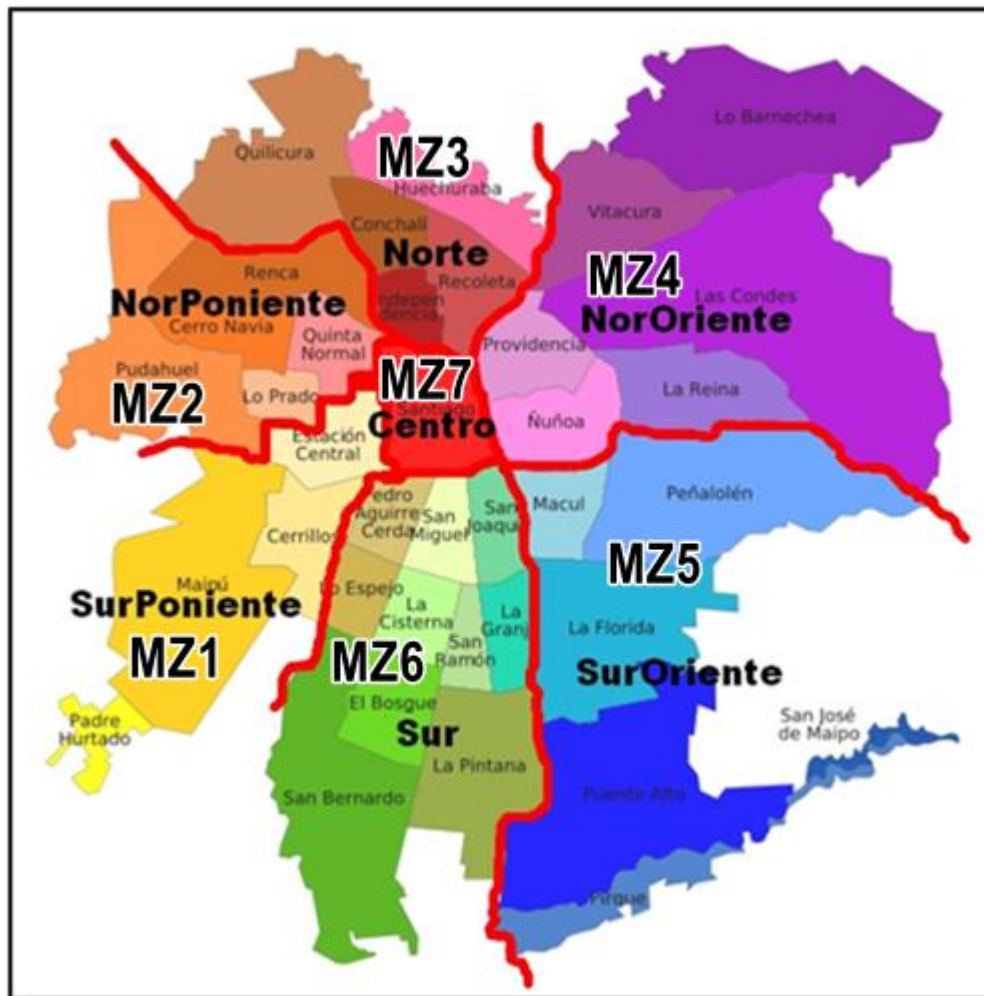


Figura 3.3.1. Macrozonas del Mapa de Ruido del Gran Santiago (donde MZ1 es Macro Zona 1) [19].

Para la distribución de las mediciones discretas se sigue el proceso utilizado en los estudios previos, en particular en el proyecto “Elaboración y Análisis de Mapas de Ruido de Tres Conurbaciones Mediante Software de Modelación”[26].

Esta metodología asume que una vía tiene un comportamiento acústico similar a aquellas vías clasificadas en su mismo tipo. Por ejemplo, una vía tipo troncal con locomoción colectiva (buses) se comporta sonoramente similar a otra vía del mismo tipo. Este supuesto ha demostrado funcionar bastante bien para la realización de los mapas de ruido. A pesar que bajo este escenario no es necesario medir en todas las comunas del Gran Santiago, se diseñó una campaña de mediciones que pueda recoger las características de las vías en una apropiada cantidad de municipios. Lo anterior permitió obtener datos más representativos de la superficie de estudio.

Respecto a las mediciones acústicas continuas semanales, se realizaron análisis adicionales asociado a la utilidad y requisitos para establecer una red de monitoreo de ruido en una zona urbana, como un municipio o ciudad.

Criterios para emplazar las estaciones de monitoreo de tránsito vehicular

Considerando la naturaleza y fines de la medición, los principales criterios considerados para emplazar las estaciones de monitoreo fijas de proyectos anteriores, son los siguientes:

1. Vía con gradiente menor a 2%.
2. Vía con carpeta de hormigón por ser ésta la de mayor presencia en la ciudad.
3. Vía con carpeta sin alteraciones importantes (hoyos, tapas sueltas, reductores de velocidad, otros).
4. Vías alejadas de sectores de actividades de esparcimiento y comercio.
5. Vías con tránsito vehicular fluido, sin puntos de detención en el tramo de interés, tales como; disco pare, semáforos, paraderos, etc.
6. Punto seleccionado, sin apantallamiento acústico.
7. Punto seleccionado, alejado de fuentes de ruido ajenas al tránsito vehicular.
8. Punto seleccionado, con fácil acceso para verificaciones y ajustes del equipamiento.
9. Punto seleccionado con adecuadas condiciones de seguridad para el equipamiento.

Mediante trabajo de terreno, se identificaron las vías y algunos lugares que pudieran cumplir con cada uno de los criterios indicados. Hay que mencionar que los criterios 8 y 9 son definitivamente los más difíciles de cumplir y aquellos por los cuales se descartaron numerosos puntos de medición.

La inclusión de los tramos correspondientes a las autopistas concesionadas de la Región Metropolitana que se encuentren fuera del límite urbano de las comunas que se definan para este estudio, se realizó según la información entregadas por las concesionarias (flujos vehiculares), a través de la gestión del Ministerio del Medio Ambiente.

Las Autopistas concesionadas a consideradas en este estudio son:

1. Concesión Tramo Ruta 5 Santiago - Los Vilos
2. Concesión Tramo Ruta 5 Santiago - Talca y Acceso Sur a Santiago (Ruta del Maipo)
3. Concesión Autopista Santiago - San Antonio, Ruta 78 (Autopista del Sol)
4. Concesión Autopista Santiago - Colina - Los Andes (Autopista los Libertadores)
5. Concesión Interconexión Vial Santiago - Valparaíso - Viña del Mar, Ruta 68 (Rutas del Pacífico:)
6. Concesión Sistema Norte Sur (Autopista Central)
7. Concesión Sistema Oriente Poniente (Costanera Norte)
8. Concesión Sistema Américo Vespucio Sur
9. Concesión Américo Vespucio Nor Poniente
10. Concesión Variante Vespucio - El Salto - Kennedy
11. Concesión Acceso Nororiente a Santiago (Autopista Nororiente)
12. Concesión Acceso Vial Aeropuerto Arturo Merino Benítez

3.3.2. Desarrollo

Para implementar la campaña de mediciones del proyecto, se optó por diseñar una campaña temprana de mediciones durante noviembre y diciembre de 2015, y otra campaña desde marzo a agosto de 2016.

Respecto al tiempo de medición, se estimó que los niveles de presión sonora continuos equivalentes convergen suficientemente rápido como para realizar mediciones acústicas en un tiempo de integración de 15 minutos, como se representa en el siguiente gráfico [26]. Considerando los registros de niveles de estaciones diurnas en diferentes tipos de vía de estudios previos, también se ha podido comprobar que los niveles efectivamente convergen suficientemente rápido, independientes del tipo de vía y del horario de medición. La unidad temporal de medida, tanto de flujos vehiculares, como de mediciones acústicas, fueron de 15 minutos.

Para las mediciones de flujo nocturnos, se acordó con la contraparte que las mediciones fueran de 30 minutos (es decir, como si se tratara de dos mediciones de 15 minutos consecutivas), atendiendo a la mayor variabilidad temporal del flujo vehicular en la noche. De esta forma, los mil datos de flujos nocturnos de 15 minutos corresponden al menos a quinientos datos de flujo nocturno de 30 minutos cada uno.

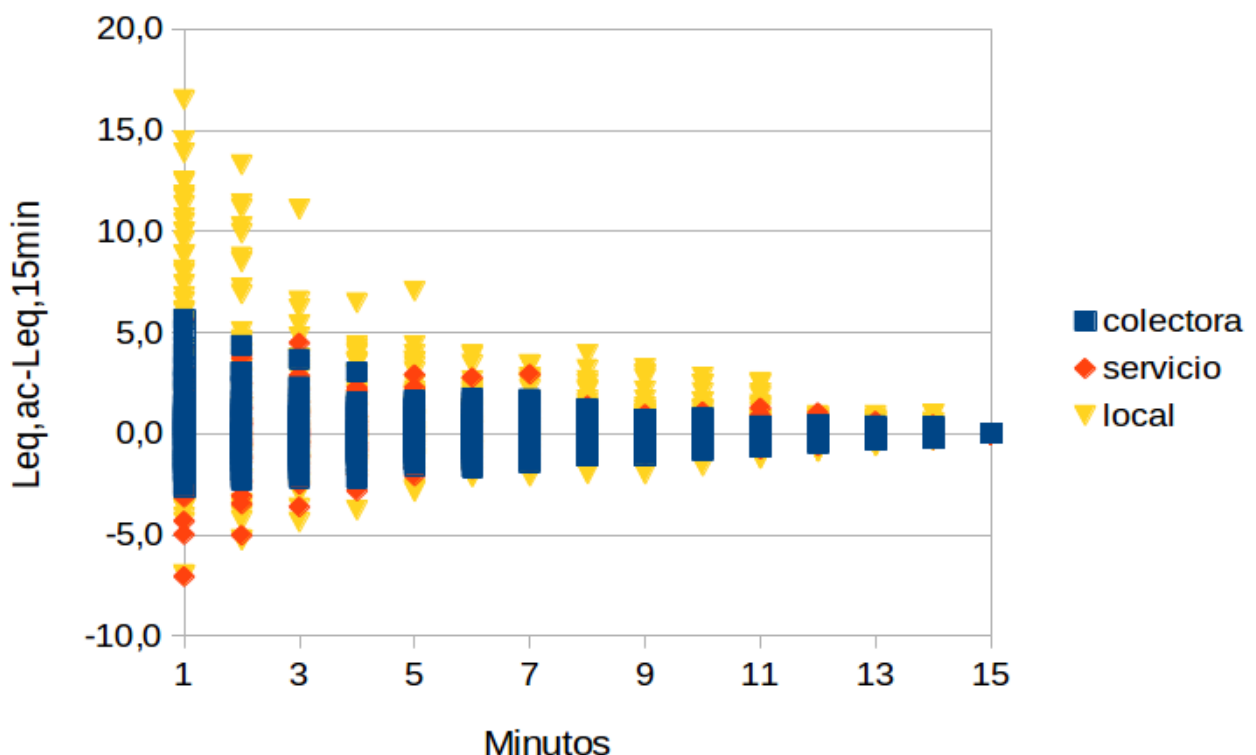


Figura 3.3.2. Diferencia entre nivel equivalente acumulado (Leq,ac) y nivel equivalente de 15 minutos (Leq,15min) representativos para las vías locales, de servicio, y colectoras en la ciudad de Valdivia. En el eje horizontal los minutos de integración [26].

Del análisis asociado al gráfico anterior, se observa que el proceso de estabilización de la lectura del Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente no depende del horario del día. Se aprecia que la estabilización ocurre cerca de los 12 minutos en todos los casos (son más de 800 datos obtenidos de las estaciones fijas obtenidos de la Fase V) [26].

3.3.2.1. Campaña Temprana de Mediciones 2015

Esta campaña se llevó a cabo durante el primer mes del proyecto. Se explica con cierto detalle, pues permitió tomar ciertas decisiones para la campaña de 2016, que siguió estos mismos procesos. De esta manera, para la descripción de la campaña del 2016, sólo se mencionarán aquellos aspectos adicionales o diferentes a esta campaña temprana (es totalmente similar). La campaña contempló tres actividades:

- Mediciones de cuatro ciclos semanales: dos autopistas y dos vías urbanas.
- Mediciones de ciento noventa y cinco mediciones durinas de flujos en vías urbanas de la zona centro de la ciudad.
- Medición comparativa estación de monitoreo Cirrus y Noise Sentry.

a) Mediciones de cuatro ciclos semanales: dos autopistas y dos vías urbanas.

En el proyecto se utilizaron estaciones fijas de monitoreo con el fin de registrar datos de varios días en un lugar. El objetivo es conocer el comportamiento temporal del tipo de vía, con el fin de validar mediciones o estimaciones utilizadas en elaborar el mapa de ruido de la ciudad.

Es conveniente mencionar que hay dos tipos de criterios para escoger estaciones de medición continua: el primero está asociado a conocer la dinámica acústica del lugar (importa el perfil acústico y no necesariamente el valor de los niveles de ruido). El segundo es para estaciones permanentes, donde las magnitudes de ruido ambiental si son muy relevantes. Las estaciones que se han utilizado en este proyecto corresponden al primer tipo. De hecho, se utilizaron posteriormente para estimar el flujo vehicular nocturno, en colaboración con los datos de flujos vehiculares obtenido de mediciones directas.

Para esta campaña temprana, se desarrollaron mediciones de ciclos semanales en dos autopistas y dos vías urbanas céntricas.

La siguiente tabla 3.3.1. resume el procedimiento llevado a cabo para definir los lugares de emplazamiento de las estaciones de monitoreo de ruido.

Tabla 3.3.1. Verificación del cumplimiento de los criterios considerados.

Criterio	Punto para estación fija			
	Autopista del Sol 1 (R78)	Autopista del Sol 2 (R78)	MINVU (Alameda)	San Martín (Instituto de Estudios Bancarios)
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple	Cumple Parcialmente	Cumple
5	Cumple	Cumple	Cumple Parcialmente	Cumple
6	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

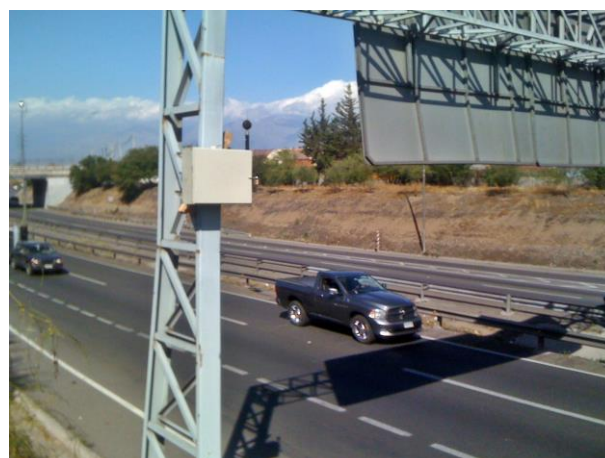
7	Cumple	Cumple	Cumple Parcialmente	Cumple
8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Obs	Autopista	Autopista	Balcón del MINVU	Balcón del IEB

Las estaciones fijas de esta campaña se instalaron en cuatro distintos puntos, y generaron registros continuos de más 6 días. En los gráficos de la figura 3.3.5 se puede apreciar lo relevante que puede ser la instalación en un punto donde existen otras fuentes de ruido de tránsito que influyan en las mediciones. Por ejemplo, la estación instalada en el MINVU registró la noche del 28 de noviembre (término de la Teletón), altos niveles de ruido, que sugieren un comportamiento anormal, posiblemente influenciado por otras fuentes de ruido (y no el tránsito vehicular). En este sentido, para medir ruido de tránsito, es preferible que la estación esté muy cerca de las vías, como los postes de alumbrado público (campaña 2016).

Los puntos de medición fueron:



Autopista del Sol 1 (R78)



Autopista del Sol 2 (R78)



MINVU (Alameda)



San Martín (Instituto de Estudios Bancarios)

Figura 3.3.3. Localización de Estaciones Fijas Campaña Temprana 2015

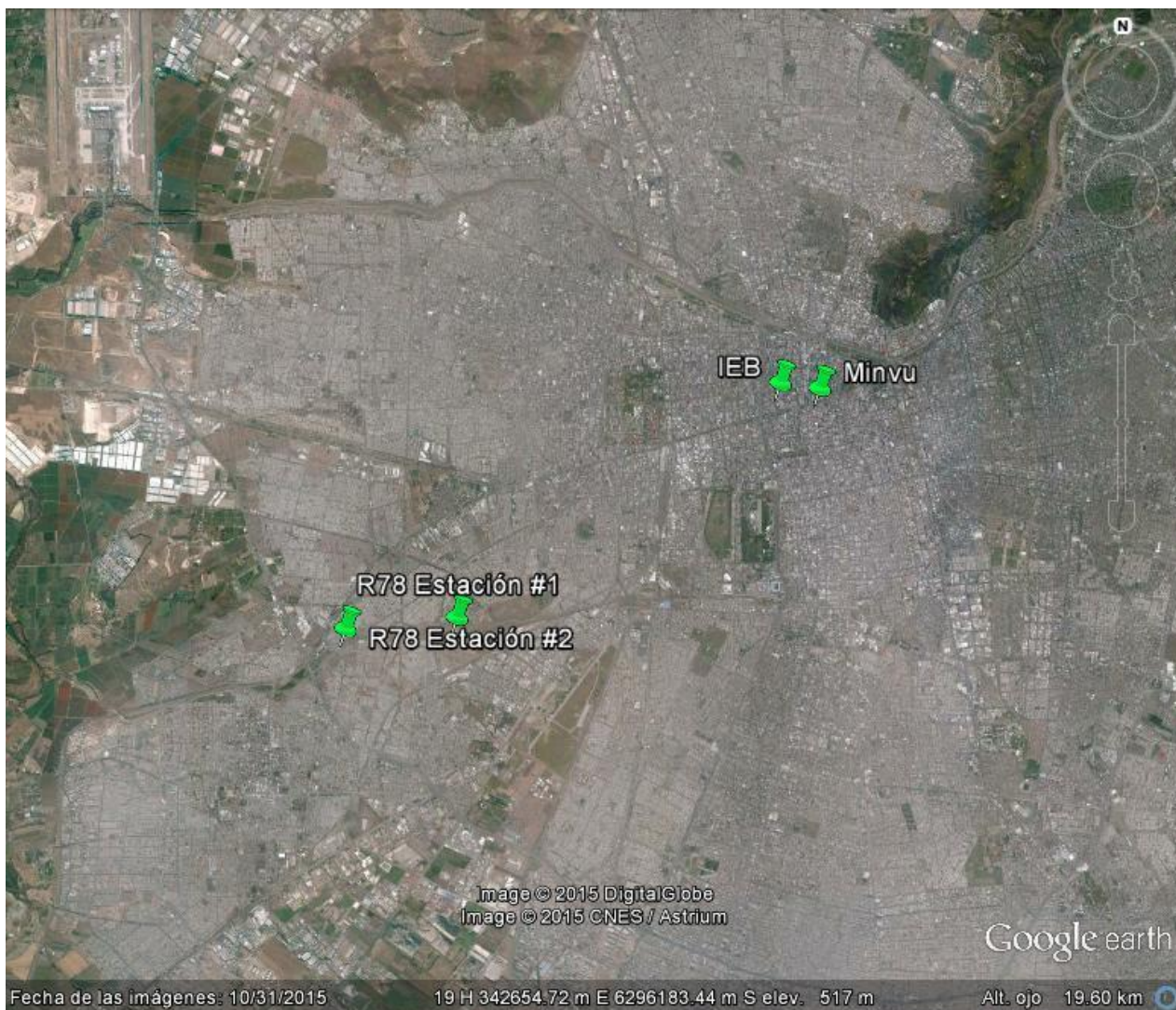
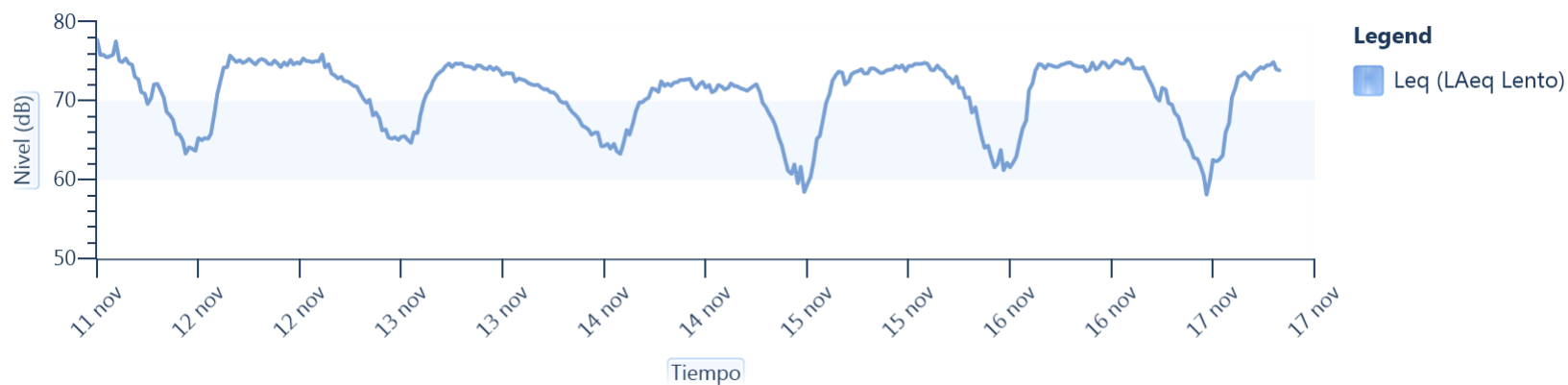


Figura. 3.3.4 Localización de Estaciones Fijas Campaña Temprana 2015

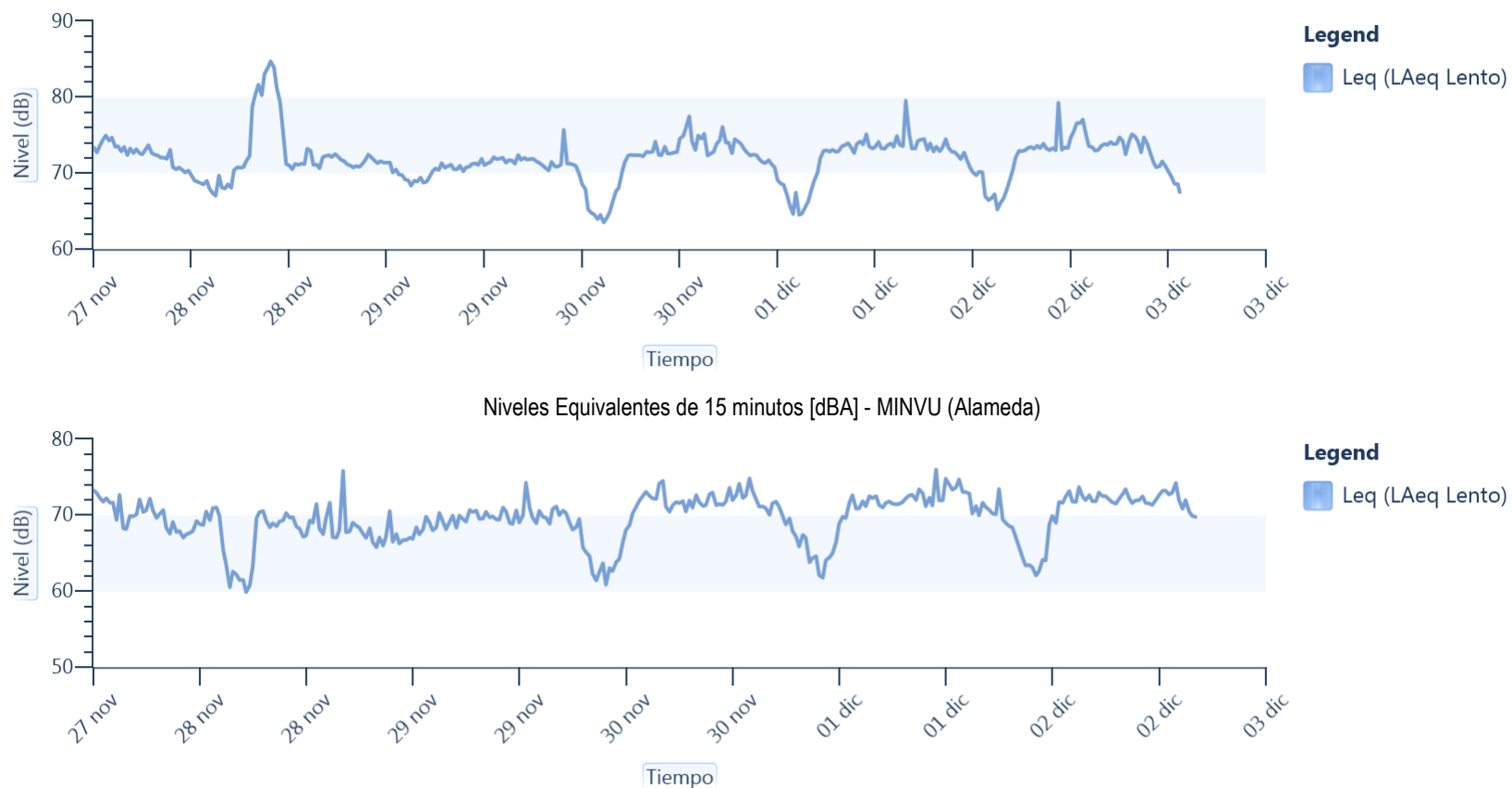
Datos medidos en las estaciones fijas.



Niveles Equivalentes de 15 minutos [dBA] - Autopista del Sol 1 (R78)



Niveles Equivalentes de 15 minutos [dBA] - Autopista del Sol 2 (R78)



Niveles Equivalentes de 15 minutos - San Martín (Instituto de Estudios Bancarios)
Figura. 3.3.5. Registros de Nivel Continuo Equivalente Leq 15 min [dBA]. Estaciones Fijas Campaña Temprana 2015

b) Mediciones de ciento noventa y cinco puntos durinos de flujos en vías urbanas de la zona centro de la ciudad.

Las mediciones de flujos vehiculares que en esta campaña se realizaron fueron en total 195 mediciones. Los puntos de medición fueron en las comunas de Santiago, Providencia, Independencia y Recoleta. La selección de los puntos de medición de flujos vehiculares corresponde a aquellos lugares de observación de flujo libre de vehículos de una vía, por lo general en media cuadra u otra posición que permita un conteo exacto del número y tipo de vehículo que transita por esa vía en particular.

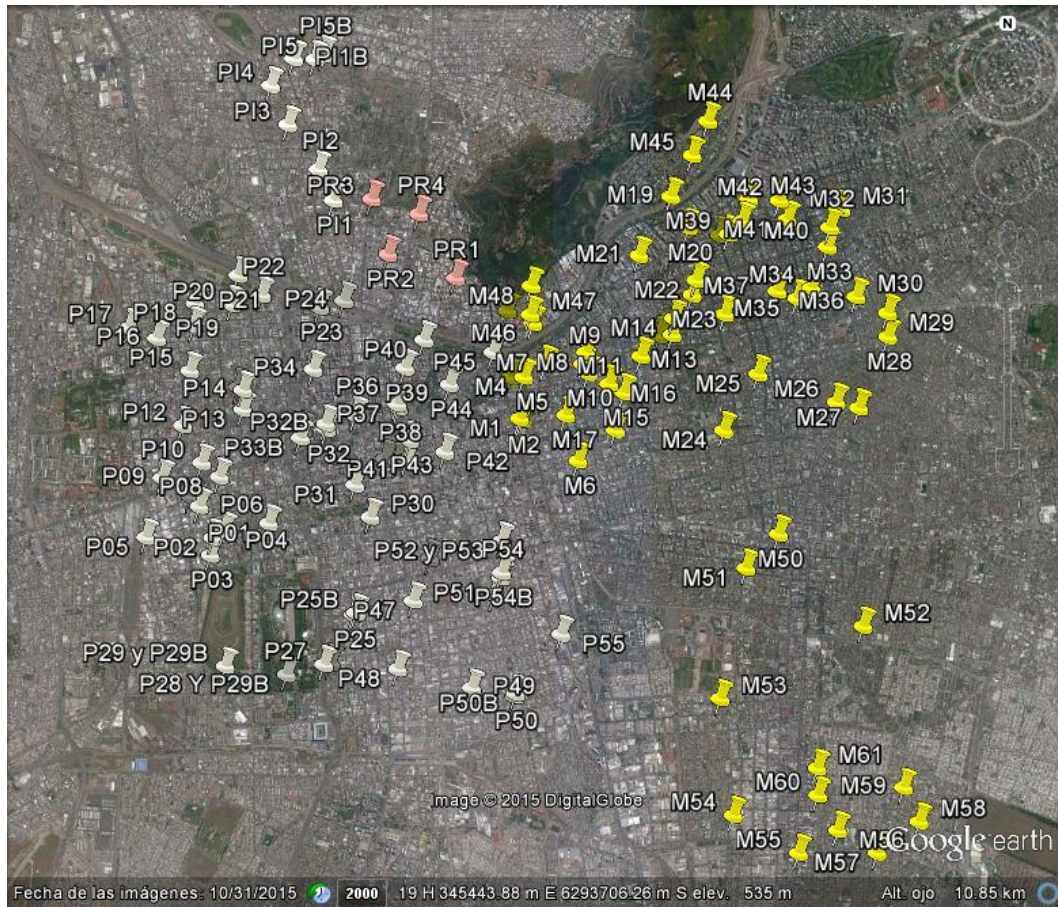


Figura. 3.3.6 Puntos de medición de flujo vehicular. Campaña Temprana 2015

Los datos de medición se encuentran en Anexo 1.

c) Medición comparativa estación de monitoreo Cirrus y Noise Sentry.

Para estudiar el compartimiento de la estación Noise Sentry, se realizó una medición simultánea en una instalación al interior del Campus Miraflores de la Universidad Austral.

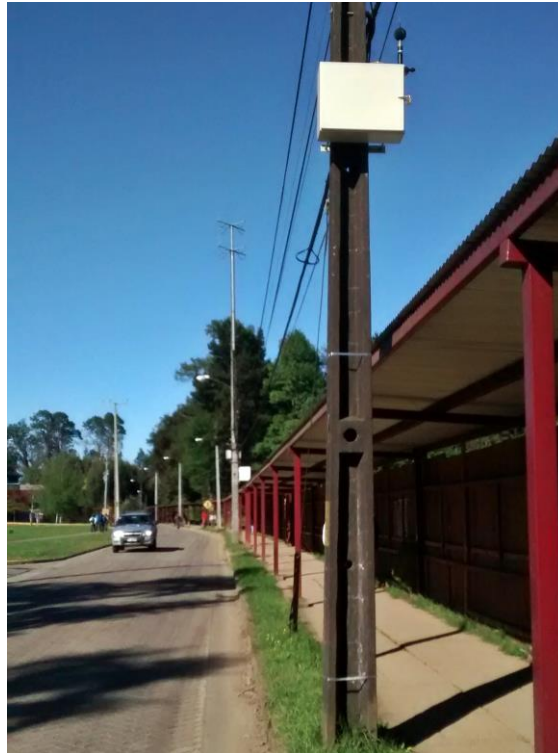


Figura 3.3.7. Localización de Estaciones Cirrus y Noise Sentry

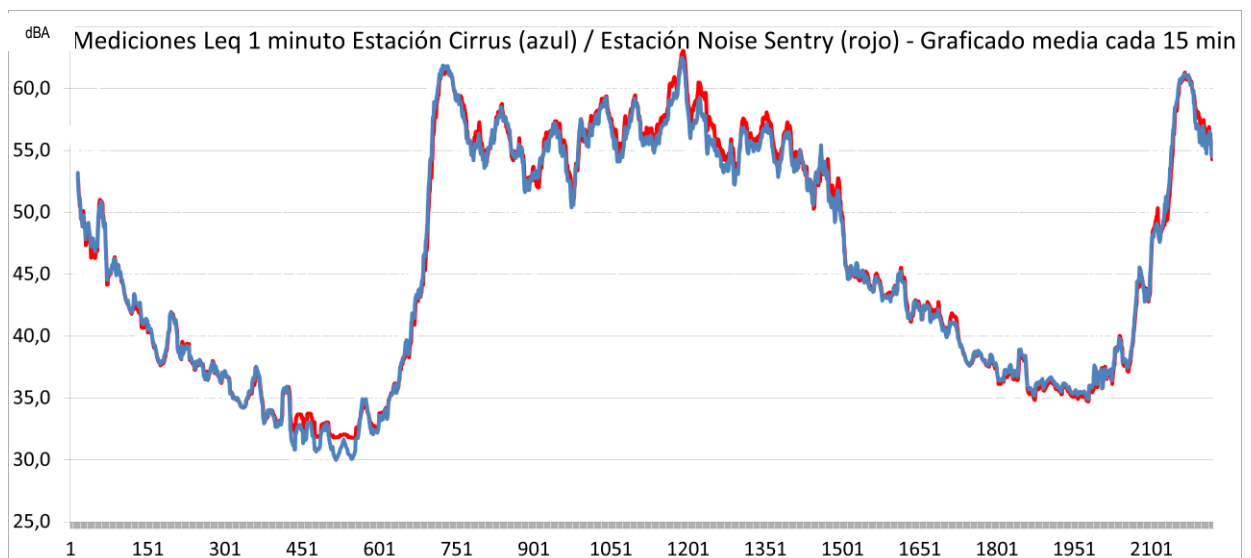


Figura 3.3.8. Mediciones Estaciones Cirrus y Noise Sentry

De esta medición, se comprueba que las estaciones Noise Sentry son totalmente confiables para obtener los datos que se necesitan en el presente estudio.

3.3.2.2. Campaña de Mediciones 2016

La campaña de mediciones se inició en marzo y se extendió hasta agosto de 2016, y contempló cuatro actividades:

1. Mediciones acústicas y de flujos durinos en vías urbanas de la ciudad.
2. Mediciones de flujos durinos en vías urbanas de la ciudad.
3. Mediciones de flujos nocturnos en vías urbanas de la ciudad.
4. Mediciones de ciclos semanales en autopistas y vías urbanas (estaciones fijas Noise Sentry).

En total se completaron 2513 toma de datos de flujo vehicular, y de ellos 500 con mediciones acústicas. Para realizar la distribución de estos puntos y mediciones, se consideraron los siguientes antecedentes y criterios:

1. La distribución porcentual según categoría vial del Mapa de Ruido del Gran Santiago del 2011 [19], que fue estimada a partir de 13 comunas (proyecto 2011) según la cantidad de vías totales por cada categoría. Para su distribución espacial, se ponderó la superficie total a modelar por siete macrozonas. El resultado fue:

Tabla 3.3.2. Distribución de mediciones por tipo de vía. Estudio Gran Santiago 2011

Tipo de Vías	% Superficie	Número de mediciones
Expresa	2.9	39
Troncal	15.9	212
Colectora	23.5	313
Servicio	16.5	219
Local	41.1	547

Fuente [19]

2. Se consideró la distribución vial de las tres ciudades (Valdivia, Temuco y La Serena – Coquimbo) [26]. Esa clasificación se realizó según una expresión matemática, que incorporaba la cantidad de kilómetros de vías según la clasificación vial, y su comportamiento acústico (estabilización de la lectura de medición). Este análisis consistió en establecer los porcentajes de vías por ciudad y clasificación vial, y luego observar una tendencia o promedio.

Tabla 3.3.3. Distribución de mediciones por tipo de vía estudios Fase V

Tipo de Vía	Distribución de puntos de medición (%) [26]			Análisis			
	Valdivia	Temuco – P. Las Casas	La Serena - Coquimbo	Promedio	Dif. Con 2011	Promedio Corregido	Dif. Con 2011
Expresa			4,7	4,7	-1,8	4,4	-1,5
Troncal		7,6	4,7	6,1	9,8	5,8	10,1
Colectora	16,7	20,3	31,3	22,8	0,7	21,7	1,8
Servicio	27,9	27,4	20,1	25,1	-8,6	23,9	-7,4
Local	55,4	44,7	39,3	46,4	-5,3	44,2	-3,1
Suma				105,16		100	

El resultado muestra que, para las vías expresas, colectoras y local, los porcentajes son muy similares al utilizado en el proyecto del 2011. Para las vías troncales y servicio, se presentaron diferencias (ver tabla anterior), donde el año 2011 se asignaba casi el mismo porcentaje, pero en el estudio del año 2015 se asignó más cantidad a las vías de servicio. Este último criterio es el que es más apropiado y se utilizó en el

presente proyecto. Para que la distribución de los puntos sume un 100%, el porcentaje fue corregido según el total de cada ciudad (factor de 0,95, columna “Promedio Corregido”).

Vale decir:

Tabla 3.3.4. Distribución de mediciones por tipo de vía.

Tipo de Vía	% del Total de Mediciones	Número de mediciones
Expresa	4	120
Troncal	6	180
Colectora	22	660
Servicio	24	720
Local	44	1320
	100	3000

Tabla 3.3.5. Distribución de mediciones por tipo de vía y periodo horario para la campaña de mediciones.

Tipo de Vía	%	Mediciones Totales	Período de Día	Período de Tarde	Mediciones de Día Acústicas y Flujo	Período de Noche
Expresa con	2	60	20	10	10	20
Expresa sin	2	60	20	10	10	20
Troncal con	3	90	30	15	15	30
Troncal sin	3	90	30	15	15	30
Colectora con	11	330	110	55	55	110
Colectora sin	11	330	110	55	55	110
Servicio con	12	360	120	60	60	120
Servicio sin	12	360	120	60	60	120
Local con	22	660	220	110	110	220
Local sin	22	660	220	110	110	220
	100	3000	1000	500	500	1000

Tabla 3.3.6. Distribución de mediciones por tipo de vía y periodo horario (Considera 7 Macrozonas).

		Día		Día		Tarde		Noche	
		Mediciones Acústicas		Mediciones de Flujo		Mediciones de Flujo		Mediciones de Flujo	
%		09:00 -18:00	Total Parcial	09:00 -18:00	Total Parcial	20:00-23:00	Total Parcial	23:00-07:00	Total Parcial
	Expresa con	1		3		1		3	
4	Expresa sin	2	3	3	6	2	3	3	6
	Troncal con	2		4		2		4	
6	Troncal sin	2	4	5	9	2	4	5	9
	Colectora con	8		15		8		15	
22	Colectora sin	8	16	16	31	8	16	16	31
	Servicio con	8		17		8		17	
24	Servicio sin	9	17	17	34	9	17	17	34
	Local con	16		31		16		31	
44	Local sin	16	32	32	63	16	32	32	63
100	TOTAL	72	72	143	143	72	72	143	143
Total (x7 Macrozonas)		504		1001		504		1001	
TOTAL									3010

Se realizaron mediciones acústicas en 500 puntos distribuidos en las siete Macrozonas del área de estudio, es decir, un número de 72 puntos de mediciones de niveles de ruido por Macrozona. Se definió, por Macrozona, al menos un municipio para realizar las mediciones.

Tabla 3.3.7. Municipios escogidos por Macrozona de estudio.

Macrozona	Comuna escogida
Centro	Santiago
Norte	Conchalí
NorOriente	Providencia, La Reina
SurOriente	La Florida
Sur	La Cisterna, La Granja
SurPoniente	Maipú
NorPoniente	Cerro Navia

Los horarios de medición fueron (en concordancia con el comportamiento de perfiles de ruido semanales, y los horarios punta y valle establecidos con la Contraparte):

- Período Diurno Temprano (Ld del Lden): 07:00 a 09:00 h (una medición por punto)
- Período Diurno Media Mañana (Ld del Lden): 09:00 a 12:00 h (una medición por punto)
- Período Diurno Media Tarde (Ld del Lden): 14:00 a 18:00 h (una medición por punto)
- Período Tarde (Le del Lden): 19:00 a 21:00 h (una medición por punto)
- Período Nocturno (Ln del Lden): 23:00 a 07:00 h (dos mediciones por punto)

a) Mediciones de flujo realizadas

Con la misma metodología se realizaron las mediciones de flujo para el proyecto. En el Anexo 2, se encuentran los datos de los más de 3000 datos de flujo vehicular medidos, completando la campaña de mediciones de flujos:

- 2513 mediciones de flujo vehicular en horario diurno, de 15 minutos de duración.
- 540 mediciones de flujo vehicular en horario nocturno, de 30 minutos de duración, equivalentes a 1080 mediciones de flujo vehicular de 15 minutos de duración.
- 500 mediciones acústicas de 15 minutos, con su correspondiente dato de flujo vehicular (flujos ya contabilizados en las 2513 mediciones de flujo diurno).

b) Mediciones de estaciones fijas

Con la misma metodología descrita para estaciones semanales, se realizaron las mediciones de estaciones fijas. En el Anexo 1, se encuentran los datos de 53 estaciones fijas:

- 9 estaciones semanales Comuna de Santiago
- 8 estaciones semanales Comuna de Providencia
- 8 estaciones semanales Comuna de Conchalí
- 8 estaciones semanales Comuna de La Florida
- 8 estaciones semanales Comuna de Maipú
- 4 estaciones semanales Autopista Vespucio Sur
- 3 estaciones semanales Autopista Ruta 68
- 2 estaciones semanales Autopista del Sol
- 3 estaciones de tres días Autopista Los Libertadores

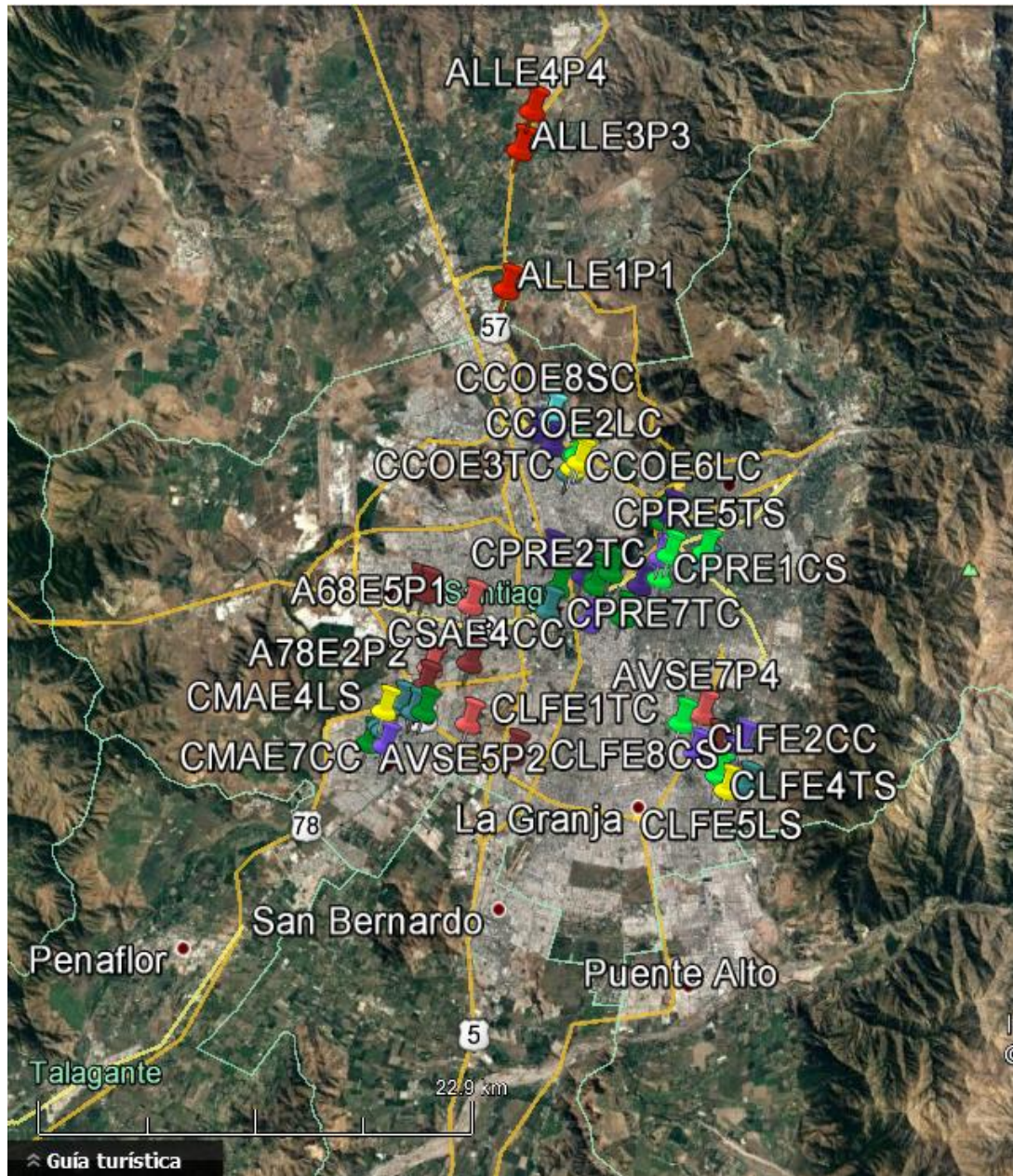


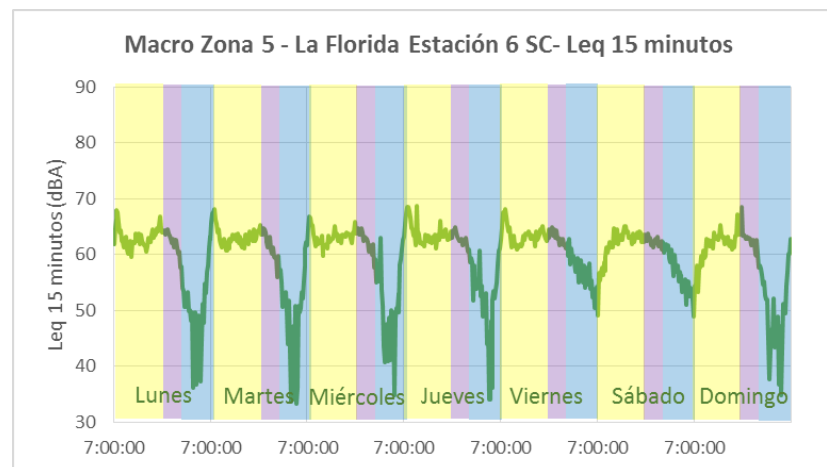
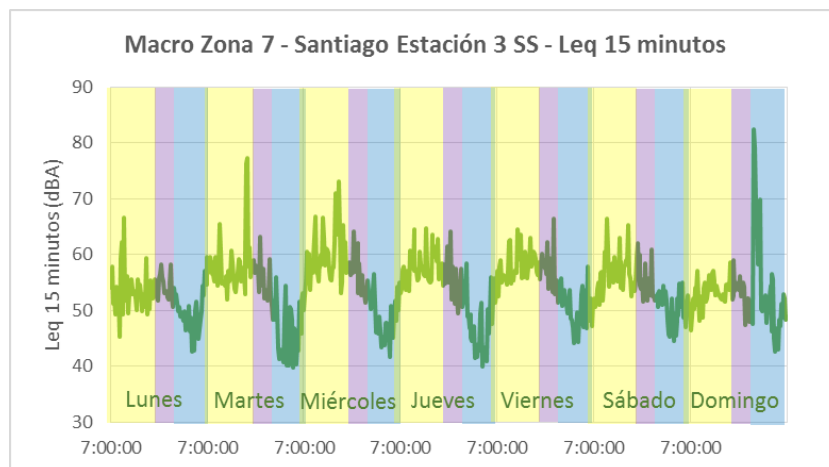
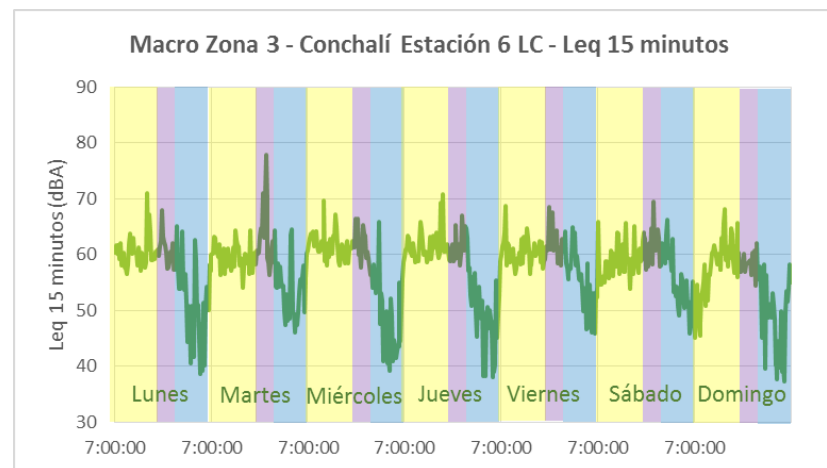
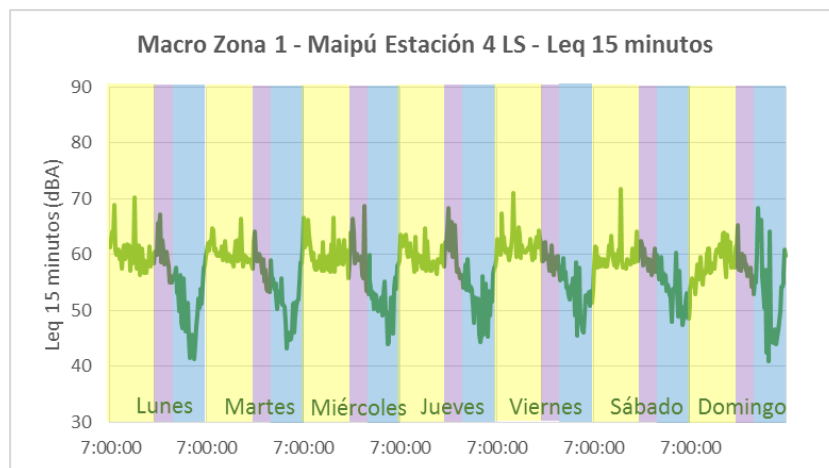
Figura 3.3.9. Distribución de las estaciones de mediciones semanales (Anexo 1).

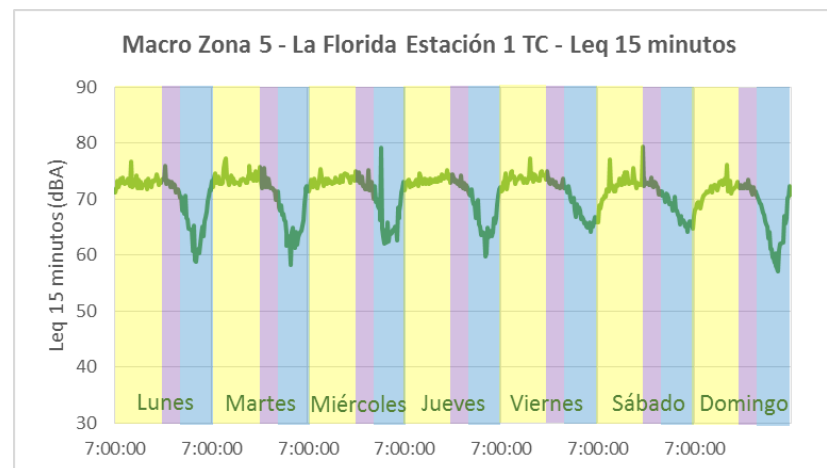
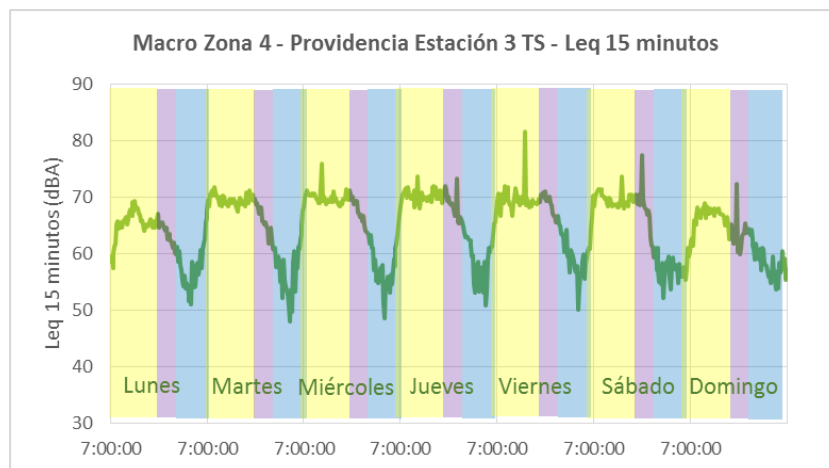
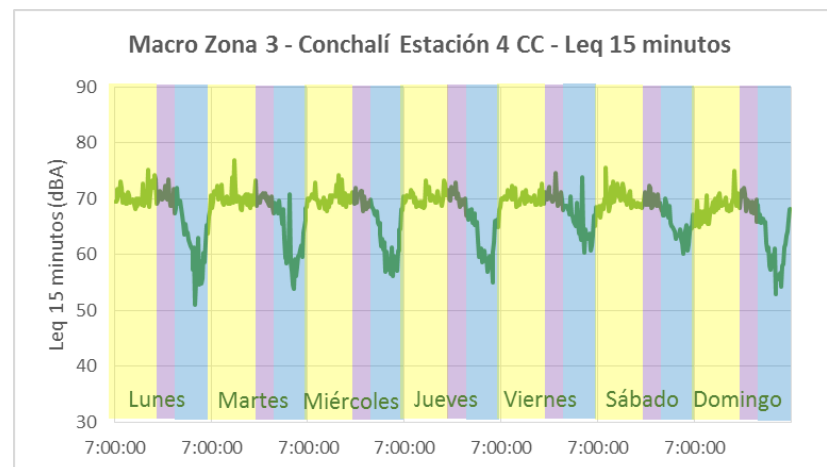
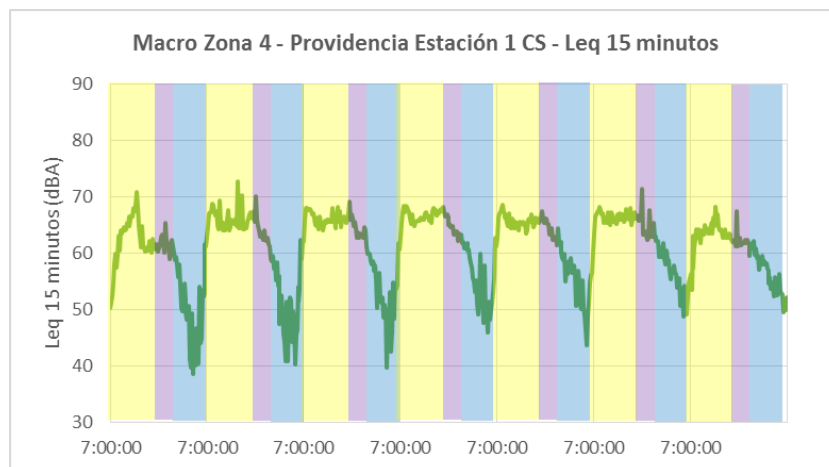
A continuación, una serie de gráficos (Figura 3.3.9.) muestra la evolución continua de las estaciones medidas en el Gran Santiago. Aquí “LS” indica medición en una calle Local Sin Transantiago, y una del tipo “LC” con Transantiago, “SS” es una calle de Servicio Sin Transantiago y “SC” una con Transantiago. Además, se ha coloreado el periodo del Día 07:00-19:00 h (amarillo), Tarde 19:00-23:00 h (violeta) y Noche 23:00-07:00 h (celeste) en cada medida.

Posteriormente otra serie de gráficos (Figura 3.3.10.) expone en primer lugar un gráfico general, y posterior por partes (Figura 3.3.11.), los descriptores L_d , L_e , L_n y L_{den} de todas las estaciones semanales en distintas vías: local (L), Servicio (S), Colectora (C) y Troncal (T), con y sin Transantiago (T).

De estos gráficos se desprenden tres cosas:

1. A mayor flujo en las vías, los comportamientos temporales del ruido de tránsito que ellas emiten, serán más estables, y los niveles de ruido mayores.
2. Los horarios para los períodos día, tarde y noche pueden considerarse de 07:00 a 19:00 h, 19:00 a 23:00 h y 23:00 a 07:00 h respectivamente.
3. El orden de las vías, en cuanto a su emisión de ruido en los distintos períodos, y en una visión de tendencia en promedio, es LS, SS, LC, CS, SC, TS y CC y TC. Con los valores obtenidos no es posible una conclusión categórica, pues existe una dispersión considerable de los datos, posiblemente atribuible a la heterogeneidad de la zona de estudio, los tipos de zonas urbanas y su comportamiento en la ciudad, sus vías y la clasificación vial en particular.





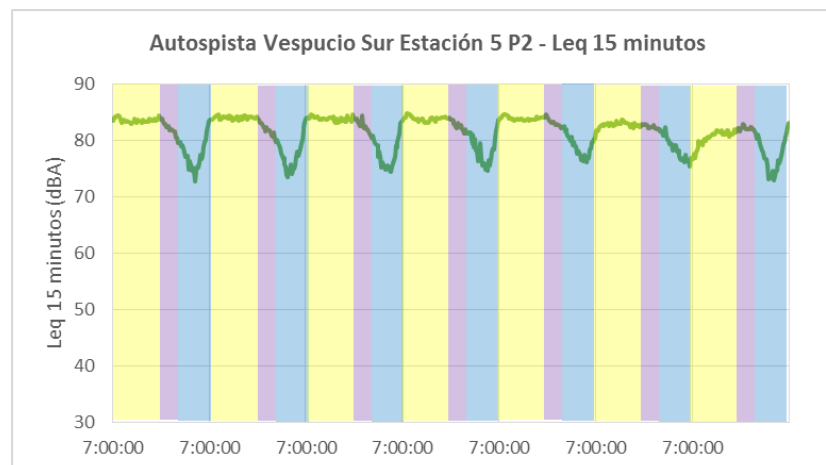


Figura 3.3.10. Distribución de los niveles de ruido de estaciones fijas de mediciones semanales (Anexo 1).

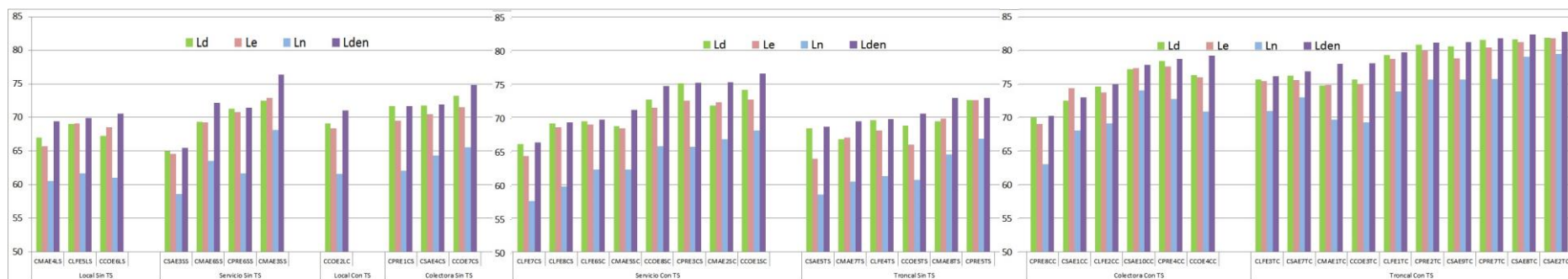


Figura 3.3.11. Visión general de los descriptores Ld, Le, Ln y Lden (promedio semanal) de las estaciones fijas semanales en el Gran Santiago, ordenadas por LS, SS, LC, CS, SC, TS y CC y TC (Anexo 1).

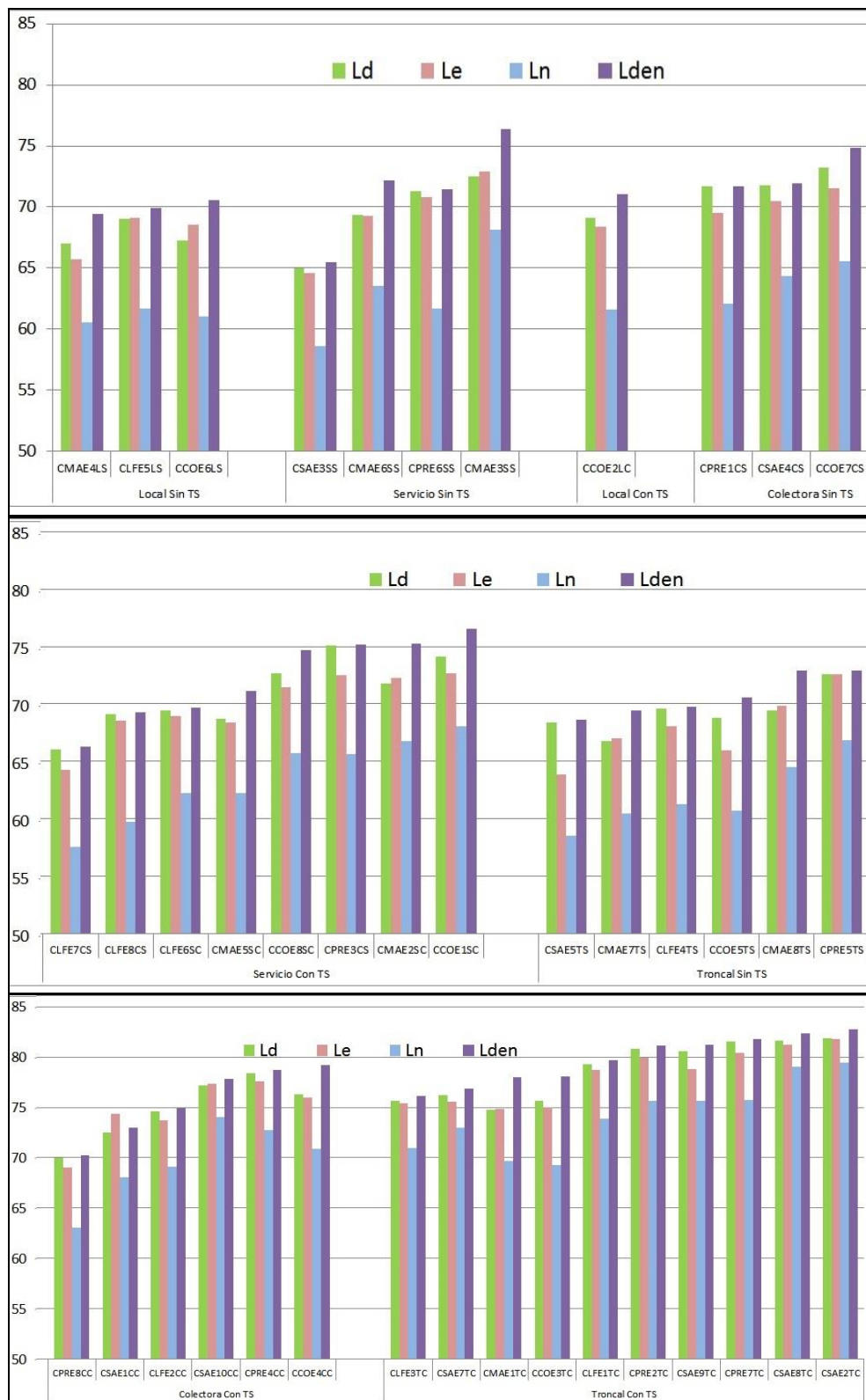


Figura 3.3.12. Detalle de los descriptores Ld, Le, Ln y Lden (promedio semanal) de las estaciones fijas semanales en el Gran Santiago, ordenadas por LS, SS, LC, CS, SC, TS y CC y TC (Anexo 1).

3.3.2.3. Análisis de flujos vehiculares y mediciones en terreno por categorías

Aspectos generales para la modelación mapa de ruido de Gran Santiago.

El mapa de ruido se ha generado con el análisis de los datos de la campaña 2015 y 2016, según:

- Tipo de vía (Expresa, Troncal, Colectora, Servicio y Local)
- Transantiago (Con y Sin)
- Hora (Punta y Valle),
- Zona (7 zonas)
- Periodo (día, tarde y noche)

En la tabla 3.3.8. se presenta el resumen del número de observaciones según día, tarde y noche por tipo de vía. Se observa que en el proceso de conteo de flujos vehiculares se obtuvieron en total 2.513 muestras, distribuidas en 1583 observaciones para día y 390 para la tarde (observaciones de 15 minutos), y 540 muestras (de 30 minutos) para la noche. Las mediciones fueron distribuidas según clasificación vial.

Tabla 3.3.8. Distribución de observaciones para análisis de flujo según tipo de vía, para día, tarde y noche.

Tipo Vía	Día	Tarde	Noche
Expresa	20	5	2
Troncal	333	78	120
Colector	305	84	118
Servicio	468	110	160
Local	457	113	140
Total	1583	390	540

En el diseño de las campañas de mediciones se trabajó con una distribución homogénea por tipo de vía y período horario. La clasificación utilizada para este diseño fue aquella oficial en las comunas escogidas por macrozona. Una vez realizado el análisis global de la clasificación vial según el Plano Regulador Regional, las consistencias entre las clasificaciones viales de comunas vecinas, y las observaciones en terreno, permitieron mejorar la clasificación vial usada para modelar en el proyecto. Una consecuencia de este proceso, es que algunos puntos cambiaron su clasificación vial de diseño de campaña (se mejoró su clasificación al comportamiento real de la vía), y por lo tanto, alteró en parte, las proporciones originales de las muestras por tipo de vía.

Lejos de ser un problema, esta situación es una mejora al proceso, que se podría implementar antes del diseño de las campañas de mediciones, visto lo aquí descrito. Tienes especial relevancia para los casos de grandes superficies, donde se incluyen distintos municipios y/o planes reguladores, de varias fechas de actualización y distintas instancias regulatorias (comunal o regional). En proyectos de áreas más pequeñas, como el mapa de ruido de una comuna en particular, esto es bastante más sencillo de solucionar, incluso, es posible realizar una mejora de la clasificación oficial mediante una clasificación vial propia, para efectos del modelado de ruido (como el mapa de ruido de la Comuna de Santiago [18]),

Respecto al análisis de los datos y los descriptores utilizados, es conveniente indicar algunos aspectos estadísticos relevantes. Como la media aritmética es un estadístico sensible a valores extremos, es necesario verificar otros estadígrafos, tales como el índice de asimetría, que indica la influencia de valores extremos sobre la media (outliers). En las situaciones en que se presentaron valores extremos y una alta

variabilidad (desviación estándar alta), se buscó un estadígrafo más resistente. Para éstos caos se utilizó la media recortada (al 5%). Medida resistente y robusta, donde se obtiene el promedio quitando un porcentaje de ambos extremos para evitar el efecto de estos valores. Es decir, se ha utilizado la media recortada, en casos en que la variabilidad es alta con efecto de valores extremo, y se ha utilizado la media aritmética en las situaciones en la variabilidad fue baja, ya sea cuando no se encontraron valores extremos, o cuando no se dispuso de un número suficiente de observaciones para calcular el estadígrafo anterior.

I.1 Medidas resumen generales DÍA Y TARDE flujo y % vehículos pesados

I.1.1 Flujo de Vehículos total hora

La tabla 3.3.9. y figura 3.3.13. muestran el resumen estadístico para el flujo medio de vehículos por hora $\pm$ desviación estándar (S). Es posible observar para el caso de las vías colectoras que los mayores flujos se encuentran en hora punta y valle con presencia de buses del Transantiago, tanto para el día como para la tarde. El promedio más alto se presenta en horario de tarde en hora punta con Transantiago, que alcanza $789,4 \pm 418,6$ vehículos por hora (veh/h). La variabilidad es similar en todas las categorías. En el caso de las vías locales, el flujo promedio es menor, pero todas las categorías presentan una alta variabilidad. Por ejemplo, en horario diurno, en hora punta con Transantiago se encuentra un flujo medio de 322,4 veh/h variando más menos en 297,1 veh/h. Con respecto a las vías de servicio tiene un flujo medio que fluctúa entre $177,1 \pm 147,1$ y $468,0 \pm 261,8$ veh/h. Las vías troncales, en conjunto con las vías expresas, son la que presentan mayores flujos promedio. Para vía troncal el flujo medio más alto alcanza a $1345,4 \pm 889,1$ veh/h en horario diurno, en hora punta con Transantiago. Por su parte las vías expresas presentaron un flujo medio más alto de $2968,0$ veh/h, variando más menos en $927,7$ veh/h.

Tabla 3.3.9. Estadística descriptiva para mediciones de flujo medio $\pm$ S [veh/h], según tipo de vía y horario

Vía	Horario	Punta Sin TS	Punta Con TS	Valle Sin TS	Valle Con TS
Colectora	Día	$426,7 \pm 284,1$	$757,2 \pm 360,4$	$347,1 \pm 266,1$	$611,1 \pm 279,6$
	Tarde	$401,6 \pm 343,6$	$789,4 \pm 418,6$	$430,6 \pm 381,8$	$519,1 \pm 261,7$
Local	Día	$174,8 \pm 219,3$	$177,7 \pm 145,2$	$116,3 \pm 138,7$	$196,5 \pm 148,2$
	Tarde	$143,5 \pm 163,1$	$322,4 \pm 297,1$	$97,6 \pm 93,3$	$322,0 \pm 360,7$
Servicio	Día	$277,0 \pm 207,2$	$468,0 \pm 261,8$	$211,1 \pm 194,9$	$381,0 \pm 228,5$
	Tarde	$239,6 \pm 313,7$	$401,3 \pm 194,7$	$177,1 \pm 147,1$	$362,0 \pm 226,9$
Troncal	Día	$1052,0 \pm 767,9$	$1345,4 \pm 889,1$	$584,9 \pm 595,5$	$1293,7 \pm 726,1$
	Tarde	$771,6 \pm 954,6$	$1336,4 \pm 789,7$	$657,2 \pm 662,1$	$1122,7 \pm 629,0$
Expresa	Día		$1962,7 \pm 560,7$	$3928,0 \pm 0$	$2281,9 \pm 1015,7$
	Tarde		$2162,7 \pm 909,1$		$2968,0 \pm 927,7$

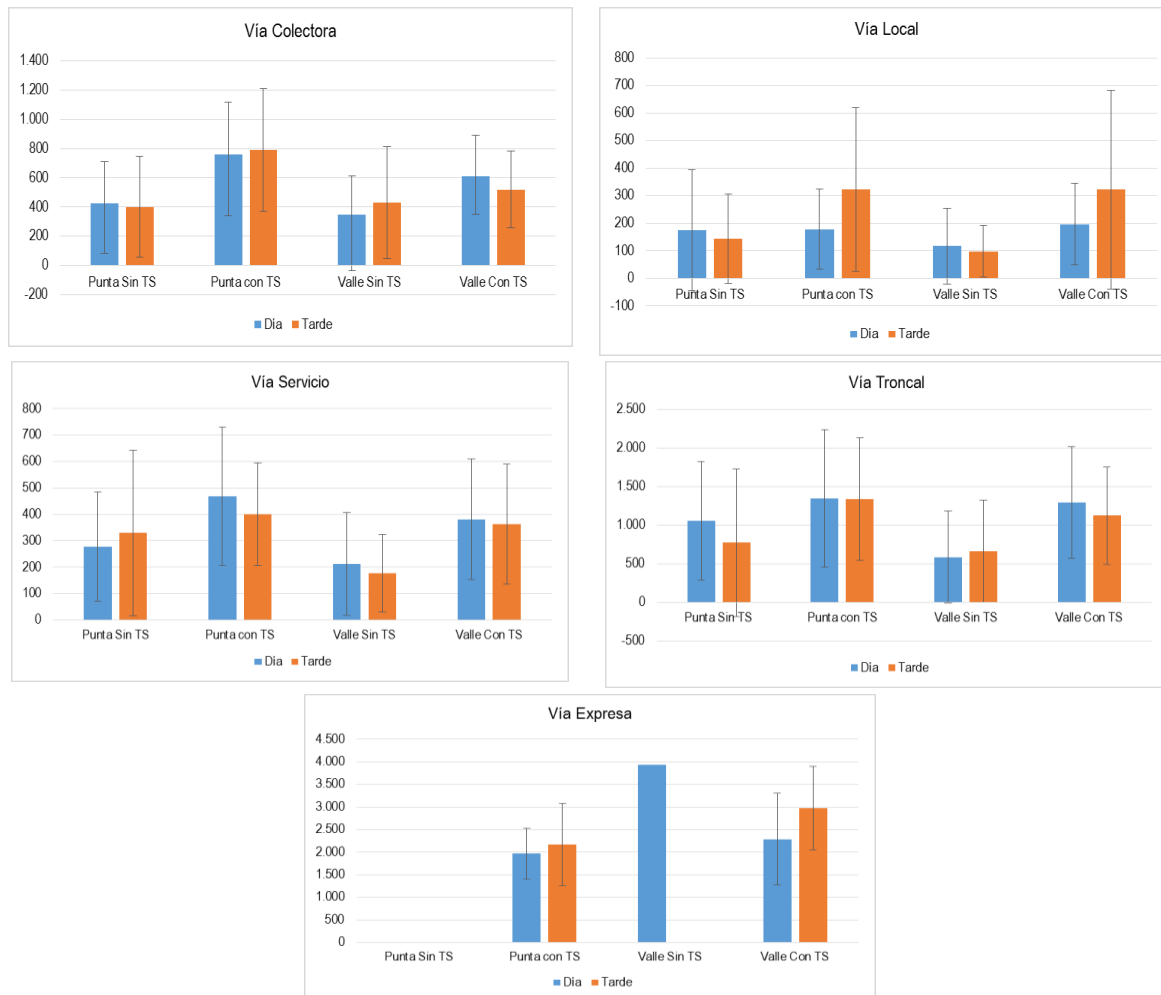


Figura 3.3.13. Resumen estadístico flujo total hora [veh/h] comparativo según horario día y tarde según tipo vía.

I.1.2 Flujo de Vehículos total hora según zona.

La figura 3.3.14. y 3.3.15. muestran la distribución media utilizada para la modelación para horario diurno y tarde. Como se comentó anteriormente, se utilizó la media aritmética o media recortada según las condiciones de variabilidad de cada categoría del flujo de vehículos totales, por hora según tipo de vía, y para las diferentes zonas. Además, considerando si se trata de hora punta o valle, con o sin la presencia de Transantiago. Al no existir mediciones de vías expresas en todas las zonas, se trataron como un solo grupo (sin diferenciar zonas), atendiendo a que van de una zona a otra, siendo la misma vía. Por esta razón, no se incluyen en los siguientes análisis por zonas.

En el Anexo 12 se encuentra tabla resumen de las estadísticas descriptivas respectivas para horario diurno y tarde.

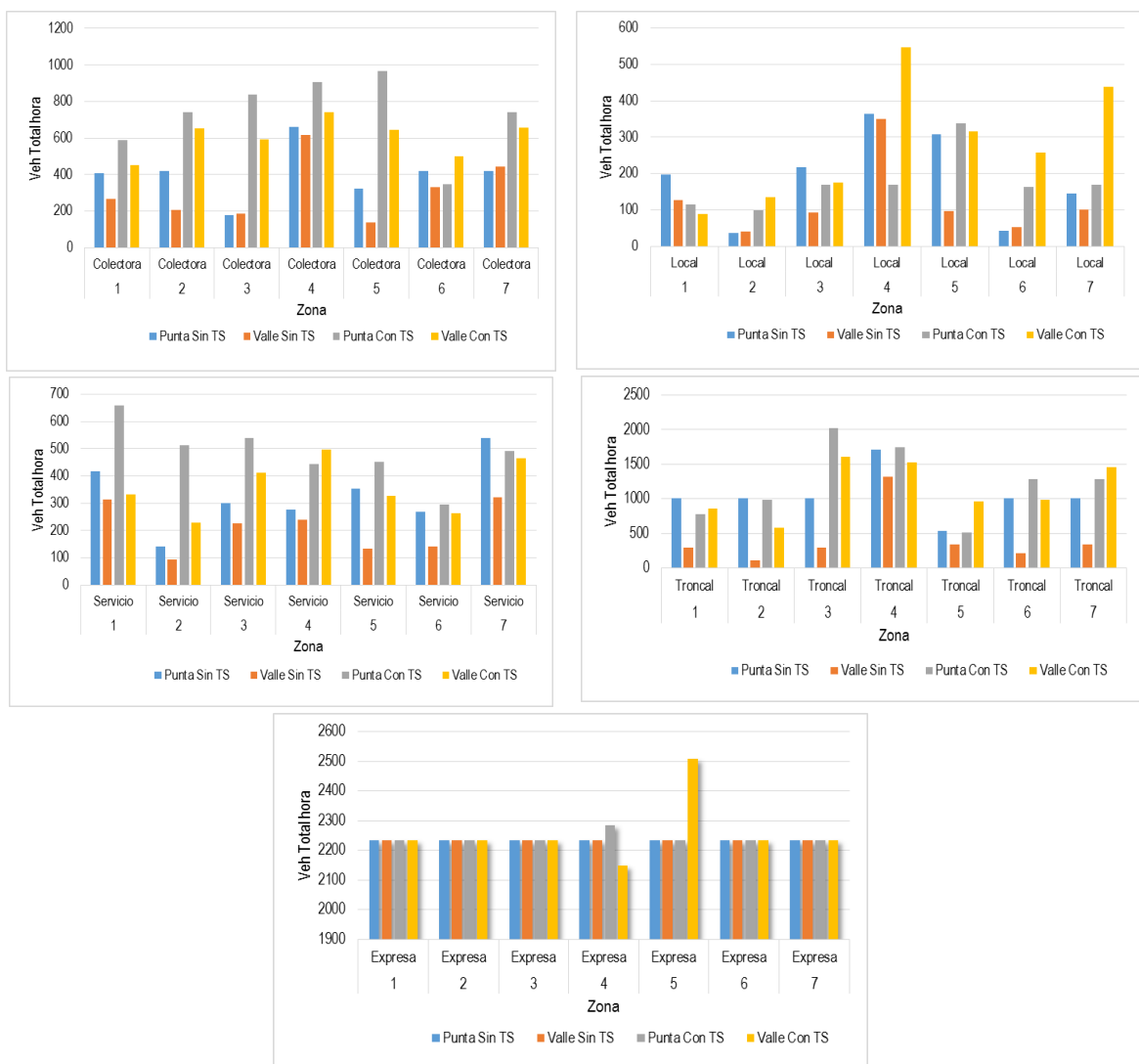


Figura 3.3.14. Flujo medio de vehículos total hora para día según vía y hora y zona

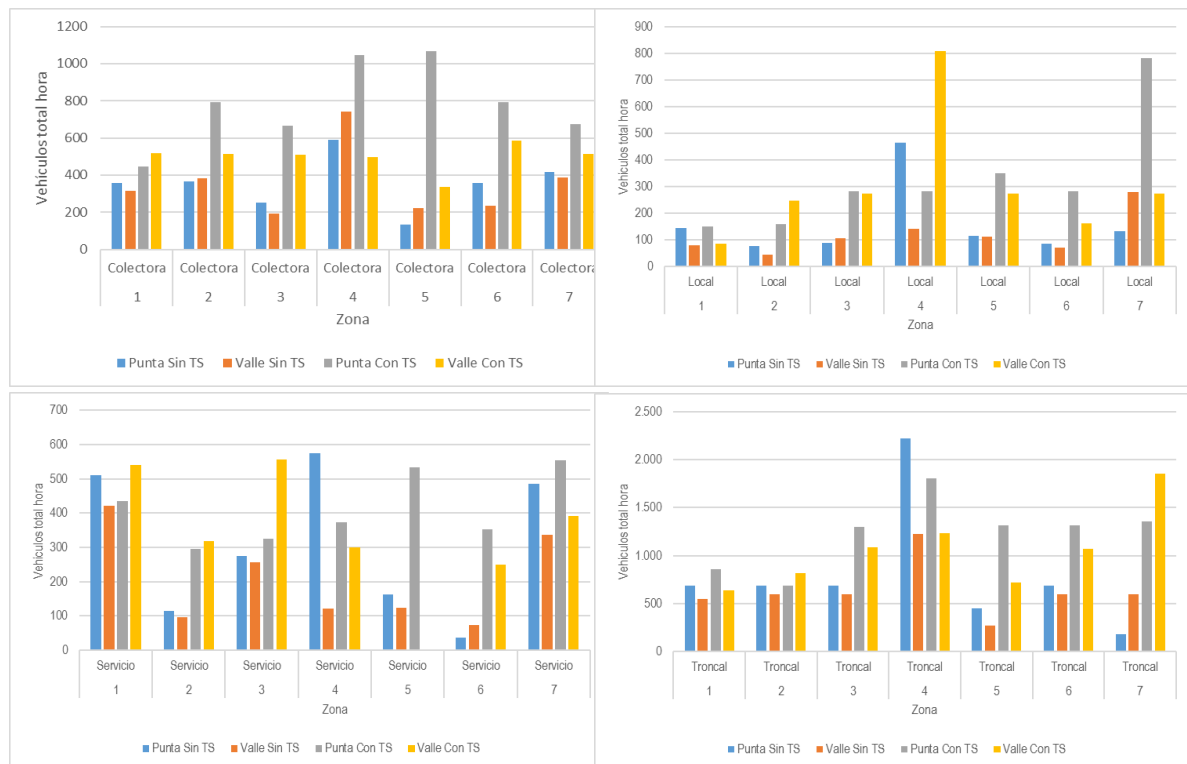


Figura 3.3.15. Flujo medio de vehículos total hora para tarde según vía y hora y zona

I.2.1 Flujo promedio del % Vehículos pesados

La tabla 3.3.10 y figura 3.3.16. muestran el resumen estadístico para el porcentaje medio de vehículos pesados $\pm$ desviación estándar (S). Se puede observar que, para el caso de las vías colectoras, los mayores porcentajes se encuentran en hora punta y valle, con presencia de buses del Transantiago (tanto para el día como para la tarde). El promedio más alto se presenta en horario diurno en hora valle con Transantiago, que alcanza $6,7 \pm 5\%$ de vehículos pesados. La variabilidad es alta, pero similar en todas las categorías. En el caso de las vías locales el porcentaje promedio es muy heterogéneo, y además todas las categorías presentan una alta variabilidad. Por ejemplo, en horario diurno, en hora punta con Transantiago se encuentra un porcentaje medio de 13, variando más menos en 11,1% de vehículos pesados. Respecto a las vías de servicio, éstas tienen un porcentaje medio que fluctúa entre $0,8 \pm 1,3$ y $9,9 \pm 8,2$ % vehículos pesados. Las vías troncales tienen un porcentaje medio que fluctúa entre $0,3 \pm 0,7$ y $8,7 \pm 6,5$ % vehículos pesados. Por su parte, en las vías expresas el porcentaje medio mayor fue de 9, variando más menos en uno por ciento, en horario punta con presencia de buses de Transantiago.

Tabla 3.3.10. Estadística descriptiva para mediciones de porcentaje medio $\pm S$ (Vehículos Pesados), según tipo de vía y horario.

Vía	Horario	Punta Sin TS	Punta Con TS	Valle Sin TS	Valle Con TS
Colectora	Diurno	$1,09 \pm 1,82$	$5,8 \pm 4,2$	$2,33 \pm 3,7$	$6,7 \pm 5,0$
	Tarde	$1,7 \pm 3,2$	$5,7 \pm 4,2$	$1,1 \pm 1,8$	$5,7 \pm 3,2$
Local	Día	$0,6 \pm 1,6$	$13,0 \pm 11,1$	$1,5 \pm 3,6$	$13,6 \pm 9,7$
	Tarde	$1,2 \pm 3,1$	$9,3 \pm 7,9$	$0,8 \pm 3,1$	$12,7 \pm 11,4$
Servicio	Día	$0,8 \pm 1,3$	$9,1 \pm 7,8$	$1,2 \pm 2,3$	$8,5 \pm 6,0$
	Tarde	$1,8 \pm 3,9$	$6,8 \pm 5,4$	$0,9 \pm 2,9$	$9,9 \pm 8,2$
Troncal	Día	$0,9 \pm 0,7$	$8,7 \pm 6,4$	$2,2 \pm 2,6$	$6,5 \pm 5,0$
	Tarde	$0,6 \pm 0,8$	$6,8 \pm 7,1$	$0,3 \pm 0,7$	$6,7 \pm 6,2$
Expresa	Día		$9,0 \pm 1,0$	$8,0 \pm 0$	$5,6 \pm 1,8$
	Tarde		$4,4 \pm 2,0$		$4,6 \pm 0,9$

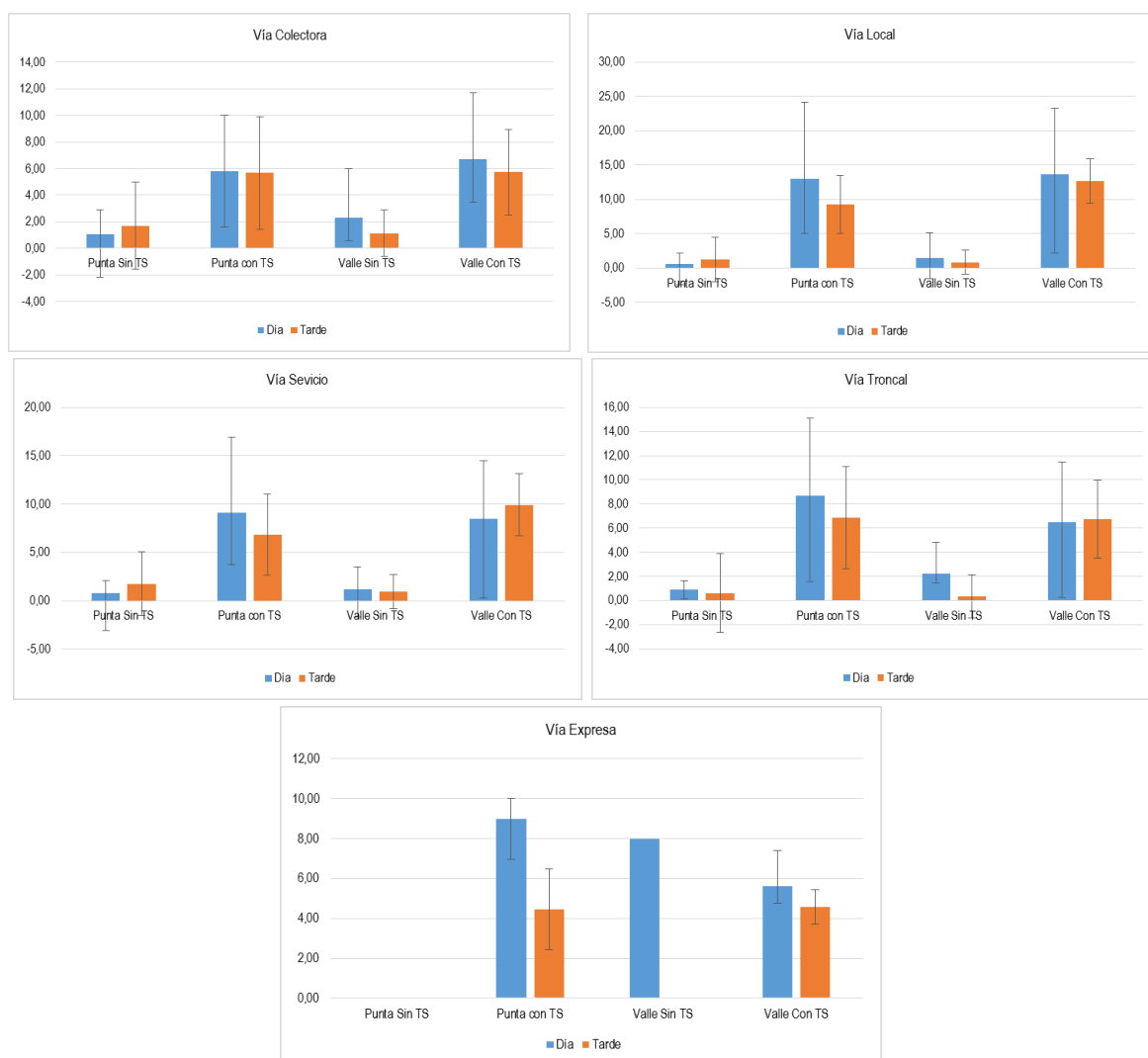


Figura 3.3.16. Resumen estadístico del porcentaje medio de vehículos pesados, comparativo según horario día y tarde según tipo vía

I.2.2 Porcentaje de vehículos pesados según zona.

El porcentaje, medio tanto para horario diurno y tarde, que ha sido utilizado para la modelación, se presentan en las siguientes figuras 3.3.17 y 3.3.18. Se utilizó la media aritmética o media recortada según las condiciones de variabilidad de cada categoría. Las figuras presentan la distribución por zona, tipo de vía, si se trata de hora punta o valle con o sin la presencia de Transantiago. En el Anexo 12 se encuentra tabla resumen de las estadísticas descriptivas respectivas para horario diurno y tarde (se excluyen las vías expresas en este resumen por el escaso o nulo número de observaciones).

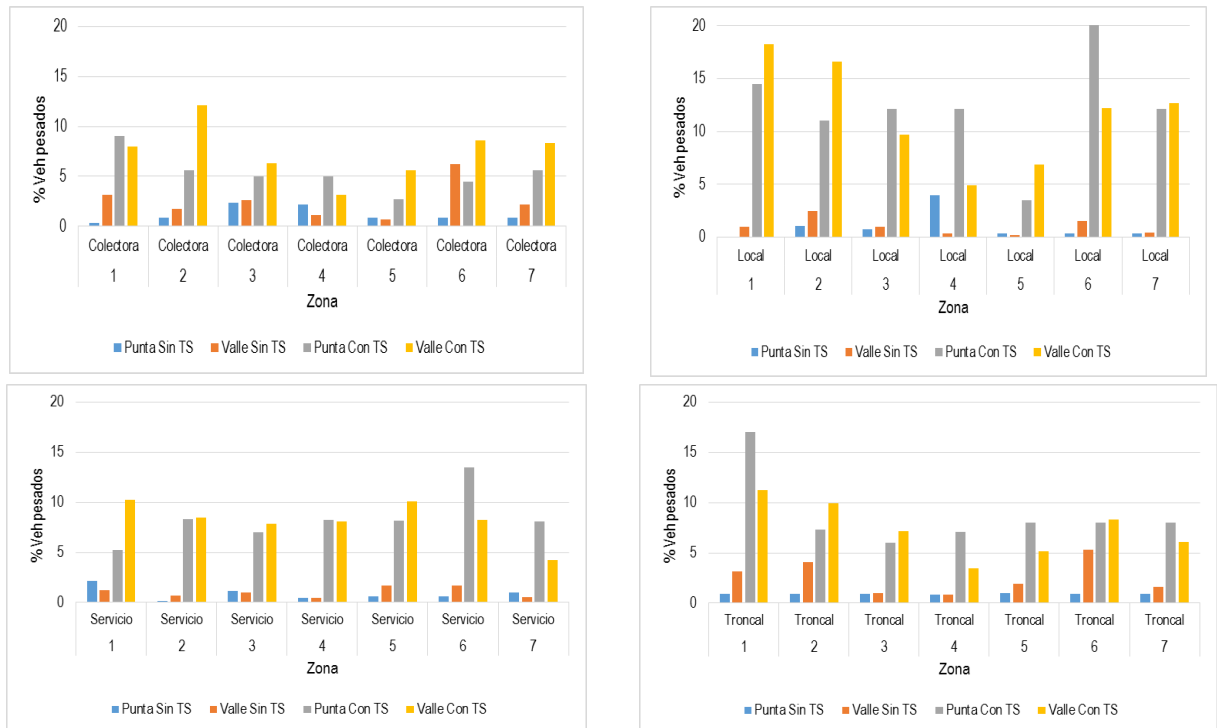


Figura 3.3.17. Porcentaje medio de vehículos pesados para horario diurno según vía, hora y zona

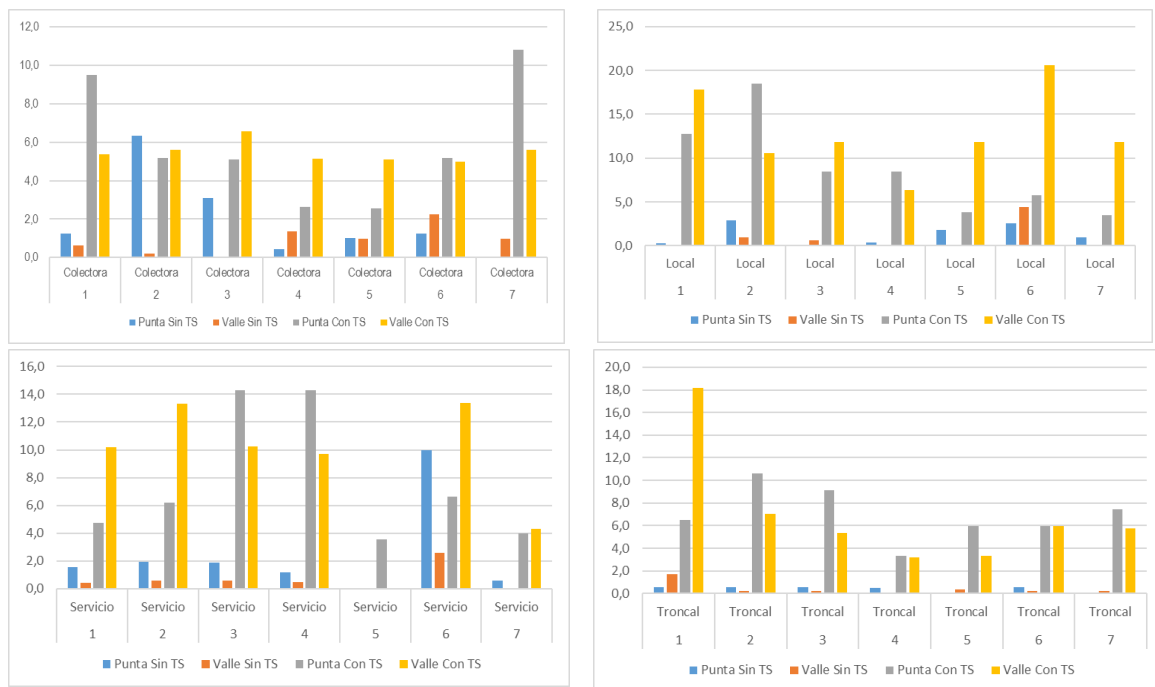


Figura 3.3.18. Porcentaje medio de vehículos pesados para horario tarde según vía, hora y zona

I.3.1 Flujo de Vehículos total hora noche

La tabla 3.3.11. y figura 3.3.19. muestran el resumen estadístico para el flujo medio de vehículos por hora $\pm$ desviación estándar (S). Se puede observar para el caso de las vías colectoras, que los mayores flujos se encuentran en periodo de 23:00 a 03:30 h con presencia de buses del Transantiago (alcanza $84,0 \pm 58,4$ vehículos por hora). La variabilidad es alta en todas las categorías. En el caso de las vías locales, el flujo promedio es menor. Pero todas las categorías presentan una alta variabilidad; por ejemplo, en el periodo de 3:30 a 7:00 h, con Transantiago se aprecia un flujo medio de $23,1 \pm 39,1$ vehículos hora. Con respecto a las vías de servicio, tiene un flujo medio que fluctúa entre $16,2 \pm 17,5$ y $43,1 \pm 39,1$ vehículos hora. Las vías troncales en conjunto con las vías expresas son la que presentan mayores flujos promedio. Para vía troncal el flujo medio más alto alcanza a $156,1 \pm 158,1$ en horario 23:00 a 03:30 h con Transantiago. (En anexo 2.5 se presenta tabla resumen).

Tabla 3.3.11. Estadística descriptiva para mediciones de flujo medio $\pm$ S [veh/h], según tipo de vía y horario

Vía	23:00 a 03:30 Sin TS	23:00 a 03:30 Con TS	03:30 a 07:00 Sin TS	03:30 a 07:00 con TS
Colectora	$26,0 \pm 29,9$	$84,0 \pm 58,4$	$20,9 \pm 16,8$	$49,8 \pm 42,5$
Local	$6,5 \pm 8,6$	$22,0 \pm$	$9,6 \pm 23,9$	$23,1 \pm 18,9$
Servicio	$17,3 \pm 15,9$	$42,17 \pm 19,6$	$16,2 \pm 17,5$	$43,1 \pm 39,1$
Troncal	$66,1 \pm 86,7$	$156,1 \pm 158,1$	$48,4 \pm 53,5$	$126,7 \pm 101,3$

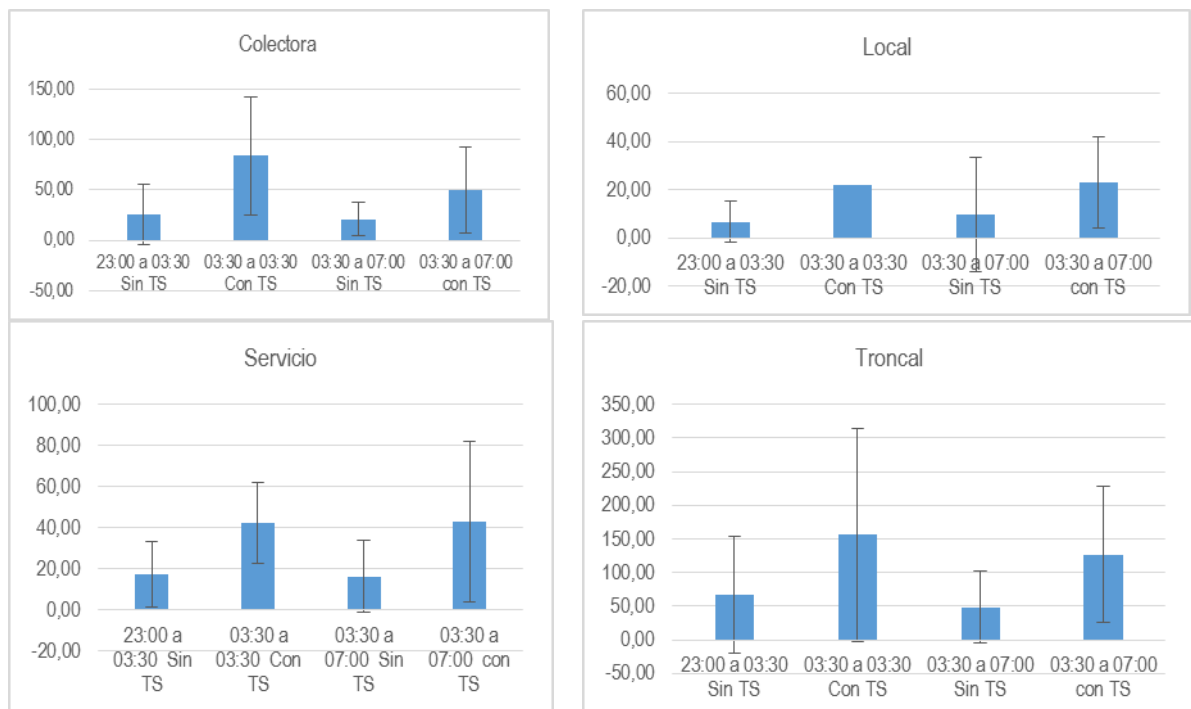


Figura 3.3.19. Flujo medio de vehículos total hora para período de noche, según vía y hora

I.3.2 % vehículos pesados

La tabla 3.3.12 y figura 3.3.20. muestran el resumen estadístico para el porcentaje medio de vehículos pesados $\pm$ desviación estándar (S). Se puede observar para el caso de las vías colectoras, que los mayores flujos se encuentran en el período de 3:30 a 07:00 h, con presencia de buses del Transantiago (alcanza a $19,3 \pm 15,9$ % vehículos pesados). En el caso de las vías locales, el flujo promedio es menor, pero todas las categorías presentan una alta variabilidad. Por ejemplo, en 3:30 a 7:00 h, con Transantiago, se encuentra un porcentaje medio de $56,2$ % variando más menos en $27,8$ % vehículos pesados. Con respecto a las vías de servicio tiene un porcentaje medio que fluctúa entre $0,2 \pm 1,1$ % y $24,0 \pm 13,8$ % vehículos pesados. En la vía troncal el porcentaje más alto alcanza a $14,5 \pm 11,2$ %, en horario de 03:30 a 7:00 h, con Transantiago. (En Anexo 12 se presenta tabla resumen).

Tabla 3.3.12. Estadística descriptiva para mediciones de % vehículos pesados medio $\pm$ S, según tipo de vía y horario

Vía	23:00 a 03:30 Sin TS	03:30 a 03:30 Con TS	03:30 a 07:00 Sin TS	03:30 a 07:00 con TS
Colectora	$2,3 \pm 8,7$	$13,4 \pm 8,4$	$0,5 \pm 1,9$	$19,3 \pm 15,9$
Local	$0,2 \pm 1,4$		$0,2 \pm 1,3$	$56,2 \pm 27,8$
Servicio	$0,2 \pm 1,1$	$12,2 \pm 6,9$	$1,5 \pm 8,2$	$24,0 \pm 13,8$
Troncal	$1,9 \pm 4,7$	$9,0 \pm 5,7$	$1,1 \pm 2,9$	$14,5 \pm 11,2$

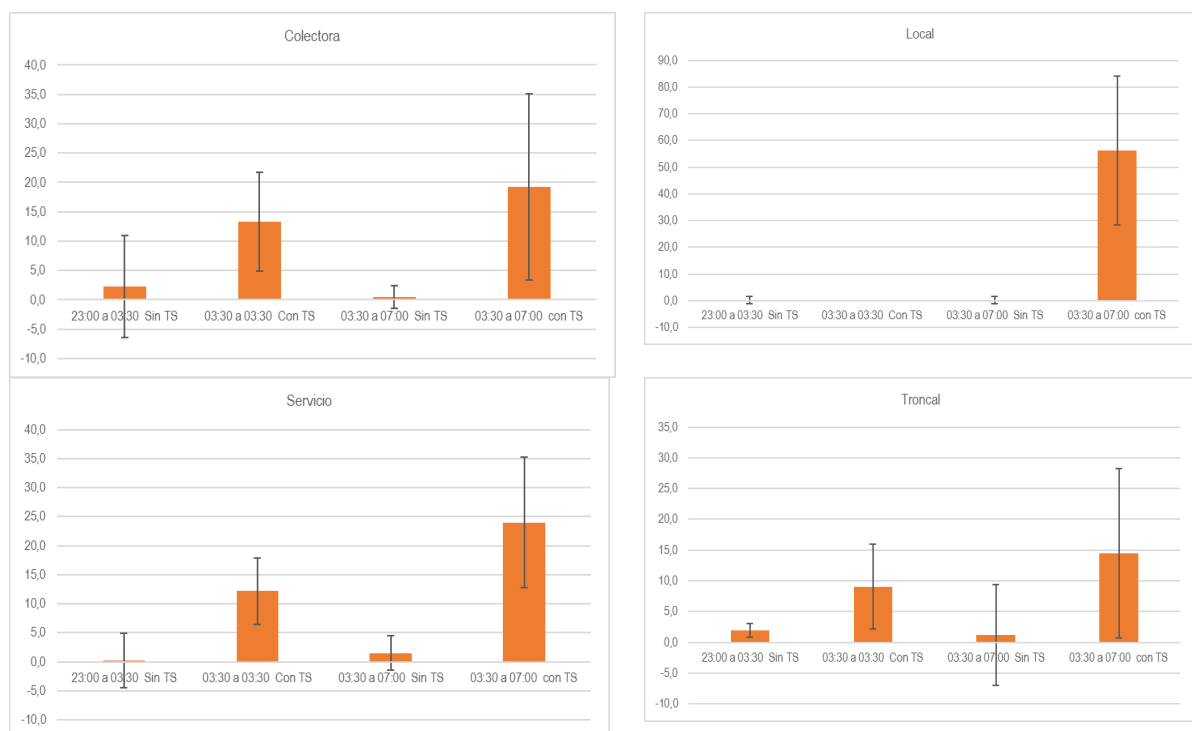


Figura 3.3.20. Porcentaje de vehículos pesados medio de vehículos total hora para la noche, según vía y hora

I.4.1 Estimación flujo y por hora en la Noche

En consideración a la alta variabilidad de los flujos vehiculares nocturnos, que también reflejados indirectamente en los niveles de ruido medido en las estaciones fijas de ruido, fue necesario diseñar una metodología espacial para determinar con mayor precisión la estimación de flujos vehiculares horarios. Este proceso se implementó también para el período nocturno.

Descripción metodología de estimación:

- Se utilizó ecuación “Calculadora de Ruido de Tránsito” ajustada al presente estudio de 2016, que corresponde a la ecuación 3.3.1. Aquí se estima el L_{eq} (Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente) con un porcentaje de explicación del 86,765% con un error estándar de estimación de $\pm 1,879$ dBA.

$$L_{eq}=40,5312 + 4,378477 \ln(Veh \text{ Eq}) \quad (3.3.1.)$$

- Además, se estimó el nivel de ruido en función del tiempo, separados en dos ecuaciones, la primera para el periodo 1 que va desde las 23:00 hasta 3:30 am y para periodo 2 que va desde 3:30 a 7:00 am. En esta etapa fue estimado para macrozonas y el nivel global, por la variabilidad en las estimaciones y bondad de ajuste obtenida se decidió utilizar ecuación global sin importar macrozona, estas estimaciones fueron calculadas por categoría vial con y sin presencia de Transantiago (ver Anexo 3.1).
- Con estas dos estimaciones se procedió a valorar el nivel de ruido por hora. Estas estimaciones se realizaron usando la ecuación de la calculadora, se convirtieron a flujo de veh. Eq hora. Que respectivamente se transformaron en Total Vehículos hora con la ecuación 3.3.2. valores necesarios para ingresar al programa para modelación.

$$V_t=(100*V_e)/(100+(6*P_p)) \quad (3.3.2.)$$

- En esta fórmula, V_t son vehículos totales, V_e son vehículos equivalentes y P_p es porcentaje de vehículos pesados. La ecuación 3.3.2 se obtiene de las ecuaciones 3.3.3 y 3.3.4. donde V_l son vehículos livianos.

$$(P_p/100)=V_p/(V_p+V_l) \quad (3.3.3.)$$

$$V_e=V_l+7*V_p \quad (3.3.4.)$$

- Las estimaciones fueron corroboradas con las mediciones reales tomadas en terreno en Anexo 3.2. Se pueden observar las estimaciones obtenidas bajo esta metodología y los valores reales observados por tipo de vía con y sin Transantiago.

La figura 3.3.21. presenta el resultado del método indirecto que se obtuvo a través de mediciones de ruido con las cuales se estimó para cada hora en la noche para el flujo total de vehículos hora. Estas estimaciones fueron corroboradas con las mediciones reales tomadas en terreno.

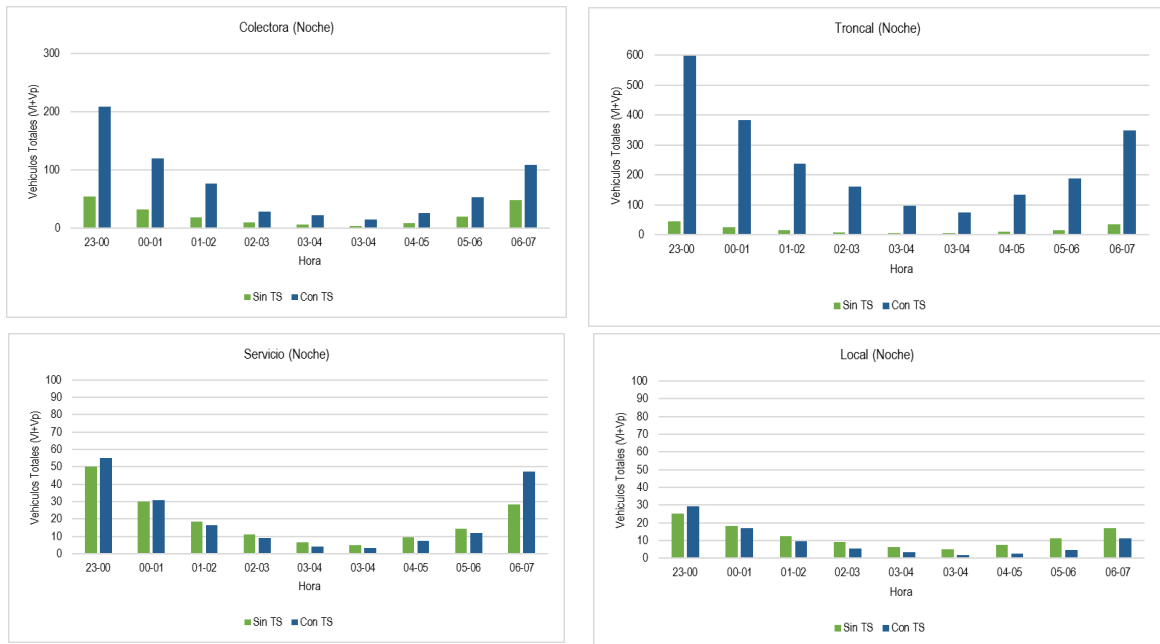


Figura 3.3.21. Flujo de vehículos total hora para la noche por hora según tipo de vía.

1.4.2 Estimación % de vehículos pesados por hora en la Noche

La figura 3.3.22. presenta el resultado del método indirecto que se obtuvo a través de mediciones de ruido con las cuales se estimó para cada hora en la noche para el porcentaje de vehículos pesados. Estas estimaciones fueron corroboradas con las mediciones reales tomadas en terreno.

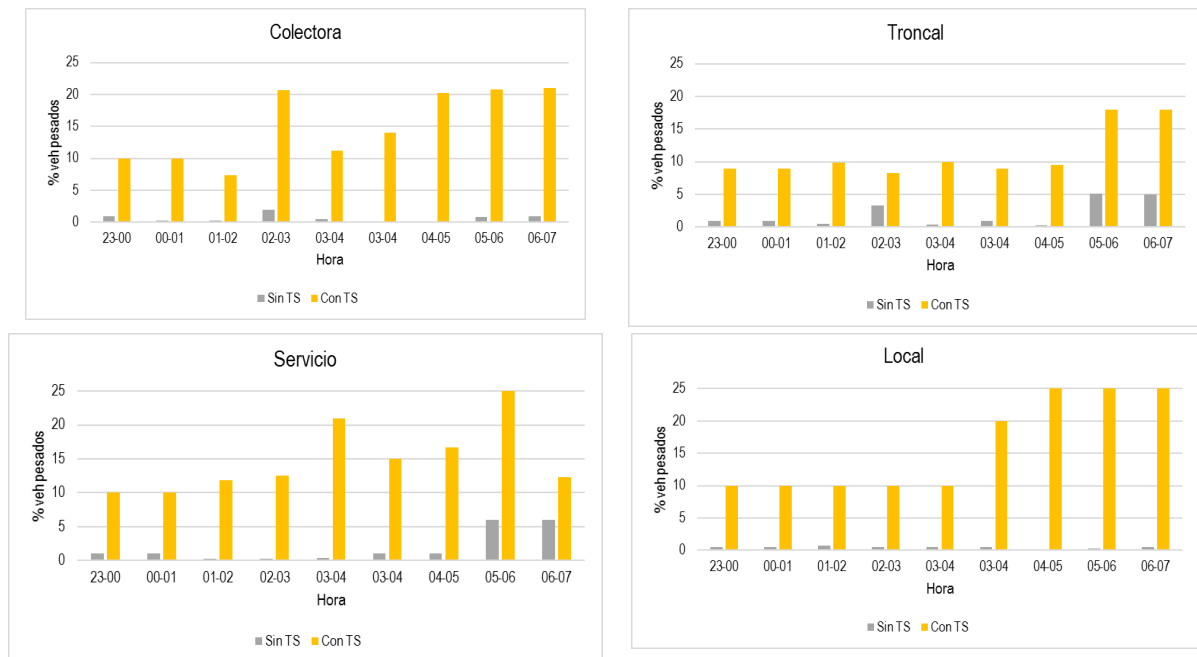


Figura 3.3.22. Porcentaje vehículos pesados por hora para la noche según tipo de vía.

Los datos de entrada al modelo se especifican más adelante en el punto 3.4.3.4.

3.3.2.4. Redes de Monitoreo

a) Introducción

Para un diagnóstico detallado, y un seguimiento apropiado de los niveles de ruido de una zona de estudio, es necesario contemplar, en algún momento, la implementación de una red de monitoreo.

Una red de monitoreo de ruido debe estar compuesta por uno o más terminales de medición de ruido, idealmente con capacidad de enviar remotamente la información que miden a un computador central, que constituye el centro de gestión de los datos medidos.

La transmisión de datos se puede realizar a través de diferentes redes, ya sean públicas y/o privadas. Asimismo, los terminales de medición deben poseer la capacidad de almacenamiento local de datos medidos, para utilizarlos como copia de respaldo en el caso de que la comunicación con el computador central no esté operativa.

Es aconsejable que los terminales de medición (o estaciones de monitoreo) dispongan de una batería que permita su alimentación en caso de pérdida de la alimentación principal. Esta alimentación principal puede ser procedente de la red eléctrica, paneles solares, o una combinación de ambos.

La siguiente figura 3.3.23. muestra un diagrama de bloques simplificado de la estructura de una red de monitoreo y los elementos que intervienen en ella.



Figura 3.3.23. Esquema de Red de Monitoreo de Ruido Ambiental

b) Características técnicas de las estaciones de monitoreo

Las características que deben poseer las estaciones de monitoreo, están muy relacionadas con el escenario de medición, el uso final de los datos que se estudian y con las magnitudes acústicas a medir. Estos escenarios condicionan aspectos tales como rango dinámico de la instrumentación a utilizar, parámetros a medir, capacidad de análisis en frecuencias, etc. Uno de los aspectos más importantes a considerar es si es o no necesario que el equipo de medición disponga de una aprobación de modelo (esté certificado).

La aprobación de modelo de un equipo implica que, el fabricante de dicho instrumento ha sometido a sus equipos a ensayos, para asegurar que el equipo mide de acuerdo a las normativas bajo las cuales se realiza dicha aprobación de modelo. Estos ensayos deben ser realizados en laboratorios independientes y acreditados. La norma que rige el comportamiento de estos instrumentos es la IEC 61672 [29] [30] [31], la que está dividida en tres partes. La primera indica los requisitos y precisiones en las medias que debe poseer un instrumento de medida de ruido. La parte segunda establece los ensayos que a los que debe ser sometido un sonómetro para la obtención de la aprobación de modelo. Por último, la tercera parte indica los ensayos que se deben realizar de forma periódica a un equipo que se quiere que esté sometido a metrología legal.

Las estaciones de medición por norma general se instalan en exteriores, por lo que es necesario que las mismas estén alojadas en armarios de intemperie con un grado de protección IP65 que permitan su protección frente a las inclemencias meteorológicas. Asimismo, el micrófono debe estar protegido con un kit de intemperie que lo protege frente a las agresiones de los agentes externos: viento, lluvia, etc.

El mecanismo de alimentación de los equipos es un factor muy importante, ya que condiciona fuertemente el despliegue de la red de sensores, y afecta el precio de la solución final.

Las instalaciones de los equipos pueden presentar configuraciones mixtas. Este tipo de configuraciones se dan cuando la fuente principal de energía puede presentar caídas y pérdidas de operatividad. La solución más sencilla pasa por la utilización de baterías de respaldo, y soluciones más complicadas pueden incluir la utilización de paneles solares. Entre los aspectos más importantes a destacar y para alargar la vida de las baterías, es asegurar que el circuito de carga de las mismas está protegido contra un sobre exceso de carga de las mismas y asegurar que no se produce la descarga completa de las mismas.

Las estaciones deben ser capaces de transmitir los datos medidos a través de los estándares de comunicaciones más extendidos. Principalmente red de telefonía 3G/GPRS y/o por WiFi, aunque se pueden utilizar redes basadas en tecnología inalámbricas Zigbee, bluetooth, etc. Aunque este último tipo de redes tienen un campo de aplicación muy limitado.

Para compensar pérdidas de datos debidos a fallas en las redes de comunicación, o bien por falta de la fuente principal de energía, es necesario que las estaciones dispongan de capacidad de almacenamiento interno para almacenar los datos medidos. Estos datos deben poder ser recuperados a través de las redes de comunicaciones cuando éstas estén operativas y/o la fuente de energía principal vuelve a estar disponible.

Por último, es importante destacar que algunas estaciones de medición permiten la conexión adicional de sensores meteorológicos, donde estos datos son utilizados para la validación de los datos acústicos recogidos.

La siguiente imagen 3.3.23. muestra el aspecto de un nodo de monitorización donde se puede apreciar el armario de intemperie y kit de protección del micrófono, sistema de alimentación con paneles solares, así como sensores meteorológicos.



Figura 3.3.24. Ejemplo de estación de monitoreo de ruido ambiental, alimentado por panel solar.

c) Computador central

El computador central (o servidor) debe poseer dos funcionalidades básicas. La primera realizar la función de visualización de los datos, preferiblemente vía web, y la segunda el almacenamiento y gestión de la base datos de las medidas realizadas. Este último aspecto es una de las características fundamentales a gestionar en el computador central, ya que la cantidad de datos que se manejan en este tipo de redes es enorme.

Por ejemplo, para una estación de medición que simplemente mida el nivel de presión sonora equivalente ponderado A cada segundo. Se deben considerar que el número de registros en la base de datos diario es de 86.400, en un mes 259.2000 y en un año 31.104.000. Si como es normal, una sola estación almacena al menos del orden de 4 parámetros, y por lo tanto, en un año la base datos crece a un ritmo de 124.416.000 registros por equipo instalado. Por esto es fundamental que el motor de gestión de datos sea eficiente, y que junto a las herramientas de visualización den al usuario una sensación de inmediatez y agilidad en el manejo de la herramienta.

En cuanto a la explotación y presentación de datos al usuario, estos deben presentar un conjunto de datos significativos ya procesados dando valores resúmenes, tales como L_d , L_e , L_n , lo que permite obtener valores resúmenes, y libera el número de datos consultados al servidor central en cada consulta. Asimismo, es interesante disponer de una visualización de datos de un segundo de una duración limitada para que el usuario perciba la evolución del ruido. Tal visualización puede ser en tiempo real, o bien en

tiempo diferido, lo que presenta la ventaja de evitar el efecto reclamo. La siguiente imagen 3.3.24. muestra un ejemplo básico de lo que puede ser una pantalla de visualización.

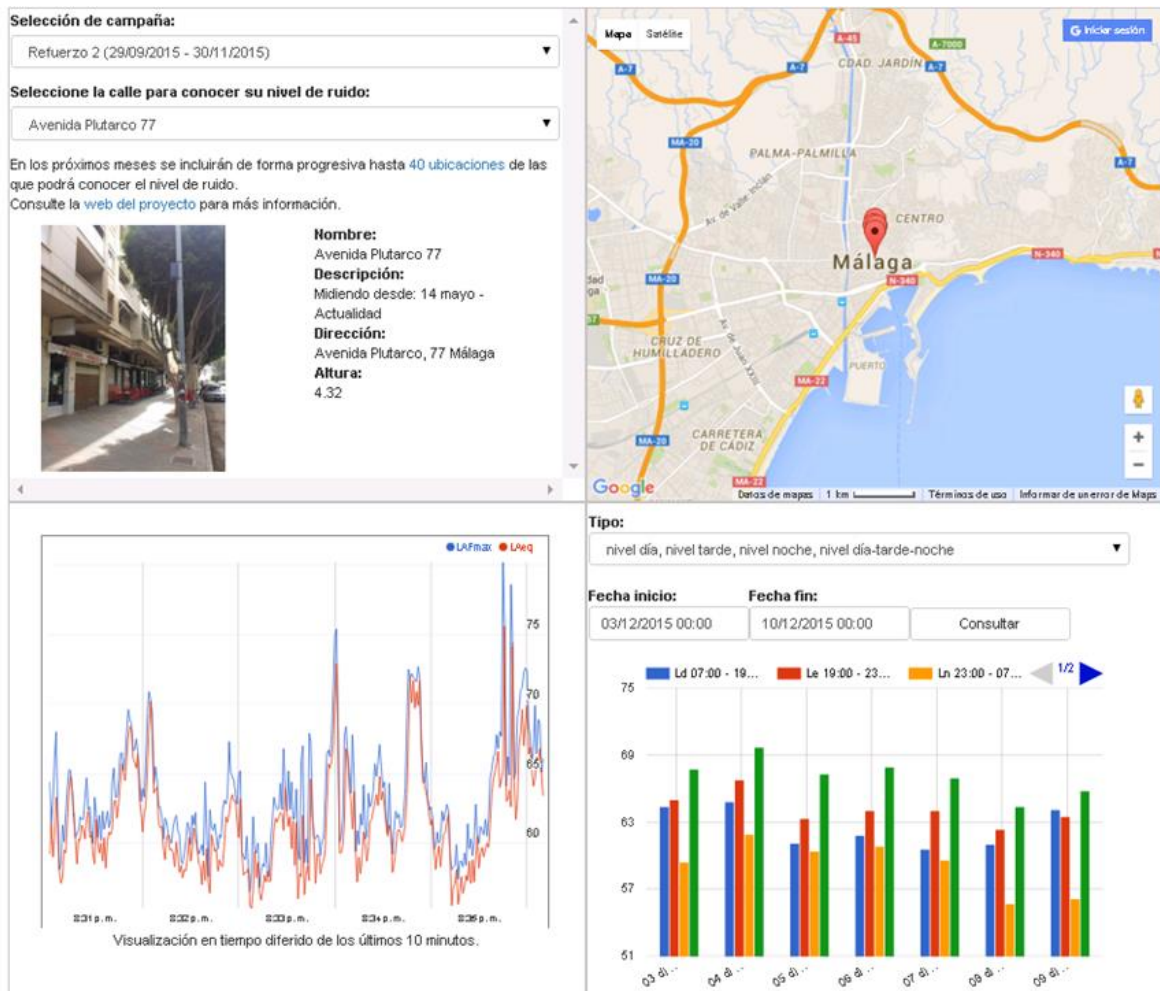


Figura 3.3.25. Pantalla de visualización de una estación de monitoreo de ruido ambiental Fuente de la imagen: <http://ruidomalaga.vatia.es/>

En la misma imagen se puede observar dos ventanas de visualización de datos: en la parte inferior aparece la visualización en tiempo diferido de los parámetros LAeq y LAfmax y los valores resumen del punto de medición. Se muestra también información sobre la ubicación y aspectos del punto de medida y su ubicación en un mapa.

d) Nuevos enfoques en las redes de monitoreo de ruido.

La evolución tecnológica que se está viviendo en el mundo de la electrónica y telecomunicaciones está propiciando la aparición de nuevas filosofías en las redes de monitorización para su aplicación en las Smart-cities. En este sentido es de destacar como ha evolucionado enormemente la tecnología en los nodos de comunicaciones, protocolos de red, estrategias de despliegue, consumo energético de los módulos, etc.

Sin embargo, la convergencia de este tipo de soluciones al mundo de la acústica no se ha producido, ya que los módulos de medición utilizados hasta el momento se han realizado en base a la filosofía de conseguir nodos de muy bajo coste, en detrimento de la precisión y calidad de los mismos. Sin embargo, es de esperar que un futuro próximo comiencen a aparecer soluciones de este tipo.

e) Características de los equipos de medición.

A modo de listado, se presentan aquellas características que son deseables de establecer en una estación de monitoreo de ruido ambiental.

1. Norma aplicable al equipo.
2. Clase del equipo.
3. Interfaz de comunicaciones.
4. Parámetros de medida:
 - a. Nivel de presión sonora
 - b. Nivel equivalente
 - c. Ponderaciones frecuenciales (A, C, Z)
 - d. Ponderaciones temporales (Fast, Slow, Impulsive)
 - e. Percentiles
 - f. Medida de máximo y mínimo en el intervalo de integración elegido
 - g. Margen lineal de medida
 - h. Nivel de pico máximo
 - i. Ruido de fondo
 - j. Rango de frecuencia de medida
 - k. Resolución
5. Condiciones de referencia.
6. Condiciones ambientales de trabajo, en particular, condiciones climáticas, de material particulado, etc.
7. Tipo de micrófono.

3.4. Elaboración del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

En base a modelaciones, caracterizar espacial y temporal de los niveles de ruido: L_d (día), L_e (tarde), L_n (noche), L_{dn} (día-noche), L_{den} (día-tarde-noche) generados por el tránsito terrestre (vehículos motorizados, metro y tren) en el Gran Santiago Urbano y en las principales vías vehiculares y ferroviarias de la Región Metropolitana.

Se deberán estimar las desviaciones de las modelaciones contrastando los resultados con los que se obtengan a partir de mediciones de niveles de ruido en terreno. Se consideraran mediciones puntuales y continuas.

3.4.1. Descripción y Metodología

Se elaboró el Mapa de Ruido del Gran Santiago mediante modelación utilizando el software Cadna/A Noise Mapping que posee el Ministerio del Medio Ambiente [1]. El trabajo se desarrolló en oficinas de la institución, según fue necesario, en los tiempos de ejecución planteados y los formatos establecidos por el la Propuesta presentada en la licitación del presentes estudio. El Ministerio del Medio Ambiente ofreció las facilidades para que el profesional del equipo consultor tuviera a su disposición un computador, los medios y los software necesarios para desarrollar esta importante parte del estudio.

Para el desarrollo de este Proyecto, el trabajo de modelación se llevó a cabo de forma virtual y en dependencias del Ministerio del Medio Ambiente por el Ing. Civil Acústico Juan Pablo Álvarez, según fue necesario. El Ing. Álvarez ha participado de estudios similares [3], [16], [18], [19], [22], [23], [26], de manera que pudo optimizar los trabajos presenciales y a distancia para una buena ejecución del estudio.

Para la modelación de ruido de tráfico solicitada se utilizó el modelo que mejor se ha ajustado a las investigaciones y trabajos previos realizados por profesionales del equipo [2], [3], [16], [18], [19], [26]. Se trata del modelo alemán RLS90, que además de requerir cartografía, tipo de superficie de rodado, y otros datos típicos de modelación, requiere como variables de flujo vehicular principales de entrada, el flujo vehicular y el porcentaje de vehículos pesados.

Se elaboraron los mapas de ruido para periodos día, tarde, noche y aquellos que de estos períodos sean útiles de conocer (L_d (día), L_e (tarde), L_n (noche), L_{dn} (día-noche), L_{den} (día-tarde-noche)). Se revisó y actualizó, el protocolo de modelación de mapas de ruido, basado en el utilizado por el Ministerio del Medio Ambiente [26] (Anexo 11).

Las fuentes de ruido a modelar corresponden al tránsito vehicular y al tránsito ferroviario.

3.4.2. Desarrollo

3.4.2.1. Protocolo de Modelación

En el proyecto, se realizó un análisis del **Protocolo de Modelación de Ruido de Tránsito Caso Mapa de Ruido de la Ciudad de Valdivia**, incluido en anexo en el Estudio Elaboración y Análisis de Mapas de Ruido de Tres Conurbaciones Mediante Software de Modelación [26]. Este es el documento base para un protocolo de modelación mejorado y validado para el presente estudio.

El documento en análisis fue sometido a evaluación del equipo de trabajo de la Universidad Politécnica de Madrid. La principal conclusión es que, en términos generales, el procedimiento definido se ajusta a las prácticas comunes para la elaboración de mapas de ruido (ver Anexo 11).

3.4.2.2. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)

El nuevo método de cálculo europeo para la elaboración de mapas de ruido Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU) [24] [35] [36], se genera en virtud del artículo 6 de la Directiva 2002/49/CE [13], y se indica que la Comisión establecerá métodos comunes de evaluación para determinar los indicadores L_{den} y L_{night} mediante una revisión del anexo II. En 2008, la Comisión comenzó a desarrollar un marco metodológico para la evaluación común del ruido a través del proyecto «Métodos comunes de evaluación del ruido en Europa» («CNOSSOS-EU») dirigido por el Centro Común de Investigación. Los resultados se publicaron en el informe de referencia del Centro Común de Investigación acerca del proyecto CNOSSOS-EU [36].

Respecto a la implementación del método CNOSSOS-EU, es posible comentar que éste aún no se está utilizando en los mapas de ruido en Europa, y no se va a utilizar en la tercera ronda (2017), sino hasta la cuarta ronda (2022). La razón es que se ha tardado mucho en modificar el anexo 2 de la Directiva Europea, y por lo tanto no se puede exigir que se aplique en una ronda que algunos países ya tendrán en marcha.

Por lo tanto, se aplica pasada la tercera ronda. Lo que no está claro es si será exigible a aquellos municipios que lleguen tarde a la tercera ronda. Si no, será exigible para la cuarta, es decir, desde el año 2022.

Referente al método CNOSSOS-EU aún hay aspectos que no están perfectamente claros. Si bien ya existen ecuaciones, no hay todavía un documento que especifique qué se puede o no hacer con los datos de entrada.

Ya existen softwares comerciales que “implementan” el CNOSSOS-EU, pero no está claro si lo que implementan es la versión definitiva, que es la que figura en el anexo 2 de la Directiva [24]. De cara al usuario del software, buena parte de los cambios son poco relevantes. La definición del terreno, las edificaciones, etc., habrá que tratarlos igual, son los cálculos internos los que cambian.

En el modelo, específicamente al tráfico rodado, se establecen 4 categorías de vehículos (ligeros, 2 tipos de pesados y motos). Esto es relevante para la preparación de datos de entrada al modelo.

Al respecto, es conveniente comentar que todos los parámetros que puedan tener una influencia mayor a 2 dBA (por sí solos) deben ser medidos, no pudiendo usarse valores por defecto para ellos. En este sentido, aún no está todo definido. La velocidad, el número de vehículos de cada clase pueden hacer que la incertidumbre sea mayor de 2 dBA. Pero, por ejemplo, si se trata de una ciudad y existen velocidades limitadas a 50 kmh, entonces probablemente la incertidumbre no supere 2 dBA.

Se deberá definir una guía de buenas prácticas online, para poder ajustar los parámetros de entrada en función del uso [36].

3.4.2.3. Estimación de personas expuestas al ruido

Una parte fundamental de los mapas estratégicos de ruido es la estimación de personas expuestas al ruido, y para ello es necesario conocer, con el mayor detalle posible el número de personas que viven en cada edificio.

Las personas expuestas al ruido se calculan en función de los niveles de fachada de la edificación, por lo tanto, **se trata en realidad, de personas potencialmente afectadas por el ruido exterior**. No se realiza ninguna estimación en el interior.

Todos los análisis de personas potencialmente afectadas por el ruido de las distintas fuentes de ruido (autopistas, Transantiago, trenes y todos los transportes terrestres) se encuentran en el capítulo 3.6. del presente informe.

3.4.3. Ingreso Datos Modelación

Para el cálculo de los mapas, se considera para la topografía, información de curvas de nivel a 10m y 25m, de acuerdo a lo siguiente:

- Curva de nivel 10m para escala comunal, zona urbana (MAPA COMPLETO, MAPA TRANSANTIAGO)
- Curva de nivel 25m para escala regional, zona rural (MAPA AUTOPISTAS, MAPA FERROVIARIO)

De acuerdo a la escala de la información contenida en las curvas de nivel, no se toman en consideración situaciones de variación producto de la topografía a escala “micro” tales como; existencia de trincheras y pasos bajo nivel. Para estos casos, se simula la existencia a “nivel de suelo” de las líneas de emisión. Solo se ha considerado en el modelo la existencia de la línea del metro en altura (viaducto) en sectores que comprenden las líneas 5 y 4.

La razón de la exclusión de estas situaciones puntuales, se debe a que las curvas de nivel dispuestas para el estudio son incapaces de distinguir en detalle estas situaciones.

3.4.3.1. Trenes y Metro

Tanto para los trenes de la red metro como del Metrotren y Terrasur (Grupo EFE), el ingreso de datos se realizó a partir del flujo total por periodo (día, tarde, noche). Esto, a diferencia de las autopistas y Transantiago (ingresados por hora), se produce debido a que el software CadnaA solo permite el ingreso por periodo y no por horas (distribución de tráfico) como en el caso de las vías del tipo “carretera”.

De acuerdo a la información entregada por Tren Central (Grupo EFE), la cobertura shape (generado a partir de archivo. kmz) contiene el tendido de la línea férrea (1 vía) y ubicación de las 15 estaciones dispuestas dentro de la región Metropolitana, según se observa en la siguiente ilustración 3.4.1.



Figura 3.4.1. Distribución del emplazamiento de la línea ferroviario y estaciones utilizadas por Tren Central en región Metropolitana.

Sin embargo, cabe señalar, que la información entregada al inicio del estudio difiere en la cantidad y nombre de las estaciones respecto de la señalada en la figura anterior. Cabe precisar que la información contenida en la Carta Respuesta N° 166456 contenía información de flujos por hora y velocidades, pero con pequeñas diferencias en la cantidad y nombre de las estaciones.

A continuación, se procede a destacar tales diferencias en color amarillo. Para mayores detalles ver Anexo 3.

Tabla 3.4.1. Inconsistencia (destacadas en color amarillo) en información de estaciones utilizadas por Tren Central en región Metropolitana.

Itinerario	Estaciones
Metro	Alameda
	Km 2
	PAC
	Km 8,7
	San Bernardo
	Maestranza
	Nos
	Desviadores
	Buin Zoo
	Buin
	Linderos
Terra	Paine
	Alameda
	Km 2
	ESBII
	San Bernardo
	Nos
	Desviador
	Buin
	Paine

Para solucionar lo anterior, se utilizó una división de la línea férrea en segmentos según lo indicado en la siguiente tabla, incorporando además los flujos promedios calculados según rango horario de cada periodo.

Tabla 3.4.2. Distribución de tránsito ferroviario por estación dentro de la región Metropolitana.

METROTREN	Día	Tarde	Noche	TERRA	Día	Tarde	Noche
ALAMEDA-PAC	4	2	1	ALAMEDA-PAC	2	1	2
PAC-SAN BERNARDO	4	3	0	PAC-SAN BERNARDO	2	1	2
SAN BERNARDO-MAESTRANZA	3	3	0	SAN BERNARDO-MAESTRANZA	2	1	2
MAESTRANZA-NOS	3	3	0	MAESTRANZA-NOS	2	1	2
NOS-BUIN ZOO	3	3	0	NOS-BUIN ZOO	2	1	2
BUIN ZOO-BUIN	3	3	1	BUIN ZOO-BUIN	2	1	2
BUIN-LINDEROS	3	3	1	BUIN-LINDEROS	3	1	2
LINDEROS-PAINE	3	3	1	LINDEROS-PAINE	3	1	2
PAINE-LIMITE RM	3	3	1	PAINE-LIMITE RM	3	1	2

Tabla 3.4.3. Velocidad promedio de circulación por estación de tránsito ferroviario por estación y tipo de tren en la Región Metropolitana.

Velocidad Promedio			
ALAM-SB	SB-MAESTR	MASTR-ZOO	ZOO-BUIN
36	24	36	53
36	24	36	53

Con respecto al metro, los flujos ingresados corresponden también al número total de trenes que circulan por el respectivo rango horario. Para este caso, se entrega un valor total por línea.

Tabla 3.4.4. Distribución de tránsito ferroviario por línea de metro dentro de la región Metropolitana

Periodo	Línea Metro				
	L1	L2	L4	L4A	L5
Día	288	183	222	150	225
Tarde	96	61	74	50	75
Noche	66	42	51	36	51

Tabla 3.4.5.a Velocidad promedio de circulación por línea de metro dentro la región Metropolitana

Velocidad Promedio				
L1	L2	L4	L4A	L5
25	38	36	44	38
25	38	36	44	38
25	38	36	44	38

Proceso de calibración de modelos de trenes a partir de mediciones

Se realizaron mediciones en cercanías de la línea férrea, a una distancia de 16 y 8 metros, del paso de los trenes (Tren Central y Metrotren respectivamente) (ver Anexo 3: Planilla Excel Mediciones Tren 2017a)

El proceso de comparación toma como referencia información extraída a partir de documento técnico del fabricante del software (Technical Note TN0305e) [Datakustic 2009].

Para el Tren Central (Azules) el Leq obtenido fue de 80,8dB(A), la distancia de medición 16 metros y la duración del registro fue de 9 segundos. La ubicación del punto de medición es UTM 19H 0343750 6292920

Para el Metrotren (Naranjos), el Leq obtenido fue de 78dB(A), la distancia de medición 8 metros y la duración del registro fue de 9 segundos. La ubicación del punto de medición es UTM 19H 0343757 6293065

Para efectos de comparar la medición y la modelación, fue necesario registrar el tiempo de duración de la medición de ruido a raíz del paso del tren. Con este dato es posible establecer un número ficticio de trenes que circularían de manera continua con tal de mantener el nivel de ruido constante, con el fin de comparar el valor registrado en el lugar y el nivel modelado bajo esta condición.

El número N de trenes por día que es ingresado al software corresponde a la siguiente expresión:

$$N=(12 \times 3600)/T \quad (3.4.1)$$

Donde T son los segundos correspondientes al tiempo de duración del registro sonoro del tren.

El tiempo de medición del paso de los trenes caracterizados fue de 9 segundos, así el número equivalente día de trenes corresponde a N= 4800. Este valor y otros datos, como la longitud del tren y velocidad, se ingresaron al modelo utilizando la categoría correspondiente a Expreso, según modelo de emisión alemán Schall 03.

El software entrega los siguientes valores modelado para esta situación, las cuales se comparan con las mediciones. Se observa que las variaciones entre niveles medidos y modelados alcanzan diferencias en los registros, por lo cual se debe utilizar la corrección (Dfz) para esta nueva categoría de tren Expreso ajustado. Dfz corresponde a la diferencia entre el Lcalc – Lmedido.

Tabla 3.4.5.b Resultados comparación niveles medido vs niveles modelados para tipos de tren operados por Tren Central

Tren	Nivel medido	Nivel calculado (modelación)	Dfz
Central (azules)	80,8	76,8	4,0
Metrotren (Naranjos)	78,0	73,8	4,2

Cabe indicar que existen parámetros adicionales que influyen en la corrección. Para el proceso de calibración se incluye una corrección por el tipo de vía (Dfb) de +2dB (traviesas de hormigón). Otros parámetros que influyen son la velocidad, porcentaje de frenado y radio de curvatura (valores que no son exactos en la práctica). A continuación, se visualizan los valores utilizados para los parámetros anteriormente expuestos.

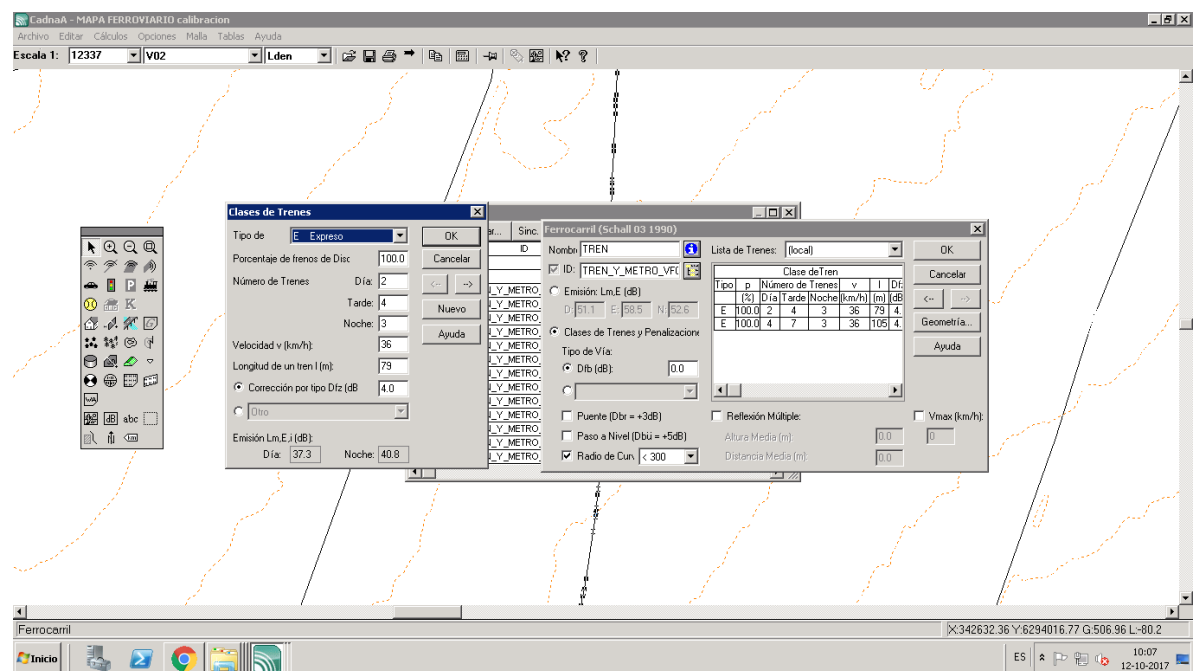


Figura 3.4.2.a Captura de pantalla software CadnaA para visualizar parámetros asociados a la calibración Tren Central.

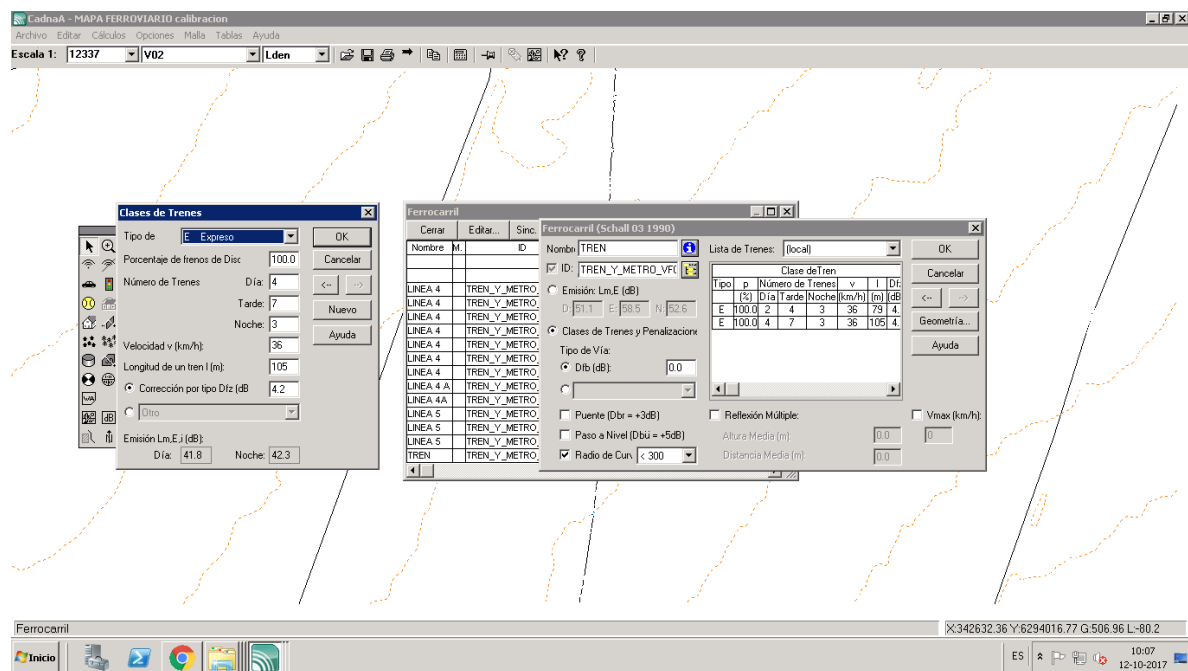


Figura 3.4.2.b Captura de pantalla software CadnaA para visualizar parámetros asociados a la calibración Metrotren.

Antes de realizar la simulación final, se han adaptado los tipos de tren en todos los casos, utilizando el parámetro Dfz del modelo Schall03 (1990), para evitar las diferencias en las simulaciones posteriores donde se calculan los mapas de ruido de tránsito ferroviario.

METRO

Se considera información de mediciones para las líneas 1 y 2 (ver Anexo 4: archivo Excel mediciones metro 2017). Para las mediciones de la línea 1, se considera el promedio de los registros realizados a partir de la circulación de los trenes en dirección norte sur (solo éstos, ya que existen otras mediciones de menor valor producto de distancias más lejanas a la ubicación del instrumental respecto de los carriles de circulación). Para los registros de la línea 2 se considera el promedio de los niveles registrados en periodo punta.

Para la línea 1 el Leq obtenido fue de 83,1dB(A), la distancia de medición 8 metros y la duración del registro fue de 10 segundos (promedio de mediciones). La ubicación del punto de medición es UTM 19H 0339884 6297550

Para la línea 2, el Leq obtenido fue de 88,9dB(A), la distancia de medición 4 metros y la duración del registro fue de 9,5 segundos (promedio de mediciones). La ubicación del punto de medición es UTM 19H 0346023 6296871.

El tiempo de medición del paso de los trenes caracterizados y valor N por línea es:

- Línea 1: T=10 segundos (promedio), N=4320
- Línea 2: T=9,5 segundos (promedio), N=4926

Con respecto a las velocidades, se utilizan las velocidades promedio proporcionadas por Metro (25km/h para línea 1 y 38Km/h para línea 2).

Se incluye corrección por tipo de vía (Dfb) de +5dB (Vía sólida sin absorción) en el proceso de calibración.

El software entrega los siguientes valores modelado para esta situación, las cuales se comparan con las mediciones. Se observa que las variaciones entre niveles medidos y modelados alcanzan diferencias en los registros, por lo cual se debe utilizar la corrección (Dfz) para esta nueva categoría de tren Expreso ajustado. Dfz corresponde a la diferencia entre el Lcalc – Lmedido.

Tabla 3.4.5.c. Resultados comparación niveles medido vs niveles modelados para línea de metro

Línea metro	Nivel medido	Nivel calculado (modelación)	Dfz
L1	83,1	75,5	7,6
L2	88,9	82,8	6,1

Cabe indicar que existen parámetros adicionales que influyen en la corrección. Como ya se mencionó, se incluye una corrección por el tipo de vía (Dfb) de +5dB (traviesas de hormigón). Otros parámetros que influyen son la velocidad, porcentaje de frenado y radio de curvatura (valores que no son exactos en la práctica). Esto puede explicar el alto valor de la corrección (Dfz).

A continuación, se visualizan los valores utilizados para los parámetros anteriormente expuestos.

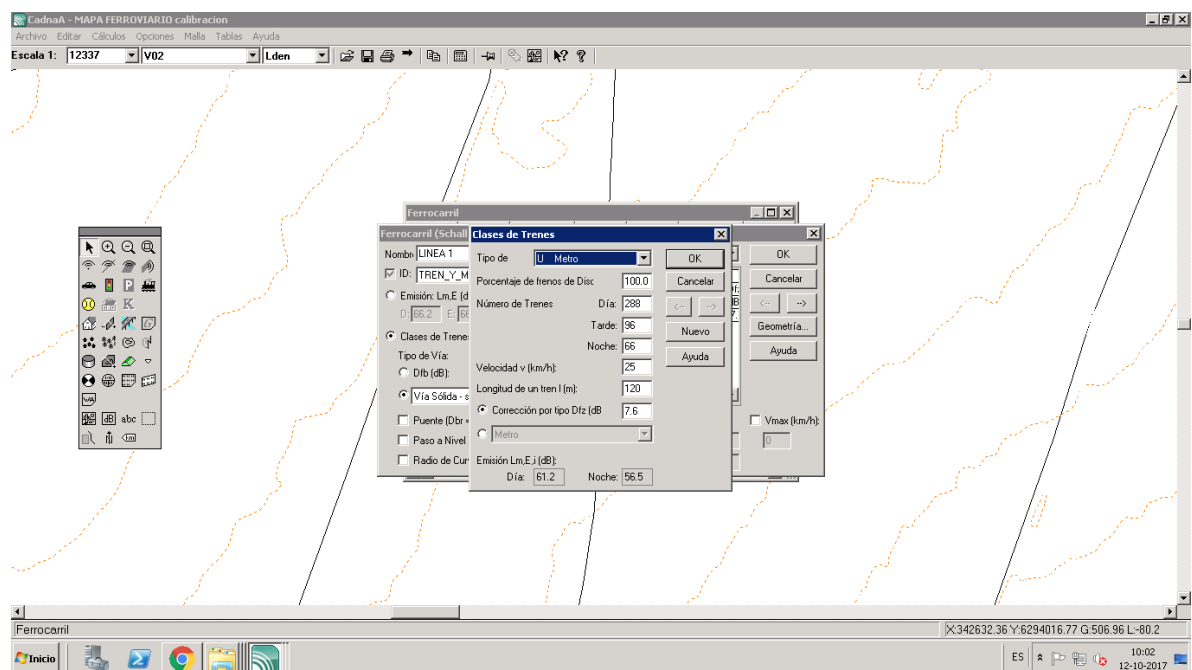


Figura 3.4.3.a Captura de pantalla software CadnaA para visualizar parámetros asociados a la calibración Metro-L1.

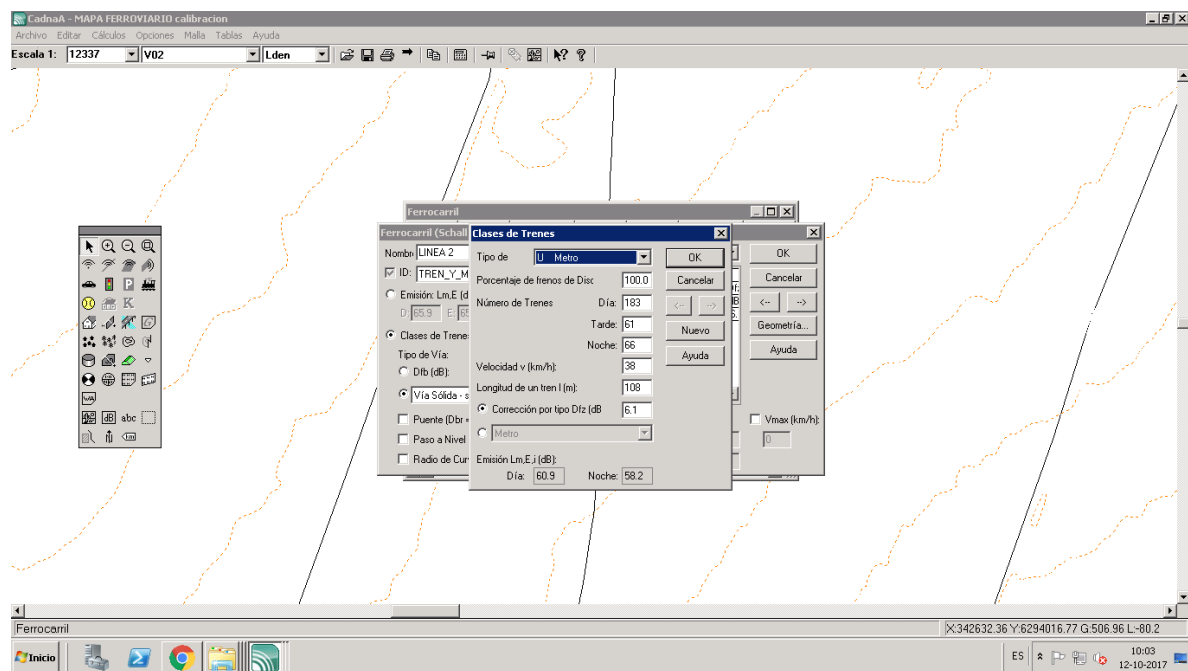


Figura 3.4.3.b Captura de pantalla software CadnaA para visualizar parámetros asociados a la calibración Metro-L2.

Con respecto a las vías, se presenta una tabla indicando las vías consideradas. Cabe indicar que solo se toma en cuenta la emisión de los trenes en superficie (a nivel de suelo, trinchera y viaducto).

Tabla 3.4.5.d. Tramos de vías consideradas para modelación de fuente de ruido móvil: metro para obtención de Mapa de ruido ferroviario y Transantiago.

Línea	Tramo	Emplazamiento
1	Pajaritos - Neptuno	trinchera
	Neptuno - San Pablo	trinchera
2	Cal y Canto - Santa Ana	trinchera
	Santa Ana - Los Héroes	trinchera
	Los Héroes - Toesca	trinchera
	Toesca - Parque O'Higgins	trinchera
	Parque O'Higgins - Rondizzoni	trinchera
	Rondizzoni - Franklin	trinchera
		trinchera
4	Grecia - Los Presidentes	trinchera
	Los Presidentes - Quilín	trinchera
	Quilín - Las Torres	trinchera
		trinchera
	Las Torres - Macul	trinchera
	Macul - Vicuña Mackenna	trinchera
	Vicuña Mackenna - Vicente Valdés	trinchera
	Vicente Valdés - Rojas Magallanes	viaducto
	Rojas Magallanes a Protectora de la Infancia	viaducto
	Protectora de la Infancia - Las Mercedes	viaducto
4A	Vicuña Mackenna - Santa Julia	trinchera
		trinchera
	Santa Julia - La Granja	trinchera
	La Granja - Santa Rosa	trinchera
	Santa Rosa - San Ramón	trinchera
	San Ramón - La Cisterna	trinchera
5	La Cisterna - Cola Maniobras	trinchera
	Del Sol - Monte Tabor	viaducto
	Monte Tabor a Laguna Sur	viaducto

Línea	Tramo	Emplazamiento
	Laguna Sur - Barrancas	viaducto
	Irarrázaval - Ñuble	trinchera
	Ñuble - Rodrigo de Araya	viaducto
	Rodrigo de Araya a Mirador	viaducto
	Mirador - Bellavista de la Florida	viaducto

3.4.3.2. Transantiago

Para la modelación del tránsito exclusivo del Transantiago, se utiliza como información base, la cobertura shape entregada por la Contraparte técnica y modificada por el consultor en base a la siguiente metodología.

Metodología

Para el mejoramiento de la cobertura de flujos del Transantiago se llevaron a cabo una serie de pasos en los software ArcGis y Microsoft Excel. La base de datos contenida en la cobertura poseía información de los flujos por arcos de calle cada media hora, por lo cual lo primero que se llevó a cabo fue la elaboración de 24 nuevas columnas que contuviesen la información sumada cada una hora.

Posterior a eso, se procedió a una selección manual de todos los arcos de calle de un segmento de tal modo de otorgar un código identificador de un tramo entre calle y calle y otro código que indicase la dirección del flujo (para calles con más de una vía).

Cobertura inicial con múltiples arcos entre calle y calle. Tabla Dinámica con Códigos concatenados y máximo flujo por hora.

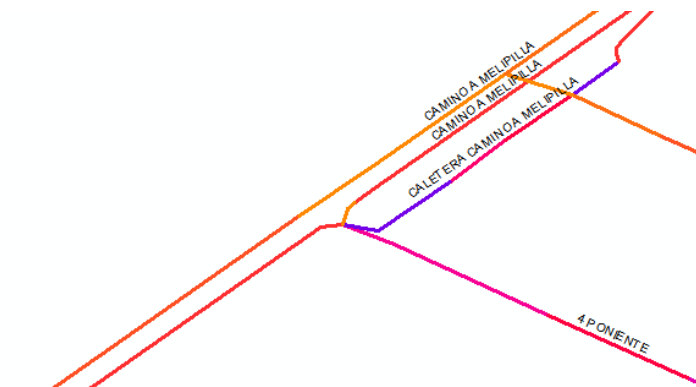


Figura 3.4.4. Cobertura inicial con múltiples arcos entre calle y calle.

Con estos códigos otorgados en la tabla de atributos de la cobertura, se procedió a exportar a información a una planilla Excel para una simplificación de la información. Se generó una columna a partir de la concatenación de los campos 'Nombre', 'Sentido' y 'Dirección' (NOMBRE_SEGMENTO_DIRECCIÓN) y se generó una tabla dinámica en donde esta nueva columna agruparía la información de tal modo que por cada segmento se seleccionase el máximo flujo de cada hora.

Tabla 3.4.6. Tabla Dinámica con Códigos concatenados y máximo flujo por hora.

Etiquetas de fila	Máx. de H01	Máx. de H02
CAMINO A MELIPILLA_A_1	5,57	4
CAMINO A MELIPILLA_A_2	5,2	4,4
CAMINO A MELIPILLA_B_1	5,2	4,21
CAMINO A MELIPILLA_B_2	6,65	8,21
CAMINO A MELIPILLA_C_1	22,63	8,21
CAMINO A MELIPILLA_C_2	8,25	8,4

Paralelamente al paso anterior, en el software ArcGis se procedió a unificar los segmentos de calle mediante la herramienta *Dissolve* de tal modo de pasar de un conjunto de arcos de calle a un solo segmento. Con la información resumida de la tabla dinámica y el *shapefile* de los segmentos unificados se procedió a hacer un *Join* de tal forma que cada segmento tuviese la información de flujo máximo en cada intervalo de hora.

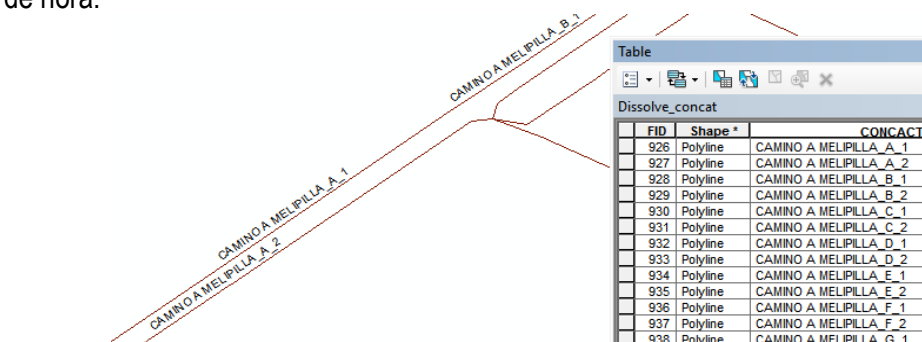


Figura 3.4.5 Uso de herramienta Dissolve para unificar los arcos en un solo segmento entre calle y calle.

Luego de esto, el tratamiento de la información de las dobles vía implicó una nueva exportación de la información, esta vez sólo aquellas que poseyeran más de una vía (selección por atributos: código identificador 'Dirección'=2). Elaborando una concatenación con los campos 'Nombre' y 'Segmento' se procedió a la generación de una nueva tabla dinámica que resumiera la información mediante una sumatoria de los flujos con diferentes direcciones o sentidos. El resultado de esto fue anexado a la cobertura mediante un *Join*, y consiguiente, fueron eliminadas aquellas geometrías en las dobles vías, dejando sólo un eje por vía que tuviera la información sumada de ambas direcciones.

Como paso último, se procedió a la limpieza de campos y a la elaboración del respectivo archivo. kmz.

Habiendo finalizado el proceso de ajuste del shape de las vías donde se desplaza el Transantiago, los atributos de la capa contienen información del número de vehículos (TS) que circulan por hora, las cuales se encuentran distribuidos según la siguiente tabla. Para mayores detalles revisar Anexo 5.

Tabla 3.4.7. Distribución de tráfico por hora para la asignación de flujos para el Mapa del Transantiago.

Distribución de Tráfico																													
Cerrar	ID	Sinc. Gráfico	Copias	Imprimir	Fuente	Ayuda	Distribución de Tráfico																						
Nombre	Ed	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00				
MARTINEZ DE RITS3305	21.20	12.40	11.81	9.60	10.19	28.11	39.45	50.71	73.16	70.96	62.88	66.92	69.30	73.84	65.99	58.00	49.87	49.04	57.61	66.00	64.31	67.06	66.65	48.80					
MARTINEZ DE RITS3306	21.15	12.55	11.44	9.70	10.39	28.82	40.32	50.40	74.89	70.21	62.36	68.81	69.40	73.20	65.39	58.86	48.36	49.46	61.50	62.19	64.46	66.50	66.78	47.20					
MARTINEZ DE RITS3307	21.19	12.40	11.20	9.70	10.30	28.35	39.95	50.40	74.47	70.21	60.77	67.56	69.63	73.20	64.87	59.14	48.36	48.75	59.88	62.50	64.46	66.24	67.00	47.60					
MARTINEZ DE RITS3308	21.19	12.40	11.20	9.60	10.19	28.26	39.84	50.35	73.82	70.15	61.10	67.28	69.42	72.98	64.74	58.83	48.55	48.75	59.83	62.87	63.40	66.42	67.01	48.00					
MATEO DE TORTS3309	27.81	20.60	15.20	28.44	40.26	60.58	63.35	72.99	84.23	95.10	91.03	89.83	96.09	101.80	90.03	80.51	68.06	69.69	61.49	70.22	65.34	61.69	66.80	51.39					
MATEO DE TORTS3310	30.15	20.60	15.23	30.54	44.84	59.80	66.66	69.13	73.77	78.52	81.25	77.11	79.01	88.68	76.75	70.06	58.35	57.74	56.61	59.91	46.09	46.54	43.50	44.41					
MATEO DE TORTS3311	4.00	4.00	4.00	4.00	13.32	25.57	40.61	26.18	31.87	23.25	23.11	23.02	27.41	25.53	23.98	25.04	32.18	29.37	28.15	31.09	23.58	21.51	19.94	12.40					
MATEO DE TORTS3312	3.11	2.77	2.86	1.08	0.00	1.65	0.04	0.68	0.36	0.22	0.34	0.00	0.21	0.21	0.00	0.80	0.92	0.20	0.41	0.22	0.00	0.00	0.45	1.40					
MATEO DE TORTS3313	0.95	0.00	0.00	0.00	13.32	21.07	22.22	25.58	32.46	22.92	20.00	19.80	20.55	21.14	21.62	19.13	19.22	19.20	20.42	21.82	21.67	21.79	19.60	12.25					
MATEO DE TORTS3314	1.20	0.00	0.00	0.00	8.56	12.23	11.77	14.23	16.80	12.05	10.14	9.83	9.27	11.23	10.29	9.61	10.24	9.75	10.05	9.74	10.96	11.31	10.34	5.20					
MATTA ORIENTS3315	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	15.55	58.72	82.87	3.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.15	0.00					
MATTA ORIENTS3316	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	10.15	40.65	63.78	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.15	0.00					
MATUCANA TS3317	4.80	3.34	4.65	3.60	9.98	35.02	48.68	61.71	44.79	48.50	46.42	42.73	45.21	48.47	44.51	47.91	44.31	44.94	51.55	56.33	45.79	40.18	35.20	18.58					
MATUCANA TS3318	44.84	29.50	28.40	25.19	39.28	134.59	162.56	203.66	262.59	214.64	200.01	201.35	213.32	227.34	213.57	203.86	192.22	195.12	225.43	265.31	253.31	211.32	171.81	110.98					
MATUCANA TS3319	24.56	16.94	16.96	15.60	29.35	104.46	122.75	153.26	186.65	146.41	137.71	130.17	143.18	156.38	149.44	144.45	145.45	144.47	164.65	184.07	169.46	125.83	106.24	63.92					
MATUCANA TS3320	48.33	32.86	32.14	30.69	63.76	218.16	232.32	299.51	258.46	236.39	216.86	231.00	242.46	235.21	224.10	226.28	227.01	233.41	268.03	302.34	265.86	236.35	209.09	119.14					
MATUCANA TS3321	59.27	46.44	43.50	43.84	90.48	281.63	302.65	391.16	337.67	304.57	298.48	293.64	316.88	316.11	296.30	303.61	311.58	306.35	346.32	393.06	334.42	294.70	243.67	145.29					
MATUCANA TS3322	64.11	50.02	47.54	46.50	94.93	321.87	343.41	459.25	419.48	353.43	341.35	345.25	367.24	370.78	345.11	350.95	367.82	349.36	395.13	447.74	392.96	341.06	287.08	157.42					
MATUCANA TS3323	58.89	46.00	42.35	41.69	89.36	335.54	352.50	458.10	380.00	360.93	351.86	362.07	383.91	388.73	363.50	365.82	394.45	389.95	419.60	466.63	407.42	351.40	295.93	164.18					
MATUCANA TS3324	34.05	20.98	19.30	16.79	25.91	94.18	125.66	137.81	170.20	139.39	123.25	135.04	137.59	146.78	133.59	129.90	126.29	146.79	163.71	182.98	170.14	145.31	120.55	76.14					
MATUCANA TS3325	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	9.20	9.27	12.27	12.82	12.40	12.58	11.28	11.33	12.53	9.14	12.70	8.67	7.87	10.98	12.26	9.74	8.45	7.20	3.60					
MATUCANA TS3326	70.12	53.95	49.61	50.58	100.10	306.96	337.05	430.87	408.79	349.88	332.96	331.48	358.10	365.13	342.88	345.93	354.81	341.86	389.65	438.82	391.76	337.47	279.50	167.64					
MATUCANA TS3327	45.18	32.34	30.86	29.57	73.68	298.89	308.03	382.91	338.75	322.05	312.76	329.71	342.35	347.12	322.20	326.15	341.01	334.06	381.84	414.39	369.42	316.65	279.85	142.86					
MATUCANA TS3328	43.37	30.00	26.50	26.29	65.94	199.65	212.28	279.66	227.88	176.07	170.38	167.95	181.30	188.25	178.05	180.95	193.86	185.07	204.48	222.09	216.98	180.35	143.43	97.73					
MAULE TS3329	3.38	0.00	0.00	0.00	2.60	8.58	6.02	11.19	10.81	12.18	12.11	8.00	12.64	9.25	10.35	11.80	9.60	12.06	13.48	10.99	14.57	10.00	7.98	10.25					
MAULE TS3330	4.00	0.00	0.00	0.00	2.38	8.45	6.32	10.33	11.83	12.30	11.33	8.34	12.42	9.20	10.40	11.42	9.70	11.46	14.37	10.80	14.84	10.36	7.60	10.00					
MAULE TS3331	3.35	0.00	0.00	0.00	3.19	8.58	6.02	11.80	10.81	12.36	12.11	8.00	12.90	9.90	10.35	11.80	9.60	12.55	13.48	10.99	14.57	10.24	7.96	10.40					
MAULE TS3332	3.20	0.00	0.00	0.00	3.20	8.17	5.84	11.88	11.26	12.36	12.00	8.00	12.98	10.17	9.75	10.83	8.86	12.55	11.60	8.14	13.94	10.38	7.81	10.40					
MAULE TS3333	3.60	0.00	0.00	0.00	3.20	19.45	16.67	27.17	33.42	29.08	26.38	24.80	29.78	22.97	28.46	21.57	18.54	31.39	27.17	22.29	36.05	20.62	20.53	17.20					
MAULE TS3334	3.31	0.00	0.00	0.00	3.20	20.01	16.37	27.32	33.97	29.08	26.38	24.93	29.36	22.52	27.76	20.46	17.94	31.39	27.17	22.29	36.51	20.76	19.96	16.69					
MAURICIO RUGTS3335	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	10.14	9.84	9.76	10.85	8.53	7.76	7.39	8.40	7.98	7.09	8.77	8.77	8.51	9.50	12.02	10.40	8.00	6.00	4.00					
MAUVIANCHETS3336	3.76	2.71	2.64	2.28	4.12	19.66	20.12	23.89	23.91	18.02	22.34	22.12	14.03	15.27	15.93	15.78	13.65	20.22	27.01	24.34	21.22	14.80	1.92	8.24					
MELILLONES TS3337	1.92	2.20	0.59	1.42	15.56	50.52	62.14	73.71	90.96	77.41	67.80	65.69	67.49	64.50	56.38	56.76	51.38	41.15	56.32	76.39	69.17	66.63	46.38	21.00					
MELINKA TS3338	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	7.00	7.11	9.03	9.51	7.75	5.93	6.21	6.40	4.80	6.40	6.00	6.80	8.22	7.39	6.88	7.44	5.10	3.20						
MELINKA TS3339	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	7.00	7.11	9.03	9.51	7.75	5.93	6.21	6.40	4.80	6.40	6.00	6.80	8.22	7.39	6.88	7.44	5.10	3.20						
MELIPILLA TS3340	6.79	3.60	3.77	3.76	6.49	21.00	18.88	22.02	20.52	13.89	17.02	15.45	18.18	17.50	16.51	18.41	14.90	19.47	24.12	26.79	23.45	25.48	22.43	14.00					
MELIPILLA TS3341	2.40	0.00	0.00	0.00	4.82	9.87	10.00	9.60	11.96	9.92	10.22	9.89	12.03	11.20	10.40	10.05	10.64	10.98	11.75	10.89	10.93	10.08	11.60	6.80					
MENDOZA TS3342	12.32	11.52	12.40	12.25	36.02	80.94	111.19	101.30	74.87	68.44	70.64	68.79	68.31	68.03	61.84	66.43	75.91	61.94	61.35	73.64	61.90	50.29	35.30	19.52					
MENDOZA TS3343	4.00	3.60	4.40	4.00	4.00	6.79	12.00	14.44	13.06	11.58	12.90	10.64	12.85	12.00	11.20	11.20	10.40	11.76	9.53	11.14	10.83	10.15	9.24	4.00					
MENDOZA TS3344	4.00	3.60	4.40	4.00	4.00	6.79	12.00	14.44	13.06	11.58	12.90	10.64	12.85	12.00	11.20	11.20	10.40	11.76	9.53	11.14	10.83	10.15	9.24	4.00					

Con respecto al dato de velocidad, el parámetro que se ingresa corresponde al promedio total por periodo, según se indica a continuación.

Tabla 3.4.8. Velocidad para buses urbanos del Transantiago por periodo horario.

Periodo	Velocidad (km/h)
Día	20
Tarde	23
Noche	28

3.4.3.3. Autopistas

La información de entrada al modelo para las autopistas fue a partir de distribuciones de tráfico. Esto es, se ingresaron los promedios anuales del año 2015 separados por hora.

La información de entrada corresponde a una capa shape, la cual fue modificada separándola en dos vías a fin de caracterizar los dos sentidos de circulación (norte - sur, sur – norte por ejemplo).

La información de tráfico corresponde a conteos de pódicos de cobro de autopistas y peajes. En la siguiente tabla se indica el resumen de la información ingresada por autopista. Cabe señalar que este proceso es similar al realizado para las vías de ciudad, pues los flujos vehiculares se entregaron desagregados por tipo de vehículo.

Tabla 3.4.9. Resumen de la información ingresada segregada por Autopista.

Nº	Autopista	Información de tráfico	Ingreso de datos a modelo	Observación
1	VESPUCIO SUR	Pódicos Tag (nº vehículos: livianos, pesados, motos)	La autopista es dividida en segmentos. Los vértices de cada segmento corresponden a los puntos de cobro	

2	VESPUCIO NORTE	Pórticos Tag (n° vehículos: livianos, pesados, motos)	La autopista es dividida en segmentos. Los vértices de cada segmento corresponden a los puntos de cobro	
3	ACCESO AMB(AEROPUERTO)	Pórticos Tag (n° vehículos: livianos, pesados, motos)	La autopista es dividida en segmentos. Los vértices de cada segmento corresponden a los puntos de cobro	
4	RUTA 68 (RUTA DEL PACIFICO)	Peajes		Se considera el dato de peaje más cercano al área urbana de Santiago o en su defecto el de mayor valor
5	RUTA 78 (DEL SOL)	Peajes		Se considera el dato de peaje más cercano al área urbana de Santiago o en su defecto el de mayor valor
6	COSTANERA NORTE	Pórticos Tag (n° vehículos: livianos, pesados, motos)	La autopista es dividida en segmentos. Los vértices de cada segmento corresponden a los puntos de cobro	
7	RUTA DEL MAIPO (ACCESO SUR SANTIAGO)	Peajes		Se considera el dato de peaje más cercano al área urbana de Santiago o en su defecto el de mayor valor
8	RUTA DEL MAIPO (RUTA 5 SUR)	Peajes		Se considera el dato de peaje más cercano al área urbana de Santiago o en su defecto de mayor valor
9	RUTA 5 NORTE (AUTOPISTA ACONCAGUA)	Peajes		Se considera el dato de peaje más cercano al área urbana de Santiago o en su defecto el de mayor valor
10	RUTA 57 (AUTOPISTA LOS LIBERTADORES)	Peajes		Se considera el dato de peaje más cercano al área urbana de Santiago o en su defecto el de mayor valor
11	RUTA 5 (AUTOPISTA CENTRAL)	Pórticos Tag (n° vehículos: livianos, pesados, motos) Pórticos Tag (n° vehículos: livianos, pesados, motos)	La autopista es dividida en segmentos. Los vértices de cada segmento corresponden a los puntos de cobro	
12	TUNEL SAN CRISTOBAL	Pórticos Tag (n° vehículos: livianos, pesados, motos)	La autopista es dividida en segmentos. Los vértices de cada segmento corresponden a los puntos de cobro	

El proceso de ingreso en el software, fue a partir de la creación de una base de datos con la información de distribuciones de tráfico por hora. La información de entrada corresponde al número total de vehículos y el porcentaje de vehículos pesados, por lo cual, la información base tuvo que ser adecuada a este formato. Para la información de entrada asociada a la velocidad de circulación se considera la velocidad máxima permitida (120 km/h para vehículos livianos y 90 km/h para vehículos pesados), debido a que no se contaba con esa información por parte de las concesionarias.

Tabla 3.4.10. Distribución de tráfico vehicular para Autopistas.

Cena		Edad	Sinc. Gráfico	Copiar...	Imprimir...	Fuente...	Ayuda	Distribución de Tráfico																						
Nombre	ID	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00					
RUTA 5 SUR	R5S	969.26	612.39	388.01	291.43	340.43	579.95	1096.33	1827.28	2157.11	2186.26	2259.19	2322.58	2369.58	2249.65	2334.08	2418.24	2586.28	2835.66	3054.07	2994.22	2703.67	2305.24	1889.20	1371.68					
ACCESO SUR	R5A	406.61	257.30	169.20	123.07	114.34	160.90	416.23	1052.20	1152.94	973.91	912.28	928.89	957.71	961.85	951.19	972.50	1095.62	1285.72	1569.00	1555.63	1397.16	1188.79	931.24	636.68					
RUTA 68	R68	580.67	334.76	181.34	136.52	144.58	244.58	583.47	1275.55	1613.59	1859.13	1979.93	2114.21	2175.42	2090.42	1942.12	1915.80	2070.30	2302.96	2505.61	2460.14	2203.50	1800.35	1389.48	905.43					
autopista del sol ruta 76	R76	258.76	148.90	97.66	74.51	68.13	88.31	394.78	1340.00	1242.15	921.46	821.35	813.79	861.42	927.37	913.16	875.01	939.62	1155.44	1446.61	1439.01	1123.96	871.16	677.88	429.94					
acceso vial amb	AM	806.83	639.34	380.22	334.06	553.68	802.74	1222.73	1062.70	1006.29	1128.66	1281.89	1293.52	1360.12	1379.83	1273.27	1319.46	1364.28	1890.30	1668.16	1323.84	1270.12	1411.55	1315.96	991.76					
concesion nororient	RNC	145.69	104.68	67.00	40.08	23.90	18.24	88.32	604.61	950.02	654.33	471.48	449.66	504.17	589.16	528.33	483.82	583.38	724.95	975.65	984.02	619.47	474.88	280.05	199.70					
autopista central	PC1	493.11	299.60	182.50	136.41	153.42	255.73	530.43	1190.47	1446.92	1519.81	1653.98	1727.36	1803.83	1827.95	1786.70	1776.18	1830.35	1939.60	2030.86	2012.65	1791.36	1442.49	1108.74	764.06					
autopista central	PC1	601.39	420.00	325.96	278.57	279.00	413.08	942.55	1878.81	1913.44	1713.55	1789.25	1847.90	1854.23	1801.70	1809.10	1873.57	2008.96	2184.27	2386.58	2092.66	1756.35	1447.61	1133.24	819.63					
autopista central	PC1	688.76	471.19	360.78	308.86	305.45	450.48	1109.90	2547.92	2264.27	2067.90	2101.01	2155.82	2182.85	2119.84	2100.31	2156.86	2304.84	2507.01	2780.81	2452.95	2130.76	1619.13	1348.29	961.68					
autopista central	PC1	561.79	347.39	213.33	161.51	181.93	304.67	648.13	1549.81	1827.15	1926.10	2097.07	2194.91	2297.36	2365.71	2284.73	2253.03	2319.86	2478.08	2604.13	2554.25	2118.77	1619.64	1270.68	871.18					
autopista central	PC1	901.40	595.32	438.39	373.37	391.21	618.62	1846.93	4086.84	3866.32	3147.76	3012.38	2986.51	2899.82	2908.84	2852.27	2869.24	3062.91	3314.80	3580.63	3121.41	2683.30	2357.94	1845.20	1317.52					
autopista central	PC1	907.08	568.99	350.50	268.75	275.43	415.33	883.44	2406.70	2648.74	2624.28	2957.69	3072.00	3262.04	3403.87	3288.06	3270.79	3398.30	3780.56	4293.63	4074.48	3343.45	2648.58	2122.54	1423.49					
autopista central	PC1	617.67	403.98	289.74	228.90	217.41	297.70	992.13	2302.71	2325.66	2175.35	2223.63	2226.88	2243.71	2194.47	2084.80	2138.46	2263.45	2556.09	2817.87	2330.13	1915.96	1628.77	1304.31	917.53					
autopista central	PC1	631.31	395.12	267.14	194.32	193.49	254.94	593.11	1696.48	2279.95	2600.97	2187.55	2319.80	2405.71	2392.78	2320.50	2366.30	2511.55	2646.12	2577.37	2219.92	1813.54	1474.60	967.95						
autopista central	PC1	1021.21	625.98	416.55	311.43	300.33	349.00	654.28	2003.92	2358.92	2385.55	2640.55	2633.47	3158.82	3398.00	3356.30	3262.81	3360.87	3579.02	3663.18	3542.71	3302.20	2818.17	2380.58	1540.76					
autopista central	PC1	862.86	550.39	379.07	296.01	297.71	447.36	1692.22	3387.62	3396.59	3474.74	3640.15	3579.01	3498.12	3336.89	3163.36	3193.33	3263.16	3390.27	3308.05	2803.00	2426.45	2245.79	1850.78	1341.53					
autopista central	PC1	1099.24	671.30	449.07	335.64	317.86	353.82	684.71	2017.36	2386.02	2438.83	2735.79	2958.12	3310.83	3575.95	3528.57	3440.31	3575.31	3832.05	3936.86	3814.27	3496.52	2968.24	2492.51	1650.04					
autopista central	PC1	1241.09	764.76	513.50	389.45	365.49	402.25	799.74	2620.50	3055.12	3131.30	3348.48	3589.15	3945.60	4203.91	4063.46	3966.60	4179.33	4532.59	4622.42	4477.11	4066.40	3424.26	2829.87	1865.36					
autopista central	PC1	676.47	549.75	385.13	314.70	334.53	499.83	1779.76	4184.36	4448.40	4079.41	3991.60	4036.38	4099.83	4060.43	3980.65	3854.73	3908.33	3998.19	4030.88	3661.67	2936.72	2523.08	2012.25	1384.22					
autopista central	PC1	1050.25	653.70	447.70	338.52	321.92	387.13	895.96	2896.74	3191.07	3249.51	3557.69	3760.34	4002.78	4159.55	3996.16	3965.46	4139.47	4439.24	4549.69	4389.67	3925.40	3174.50	2506.70	1615.16					
autopista central	PC1	625.86	386.80	284.27	217.89	211.12	329.99	942.96	3198.59	3306.77	2849.99	2800.22	2985.58	3051.58	3007.29	2810.78	2941.86	3068.17	3506.69	3383.28	2730.93	2300.89	1875.72	1512.07	1018.19					
autopista central	PC1	570.89	362.77	244.89	181.82	183.80	238.57	682.03	2171.76	2485.02	2606.98	2136.55	2242.96	2293.86	2291.25	2297.34	2260.85	2214.61	2143.98	2216.40	2193.78	1842.31	1587.27	1311.37	860.46					
autopista central	PC1	1024.10	629.70	425.49	338.04	341.35	510.05	1875.73	4004.99	3873.03	3873.35	3639.70	3581.75	3590.12	3606.07	3726.52	3682.29	3805.26	3379.37	3887.16	3198.07	2550.37	1915.28	1340.20	1088.43					
autopista central	PC1	722.72	478.34	345.90	265.77	281.20	453.91	1293.12	3892.79	4282.35	3419.93	3391.29	3481.00	3524.32	3448.41	3287.91	3482.47	3682.59	4254.48	4316.85	3424.74	2756.12	2150.07	1703.13	1144.34					
autopista central	PC1	410.66	279.94	208.59	165.22	209.11	375.43	935.45	2017.11	2048.24	1638.46	1544.24	1525.80	1508.67	1460.58	1431.76	1470.59	1543.26	1642.95	1808.65	1413.77	1130.86	988.98	799.91	580.04					
autopista central	PC1	430.36	258.18	162.36	126.20	146.19	261.87	586.38	1436.51	1893.33	1683.80	1656.98	1718.10	1772.58	1762.42	1752.44	1822.24	1876.75	2098.89	2325.72	2108.19	1505.15	1191.43	914.57	659.08					
autopista central	PC1	481.83	308.35	222.58	186.24	222.79	400.29	1172.64	3252.55	3120.66	2286.28	1992.31	1902.31	1946.00	1763.80	1726.50	1769.32	1843.95	1928.69	2091.47	1712.95	1413.77	1298.20	1042.62	746.70					
autopista central	PC1	466.39	270.80	178.75	142.23	155.13	257.08	542.90	1292.71	1801.17	1627.77	1641.03	1728.60	1846.22	1892.84	1837.81	1813.27	2083.60	2537.85	3023.24	2748.62	1902.98	1414.23	1147.73	776.63					
autopista central	PC1	443.49	281.87	192.80	150.94	163.13	356.70	1204.53	3267.53	3187.64	2442.53	2102.21	1973.32	1888.22	1804.22	1760.78	1821.64	1889.35	2001.82	2090.66	1747.21	1417.58	1272.39	1013.40	713.24					
autopista central	PC1	426.13	263.00	169.94	137.99	144.36	256.74	546.58	1528.99	1683.75	1685.11	1778.38	1817.54	1763.24	1819.10	2019.58	2550.37	3186.07	2755.02	1915.28	1340.20	1088.43	737.81							
autopista central	PC1	450.10	270.35	183.35	138.28	148.74	267.63	1088.67	3049.98	2994.69	2251.98	1978.86	1891.92	1862.17	1795.01	1751.97	1812.80	1884.02	1989.14	2052.03	1774.39	1421.49	1273.94	1033.63	718.29					
autopista central	PC1	395.33	247.09	163.99	132.58	151.11	281.26	575.75	1704.12	2202.65	1838.81	1724.45	1752.61	1628.64	1855.69	1803.97	1877.36	2080.65	2623.93	3279.00	2706.35	1786.16	1310.80	1023.31	658.84					
autopista central	PC1	306.53	184.99	126.24	99.28	108.49	185.00	719.58	1631.31	1488.99	1229.75	1118.25	1081.04	1044.18	998.29	1037.53	1072.69	1074.53	1022.27	995.75	960.77	833.06	778.45	662.77	480.62					
autopista central	PC1	240.25	156.78	108.90	87.39	98.29	175.98	386.85	1026.39	1328.64	1085.45	1043.75	1073.34	1115.97	1126.05	1095.49	1153.43	1292.45	1686.52	2013.12	1472.50	997.49	739.70	592.27	383.39					
costanera norte	PC1	366.76	251.81	162.89	103.84	88.73	118.06	341.33	2389.46	2847.25	2384.27	2073.36	1974.44	1971.55	2030.93	1713.48	1768.35	1967.72	2158.24	2214.01	1822.64	1528.38	1075.65	892.72	513.50					
costanera norte	PC1	238.17	152.45	97.94	70.99	68.90	106.35	302.09	2116.89	3060.86	2174.78	1732.22	1581.89	1476.09	1461.37	1281.44	1290.73	1480.88	1791.87	2009.54	1400.36	1048.98	721.29	478.52	334.56					
costanera norte	PC1	486.63	296.67	213.98	140.07	120.73	90.81	307.08	812.00	914.03	976.31	927.63	926.83	951.49	948.68	881.12	864.65	861.91	907.76	926.81	917.41	950.71	983.90	1079.36	1216.87	871.35				

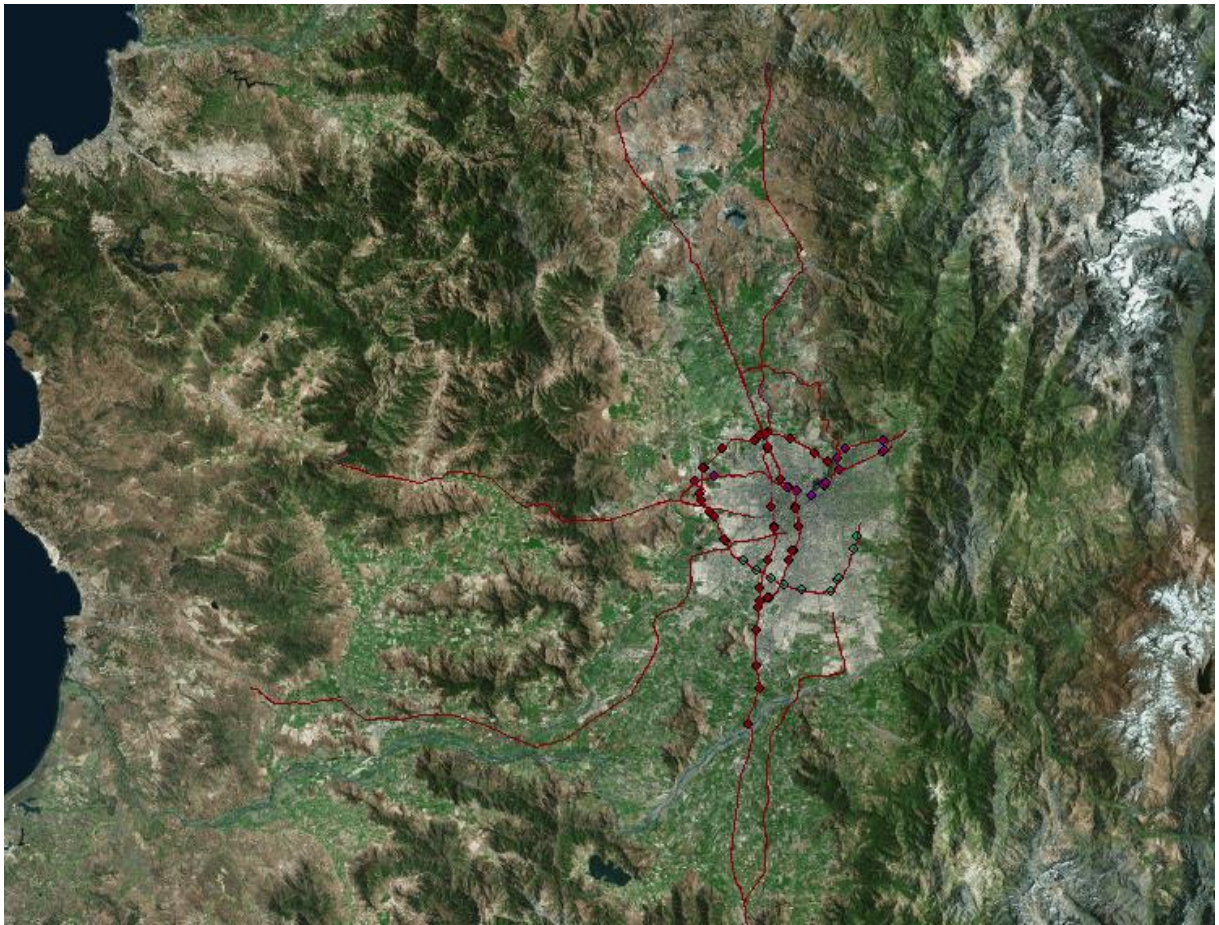


Figura 3.4.7. Emplazamiento de puntos de conteo (pórticos cobros).

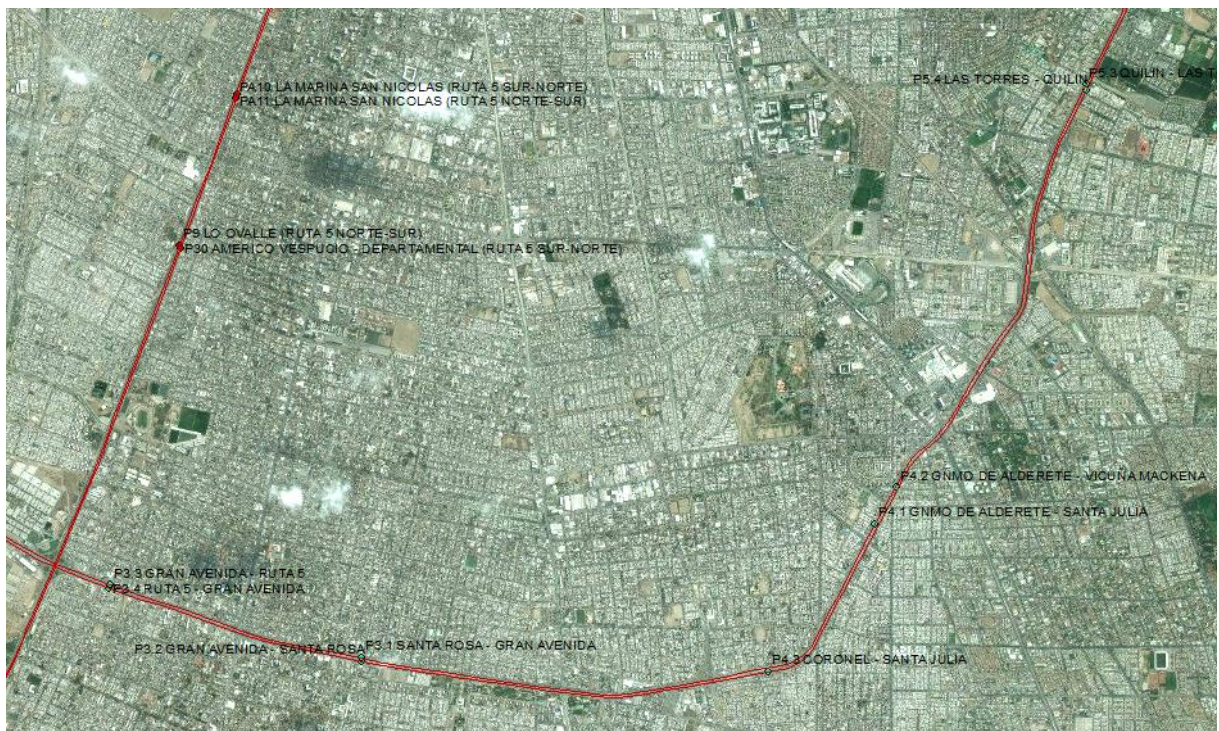


Figura 3.4.8. Emplazamiento de puntos de conteo (pórticos cobros) zoom.

3.4.3.4. Vías (calles de la ciudad)

Para la generación de los mapas producto del tránsito vehicular por las vías del Gran Santiago, se utilizó como información de entrada, flujos de vehículos totales y porcentajes de vehículos pesados por Macrozonas y clasificados de acuerdo a las siguientes categorías:

Tabla 3.4.11. Categorías y códigos de ingreso por vía y zona

Categoría						
M1EC	M2EC	M3EC	M4EC	M5EC	M6EC	M7EC
M1ES	M2ES	M3ES	M4ES	M5ES	M6ES	M7ES
M1TC	M2TC	M3TC	M4TC	M5TC	M6TC	M7TC
M1TS	M2TS	M3TS	M4TS	M5TS	M6TS	M7TS
M1CC	M2CC	M3CC	M4CC	M5CC	M6CC	M7CC
M1CS	M2CS	M3CS	M4CS	M5CS	M6CS	M7CS
M1LC	M2LC	M3LC	M4LC	M5LC	M6LC	M7LC
M1LS	M2LS	M3LS	M4LS	M5LS	M6LS	M7LS
M1SC	M2SC	M3SC	M4SC	M5SC	M6SC	M7SC
M1SS	M2SS	M3SS	M4SS	M5SS	M6SS	M7SS

Los códigos señalados indican lo siguiente:

- Primeros 2 caracteres señalan la macrozona.
- Tercer y cuarto carácter señalan la categoría de la vía (E=Expresa, T=Troncal, C=Colectora, L=Local, S=Servicio) y la presencia de buses del Transantiago (C=con buses del Transantiago, S=sin buses) respectivamente.
- Ejemplo: M1EC (Macrozona 1, categoría Expresa, con Transantiago).

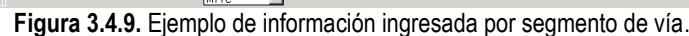
INGRESO DE DATOS EN CADNA MEDIANTE BASE DE DATOS

Para la generación de los mapas de Autopistas, Transantiago y de Vías, la información correspondiente a conteos vehiculares y porcentaje de vehículos pesados se presenta por horas, lo cual implicó la generación de distribuciones de tráfico (base de datos).

Esto se debe que al realizar la importación del *shape* correspondiente a la fuente de ruido (carretera) no era posible ingresar la información de flujo y porcentaje de vehículos pesados de manera directa y separada por horas. Esto solo se puede realizar para los casos de conteos por hora asociados a periodos de tiempo correspondiente al periodo día, tarde y noche.

Por lo anterior, la información asociada a flujos por hora y porcentajes se importa al software Cadna como base de datos, de forma separada al *shape* que contiene la información geográfica (emplazamiento) e información asociada (nombre calle, ID). Luego se asocian los campos ID de la fuente de ruido (carretera) y de la base de datos de distribución de tráfico (que deben ser el mismo para poderlos relacionar), a fin de incorporar la información de flujos y % desde la base de datos hacia la fuente de ruido de carretera.

A continuación, se presenta un ejemplo de un segmento de vía (carretera) con su distribución de tráfico asociada. Nótese que los ID son los mismos.



Para ello se modifica el atributo STRGATT (tipo carretera) a fin de que el programa lea como dato de entrada el código asociado al ID del segmento de la carretera, el que, a su vez, es el mismo asociado a la distribución de tráfico correspondiente.



Figura 3.4.11. Ejemplo de atributos de tipo de vía.

Mayor detalle del proceso se encuentra en el Anexo 11, “PROTOCOLO DE ELABORACIÓN MAPAS DE RUIDO GRAN SANTIAGO”.

3.4.3.5. Mapas de Ruido generados

Algunos de los mapas de ruido calculados se aprecian en las siguientes figuras, y todos se encuentran en el Anexo 9.

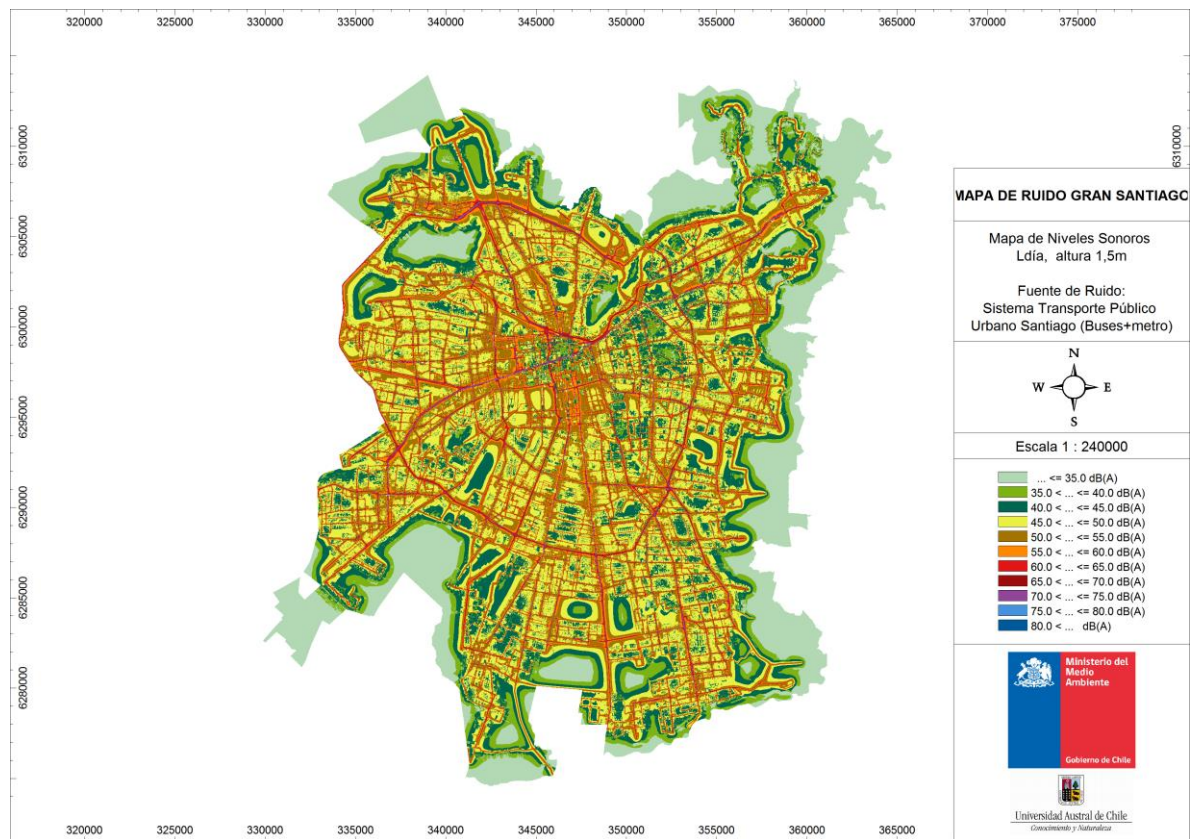


Figura 3.4.12. Mapa de Ruido Ldía Transantiago en el Gran Santiago 2016.

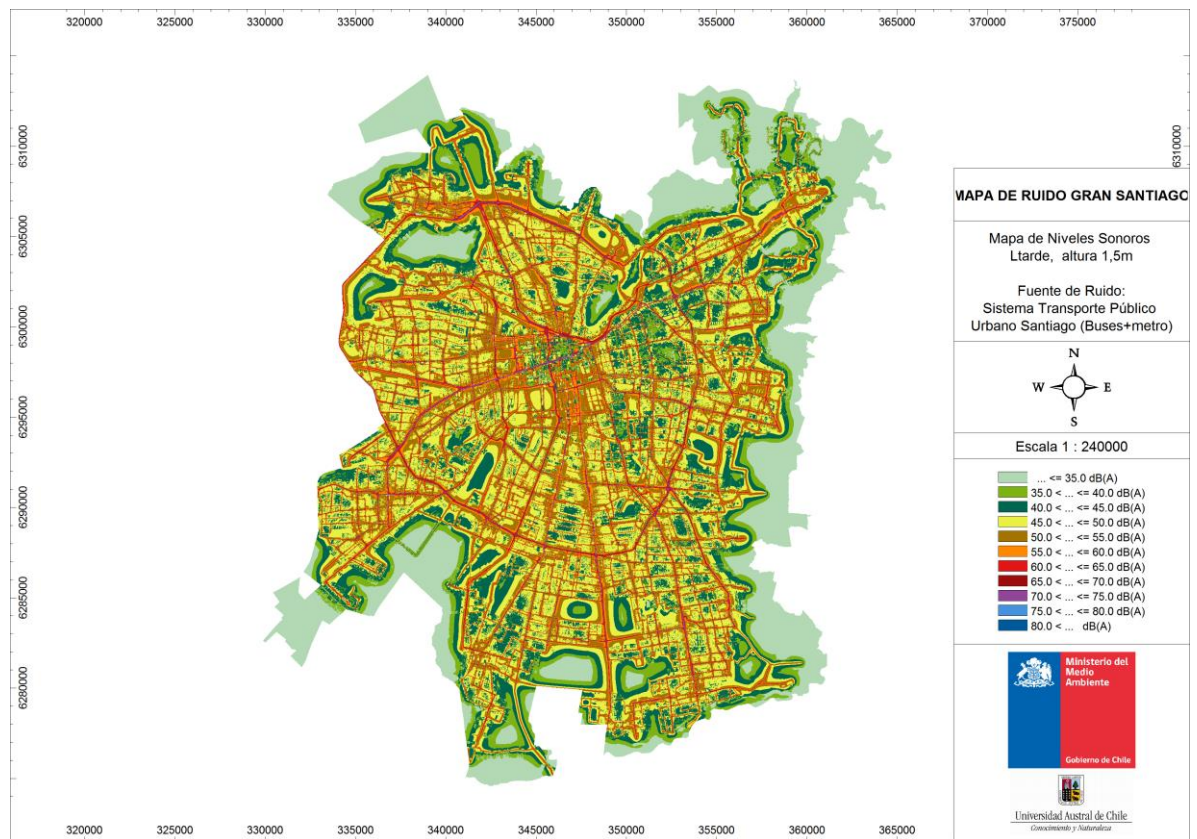


Figura 3.4.13. Mapa de Ruido Le (tarde) Transantiago en el Gran Santiago 2016.

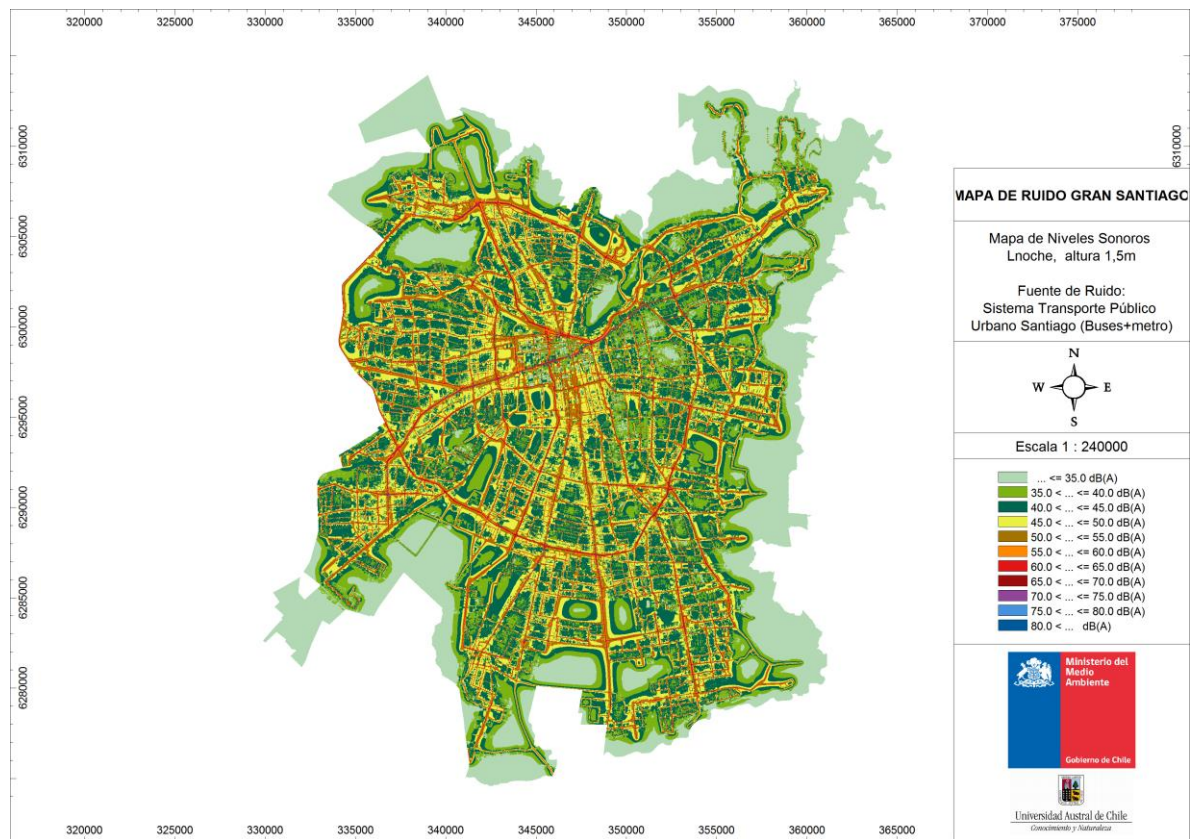


Figura 3.4.14. Mapa de Ruido Ln (noche) Transantiago en el Gran Santiago 2016.

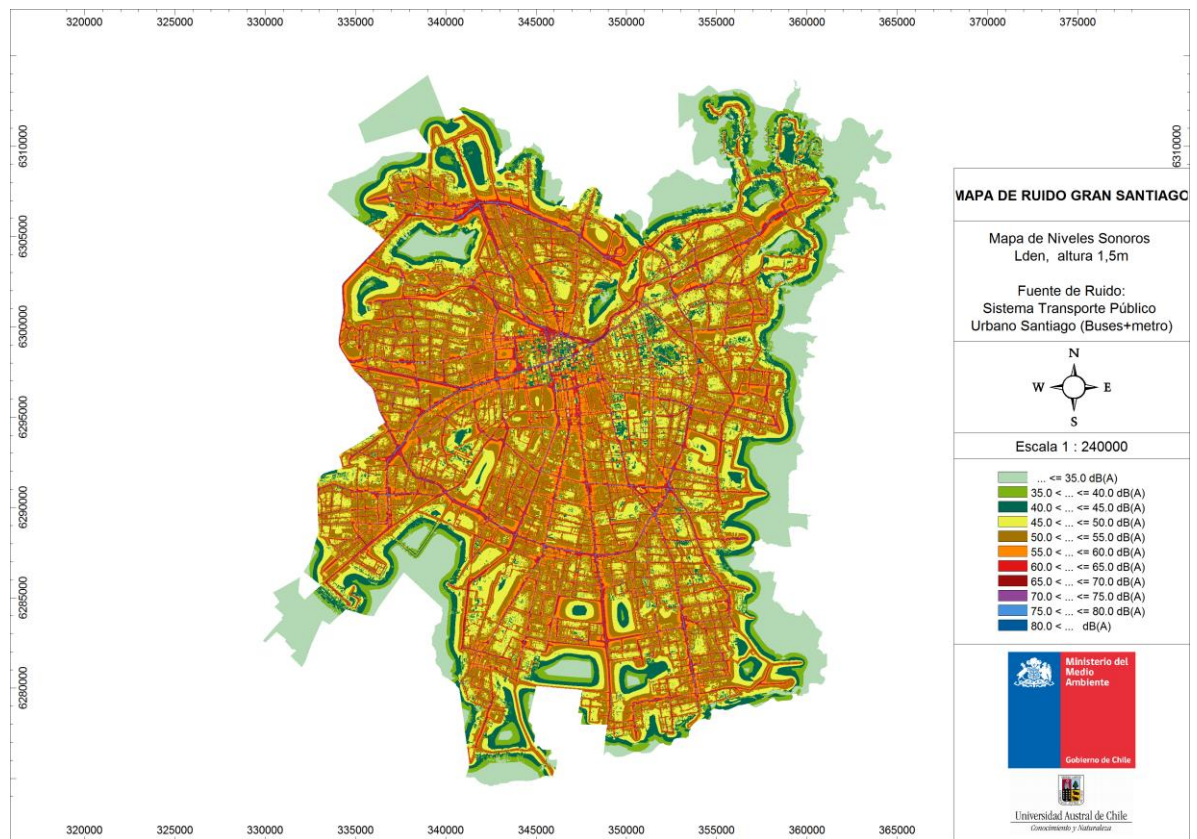


Figura 3.4.15. Mapa de Ruido Lden Transantiago en el Gran Santiago 2016.

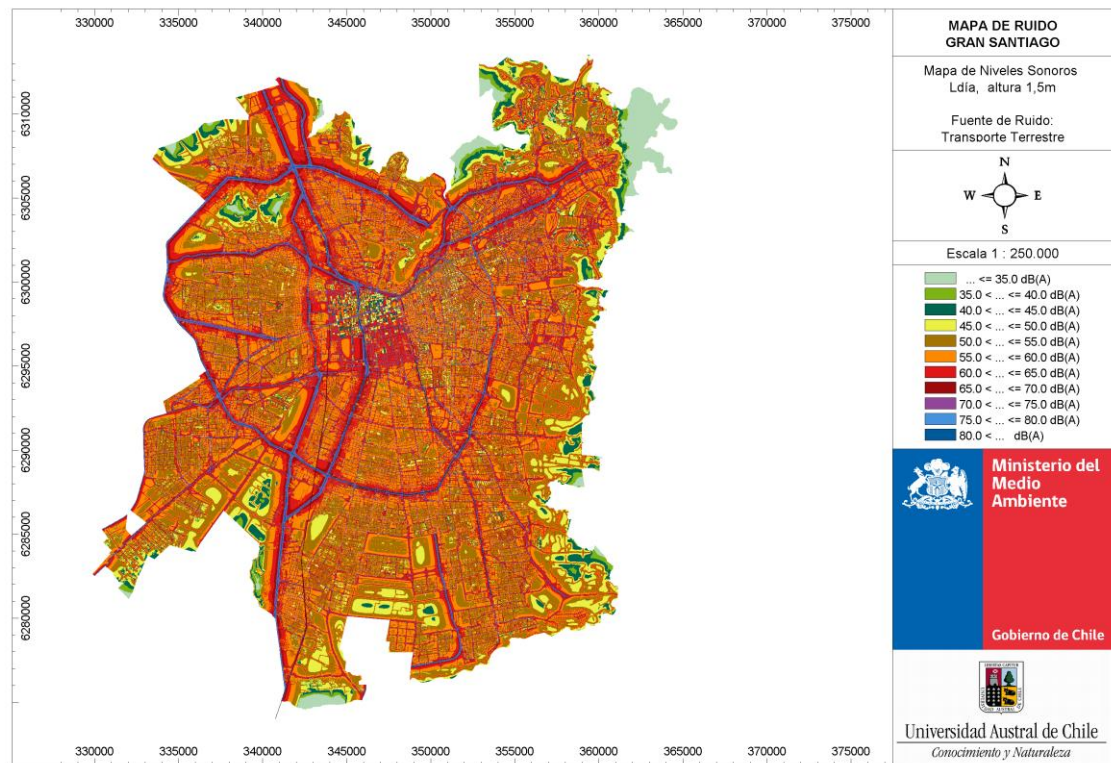


Figura 3.4.16. Mapa de Ruido Ldia Transporte Terrestre (Mapa Global) de Gran Santiago 2016.



Figura 3.4.17. Mapa de Ruido Le (tarde) Transporte Terrestre (Mapa Global) de Gran Santiago 2016.

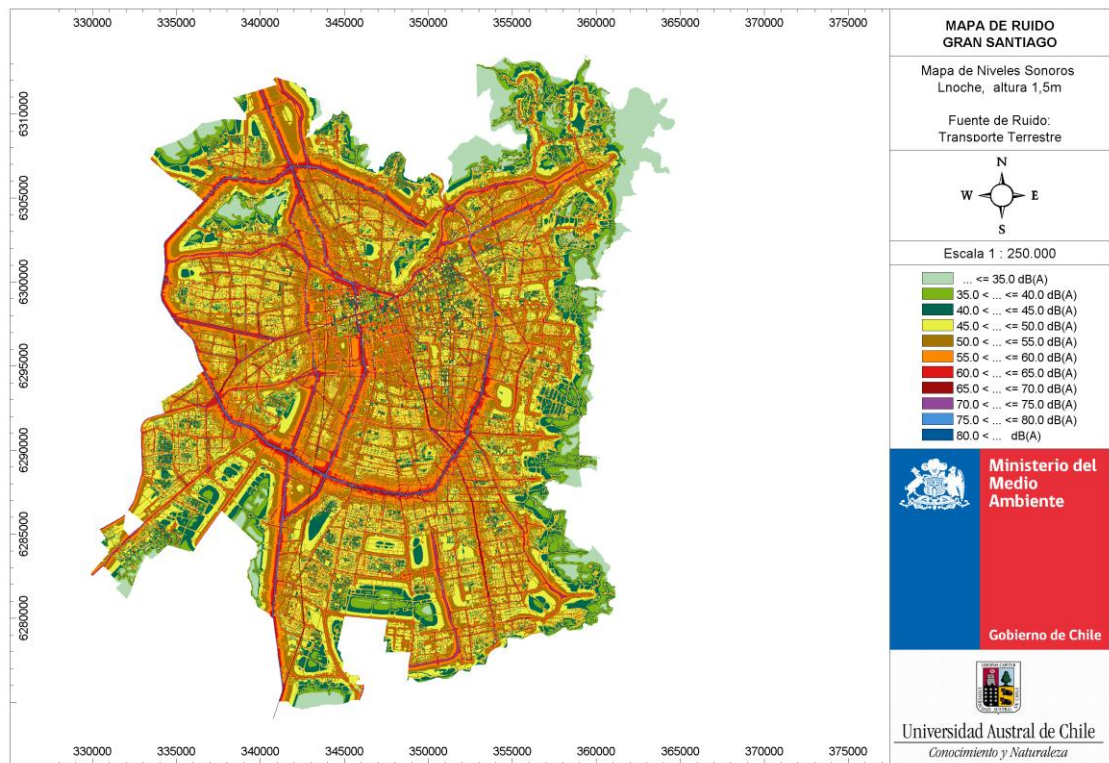


Figura 3.4.18. Mapa de Ruido Ln (noche) Transporte Terrestre (Mapa Global) de Gran Santiago 2016.



Figura 3.4.19. Mapa de Ruido Lden Transporte Terrestre (Mapa Global) de Gran Santiago 2016.

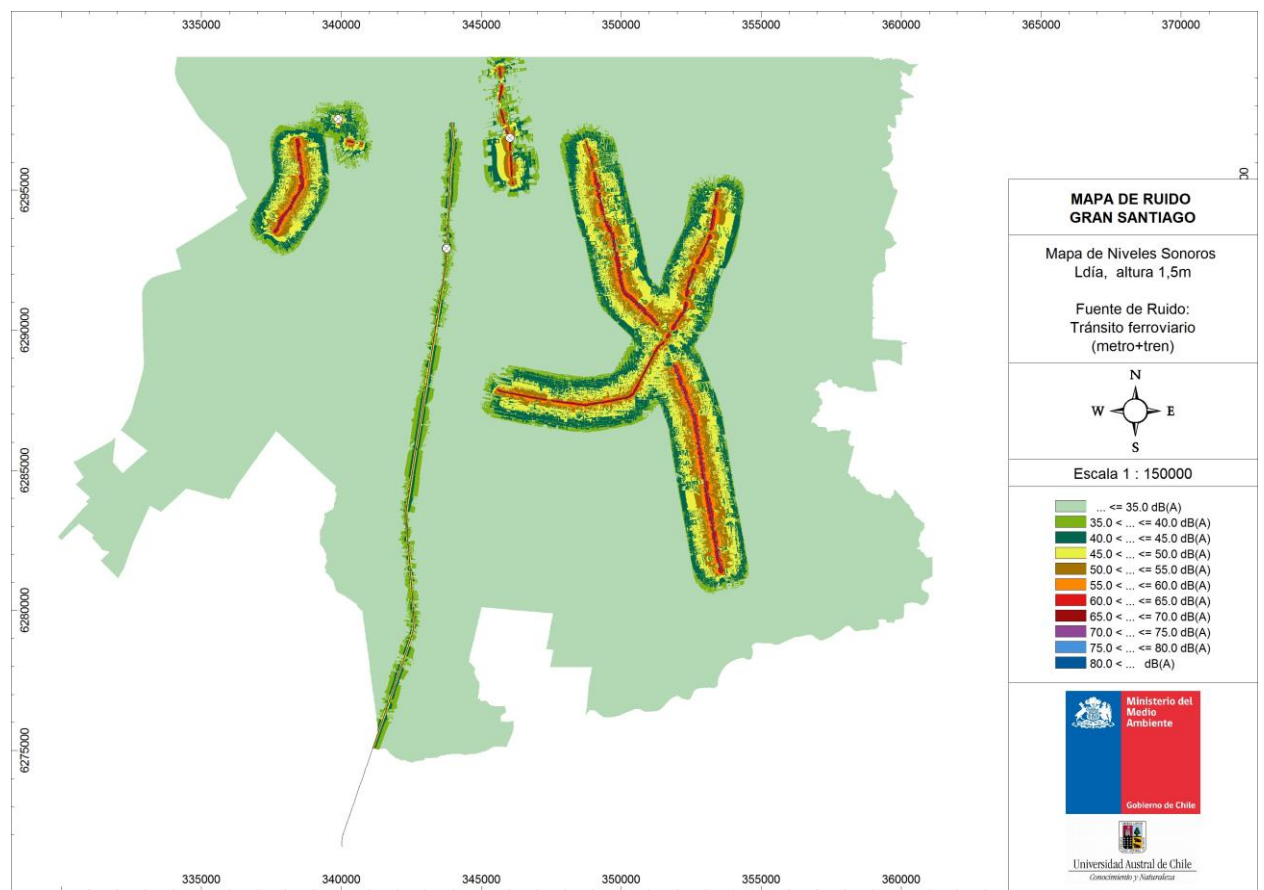


Figura 3.4.20. Mapa de Ruido Ldía Trenes de Gran Santiago 2016.

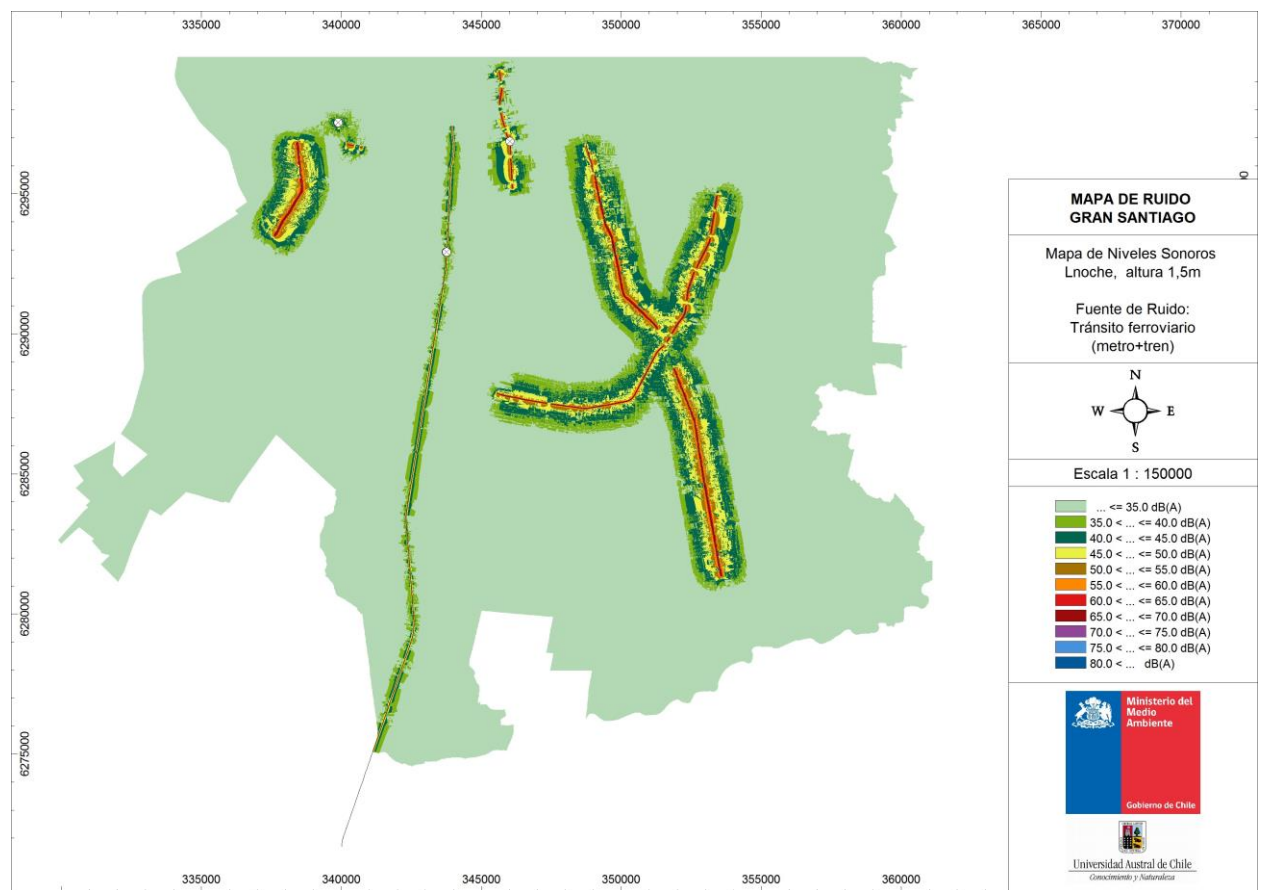


Figura 3.4.21. Mapa de Ruido Ln de trenes del Gran Santiago 2016.

3.5. Análisis del ruido generado por el Transantiago.

Estimar los niveles de ruido generados por el sistema de transporte público urbano, Transantiago. Se deberán realizar mapas de ruido específicos para esta fuente de ruido en particular.

Se deberán estimar las desviaciones de las modelaciones contrastando los resultados con los que se obtengan a partir de mediciones de niveles de ruido en terreno.

3.5.1. Descripción y Metodología

Dentro de los objetivos del proyecto se estableció estimar la contribución del ruido del transporte público de Santiago, conocido como Transantiago, al ruido total de la ciudad. En principio, esta estimación podría realizarse mediante la desagregación de los vehículos livianos dentro de los flujos de tránsito en las diferentes vías que forman la ciudad. Posteriormente, el ruido podría modelarse de acuerdo a la metodología clásica utilizada por el software de modelación, para obtener los correspondientes indicadores L_d , L_n y L_{den} , por ejemplo. Sin embargo, lo anterior presenta la dificultad extrema de obtener valores medidos en terreno para la posterior comparación y/o calibración del modelo. Resulta impracticable realizar las mediciones de la contribución del ruido del Transantiago en situaciones reales (con el comportamiento acústico habitual en terreno), dado que casi siempre se medirán las otras fuentes de tránsito presentes (otros vehículos). Un escenario ideal sería poder “detener” el tránsito de vehículos distintos al Transantiago para poder realizar las medidas en terreno, lo cual es imposible.

El ruido generado por el paso de buses del Transantiago está fuertemente influenciado por la variedad de modelos de buses, pero principalmente por la diferencia de correcta mantención de los mismos, y las características propias de conducción de los buses en las calles de la ciudad.

Para esta actividad, finalmente se diseñaron dos estudios complementarios en vista a la dispersión de niveles de ruido que generan los buses del Transantiago, demostradas en las mediciones en terreno realizadas:

- a) Estimación del aporte del Transantiago al ruido de tránsito a partir de mediciones en terreno
- b) Estimación del ruido generado por el Transantiago a través de un mapa de ruido (actividad 3.4)

3.5.2. Estimación del ruido aportado por los buses del Transantiago

3.5.2.1 Introducción

Se ha diseñado un procedimiento simplificado para estimar esta contribución de los buses del transporte público, el que se basa en el concepto del nivel de exposición sonora. El nivel de exposición sonora (SEL), se define como el nivel constante que, mantenido durante un periodo de un segundo, tiene la misma energía en ponderación A que el ruido está produciendo durante el periodo de medida. Es por tanto, un L_{eq} en dBA normalizado a la duración de 1 segundo. Este nivel se define como adecuado para medir la dosis de eventos singulares. La definición matemática de este parámetro es:

$$SEL = 10 \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_{ref}} \right)^2 dt \right], \quad (3.5.1.)$$

donde t_0 es el tiempo de referencia (1 seg), $p_A(t)$ es la presión instantánea en ponderación A, t_2-t_1 es el intervalo de tiempo que incluye todo el evento sonoro y p_{ref} es la presión de referencia (20 μ Pa).

Esta metodología ha sido empleada anteriormente en la estimación de los niveles de ruido producidos por las operaciones de aeronaves en los aeropuertos (la norma ISO 3891 describe la medida de ruido de aviones en base al nivel de exposición sonora SEL como un método simplificado para evaluar la molestia en las zonas afectadas), y la estimación de dosis de ruido en trabajadores expuestos a distintos niveles durante una jornada laboral.

La utilidad de este concepto se comprende mejor cuando se trata con un entorno en el que se produce una gran variedad de tipos de ruido, que en este caso corresponderían a las fuentes del Transantiago (que además comprende 3 clases de buses). En estas situaciones, el conocimiento del nivel de exposición sonora SEL debido a cada tipo de bus tiene algunas ventajas. Al querer describir el ambiente ruidoso mediante el nivel sonoro equivalente Leq o mediante cualquier otro parámetro que dependa de él, como L_{DEN} , se puede calcular a partir de varias medidas de SEL, mediante la siguiente expresión:

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N 10^{(SEL_i / 10)} \right], \quad (3.5.2)$$

donde N es el número total de eventos de ruido en el tiempo T y SEL_i corresponde al evento de ruido i -ésimo. En este sentido, el SEL tiene la ventaja de que los valores que se obtienen describen las fuentes individuales de ruido y el ambiente ruidoso de forma compatible, en ponderación A.

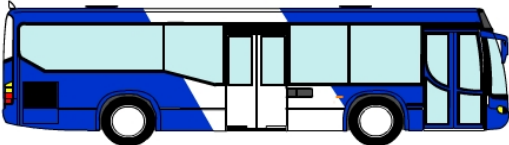
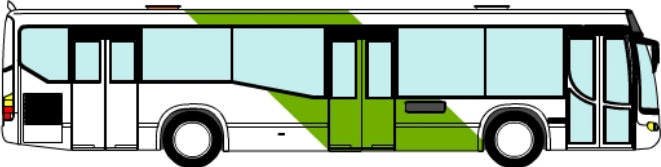
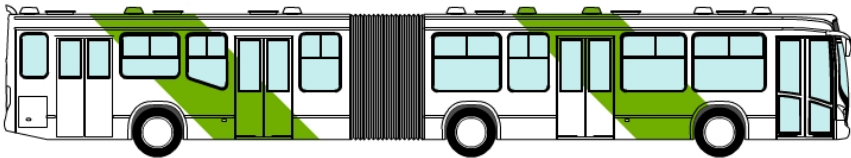
En el caso de los buses, se sabe que a velocidades lentas (menos de 40-45 km/h), el ruido mecánico (motor, cajas de cambios, frenos, etc.) tiende a ser predominante en el ruido total. A velocidades rápidas (sobre 45-50 km/h), el ruido mecánico deja de ser relevante y el ruido total es producido mayormente por el contacto de los neumáticos y el pavimento (ruido de rodadura) y el ruido aerodinámico.

De esta forma, se estableció una metodología de medida de eventos aislados de varios casos de buses del Transantiago, que incluye todas las categorías de buses en operación, para obtener un valor promedio de SEL para cada clase. Estas mediciones se realizaron en dos condiciones de velocidad, que han sido definidas como lenta y rápida, en aquellos casos en los cuales es posible medir un SEL representativo de un bus sin el efecto de otras fuentes de ruido.

3.5.2.2. Metodología

Se realizó una campaña de medición para obtener experimentalmente una base de datos de SEL para los distintos tipos de buses que operan en el sistema. De acuerdo a la tipificación de buses estándar Transantiago, existen tres clases de buses de acuerdo a su longitud. La clasificación se muestra en la siguiente tabla 3.5.1.

Tabla 3.5.1. Clasificación de los buses del Transantiago

Clase	Longitud	Apariencia Física
A	8 y 11 m	 8 metros (42 pasajeros)
		 9 metros (65 pasajeros)
B	11 y 13 m	 12 metros (80 pasajeros)
C	Mayor a 14 m	 18.5 metros (160 pasajeros)

Para cuantificar los valores representativos del aporte de cada bus a los niveles de ruido totales se siguió el siguiente procedimiento:

- Se midió el SEL (en dBA), correspondiente al paso de un bus del Transantiago, en la misma posición en la cual se realizaron las otras medidas de ruido de tránsito para elaborar el mapa de ruido (distancia a la calzada y altura del trípode).
- Para regular el tiempo de medida, fue necesario usar el modo manual del sonómetro. En este caso, el operador comenzó la medición al aproximarse el bus y concluyó la medición cuando el bus se alejó lo suficiente para que el nivel retorne aproximadamente al valor del ruido de fondo. En cualquier caso, el operador registró el valor de SEL y el tiempo usado en esa medición.
- Las medidas se realizaron en situaciones en las cuales sólo el ruido producido por un bus del Transantiago era la única fuente en ese momento.
- Las medidas de cada bus se realizaron en dos situaciones:
 - a) La situación de paso del bus a velocidad normal de circulación en la vía, para cuantificar su ruido de rodadura (superior a 50 km/h aproximadamente). Por consiguiente, las medidas no podían corresponder a un punto cercano a un paradero u otra posición que impidiera la libre

circulación del bus o que implicara que el bus operaba sus frenos. A esta situación se le denominó “Rápida”.

- b) La situación de paso de bus a una velocidad menor que la de circulación normal (menor a 50 km/h aproximadamente), donde las fuentes de ruido corresponden a aquellas fuentes mecánicas asociadas a la aceleración y/o cambios de marchas del bus. A esta situación se le denominó “Lenta”.
- Para cada clase de bus (A, B y C), se midieron 45 buses (30 en situación Rápida y 15 en situación Lenta). Por lo tanto, se registraron en total 135 mediciones, 90 en situación Rápida y 45 en situación Lenta.
 - Dada la naturaleza del indicador SEL, el horario de medición no es relevante.
 - La ubicación geográfica del punto de medición no era relevante, aunque se tomó precaución que no existieran construcciones cercanas u otros obstáculos que aportaran reflexiones indeseadas.
 - Se registró, además, el nivel máximo y mínimo, en dBA.
 - Como medidas adicionales, se realizaron 51 medidas de SEL en dBA para vehículos livianos en condición “Rápida”, con objeto de comparar los resultados obtenidos.

3.5.2.3 Resultados y Discusión

El resumen de las mediciones realizadas en terreno se muestra en las Tablas 3.5.2. a la 3.5.5.. En estas tablas, L denota la condición “Lenta” y R la condición “Rápida”.

La Fig. 3.5.1. muestra los histogramas de las mediciones realizadas y las correspondientes distribuciones de probabilidad normalizadas para cada tipo de bus, condición de velocidad y para los vehículos livianos en condición “Rápida”. El resumen estadístico de los resultados se muestra en la Tabla 3.5.6.

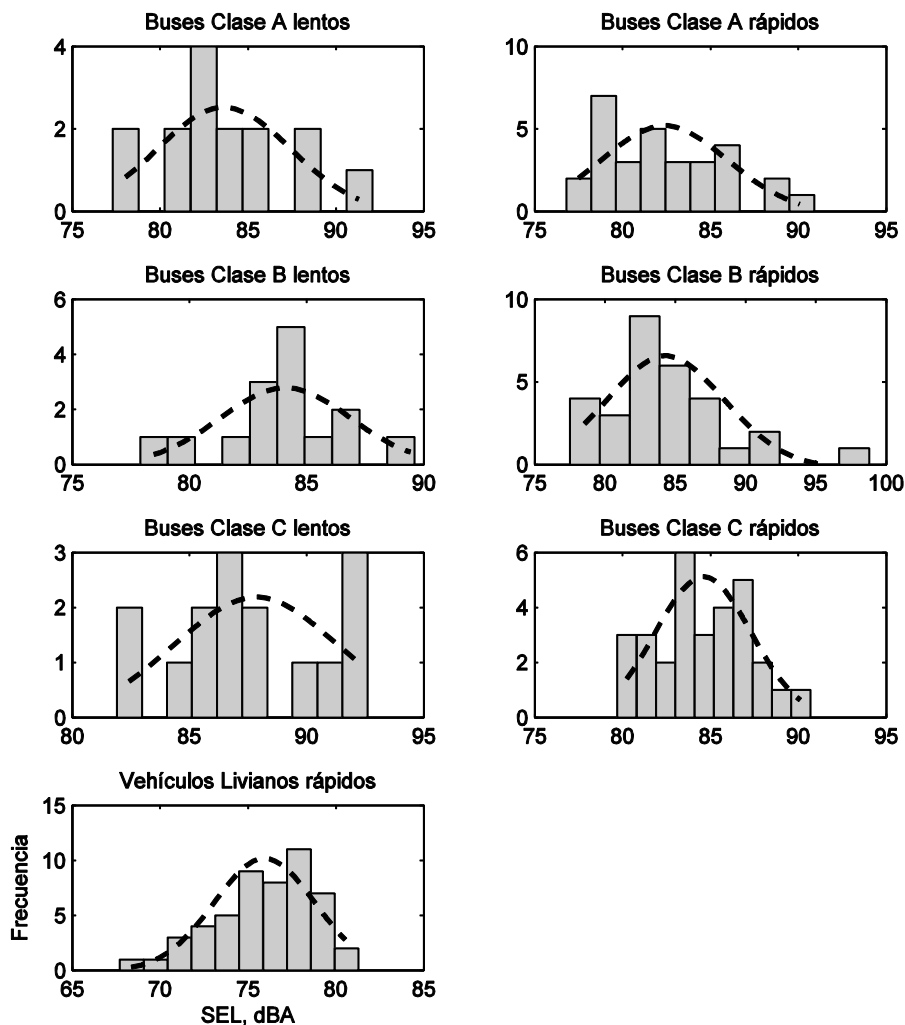


Figura 3.5.1.: Histogramas de las mediciones de SEL para vehículos livianos en condición de velocidad rápida y para los distintos tipos de buses del Transantiago en dos condiciones de velocidad.

Tabla 3.5.2. Resultados de las medidas en buses Clase A

Clase bus	Velocidad	Tiempo [s]	SEL [dBA]	LMax [dBA]	LMin [dBA]
A	L	7.0	88.8	82.8	76.2
A	L	3.0	84.4	80.0	75.1
A	L	4.0	80.6	75.8	69.9
A	L	6.0	77.3	71.4	68.5
A	L	3.0	78.0	78.1	73.5
A	L	2.0	83.5	81.1	80.8
A	L	3.0	85.4	81.5	76.7
A	L	2.0	92.1	89.3	86.2
A	L	4.0	87.7	82.2	77.2
A	L	3.0	86.1	82.2	78.6
A	L	6.0	82.1	77.4	65.6
A	L	7.0	82.7	78.2	68.3
A	L	6.0	80.6	77.5	67.1
A	L	4.0	82.5	78.9	68.6
A	L	5.0	83.2	78.4	68.4
A	R	4.0	89.1	83.7	82.5
A	R	2.0	83.1	84.0	80.8
A	R	2.0	82.1	79.3	76.8
A	R	2.0	79.7	76.7	74.3
A	R	2.0	83.4	80.7	77.7
A	R	2.0	77.0	74.7	73.8
A	R	2.0	83.2	80.8	76.3
A	R	2.0	81.7	79.7	77.2
A	R	2.0	84.2	82.0	71.8
A	R	2.0	82.3	79.8	72.3
A	R	2.0	85.8	84.1	80.4
A	R	2.0	84.5	82.2	78.7
A	R	2.0	85.8	83.7	79.7
A	R	2.0	86.2	84.6	73.1
A	R	1.0	76.8	80.0	78.3
A	R	1.0	79.9	80.3	79.3
A	R	2.0	90.9	88.6	81.6
A	R	2.0	89.4	87.0	80.6
A	R	2.0	84.4	82.0	68.6
A	R	2.0	85.9	83.7	76.5
A	R	5.0	79.2	73.3	65.0
A	R	5.0	78.6	74.0	64.5
A	R	5.0	79.1	76.6	69.2
A	R	6.0	81.1	77.1	65.1
A	R	5.0	82.0	77.6	68.0
A	R	5.0	79.5	76.2	66.8
A	R	6.0	78.3	78.6	68.1
A	R	6.0	78.9	76.5	66.0
A	R	5.0	79.1	73.0	64.2
A	R	6.0	80.5	77.2	65.5

Tabla 3.5.3. Resultados de las medidas en buses Clase B

Clase bus	Velocidad	Tiempo [s]	SEL [dBA]	LMax [dBA]	LMin [dBA]
B	L	5.0	86.5	82.2	68.5
B	L	5.0	80.0	74.8	68.9
B	L	7.0	86.5	83.0	67.0
B	L	6.0	84.7	79.6	74.9
B	L	6.0	82.7	79.2	63.9
B	L	5.0	82.2	78.4	70.2
B	L	5.0	83.9	80.5	67.1
B	L	5.0	84.7	81.1	68.9
B	L	5.0	89.6	86.4	67.3
B	L	8.0	77.9	72.5	66.2
B	L	6.0	82.7	78.6	67.7
B	L	4.0	84.4	80.7	65.7
B	L	5.0	83.9	79.7	71.2
B	L	5.0	83.0	79.4	63.5
B	L	5.0	85.7	81.1	68.2
B	R	4.0	91.4	87.9	78.0
B	R	4.0	83.4	79.5	68.8
B	R	5.0	83.7	80.0	62.7
B	R	6.0	84.1	80.2	71.9
B	R	3.0	86.4	82.9	75.2
B	R	4.0	87.9	83.9	70.7
B	R	4.0	88.3	83.3	79.6
B	R	3.0	84.2	81.1	72.2
B	R	4.0	86.0	81.9	79.8
B	R	2.0	81.9	79.0	74.1
B	R	7.0	81.3	77.3	64.2
B	R	6.0	84.8	84.8	63.9
B	R	8.0	83.3	80.3	66.3
B	R	3.0	81.2	78.7	64.4
B	R	7.0	79.5	74.9	61.2
B	R	3.0	79.3	75.6	71.1
B	R	3.0	82.3	80.0	82.2
B	R	4.0	83.9	80.7	67.5
B	R	4.0	83.0	79.5	65.8
B	R	5.0	98.8	96.3	66.8
B	R	4.0	83.7	80.2	68.3
B	R	5.0	90.7	87.5	70.9
B	R	4.0	86.6	83.3	72.2
B	R	4.0	87.0	83.8	68.9
B	R	4.0	83.9	80.9	64.3
B	R	4.0	80.7	75.1	74.0
B	R	4.0	79.1	74.2	71.5
B	R	3.0	77.5	74.8	72.9
B	R	3.0	83.3	81.3	72.8
B	R	4.0	83.2	80.2	73.2

Tabla 3.5.4. Resultados de las medidas en buses Clase C

Clase bus	Velocidad	Tiempo [s]	SEL [dBA]	LMax [dBA]	LMin [dBA]
C	L	7.0	88.1	81.2	76.7
C	L	7.0	84.1	78.7	70.0
C	L	6.0	81.9	75.9	69.9
C	L	9.0	85.6	82.0	68.7
C	L	3.0	82.0	78.7	71.4
C	L	7.0	87.1	81.6	63.6
C	L	6.0	87.8	88.2	74.1
C	L	5.0	87.0	83.9	76.0
C	L	6.0	90.9	86.8	74.8
C	L	5.0	86.0	82.1	70.3
C	L	8.0	92.6	87.4	74.5
C	L	6.0	86.9	82.3	73.8
C	L	4.0	89.7	85.1	75.8
C	L	5.0	92.1	86.3	81.0
C	L	4.0	92.6	87.3	79.8
C	R	5.0	90.7	86.4	71.6
C	R	4.0	85.4	80.6	75.0
C	R	3.0	88.2	83.8	78.8
C	R	3.0	80.2	76.5	74.1
C	R	3.0	86.7	83.7	73.5
C	R	3.0	81.3	78.4	72.4
C	R	4.0	81.5	76.2	73.7
C	R	3.0	83.4	80.3	73.5
C	R	3.0	80.3	76.8	74.6
C	R	3.0	85.3	83.0	73.8
C	R	6.0	84.2	80.0	67.7
C	R	5.0	84.7	80.8	70.0
C	R	5.0	83.5	78.8	66.7
C	R	4.0	85.6	81.3	74.3
C	R	4.0	84.9	82.0	74.2
C	R	4.0	87.7	84.3	78.7
C	R	3.0	86.3	82.7	75.4
C	R	3.0	83.2	78.8	75.5
C	R	3.0	87.3	83.7	78.0
C	R	4.0	83.0	78.5	73.7
C	R	4.0	82.2	77.6	71.8
C	R	5.0	83.3	78.7	74.5
C	R	4.0	87.4	84.6	72.3
C	R	5.0	89.2	85.9	70.4
C	R	4.0	87.0	82.7	76.1
C	R	4.0	79.7	74.6	71.9
C	R	4.0	83.9	78.9	76.1
C	R	3.0	83.9	80.6	72.7
C	R	4.0	87.1	82.5	78.0
C	R	4.0	81.7	76.9	72.5

Tabla 3.5.5. Resultados de las medidas en vehículos livianos

Clase	Velocidad	Tiempo [s]	SEL [dBA]	LMax [dBA]	LMin [dBA]
VL	R	2.0	79.4	77.1	74.5
VL	R	2.0	75.3	73.8	72.5
VL	R	2.0	79.4	78.9	76.8
VL	R	2.0	75.4	72.7	72.5
VL	R	3.0	77.9	74.2	73.1
VL	R	3.0	78.3	74.3	72.7
VL	R	3.0	77.0	72.7	70.4
VL	R	2.0	78.6	75.9	73.8
VL	R	2.0	75.8	75.5	73.1
VL	R	3.0	77.0	72.7	72.1
VL	R	3.0	77.8	73.8	72.8
VL	R	3.0	78.3	74.6	72.6
VL	R	2.0	77.3	76.2	74.1
VL	R	3.0	77.6	77.6	72.7
VL	R	3.0	79.3	75.6	72.9
VL	R	3.0	79.7	76.1	71.0
VL	R	3.0	77.9	74.0	72.3
VL	R	3.0	79.0	76.3	73.6
VL	R	3.0	76.9	73.9	72.0
VL	R	3.0	79.2	75.3	71.8
VL	R	2.0	76.7	73.7	71.9
VL	R	3.0	73.3	69.2	67.6
VL	R	3.0	74.4	70.1	66.5
VL	R	4.0	75.1	71.2	63.6
VL	R	2.0	76.2	73.8	72.4
VL	R	2.0	77.1	74.4	66.2
VL	R	2.0	75.4	72.1	66.4
VL	R	2.0	72.5	69.7	67.5
VL	R	3.0	75.9	72.4	66.3
VL	R	3.0	80.4	77.1	68.0
VL	R	3.0	72.7	68.0	64.7
VL	R	3.0	74.3	70.9	68.4
VL	R	3.0	78.1	75.0	63.4
VL	R	2.0	67.7	69.1	65.7
VL	R	3.0	77.0	73.2	65.9
VL	R	3.0	74.3	70.0	62.9
VL	R	2.0	75.0	72.5	67.0
VL	R	3.0	75.7	72.7	63.8
VL	R	3.0	81.3	78.3	66.0
VL	R	3.0	71.3	67.0	61.5
VL	R	3.0	78.1	74.9	65.1
VL	R	4.0	74.8	70.5	64.7
VL	R	3.0	75.6	72.3	64.7
VL	R	3.0	74.2	70.1	68.7
VL	R	2.0	70.6	67.8	66.5
VL	R	3.0	72.3	68.9	67.1
VL	R	2.0	72.0	69.3	66.3
VL	R	3.0	70.1	65.8	63.2
VL	R	2.0	77.4	75.3	73.0
VL	R	2.0	78.4	76.2	73.3
VL	R	2.0	71.5	68.8	64.3

Tabla 3.5.6. Resumen estadístico de las mediciones de SEL

Clase	Velocidad	Valores estadísticos, dBA			
		SEL max	SEL min	SEL promedio	STD
A	Lento	92.1	77.3	83.7	4.0
B	Lento	89.6	77.9	83.9	2.8
C	Lento	92.6	81.9	87.6	3.5
A	Rápido	90.9	76.8	82.4	3.7
B	Rápido	98.8	77.5	84.3	4.2
C	Rápido	90.7	79.7	84.6	2.8
Livianos	Rápido	81.3	67.7	76.0	2.9

De la Fig. 3.5.1. se observa que, en general, existe una mejor distribución estadística normal para los buses en condición rápida que lenta, aunque el número de datos medidos en condición rápida es mayor. En el caso de los buses clase C en condición lenta se aprecia que la distribución no es normal, indicando una mayor variabilidad de las mediciones. Esto puede deberse a que, en este caso, los niveles de ruido dependen notoriamente de otras variables, entre ellas las condiciones de operación y de mantenimiento de los buses articulados. Se observa una buena distribución estadísticamente normal de los datos medidos en el caso de vehículos livianos en condición rápida, con un valor promedio de SEL de 76 dBA y una desviación estándar de 2,9 dBA. Esto indica que la fuente prevalente de ruido en este tipo de vehículos en alta velocidad es el ruido de rodadura, el cual no depende mayormente de la motorización del vehículo.

Podemos observar en la Tabla 3.5.6. que, en el caso de los buses clase A la condición lenta produce un nivel 1.3 dBA mayor que en la condición rápida. En el caso de los buses clase B la diferencia entre marcha lenta y rápida no es relevante, mientras que para los buses clase C, en la condición lenta producen en promedio 3 dBA más que en marcha rápida. Este último resultado es justificable dado que esta clase de buses corresponde al tipo articulado, con una capacidad técnica de 30,5 toneladas y que cuentan con una motorización de 360 CV entre 9 y 12 litros, la cual es más ruidosa que la de los buses más pequeños que poseen motorizaciones entre 150 a 290 CV.

Resulta interesante determinar, a partir de las mediciones de vehículos livianos, la equivalencia promedio de los buses del Transantiago respecto a los vehículos livianos. La correspondencia se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$n = 10^{(L_{pb} - L_{pv})/10}, \quad (3.5.3.)$$

donde n es el número de vehículos livianos que emiten cada uno un nivel de ruido L_{pv} , y que producirían un nivel idéntico al nivel L_{pb} emitido por un bus del Transantiago. Aplicando esta ecuación a los datos de la Tabla 3.5.6., podemos concluir que los buses Clase A, B y C, en condición de marcha lenta, equivalen a 6, 6 y 15 vehículos livianos en velocidad rápida, respectivamente. Por otro lado, en condición de velocidad rápida, los buses Clase A, B y C, equivalen a 4, 7 y 7 vehículos livianos, respectivamente. Estos resultados validan los supuestos usados generalmente en el proceso de modelación de ruido de tránsito vehicular.

3.5.2.4 Determinación del aporte de los buses del Transantiago al ruido urbano

Para determinar el aporte, se establecieron dos aproximaciones al problema:

- Usando directamente el concepto de SEL discutido anteriormente.
- Usando los porcentajes del flujo de buses respecto al flujo vehicular total.

Los resultados se obtuvieron a partir de la campaña de mediciones en terreno realizadas para el mapa de ruido del Gran Santiago en las cuales se midió el nivel de ruido en 500 puntos en las siete zonas previamente establecidas, para distintos tipos de clasificación vial. En estos puntos se midieron los flujos vehiculares, desagregados por vehículos livianos, pesados, motos y buses del Transantiago. Se consideraron las condiciones de flujo a velocidades rápidas (50 km/h aproximadamente) en las cuales, como se discutió anteriormente, todas las clases de buses emiten niveles parecidos de SEL, equivalentes al ruido producido por siete vehículos livianos. Esta misma equivalencia se usó para el caso de vehículos pesados y a las motocicletas se les ponderó con una equivalencia de 2 vehículos livianos.

Para el análisis se descartaron los puntos que no tenían flujo del Transantiago y aquellos puntos que presentaban carpetas rodadas de adoquines. De esta forma, se consideraron un total de 232 puntos de los 500 medidos. Los valores del nivel sonoro equivalente promedio para cada clasificación vial se muestran en la Tabla 3.5.7.

Tabla 3.5.7. Nivel sonoro equivalente promedio para cada tipo de vía

Tipo de vía	Leq, dBA
Colectora	69,3
Expresa	74,2
Local	65,3
Servicio	67,5
Troncal	72,3

3.5.2.4.1 Obtención del SEL equivalente promedio de los buses del Transantiago

La ecuación que describe el nivel de exposición sonora combinado energéticamente es:

$$L_{AE} = 10 \log [N_{VLE} 10^{SEL1/10} + N_{TS} 10^{SEL2/10}], \quad (3.5.4.)$$

donde N_{VLE} es el número de vehículos livianos equivalente en una hora ($N_{VLE} = N_{VL} + 7N_P + 2N_M$), N_{VL} es el correspondiente número de vehículos livianos, N_P el número de vehículos pesados, N_M el número de motos, N_{TS} el número de buses del Transantiago, SEL1 es el SEL de un vehículo liviano (que se estableció en la sección anterior correspondiente a un valor promedio de 76 dBA), y SEL2 es el SEL promedio de un bus del Transantiago que se desea determinar.

Despejando el valor de SEL2 de la ecuación (3.5.4.) se obtiene que

$$SEL2 = 10 \log [10^{L_{AE}/10} - N_{VLE} 10^{SEL1/10}] - 10 \log (N_{TS}). \quad (3.5.5.)$$

Ahora, para determinar L_{AE} a partir de las medidas de nivel equivalente y considerando un tiempo de 1 hora, se usa la siguiente ecuación

$$L_{AE} = L_{eq,1h} + 10 \log (3600), \quad (3.5.7.)$$

donde el valor 3600 corresponde al número de segundos contenidos en 1 hora.

Para cada punto se determinó el valor de SEL2 de acuerdo a las ecuaciones (3.5.5.) y (3.5.6.). Estos valores se promediaron, obteniendo un SEL2 de 87,1 dBA con una desviación estándar de 5,6 dBA. Esto

significa que un bus del Transantiago puede ser considerado como una fuente de nivel sonoro equivalente de 87,1 dBA.

Usando los valores medidos de flujo desagregado y de nivel equivalente en cada punto, se calcularon los niveles equivalentes con y sin presencia de Transantiago. Así, la diferencia entre ambos niveles corresponde al aporte del Transantiago al ruido de tránsito vehicular. La Fig. 3.5.2. muestra el aporte al nivel equivalente total como función del porcentaje de flujo de buses del Transantiago. Se realizó un análisis de regresión del porcentaje de flujo vehicular mediante el coeficiente de correlación de Pearson, el cual obtuvo un valor de $R = 0,54$. Así, podemos observar que no existe una clara relación lineal entre el nivel y el flujo en este caso, ya que el flujo vehicular del Transantiago explica en un 29% la variabilidad del nivel equivalente. Además, se obtuvo por regresión lineal, la ecuación

$$\Delta L_{eq} = 0,15(\%TS) + 1,5 \text{ dBA}, (3.5.8.)$$

donde %TS es el porcentaje del flujo de buses del Transantiago en relación al flujo total de vehículos.

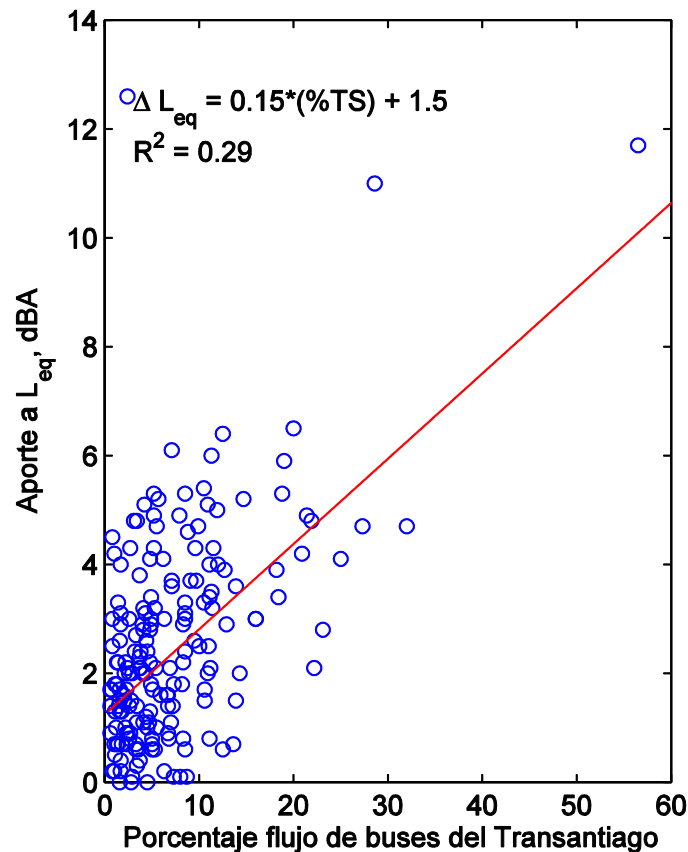


Figura 3.5.2. Aporte al nivel equivalente de ruido total como función del porcentaje de flujo de buses del Transantiago.

Claramente, la obtención del aporte del Transantiago al nivel total de ruido usando directamente el valor estimado de SEL no entrega buenos resultados. Esto se debe principalmente a la gran desviación estándar del nivel sonoro equivalente estimado para un bus del Transantiago. Esta variación se explica por la alta dispersión de los datos medidos y a que no se diferenciaron las clases de buses que circulaban en cada punto.

3.5.2.4.2 Aporte al ruido en función de los porcentajes del flujo de buses respecto al flujo vehicular total.

Dado que los valores estimados de SEL para vehículos livianos demostraron ser estadísticamente más confiables, se procederá a emplear los flujos equivalentes para desagregar los niveles producidos por los buses del Transantiago. Consideraremos que la mayor parte del flujo es producida por buses Clase B y C (que son los más ruidosos), y que se demostró que emiten un ruido equivalente a siete vehículos livianos. Las motos y los otros vehículos pesados se considerarán equivalentes a dos y siete vehículos livianos, respectivamente.

La Fig. 3.5.3. muestra los resultados de las mediciones de $L_{eq,1h}$ en función del flujo vehicular total. La regresión lineal de estos datos permite encontrar la ecuación:

$$L_{eq} = 8.41 \log(Q) + 46.8 \text{ dBA}, (3.5.9.)$$

donde Q es el flujo vehicular total en una hora. Se observa que el nivel de presión sonora equivalente está relacionado con el logaritmo del flujo vehicular.

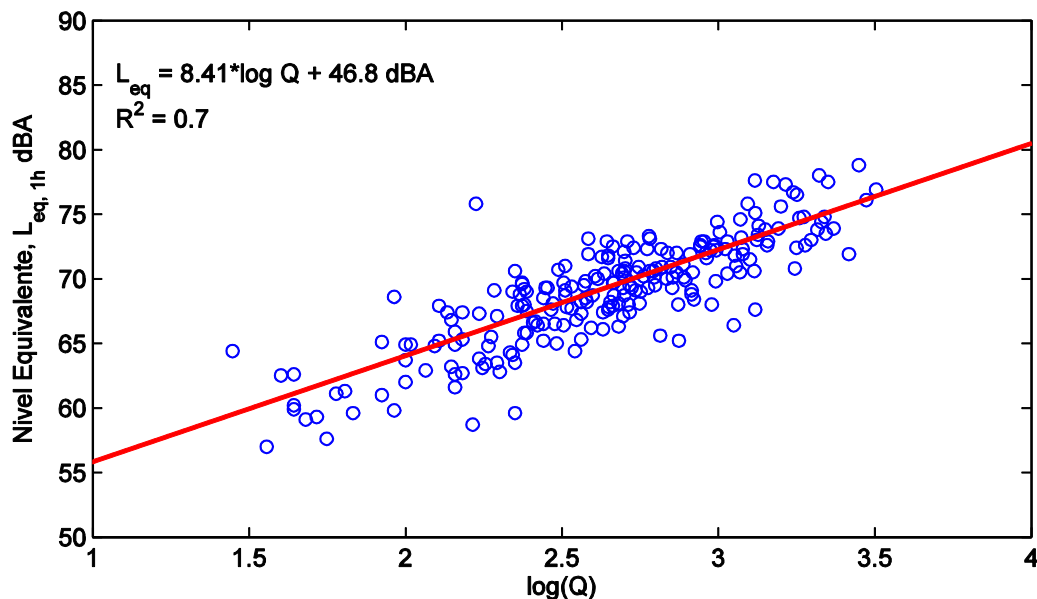


Figura 3.5.3. Nivel equivalente como función del flujo vehicular total.

En este caso se obtiene un coeficiente de correlación $R = 0,84$ que indica que el principal contribuyente a los niveles de ruido medidos es el flujo vehicular. Si ahora graficamos el nivel sonoro equivalente en función del flujo vehicular equivalente ponderando los vehículos pesados, las motos y los buses del Transantiago, el coeficiente de correlación mejora a $R = 0,87$ lo que indica que el flujo vehicular equivalente explica el 76% de la variabilidad del L_{eq} medido en cada punto. La regresión lineal en este caso permite encontrar la ecuación

$$L_{eq} = 9.67 \log(Q_E) + 41.8 \text{ dBA}, (3.5.10.)$$

donde QE es el flujo vehicular equivalente en una hora. Esta relación se muestra gráficamente en la Fig.

3.5.4.

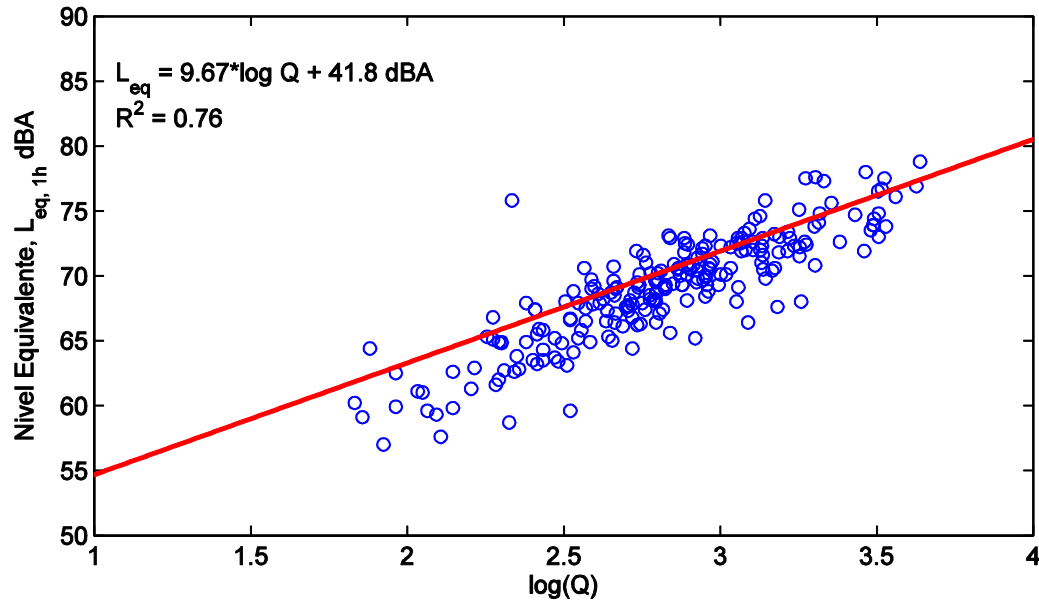


Figura 3.5.4. Nivel sonoro equivalente como función del flujo vehicular equivalente.

Usando entonces la ecuación (3.5.10.) se determinaron los niveles equivalentes a partir de los valores de flujo equivalente en los casos con y sin presencia de Transantiago. Así, la diferencia entre ambos niveles corresponde al aporte del Transantiago al ruido de tránsito vehicular. Los resultados se muestran en la Fig. 3.5.5. Podemos apreciar que ahora el coeficiente de correlación es $R = 0,99$, lo que indica que el porcentaje de flujo de los buses del Transantiago en relación al flujo vehicular total explica el 97% del aporte del Transantiago a los niveles de ruido en cada punto. La regresión lineal entrega la ecuación

$$\Delta L_{eq} = 0.18(\%TS) + 0.21 \text{ dBA}, \quad (3.5.11.)$$

donde %TS es el porcentaje del flujo de buses del Transantiago en relación al flujo total de vehículos. Comparando con los resultados mostrados en la Fig. 3.5.2., claramente esta metodología entrega mejores resultados.

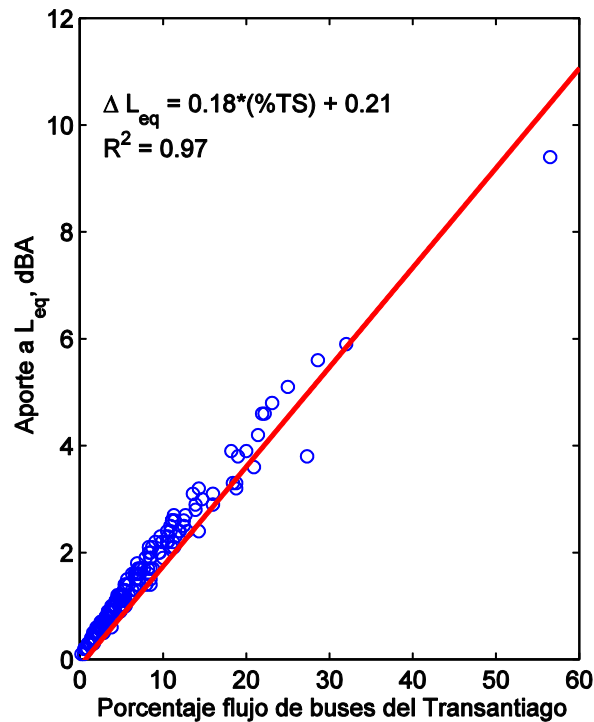


Figura 3.5.5. Aporte al nivel equivalente de ruido total como función del porcentaje de flujo de buses del Transantiago.

3.5.2.5 Aporte del Transantiago a los niveles de ruido de acuerdo al tipo de vía

Ya que los porcentajes de flujo de los buses del Transantiago están directamente relacionados con los niveles de ruido y que la presencia de buses del Transantiago en vías de distinto tipo, se puede producir efectos más notorios en el nivel de ruido total. Se analizaron los aportes del flujo de los buses del Transantiago aplicando la misma metodología, pero ahora separando los resultados de acuerdo a la clasificación vial.

La Fig. 3.5.6 muestra los porcentajes del flujo promedios para todos los tipos de vehículos (Livianos, Pesados, Motocicletas y buses del Transantiago) y de acuerdo a la clasificación vial (Colectora, Expresa, Local, Servicio y Troncal). Podemos notar que en todos los tipos de vías el flujo de vehículos livianos es predominante, siendo siempre mayor al 88%. El menor porcentaje de vehículos livianos y el mayor porcentaje de flujo de buses del Transantiago se presenta en las vías Locales.

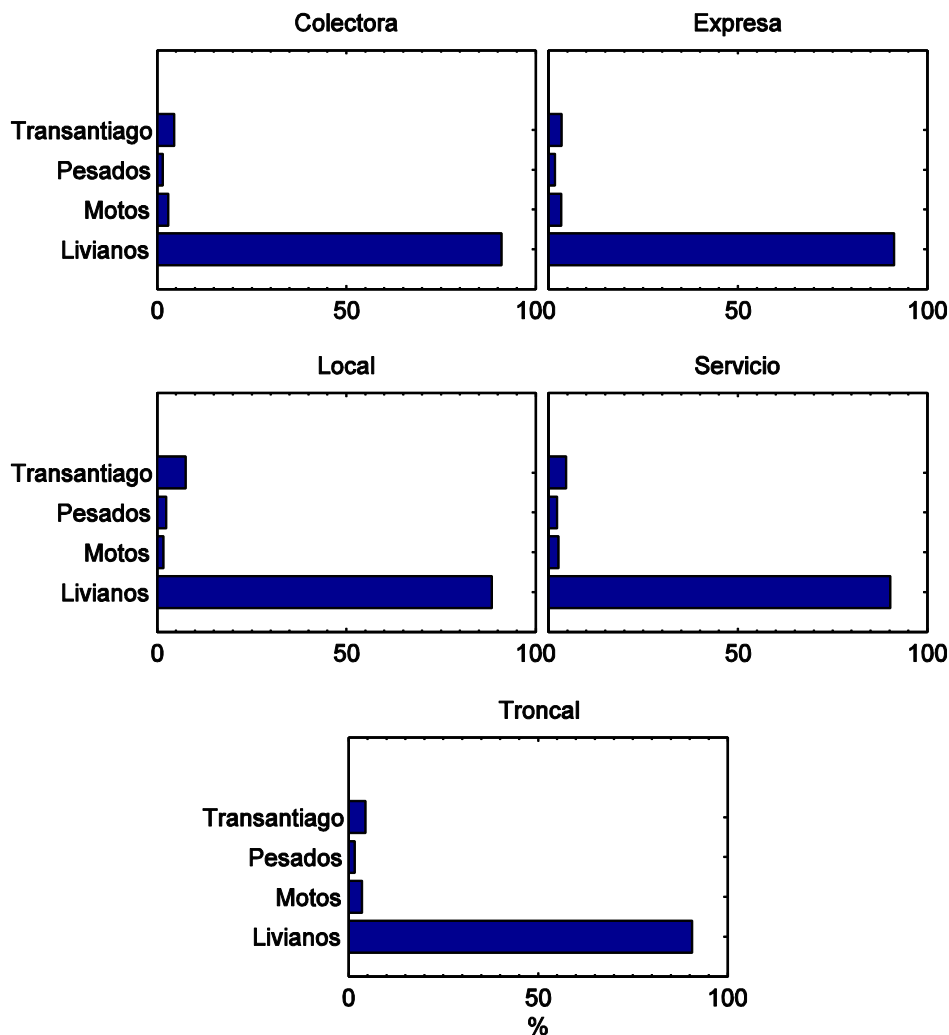


Figura 3.5.6. Porcentajes de flujo para los distintos tipos de vehículos y para diferentes tipos de vías.

La Fig. 3.5.7. muestra los resultados del aporte de los buses del Transantiago al ruido ambiental. Los resultados corresponden a la diferencia en dBA de los niveles con y sin flujo de buses y se resumen en la Tabla 3.5.8. Se puede observar que el aporte es de 1,1 dBA en vías Colectoras, 0,8 dBA en Expresas, 2,3 dBA en Locales, 1,3 dBA en vías de Servicio y de 1 dBA en las Troncales. Estos resultados tienen sentido, ya que es esperable que en una calle más silenciosa el efecto del ruido de los buses sea mayor. Por el contrario, en una vía más ruidosa (que es el caso de las Expresas), el efecto del ruido de los buses debería ser menor. El valor promedio de la contribución en dBA de los buses del Transantiago al nivel de ruido ambiental es de 1,3 dBA.

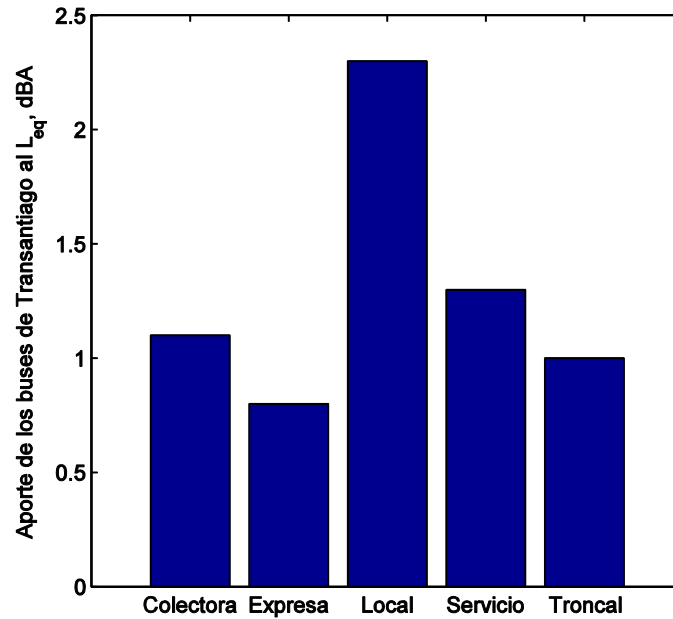


Figura 3.5.7. Aporte de los buses del Transantiago al nivel sonoro equivalente para cada tipo de vía.

Tabla 3.5.8. Aumento del ruido generado por los buses del Transantiago por tipo de vía (en dBA).

Tipo de vía	Aumento del L_{eq} , dBA
Local	+ 2,3
Servicio	+ 1,3
Colectora	+ 1,1
Troncal	+ 1,0
Expresa	+ 0,8

Resulta interesante graficar el aporte de los buses del Transantiago al ruido ambiental como el aumento del nivel de ruido en función de los niveles promedios de cada tipo de vía (indicados en las Tablas 3.5.7. y 3.5.8.). Los resultados se muestran en la Fig. 3.5.8. En este caso, los datos se adaptan excelentemente a un polinomio de tercer grado, dado por.

$$\Delta L_{eq} = -0.006924L^3 + 1.474L^2 - 104.6L + 2474 \text{ dBA}, \quad (3.5.12.)$$

donde L es el nivel sonoro equivalente en la vía.

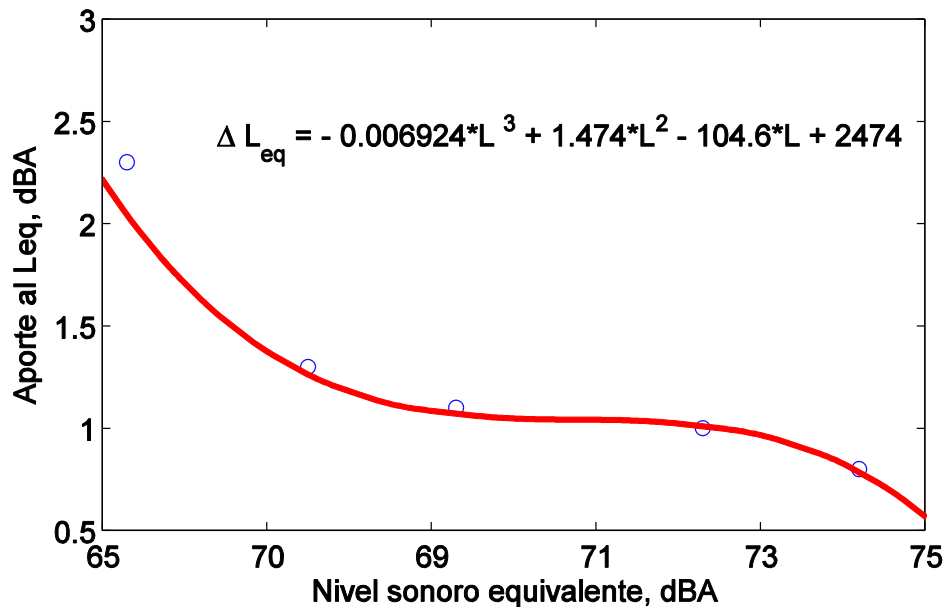


Figura 3.5.8. Aporte de los buses del Transantiago al ruido total en función del nivel sonoro equivalente en la vía.

3.5.2.6. Conclusiones sobre el aporte de paso de buses al ruido de tránsito

Se puede concluir que el procedimiento de medida del SEL en buses del Transantiago entrega información plausible del comportamiento de los buses como fuentes de ruido urbano. Al respecto:

- Se comprueba que los buses clase C del tipo articulado son los que exhiben, en marcha lenta, los mayores niveles de ruido de todos los tipos de buses, alcanzando un valor de SEL promedio de 87,6 dBA.
- En condición rápida, todas las clases de buses emiten niveles parecidos de SEL que van de los 82,4 a los 84,6 dBA, siendo este último valor el SEL promedio de los buses articulados.
- Se verifica que el ruido emitido por los buses más pesados (de largo mayor a 11 metros), en condición de velocidad rápida es equivalente al ruido emitido por 7 vehículos livianos en la misma condición.
- Dada la buena distribución estadística normal del SEL de los vehículos livianos, este valor puede usarse con bastante confianza y precisión para desagregar la contribución de este tipo de vehículos al ruido total del tránsito urbano.

Por otra parte, existe una relación lineal entre el logaritmo del porcentaje de flujo de los buses del Transantiago, en relación al flujo vehicular total, y los niveles de ruido ambiental en una vía. La contribución promedio de los buses del Transantiago al nivel de ruido global es de 1,3 dBA. Aún cuando esta contribución no sea estadísticamente significativa, en términos de los niveles de ruido corresponde a una contribución del 25% de la energía sonora total.

Se puede concluir que el porcentaje de los buses del Transantiago en el total del tránsito vehicular explica en un 97% la variación de la diferencia de niveles de ruido con y sin Transantiago. Así también se observó que las mayores contribuciones del Transantiago a los niveles de ruido ambiental se producen en el tipo de vía Local, con una contribución de 2,3 dBA al nivel global de ruido (el 40% de la energía sonora total).

En este tipo de vía, la presencia porcentual del Transantiago es de 7,6%, porcentaje que es mayor a todos los otros tipos de vías. Las menores contribuciones del Transantiago al ruido de tránsito son en las vías Expresas y Troncales, donde los niveles globales de ruido son mayores. Así, se concluye que el efecto de los buses del Transantiago es mayor en aquellas vías más silenciosas y menor en vías más ruidosas. Una comparación con estudios anteriores, comprueba la tendencia, en cuanto a los tipos de vías y la contribución del paso de buses de la locomoción colectiva.

Tabla 3.5.9. Aumento de ruido generado por la locomoción colectiva por tipo de vía (en dBA).

Tipo Vía	Valdivia*	Temuco-Padre Las Casas*	La Serena-Coquimbo*	Gran Santiago **
Local	+5.4 dBA	+3.3 dBA	+5.18 dBA	+2.3 dBA
Servicio	+3.2 dBA	+3.0 dBA	+2.71 dBA	+ 1.3 dBA
Colectora	+1.7 dBA	+2.6 dBA	+2.9 dBA	+ 1.1 dBA
Troncal	-	+1.9 dBA	+2.12 dBA	+ 1.0 dBA
Expresa	-	-	+0.96 dBA	+ 0.8dBA
PROMEDIO	+4.2 dBA	+2.97dBA	+3.18 dBA	+ 1.3 dBA

*: Valores estimados, a partir de modelación [26]

**: Valores obtenidos a partir de mediciones en terreno.

3.5.3. Estimación del ruido generado por el Transantiago a través de un mapa de ruido

El desarrollo de esta actividad está en los apartados 3.4 y 3.6.

3.6. Análisis del Mapa de Ruido del Gran Santiago.

Analizar la relación entre los niveles de ruido modelados en este estudio y variables socio espaciales del territorio. Para lo anterior deberán estimar por lo menos lo siguiente:

- Superficie expuesta a niveles de ruido
- Población y viviendas potencialmente expuestas a niveles de ruido
- Niveles de ruido en las fachada de establecimientos de salud y educacional del Gran Santiago Urbano.

3.6.1. Descripción y Metodología

Se analizaron los niveles modelados de acuerdo a los valores recomendados de exposición al ruido. Para esto, se considerarán los criterios de evaluación establecidos por la Unión Europea [17], en concordancia con lo indicado por la Organisation for Economic Co-operation and Development OECD [11]. El Área de estudio corresponde a la identificada en la siguiente cartografía corresponde a la superficie parcial o completa de 36 comunas de la región Metropolitana, para objeto de análisis se dividieron en 7 sectores. Esta ha sido la metodología que se utilizó el 2011, y permite una mejor administración de la realización de las campañas de mediciones, sus análisis y posterior ingreso de datos al modelo.



Figura 3.6.1. Área de Estudio

Para determinar la población que se estima está potencialmente afectada por altos niveles de ruido, dentro del área de estudio, se utilizó la siguiente metodología:

- a) Primero se determinó el área con uso habitacional estimado para cada comuna, esto en base a cobertura shape del PRMS que contenía el campo uso. De ellos se determinaron los que tenían uso preferente habitacional que se presenta en la siguiente figura en color rojo, y en verde se presentan otros usos como Áreas verdes, Parques y Zonas industriales.

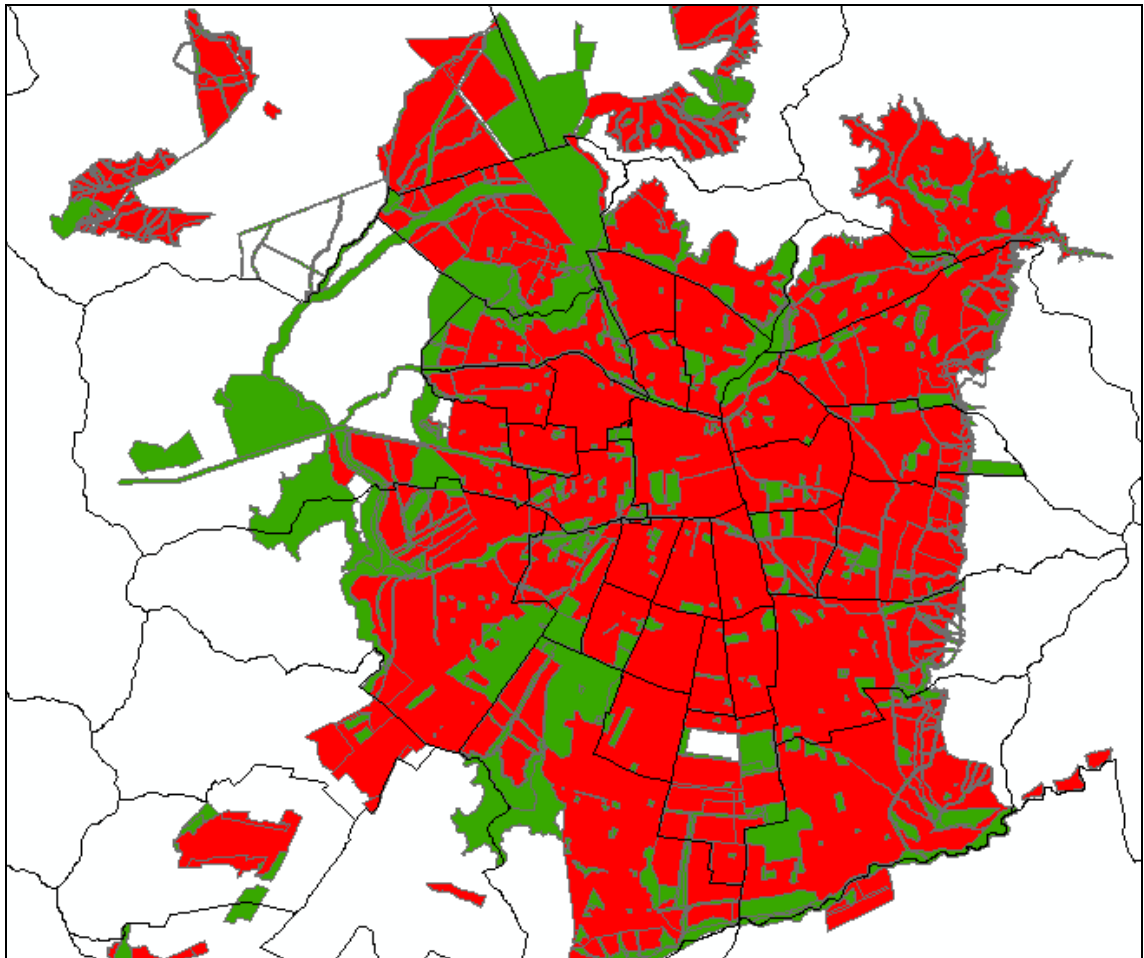


Figura 3.6.2. Usos Habitacionales (rojo) y no Habitacionales (verde) según PRMS

Fuente: Elaboración propia en base a Cobertura Shape de Usos del PRMS

- b) Se analizó la información de población por comuna, en base a la población estimada para el año 2016 por el INE, se obtuvo la superficie para cada comuna y se calculó la superficie con uso habitacional por comuna en función de la cartografía del PRMS. Con esos datos se pudo estimar la densidad de población para las comunas en general, y la densidad de población para las superficies con uso habitacional que es la que se ocupará posteriormente para evaluar la población afectada. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla 3.6.1.

Tabla 3.6.1. Estimación de Densidad de Población por Comunas

Comunas	Población Estimada 2016	Superficie comunal Total (Km2)	Densidad Comunal Hab/Km2	Superficie uso habitacional (Km2)	Densidad Superficie habitacional (Hab./Km2)
1. Santiago	372.330	23,10	16.116,62	19,91	18.703,21
2. Cerrillos	86.240	16,72	5.157,06	9,93	8.682,73
3. Cerro Navia	158.506	11,18	14.177,98	9,74	16.280,88
4. Conchalí	141.185	10,94	12.905,66	9,50	14.854,48
5. El Bosque	194.555	14,13	13.769,82	13,16	14.780,68
6. Estación Central	145.749	14,32	10.176,50	10,11	14.414,37
7. Huechuraba	97.470	45,10	2.161,30	16,73	5.826,17
8. Independencia	84.354	7,49	11.263,02	6,11	13.797,65
9. La Cisterna	92.831	10,01	9.272,53	9,69	9.578,29
10. La Florida	389.392	71,15	5.472,67	36,41	10.694,70
11. La Granja	143.558	10,05	14.279,98	9,02	15.912,63
12. La Pintana	213.702	30,65	6.972,05	21,85	9.780,30
13. La Reina	101.614	23,54	4.315,80	15,88	6.400,67
14. Las Condes	285.140	98,57	2.892,88	36,06	7.907,84
15. Lo Barnechea	106.187	1.025,14	103,58	37,41	2.838,84
16. Lo Espejo	120.145	8,19	14.664,57	6,84	17.576,33
17. Lo Prado	113.146	6,60	17.146,99	6,00	18.872,37
18. Macul	124.492	12,76	9.752,71	9,49	13.122,26
19. Maipú	554.548	137,68	4.027,73	56,05	9.893,07
20. Ñuñoa	225.109	16,83	13.376,29	15,13	14.882,88
21. Pedro Aguirre Cerda	122.462	8,65	14.158,68	7,94	15.427,46
22. Peñalolén	243.847	53,55	4.553,83	27,52	8.860,74
23. Providencia	149.165	14,31	10.423,40	11,50	12.975,64
24. Pudahuel	235.629	197,64	1.192,21	17,26	13.653,24
25. Quilicura	216.857	56,76	3.820,57	26,32	8.238,91
26. Quinta Normal	115.592	11,77	9.823,66	11,30	10.227,14
27. Recoleta	169.372	15,73	10.768,60	11,63	14.563,05
28. Renca	152.399	23,91	6.373,08	13,87	10.986,99
29. San Joaquín	104.588	9,85	10.614,39	9,38	11.154,58
30. San Miguel	112.686	9,62	11.710,71	8,85	12.728,83
31. San Ramón	99.860	6,29	15.864,62	6,04	16.522,22
32. Vitacura	88.548	28,39	3.118,45	18,71	4.731,72
33. Puente Alto	617.914	88,08	7.015,57	54,12	11.417,63
34. Pirque	22.403	444,73	50,37	4,26	5.264,95
35. San José de Maipo	15.083	4.982,40	3,03	10,03	1.504,33
36. San Bernardo	300.435	153,50	1.957,17	59,57	5.043,20

Fuente: Elaboración Propia, Población Estimada 2016 INE en base a información de http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php

- c) Usando la cartografía del mapa de ruido por rangos de 5 decibeles, generada a través de la modelación, ya sea para: 1) la red de Transantiago, 2) la red de autopistas, 3) la red ferroviaria y 4) la red vial, se modelaron los siguientes descriptores: Ld (Nivel Día), Ln (Nivel Noche), Le (Nivel Tarde), Ldn (Nivel Día-Noche) y Lden (Nivel Día-Tarde-Noche), así como la cartografía de las comunas.
- d) En ArcGis por medio de geoprocesamiento a través de la herramienta de intersección de estas capas de información, se pudo estimar las superficies por comuna con uso habitacional que se encontraban en cada rango de decibeles, para luego analizar los rangos por sobre 65 dBA para

los descriptores L_d día, y sobre 50 y 55 dBA para L_n noche y sobre 55 y 65 dBA para L_{den} , día-tarde-noche.

- e) Dado que se conoce la densidad de población superficie calculada por SIG y población (estimada INE 2016) para cada comuna, entonces se puede estimar la población potencialmente afectada según rango de nivel de ruido, lo que permite estimar el total de población potencialmente afectada desde un nivel de ruido determinado por comuna, o para toda el área estudiada, siendo este la suma de la población por comuna de cada tabla.
- f) Toda la gestión de los datos se hace en Excel al traspasar la tabla generada en ArcGis en formato Dbase. Se hacen cálculos y se usa una tabla dinámica para hacer resumen de los datos de la suma de superficie por rango de dBA.

A continuación, se hace el análisis para cada una de las redes de transporte analizadas.

3.6.2. Estimación de la población afectada por niveles de ruido: análisis de la red de Transantiago

3.6.2.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por el Transantiago

La tabla 3.6.2. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por rangos de niveles de ruido (en dBA) para el **día** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada por comuna por INE para 2016 (Hab./km²).

Tabla 3.6.2. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido del Transantiago en el día (L_d dBA)

Comunas	60-65 dBA (km ²)	66-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab/km ²)	Densidad área habitacional (hab/km ²)
Santiago	1,652651	1,243767	0,706188	0,178242	16.116,62	18.703,21
Estación Central	0,602218	0,564914	0,333108		10.176,50	14.414,37
Lo Espejo	0,500650	0,373062	0,144385		14.664,57	17.576,33
Lo Prado	0,347782	0,255156	0,156417		17.146,99	18.872,37
Quinta Normal	0,499230	0,474046	0,281415		9.823,66	10.227,14
La Cisterna	0,598670	0,448701	0,192092		9.272,53	9.578,29
Cerro Navia	0,441057	0,425013	0,196568		14.177,98	16.280,88
Conchalí	0,518693	0,426849	0,173821		12.905,66	14.854,48
Providencia	0,517635	0,469672	0,248743		10.423,40	12.975,64
Pedro Aguirre Cerda	0,368088	0,320263	0,171012		14.158,68	15.427,46
La Granja	0,511221	0,376423	0,171291		14.279,98	15.912,63
Renca	0,561014	0,529654	0,276349		6.373,08	10.986,99
Independencia	0,348861	0,213242	0,141263		11.263,02	13.797,65
San Ramón	0,391536	0,264740	0,069228		15.864,62	16.522,22
Recoleta	0,619172	0,467350	0,159912		10.768,60	14.563,05
La Florida	1,592257	1,274201	0,568501		5.472,67	10.694,70
Vitacura	0,847574	0,686720	0,249291		3.118,45	4.731,72
Cerrillos	0,476707	0,358544	0,124155	0,002539	5.157,06	8.682,73
San Joaquín	0,466533	0,290339	0,154588		10.614,39	11.154,58
Nuñoa	0,846126	0,467192	0,238309		13.376,29	14.882,88
Macul	0,499545	0,303409	0,137692		9.752,71	13.122,26
San Miguel	0,448511	0,249305	0,150069		11.710,71	12.728,83
Las Condes	1,203647	0,980368	0,586041		2.892,88	7.907,84
Maipú	1,843088	1,578446	0,759546		4.027,73	9.893,07
La Reina	0,631073	0,462788	0,194099		4.315,80	6.400,67
Pudahuel	0,535535	0,467748	0,246049		1.192,21	13.653,24
Puente Alto	1,912317	1,433905	0,699504		7.015,57	11.417,63
El Bosque	0,476987	0,292134	0,200442		13.769,82	14.780,68
La Pintana	0,737956	0,522236	0,266271		6.972,05	9.780,30
Peñalolén	0,849539	0,617644	0,304374		4.553,83	8.860,74
Huechuraba	0,544586	0,362706	0,157548		2.161,30	5.826,17
Quilicura	0,624721	0,452951	0,241562		3.820,57	8.238,91
Lo Barnechea	0,636419	0,476633	0,151303		103,58	2.838,84
San Bernardo	1,052875	0,697824	0,231319		1.957,17	5.043,20
Total	24,704474	18,827945	9,082455	0,180781		

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (L_{día} dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por % de la población comunal potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.3. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido del Transantiago en el día (L_{día} dBA)

Comuna	Superficie sobre 60 dBA (km ²)	Superficie sobre 65 dBA (km ²)	Población potencialmente expuesta sobre 60 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 60 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Santiago	3,78	2,13	70.714	39.804	372.330	19%	11%
Estación Central	1,50	0,90	21.625	12.944	145.749	15%	9%
Lo Espejo	1,02	0,52	17.894	9.095	120.145	15%	8%
Lo Prado	0,76	0,41	14.331	7.767	113.146	13%	7%
Quinta Normal	1,25	0,76	12.832	7.726	115.592	11%	7%
La Cisterna	1,24	0,64	11.872	6.138	92.831	13%	7%
Cerro Navia	1,06	0,62	17.301	10.120	158.506	11%	6%
Conchalí	1,12	0,60	16.628	8.923	141.185	12%	6%
Providencia	1,24	0,72	16.039	9.322	149.165	11%	6%
Pedro Aguirre C.	0,86	0,49	13.258	7.579	122.462	11%	6%
La Granja	1,06	0,55	16.850	8.716	143.558	12%	6%
Renca	1,37	0,81	15.019	8.856	152.399	10%	6%
Independencia	0,70	0,35	9.705	4.891	84.354	12%	6%
San Ramón	0,73	0,33	11.987	5.518	99.860	12%	6%
Recoleta	1,25	0,63	18.152	9.135	169.372	11%	5%
La Florida	3,43	1,84	36.736	19.707	389.392	9%	5%
Vitacura	1,78	0,94	8.439	4.429	88.548	10%	5%
Cerrillos	0,96	0,49	8.352	4.213	86.240	10%	5%
San Joaquín	0,91	0,44	10.167	4.963	104.588	10%	5%
Nuñoa	1,55	0,71	23.093	10.500	225.109	10%	5%
Macul	0,94	0,44	12.343	5.788	124.492	10%	5%
San Miguel	0,85	0,40	10.793	5.084	112.686	10%	5%
Las Condes	2,77	1,57	21.905	12.387	285.140	8%	4%
Maipú	4,18	2,34	41.364	23.130	554.548	7%	4%
La Reina	1,29	0,66	8.244	4.205	101.614	8%	4%
Pudahuel	1,25	0,71	17.057	9.746	235.629	7%	4%
Puente Alto	4,05	2,13	46.193	24.358	617.914	7%	4%
El Bosque	0,97	0,49	14.331	7.281	194.555	7%	4%
La Pintana	1,53	0,79	14.929	7.712	213.702	7%	4%
Peñalolén	1,77	0,92	15.697	8.170	243.847	6%	3%
Huechuraba	1,06	0,52	6.204	3.031	97.470	6%	3%
Quilicura	1,32	0,69	10.869	5.722	216.857	5%	3%
Lo Barnechea	1,26	0,63	3.589	1.783	106.187	3%	2%
San Bernardo	1,98	0,93	9.996	4.686	300.435	3%	2%
Total	52,80	28,09	604.508	323.427	6.479.607	9%	5%

Se observa es que sólo las comunas de Santiago y Cerrillos tienen niveles por sobre los 75 dBA. En promedio cerca del 9% de la población del área de estudio está potencialmente expuesta a sobre 60 dBA y el 5% por sobre 65 dBA. Las comunas de Santiago, Estación Central y Lo Espejo con mayor porcentaje de su población potencialmente expuesta a niveles sobre 65 dBA.

3.6.2.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por el Transantiago

La tabla 3.6.4. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en dBA) para la **noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab/km²).

Tabla 3.6.4. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido del Transantiago en la noche (Ln dBA)

Comunas	50-55 dBA (km2)	55-60 dBA (km2)	60-65 dBA (km2)	66-70 dBA (km2)	71-75 dBA (km2)	76-80 dBA (km2)	80-100 dBA (km2)	Densidad comunal (hab/km2)	Densidad área habitacional (hab/km2)
Santiago	3,656677	1,794941	1,206148	0,790554	0,241134	0,022489		16.116,62	18.703,21
Lo Espejo	0,732661	0,525298	0,410097	0,190688	0,026410	0,000008		14.664,57	17.576,33
Estación Central	1,354390	0,601479	0,580538	0,351618	0,144994	0,005516		10.176,50	14.414,37
La Cisterna	1,143569	0,591448	0,496850	0,282639	0,080171	0,005105		9.272,53	9.578,29
La Granja	0,884576	0,521301	0,385267	0,239748	0,084632	0,011448		14.279,98	15.912,63
Lo Prado	0,520839	0,351135	0,256778	0,150114	0,050365	0,002096		17.146,99	18.872,37
Independencia	0,907823	0,379273	0,217674	0,147026	0,072084	0,007739		11.263,02	13.797,65
San Ramón	0,600968	0,371426	0,312791	0,114154	0,013918			15.864,62	16.522,22
Conchalí	0,807023	0,546342	0,434725	0,220794	0,045166	0,001895		12.905,66	14.854,48
Pedro Aguirre C.	0,553406	0,383012	0,329237	0,226453	0,014415			14.158,68	15.427,46
Quinta Normal	1,103440	0,497611	0,443212	0,349575	0,052889	0,000675		9.823,66	10.227,14
Cerro Navia	0,579894	0,455369	0,428005	0,243789	0,030234	0,000150		14.177,98	16.280,88
Recoleta	0,790382	0,629679	0,485939	0,197485	0,045545	0,001398		10.768,60	14.563,05
Renca	1,006270	0,595905	0,576062	0,345316	0,051789	0,000610		6.373,08	10.986,99
San Miguel	1,318846	0,496591	0,258773	0,187726	0,055761	0,000515		11.710,71	12.728,83
San Joaquín	0,967201	0,493045	0,291017	0,183672	0,070769	0,009921		10.614,39	11.154,58
Providencia	0,622765	0,493306	0,444353	0,237504	0,078090	0,001405		10.423,40	12.975,64
Nuñoa	1,200192	0,864416	0,424347	0,243816	0,055204	0,000073		13.376,29	14.882,88
Macul	0,754703	0,507655	0,294366	0,153976	0,018176	0,000302		9.752,71	13.122,26
Cerrillos	0,714765	0,483471	0,367569	0,160975	0,006860			5.157,06	8.682,73
La Florida	2,503893	1,615175	1,272188	0,736833	0,094576	0,000191		5.472,67	10.694,70
Vitacura	1,152273	0,836162	0,658666	0,290486	0,035755	0,003148	0,000016	3.118,45	4.731,72
El Bosque	1,045418	0,524867	0,365612	0,219113	0,091900	0,000862		13.769,82	14.780,68
La Reina	1,112260	0,648688	0,466307	0,251863	0,021905			4.315,80	6.400,67
Puente Alto	3,355494	2,093328	1,529899	0,911009	0,170661	0,003448		7.015,57	11.417,63
La Pintana	1,699354	0,829504	0,597261	0,348592	0,099832	0,002955		6.972,05	9.780,30
Maipú	3,145286	1,942054	1,616551	0,943269	0,220369	0,007402		4.027,73	9.893,07
Las Condes	2,103867	1,216291	0,956108	0,607224	0,167285	0,006279	0,000001	2.892,88	7.907,84
Pudahuel	0,980712	0,556767	0,459365	0,292175	0,054852	0,006083		1.192,21	13.653,24
Huechuraba	1,146196	0,584389	0,387965	0,184523	0,032155	0,000715		2.161,30	5.826,17
Peñalolén	1,732801	0,891679	0,606533	0,351790	0,061676			4.553,83	8.860,74
Quilicura	1,548162	0,686924	0,483629	0,294994	0,073969	0,005764		3.820,57	8.238,91
San Bernardo	1,935331	1,150263	0,822380	0,381916	0,058505	0,002046	0,000673	1.957,17	5.043,20
Lo Barnechea	1,031407	0,630485	0,496704	0,166270	0,012246	0,000174		103,58	2.838,84
Total	44,712846	25,78928	19,36291	10,99768	2,434294	0,110411	0,000690		

Tabla 3.6.5. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido del Transantiago (Ln dBA)

Comunas	Superficie sobre 50 dBA (km2)	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 50 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 50 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA
Santiago	7,71	4,06	144.238	75.846	372.330	39%	20%
Lo Espejo	1,89	1,15	33.134	20.257	120.145	28%	17%
Estación Central	3,04	1,68	43.799	24.276	145.749	30%	17%
La Cisterna	2,60	1,46	24.901	13.948	92.831	27%	15%
La Granja	2,13	1,24	33.846	19.770	143.558	24%	14%
Lo Prado	1,33	0,81	25.125	15.296	113.146	22%	14%
Independencia	1,73	0,82	23.892	11.366	84.354	28%	13%
San Ramón	1,41	0,81	23.350	13.421	99.860	23%	13%
Conchalí	2,06	1,25	30.540	18.552	141.185	22%	13%
Pedro Aguirre C.	1,51	0,95	23.242	14.704	122.462	19%	12%
Quinta Normal	2,45	1,34	25.030	13.745	115.592	22%	12%
Cerro Navia	1,74	1,16	28.287	18.846	158.506	18%	12%
Recoleta	2,15	1,36	31.317	19.806	169.372	18%	12%
Renca	2,58	1,57	28.302	17.246	152.399	19%	11%
San Miguel	2,32	1,00	29.508	12.721	112.686	26%	11%
San Joaquín	2,02	1,05	22.483	11.695	104.588	21%	11%
Providencia	1,88	1,25	24.361	16.280	149.165	16%	11%
Ñuñoa	2,79	1,59	41.494	23.632	225.109	18%	10%
Macul	1,73	0,97	22.691	12.787	124.492	18%	10%
Cerrillos	1,73	1,02	15.053	8.847	86.240	17%	10%
La Florida	6,22	3,72	66.552	39.773	389.392	17%	10%
Vitacura	2,98	1,82	14.084	8.632	88.548	16%	10%
El Bosque	2,25	1,20	33.224	17.772	194.555	17%	9%
La Reina	2,50	1,39	16.008	8.889	101.614	16%	9%
Puente Alto	8,06	4,71	92.070	53.758	617.914	15%	9%
La Pintana	3,58	1,88	34.989	18.369	213.702	16%	9%
Maipú	7,87	4,73	77.907	46.791	554.548	14%	8%
Las Condes	5,06	2,95	39.990	23.353	285.140	14%	8%
Pudahuel	2,35	1,37	32.084	18.695	235.629	14%	8%
Huechuraba	2,34	1,19	13.610	6.932	97.470	14%	7%
Peñalolén	3,64	1,91	32.293	16.939	243.847	13%	7%
Quilicura	3,09	1,55	25.487	12.731	216.857	12%	6%
San Bernardo	4,35	2,42	21.944	12.183	300.435	7%	4%
Lo Bachea	2,34	1,31	6.635	3.707	106.187	6%	3%
Total	103,41	58,70	1.181.469	671.564	6.479.607	18%	10%

Tabla 3.6.5. con población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Ln dBA). Las comunas están ordenadas de mayor a menor en cuanto a % de población potencialmente expuesta por comuna.

Como se puede observar, son las comunas centrales las que tienen los más altos valores de población potencialmente expuestas a más de 50 dBA y más de 55 dBA por la noche, Santiago, Lo Espejo y Estación Central lideran estos valores. Llama también la atención valores que superan las 80 dBA en las comunas de Vitacura, Las Condes y San Bernardo.

3.6.2.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por el Transantiago

La tabla 3.6.6. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **día-tarde-noche** por cada comuna, se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab./km²).

Tabla 3.6.6. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido del Transantiago en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comuna	55-60 dBA (km2)	60-65 dBA (km2)	65-70 dBA (km2)	70-75 dBA (km2)	75-80 dBA (km2)	80-100 dBA (km2)	densidad comunal (hab./km2)	densidad área habitacional (hab./km2)
Santiago	5,146550	2,494040	1,498817	1,078278	0,508122	0,110767	16.116,62	18.703,21
Estación Central	2,510473	0,828242	0,607957	0,490502	0,276099	0,039483	10.176,50	14.414,37
Independencia	1,579763	0,554077	0,298931	0,178856	0,119956	0,033127	11.263,02	13.797,65
San Miguel	2,415531	0,717111	0,361808	0,234628	0,117833	0,014259	11.710,71	12.728,83
Lo Espejo	1,335586	0,592252	0,482056	0,312627	0,106167	0,003857	14.664,57	17.576,33
La Cisterna	2,027042	0,715889	0,556734	0,393095	0,164509	0,025274	9.272,53	9.578,29
Quinta Normal	2,384892	0,603259	0,464578	0,455560	0,191788	0,011960	9.823,66	10.227,14
La Granja	1,575964	0,598981	0,489019	0,332803	0,138262	0,043966	14.279,98	15.912,63
San Joaquín	1,799814	0,639834	0,401845	0,251056	0,126295	0,031966	10.614,39	11.154,58
Lo Prado	0,973989	0,395482	0,310565	0,220820	0,115966	0,015097	17.146,99	18.872,37
Conchalí	1,601650	0,628554	0,482601	0,360288	0,126166	0,007703	12.905,66	14.854,48
San Ramón	0,934029	0,431674	0,384119	0,206198	0,046944	0,001664	15.864,62	16.522,22
Pedro Aguirre C.	1,227991	0,431307	0,346746	0,323960	0,097650	0,001126	14.158,68	15.427,46
Macul	1,424886	0,606814	0,422768	0,243889	0,079412	0,003866	9.752,71	13.122,26
Nuñoa	2,083217	0,942305	0,735531	0,312516	0,174808	0,013022	13.376,29	14.882,88
Recoleta	1,566853	0,617427	0,614236	0,347933	0,113847	0,012840	10.768,60	14.563,05
Renca	1,848755	0,727650	0,562284	0,499140	0,189425	0,008130	6.373,08	10.986,99
El Bosque	1,896465	0,659212	0,440438	0,265927	0,178047	0,016989	13.769,82	14.780,68
Cerrillos	1,213747	0,550669	0,454782	0,302519	0,059861	0,000340	5.157,06	8.682,73
La Reina	2,100020	0,836735	0,573492	0,410706	0,109159	0,002238	4.315,80	6.400,67
La Florida	4,129168	1,899805	1,518823	1,066819	0,381447	0,009674	5.472,67	10.694,70
La Pintana	2,745957	1,172179	0,689389	0,489964	0,213623	0,030660	6.972,05	9.780,30
Providencia	1,052569	0,535917	0,488040	0,395834	0,159412	0,018631	10.423,40	12.975,64
Huechuraba	2,048821	0,794056	0,493649	0,303356	0,098625	0,005889	2.161,30	5.826,17
Vitacura	1,783175	0,922706	0,804051	0,518614	0,129468	0,017377	3.118,45	4.731,72
Maipú	5,964129	2,295857	1,784587	1,383268	0,580094	0,054469	4.027,73	9.893,07
Puente Alto	5,492939	2,486981	1,825322	1,279537	0,499813	0,037816	7.015,57	11.417,63
Peñalolén	3,072107	1,236101	0,770633	0,517045	0,195823	0,012849	4.553,83	8.860,74
Las Condes	3,636620	1,559463	1,094015	0,856231	0,390236	0,058576	2.892,88	7.907,84
Pudahuel	1,706885	0,725471	0,486131	0,445309	0,152929	0,020748	1.192,21	13.653,24
Quilicura	2,600072	1,024289	0,558654	0,425861	0,177239	0,029420	3.820,57	8.238,91
Cerro Navia	0,504308	0,443356	0,379911	0,119710	0,006129		14.177,98	16.280,88
San Bernardo	3,206026	1,363818	1,006099	0,613054	0,170221	0,011002	1.957,17	5.043,20
Lo Barnechea	1,522973	0,795911	0,582360	0,345010	0,067428	0,001484	103,58	2.838,84
Total	77,112968	31,827423	22,970971	15,980916	6,262804	0,706270		

Tabla de población comunal estimada afectada por ruido (Lden dBA). Las comunas están ordenadas de mayor a menor en cuanto a % de población potencialmente expuesta sobre 55dBA.

Tabla 3.6.7. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido del Transantiago en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comuna	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Superficie sobre 65 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Santiago	10,84	3,20	202.679	59.775	372.330	54%	16%
Estación Central	4,75	1,41	68.508	20.383	145.749	47%	14%
Independencia	2,76	0,63	38.147	8.705	84.354	45%	10%
San Miguel	3,86	0,73	49.148	9.273	112.686	44%	8%
Lo Espejo	2,83	0,90	49.786	15.901	120.145	41%	13%
La Cisterna	3,88	1,14	37.188	10.916	92.831	40%	12%
Quinta Normal	4,11	1,12	42.054	11.494	115.592	36%	10%
La Granja	3,18	1,00	50.586	15.977	143.558	35%	11%
San Joaquín	3,25	0,81	36.261	9.048	104.588	35%	9%
Lo Prado	2,03	0,66	38.347	12.502	113.146	34%	11%
Conchalí	3,21	0,98	47.638	14.509	141.185	34%	10%
San Ramón	2,00	0,64	33.121	10.556	99.860	33%	11%
Pedro Aguirre C.	2,43	0,77	37.470	11.871	122.462	31%	10%
Macul	2,78	0,75	36.501	9.841	124.492	29%	8%
Nuñoa	4,26	1,24	63.422	18.393	225.109	28%	8%
Recoleta	3,27	1,09	47.667	15.857	169.372	28%	9%
Renca	3,84	1,26	42.139	13.832	152.399	28%	9%
El Bosque	3,46	0,90	51.098	13.323	194.555	26%	7%
Cerrillos	2,58	0,82	22.418	7.098	86.240	26%	8%
La Reina	4,03	1,10	25.810	7.013	101.614	25%	7%
La Florida	9,01	2,98	96.314	31.836	389.392	25%	8%
La Pintana	5,34	1,42	52.244	13.924	213.702	24%	7%
Providencia	2,65	1,06	34.391	13.779	149.165	23%	9%
Huechuraba	3,74	0,90	21.815	5.252	97.470	22%	5%
Vitacura	4,18	1,47	19.757	6.953	88.548	22%	8%
Maipú	12,06	3,80	119.334	37.618	554.548	22%	7%
Puente Alto	11,62	3,64	132.700	41.589	617.914	21%	7%
Peñalolén	5,80	1,50	51.433	13.259	243.847	21%	5%
Las Condes	7,60	2,40	60.061	18.971	285.140	21%	7%
Pudahuel	3,54	1,11	48.298	15.088	235.629	20%	6%
Quilicura	4,82	1,19	39.675	9.814	216.857	18%	5%
Cerro Navia	1,45	0,51	23.663	8.234	158.506	15%	5%
San Bernardo	6,37	1,80	32.126	9.080	300.435	11%	3%
Lo Bachea	3,32	1,00	9.411	2.828	106.187	9%	3%
Total	154,86	154,86	1.761.210	524.493	6.479.607	27%	8%

Se observa son los altos niveles que presentan todas las comunas, con valores que superan los 80 dBA. Nuevamente las comunas centrales muestran los porcentajes más altos respecto del porcentaje de población comunal potencialmente afectada, siendo Santiago, Estación Central e Independencia las que presentan los valores más altos sobre 55 dBA; y sobre 65, se repiten las dos primeras seguidas de Lo Espejo.

En promedio de las comunas el 27 % de la población estaría potencialmente afectada sobre 55 dBA y el 8% sobre 65 dBA.

3.6.3. Estimación de la población afectada por niveles de ruido: análisis de la red de autopistas en la zona urbana del Gran Santiago

3.6.3.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por red de autopistas

La tabla 3.6.8. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para el **día** por cada comuna que presentaba valores sobre 60 dBA. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab./km²).

Tabla 3.6.8. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de la red de autopistas en el día (Ld dBA)

Comuna	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	80-100 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab/km ²)	Densidad área habitacional (hab/km ²)
Lo Espejo	1,0266340	0,3461391	0,2452632	0,1185890	0,2002670	14.664,57	17.576,33
Renca	1,9188595	0,6146642	0,2883500	0,1837708	0,3904477	6.373,08	10.986,99
Pedro Aguirre C.	1,2028974	0,4279478	0,1720588	0,0859778	0,1489341	14.158,68	15.427,46
Cerrillos	1,2379040	0,5132692	0,2152763	0,0914667	0,1293769	5.157,06	8.682,73
Vitacura	1,7890402	0,6725760	0,3008928	0,2304107	0,4353690	3.118,45	4.731,72
La Cisterna	1,1014237	0,3010914	0,1499517	0,1064650	0,2443851	9.272,53	9.578,29
San Miguel	0,8213395	0,3527165	0,0411277	0,0383157	0,1363825	11.710,71	12.728,83
Santiago	0,7546578	0,5305136	0,2177280	0,1385239	0,2801163	16.116,62	18.703,21
Quilicura	1,2174465	0,7090944	0,3283381	0,1285802	0,2092787	3.820,57	8.238,91
San Bernardo	3,3250389	1,3054184	0,7174018	0,4046023	0,5651646	1.957,17	5.043,20
Pudahuel	1,5998001	0,6267049	0,0870171	0,0578427	0,0860450	1.192,21	13.653,24
Padre Hurtado	0,3209687	0,1934243	0,1237472	0,0602149	0,0956697	709,12	4.705,25
Independencia	0,5126093	0,1119693	0,0487975	0,0288232	0,0413776	11.263,02	13.797,65
Huechuraba	0,8639898	0,3863002	0,1741542	0,0595386	0,0084645	2.161,30	5.826,17
Estación Central	0,7396970	0,1945025	0,0595359	0,0374116	0,0682885	10.176,50	14.414,37
La Granja	0,3837248	0,1013035	0,0674167	0,0446234	0,0925295	14.279,98	15.912,63
Maipú	2,3992652	0,9682835	0,3809043	0,1598800	0,2203580	4.027,73	9.893,07
San Ramón	0,2527098	0,0537981	0,0204604	0,0221198	0,0696332	15.864,62	16.522,22
Quinta Normal	0,9425747	0,2080682	0,0280941	0,0229863	0,0497889	9.823,66	10.227,14
Conchalí	0,6750949	0,1154573	0,0810956			12.905,66	14.854,48
Recoleta	0,5192585	0,1322659	0,0552468	0,0009502		10.768,60	14.563,05
Macul	0,2563215	0,0874406	0,0420399	0,0153133	0,0008768	9.752,71	13.122,26
La Pintana	0,1109588	0,1269480	0,0691277	0,0494615	0,0788119	6.972,05	9.780,30
Peñalolén	0,4023212	0,2243161	0,1047148	0,0245963	0,0295914	4.553,83	8.860,74
Lo Prado	0,2114996	0,0773521	0,0007735	0,0000893	0,0000143	17.146,99	18.872,37
La Florida	0,4393637	0,1202435	0,0895060	0,0694806	0,1511231	5.472,67	10.694,70
Providencia	0,1140144	0,0597576	0,0256901	0,0148316	0,0166772	10.423,40	12.975,64
Las Condes	0,3296861	0,1537416	0,0770544	0,0434349	0,0626437	2.892,88	7.907,84
Cerro Navia	0,4097007	0,0523691	0,0165220	0,0060543	0,0064144	14.177,98	16.280,88
Puente Alto	0,4712668	0,2208565	0,0841448	0,0399499	0,0359201	7.015,57	11.417,63
El Bosque	0,1332737	0,0181727	0,0131420			13.769,82	14.780,68
Lo Bamechea	0,1332566	0,0202364	0,0150496	0,0125570	0,0220843	103,58	2.838,84
Nuñoa	0,0203598	0,0152555	0,0076930	0,0018710	0,0001972	13.376,29	14.882,88
Total	26,6369572	10,0421979	4,3483160	2,2987324	3,8762312		

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Ld dBA). Las comunas están ordenadas de mayor a menor en cuanto a porcentaje de población expuesta sobre 65dBA.

Tabla 3.6.9. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de autopistas en el día (Ld dBA)

Comunas	Superficie sobre 60 dBA (km2)	Superficie sobre 65 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 60 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 60 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Lo Espejo	1,94	0,91	34.043	15.999	120.145	28%	13%
Renca	3,40	1,48	37.313	16.230	152.399	24%	11%
Pedro Aguirre C.	2,04	0,83	31.438	12.881	122.462	26%	11%
Cerrillos	2,19	0,95	18.992	8.243	86.240	22%	10%
Vitacura	3,43	1,64	16.222	7.756	88.548	18%	9%
La Cisterna	1,90	0,80	18.231	7.681	92.831	20%	8%
San Miguel	1,39	0,57	17.692	7.237	112.686	16%	6%
Santiago	1,92	1,17	35.939	21.824	372.330	10%	6%
Quilicura	2,59	1,38	21.361	11.331	216.857	10%	5%
San Bernardo	6,32	2,99	31.861	15.092	300.435	11%	5%
Pudahuel	2,46	0,86	33.552	11.709	235.629	14%	5%
Padre Hurtado	0,79	0,47	3.736	2.226	57.287	7%	4%
Independencia	0,74	0,23	10.260	3.187	84.354	12%	4%
Huechuraba	1,49	0,63	8.695	3.661	97.470	9%	4%
Estación Central	1,10	0,36	15.848	5.185	145.749	11%	4%
La Granja	0,69	0,31	10.973	4.867	143.558	8%	3%
Maipú	4,13	1,73	40.845	17.109	554.548	7%	3%
San Ramón	0,42	0,17	6.918	2.743	99.860	7%	3%
Quinta Normal	1,25	0,31	12.799	3.160	115.592	11%	3%
Conchalí	0,87	0,20	12.948	2.920	141.185	9%	2%
Recoleta	0,71	0,19	10.307	2.745	169.372	6%	2%
Macul	0,40	0,15	5.275	1.912	124.492	4%	2%
La Pintana	0,44	0,32	4.257	3.172	213.702	2%	1%
Peñalolén	0,79	0,38	6.960	3.396	243.847	3%	1%
Lo Prado	0,29	0,08	5.468	1.476	113.146	5%	1%
La Florida	0,87	0,43	9.301	4.602	389.392	2%	1%
Providencia	0,23	0,12	2.997	1.518	149.165	2%	1%
Las Condes	0,67	0,34	5.271	2.664	285.140	2%	1%
Cerro Navia	0,49	0,08	7.995	1.325	158.506	5%	1%
Puente Alto	0,85	0,38	9.729	4.349	617.914	2%	1%
El Bosque	0,16	0,03	2.433	463	194.555	1%	0%
Lo Bamechea	0,20	0,07	577	199	106.187	1%	0%
Nuñoa	0,05	0,03	675	372	225.109	0%	0%
Total	47,20	20,57	490.912	209.234	6.330.692	8%	3%

Se puede observar que las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta, corresponde a Lo Espejo, Renca y Pedro Aguirre Cerda. Sin embargo, las comunas con más cantidad de población potencialmente expuesta son Santiago, Maipú y San Bernardo.

Como promedio el 8% de la población total está expuesta sobre 60 dBA y 3% sobre 65 dBA

3.6.3.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por red de autopistas

La tabla muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab/km²)

Tabla 3.6.10. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de la red de autopistas en la noche (Ln dBA)

Comunas	50-55 dBA (km ²)	55-60 dBA (km ²)	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	80- 100 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab/km ²)	Densidad área habitacional (hab/km ²)
Lo Espejo	2,042929	1,169055	0,453062	0,268247	0,133871	0,091961	0,130783	14.664,57	17.576,33
La Cisterna	2,260808	1,477580	0,581036	0,244502	0,113278	0,094249	0,188468	9.272,53	9.578,29
Cerrillos	2,072363	1,550045	0,547819	0,216617	0,082996	0,059947	0,073725	5.157,06	8.682,73
Pedro Aguirre C.	1,756963	0,895205	0,331133	0,151035	0,070486	0,063206	0,070642	14.158,68	15.427,46
La Granja	1,516865	1,085526	0,341531	0,095199	0,065009	0,045120	0,088041	14.279,98	15.912,63
Renca	2,991322	1,053114	0,416480	0,210577	0,190738	0,215112	0,068979	6.373,08	10.986,99
San Ramón	1,141610	0,496401	0,234282	0,047923	0,019420	0,023503	0,066970	15.864,62	16.522,22
San Miguel	1,216321	0,676098	0,249820	0,037207	0,044740	0,043900	0,077244	11.710,71	12.728,83
Vitacura	2,170206	1,017209	0,351992	0,256699	0,260968	0,242347	0,000043	3.118,45	4.731,72
Macul	1,147942	0,629301	0,233601	0,081200	0,039689	0,013467	0,000659	9.752,71	13.122,26
Pudahuel	2,547827	1,159995	0,362894	0,074699	0,051927	0,050021	0,027207	1.192,21	13.653,24
San Bernardo	4,698386	2,900578	1,070969	0,686453	0,334147	0,277650	0,236748	1.957,17	5.043,20
Quilicura	1,565903	1,239759	0,530607	0,246334	0,112922	0,131486	0,045578	3.820,57	8.238,91
Santiago	1,233210	0,659217	0,424522	0,177197	0,122905	0,164059	0,085863	16.116,62	18.703,21
Independencia	0,991451	0,317472	0,070853	0,035556	0,026690	0,021356	0,013519	11.263,02	13.797,65
Maipú	4,925541	2,556776	1,019079	0,359372	0,191399	0,132360	0,096586	4.027,73	9.893,07
Huechuraba	1,784566	0,718778	0,313612	0,152244	0,040106	0,003553	0,000001	2.161,30	5.826,17
Estación Central	1,364362	0,466936	0,105624	0,049181	0,031071	0,033927	0,025045	10.176,50	14.414,37
Conchalí	1,735484	0,470223	0,112060	0,056713				12.905,66	14.854,48
Peñalolén	1,655539	0,997396	0,375446	0,214669	0,096099	0,022681	0,028430	4.553,83	8.860,74
Quinta Normal	1,427098	0,519679	0,062092	0,025492	0,020810	0,026508	0,015201	9.823,66	10.227,14
Padre Hurtado	0,474932	0,276478	0,189533	0,099122	0,056165	0,082278	0,000017	709,12	4.705,25
La Florida	2,076863	1,245078	0,384186	0,115570	0,087381	0,070310	0,144230	5.472,67	10.694,70
Recoleta	1,019591	0,421301	0,105546	0,043571	0,000220			10.768,60	14.563,05
Lo Prado	0,430644	0,140098	0,042545	0,000807	0,000060			17.146,99	18.872,37
La Pintana	0,253710	0,096132	0,127938	0,061655	0,052305	0,068874		6.972,05	9.780,30
Cerro Navia	0,524269	0,124429	0,029330	0,008185	0,005346	0,002765		14.177,98	16.280,88
Puente Alto	1,049725	0,418349	0,192326	0,072673	0,045433	0,023638		7.015,57	11.417,63
Providencia	0,134031	0,080897	0,036426	0,016134	0,018545	0,005374		10.423,40	12.975,64
Las Condes	0,471330	0,192301	0,099318	0,049229	0,044392	0,031013		2.892,88	7.907,84
El Bosque	0,167877	0,109022	0,012033	0,009888	0,002873	0,002022	0,001625	13.769,82	14.780,68
Nuñoa	0,193986	0,042579	0,019803	0,014904	0,007048	0,001666	0,000136	13.376,29	14.882,88
Lo Barnechea	0,208745	0,033390	0,015364	0,015007	0,012451	0,013293		103,58	2.838,84
Total	49,252399	25,236399	9,442861	4,193863	2,381491	2,057645	1,485739		

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Ln dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por porcentaje de población potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.11. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red de autopistas en la noche (Ln dBA)

Comuna	Superficie sobre 50 dBA (km2)	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 50 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 50 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA
Lo Espejo	4,29	2,25	75.401	39.494	120.145	63%	33%
La Cisterna	4,96	2,70	47.508	25.853	92.831	51%	28%
Cerrillos	4,60	2,53	39.971	21.977	86.240	46%	25%
Pedro Aguirre C.	3,34	1,58	51.507	24.402	122.462	42%	20%
La Granja	3,24	1,72	51.514	27.376	143.558	36%	19%
Renca	5,15	2,15	56.543	23.677	152.399	37%	16%
San Ramón	2,03	0,89	33.542	14.680	99.860	34%	15%
San Miguel	2,35	1,13	29.853	14.371	112.686	26%	13%
Vitacura	4,30	2,13	20.344	10.075	88.548	23%	11%
Macul	2,15	1,00	28.159	13.095	124.492	23%	11%
Pudahuel	4,27	1,73	58.362	23.576	235.629	25%	10%
San Bernardo	10,20	5,51	51.466	27.771	300.435	17%	9%
Quilicura	3,87	2,31	31.906	19.005	216.857	15%	9%
Santiago	2,87	1,63	53.622	30.557	372.330	14%	8%
Independencia	1,48	0,49	20.378	6.698	84.354	24%	8%
Maipú	9,28	4,36	91.819	43.090	554.548	17%	8%
Huechuraba	3,01	1,23	17.553	7.156	97.470	18%	7%
Estación Central	2,08	0,71	29.926	10.260	145.749	21%	7%
Conchalí	2,37	0,64	35.272	9.492	141.185	25%	7%
Peñalolén	3,39	1,73	30.040	15.371	243.847	12%	6%
Quinta Normal	2,10	0,67	21.445	6.850	115.592	19%	6%
Padre Hurtado	1,18	0,70	5.545	3.311	57.287	10%	6%
La Florida	4,12	2,05	44.101	21.889	389.392	11%	6%
Recoleta	1,59	0,57	23.159	8.310	169.372	14%	5%
Lo Prado	0,61	0,18	11.591	3.463	113.146	10%	3%
La Pintana	0,66	0,41	6.461	3.980	213.702	3%	2%
Cerro Navia	0,69	0,17	11.304	2.769	158.506	7%	2%
Puente Alto	1,80	0,75	20.576	8.591	617.914	3%	1%
Providencia	0,29	0,16	3.781	2.042	149.165	3%	1%
Las Condes	0,89	0,42	7.019	3.292	285.140	2%	1%
El Bosque	0,31	0,14	4.513	2.032	194.555	2%	1%
Ñuñoa	0,28	0,09	4.169	1.282	225.109	2%	1%
Lo Barnechea	0,30	0,09	847	254	106.187	1%	0%
Total	94,05	44,80	1.019.194	476.039	6.330.692	16%	8%

Se puede observar que las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta son Lo Espejo, La Cisterna y Cerrillos. Sin embargo, las comunas con más cantidad de población potencialmente expuesta son Santiago, Maipú y San Bernardo.

Como promedio el 16% de la población total potencialmente expuesta sobre 50 dBA y 8% sobre 55 dBA.

3.6.3.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por red de autopistas

La tabla muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **día-tarde-noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab/km²).

Tabla 3.6.12. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de la red de autopistas en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comuna	55-60 dBA (km ²)	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	80-100 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab/km ²)	Densidad área habitacional (hab/km ²)
Lo Espejo	1,86438	1,86187	0,66957	0,34221	0,20535	0,27641	14.664,57	17.576,33
Pedro Aguirre C.	1,97137	1,58049	0,66599	0,23631	0,11874	0,17774	14.158,68	15.427,46
La Cisterna	2,12243	1,87185	0,98514	0,31732	0,14741	0,32991	9.272,53	9.578,29
Cerrillos	1,87922	2,03624	0,97202	0,35064	0,14856	0,17641	5.157,06	8.682,73
Renca	2,61468	2,73902	0,82053	0,35579	0,19464	0,44327	6.373,08	10.986,99
Vitacura	3,66860	2,06248	0,91003	0,33198	0,25045	0,48480	3.118,45	4.731,72
Conchalí	2,28678	1,22685	0,21109	0,11804	0,01199		12.905,66	14.854,48
La Granja	1,40877	1,33284	0,54082	0,12306	0,07476	0,14997	14.279,98	15.912,63
Independencia	1,22687	0,81462	0,19447	0,06211	0,03080	0,05143	11.263,02	13.797,65
San Ramón	1,14623	0,69780	0,29460	0,08530	0,02490	0,09554	15.864,62	16.522,22
Pudahuel	2,89542	2,27252	0,96668	0,20669	0,06986	0,10836	1.192,21	13.653,24
Estación Central	1,96169	1,10671	0,34632	0,08108	0,04455	0,07991	10.176,50	14.414,37
San Miguel	1,17373	1,15520	0,54338	0,10559	0,03348	0,15524	11.710,71	12.728,83
Quinta Normal	2,16830	1,25786	0,36422	0,03512	0,02444	0,05703	9.823,66	10.227,14
Huechuraba	2,47277	1,30371	0,54617	0,22563	0,11568	0,02232	2.161,30	5.826,17
Macul	1,20625	0,84971	0,31841	0,11320	0,04920	0,02302	9.752,71	13.122,26
Maipú	6,49049	3,96974	1,75521	0,66115	0,26729	0,31867	4.027,73	9.893,07
San Bernardo	5,38286	4,18567	2,25431	0,84846	0,59814	0,71192	1.957,17	5.043,20
Recoleta	1,36922	0,77428	0,24210	0,07990	0,01071		10.768,60	14.563,05
Santiago	1,68803	1,03201	0,59828	0,32932	0,15855	0,32699	16.116,62	18.703,21
Lo Prado	0,70979	0,34043	0,11759	0,02202	0,00077	0,00005	17.146,99	18.872,37
Quilicura	1,91584	1,28737	1,00145	0,44678	0,18353	0,25151	3.820,57	8.238,91
Cerro Navia	0,82135	0,48702	0,08564	0,02344	0,00732	0,00763	14.177,98	16.280,88
Padre Hurtado	0,69176	0,42823	0,22350	0,18135	0,08093	0,12163	709,12	4.705,25
Peñalolén	1,66235	1,26570	0,52318	0,25048	0,12802	0,06632	4.553,83	8.860,74
La Florida	2,24358	1,57939	0,57900	0,13889	0,09614	0,23873	5.472,67	10.694,70
Las Condes	1,35204	0,42725	0,18109	0,09263	0,04760	0,07182	2.892,88	7.907,84
Puente Alto	1,78392	0,86823	0,34100	0,15045	0,05536	0,05993	7.015,57	11.417,63
La Pintana	0,44423	0,19787	0,10106	0,11231	0,05271	0,10960	6.972,05	9.780,30
Providencia	0,24845	0,12285	0,07415	0,03216	0,01526	0,02127	10.423,40	12.975,64
El Bosque	0,31722	0,15216	0,06211	0,01199	0,00656	0,00540	13.769,82	14.780,68
Ñuñoa	0,25646	0,07302	0,02218	0,01627	0,00953	0,00308	13.376,29	14.882,88
Lo Barnechea	0,37467	0,18431	0,02761	0,01539	0,01428	0,02470	103,58	2.838,84
Total	59,81977	41,5453	17,5389	6,50308	3,27750	4,97061		

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Lden dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por porcentaje de población expuesta.

Tabla 3.6.13. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red de autopistas en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comuna	superficie sobre 55 dBA (km2)	superficie sobre 65 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Lo Espejo	5,22	1,49	91.745	26.251	120.145	76%	22%
Pedro Aguirre C.	4,75	1,20	73.291	18.494	122.462	60%	15%
La Cisterna	5,77	1,78	55.306	17.047	92.831	60%	18%
Cerrillos	5,56	1,65	48.303	14.306	86.240	56%	17%
Renca	7,17	1,81	78.754	19.933	152.399	52%	13%
Vitacura	7,71	1,98	36.474	9.356	88.548	41%	11%
Conchalí	3,85	0,34	57.260	5.067	141.185	41%	4%
La Granja	3,63	0,89	57.766	14.140	143.558	40%	10%
Independencia	2,38	0,34	32.843	4.675	84.354	39%	6%
San Ramón	2,34	0,50	38.734	8.267	99.860	39%	8%
Pudahuel	6,52	1,35	89.013	18.454	235.629	38%	8%
Estación Central	3,62	0,55	52.184	7.955	145.749	36%	5%
San Miguel	3,17	0,84	40.307	10.663	112.686	36%	9%
Quinta Normal	3,91	0,48	39.957	4.917	115.592	35%	4%
Huechuraba	4,69	0,91	27.303	5.301	97.470	28%	5%
Macul	2,56	0,50	33.590	6.611	124.492	27%	5%
Maipú	13,46	3,00	133.186	29.702	554.548	24%	5%
San Bernardo	13,98	4,41	70.511	22.255	300.435	23%	7%
Recoleta	2,48	0,33	36.061	4.845	169.372	21%	3%
Santiago	4,13	1,41	77.304	26.430	372.330	21%	7%
Lo Prado	1,19	0,14	22.470	2.650	113.146	20%	2%
Quilicura	5,09	1,88	41.907	15.516	216.857	19%	7%
Cerro Navia	1,43	0,12	23.321	2.020	158.506	15%	1%
Padre Hurtado	1,73	0,61	8.128	2.858	57.287	14%	5%
Peñalolén	3,90	0,97	34.522	8.577	243.847	14%	4%
La Florida	4,88	1,05	52.144	11.259	389.392	13%	3%
Las Condes	2,17	0,39	17.179	3.109	285.140	6%	1%
Puente Alto	3,26	0,61	37.209	6.928	617.914	6%	1%
La Pintana	1,02	0,38	9.954	3.674	213.702	5%	2%
Providencia	0,51	0,14	6.671	1.853	149.165	4%	1%
El Bosque	0,56	0,09	8.210	1.272	194.555	4%	1%
Nuñoa	0,38	0,05	5.664	760	225.109	3%	0%
Lo Barnechea	0,64	0,08	1.820	233	106.187	2%	0%
Total	133,66	32,29	1.439.090	335.378	6.330.692	23%	5%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta son Lo Espejo, Pedro Aguirre Cerda y La Cisterna. Sin embargo, las comunas con más cantidad de población potencialmente expuesta son Santiago, Maipú y San Bernardo.

Como promedio el 23% de la población total expuesta sobre 55 dBA y 5% sobre 65 dBA.

3.6.4. Estimación de la población afectada por niveles de ruido: análisis de la red ferroviaria

3.6.4.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por red ferroviaria

La tabla 3.6.14. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para el **día** por cada comuna que presentaba valores sobre 60 dBA. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab./km²)

Tabla 3.6.14 Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de red ferroviaria en el día (L_{día} dBA)

Comuna	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	80-100 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab./km ²)	Densidad área habitacional (hab./km ²)
Macul	0,119840694	0,101169115	0,091825334			9.752,71	13.122,26
La Florida	0,533626841	0,25546338	0,254129437	0,073244398	0,000721427	5.472,67	10.694,70
San Ramón	0,034974558	0,031543385	0,025033855	0,007089285		15.864,62	16.522,22
La Granja	0,098476147	0,044367742	0,036363285	0,009786055		14.279,98	15.912,63
Santiago	0,140536122	0,065237571	0,05409988	0,015023511		16.116,62	18.703,21
Nuñoa	0,055656013	0,034059525	0,042651005	0,012632077	0,000516266	13.376,29	14.882,88
Pudahuel	0,093780351	0,043155829	0,056096586	0,002020633		1.192,21	13.653,24
La Cisterna	0,033442878	0,027453467	0,020486336	0,005491069		9.272,53	9.578,29
Puente Alto	0,197388337	0,12209047	0,12174432	0,041269252		7.015,57	11.417,63
Maipú	0,085465057	0,091932653	0,075410818	0,000054304		4.027,73	9.893,07
Lo Prado	0,017780928	0,006238021	0,004823015	0,001566835		17.146,99	18.872,37
San Joaquín	0,104194606	0,017684974				10.614,39	11.154,58
Peñalolén	0,118031957	0,028061132	0,000018219			4.553,83	8.860,74
El Bosque	0,00488833					13.769,82	14.780,68
Estación Central	0,000241863					10.176,50	14.414,37
La Pintana	0,015078087					6.972,05	9.780,30
Pedro Aguirre C.	0,013495414					14.158,68	15.427,46
San Bernardo	0,027251838					1.957,17	5.043,20
Total	1,694150	0,868457	0,782682	0,168177	0,001238		

Tabla de población estimada potencialmente afectada por ruido (dBA **día**) por distrito censal. La Población estimada comunal por el INE para 2016 y las comunas son ordenadas en orden decreciente para la población potencialmente afectada.

Tabla 3.6.15. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red ferroviaria en el día (L_{día} dBA)

Comuna	Superficie sobre 60 dBA (km ²)	Superficie sobre 65 dBA (km ²)	Población potencialmente expuesta sobre 60 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 60 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Macul	0,31	0,19	4.105	2.533	124.492	3,3%	2,0%
La Florida	1,12	0,58	11.948	6.241	389.392	3,1%	1,6%
San Ramón	0,10	0,06	1.630	1.052	99.860	1,6%	1,1%
La Granja	0,19	0,09	3.007	1.440	143.558	2,1%	1,0%
Santiago	0,27	0,13	5.141	2.513	372.330	1,4%	0,7%
Nuñoa	0,15	0,09	2.166	1.337	225.109	1,0%	0,6%
Pudahuel	0,20	0,10	2.663	1.383	235.629	1,1%	0,6%
La Cisterna	0,09	0,05	832	512	92.831	0,9%	0,6%
Puente Alto	0,48	0,29	5.509	3.255	617.914	0,9%	0,5%
Maipú	0,25	0,17	2.502	1.656	554.548	0,5%	0,3%
Lo Prado	0,03	0,01	574	238	113.146	0,5%	0,2%
San Joaquín	0,12	0,02	1.360	197	104.588	1,3%	0,2%
Peñalolén	0,15	0,03	1.295	249	243.847	0,5%	0,1%
El Bosque	0,00	0,00	72	0	194.555	0,0%	0,0%
Estación Central	0,00	0,00	3	0	145.749	0,0%	0,0%
La Pintana	0,02	0,00	147	0	213.702	0,1%	0,0%
Pedro Aguirre C.	0,01	0,00	208	0	122.462	0,2%	0,0%
San Bernardo	0,03	0,00	137	0	300.435	0,0%	0,0%
Total	3,51	1,82	43.300	22.606	4.294.147	1,0%	0,5%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal expuesta son Macul, La Florida y San Ramón. Las comunas con más cantidad de población potencialmente expuesta son La Florida, Puente Alto y Macul.

Como promedio el 1% de la población total expuesta sobre 60 dBA y 0,5% sobre 65 dBA. Esto se debe a la poca cobertura de la red ferroviaria en el Gran Santiago.

3.6.4.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por red ferroviaria

La tabla 3.6.16. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab/km²)

Tabla 3.6.16. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de red ferroviaria en la noche (Ln dBA)

Comuna	50-55 dBA (km ²)	55-60 dBA (km ²)	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab./km ²)	Densidad área habitacional (hab./km ²)
Macul	0,34273221	0,126364499	0,099844187	0,098369661	0,00021159		9.752,71	13.122,26
La Florida	1,190529951	0,564659886	0,25938004	0,255414379	0,088931218	0,001049305	5.472,67	10.694,70
La Granja	0,124586123	0,101551767	0,048296087	0,036086555	0,013457433		14.279,98	15.912,63
Nuñoa	0,108141793	0,05689503	0,034375979	0,043767338	0,013413508	0,000760393	13.376,29	14.882,88
La Cisterna	0,104693113	0,031685991	0,030249387	0,020724191	0,007229791		9.272,53	9.578,29
Pedro Aguirre C.	0,050500934	0,046652432	0,009108337				14.158,68	15.427,46
Providencia	0,05623367	0,043954978	0,028295096				10.423,40	12.975,64
Maipú	0,386586557	0,138616487	0,072048492	0,087220513	0,029694705		4.027,73	9.893,07
San Ramón	0,033789072	0,025345358	0,009203509				15.864,62	16.522,22
Peñalolén	0,238385633	0,122448476	0,033839077	0,000065701			4.553,83	8.860,74
Lo Prado	0,020220656	0,01809222	0,006555804	0,004823984	0,001849101		17.146,99	18.872,37
Santiago	0,07448581	0,053452217	0,022194323				16.116,62	18.703,21
Puente Alto	0,120146451	0,123101995	0,048793664				7.015,57	11.417,63
La Pintana	0,057421146	0,055996124	0,010146573				6.972,05	9.780,30
El Bosque	0,021535245	0,018939283	0,003289214				13.769,82	14.780,68
Estación Central	0,003103877	0,000967097	0,000131102				10.176,50	14.414,37
San Joaquín	0,021109224						10.614,39	11.154,58
San Bernardo	0,023774797						1.957,17	5.043,20
Total	2,977976262	1,528723839	0,715750871	0,546406621	0,154787346	0,001809698		

Tabla de población comunal estimada afectada por ruido (Ln dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por % de la población comunal potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.17. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red ferroviaria en la noche (Ln dBA)

Comunas	Superficie sobre 50 dBA (km2)	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 50 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 50 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA
Macul	0,67	0,32	8.759	4.262	124.492	7%	3%
La Florida	2,36	1,17	25.239	12.507	389.392	6%	3%
La Granja	0,32	0,20	5.155	3.173	143.558	4%	2%
Nuñoa	0,26	0,15	3.830	2.221	225.109	2%	1%
La Cisterna	0,19	0,09	1.864	861	92.831	2%	1%
Pedro Aguirre C.	0,11	0,06	1.639	860	122.462	1%	1%
Providencia	0,13	0,07	1.667	937	149.165	1%	1%
Maipú	0,71	0,33	7.065	3.241	554.548	1%	1%
San Ramón	0,07	0,03	1.129	571	99.860	1%	1%
Peñalolén	0,39	0,16	3.497	1.385	243.847	1%	1%
Lo Prado	0,05	0,03	973	591	113.146	1%	1%
Santiago	0,15	0,08	2.808	1.415	372.330	1%	0%
Puente Alto	0,29	0,17	3.334	1.963	617.914	1%	0%
La Pintana	0,12	0,07	1.208	647	213.702	1%	0%
El Bosque	0,04	0,02	647	329	194.555	0%	0%
Estación Central	0,00	0,00	61	16	145.749	0%	0%
San Joaquín	0,02	0,00	235	0	104.588	0%	0%
San Bernardo	0,02	0,00	120	0	300.435	0%	0%
Total	5,93	2,95	69.232	34.977	4.207.683	2%	1%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta son Macul, La Florida y La Granja. Las comunas con más cantidad de población potencialmente expuesta son La Florida, Maipú y Macul.

Como promedio el 2% de la población total potencialmente expuesta sobre 50 dBA y 1% sobre 55 dBA. Esto se debe a la poca cobertura de la red ferroviaria en el Gran Santiago.

3.6.4.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por red ferroviaria

La tabla 3.6.18. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **día-tarde-noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab./km²).

Tabla 3.6.18. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de red ferroviaria en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comunas	55-60 dBA (km2)	60-65 dBA (km2)	65-70 dBA (km2)	70-75 dBA (km2)	75-80 dBA (km2)	80-85 dBA (km2)	Densidad comunal (hab/km2)	Densidad área habitacional (hab/km2)
Macul	0,24790	0,11026	0,10328	0,06871			9.752,71	13.122,26
La Florida	0,97728	0,43667	0,25362	0,24512	0,02568	0,00007	5.472,67	10.694,70
San Ramón	0,04202	0,03712	0,02770	0,02359	0,00415		15.864,62	16.522,22
La Granja	0,10883	0,09144	0,03911	0,03496	0,00546		14.279,98	15.912,63
Pudahuel	0,21849	0,10248	0,04643	0,05178	0,01145		1.192,21	13.653,24
Santiago	0,14093	0,12951	0,05778	0,05108	0,00817		16.116,62	18.703,21
Nuñoa	0,08215	0,04929	0,03549	0,03648	0,01036		13.376,29	14.882,88
Puente Alto	0,41254	0,15968	0,12881	0,12712	0,00657		7.015,57	11.417,63
La Cisterna	0,05679	0,03616	0,02297	0,01915	0,00295		9.272,53	9.578,29
Maipú	0,31698	0,10383	0,08578	0,07560	0,01342		4.027,73	9.893,07
Lo Prado	0,01806	0,01510	0,00537	0,00455	0,00088		17.146,99	18.872,37
San Joaquín	0,21444	0,07956	0,00839				10.614,39	11.154,58
Peñalolén	0,18701	0,10503	0,01008				4.553,83	8.860,74
El Bosque	0,02018	0,00620					13.769,82	14.780,68
Estación Central	0,00098	0,00033					10.176,50	14.414,37
La Pintana	0,05842	0,01912					6.972,05	9.780,30
Pedro Aguirre Cerda	0,04797	0,01738					14.158,68	15.427,46
San Bernardo	0,14567	0,04135					1.957,17	5.043,20
Total	3,29665	1,54052	0,82481	0,73814	0,08910	0,00007		

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Lden dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por porcentaje de la población comunal potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.19. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red ferroviaria en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comunas	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Superficie sobre 65 dBA (km2)	Población potencialment e expuesta sobre 55 dBA	Población potencialment e expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA	% de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Macul	0,53	0,17	6.957	2.257	124.492	6%	2%
La Florida	1,94	0,52	20.731	5.609	389.392	5%	1%
San Ramón	0,13	0,06	2.224	916	99.860	2%	1%
La Granja	0,28	0,08	4.452	1.266	143.558	3%	1%
Pudahuel	0,43	0,11	5.880	1.497	235.629	2%	1%
Santiago	0,39	0,12	7.247	2.189	372.330	2%	1%
Nuñoa	0,21	0,08	3.182	1.225	225.109	1%	1%
Puente Alto	0,83	0,26	9.531	2.997	617.914	2%	0%
La Cisterna	0,14	0,05	1.322	432	92.831	1%	0%
Maipú	0,60	0,17	5.892	1.729	554.548	1%	0%
Lo Prado	0,04	0,01	829	204	113.146	1%	0%
San Joaquín	0,30	0,01	3.373	94	104.588	3%	0%
Peñalolén	0,30	0,01	2.677	89	243.847	1%	0%
El Bosque	0,03	0,00	390	0	194.555	0%	0%
Estación Central	0,00	0,00	19	0	145.749	0%	0%
La Pintana	0,08	0,00	758	0	213.702	0%	0%
Pedro Aguirre C.	0,07	0,00	1.008	0	122.462	1%	0%
San Bernardo	0,19	0,00	943	0	300.435	0%	0%
Total	6,49	1,65	77.415	20.504	4.294.147	1,8%	0,5%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta son Macul, La Florida y San Ramón. Las comunas con más cantidad de población potencialmente expuesta son La Florida, Puente Alto y Macul.

Como promedio el 1,8 % de la población total potencialmente expuesta sobre 55 dBA y 0,5 % sobre 65 dBA. Esto se debe a la poca cobertura de la red ferroviaria en el Gran Santiago.

3.6.5. Estimación de población afectada por ruido de transporte terrestre: análisis de Mapa Global Urbano

3.6.5.1. Análisis descriptor Ld para ruido generado por red vial del transporte terrestre (Gran Santiago – Mapa Global)

La tabla 3.6.20. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibelios) para el día por cada comuna que presentaba valores sobre 60 dBA. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab./km²).

Tabla 3.6.20. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de la red vial del transporte terrestre (Mapa Global) en el día (L_{día} dBA)

Comunas	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	80-85 dBA (km ²)	85-90 dBA (km ²)	90-95 dBA (km ²)	95-100 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab/km ²)	Densidad área habitacional (hab/km ²)
Santiago	6,349217	3,264196	2,322250	1,235465	0,274935	0,156740	0,003520		16.116,62	18.703,21
Vitacura	4,344978	3,497822	1,508160	0,655173	0,432515	0,050186	0,000146	0,000023	3.118,45	4.731,72
Providencia	1,660440	1,731532	1,323941	0,586122	0,051864	0,001280			10.423,40	12.975,64
Nuñoa	2,364627	2,150928	1,466450	0,570792	0,045137	0,000036			13.376,29	14.882,88
Las Condes	7,095629	5,907156	2,772869	0,963311	0,146919	0,006486			2.892,88	7.907,84
Lo Espejo	2,199906	0,774709	0,564609	0,282790	0,156278	0,057513			14.664,57	17.576,33
Independencia	2,067038	0,941919	0,366641	0,232457	0,060914	0,015399	0,000043		11.263,02	13.797,65
Pedro Aguirre C.	2,651153	1,129379	0,502562	0,263514	0,073612	0,074229	0,001888		14.158,68	15.427,46
Cerrillos	2,482629	1,450390	0,583234	0,235988	0,095589	0,028736	0,000035		5.157,06	8.682,73
La Reina	3,228049	2,200534	1,085392	0,386667	0,050142	0,000014			4.315,80	6.400,67
Recoleta	2,878018	1,514531	0,651590	0,400166	0,061467				10.768,60	14.563,05
La Cisterna	2,508326	1,014723	0,635983	0,230981	0,202319	0,062172	0,000164		9.272,53	9.578,29
Macul	2,399770	1,247903	0,571221	0,169644	0,009831	0,000011			9.752,71	13.122,26
San Miguel	2,283562	1,109086	0,451905	0,147413	0,068494	0,056868	0,001791		11.710,71	12.728,83
Conchalí	2,677233	1,026630	0,547395	0,306504	0,042452	0,000021			12.905,66	14.854,48
Estación Central	2,300587	0,975769	0,677129	0,259018	0,035400	0,037687	0,000517		10.176,50	14.414,37
La Granja	1,997400	0,878346	0,533526	0,198283	0,114662	0,013183			14.279,98	15.912,63
Renca	3,426326	1,281113	0,685620	0,303203	0,237203	0,147826	0,000154		6.373,08	10.986,99
San Ramón	1,263103	0,569497	0,336643	0,092935	0,075381	0,012515			15.864,62	16.522,22
La Florida	7,099536	3,399067	1,633123	0,620811	0,220655	0,015642			5.472,67	10.694,70
Quinta Normal	2,621036	0,993185	0,568385	0,164797	0,025544	0,030039	0,000214		9.823,66	10.227,14
Lo Prado	1,056222	0,470166	0,361019	0,100744	0,001314				17.146,99	18.872,37
Huechuraba	3,350518	1,646095	0,612504	0,268613	0,037671	0,000226			2.161,30	5.826,17
San Joaquín	1,842505	0,798358	0,456033	0,164498	0,018445	0,000033			10.614,39	11.154,58
Maipú	7,401873	4,919831	2,207021	0,922956	0,208214	0,073032			4.027,73	9.893,07
Peñalolén	5,395957	2,573477	0,895173	0,240258	0,039115	0,001649			4.553,83	8.860,74
Puente Alto	8,767946	4,298426	2,151367	0,772271	0,102530	0,000225			7.015,57	11.417,63
Cerro Navia	1,280688	0,680002	0,440940	0,128760	0,006318	0,001126			14.177,98	16.280,88
Lo Barnechea	3,807241	3,018242	1,268925	0,372213	0,046408	0,004166			103,58	2.838,84
Quilicura	3,550737	1,894022	0,767708	0,380965	0,174767	0,091966	0,000198		3.820,57	8.238,91
La Pintana	2,797422	1,350635	0,858896	0,337017	0,096831				6.972,05	9.780,30
Pudahuel	2,327084	0,991580	0,608257	0,233408	0,040089	0,019858	0,000059		1.192,21	13.653,24
El Bosque	1,800108	0,777496	0,461867	0,161256	0,006985	0,000772			13.769,82	14.780,68
San Bernardo	6,688723	2,741017	1,621850	0,747230	0,199381	0,184854	0,002166		1.957,17	5.043,20
Padre Hurtado	1,027469	0,655610	0,236015	0,078959	0,102271	0,001311			709,12	4.705,25
Total	116,99537	63,87337	32,73620	13,21518	3,561650	1,145802	0,010893	0,000023	300.109,81	406.036,94

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (dBA día). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por porcentaje de la población comunal potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.21. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red vial del transporte terrestre (Mapa Global) en el día (Ldia dBA)

Comunas	Superficie sobre 60 dBA (km2)	Superficie sobre 65 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 60 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	Porcentaje de población comunal potencialmente expuesta sobre 60 dBA	Porcentaje de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Santiago	13,61	7,26	254.482	135.731	372.330	68%	36%
Vitacura	10,49	6,14	49.631	29.072	88.548	56%	33%
Providencia	5,36	3,69	69.487	47.942	149.165	47%	32%
Nuñoa	6,60	4,23	98.197	63.004	225.109	44%	28%
Las Condes	16,89	9,80	133.582	77.471	285.140	47%	27%
Lo Espejo	4,04	1,84	70.935	32.268	120.145	59%	27%
Independencia	3,68	1,62	50.836	22.316	84.354	60%	26%
Pedro Aguirre C.	4,70	2,05	72.453	31.552	122.462	59%	26%
Cerrillos	4,88	2,39	42.342	20.786	86.240	49%	24%
La Reina	6,95	3,72	44.490	23.828	101.614	44%	23%
Recoleta	5,51	2,63	80.181	38.268	169.372	47%	23%
La Cisterna	4,65	2,15	44.584	20.558	92.831	48%	22%
Macul	4,40	2,00	57.717	26.226	124.492	46%	21%
San Miguel	4,12	1,84	52.432	23.365	112.686	47%	21%
Conchalí	4,60	1,92	68.334	28.565	141.185	48%	20%
Estación Central	4,29	1,99	61.782	28.620	145.749	42%	20%
La Granja	3,74	1,74	59.440	27.656	143.558	41%	19%
Renca	6,08	2,66	66.817	29.172	152.399	44%	19%
San Ramón	2,35	1,09	38.828	17.959	99.860	39%	18%
La Florida	12,99	5,89	138.912	62.984	389.392	36%	16%
Quinta Normal	4,40	1,78	45.032	18.226	115.592	39%	16%
Lo Prado	1,99	0,93	37.546	17.613	113.146	33%	16%
Huechuraba	5,92	2,57	34.465	14.945	97.470	35%	15%
San Joaquín	3,28	1,44	36.586	16.033	104.588	35%	15%
Maipú	15,73	8,33	155.647	82.420	554.548	28%	15%
Peñalolén	9,15	3,75	81.037	33.225	243.847	33%	14%
Puente Alto	16,09	7,32	183.741	83.632	617.914	30%	14%
Cerro Navia	2,54	1,26	41.318	20.467	158.506	26%	13%
Lo Barnechea	8,52	4,71	24.179	13.371	106.187	23%	13%
Quilicura	6,86	3,31	56.522	27.268	216.857	26%	13%
La Pintana	5,44	2,64	53.235	25.853	213.702	25%	12%
Pudahuel	4,22	1,89	57.621	25.849	235.629	24%	11%
El Bosque	3,21	1,41	47.424	20.817	194.555	24%	11%
San Bernardo	12,19	5,50	61.452	27.720	300.435	20%	9%
Padre Hurtado	2,10	1,07	9.889	5.054	57.287	17%	9%
Total	231,54	114,54	2.481.154,08	1.219.836,66	6.536.894,00	38%	19%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta son Santiago, Vitacura y Providencia. Las comunas con más cantidad de población expuesta son Santiago, Puente Alto y Maipú.

Como promedio el 38 % de la población total expuesta sobre 60 dBA y 19 % sobre 65 dBA. Esto se debe a la amplia cobertura de la red vial en el Gran Santiago siendo mayor en aquellas de mayor densidad de red.

Tabla 3.6.22. Resumen población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red vial del transporte terrestre (Mapa Global) en el día (dBA Ldía)

Comunas	Población Comunal 2016	Ld Día	
		Población potencialmente expuesta sobre 60 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Santiago	372.330	254.482	135.731
Puente Alto	617.914	183.741	83.632
Maipú	554.548	155.647	82.420
Las Condes	285.140	133.582	77.471
Nuñoa	225.109	98.197	63.004
La Florida	389.392	138.912	62.984
Providencia	149.165	69.487	47.942
Recoleta	169.372	80.181	38.268
Peñalolén	243.847	81.037	33.225
Lo Espejo	120.145	70.935	32.268
Pedro Aguirre Cerda	122.462	72.453	31.552
Renca	152.399	66.817	29.172
Vitacura	88.548	49.631	29.072
Estación Central	145.749	61.782	28.620
Conchalí	141.185	68.334	28.565
San Bernardo	300.435	61.452	27.720
La Granja	143.558	59.440	27.656
Quilicura	216.857	56.522	27.268
Macul	124.492	57.717	26.226
La Pintana	213.702	53.235	25.853
Pudahuel	235.629	57.621	25.849
La Reina	101.614	44.490	23.828
San Miguel	112.686	52.432	23.365
Independencia	84.354	50.836	22.316
El Bosque	194.555	47.424	20.817
Cerrillos	86.240	42.342	20.786
La Cisterna	92.831	44.584	20.558
Cerro Navia	158.506	41.318	20.467
Quinta Normal	115.592	45.032	18.226
San Ramón	99.860	38.828	17.959
Lo Prado	113.146	37.546	17.613
San Joaquín	104.588	36.586	16.033
Huechuraba	97.470	34.465	14.945
Lo Barnechea	106.187	24.179	13.371
Padre Hurtado	57.287	9.889	5.054
Total	6.536.894	2.481.154	1.219.837

En la tabla 3.6.22. se presentan las comunas ordenadas de mayor a menor por población potencialmente expuesta.

El total de población potencialmente expuesta sobre 60 dBA es 2.481.154 (38%) y sobre 65 dBA 1.219.837 (19%) de la población total de las comunas.

3.6.5.2. Análisis descriptor Ln para ruido generado por red vial del transporte terrestre (Gran Santiago – Mapa Global)

La tabla 3.6.23. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (hab/km²)

Tabla 3.6.23. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de la red vial del transporte terrestre (Mapa Global) en la noche (Ln dBA)

Comunas	50-55 dBA (km2)	55-60 dBA (km2)	60-65 dBA (km2)	66-70 dBA (km2)	71-75 dBA (km2)	75-80 dBA (km2)	80-85 dBA (km2)	85-90 dBA (km2)	Densidad comunal (hab/km2)	Densidad área habít. (hab/km2)
Lo Espejo	2,212948	2,194351	0,823968	0,395840	0,269923	0,106914	0,122531	0,004119	14.664,57	17.576,33
Santiago	4,400406	5,781004	2,112440	1,462092	0,880857	0,240776	0,095298	0,000120	16.116,62	18.703,21
Pedro Aguirre C	2,913931	2,400150	0,801078	0,371603	0,217837	0,090429	0,056536	0,000017	14.158,68	15.427,46
La Cisterna	3,041280	2,628598	1,200638	0,479069	0,218320	0,096098	0,177013	0,005095	9.272,53	9.578,29
Cerrillos	2,596585	2,524358	1,038335	0,443169	0,200078	0,076547	0,046357	0,000482	5.157,06	8.682,73
La Granja	2,543963	2,154809	0,968224	0,371708	0,188388	0,060470	0,088253	0,005935	14.279,98	15.912,63
Independencia	2,632393	1,529272	0,414947	0,266145	0,178139	0,032790	0,008865		11.263,02	13.797,65
San Ramón	1,859504	1,411949	0,616866	0,195763	0,074907	0,025063	0,065344	0,006659	15.864,62	16.522,22
Estación Cent.	3,596182	2,211633	0,736039	0,435459	0,385780	0,058467	0,024370		10.176,50	14.414,37
San Miguel	3,308026	2,118927	0,774600	0,199402	0,129465	0,072052	0,051106		11.710,71	12.728,83
Vitacura	5,487733	3,853274	1,200060	0,683781	0,593130	0,319440	0,002634	0,000041	3.118,45	4.731,72
Renca	4,103627	2,524847	0,848849	0,479414	0,341189	0,231741	0,062639		6.373,08	10.986,99
Conchalí	4,246060	1,848712	0,582383	0,371916	0,217633	0,010408			12.905,66	14.854,48
Recoleta	4,198407	2,217651	0,712073	0,454191	0,276270	0,016589			10.768,60	14.563,05
Quinta Normal	4,590180	2,219804	0,645947	0,361467	0,257416	0,044726	0,016384		9.823,66	10.227,14
La Florida	10,23639	6,516507	2,300606	1,266247	0,713585	0,211514	0,145760	0,006161	5.472,67	10.694,70
Nuñoa	5,043328	2,543467	0,931521	0,705064	0,406110	0,037420	0,000161		13.376,29	14.882,88
San Joaquín	3,924923	1,729425	0,591706	0,258857	0,142319	0,021892	0,000852		10.614,39	11.154,58
Lo Prado	1,973679	0,937001	0,403423	0,248407	0,110781	0,007151			17.146,99	18.872,37
Providencia	3,323696	1,696340	0,568827	0,546661	0,418775	0,025909			10.423,40	12.975,64
Peñalolén	7,998308	4,857414	1,444818	0,820205	0,377084	0,057401	0,021937	0,000746	4.553,83	8.860,74
La Reina	4,916400	2,508840	0,769027	0,487732	0,262724	0,057506	0,000620		4.315,80	6.400,67
Cerro Navia	3,309704	1,165107	0,490245	0,357529	0,219448	0,017189	0,000020		14.177,98	16.280,88
Puente Alto	14,88668	7,029291	2,545591	1,497963	0,965727	0,169276	0,001654		7.015,57	11.417,63
Las Condes	9,953198	5,002443	1,411612	0,911420	0,674537	0,132716	0,001045		2.892,88	7.907,84
Huechuraba	4,232955	2,344736	0,810264	0,396029	0,167888	0,012220			2.161,30	5.826,17
Maipú	11,43893	6,744605	2,810580	1,321227	0,763988	0,175167	0,086653	0,001107	4.027,73	9.893,07
Pudahuel	3,828682	2,057753	0,814273	0,464591	0,231329	0,057468	0,010615		1.192,21	13.653,24
La Pintana	4,690859	2,274685	0,874758	0,586864	0,286440	0,082634			6.972,05	9.780,30
Macul	2,682492	0,972320	0,523535	0,216598	0,035139	0,001021	0,000007		9.752,71	13.122,26
El Bosque	2,859333	1,534507	0,494159	0,219078	0,135449	0,004998	0,000707		13.769,82	14.780,68
Quilicura	4,278915	2,618522	1,056659	0,539649	0,273984	0,155775	0,044981	0,000062	3.820,57	8.238,91
San Bernardo	9,964109	5,715335	1,904162	1,135626	0,636784	0,213318	0,128184	0,000700	1.957,17	5.043,20
Padre Hurtado	1,341337	0,967381	0,325401	0,116091	0,072449	0,112732	0,003518		709,12	4.705,25
Lo Barnechea	4,411996	2,262088	0,696436	0,431334	0,244745	0,041231	0,000184		103,58	2.838,84
Total	167,02715	99,097109	35,244052	19,498191	11,568613	3,077049	1,264227	0,031245		

Tabla de población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Ln dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por porcentaje de la población comunal potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.24. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red vial del transporte terrestre (Mapa Global) en la noche (Ln dBA)

Comunas	Superficie sobre 50 dBA (km2)	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 50 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población Comunal 2016	Porcentaje de población comunal potencialmente expuesta sobre 50 dBA	Porcentaje de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA
Lo Espejo	6,13	3,92	107.753	68.858	120.145	90%	57%
Santiago	14,97	10,57	280.043	197.741	372.330	75%	53%
Pedro Aguirre C.	6,85	3,94	105.702	60.748	122.462	86%	50%
La Cisterna	7,85	4,80	75.152	46.022	92.831	81%	50%
Cerrillos	6,93	4,33	60.136	37.590	86.240	70%	44%
La Granja	6,38	3,84	101.550	61.069	143.558	71%	43%
Independencia	5,06	2,43	69.851	33.530	84.354	83%	40%
San Ramón	4,26	2,40	70.319	39.596	99.860	70%	40%
Estación Central	7,45	3,85	107.357	55.521	145.749	74%	38%
San Miguel	6,65	3,35	84.692	42.585	112.686	75%	38%
Vitacura	12,14	6,65	57.444	31.477	88.548	65%	36%
Renca	8,59	4,49	94.404	49.317	152.399	62%	32%
Conchalí	7,28	3,03	108.098	45.025	141.185	77%	32%
Recoleta	7,88	3,68	114.687	53.545	169.372	68%	32%
Quinta Normal	8,14	3,55	83.207	36.263	115.592	72%	31%
La Florida	21,40	11,16	228.832	119.357	389.392	59%	31%
Nuñoa	9,67	4,62	143.874	68.815	225.109	64%	31%
San Joaquín	6,67	2,75	74.401	30.620	104.588	71%	29%
Lo Prado	3,68	1,71	69.459	32.211	113.146	61%	28%
Providencia	6,58	3,26	85.382	42.255	149.165	57%	28%
Peñalolén	15,58	7,58	138.032	67.161	243.847	57%	28%
La Reina	9,00	4,09	57.624	26.156	101.614	57%	26%
Cerro Navia	5,56	2,25	90.509	36.624	158.506	57%	23%
Puente Alto	27,10	12,21	309.374	139.404	617.914	50%	23%
Las Condes	18,09	8,13	143.029	64.321	285.140	50%	23%
Huechuraba	7,96	3,73	46.400	21.738	97.470	48%	22%
Maipú	23,34	11,90	230.927	117.760	554.548	42%	21%
Pudahuel	7,46	3,64	101.917	49.644	235.629	43%	21%
La Pintana	8,80	4,11	86.030	40.152	213.702	40%	19%
Macul	4,43	1,75	58.146	22.946	124.492	47%	18%
El Bosque	5,25	2,39	77.572	35.310	194.555	40%	18%
Quilicura	8,97	4,69	73.891	38.637	216.857	34%	18%
San Bernardo	19,70	9,73	99.342	49.091	300.435	33%	16%
Padre Hurtado	2,94	1,60	13.828	7.517	57.287	24%	13%
Lo Barnechea	8,09	3,68	22.961	10.436	106.187	22%	10%
Total	336,81	169,78	3.671.927	1.879.041	6.536.894	56%	29%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal potencialmente expuesta son Lo Espejo, Santiago, Pedro Aguirre Cerda y La Cisterna.

Como promedio el 56 % de la población total potencialmente expuesta sobre 50 dBA y 29 % sobre 55 dBA.

Tabla 3.6.24. Resumen población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red vial del transporte terrestre (Mapa Global) en la noche (Ln dBA)

Comunas	Población Comunal 2016	Ln Noche	
		Población potencialmente expuesta sobre 50 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA
Santiago	372.330	280.043	197.741
Puente Alto	617.914	309.374	139.404
La Florida	389.392	228.832	119.357
Maipú	554.548	230.927	117.760
Lo Espejo	120.145	107.753	68.858
Nuñoa	225.109	143.874	68.815
Peñalolén	243.847	138.032	67.161
Las Condes	285.140	143.029	64.321
La Granja	143.558	101.550	61.069
Pedro Aguirre Cerda	122.462	105.702	60.748
Estación Central	145.749	107.357	55.521
Recoleta	169.372	114.687	53.545
Pudahuel	235.629	101.917	49.644
Renca	152.399	94.404	49.317
San Bernardo	300.435	99.342	49.091
La Cisterna	92.831	75.152	46.022
Conchalí	141.185	108.098	45.025
San Miguel	112.686	84.692	42.585
Providencia	149.165	85.382	42.255
La Pintana	213.702	86.030	40.152
San Ramón	99.860	70.319	39.596
Quilicura	216.857	73.891	38.637
Cerrillos	86.240	60.136	37.590
Cerro Navia	158.506	90.509	36.624
Quinta Normal	115.592	83.207	36.263
El Bosque	194.555	77.572	35.310
Independencia	84.354	69.851	33.530
Lo Prado	113.146	69.459	32.211
Vitacura	88.548	57.444	31.477
San Joaquín	104.588	74.401	30.620
La Reina	101.614	57.624	26.156
Macul	124.492	58.146	22.946
Huechuraba	97.470	46.400	21.738
Lo Barnechea	106.187	22.961	10.436
Padre Hurtado	57.287	13.828	7.517
Total	6.536.894	3.671.927	1.879.041

En la tabla 3.6.24. se presentan las comunas ordenadas de mayor a menor por población potencialmente expuesta.

El total de población potencialmente expuesta sobre 50 dBA es 3.671.927 (56%) y sobre 55 dBA 1.879.041 (29%) de la población total de las comunas.

3.6.5.3. Análisis descriptor Lden para ruido generado por red vial del transporte terrestre (Gran Santiago – Mapa Global)

La tabla 3.6.25. muestra los datos obtenidos del área afectada (en Km²) por niveles de ruido (en Decibeles) para la **día-tarde-noche** por cada comuna. Se agregó la densidad de población comunal y la densidad de población calculada con uso habitacional para cada comuna según población estimada INE 2016 (Hab./km²).

Tabla 3.6.25. Análisis comunal de superficie y densidad según exposición al ruido de la red vial (Mapa Global) en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comunas	55-60 dBA (km ²)	60-65 dBA (km ²)	65-70 dBA (km ²)	70-75 dBA (km ²)	75-80 dBA (km ²)	80-85 dBA (km ²)	85-90 dBA (km ²)	90-95 dBA (km ²)	95-100 dBA (km ²)	Densidad comunal (hab/km ²)	Densidad área habitacional (hab/km ²)
Santiago	1,421706	4,932198	4,902457	2,625231	1,610569	0,633419	0,218504	0,038508		16.116,62	18.703,21
Lo Espejo	1,164689	2,605752	1,561364	0,701991	0,413129	0,153937	0,157740	0,029907		14.664,57	17.576,33
Pedro Aguirre C	1,584062	2,993776	1,910137	0,670628	0,373648	0,138334	0,082134	0,026719		14.158,68	15.427,46
La Cisterna	2,326843	3,239976	2,072111	0,932637	0,382523	0,152484	0,172468	0,049232		9.272,53	9.578,29
Vitacura	3,815530	4,874212	3,942422	1,734027	0,752232	0,514281	0,196225	0,000373		3.118,45	4.731,72
Macul	2,210103	3,367114	2,141613	0,800375	0,397384	0,097635	0,005912	0,000047		9.752,71	13.122,26
Cerrillos	2,437588	2,768730	2,123089	0,853237	0,369441	0,125218	0,083301	0,009458		5.157,06	8.682,73
Independencia	1,205867	2,545605	1,282335	0,467263	0,275495	0,117107	0,024934	0,002172		11.263,02	13.797,65
Providencia	2,632553	2,518395	1,775619	1,272138	0,731425	0,201523	0,006090			10.423,40	12.975,64
La Granja	2,685630	2,488434	1,785076	0,759977	0,334781	0,110675	0,091673	0,025071		14.279,98	15.912,63
Nuñoa	4,441908	3,815804	2,390723	1,526826	0,810451	0,195131	0,005901			13.376,29	14.882,88
San Ramón	1,919361	1,777773	1,108527	0,499284	0,170054	0,040115	0,062269	0,021603		15.864,62	16.522,22
San Miguel	2,387493	3,111726	1,681134	0,673571	0,209654	0,109623	0,052541	0,030161		11.710,71	12.728,83
Las Condes	10,33048	8,721124	6,410655	2,829032	1,166485	0,414623	0,046738	0,000031		2.892,88	7.907,84
Estación Cent.	2,866890	3,522001	1,487899	0,743410	0,550640	0,155130	0,044229	0,010091		10.176,50	14.414,37
Recoleta	3,498504	3,818990	1,958319	0,801636	0,501875	0,169090	0,003073			10.768,60	14.563,05
Conchalí	2,817121	3,732531	1,500394	0,654952	0,387440	0,128814	0,001734			12.905,66	14.854,48
La Reina	4,934352	4,355983	2,574840	1,190173	0,519100	0,162741	0,014457			4.315,80	6.400,67
Renca	3,669417	4,022878	1,933998	0,835653	0,478831	0,260528	0,220514	0,016700		6.373,08	10.986,99
La Florida	10,37743	8,928716	5,671335	2,019699	1,135537	0,423734	0,167576	0,037175		5.472,67	10.694,70
Quinta Normal	3,739761	3,790651	1,636049	0,683183	0,412132	0,099708	0,034478	0,007168		9.823,66	10.227,14
San Joaquín	3,467357	3,165532	1,363057	0,598553	0,260125	0,079517	0,005587			10.614,39	11.154,58
Lo Prado	2,457925	1,514889	0,731936	0,417653	0,246600	0,039928	0,000017			17.146,99	18.872,37
Peñalolén	8,470912	7,056415	4,198890	1,221492	0,651518	0,143734	0,031250	0,005172		4.553,83	8.860,74
Huechuraba	4,717244	3,959077	2,264149	0,809277	0,384071	0,098179	0,003164			2.161,30	5.826,17
Puente Alto	18,88792	11,38312	6,407527	2,493654	1,487087	0,507438	0,036626	0,000024		7.015,57	11.417,63
Maipú	15,53933	9,571708	6,326484	2,955574	1,310699	0,515265	0,137664	0,019023		4.027,73	9.893,07
Cerro Navia	4,718133	2,083903	0,927854	0,516634	0,361137	0,083921	0,002216	0,000010		14.177,98	16.280,88
Pudahuel	4,110731	3,164493	1,579580	0,761885	0,436862	0,126869	0,035314	0,002386		1.192,21	13.653,24
La Pintana	6,705001	4,137498	1,957216	0,981586	0,548610	0,181898	0,037594			6.972,05	9.780,30
El Bosque	5,207746	2,303717	1,346972	0,559604	0,253265	0,053324	0,000688	0,000273		13.769,82	14.780,68
Quilicura	4,815317	4,016206	2,458686	1,041687	0,505155	0,202701	0,147991	0,014743	0,000012	3.820,57	8.238,91
San Bernardo	11,65093	8,787319	4,806149	1,912030	1,102637	0,375805	0,215889	0,054654	0,000209	1.957,17	5.043,20
Lo Barnechea	7,138694	4,196102	3,318027	1,292902	0,523863	0,129288	0,016045	0,000016		103,58	2.838,84
Padre Hurtado	1,818666	1,261865	0,865762	0,396344	0,092824	0,100750	0,055235			709,12	4.705,25
Total	172,1732	148,5342	90,40238	39,23379	20,14727	7,042466	2,417775	0,400718	0,000221		

Tabla con población comunal estimada potencialmente afectada por ruido (Lden dBA). Las comunas son ordenadas en orden decreciente por porcentaje de la población comunal potencialmente expuesta.

Tabla 3.6.26. Población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red vial (Mapa Global) en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comunas	Superficie sobre 55 dBA (km2)	Superficie sobre 65 dBA (km2)	Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA	Población Comunal 2016	Porcentaje de población comunal potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Porcentaje de población comunal potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Santiago	16,38	10,03	306.407	187.569	372.330	82%	50%
Lo Espejo	6,79	3,02	119.317	53.047	120.145	99%	44%
Pedro Aguirre C	7,78	3,20	120.017	49.393	122.462	98%	40%
La Cisterna	9,33	3,76	89.349	36.028	92.831	96%	39%
Vitacura	15,83	7,14	74.900	33.782	88.548	85%	38%
Macul	9,02	3,44	118.365	45.180	124.492	95%	36%
Cerrillos	8,77	3,56	76.148	30.943	86.240	88%	36%
Independencia	5,92	2,17	81.693	29.931	84.354	97%	35%
Providencia	9,14	3,99	118.568	51.731	149.165	79%	35%
La Granja	8,28	3,11	131.778	49.445	143.558	92%	34%
Nuñoa	13,19	4,93	196.257	73.358	225.109	87%	33%
San Ramón	5,60	1,90	92.508	31.423	99.860	93%	31%
San Miguel	8,26	2,76	105.088	35.089	112.686	93%	31%
Las Condes	29,92	10,87	236.596	85.939	285.140	83%	30%
Estación Central	9,38	2,99	135.211	43.119	145.749	93%	30%
Recoleta	10,75	3,43	156.574	50.009	169.372	92%	30%
Conchalí	9,22	2,67	137.003	39.711	141.185	97%	28%
La Reina	13,75	4,46	88.020	28.555	101.614	87%	28%
Renca	11,44	3,75	125.675	41.160	152.399	82%	27%
La Florida	28,76	9,46	307.592	101.119	389.392	79%	26%
Quinta Normal	10,40	2,87	106.394	29.380	115.592	92%	25%
San Joaquín	8,94	2,31	99.719	25.732	104.588	95%	25%
Lo Prado	5,41	1,44	102.080	27.103	113.146	90%	24%
Peñalolén	21,78	6,25	192.981	55.398	243.847	79%	23%
Huechuraba	12,24	3,56	71.284	20.734	97.470	73%	21%
Puente Alto	41,20	10,93	470.445	124.822	617.914	76%	20%
Maipú	36,38	11,26	359.868	111.442	554.548	65%	20%
Cerro Navia	8,69	1,89	141.543	30.800	158.506	89%	19%
Pudahuel	10,22	2,94	139.510	40.180	235.629	59%	17%
La Pintana	14,55	3,71	142.298	36.255	213.702	67%	17%
El Bosque	9,73	2,21	143.751	32.726	194.555	74%	17%
Quilicura	13,20	4,37	108.774	36.012	216.857	50%	17%
San Bernardo	28,91	8,47	145.777	42.703	300.435	49%	14%
Lo Barnechea	16,61	5,28	47.167	14.989	106.187	44%	14%
Padre Hurtado	4,59	1,51	21.604	7.109	57.287	38%	12%
Total	480,35	159,64	5.110.260	1.731.916	6.536.894	78%	26%

Las comunas que tienen mayor porcentaje de población comunal expuesta son Santiago, Lo Espejo y Pedro Aguirre Cerda, las comunas con más cantidad de población expuesta son Santiago, Puente Alto y Maipú.

Como promedio el 78 % de la población total potencialmente expuesta sobre 55 dBA y 26 % sobre 65 dBA.

Tabla 3.6.27. Resumen población comunal estimada potencialmente afectada por ruido de la red vial (Mapa Global) en el día-tarde-noche (Lden dBA)

Comunas	Población Comunal 2016	Lden	
		Población potencialmente expuesta sobre 55 dBA	Población potencialmente expuesta sobre 65 dBA
Santiago	372.330	306.407	187.569
Puente Alto	617.914	470.445	124.822
Maipú	554.548	359.868	111.442
La Florida	389.392	307.592	101.119
Las Condes	285.140	236.596	85.939
Nuñoa	225.109	196.257	73.358
Peñalolén	243.847	192.981	55.398
Lo Espejo	120.145	119.317	53.047
Providencia	149.165	118.568	51.731
Recoleta	169.372	156.574	50.009
La Granja	143.558	131.778	49.445
Pedro Aguirre Cerda	122.462	120.017	49.393
Macul	124.492	118.365	45.180
Estación Central	145.749	135.211	43.119
San Bernardo	300.435	145.777	42.703
Renca	152.399	125.675	41.160
Pudahuel	235.629	139.510	40.180
Conchalí	141.185	137.003	39.711
La Pintana	213.702	142.298	36.255
La Cisterna	92.831	89.349	36.028
Quilicura	216.857	108.774	36.012
San Miguel	112.686	105.088	35.089
Vitacura	88.548	74.900	33.782
El Bosque	194.555	143.751	32.726
San Ramón	99.860	92.508	31.423
Cerrillos	86.240	76.148	30.943
Cerro Navia	158.506	141.543	30.800
Independencia	84.354	81.693	29.931
Quinta Normal	115.592	106.394	29.380
La Reina	101.614	88.020	28.555
Lo Prado	113.146	102.080	27.103
San Joaquín	104.588	99.719	25.732
Huechuraba	97.470	71.284	20.734
Lo Barnechea	106.187	47.167	14.989
Padre Hurtado	57.287	21.604	7.109
Total	6.536.894	5.110.260	1.731.916

En la tabla 3.6.27. se presentan las comunas ordenadas de mayor a menor por población potencialmente expuesta.

El total de población potencialmente expuesta sobre 55 dBA es 5.110.260 (78%) y sobre 65 dBA 1.731.916 (26%) de la población total de las comunas analizadas.

3.6.6. Estimación de la Superficie modelada sobre recomendaciones internacionales Gran Santiago

Para el mapa de ruido, se ha realizado el ejercicio del análisis de los valores de modelación obtenidos calculando la superficie por intervalo de 5 dBA. En ArcGis se calculó la superficie de los polígonos en hectáreas, lo mismo se hace para la cobertura de las áreas edificadas, luego se intersectan estas capas para obtener la superficies edificadas según intervalo de ruido, para finalmente en Excel mediante procesamiento de los datos a través de tablas dinámicas se suman los totales de superficies por rangos y a la superficie original del mapa modelado se le descuenta el área de superficie edificada para obtener la superficie afectada por intervalo de ruido que se presenta en las siguientes tablas para los descriptores Ld (día), Ln (noche) y Lden (día-tarde-noche) .

La diferencia entre la superficie total modelada se debe a que por razones de gestión de la información, se debió procesar por comunas y luego sumar, lo que genera aproximaciones por decimales.

Tabla 3.6.28. Análisis de superficie del Mapa de Ruido de descriptor Ld diurno para el Gran Santiago (en hectáreas)

Intervalo [dBA]		Análisis de Superficie [hectáreas]			Porcentaje de superficie final afectada respecto de la original	Porcentaje de superficie final afectada
Mín.	Máx.	Superficie Original	Área edificada	Superficie Final Afectada (Original menos área edificada)		
30	35	279,72	26,79	252,93	90,42%	0,46%
35	40	513,23	75,10	438,13	85,37%	0,80%
40	45	1.633,54	367,95	1.265,59	77,48%	2,32%
45	50	5.760,59	1.635,56	4.125,03	71,61%	7,56%
50	55	16.757,11	7.534,78	9.222,33	55,04%	16,90%
55	60	22.791,26	10.238,29	12.552,97	55,08%	23,01%
60	65	15.682,42	4.112,14	11.570,28	73,78%	21,21%
65	70	8.751,82	718,62	8.033,20	91,79%	14,73%
70	75	4.468,81	66,53	4.402,28	98,51%	8,07%
75	80	1.818,72	3,50	1.815,22	99,81%	3,33%
80	85	631,39	0,06	631,33	99,99%	1,16%
85	90	243,97	0,00	243,97	100,00%	0,45%
90	95	1,38	0,00	1,38	100,00%	0,00%
95	100	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%
		79.333,96	24.779,32	54.554,64	68,77%	100,00%

La superficie total modelada, correspondiente a unas 79.334 hectáreas, de ellas 24.779 hectáreas está ocupada por edificaciones, por lo que 15.127 hectáreas equivalente a un 27,73 % de la superficie modelada está sobre los 65 dBA durante el día, sin considerar el terreno que cubren las edificaciones.

Tabla 3.6.29.a. Análisis de superficie del Mapa de Ruido, descriptor Ln Nocturno para el Gran Santiago (en hectáreas)

Intervalo [dBA]		Análisis de Superficie [hectáreas]				
Mín.	Máx.	Superficie Original	Área edificada	Superficie Final Afectada (Original menos área edificada)	Porcentaje de superficie final afectada respecto de la original	Porcentaje de superficie final afectada
30	35	1.388,98	209,57	1.179,41	84,91%	2,19%
35	40	3.640,61	815,72	2.824,89	77,59%	5,24%
40	45	8.879,32	3.077,95	5.801,37	65,34%	10,76%
45	50	18.630,28	8.730,39	9.899,89	53,14%	18,37%
50	55	21.696,67	8.406,24	13.290,43	61,26%	24,66%
55	60	13.607,47	2.795,09	10.812,38	79,46%	20,06%
60	65	5.391,68	559,28	4.832,40	89,63%	8,97%
65	70	2.862,70	58,9	2.803,80	97,94%	5,20%
70	75	1.643,27	3,66	1.639,61	99,78%	3,04%
75	80	553,33	0,03	553,30	99,99%	1,03%
80	85	252,3	0	252,30	100,00%	0,47%
85	90	6,3	0	6,30	100,00%	0,01%
		78.552,92	24.656,83	53.896,09	68,61%	100,00%

La superficie total modelada, correspondiente a unas 78.553 hectáreas, de ellas 24.657 hectáreas es ocupada por edificaciones, por lo 20.900 hectáreas que corresponden a un 38,78 % de la superficie modelada está sobre los 55 dBA durante la noche, sin considerar el terreno que cubren las edificaciones.

Tabla 3.6.29.b. Análisis de superficie del Mapa de Ruido descriptor Lden día-tarde-noche para el Gran Santiago (en hectáreas)

Intervalo [dBA]		Análisis de Superficie [hectáreas]			Porcentaje de superficie final afectada respecto de la original	Porcentaje de superficie final afectada
Mín.	Máx.	Superficie Original	Área edificada	Superficie Final Afectada (Original menos área edificada)		
30	35	225,53	22,46	203,07	90,04%	0,37%
35	40	404,52	59,91	344,61	85,19%	0,63%
40	45	1.072,75	183,39	889,36	82,90%	1,63%
45	50	3.634,47	867,98	2.766,49	76,12%	5,07%
50	55	10.548,85	3.905,34	6.643,51	62,98%	12,17%
55	60	21.699,29	10.410,50	11.288,79	52,02%	20,67%
60	65	19.658,73	7.168,01	12.490,72	63,54%	22,87%
65	70	12.209,36	1.888,80	10.320,56	84,53%	18,90%
70	75	5.555,70	256,6	5.299,10	95,38%	9,70%
75	80	2.771,56	19,25	2.752,31	99,31%	5,04%
80	85	1.045,42	0,7	1.044,72	99,93%	1,91%
85	90	489,1	0	489,10	100,00%	0,90%
90	95	72,94	0	72,94	100,00%	0,13%
95	100	0,03	0	0,03	100,00%	0,00%
		79.388,25	24.782,95	54.605,30	68,78%	100,00%

La superficie total modelada, correspondiente a unas 79.388 hectáreas, de ellas 24.783 hectáreas son ocupada por edificaciones, por lo que unas 43.758 hectáreas equivalentes a 80,14 % de la superficie modelada está sobre los 55 dBA y 19.979 hectáreas equivalentes a 36,6% sobre los 65 dBA para el descriptor Lden (día-tarde-noche), sin considerar el terreno que cubren las edificaciones.

3.6.7. Estimación de la Infraestructura de educación afectada por ruido ambiental en Gran Santiago

A partir del Mapa Global generado para el periodo diurno (Ld), se analizaron un total de 2155 recintos, donde se consideró el nivel en la fachada más expuesta de los bloques de edificios a una altura de 1.5 m.

Esta información se puede resumir en el siguiente análisis y posterior gráfico:

Tabla 3.6.30. Nivel de exposición al ruido diurno Ld de establecimientos educacionales en Gran Santiago

Intervalos de ruido diurno Ld dB(A)	Cantidad de establecimientos educacionales	Porcentaje de establecimientos educacionales [%]
<45	0	0
45-50	0	0
50-55	19	0,88
55-60	119	5,52
60-65	495	22,97
65-70	889	41,25
70-75	563	26,13
75-80	67	3,11
>80	3	0,14
TOTAL	2155	100

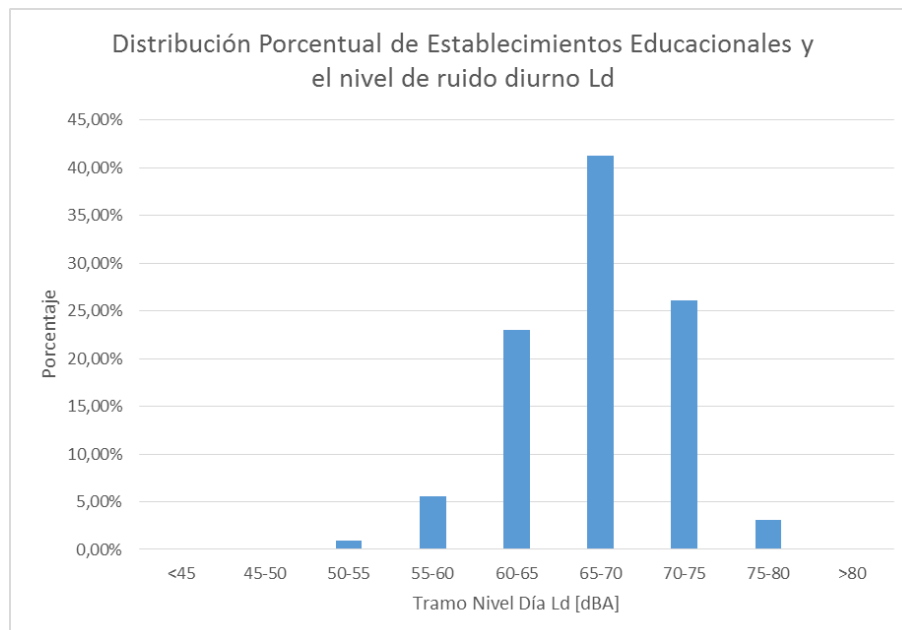


Figura 3.6.3. Porcentaje de establecimientos educacionales expuestos a niveles de ruido durante el día Ld en Gran Santiago.

Según esta distribución, un 70,63% de los establecimientos educacionales se encuentran en zonas sobre los 65 dBA durante el día. Como referencia, para el caso de viviendas, la norma chilena recomienda un aislamiento de 30 dBA y 35 dBA mínimo para los tramos de 65 a 70 dBA y 70 a 75 dBA de ruido exterior diurno [INN 2000]. Cabe mencionar que esta normativa es aplicable a viviendas y sólo sirve de referencia, por lo tanto, en el caso de estos establecimientos sensibles (dedicados a la educación), los valores de aislamiento acústico deben ser mayores.

3.6.8. Estimación de la Infraestructura de salud afectada por ruido ambiental en Gran Santiago

A continuación, se procede a analizar los niveles en fachada de establecimientos educacionales a partir del Mapa Global generado para el periodo diurno (Ld) y nocturno (Ln). Se analizaron un total de 303 recintos, donde se consideró el nivel en la fachada más expuesta de los bloques de edificios a una altura de 1.5 m.

Esta información se puede resumir en el siguiente análisis y posterior gráfico para el periodo diurno:

Tabla 3.6.31. Nivel de exposición al ruido diurno Ld de establecimientos de salud en Gran Santiago

Intervalos de ruido diurno Ld dB(A)	Cantidad de establecimientos de salud	Porcentaje de establecimientos de salud [%]
<45	0	0
45-50	0	0
50-55	3	0,99
55-60	15	4,95
60-65	79	26,07
65-70	134	44,22
70-75	65	21,45
75-80	7	2,31
>80	0	0
TOTAL	303	100

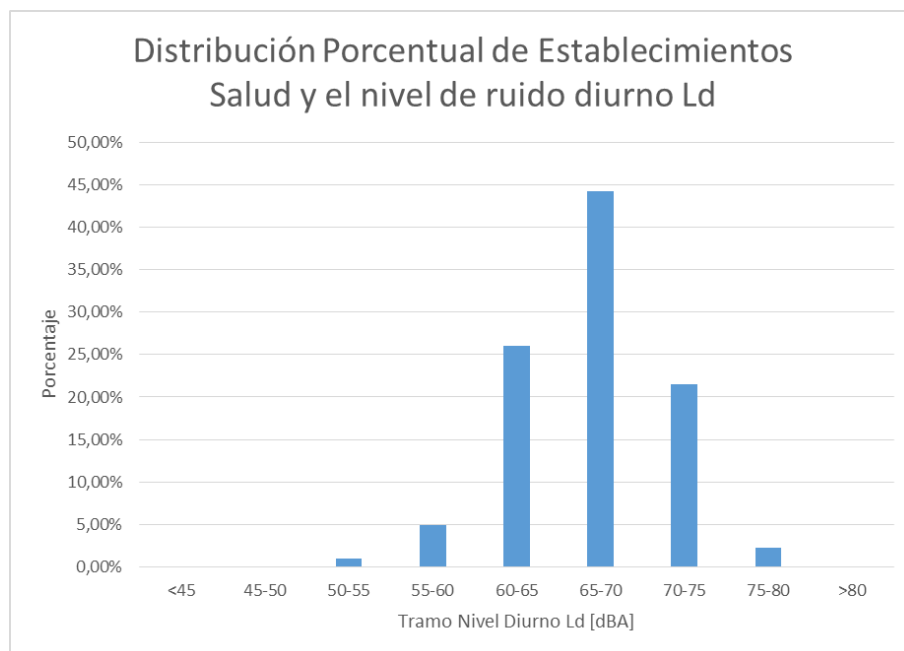


Figura 3.6.4. Porcentaje de establecimientos de salud expuestos a niveles de ruido durante el día Ld en Gran Santiago

A continuación se procede a analizar el periodo nocturno para los 303 recintos de salud. Esta información se puede resumir en el siguiente análisis y posterior gráfico para el periodo nocturno:

Tabla 3.6.32. Nivel de exposición al ruido nocturno Ln de establecimientos de salud en Gran Santiago

Intervalos de ruido nocturno Ln dB(A)	Cantidad de establecimientos de salud	Porcentaje de establecimientos de salud [%]
<45	0	0
45-50	7	2,31
50-55	54	17,82
55-60	98	32,34
60-65	93	30,69
65-70	44	14,52
70-75	7	2,31
75-80	0	0
>80	0	0
TOTAL	303	100

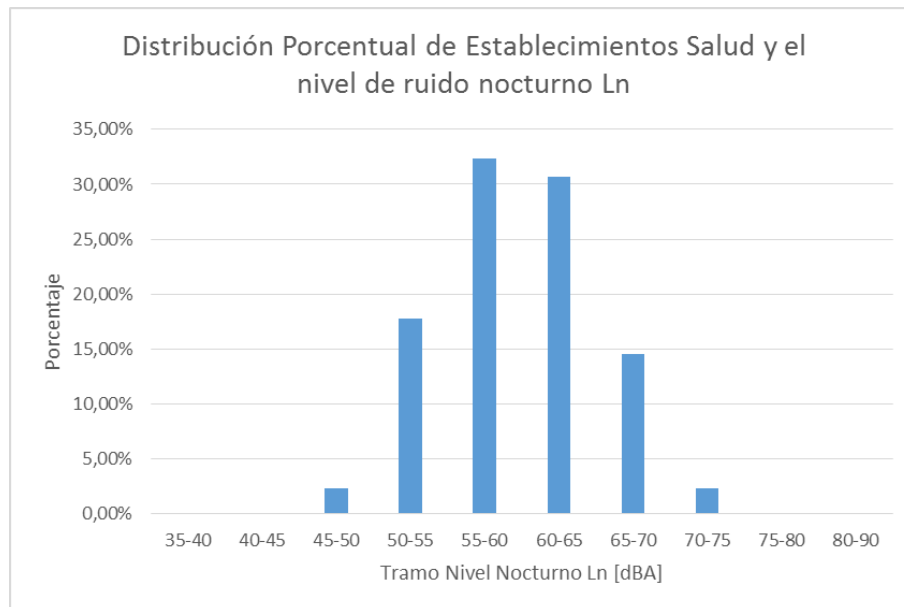


Figura 3.6.5. Porcentaje de establecimientos de salud expuestos a niveles de ruido durante la noche Ln en Gran Santiago

Según esta distribución, un 67,99% de los establecimientos de salud se encuentran en zonas sobre los 65 dBA durante el día. Para el periodo nocturno, existe un 79,87% de los recintos sobre los 55 dBA.

Como referencia, para el caso de viviendas, la norma chilena recomienda un aislamiento de 30 dBA mínimo para el tramo de 65 a 70 dBA de ruido exterior diurno [INN 2000]. Cabe mencionar que esta normativa es aplicable a viviendas y sólo sirve de referencia, por lo tanto, en este caso de estos establecimientos sensibles (dedicados a la salud), los valores de aislamiento acústico deben ser mayores.

3.7. Plan de Acción para la gestión del control del ruido ambiental de una comuna.

Diseñar y definir la implementación de un Plan de Acción para la gestión del control del ruido ambiental en una comuna de la Región Metropolitana.

3.7.1. Descripción y Metodología

La Directiva 2002/49/CE [13] establece en su artículo 8 que los Estados Miembros deben elaborar planes de acción encaminados a afrontar, en su territorio, las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuese necesaria con respecto a los lugares próximos a los grandes ejes viales, grandes ejes ferroviarios, grandes aeropuertos y respecto a las aglomeraciones³.

Los elementos que pueden contemplar los planes de acción, entre otros, son:

1. Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.
2. Autoridad responsable.
3. Contexto jurídico.
4. Valores límites establecidos.
5. Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido.
6. Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar.
7. Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos en preparación.
8. Relación de las consultas públicas organizadas.
9. Estrategia a largo plazo.
10. Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.
11. Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.
12. Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.

Los planes de acción se deben revisar cada 5 años, y deben recoger estimaciones a la reducción del número de personas afectadas (que sufren molestias o alteraciones del sueño, etc.).

Las medidas concretas de los planes de acción quedan a discreción de las autoridades competentes pero deben afrontar en particular las prioridades que puedan determinarse como consecuencia de la superación de determinados valores límite o según otros criterios a aplicar, en particular, a las zonas más importantes establecidas de acuerdo con los mapas de ruido.

Por ejemplo, un plan de acción:

1. Establece los objetivos para la reducción del ruido.
2. Describe las medidas para alcanzar dichos objetivos.

³ <http://sicaweb.cedex.es/planes-de-accion.php>

3. Indica las zonas prioritarias de actuación.
4. Establece las medidas a corto, medio y largo plazo.
5. Designa a los organismos responsables, los costes previstos y los medios económicos que se han de utilizar.
6. Determina las responsabilidades y los plazos del desarrollo de las actuaciones.
7. Incluye mapas y descripciones de los problemas relacionados con el ruido, así como descripciones de las medidas elegidas.
8. Prevé las mejoras que supondrán la puesta en marcha de las medidas propuestas en el Plan de Acción.

Para poder llevar a cabo este tipo de acciones, el Plan de Acción se apoya en:

- i. **Un marco jurídico, establecido por la normativa estatal y regional.**
- ii. **Recursos económicos, lo que hace que la mayoría de acciones se desarrollen gradualmente.**
- iii. **Comunicación a los ciudadanos, en el debate de las medidas para combatir el ruido y en la valoración de los resultados**

Los Planes de Acción son un conjunto de medidas prioritarias que, a escala local, tienen por objeto proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos, con el fin de reducir los niveles de ruido ambiental y preservar las zonas tranquilas.

El conjunto de medidas del Plan de Acción requiere la coordinación entre distintas áreas del gobierno municipal y regional en diversas materias, tales como la planificación del uso del suelo, las campañas de promoción de modos de transporte respetuosos con el medio ambiente, requisitos del aislamiento acústico de fachadas, etc. [28].

Un plan de acción contra el ruido podría contemplar, sólo a modo de ejemplo:

- Diseño e implementación de un sistema de gestión de control de ruido ambiental que integre distintos niveles de actuación que impactan en la comuna (en general: nacional, regional, y municipal).
- Establecimiento de zonas de amortiguamiento para vías de alto tránsito (carreteras, trenes)
- Actuaciones correctoras específicas.
- Actuaciones preventivas y de mejora progresiva.
- Protección de zonas tranquilas y espacios naturales.

El horizonte de trabajo, por ejemplo, puede considerar cinco años, con evaluaciones intermedias y una final para su renovación o reestructuración.

Como se desprenderá del desarrollo de esta actividad, el objetivo de este apartado del proyecto derivo en un análisis jurídico de cómo elaborar e implementar un plan de acción en Chile, y no en la elaboración el plan de acción contra el ruido para una comuna en particular.

3.7.2. Planes de Acción

En Chile no existe una definición para una herramienta de gestión ambiental como un Plan de Acción contra el ruido ambiental. Visto lo anterior, se propuso el trabajo de este punto en tres partes que se llevaron a cabo coordinadamente, y retroalimentada:

1. Realizar un estudio de buenas experiencias de planes de acción en España, que permitirán tener presente un modelo a seguir.
2. Analizar el marco jurídico que es posible de soportar este instrumento de gestión ambiental, ya que hoy no existe en Chile.
3. Proponer una redacción con un plan de acción piloto para la comuna en estudio, según los alcances de este estudio, las fuentes de ruido estudiadas y un cronograma de implementación, si fuese necesario.

En este sentido, la elaboración del Plan de Acción (Punto 3) estuvo condicionado al análisis de este mismo estudio (Punto 2), con el fin de definir su alcance. Finalmente, vistos el análisis metodológico, teórico y jurídico, se decidió en acuerdo con la Contraparte, que gran parte del trabajo se dedicara a tales aspectos legislativos, y finalmente se privilegió, en lugar de un documento para una municipalidad concreta, o al Gran Santiago, un análisis jurídico más profundo.

3.7.2.1. Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental en Europa

La Unión europea, en la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [13], estableció un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias de la exposición al ruido ambiental.

Con dicho fin, previeron aplicar progresivamente una serie de medidas para:

- a) Determinar la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruidos según métodos de evaluación comunes a los Estados miembros;
- b) Informar a la población sobre el ruido ambiental y sus efectos;
- c) Realizar y adoptar planes de acción por los Estados miembros, tomando como base los resultados de los mapas de ruidos, con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental cuando fuese necesario y, de forma particular, cuando los niveles de exposición pudieran provocar efectos nocivos en la salud humana, y con la finalidad de mantener la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

En este sentido, la finalidad de los planes de acción es doble, por un lado se presentan como un recurso para la prevención y la reducción de los niveles sonoros ambientales, y por otra parte tienen la finalidad de preservar el ambiente sonoro en aquellas zonas poco contaminadas desde el punto de vista acústico.

Los planes de acción deben atender las prioridades identificadas en las zonas de estudio a partir de los mapas de ruido realizados y su elaboración debe correr a cargo de las autoridades competentes, en consulta con la población.

La Directiva 2002/49/CE define los **planes de acción** como *aquellos los planes encaminados a afrontar las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuere necesario.*

Por otra parte, define un término muy estrechamente relacionado con los planes de acción como es la **planificación acústica**: *el control del ruido futuro mediante medidas planificadas, como la ordenación territorial, la ingeniería de sistemas de gestión del tráfico, la ordenación de la circulación, la reducción del ruido con medidas de aislamiento acústico y la lucha contra el ruido en su origen.*

Los Estados miembros de la UE tienen la responsabilidad de designar las autoridades y entidades responsables de la elaboración y aprobación de los mapas de ruido y planes de acción para aglomeraciones urbanas, grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y grandes aeropuertos y aquellas responsables de la recopilación de los mapas de ruido y planes de acción.

En el caso del Estado Español, las autoridades y entidades responsables de la elaboración y aprobación de los mapas de ruido y planes de acción son, de forma genérica:

1. Ayuntamientos (municipios) cuando se trata de aglomeraciones que incluyen un único término municipal.
2. Comunidades Autónomas (Regiones) cuando se trata de aglomeraciones que incluyen varios términos municipales.
3. Comunidades Autónomas y Diputaciones (Regiones) cuando se trata de grandes ejes viarios de titularidad autonómica.
4. Ministerio de Fomento cuando se trata de grandes ejes viarios de titularidad estatal (Red de carreteras del Estado)
5. Comunidades Autónomas (Regiones) cuando se trata de Grandes ejes ferroviarios de titularidad autonómica.
6. Ministerio de Fomento cuando se trata de Grandes ejes ferroviarios de titularidad estatal (Red estatal)
7. Ministerio de Fomento cuando se trata de Grandes aeropuertos. En este caso únicamente se contemplan aeropuertos de titularidad estatal.

Para la **planificación acústica** y la determinación de zonas de ruido, se deberán utilizar los indicadores L_{den} y L_{night} , no obstante las autoridades y entidades responsables de su elaboración podrán utilizar indicadores distintos de L_{den} y L_{night} para desarrollar los planes de acción o medidas parciales contenidas en ellos que afecten al periodo día o tarde.

La Directiva 2002/49/CE dedica su artículo 8 enteramente a los planes de acción. En dicho artículo se fijan los plazos iniciales y periódicos para elaborar los planes de acción. Dicha fecha inicial se estableció en el 18 de julio de 2008 para los lugares próximos a grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año, a grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año, y a grandes aeropuertos, así como las aglomeraciones con más de 250.000 habitantes. En dicho artículo aparece el concepto de “zonas tranquilas”, indicando que los planes de acción tendrán por objeto proteger las zonas tranquilas contra el aumento del ruido.

El artículo 8 no establece las medidas concretas que deberán tener los planes de acción debido a la variabilidad de su casuística, indicando que quedarán a discreción de las autoridades competentes. Lo que sí se indica es que *deberán afrontar en particular las prioridades que puedan determinarse como consecuencia de la superación de determinados valores límite o según otros criterios elegidos por los Estados miembros y deberán aplicarse, en particular, a las zonas más importantes establecidas de acuerdo con los mapas estratégicos de ruido*. Es decir, **un plan de acción implica una priorización de medidas de control de ruido ambiental en función de la superación de unos valores límite**, que bien puede ser en términos de nivel de ruido o en términos de población expuesta a determinados niveles.

La Directiva obliga a los estados miembros a garantizar que, a más tardar el 18 de julio de 2013, las autoridades competentes (Ayuntamientos, Diputaciones, Comunidades Autónomas o Ministerio de Fomento) hayan elaborado planes de acción, en particular para afrontar las prioridades que puedan determinarse como consecuencia de la superación de determinados valores límite o según otros criterios elegidos por los Estados miembros correspondientes a las aglomeraciones, a los grandes ejes viarios situados en su territorio, así como a los grandes ejes ferroviarios situados en su territorio.

Los estados tienen obligación de recoger, publicar y enviar los datos de los planes de acción realizados en su territorio a la UE. La Comisión Europea se compromete a publicar cada cinco años informe de síntesis de los datos resultantes de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción.

Los planes de acción deben ser una herramienta de gestión del ruido ambiental viva y dinámica, que debe actualizarse, bien de forma periódica (cada 5 años partir de la fecha de su aprobación por imperativo legal), o bien cuando se produzca un cambio importante de la situación existente del ruido.

Como ocurre en muchos ámbitos de la UE, y derivado de la entrada en vigor de la Directiva 90/313/ CEE del Consejo, de 7 de junio de 1990, sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente, es fundamental la información y la participación de la ciudadanía en el proceso de elaboración y aprobación de los planes de acción. En este sentido la Directiva 2002/49/CE obliga a los Estados a **garantizar la consulta a la población sobre las propuestas de planes de acción**, ofreciendo la posibilidad efectiva de participar en la preparación y revisión de los planes de acción, garantizando que el resultado de dicha participación se tenga en cuenta y asegurando que la población se mantenga informada sobre las decisiones adoptadas.

La información puesta a disposición de la ciudadanía en lo relativo a los planes de acción deberá ser clara, inteligible y fácilmente accesible y deberá incluir un resumen en el que se recogerán los puntos principales. Además se prevé su difusión mediante las tecnologías de la información disponibles.

Los plazos establecidos para que la población pueda intervenir en cada una de las fases deberán ser razonables y proporcionar el tiempo suficiente para intervenir en cada una de las fases.

Los requisitos mínimos a cumplir por los planes de acción están establecidos en el anexo V. 5 de la Directiva 2002/49/CE, donde se indica que los planes de acción incluirán, como mínimo, los elementos siguientes:

- a) Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.
- b) Autoridad responsable
- c) Contexto jurídico.
- d) Valores límite establecido.
- e) Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido (Mapas estratégicos de ruido).
- f) Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar
- g) Relación de las consultas públicas organizadas.
- h) Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos en preparación
- i) Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.
- j) Estrategia a largo plazo
- k) Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios
- l) Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.

Algunas medidas que pueden prever las autoridades dentro de sus competencias son por ejemplo las siguientes:

- 1. Regulación del tráfico.
- 2. Ordenación del territorio.
- 3. Aplicación de medidas técnicas en las fuentes emisoras.
- 4. Selección de fuentes más silenciosas
- 5. Reducción de la transmisión de sonido.
- 6. Medidas o incentivos reglamentarios o económicos.

Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas (que sufren molestias o alteraciones del sueño, etc.). Es conveniente mencionar en este sentido,

que la Comisión Europea está elaborando una nueva Directiva para la valoración de los efectos del ruido ambiental basado en el concepto Disability Adjusted Life Years de la OMS.

La información que debe comunicarse a la Comisión europea se encuentra definida en el Anexo VI de la Directiva 2002/49/CE, indicando que se deberá enviar un resumen del plan de acción, de una extensión máxima de 10 páginas, que aborde los aspectos pertinentes a que se refiere el anexo V de la citada directiva.

3.7.2.2. Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental en España

Los planes de acción realizados hasta el momento en España se pueden consultar en el Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA) del Ministerio de Agricultura y Alimentación y Medio Ambiente [33].

En la web del SICA se incluyen información de los planes de acción realizados hasta la fecha tanto de infraestructuras aeroportuarias, como grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y aglomeraciones.

A continuación se resume información disponible:

a) Aeropuertos: Programas de Control de Ruido.

En las infraestructuras aeroportuarias el gestor de la infraestructura ha optado por hacer público una serie de documentos de cada aeropuerto que se han denominado “Programas de control de ruido ejecutados”. Dichos documentos contienen información sobre los siguientes aspectos:

- a) Restricciones operativas (Introducción de restricciones operativas a determinado tipo de aeronaves, Establecimiento de un sistema de cuota de ruido)-
- b) Plan de Aislamiento Acústico.
- c) Modificación de los procedimientos operacionales
- d) Tasa de ruido
- e) Sistemas de información a la población (Sistema de monitoreado de ruido, Información acústica al público y a organismos oficiales, Atención al ciudadano, Creación de un grupo de trabajo técnico de ruido)

Los aeropuertos de los que se dispone de programas de control de ruido publicados en la actualidad son:

- 1. Aeropuerto de Alicante.
- 2. Aeropuerto de Barcelona.
- 3. Aeropuerto de Bilbao.
- 4. Aeropuerto de Gran Canaria.
- 5. Aeropuerto de Madrid-Barajas.

6. Aeropuerto de Málaga.
7. Aeropuerto de Palma de Mallorca.
8. Aeropuerto de Tenerife Norte.
9. Aeropuerto de Tenerife Sur.
10. Aeropuerto de Valencia.

b) Grandes Ejes Ferroviarios:

En el caso de las infraestructuras ferroviarias, al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) ha optado por hacer público tanto los Programas de Control de Ruido ejecutados, denominándolos “Planes de control de ruido llevados a cabo”, como los planes de acción.

Los documentos publicados hasta la fecha corresponden exclusivamente a la fase 1, finalizada en 2008, y se corresponden con los siguientes grandes ejes ferroviarios:

1. ADIF. Ministerio de Fomento. Planes de control de ruido llevados a cabo por ADIF
2. Plan de Acción de los Grandes Ejes Ferroviarios. Lote nº 1: Madrid y Castilla La Mancha. ADIF.
3. Plan de Acción de los Grandes Ejes Ferroviarios. Lote nº 2: País Vasco. ADIF.
4. Plan de Acción de los Grandes Ejes Ferroviarios. Lote nº 3: Barcelona y Valencia. ADIF.

El resto de gestores de infraestructuras ferroviarias de titularidad autonómica han publicado los siguientes planes de acción:

1. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica para las líneas 1 y 2 de Metro Bilbao.
2. Plan de Acción de las Infraestructuras Ferroviarias gestionadas por Ferrocarril Metropolità de Barcelona.
3. Plan de Acción de los Ferrocarriles de la Generalidad de Cataluña.
4. Plan de Acción en materia de contaminación acústica en los grandes ejes ferroviarios de la Generalitat Valenciana con tráfico superior a 60.000 trenes/año. Memoria Resumen

c) Grandes Ejes Viarios

En el caso de las carreteras se ha optado únicamente por la figura del plan de acción. En este caso, se disponen de planes de acción tanto de la primera, como de la segunda fase, si bien los datos de la segunda fase son bastante escasos.

Las carreteras de las que se dispone de programas de planes de acción publicados en la actualidad son:

Primera Fase. Titularidad estatal:

1. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. Plan de Acción PAR 2008-2012

Primera Fase. Titularidad autonómica:

1. Diputación de Bizkaia. Plan de acción en materia de ruido acorde con el decreto 1513/2005
Diputación de Gipuzkoa. Plan de acción 2008
2. Diputación de Alicante. Plan de acción en materia de contaminación acústica de los grandes ejes viarios de la Red de Carreteras de la Diputación de Alicante
3. Xunta de Galicia. Carreteras. Plan de acción contra el ruido PAR 2008-2012
4. Región de Murcia. Plan de acción contra el ruido RM-332
5. Junta de Andalucía. Plan de acción
6. Canarias. Carreteras Plan de Acción
7. Principado de Asturias. Plan de Acción contra el ruido. Carreteras de la Red Autonómica
8. Navarra. Plan de Acción contra el ruido
9. Diputación de Álava. Plan de acción contra el ruido de las carreteras de la Red Foral del Territorio Histórico de Álava.
10. Generalitat Valenciana. Plan de acción contra el ruido de las carreteras de la Red Autonómica de la Comunidad Valenciana
11. Planes de acción del ruido. 1ª fase. Carreteras de la Generalitat de Catalunya. Intensidad de tráfico superior a los 6 millones de vehículos por año.

Segunda Fase. Titularidad estatal:

1. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. Plan de Acción PAR 2008-2012

Segunda Fase. Titularidad autonómica:

1. Principado de Asturias. Plan de Acción contra el ruido. Carreteras de la Red Autonómica. 2012
2. Diputación de Valencia. Plan de Acción en materia de Contaminación Acústica de la Red de Carreteras.
3. Diputación Foral de Bizkaia. Plan de Acción para la mejora de la calidad sonora de las carreteras forales de Bizkaia. Periodo 2014-2019.

d) Aglomeraciones

En el caso de las aglomeraciones se ha optado únicamente por la figura del plan de acción. En este caso, se disponen de planes de acción tanto de la primera, como de la segunda fase, si bien los datos de la segunda fase son bastante escasos.

Las aglomeraciones de las que se dispone de programas de planes de acción publicados en la actualidad son:

Primera Fase.

1. Bilbao. Plan de acción en materia de contaminación acústica de Bilbao
2. Zaragoza. Plan de Acción contra el Ruido en Zaragoza 2010-2015
3. Madrid. Plan de acción
4. Valencia. Plan de Acción en materia de Contaminación Acústica
5. Santa Cruz de Tenerife-San Cristóbal de la Laguna. Plan de acción
6. Vigo. Plan de acción de ruido en el Concello de Vigo
7. Comarca de Pamplona. Plan de acción de ruido en Navarra
8. Málaga. Plan de acción de ruido en la ciudad de Málaga
9. Barcelonès I. Plan de acción de ruido en la Aglomeración de Barcelonès I
10. Córdoba. Plan de acción de ruido en la Aglomeración de Córdoba
11. Gijón. Plan de acción contra el ruido en la Aglomeración de Gijón
12. Barcelonès II. Plan de acción de ruido en la Aglomeración de Barcelonès II
13. Baix Llobregat I. Plan de acción de ruido en la Aglomeración de Baix Llobregat I
14. Alicante. Resumen del mapa acústico y Plan de acción.
15. Murcia. Resumen del mapa acústico y Plan de acción.
16. Sevilla. Resumen del mapa acústico y Plan de acción.
17. Valladolid. Resumen del mapa acústico y Plan de acción.

Segunda Fase.

1. San Sebastián-Donosti. Plan de acción contra el ruido en la aglomeración de San Sebastián-Donosti.
2. Salamanca. Plan de acción en materia de contaminación acústica de Salamanca.
3. Burgos. Plan de acción en materia de contaminación acústica de Burgos.
4. León. Plan de acción en materia de contaminación acústica en la ciudad de León
5. Elche. Plan de acción contra el ruido en la ciudad de Elche
6. Vigo. Plan de acción contra el ruido
7. Oviedo. Plan de acción contra el ruido
8. Getafe. Plan de acción contra el ruido
9. Granada. Plan de acción LORCA.

Dado que la Directiva 2002/49/CE exige la presentación al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de un resumen del plan de acción con una extensión de 10 páginas, bastante de los documentos que se encuentran alojados en la web del SICA [33], ya se ciñen a dicha extensión, por lo que la información no es demasiado extensa ni detallada. Existen un mayor número de planes de acción de aglomeraciones realizados, pero por diferentes motivos aún no han sido comunicados ni enviados al sistema SICA y por lo tanto no se encuentran accesibles a la población.

Los planes de acción realizados hasta el momento son muy heterogéneos. Los enfoques son dispares, la metodología es diferente en la mayoría de ellos, el nivel de concreción y detalle también es heterogéneo. En unos casos, los planes de acción se basan simplemente en aportar un listado de medidas de control de ruido ambiental sin establecer priorización ni concreción, en otros casos se establece una priorización pero el nivel de detalle es insuficiente, en otros ejemplos, se establece un listado de medidas de control de ruido ambiental, se priorizan y se proporcionan ejemplos de casos de uso.

El nivel de detalle está muy relacionado con el tamaño y la población del municipio. En el caso de municipios con una gran población, el nivel de detalle es muy escaso, sin embargo en municipios con menor población el nivel de detalle y concreción suele ser mayor.

Existen algunos documentos integrados en el SICA que podrían ser considerados como ejemplos de buenas prácticas en lo que a documentos de información pública relativos a planes de acción se refiere, tanto por su extensión, su grado de detalle y por la metodología utilizada para afrontar las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos.

Una vez analizados los planes de acción contenidos en el SICA, así como información adicional disponible en las web de los diferentes ayuntamientos, se propone el análisis de 3 planes de acción por su especial relevancia, interés y nivel de detalle:

1. Madrid.
2. Granada.
3. Palma de Mallorca.

Estas tres ciudades corresponden a una de gran tamaño, como Madrid de 3,165 millones de habitantes; y dos ciudades más pequeñas, pero distintas en su configuración: Granada 237.540 habitantes y Palma de Mallorca 399.093 habitantes.

3.7.3. Análisis de Tres Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental de España

El 25 de junio de 2002 el Parlamento y el Consejo Europeo aprueban la Directiva 2002/49/CE sobre la evaluación y gestión del ruido con el objetivo de evitar, prevenir o reducir la exposición de la población al ruido ambiental en todos los Estados miembros.

Esta Directiva establece que todos los Estados miembros de la Unión Europea deben elaborar, aprobado por las autoridades competentes, **Mapas Estratégicos de Ruido (MER)** sobre la situación del año civil anterior, correspondientes, prioritariamente, a todas las aglomeraciones con más de 250.000 habitantes, todos los ejes viarios con tráfico superior a 6 millones de vehículos anuales, todos los ejes ferroviarios con tráfico superior a 60.0000 trenes anuales y los grandes aeropuertos presentes en su territorio. Con mayor plazo para su elaboración también, se exige a los Estados miembros la elaboración de MER correspondientes al resto de grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y aglomeraciones presentes en su territorio.

Además, establece, tomando como base los resultados de los mapas de ruido, la adopción de planes de acción con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental siempre que sea necesario.

Los planes de acción son un conjunto de medidas prioritarias que tienen por objetivo proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos, reduciendo los niveles de ruido ambiental y preservando las zonas tranquilas.

Tanto los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) como los Planes de Acción contra el Ruido (PAR) están concebidos como herramientas de diagnóstico y toma de decisiones dinámicas, que deben ser revisados con una periodicidad de 5 años.

Es importante señalar que los MER, por imperativo legal, solamente deben contemplar para realizar el cartografiado y calcular la población expuesta, aquellas fuentes de ruido contempladas en la directiva 2002/49/CE: tráfico rodado, ferroviario, aéreo y de fuentes industriales.

No obstante, en los niveles sonoros de las ciudades y por ende en su calidad acústica influyen otras fuentes de ruido, como puede ser las actividades de ocio nocturno (bares, discotecas, pubs, etc.). En determinados municipios las actividades de ocio nocturno se encuentran muy reguladas, de manera que el ruido emitido por los locales de ocio no representa, como norma general, un problema generalizado. Sin embargo, el ruido asociado a los usuarios de los locales de ocio que transitan o permanecen en las calles de la ciudad si representa un problema por las molestias que producen impidiendo el descanso y afectando a la calidad de vida de los vecinos. Las características de este agente contaminante lo convierten en uno de los más molestos, ya que produce elevados niveles de ruido durante el periodo más sensible, coincidiendo con el horario de descanso nocturno.

Con la finalidad de diagnosticar los niveles sonoros producidos en las zonas de ocio nocturno y plantear posibles soluciones en el caso de que se produzca una superación de los objetivos de calidad acústica, algunos Ayuntamientos han llevado a cabo un proceso de cartografiado de ruido del ocio, realizándose mapas de ruido específicos para esta fuente. En otras ocasiones los Ayuntamientos realizan monitoreo de los niveles de ruido en dichas zonas con el fin de diagnosticar el problema, y ejecutar medidas de control para disminuir los niveles de emisión.

La incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2002/49/CE se realiza a través del REAL DECRETO 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, y el REAL DECRETO 1367/2005, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de elaborar los mapas estratégicos y los planes de acción, es la posibilidad de que en un mismo territorio coexistan infraestructuras de diferente titularidad: Local, Regional y Estatal.

En el caso de España, las autoridades y entidades responsables de la elaboración y aprobación de los mapas de ruido y planes de acción son:

- Ayuntamientos (municipios) cuando se trata de aglomeraciones que incluyen un único termino municipal.
- Comunidades Autónomas (Regiones) cuando se trata de aglomeraciones que incluyen varios términos municipales.
- Comunidades Autónomas y Diputaciones (Regiones) cuando se trata de grandes ejes viarios de titularidad autonómica.
- Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General de Carreteras, cuando se trata de grandes ejes viarios de titularidad estatal.
- Comunidades Autónomas (Regiones) cuando se trata de grandes ejes ferroviarios de grandes ejes ferroviarios de titularidad autonómica.
- Ministerio de Fomento, a través del Administrador de la Infraestructura Ferroviaria (ADIF), cuando se trata de grandes ejes ferroviarios de titularidad estatal.
- Ministerio de Fomento, a través de AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), cuando se trata de grandes aeropuertos.

De esta manera, el MER de determinadas carreteras y redes ferroviarias son responsabilidad Local, mientras que otras son de responsabilidad Autonómica y Estatal, lo que en determinadas ocasiones provoca problemas de gestión, pudiendo darse casos como los que a continuación se describen:

- Duplicidad en la contabilización de población expuesta.
- Posibilidad de no contabilizar la población expuesta si la infraestructura es de titularidad distinta de la local pero con tráficos menores a los mínimos a partir de los cuales la Directiva define como grandes infraestructuras, ya sean viarias o ferroviarias.

Es muy importante, a la hora de diseñar y elaborar planes de acción tener en cuenta otros procesos de planificación y análisis desarrollados por diferentes administraciones, tanto locales, como regionales y estatales, en los cuales se incluyen medidas a adoptar donde muchas de ellas tienen relación directa con la movilidad y la emisión acústica. El objetivo es buscar en todo momento la generación del máximo número de sinergias y coordinación posibles entre planes. Ejemplo de este tipo de planes son:

- Planes Generales de Ordenación Urbana.
- Estrategias Locales y Regionales sobre Calidad del Aire.
- Planes de Seguridad Vial.
- Planes de Movilidad Urbana sostenible.

Además de lo anterior, es importante realizar consultas a diferentes sistemas de información, tanto nacional como internacional, con el objetivo de analizar diferentes recursos y trabajos de carácter

científico, donde se avalan o desaconsejan la adopción de determinadas medidas de prevención y/o control acústico. Esto será de gran ayuda en el diseño, planificación y elaboración de las diferentes medidas contra el ruido propuestas en el plan.

Uno de los documentos de consulta y referencia obligada para el diseño de planes de acción es el Manual “*Local Noise Action Plans. Recommendations from the SILENCE Project. Sixth Framework Programme. UE*”. Existe una versión traducida al español denominada “*Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local*” [17].

El manual está dirigido a los principales actores responsables de la gestión del ruido en el ámbito local: responsables políticos, urbanistas, ingenieros y planificadores del transporte. Consta de 6 capítulos:

- En el **capítulo primero** se contextualiza el problema del ruido ambiental y se enmarca la figura de los planes de acción como una figura legal de la Unión Europea para dotar de herramientas con las que llevar a cabo diferentes enfoques de gestión de ruido ambiental en el ámbito local. En este capítulo se enmarca jurídicamente la figura de los Planes de Acción y su conexión con los Mapas Estratégicos de Ruido y con la Directiva Europea de Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.
- En el **segundo capítulo** se aporta información general sobre la elaboración de los Planes de Acción contra el Ruido.
- En el **tercer capítulo** se dan una serie de pautas para elaborar planes de acción. En dicho capítulo se abordan cuestiones fundamentales para implementar planes de acción, identificando las responsabilidades y competencias, tratando de establecer quien/es son los responsables de la gestión del ruido ambiental, qué departamento tiene capacidad ejecutiva, cómo deben ser las relaciones con otros departamentos, si es necesario contar con asesoría externa, qué grado de compromiso se debe/puede alcanzar sobre la reducción de niveles de ruido ambiental, cómo se gestiona un proyecto de este tipo, así como con qué recursos económicos de debe contar.

También se abordan temas sobre posibles conflictos de intereses entre las distintas partes implicadas, la implicación de las distintas áreas. Donde identifica los diferentes actores con responsabilidad en la gestión del ruido ambiental, diferenciando entre actores internos (departamentos de transporte, calidad del aire, salud, planificación urbanística, residuos, comunicación y policía local, entre otros), y actores externos (operadores de transporte público viario y ferroviario, operadores de transporte privado, ciudadanos, asociaciones profesionales, administraciones públicas con experiencia en la gestión el ruido ambiental, otras administraciones, etc.).

Se trata un aspecto crucial como es el de las consultas a diferentes grupos de interés mediante procedimientos públicos, analizando la importancia de realizar consultas públicas y las diferentes formas para llevarlas a cabo.

Se dan directrices para la identificación de zonas de conflicto, dando pautas para su detección, dedicando un apartado al análisis de la percepción y la molestia, y a conceptos como los paisajes sonoros y las zonas tranquilas.

Se dedica un apartado a la identificación de estrategias a largo plazo y a las diferentes medidas para la mejora de la calidad acústica ambiental.

Igualmente dedica varios apartados a describir cómo ha de redactarse un plan de acción, así como los pasos para su aprobación, supervisión e información, revisión y modificación.

- En el **cuarto capítulo** se enumeran una serie de estrategias generales a largo plazo para evitar y combatir el ruido ambiental, centrándose en la sensibilización de la ciudadanía y los distintos agentes implicados, la planificación urbanística, la identificación de conflictos por ruido ambiental en las etapas de diseño, la promoción de un cambio modal en los medios de transporte hacia vehículos más silenciosos, la modificación del comportamiento de los conductores y la gestión de las reclamaciones.
- En el **quinto capítulo** se enumeran una serie de medidas que contribuyen a reducir los niveles de ruido ambiental en zonas conflictivas. Algunas de las medidas se pueden implementar en el ámbito local y otras corresponden a niveles de toma de decisiones superiores (regionales y/o nacionales, e incluso supranacionales). Se basan en el control de ruido en la fuente, medio y receptor, con medidas como la disminución de emisiones por la interacción neumático – pavimento y rueda – rail, apantallamiento y túneles, aislamiento de edificios, vehículos con menores emisiones, gestión de horarios de reparto de mercancías, medidas para la reducción de la velocidad reducción, sincronización semafórica, etc.

3.7.3.1. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Granada

El Plan de Acción para la Prevención, Control y Minimización de la Contaminación Acústica en la Ciudad de Granada, denominado **LORCA** (Limitación, cOntrol y Reducción de la Contaminación Acústica) [39] fue elaborado en Mayo de 2013 conforme al actual marco legislativo, para completar la fase de ejecución iniciada en 2008 con la elaboración del Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Granada.

En este Plan se establecen medidas para la prevención, control y minimización de la contaminación acústica de la ciudad de Granada en función de los resultados obtenidos en el MER de Granada. El documento está dividido en 8 capítulos:

- **Capítulo 1**, a modo de **introducción** sobre el contenido del resto del documento.
- **Capítulo 2**, en el que se describe de forma detallada la **normativa vigente** en relación a la elaboración de los Planes Locales de Acción contra el Ruido (PLAR):

Europea:

- **Directiva 2002/49/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la evaluación y gestión de ruido industrial.

Nacional:

- **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.**
- **Real Decreto 1513/2005**, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- **Real Decreto 1367/2007**, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Autonómica (regional):

- **Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Ley GICA).**
 - **Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.**
- **Capítulo 3**, en el que a partir de los resultados obtenidos en el MER se realiza un profundo **diagnóstico acústico de la ciudad**.
 - **Capítulo 4**, se describe la **zonificación acústica** de la ciudad de Granada.
 - **Capítulo 5**, se detallan las **campanas de comunicación, difusión y participación** realizadas, en colaboración con la Agenda 21 Local de Granada, a partir del borrador de LORCA elaborado en 2010.
 - **Capítulo 6**, se analizan las **fuentes y recurso públicos** disponibles actualmente para obtener información sobre los planes locales contra el ruido llevados a cabo en otras ciudades españolas, con el fin de extraer para LORCA las medidas que la experiencia aconseja como más efectivas en la lucha contra el ruido urbano.
 - **Capítulo 7**, se analizan **cuestiones técnicas y fundamentos científicos** para el diseño de un plan de acción contra el ruido, en donde se avalan o desaconsejan la adopción de determinadas medidas de prevención y/o control acústico.
 - **Capítulo 8**, se presenta el **catálogo de medidas LORCA** para la limitación, control y reducción de la contaminación acústica en la ciudad de Granada, en el que se incluyen 26 propuestas (11 de plazo corto, 8 de plazo medio y 7 de largo plazo).

A través de los diferentes capítulos se van definiendo los fundamentos que determinan las medidas a llevar a cabo en el PLAR de la ciudad de Granada, definido como LORCA. El proceso llevado a cabo es el siguiente:

1. Análisis de la normativa para determinar los requisitos en relación a con la elaboración de planes de acción contra el ruido, su contenido mínimo así como los objetivos de calidad acústica.
2. Análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en el Mapa de Ruido de Granada, dividido en 8 distritos, para identificar las calles o zonas donde la población se encuentra expuesta a niveles sonoros superiores a los objetivos de calidad acústica establecidos por la legislación, en cada uno de los periodos temporales considerados (L_d , L_e , L_n y L_{den}).

En el MER se evalúa el ruido viario, el ruido ferroviario y el ruido industrial, identificándose el tráfico rodado como principal foco de contaminación acústica en la ciudad de Granada.

3. Análisis de la zonificación acústica de la ciudad de Granada, realizado en 2009 por el Ayuntamiento, y donde se tuvo en cuenta la normativa vigente, los resultados del MER Granada 2008, las actuaciones previas llevadas a cabo por el Ayuntamiento de Granada en materia de prevención acústica y el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) en vigor de la ciudad, quedando Granada delimitada acústicamente en seis zonas. Siendo los objetivos de calidad acústica (en dBA) aplicables a áreas urbanizadas existentes en Granada los que se muestran en la siguiente tabla 3.7.1.:

Tabla 3.7.1. Objetivos de Calidad Acústica en Granada

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
a	Uso RESIDENCIAL	65	65	55
b	Uso INDUSTRIAL	75	75	65
d	Uso TURÍSTICO	70	70	65
e	Uso SANITARIO, DOCENTE y CULTURAL	60	60	50
f	Afectados infraestructuras TRANSPORTE	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar
h	USO AGRÍCOLA Y FORESTAL (*)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar
(*)	Este tipo de área no figura en la Tabla I original. Se ha añadido expresamente para el caso de GRANADA.			

4. En función de la zonificación acústica de la ciudad, de los límites acústicos vinculados con los usos del suelo, y los datos obtenidos en el MER de Granada se crean los **Mapas de Conflicto**, definidos como representaciones cartográficas de las áreas urbanas que representan, mediante una gama de colores, el grado de superación del objetivo de calidad aplicable a cada caso. Dichos mapas de conflicto permiten identificar fácilmente las zonas o calles donde es necesario tomar medidas para la mitigación del ruido y donde las medidas contempladas en LORCA deberían aplicarse de forma preferente.

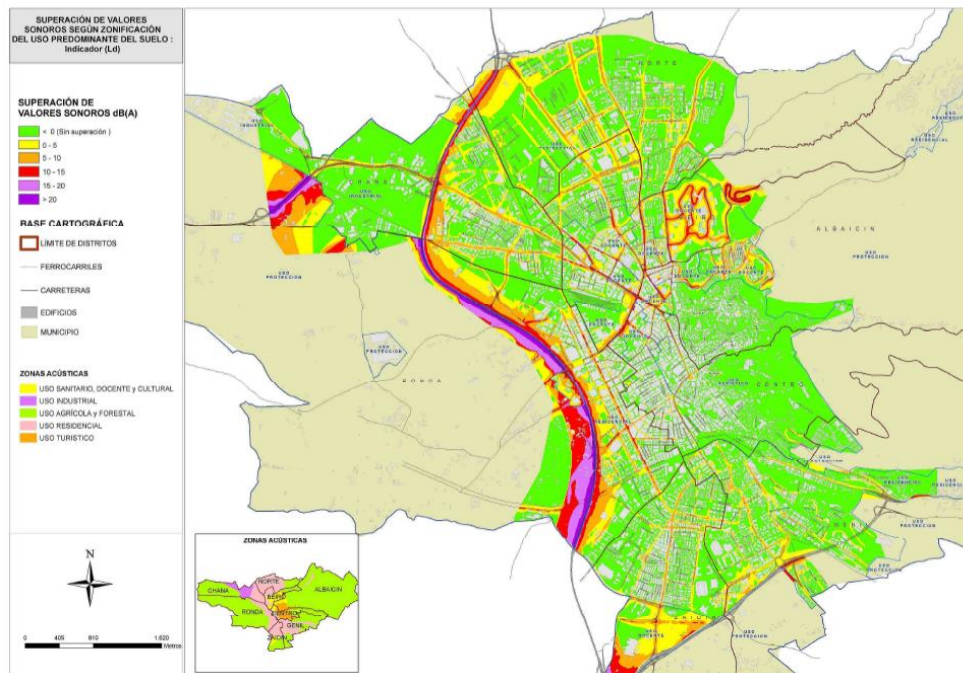


Figura 3.7.1. Mapa de Conflicto elaborado en LORCA.

5. Análisis de los Mapas de Conflicto (figura anterior) con el fin desarrollar una zonificación acústica de la ciudad. El Decreto 6/2007, de 17 de enero, determina que los Ayuntamientos deben declarar determinadas zonas acústicas en las que establecer regímenes especiales conjuntamente con sus planes zonales específicos. Dicho Decreto prevé cuatro zonas acústicas especiales:

- Zonas de protección acústica especial (ZPAE).
- Zonas tranquilas (ZT).
- Zonas acústicamente saturadas (ZAS)
- Zonas de situación especial (ZSE)

LORCA define, dentro de cada distrito y área tipificada, las zonas o calles que pueden considerarse zonas de protección acústica especial (ZPAE), áreas de sensibilización donde no se cumplen los objetivos de calidad aplicables, o Zonas Tranquilas (ZT), áreas donde no se superan dichos objetivos.

Se considera que las zonas acústicamente saturadas y zonas de situación especial, deben ser declaradas por el Ayuntamiento en función del cumplimiento de la normativa que afecta las actividades en el primer caso, y posteriormente a la aplicación de LORCA y en función de la eficacia de sus medidas, en el segundo.

Una vez llegado a este punto, y en función de los resultados obtenidos en el proceso desarrollado anteriormente, se diseñan las líneas de actuación proponiendo medidas concretas. Para ello:

- a) Se consultan y analizan los Planes de Acción de Aglomeraciones disponibles en SICA (Sistema de Información Básico sobre Contaminación Acústica) en el momento de la redacción de la memoria, con el fin de extraer para LORCA las medidas estratégicas más destacadas que la experiencia aconseja como más efectivas.
- b) Se accede a diferentes sistemas de información, tanto nacional como internacional, y se analizan diferentes recursos y trabajos de carácter científico donde se avalan o desaconsejan la adopción de determinadas medidas de prevención y/o control acústico.
- c) La Ciudad de Granada cuenta, desde finales de 2012, con un Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) con propuestas que deben implantarse paulatinamente desde 2013 con el objetivo de conseguir una movilidad urbana sostenible. PMUS Granada insiste en la relación entre la contaminación del aire y la contaminación acústica, lo que hace que muchas de sus propuestas sean compatibles con propuestas incluidas en LORCA y que son tenidas en cuenta en el diseño, desarrollo y ejecución de las medidas contra el ruido urbano buscando en todo momento la generación del máximo número posible de sinergias y coordinación entre ambos planes. Claros ejemplos de este tipo de propuestas son la incorporación de vehículos más silenciosos, la mejora de la red de carril BUS/bicicleta así como el fomento de ambos medios de transporte.
- d) Se analiza, y se tiene muy en cuenta el PGOU, el diseño y la trama de la red viaria urbana y el diseño de la ciudad. Ejemplos claros son la minimización de pendientes en rampa para evitar el cambio a marchas cortas, el uso de la topografía del entorno usando zonas que sirvan como barreras físicas para interrumpir la transmisión de ruido, o el soterramiento de las vías rápidas.

Además, se realizan campañas periódicas, a través de la Agenda 21 Local de Granada, para la concienciación de los ciudadanos como agente esencial de acción contra el ruido.

Como medida que ya se aplica para reducir el ruido contempla, entre otras medidas, la red de monitoreo permanente de ruido ambiental disponible desde 2008 y que consta de ocho sonómetros ubicados en cada uno de los ocho distritos municipales.

Como resultado desarrollan una serie de medidas, clasificadas en **cuatro niveles estratégicos** en los que a su vez, se ha considerado una serie de **líneas de actuación** dando lugar a **propuestas concretas**.

Tabla 3.7.2. Resumen de las medidas incluidas en LORCA.

LORCA				
Plan de Acción contra el ruido en la ciudad de Granada				
NIVEL ESTRATÉGICO	LÍNEA DE ACTUACIÓN		REFERENCIA	PROPUESTA
NE1	Tráfico de vehículos	NE1 - 1	Mejora acústica del viario urbano	NE1 - 1 - 1 Conservación y mantenimiento de pavimentos
				NE1 - 1 - 2 Empleo de pavimentos sono-reductores
				NE1 - 1 - 3 Favorecer el consumo de neumáticos más silenciosos
				NE1 - 1 - 4 Mantenimiento de un trazado silencioso del Metropolitano
		NE1 - 2	Control de la emisión acústica	Identificación de vehículos ruidosos
			Disminución del caudal	Reducir el volumen de tráfico
		NE1 - 3	Limitación de la velocidad	Reducir y hacer cumplir los límites de velocidad
				NE1 - 4 - 1
		NE1 - 5	Modificación de la vía y señalización	Badenes, plataformas y chicanas
				Diseño de cruces, rotondas y vías de una dirección
NE2	Modelo de ciudad	NE1 - 6	Promover medios de transporte y servicios públicos más silenciosos	Cambio modal y renovación de la flota de transporte público.
				NE1 - 6 - 2 Tranvía metropolitano más silencioso.
				NE1 - 6 - 3 Recogida silenciosa de residuos (urbanos y fracción selectiva)
				NE1 - 7 - 1 Regulación circulación vehículos pesados y reparto mercancías
		NE2 - 1	Actuaciones sobre el paisaje urbano	NE2 - 1 - 1 Plan de mejor del aislamiento acústico de los edificios
				NE2 - 1 - 2 Impulso del modelo de ciudad compacta y peatonalización
				NE2 - 1 - 3 Alivio del tráfico urbano mediante "vías verdes" (ondas verdes)
				NE2 - 1 - 4 Rediseño y mejoras del espacio para la circulación en la calle
		NE2 - 2	Nuevos desarrollos urbanísticos	Control del ruido mediante pantallas y barreras acústicas
				Mejora y recuperación del paisaje sonoro
NE3	Usos y Costumbres de la Ciudadanía	NE3 - 1	Educación contra el ruido	NE3 - 1 - 1 Difusión y sensibilización contra el ruido
				NE3 - 1 - 2 Educación (conductores/as y población infantil)
NE4	Colaboración y sinergias	NE3 - 2	Participación ciudadana contra el ruido	NE3 - 2 - 1 Fomento de la participación ciudadana contra el ruido
				NE4 - 1 - 1 Aprovechar cambios. Colaboración con empresas
				NE4 - 1 - 2 Coordinación con otros planes y programas municipales

A continuación se muestra la tabla 3.7.3., con un resumen donde se vinculan los requisitos establecidos en la Directiva 2001/49/CE para los planes de acción y de qué forma se han contemplado en el Plan de Acción contra el Ruido de Granada.

Tabla 3.7.3. Requisitos en Directiva 2001/49/CE para los planes de acción y Plan de Acción contra el Ruido de Granada.

REQUISITOS DE LOS PLANES DE ACCIÓN SEGÚN LA DIRECTIVA 2002/49/CE	PLAN DE ACCIÓN DE GRANADA
Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.	No se desarrolla expresamente en el Plan. Se indica que <i>“una gran cantidad de recursos públicos que permiten obtener una descripción precisa y detallada sobre los aspectos urbanos requeridos normativamente”</i> .
Autoridad responsable.	Estos requisitos son desarrollados en el capítulo 2 del Plan.
Contexto jurídico.	
Valores límites establecidos con arreglo al artículo 5.	
Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido.	El Plan LORCA realiza, en su capítulo 3, un profundo diagnóstico acústico de la ciudad a partir de los resultados obtenidos en el MER de la ciudad de Granada.
Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar.	
Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos de preparación.	Medidas que ya se aplican: - Actuaciones de prevención y vigilancia según la Ordenanza local contra el ruido. - Análisis de los niveles acústicos de la red de monitoreado permanente. - Control de actividades y licencias. Proyectos en preparación: - Medida de niveles acústico ambientales mediante sonómetro móvil. - Puesta en marcha de las medidas este Plan LORCA
Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.	El Plan contempla como medidas previstas para los próximos 5 años las propias de este Plan.
Estrategia a largo plazo.	LORCA contempla como medidas a largo plazo la revisión del MER Granada y la implantación de medidas LORCA.
Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.	En el momento de redacción de LORCA no está disponible, pero según declara el Área de Medio Ambiente se asigna un presupuesto de 10.000 euros anuales para en mantenimiento de los sonómetros de la red de monitoreado.
Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.	LORCA desarrolla una serie de disposiciones para evaluar la implantación y el resultado de las medidas desarrolladas para reducir el ruido, como por ejemplo el seguimiento de las propuestas por la Oficina Técnica de la Agenda 21 Local de Granada.
Consulta a la población sobre las propuestas del Plan de Acción, dándoles tiempo a la	Tras el borrador del Plan LORCA en abril de 2010, se inició, mediante la colaboración de

posibilidad efectiva de participar en la preparación y revisión de las medidas, teniendo en cuenta dicha participación y manteniendo informada a la población sobre las decisiones adoptadas.	la Agenda 21 Local de Granada, un periodo de consulta para recabar las opiniones, críticas, propuestas y/o sugerencias sobre las medidas incluidas en el Plan, así como sobre el diseño, objetivos y estrategia general del documento. El proyecto se denominó <i>“Plan de Acción 2009-2013 por una Granada Sostenible para el Milenario”</i>.
Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas	En este Plan no se realizan estimaciones de la reducción del número de población afectada que conlleva la implantación de las medidas propuestas para la reducción de ruido.
Los plazos de entrega de los Planes de Acción contra el Ruido, establecidos en el Real Decreto 1513/2005, serán: - Antes del día 18 de julio de 2008, los correspondientes a los lugares próximos a grandes ejes viarios (tráfico superior a seis millones de vehículos anual), a grandes ejes ferroviarios (tráfico superior a 60.0000 trenes anuales) y a grandes aeropuertos. Así como grandes aglomeraciones (más de 250.000 habitantes) - Antes del día 18 de julio de 2013, el resto de grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y aglomeraciones, como es el caso de la Granada.	Se cumplen los plazos establecidos por la normativa ya que el Plan de Acción para la Prevención, Control y Minimización de la Contaminación Acústica en la ciudad de Granada, denominado LORCA (Limitación, cOntrol y Reducción de la Contaminación Acústica) fue finalmente elaborado en Mayo del 2013.

3.7.3.2. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Palma de Mallorca

A finales de 2008 se elaboró el Plan de Acción contra el Ruido de la ciudad de Palma de Mallorca correspondiente a la primera fase de aplicación de la Directiva 2002/49/CE, y como complemento al Mapa Estratégico de Ruido elaborado en Noviembre de 2008.

En esta primera fase se identificó el tráfico rodado como principal fuente de ruido existente en la ciudad, superando tanto en extensión como en niveles sonoros y población al ruido producido por el ferrocarril. Dada la distribución de la red de ferrocarril y sus características en el interior del casco urbano (tipo, número de trenes y velocidad de estos) hace que los niveles sonoros sean de escasa relevancia dada su escasa duración y su eventualidad, al no incrementar los niveles sonoros en términos de nivel sonoro equivalente, para ninguno de los periodos de evaluación. Se concluye que la afección acústica generada por el ferrocarril se ve claramente enmascarada por el ruido de tráfico.

Se identifican los principales ejes viarios, desde el punto de vista del ruido producido en el núcleo urbano, centrando la implantación de acciones correctoras en estas zonas.

Tanto en la zona del *Paseo marítimo* como en la zona de *El Arenal* existen zonas de ocio de especial relevancia que hay que tener en cuenta a la hora de aplicar medidas de minimización, prevención y control de ruido en el municipio. Por ello se ubicaron tres estaciones de medida con un muestreo temporal limitado. En estas zonas se aprecia claramente un incremento del nivel de ruido durante los fines de semana, de manera que el Ayuntamiento prevé implementar medidas encaminadas a su control.

A continuación, se presentan las principales medidas propuestas para el control del ruido en el Plan de Acción del municipio en 2008 (1ª fase) y del Plan de Acción contra el Ruido de 2015 (2ª fase) en su actual estado:

- a) **Soterramiento tren Inca y estación intermodal (tren, metro y autobuses urbanos).** La ejecución de esta medida requirió 2 años, desde 2005 a 2007, con una inversión total de más de 40 millones de euros.
- b) **Electrificación de las vías del tren.** Se han sustituido parcialmente los trenes de la serie 6100 de CAF (diésel) por la serie 8100 de CAF (eléctricos), con una inversión de más de 66 millones de euros.
- c) **Peatonalización de calles Blanquerna y Fábrica,** siendo estas calles las más problemáticas, en cuanto a emisión de ruido y población expuesta, dentro del núcleo urbano. En 2012 ambos ejes cívicos ya habían sido declarados por el área de movilidad de Ayuntamiento como calles para el tránsito de peatones y bicis, restringiéndose el tráfico rodado. La transformación de ambas calles supuso una inversión de más de 6 millones de euros.
- d) **Extensión de red de carriles bici.** Esta RED contaba en 2014 con algo más de 66 km de carriles bici, y en el momento de redacción del plan 2015 cuenta con cerca de 73 km.

- e) **Redacción de una nueva ordenanza reguladora del ruido.** En 2003 se aprobó a nivel estatal la Ley del Ruido, desarrollada mediante el Real Decreto 1513, de 2005. Se recomienda la actualización de la legislación municipal (*Ordenanza para la protección del medio ambiente contra la contaminación por ruido y vibraciones, del 19 de julio de 1995*), de manera que a finales de 2013 entra en vigor la nueva Ordenanza Municipal que regula el ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma (*Ordenanza Municipal, de 19 de diciembre de 2013, reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma de Mallorca*) adaptándose a los requisitos establecidos por las leyes estatal y autonómica de ruido.
- f) **Limitación horaria apertura de actividades en la calle Fábrica y en los barrios de Sa Gerreria y Sa Llotja.** Zonas de ocio en las que es necesario controlar el horario de cierre de actividades con el objetivo de no superar los objetivos de calidad acústica en ambiente exterior. En función del tipo local, el día de la semana y la zona, el Ayuntamiento establece un horario de cierre.
- g) **Instalación de pantallas acústica antiruidos a lo largo de la vía de cintura.** A final de 2013 comenzó la instalación de pantallas acústicas a lo largo de la vía de cintura, proyecto que tiene un periodo de ejecución de 2 años, con lo que está a punto de finalizar en el momento de elaboración del plan de la segunda fase, y una inversión de 2.400.000 €.
- h) **Zonificación acústica.** En el momento de redacción del Plan de Acción de la segunda fase el municipio de Palma de Mallorca no dispone de zonificación acústica. Esta herramienta es considerada fundamental en la mitigación de las molestias ocasionadas por el ruido consistiendo en delimitar áreas de diferente sensibilidad acústica con el objetivo de mantener alejar aquellos usos de suelo susceptibles de generar elevados niveles sonoros de aquellos otros que puedan ser molestados por el ruido.
- i) **Monitorización permanente.** Se presenta como una medida de especial interés la ubicación de monitores permanentes en las zonas de ocio, ya que una vez superado un periodo inicial, se convierten en herramientas fundamentales para la detección de zonas de saturación acústica. La creación de red de monitorización permanente, combinado con una actuación sancionadora adecuada puede convertirse en un elemento disuasorio de primera magnitud. En 2015 el Ayuntamiento de Palma de Mallorca no dispone de red monitorización, por lo que aún en la segunda fase no se había implantado esta medida.

La Segunda Fase de Aplicación de la Directiva 2002/49/CE se inició en 2015 con la elaboración del Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Palma de Mallorca y finalizó este mismo año con el Plan de Acción contra el Ruido de la ciudad de Palma de Mallorca elaborado conforme al actual marco legislativo.

Los esfuerzos del Ayuntamiento en sus diferentes áreas, y el alto grado de involucración del IMI y el departamento de movilidad, han permitido mejorar la calidad de los datos de entrada en lo referente a datos de población y tráfico, con respecto a la primera fase.

En este Plan se establecen medidas para la prevención, control y minimización de la contaminación acústica de la ciudad de Palma de Mallorca en función de los resultados obtenidos en el MER del municipio. El documento está dividido en una serie de capítulos tal y como se resume a continuación [40]:

- **Capítulo 1**, a modo de **introducción** sobre el contenido del resto del documento.
- **Capítulo 2**, en el que se presenta de forma detallada el **contexto jurídico**, a nivel Europeo, Nacional, Autonómico y Local, en relación a la elaboración de los Planes de Acción contra el Ruido (PAR).

Europea:

- **Directiva 2002/49/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la evaluación y gestión de ruido industrial.

Nacional:

- **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.**
- **Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre**, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- **Real Decreto 1367/2007**, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Autonómica (regional) y Local:

- **Ley 1/2007, de 16 de marzo, contra la contaminación acústica de la Illes Balears.**
- **Ordenanza Municipal, de 19 de diciembre de 2013, reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma de Mallorca.**

- **Capítulo 3**, en que se definen los **objetivos generales de un plan de acción**.
- **Capítulo 4**, en el que se describe de forma detallada la **aglomeración** del término municipal de Palma de Mallorca.
- **Capítulo 5**, se define la **autoridad responsable**.
- **Capítulo 6**, se presentan los **valores límite** normativos aplicables para la realización del Plan de Acción.
- **Capítulo 7**, en el que, a partir de los resultados obtenidos, se extraen las **conclusiones del Mapa Estratégico de Ruido** a partir de las cuales se basarán las medidas propuestas en el Plan de Acción.
- **Capítulo 8**, se presentan el **número de personas expuestas al ruido** en Palma de Mallorca extraídas del Mapa Estratégico de Ruido.
- **Capítulo 9**, se exponen las **medidas aplicadas para reducir el ruido** y diferentes **proyectos en preparación**.
- **Capítulo 10**, se presentan el catálogo de **actuaciones propuestas para el control de ruido ambiental**. Además se simulan diferentes escenarios con el objetivo de **estimar la repercusión en reducción de población expuesta** que conllevará la aplicación de estas medidas.
- **Capítulo 11**, disposiciones previstas para evaluar la aplicación de los resultados del plan de acción.

A través de los diferentes capítulos se van definiendo los fundamentos que determinan las medidas correctoras a llevar a cabo en el plan de acción. El proceso llevado a cabo es el siguiente:

1. Análisis de la normativa para determinar los requisitos en relación a con la elaboración de planes de acción contra el ruido, su contenido mínimo y objetivos generales así como los objetivos de calidad acústica.
2. Análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en el Mapa de Ruido de Palma de Mallorca 2015. En el MER se evalúa el ruido viario y el ruido ferroviario, identificándose el tráfico rodado como principal fuente de ruido en lo referente al número de personas y a la extensión del terreno afectado, ya que las emisiones acústicas se extienden por la práctica totalidad del municipio. En función del número de personas expuestas y los niveles sonoros obtenidos en el MER, se identifican las principales calles y vías en las que se superan los objetivos de calidad establecidos por la legislación, y que afectan a grandes núcleos residenciales, siendo estos los principales focos sobre los que actuar.
3. La ciudad de Palma de Mallorca aprobó el Plan de Movilidad Sostenible (PMUS) en 2015, con propuestas que deben implantarse paulatinamente con el objetivo de conseguir una movilidad urbana sostenible. Es imprescindible tener en cuenta las propuestas del PMUS de manera que las medidas previstas en el Plan de Acción sean compatibles con las del Plan de Movilidad, buscando en todo momento la generación del máximo número posible de sinergias y coordinación entre ambos planes. Entre las propuestas incluidas en el PMUS que influyen en la reducción del ruido de tráfico rodado, destacan:
 - Promover el transporte público cómodo y accesible
 - Disponer de una red peatonal adapta y segura
 - Integrar el uso de la bicicleta
 - Red peatonal y ciclista cómoda y segura (figura 3.7.2.).

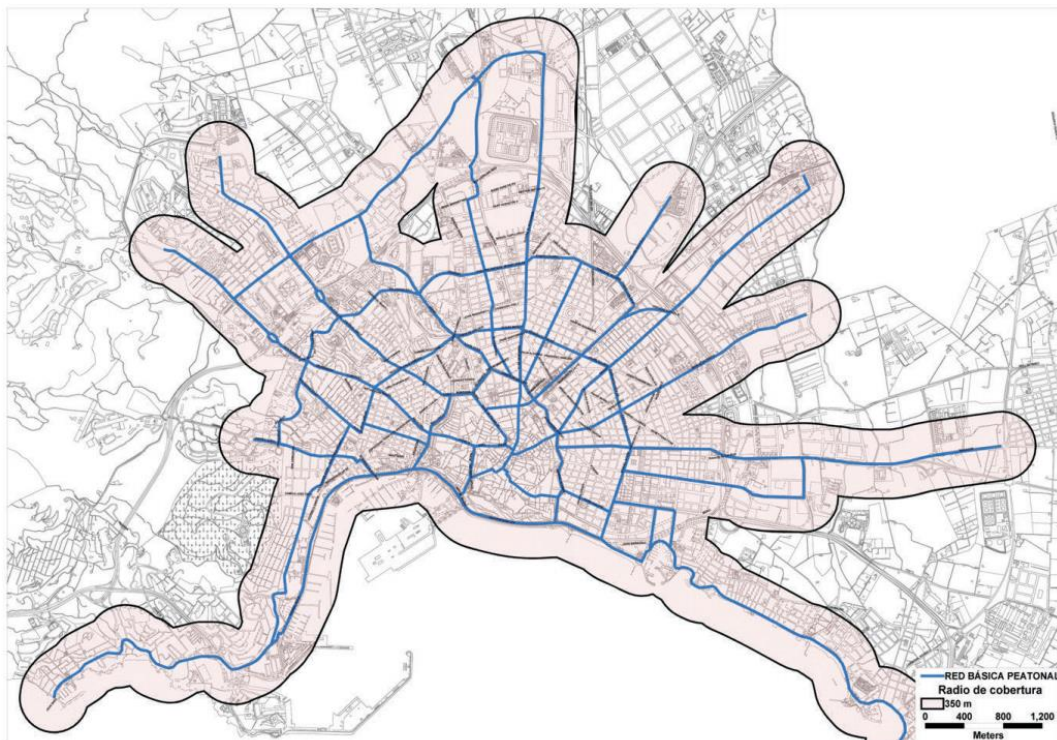


Figura 3.7.2. Plano de la Red Básica Peatonal propuesta en el PMUS de Palma de Mallorca.

Existen medidas en el PMUS que no reducen el ruido en la vía pública, sino que incluso pueden llegar a incrementar los niveles sonoros. Se trata de medidas que fomentan el uso de la motocicleta y el ciclomotor, (ideadas para lograr un incremento el número de plazas de aparcamiento en calzada y mejorar la movilidad) y la regulación y ordenación de la distribución urbana de mercancías mediante la implantación de la carga y descarga nocturna. Este tipo de medidas, aunque presentes en el PMUS se desaconsejaron en el Plan de Acción contra el Ruido por entender que podrían llegar a incrementar los niveles de ruido y/o por producir niveles de ruido en periodos donde los objetivos de calidad acústica son más restrictivos.

El Decreto 6/2007, de 17 de enero, determina que los Ayuntamientos deben declarar determinadas zonas acústicas en las que establecer regímenes especiales conjuntamente con sus planes zonales específicos. Dicho Decreto prevé cuatro zonas acústicas especiales: zonas de protección acústica especial (ZPAE), zonas tranquilas (ZT), zonas acústicamente saturadas (ZAS) y zonas de situación especial (ZSE).

La Ordenanza Municipal reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma establece, en su Anexo II, los objetivos de calidad acústica en cada tipo de área acústica. Estos se especifican tanto para áreas urbanizadas existentes como para nuevos desarrollos urbanísticos, siendo estos últimos 5 dB inferior a los primeros.

Tabla 3.7.4. Objetivos de calidad acústica de la Ordenanza Municipal reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma de Mallorca.

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c)	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	(2)	(2)	(2)
g	Sectores del territorio con predominio de suelo de espacios naturales de especial protección contra la contaminación acústica	(3)	(3)	(3)

(1) En estos sectores del territorio se tienen que adoptar las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a del artículo 18.2 de la Ley 37/2003.

(2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se tienen que superar los objetivos de calidad acústica por ruido aplicables al resto de áreas acústicas contiguas.

(3) Los índices de ruido correspondientes a los espacios naturales de especial protección se regulan, si es el caso, en la normativa aplicable específica.

Es importante tener en cuenta que el Ayuntamiento no ha efectuado zonificación acústica del municipio por lo que se consideran por defecto todo el término municipal como área acústica de tipo Residencial.

Una vez llegado a este punto, y en función de los resultados obtenidos en el proceso desarrollado anteriormente y los objetivos de calidad acústica, se diseñan las líneas de actuación proponiendo medidas concretas. Para ello:

1. Se consultan y analizan los Planes de Acción de Aglomeraciones disponibles en SICA (Sistema de Información Básico sobre Contaminación Acústica) en el momento de la redacción de la memoria, con el fin de extraer para el Plan las medidas estratégicas más destacadas que la experiencia aconseja como más efectivas.
2. Se accede a diferentes sistemas de información, tanto nacional como internacional, y se analizan diferentes recursos y trabajos de carácter científico donde se avalan o desaconsejan la adopción de determinadas medidas de prevención y/o control acústico.
3. Se analiza, y se considera como documento de referencia, el PMUS. También se considera el Plan de Acción de Energía Sostenible del municipio (PAES), así como el diseño y la trama de la red viaria urbana y el diseño de la ciudad.
4. Además, la ciudad de Palma de Mallorca participa en el proyecto CIVITAS DYN@MO en colaboración con las ciudades de Aachen/Aquisgrán (Alemania), Gdynia (Polonia) y Koprivnica (Croacia) cuyos objetivos, entre otros, son el intercambio directo de experiencias en materia de movilidad y el lanzamiento de proyectos nuevos como la introducción del vehículo eléctrico.
5. El Ayuntamiento de Palma de Mallorca, a través de la Agenda 21 de Palma, llevó a cabo un proyecto de consulta ciudadana para recabar opiniones, preocupaciones, propuestas y/o sugerencias acerca de la contaminación acústica en el municipio, siendo de gran ayuda en el diseño, objetivos y estrategia general del documento.

Como resultado se desarrollan una serie de medidas, jerarquizadas por orden de prioridad y agrupadas, según su objetivo general, en:

- a) Medidas que reducen el tráfico rodado.
- b) Medidas que disminuyen la velocidad del tráfico rodado.
- c) Medidas que disminuyen la cantidad de vehículos ligeros.
- d) Medidas que disminuyen la cantidad de vehículos pesados.
- e) Medidas que modifican los flujos de movilidad.
- f) Medidas que afectan a la absorción/propagación del sonido.

Entre las diferentes medidas destacan como prioritarias:

1. Instalar una red de monitoreo permanente de ruido ambiental.
2. Relanzamiento de la comisión de ruido y cambio climático.
3. Difusión, Educación, Sensibilización y Participación contra el Ruido.

4. Realización de estudios acústicos en detalle.
5. Control y gestión del ruido de ocio nocturno.
6. Inspección acústica de vehículos.
7. Creación de zonas de bajas emisiones.
8. Creación y gestión de zonas tranquilas.
9. Control de emisión acústica en obras.
10. Incluir criterios acústicos en los concursos y suministros del Ayuntamiento.

Gran parte de las medidas propuestas son recogidas en el PMUS del municipio, consiguiendo gran coordinación entre ambos planes.

El Plan de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca presenta una serie de escenarios simulados para mostrar las posibles mejoras que se producirán en los niveles sonoros, así como en la población expuesta, mediante la aplicación de diferentes medidas propuestas. Se estudian 10 localizaciones coincidiendo con zonas donde, por sus características, se ha detectado una elevada población expuesta a elevados niveles de ruido ambiental en el MER.

Un ejemplo claro es el centro histórico de la ciudad (figura siguiente) donde se propone la reducción del número de vehículos en un 80%, de manera que la población expuesta a niveles superiores a 65 dBA, hablando en términos de L_d , se reduce en un 47%.



Figura 3.7.3. L_d del centro histórico-Izq. Escenario inicial; Dch. Escenario simulado reduciendo el número de vehículos en un 80%.

A continuación se muestra una tabla resumen donde se vinculan los requisitos establecidos en la Directiva 2001/49/CE para los planes de acción y de qué forma se han contemplado en el Plan de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca.

Tabla 3.7.5. Requisitos en Directiva 2001/49/CE para los planes de acción y Plan de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca.

REQUISITOS DE LOS PLANES DE ACCIÓN SEGÚN LA DIRECTIVA 2002/49/CE	PLAN DE ACCIÓN DE PALMA DE MALLORCA
- Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.	Son desarrollados en profundidad en el Capítulo 4 del Plan de Acción
- Autoridad responsable.	Este Plan define en su Capítulo 5 la autoridad responsable.
- Contexto jurídico.	En el Capítulo 2 presenta de forma la Normativa Europea, Nacional, Autonómica y Local en relación a la elaboración de Planes de Acción contra el Ruido.
- Valores límites establecidos con arreglo al artículo 5.	En el Capítulo 6 se presentan los valores límite para la realización del Plan de Acción, siendo dos reglamentos los que definen dichos valores: el Real Decreto que desarrolla la Ley 37/2003 y la Ordenanza Municipal reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma de Mallorca.
- Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido.	Este Plan de Acción expone, en el Capítulo 7, las conclusiones extraídas del Mapa Estratégico de Ruido de Palma de Mallorca de 2015.
- Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar.	Se presentan, en el Capítulo 8, el número de personas expuestas al ruido en Palma de Mallorca extraídas del Mapa Estratégico de Ruido.
- Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos de preparación.	En el Capítulo 9 se presentan las diferentes medidas adoptadas, así como las que se encuentran en fase de preparación, por el Ayuntamiento desde el 2008 hasta la redacción de este Plan. Además se muestra la inversión llevado a cabo por el Ayuntamiento para aplicar las diferentes medidas.
- Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.	Entre las propias medidas contempladas por el Plan algunas están previstas para los próximos 5 años, así como otras están planificadas a largo plazo. Las actuaciones están coordinadas con el PMUS.
- Estrategia a largo plazo.	
- Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.	En el momento de redacción del Plan de Acción no está disponible, pero si se presenta información de la inversión, llevada a cabo por el Ayuntamiento hasta el momento, para aplicar las diferentes medidas para reducir el ruido en la ciudad de Palma de Mallorca.
- Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.	En el momento de redacción de este Plan se determina, como método de evaluación de las medidas propuestas, la comparación entre los resultados del MER y los obtenidos en las zonas simuladas en este Plan con algunas de dichas medidas implantadas.
- Consulta a la población sobre las propuestas del Plan de Acción, dándoles tiempo a la	El Ayuntamiento de Palma de Mallorca, a través de la Agenda 21 de Palma, llevó un

posibilidad efectiva de participar en la preparación y revisión de las medidas, teniendo en cuenta dicha participación y manteniendo informada a la población sobre las decisiones adoptadas.	periodo de consulta para recabar las opiniones, críticas, propuestas y/o sugerencias sobre las medidas incluidas en el Plan, así como sobre el diseño, objetivos y estrategia general del documento. Actualmente el Plan se encuentra en esta fase de consulta ciudadana.
- Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas	El Plan de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca presenta una serie de escenarios simulados para mostrar las posibles mejoras que se producirán en los niveles sonoros, así como en la población expuesta, mediante la aplicación de diferentes medidas propuestas.
Los plazos de entrega de los Planes de Acción contra el Ruido, establecidos en Real Decreto 1513/2005, serán : 1ª Fase - Antes del día 18 de julio de 2008, los correspondientes a los lugares próximos a grandes ejes viarios (tráfico superior a seis millones de vehículos anual), a grandes ejes ferroviarios (tráfico superior a 60.0000 trenes anuales) y a grandes aeropuertos. Así como grandes aglomeraciones (más de 250.000 habitantes), como es el caso de Palma de Mallorca. - Antes del día 18 de julio de 2013, el resto de grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y aglomeraciones. 2ª Fase: revisión de los MER y planes cada 5 años.	Se considera, que los Planes de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca, tanto de la primera como de la segunda fase, fueron elaborados, aunque con cierto retraso, dentro de los plazos establecidos.

3.7.3.3. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Madrid

El Ayuntamiento de Madrid realizó, en 2006, el Mapa Estratégico de Ruido que reflejaba los niveles relativos al año 2006, en base cuyos resultados elaboró el Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de la ciudad de Madrid correspondientes a la primera fase.

Para la realización de MER 2006 el Ayuntamiento diseñó y puso en funcionamiento el Sistema de Actualización Dinámica del Mapa Acústico de Madrid (SADMAM), para lo cual dispuso de un sistema de monitoreado de ruido compuesto por la Red Permanente de Control de Ruido del Ayuntamiento de Madrid, la Red de Monitoreado Móvil y vehículos especialmente preparados.

Es importante señalar que los MER, por imperativo legal, solamente deben contemplar para realizar el cartografiado y calcular la población expuesta, aquellas fuentes de ruido que contempla la directiva 2002/49/CE: tráfico rodado, ferroviario, aéreo y de fuentes industriales. No obstante, en los niveles sonoros de las ciudades y por ende en su calidad acústica influyen otras fuentes de ruido como puede ser las actividades de ocio nocturno. En el caso de Madrid, **las actividades de ocio nocturno se encuentran muy reguladas en cuanto a la concesión de licencias**, estableciéndose requisitos para garantizar los niveles de emisión dentro del local emisor en función del tipo de local, los niveles de inmisión en el recinto receptor en función de su uso (vivienda, local comercial, etc.), así como los niveles de aislamiento mínimo que deben garantizarse. Por dicho motivo, el ruido emitido por los locales de ocio no representa como norma general un problema generalizado. Sin embargo, el ruido asociado a los usuarios de los locales de ocio que transitan o permanecen en las calles de la ciudad si representa un problema por las molestias que producen impidiendo el descanso y afectando a la calidad de vida de las personas.

Las características de este agente contaminante lo convierten en uno de los más molestos, ya que produce elevados niveles de ruido durante el periodo de descanso nocturno.

Con la finalidad de diagnosticar los niveles sonoros producidos en las zonas de ocio nocturno y plantear posibles soluciones en el caso de que se produzca una superación de los objetivos de calidad acústica se acometió en Madrid un proceso de cartografiado de ruido del ocio realizándose mapas de ruido específicos para esta fuente, comenzando por tres zonas de ocio nocturno muy populares: *Azca, Aurrerá y Chueca*.

El Plan de Acción correspondiente establece la filosofía y líneas de actuación que conforman la **política de lucha contra el ruido** de la ciudad de Madrid. El documento consta de 4 tomos, incluyendo una breve **memoria justificativa** a modo de introducción, donde en una extensión de 3 páginas se comenta la estructura del resto de los documentos.

Tomo I. Memoria y Descripción de Zonas Tranquilas [41].

Recoge la información referente a la ciudad, las medidas contra el ruido adoptada en el pasado y se definen los objetivos de las principales acciones del Plan de Acción.

Se definen las fases de desarrollo del plan, siendo estas:

1. **Análisis.** En esta fase se evalúa y analiza el estado de contaminación acústica existente en Madrid, para lo que se dispone de las siguientes herramientas de análisis:
 - Mapa Estratégico de Ruido.
 - Áreas Acústicas.
 - Mapa de Ocio Nocturno.
2. **Desarrollo.** En esta etapa se lleva a cabo:
 - Estudio y evaluación de los problemas detectados.
 - Definición de actuaciones y asignación de responsables y plazos.
 - Cuantificación de mejoras posibles.
 - Financiación.
 - Redacción del Plan de Acción.
3. **Puesta en Marcha.** Los hitos más importantes durante esta fase son:
 - Información pública.
 - Aprobación y supervisión.
 - Ejecución de las actuaciones definidas.
 - Análisis de los resultados.
 - Seguimiento de objetivos y revisión de las actuaciones desarrolladas.

Se identifica el tráfico rodado como principal foco de contaminación acústica en Madrid, tratándose así del principal responsable de los niveles ambientales de ruido.

El Ayuntamiento de Madrid ya había puesto en marcha una serie de actuaciones enmarcadas dentro de una política integral de lucha contra el ruido, las cuales se tienen en cuenta a la hora de diseñar y elaborar las diferentes medidas propuestas en el Plan de Acción, entre las que destacaban:

- Desarrollo del primer Plan Estratégico de Reducción de la Contaminación Acústica 2001-2003 (PERCA).
- Incremento de la acción inspectora y disciplinaria.
- Creación de la Brigada Contra el Ruido en junio de 2004, formada por policías municipales especializados en atender conflictos relacionados con el ruido.
- Incremento de la labor desarrollada en Centro Municipal de Acústica (C.M.A).
- Labores de educación y sensibilización de la población.
- Diferentes medidas para prevenir y minimizar el impacto acústico de la ciudad, como son la instalación de pavimentos fonoabsorbentes y peatonalización de determinadas calles, y entre los que destaca el soterramiento de la M-30.

- Delimitación de las Áreas Acústicas. De esta manera se establecen unos objetivos de calidad acústica en función del uso predominante del suelo.

Los planes de acción incorporan medidas para proteger las zonas de mejor calidad acústica con el objetivo de preservarlas en el futuro. Con este objetivo el Ayuntamiento de Madrid decidió proponer como **Zonas Tranquilas**: *El Retiro, el Parque Juan Carlos I, la Dehesa de la Villa y la Casa de Campo*. En estas zonas se propone realizar medidas de control para verificar que los niveles de ruido siguen cumpliendo la condición necesaria para su consideración como Zona Tranquila, y en caso contrario, diseñar el conjunto de medidas a aplicar para recuperar las condiciones favorables.

Además, en este plan, se definen como **áreas acústicas tipo “g”** a aquellos espacios naturales en los que por razones propias necesiten de una mayor protección contra la contaminación acústica, fijándose objetivos de calidad acústica más reducidos. Se delimitaron tres regiones de este tipo: *Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, Parque Regional del Sur-Este y el Monte del Pardo*.

Tomo 2. Descripción de las Zonas de Conflicto [42].

La combinación de la información presente en el MER y las Áreas Acústicas permitió identificar como Zonas de Conflicto aquellas en las que se superaban los objetivos de calidad.

El cálculo del número de personas y su grado de exposición en cada una de las zonas de conflicto se emplea para priorizar el orden de actuación

Se localizaron 43 zonas en las que los niveles de contaminación acústica y la cantidad de población expuesta hacen recomendable designarlas como zonas de conflicto, paso previo a declaración de Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE), para cada una de las cuales se elabora un plan de actuación específico (Planes Zonales) que permitan reducir los niveles de ruido ambiental debidos a la actividad de ocio y su tráfico asociado.

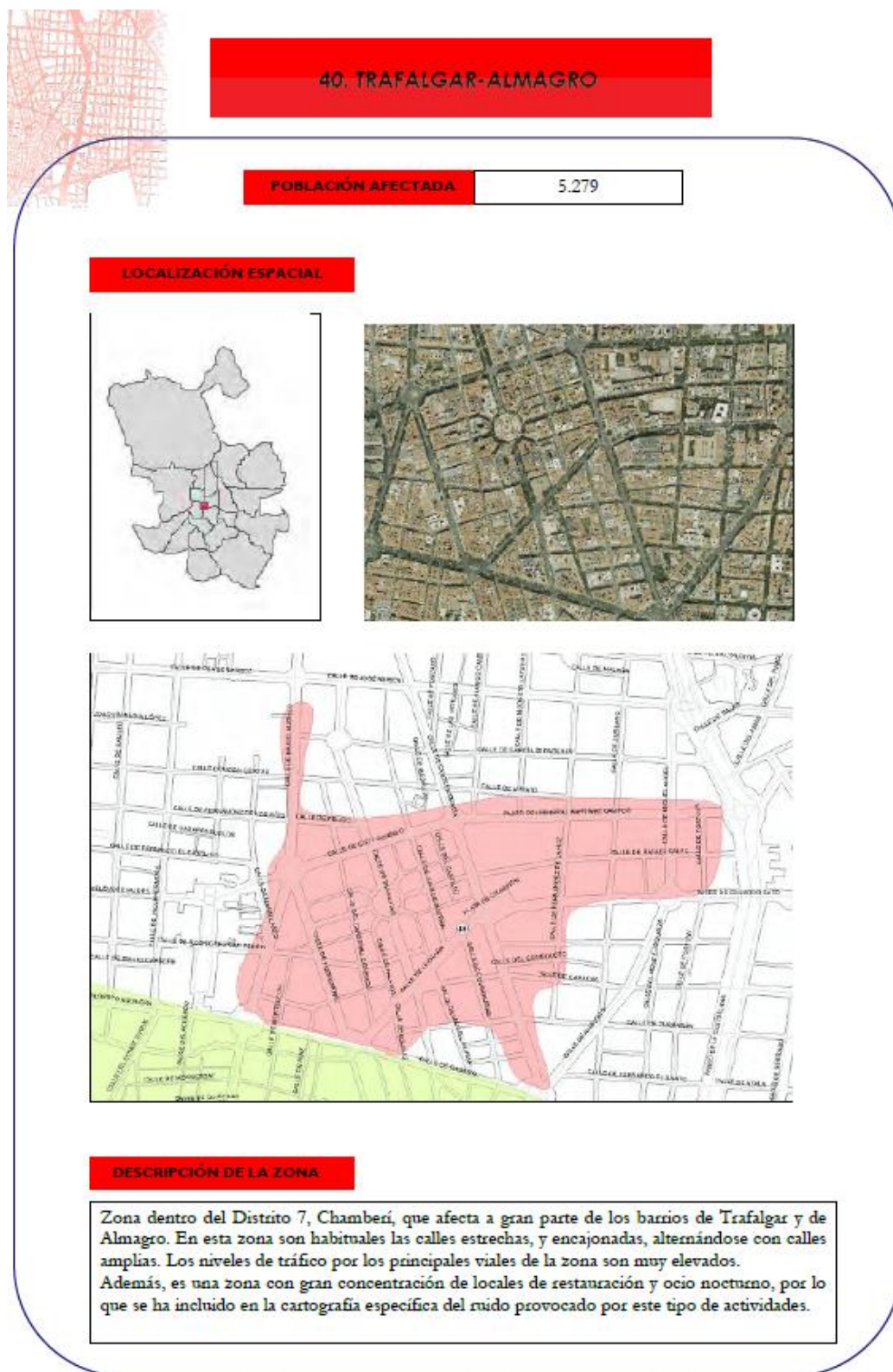


Figura 3.7.4. Ejemplo de una de las Zonas de Conflicto definidas en el Plan de Acción de Madrid.

Tomo 3. Catálogo de Soluciones [43].

Las acciones destinadas a reducir los niveles de ruido pueden ser de muy diversa índole, dependiendo de muchas variables como puede ser el grado de superación del objetivo de calidad acústica, el periodo, la población expuesta, la fuente de ruido predominante, etc. Las medidas se han agrupado en cinco líneas principales las medidas a llevar a cabo para reducir los efectos de la contaminación acústica:

- Línea I. Sensibilización y Educación Contra el Ruido.
- Línea II. Movilidad Sostenible.
- Línea III. Actuaciones de Control de Ruido Provocado por Ocio Nocturno.
- Línea IV. Actuaciones Sobre el Paisaje Urbano
- Línea V. Ordenación del Territorio.

Para evaluar y revisar la eficacia de las actuaciones propuestas realizaron mediciones de ruido antes y después de la implantación de las soluciones.

Es importante destacar que el Ayuntamiento de Madrid cooperó con las administraciones encargadas de la gestión de infraestructuras fuera de su responsabilidad, pero que constituyen importantes focos de ruido dentro de su término municipal. Estas infraestructuras son principalmente:

1. Grandes ejes viarios. La competencia de dichos viales está transferida parcialmente al Ayuntamiento de Madrid, y a partir de un determinado punto kilométrico la competencia es del Ministerio de Fomento, siendo la autoridad responsable del cartografiado y posterior elaboración de los Planes de Acción.
Los grandes ejes viario que afectan al municipio de Madrid son: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-42, M-23, M-40, M-45, R-2 y R-3.
2. Infraestructuras ferroviarias. La elaboración y publicación de los Mapas Estratégicos de Ruido, y Planes de Acción, de competencia estatal o comunitaria corresponde elaborarlos a ADIF y a la Comunidad de Madrid.
3. Aeropuerto de Madrid-Barajas. AENA es la entidad responsable de la elaboración y publicación de los Mapas Estratégicos de Ruido, y Planes de Acción, de todos los aeropuertos civiles que superen los 50.000 movimientos al año.

Transcurridos cinco años, tal y como determina la normativa, el Ayuntamiento de Madrid revisó el MER, elaborando uno nuevo que reflejaba la situación acústica existente en el año 2011 (MER 2011). Los resultados del MER 2011 permitieron al Ayuntamiento elaborar la Revisión el Plan de Acción.

En esta ocasión, además del tráfico rodado y el ocio, el Ayuntamiento incluyó cartografía acústica correspondiente a las vías ferroviarias que registran un tráfico inferior a 30.000 trenes al año, las cuales quedan fuera de la obligación de cartografiar por parte de ADIF.

En este Plan se analizan los indicadores L_d , L_e y L_n y el número de personas expuestas a niveles por encima de los objetivos de calidad acústica obtenidos en el MER 2011, lo que permite evaluar las medidas puestas en marcha a raíz de la primera fase del Plan de Acción e identificar las zonas donde es necesario continuar trabajando para reducir el ruido.

Tras un profundo análisis de MER 2011, se llega a la conclusión de que las medidas puestas en marcha del Plan Acción han permitido:

1. Lograr una importante reducción de personas expuestas a niveles de ruido por encima de los objetivos de calidad acústica, cumpliéndose el objetivo primordial con el que se elaboró.
2. Preservar las condiciones acústicas de las zonas tranquilas.
3. Alcanzar una importante reducción de los niveles de ruido en los viales interiores gracias a las peatonalizaciones y restricciones al tráfico acometidas.

En definitiva, los resultados obtenidos en el MER 2011 muestran una reducción de los niveles acústicos de Madrid. Sin embargo, es importante continuar trabajando para reducir la contaminación acústica, de manera que la Revisión del Plan de Acción se realiza con los objetivos de:

- Reducir los niveles de ruido existentes en el municipio.
- Preservar las condiciones acústicas que se dan en las Zonas Tranquilas.
- Potenciar los canales de información al ciudadano.

Para conseguir dichos objetivos, y debido a la eficacia de las líneas establecidas en el Plan de Acción de la primera ronda, en la Revisión del Plan de Acción deciden mantener las líneas de actuación existentes. Así se ponen en marcha las siguientes iniciativas, agrupadas por línea de actuación:

- **Línea I. Sensibilización y Educación Contra el Ruido.**
 - **Encuesta de Calidad de Vida y Satisfacción con los Servicios Públicos.** Esta encuesta muestra como la problemática asociada al ruido ha pasado, de ser la tercera preocupación para los madrileños en 2009, a ser la última posición en 2014.
 - **Encuestas a usuarios de ocio nocturno y residentes en dichas zonas.** Encuesta acerca de las cuestiones relacionadas con el ruido de ocio y las molestias ocasionadas por dicha actividad.
 - **Campaña diviértete sin molestar,** para sensibilizar y educar a la población en los temas relacionados con el ruido.
 - **Carta de Servicios de Control de Ruido,** para informar a los ciudadanos.
- **Línea II. Movilidad Sostenible.**
 - **Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la ciudad de Madrid,** de 2014, en el que se desarrollan políticas de movilidad que supondrán además una importante reducción de los niveles de ruido debidas al tráfico.

- **Plan Director Ciclista.** Tiene como objetivo fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte. Un claro ejemplo es el proyecto BiciMAD para el alquiler de bicicletas.
- **Declaración de Áreas de Prioridad Residencial.**
- **Peatonalización de calles.**
- **Asfaltado Acústico.**
- **Renovación Flota Vehículos Empresa Municipal Transportes (EMT).** Aumento del número de vehículos respetuosos con el medio ambiente de la EMT en un 55% desde 2012.
- **Templado de Tráfico.** Medidas para reducir la velocidad de circulación para disminuir el ruido de tráfico rodado, entre las que destaca la instalación de radares en la Calle 30.
- **Línea III. Actuaciones de Control de Ruido Provocado por Ocio Nocturno.**
 - **ZPAR de AZCA- Avenida de Brasil**
 - **Revisión ZPAE Aurrerá.** Dada su situación actual se amplía el ámbito geográfico de aplicación de la vigente ZPAE.
 - **ZPAE “La Lonja”.**
 - **Revisión ZPAE Distrito de Centro.** En el momento de elaboración del informe se están realizando campañas de medición de niveles de ruido con los que revisar la Declaración de la ZPAR de Centro, así como las medidas contenidas en su Plan Zonal Específico.
- **Línea IV. Actuaciones Sobre el Paisaje Urbano.**
 - **Ampliación de aceras** en algunas calles de Madrid, reduciendo la superficie correspondiente a los vehículos en favor de los peatones, reduciendo el número de vehículos en circulación y su velocidad.
- **Línea V. Ordenación del Territorio.**
 - **Actualización de las Áreas Acústicas,** a fin de reflejar los cambios producidos en la ciudad por los nuevos desarrollados y las actuaciones urbanísticas llevadas a cabo.
 - **Planeamiento urbanístico.** Previo a la aprobación de cualquier planeamiento urbanístico, es necesario su sometimiento a un informe ambiental en relación a aspectos acústicos y la problemática derivada de los mismos.

A continuación se muestra una tabla resumen donde se vinculan los requisitos establecidos en la Directiva 2001/49/CE para los planes de acción y de qué forma se han contemplado en el Plan de Acción contra el Ruido de Madrid.

Tabla 3.7.6. Requisitos en Directiva 2001/49/CE para los planes de acción y Plan de Acción contra el Ruido de Madrid.

REQUISITOS DE LOS PLANES DE ACCIÓN SEGÚN LA DIRECTIVA 2002/49/CE	PLAN DE ACCIÓN DE MADRID
- Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.	Tanto en el Plan de Acción de la Primera Fase como en el de la Segunda, se describe la aglomeración de Madrid y los principales focos de ruido ambiental (principales ejes viarios, principales ejes ferroviarios, principales aeropuertos, ruido industrial y actividades de ocio).
- Autoridad responsable.	Son desarrollados tanto en el Plan de Acción de la primera ronda como en la Revisión del Plan de Acción en distinto capítulos.
- Contexto jurídico.	
- Valores límites establecidos con arreglo al artículo 5.	
- Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido.	En el Plan de Acción de Madrid se realiza un análisis profundo del MER que determinara los problemas relacionados con la contaminación acústica y las medidas a aplicar.
- Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar.	En la primera ronda del Plan de Acción se presentan las medidas ya aplicadas, y las que están en proceso, por el Ayuntamiento en materia de reducción de la contaminación acústica. En la Revisión del Plan de Acción se analizan las medidas propuestas por el Plan de Acción que han sido llevadas a cabo y están en proceso de desarrollo.
- Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos de preparación.	
- Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.	El Plan contempla como medidas previstas para los próximos 5 años las propias de este Plan.
- Estrategia a largo plazo.	Se contemplan como medidas a largo plazo la revisión del MER y la implantación de las medidas propuestas en el Plan.
- Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.	En el momento de redacción de los Planes de Acción no está disponible.
- Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.	A parte de la revisión cada 5 años del Plan, el Ayuntamiento de Madrid dispone de una Red de Vigilancia de la Contaminación Acústica, que permite evaluar las medidas aplicadas. Esta Red está formada por: • Red Fija compuesta de 31 estaciones permanentes distribuidas por la ciudad. • Red Móvil, compuesta por 16 terminales de monitoreado de ruido. • Sistema de Actualización Dinámica del mapa Acústico de Madrid (SADMAM)

	compuesto por 5 vehículos instrumentados acústicamente que permiten registrar los valores de los niveles de ruido ambiental en cualquier punto de la ciudad.
- Consulta a la población sobre las propuestas del Plan de Acción, dándoles tiempo a la posibilidad efectiva de participar en la preparación y revisión de las medidas, teniendo en cuenta dicha participación y manteniendo informada a la población sobre las decisiones adoptadas.	El Ayuntamiento de Madrid pone a disposición de los ciudadanos dos tipos de canales de participación: 1. Órganos y canales normalizados, establecidos en su Reglamento Orgánico de Participación Ciudadana, a través de los cuales los ciudadanos pueden trasladar sus comentarios, alegaciones y sugerencias a los distintos servicios municipales. 2. Canales específicos, para facilitar la participación ciudadana en el procedimiento de los instrumentos de evaluación y gestión de ruido.
- Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas	La Red de Vigilancia de la Contaminación Acústica de Madrid permite al Ayuntamiento conocer en todo momento la reducción en la afección de las personas que conlleva la implantación de las diferentes medidas propuestas.
Los plazos de entrega de los Planes de Acción contra el Ruido, establecidos en Real Decreto 1513/2005, serán : 1ª Fase - Antes del día 18 de julio de 2008, los correspondientes a los lugares próximos a grandes ejes viarios (tráfico superior a seis millones de vehículos anual), a grandes ejes ferroviarios (tráfico superior a 60.0000 trenes anuales) y a grandes aeropuertos. Así como grandes aglomeraciones (más de 250.000 habitantes), como es el caso del Ayuntamiento de Madrid. - Antes del día 18 de julio de 2013, el resto de grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y aglomeraciones. - 2ª Fase: los Planes de Acción, al igual que los Mapas estratégicos de Ruido, deben ser revisados cada 5 años.	El Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica de Madrid comenzó su proceso en 2006, siendo finalmente publicado en 2009, mientras que la Revisión del Plan de Acción se elaboró en 2011.

3.7.3.4. Legislación y normativa de referencia.

1. Directiva 2002/49/CE sobre la evaluación y gestión de ruido ambiental. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 25 de Junio de 2002.
2. Ley 37/2003 del Ruido. Boletín Oficial del Estado español núm. 276 (BOE 18/11/2003), 17 de noviembre de 2003.
3. Real Decreto 1513/2005 por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. Boletín Oficial del Estado español núm. 301 (BOE 23/10/2007), 16 de diciembre de 2005.
4. Real Decreto 1367/2007 por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Boletín Oficial del Estado español núm. 254 (BOE 23/10/2007), 19 de octubre de 2007.
5. Ley 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Ley GICA). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía núm. 143 (BOJA 20/07/2007), 9 de julio de 2007.
6. Decreto 6/2012 por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía núm. 24 (BOJA 06/02/2012), 17 de enero de 2012.
7. Ley 1/2007 contra la contaminación acústica de la Illes Balears. Boletín Oficial del Estado español núm. 97 (BOE 23/04/2007), 16 de marzo de 2007.
8. Ordenanza Municipal reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma de Mallorca. Boletín Oficial de las Islas Baleares núm. 4 (BOE 09/11/2014), 19 de diciembre de 2012.

Planes de acción y MER.

1. Mapa Estratégico de Ruido de la ciudad de Granada. Memoria Resumen. Ayuntamiento de Granada. Delegación de Medio Ambiente, Salud y Consumo 2008 [fecha de consulta: 31 de marzo de 2016]. Disponible en:
<http://sicaweb.cedex.es/docs/mapas/fase1/aglomeracion/Granada/resumen.pdf>
2. Plan de Acción para la Prevención, Control y Minimización de la Contaminación Acústica en la ciudad de Granada. Ayuntamiento de Granada. Elaborado por UNISON S.L. Mayo de 2013
3. Plan de Acción 2009-2013 por una Granada sostenible para el Milenario. Oficina Técnica Agenda 21 Local de Granada. Julio 2008
4. Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Granada. Información, Análisis y Diagnóstico. Ayuntamiento de Granada. Febrero 2013.
5. Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Granada. Propuestas y Plan de Acción I. Ayuntamiento de Granada. Febrero 2013.
6. Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Granada. Propuestas y Plan de Acción II. Ayuntamiento de Granada. Febrero 2013.

7. Mapa Estratégico de Ruido de Palma de Mallorca. Memoria Resumen. Ajuntament de Palma, 2008 [fecha de consulta: 31 de marzo de 2016]. Disponible en:
http://sicaweb.cedex.es/docs/mapas/fase1/aglomeracion/Palma_Mallorca/resumen.pdf
8. Mapa Estratégico de Ruido de Palma de Mallorca. 2ª Fase. Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada (I2A2). Marzo de 2015
9. Plan de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca. Memoria 2015. Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada (I2A2). 2015
10. Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Palma de Mallorca. Ajuntament de Palma de Mallorca. Junio de 2014.
11. Pla d'Acció per a l'Energia Sostenible de Palma. Ajuntament de Palma de Mallorca. Diciembre de 2014.
12. Mapa Estratégico de Ruido de la ciudad de Madrid 2006. Memoria Resumen. Ayuntamiento de Madrid, 2006 [fecha de consulta: 1 de abril de 2016]. Disponible en:
<http://sicaweb.cedex.es/docs/mapas/fase1/aglomeracion/Madrid/resumen.pdf>
13. Mapa Estratégico de Ruido de Madrid 2011. Memoria Resumen. Ayuntamiento de Madrid, 2011 [fecha de consulta: 1 de abril de 2016]. Disponible en:
http://sicaweb.cedex.es/docs/mapas/fase2/aglomeracion/MADRID/Memoria_MER_MADRID.pdf
14. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica. Memoria Justificativa. Área de Gobierno de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid. Madrid. 2006.
15. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica. Tomo I: Memoria. Área de Gobierno de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid. Madrid. 2009.
16. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica. Tomo II: Zonas de Conflicto. Área de Gobierno de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid. Madrid. 2009.
17. Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica. Tomo III: Catálogo de Soluciones. Área de Gobierno de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid. Madrid. 2009.
18. Revisión del Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica. Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental del Ayuntamiento de Madrid. Madrid. 2011.

Otros documentos

1. M. Ausejo; M. Tabacchi; M. Recuero; C. Asensio; R. Pagán; Pavón, I. Design of a Noise Action Plan based on a Road Traffic Noise Map. Acta Acustica united with Acustica. Vol. 97 (2011) 492-502.
2. Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local. Recomendaciones del Proyecto SILENCE, [fecha de consulta: 4 de abril de 2016]. Disponible en:
http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP_J/E-learning/Planners/SILENCE_Handbook_ES_LR.pdf
3. Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad urbana Sostenible (PMUS). TRANSyT, Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, julio de 2006.

3.7.4. Recomendaciones iniciales para el diseño de un plan de acción contra el ruido en Chile

En vista de la experiencia desarrollada en las aglomeraciones españolas, es importante destacar algunas cuestiones fundamentales que deberán ser tenidas en cuenta con carácter previo al inicio de la elaboración de cualquier plan de acción. A continuación se exponen unas breves recomendaciones al respecto:

- 1) **El proceso de elaboración de un plan de acción contra el ruido, por definición, debe ser dependiente de una diagnosis.** Este diagnóstico previo de la situación acústica se realiza mediante un mapa de ruido, evaluación acústica o cualquier otra figura, donde se evalúe la afección acústica sobre un territorio y sobre su población. Sin embargo, no es necesario esperar a la finalización de las fases de diagnosis para iniciar el proceso de elaboración del plan de acción. Es recomendable comenzar a trabajar en paralelo a partir de la obtención de los primeros datos preliminares.
- 2) **Desde el inicio del proceso es sumamente importante identificar las responsabilidades y competencias de cada institución pública y servicio público.** La gestión del ruido ambiental suele ser una competencia que recae habitualmente en las áreas de medio ambiente, pero las fuentes de ruido que lo provocan pueden ser competencia de unidades muy distintas: Obras Públicas, Transportes, Vivienda y Urbanismo, y en acciones muy concretas, como la recogida de residuos (Municipio), etc.
- 3) **Desde el inicio es importante establecer qué instituciones y unidades tienen capacidad ejecutiva.** Se debe identificar una institución responsable del proyecto y formar una comisión donde se vean representados todos los departamentos involucrados, para establecer desde el inicio los procedimientos de coordinación.
- 4) **Analizar la superposición de competencias y funciones.** Como se aprecia en los casos analizados, en ocasiones coexisten fuentes de ruido de competencias y titularidad muy diversa, pudiendo ser públicas, privadas y de ámbito local, regional e incluso nacional. Por dicho motivo es importante que, antes del inicio del proyecto, se puedan identificar a las diferentes instituciones involucradas.
- 5) **Estrategia de compromisos y metas.** Una vez identificados los actores que tienen competencias en materia de ruido, se deberían intentar establecer una serie de compromisos iniciales respondiendo a las siguientes preguntas:
 - i) ¿A qué se está dispuesto a llegar?
 - ii) ¿Con qué presupuesto se cuenta?
 - iii) ¿Qué grado de compromiso se está dispuesto a adquirir?
 - iv) ¿Qué información se está dispuesto a compartir?
- 6) **Priorización de acciones.** En una etapa inicial, a partir de la obtención de los primeros datos preliminares, sería conveniente empezar a establecer una batería de posibles acciones y una primera priorización en función de distintas variables, como por ejemplo: económicas, ambientales, de movilidad, conflictos de intereses, entre otras.

- 7) **Articulación con otros programas o legislaciones.** Se deberán tener en cuenta otros planes, existentes o futuros que puedan tener relación con el ruido ambiental: planes de movilidad, calidad del aire, planes urbanísticos, planes de revitalización o incentivación de actividad económica, etc.
- 8) **Etapas y gradualidad.** El plan de acción debería desarrollarse a dos niveles: uno en el que se definan los objetivos y las estrategias a largo plazo, y otro donde se definan los objetivos y acciones a implementar en el plazo comprendido entre el plan de acción en elaboración y el siguiente plan de acción.
- 9) **Cuantificación económica.** Las medidas contempladas deberían estar acompañadas de una valoración económica, donde se evalúe el coste - eficacia de las medidas a adoptar. Dicha valoración podrá ser en términos de reducción de la población expuesta.
- 10) **Participación ciudadana efectiva.** Es sumamente importante implicar a la ciudadanía y organizaciones implicadas, no solo al final del proceso, sino en el inicio del proceso de toma de decisiones. En algunas ciudades se está experimentando en otros ámbitos distintos al ruido utilizando redes sociales y otras herramientas de participación activa.

3.7.5. Análisis del marco jurídico vinculado con un plan de acción contra el ruido en Chile

La actividad 7 del presente proyecto consistía en el diseño y definición de la implementación de un Plan de Acción para la gestión del control del ruido ambiental en una comuna de la Región Metropolitana. Por los avances que fueron aportados en el desarrollo del estudio, se acordó con la contraparte técnica del proyecto no restringir el plan de acción a sólo una comuna. La complejidad del instrumento desde el punto de vista de su implementación legal en Chile, hace necesario realizar un análisis jurídico general, que permita visualizar su viabilidad en la reglamentación nacional: determinar si es posible “soportar” este instrumento de gestión ambiental –el Plan de Acción- en Chile, o si se “reconoce (...) un marco regulatorio que podría amparar una herramienta de gestión como ésta en Chile”.

Como aproximación al análisis jurídico, se ha utilizado de referencia el Plan de Acción de Palmas de Mallorca de España. Este fue elaborado y ejecutado en cumplimiento a lo dispuesto en la Directiva de la Unión Europea y a la normativa estatal y regional española dictada en concordancia con ésta Directiva.

En principio, la hipótesis expresada en la propuesta y en los primeros informes, es que no existiría el plan de acción como tal -en denominación- como instrumento de gestión ambiental en Chile por lo que habría que explorar una definición y alcance. Sin embargo, podría aproximarse -en contenido- a otros instrumentos orientados a gestionar la contaminación en Chile, como los **planes de prevención y descontaminación** para lo cual deben cumplirse necesariamente los supuestos de declaración de latencia o saturación de una zona en relación a las normas de calidad ambiental que justificarían la elaboración y ejecución de los respectivos planes.

3.7.5.1. Planes de Acción Contra el Ruido Ambiental en Europa

Como se ha establecido, la Unión Europea, en la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [13], estableció un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias de la exposición al ruido ambiental. Con dicho fin, previeron aplicar progresivamente una serie de medidas para:

- a. Determinar la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de Mapas de Ruidos según métodos de evaluación comunes a los Estados miembros;
- b. Informar a la población sobre el ruido ambiental y sus efectos;
- c. Realizar y adoptar planes de acción por los Estados miembros, tomando como base los resultados de los mapas de ruidos, con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental cuando fuese necesario y, de forma particular, cuando los niveles de exposición pudieran provocar efectos nocivos en la salud humana, y con la finalidad de mantener la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

La finalidad de los planes de acción es doble, por un lado se presentan como un recurso para la prevención y la reducción de los niveles sonoros ambientales, y por otra parte tienen la finalidad de preservar el ambiente sonoro en aquellas zonas poco contaminadas desde el punto de vista acústico. Por otro parte, los planes de acción deben atender las prioridades identificadas en las zonas de estudio a partir de los mapas de ruido realizados.

La Directiva 2002/49/CE define los planes de acción como *aquellos (...) encaminados a afrontar las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuere necesario*. Además, define un término muy estrechamente relacionado con los planes de acción como es la planificación acústica: *el control del ruido futuro mediante medidas planificadas, como la ordenación territorial, la ingeniería de sistemas de gestión del tráfico, la ordenación de la circulación, la reducción del ruido con medidas de aislamiento acústico y la lucha contra el ruido en su origen*. [13]

Para la planificación acústica y la determinación de zonas de ruido, se deberán utilizar los indicadores L_{den} y L_{night} , no obstante las autoridades y entidades responsables de su elaboración podrán utilizar indicadores distintos de L_{den} y L_{night} para desarrollar los planes de acción o medidas parciales contenidas en ellos que afecten al periodo día o tarde.

La Directiva 2002/49/CE dedica su artículo 8 a los planes de acción. En dicho artículo se fijan los plazos iniciales y periódicos para elaborar los planes de acción. Se priorizaron los lugares próximos a grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año, a grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año, y a grandes aeropuertos, así como las aglomeraciones con más de 250.000

habitantes. Además, en dicho artículo aparece el concepto de “zonas tranquilas”, indicando que los planes de acción tendrán por objeto proteger las zonas tranquilas contra el aumento del ruido.

El artículo 8 no establece las medidas concretas que deberán tener los planes de acción debido a la variabilidad de su casuística, indicando que quedarán a discreción de las autoridades competentes. Lo que sí se indica es que *deberán afrontar en particular las prioridades que puedan determinarse como consecuencia de la superación de determinados valores límite o según otros criterios elegidos por los Estados miembros y deberán aplicarse, en particular, a las zonas más importantes establecidas de acuerdo con los mapas estratégicos de ruido*. Es decir, un plan de acción implica una priorización de medidas de control de ruido ambiental en función de la superación de unos valores límite [13].

Los planes de acción deben ser una herramienta de gestión del ruido ambiental viva y dinámica, que debe actualizarse, bien de forma periódica (cada 5 años partir de la fecha de su aprobación por imperativo legal), o bien cuando se produzca un cambio importante de la situación existente del ruido.

Los requisitos mínimos a cumplir por los planes de acción están establecidos en el anexo V. 5 de la Directiva 2002/49/CE [13], donde se indica que los planes de acción incluirán, como mínimo, los elementos siguientes:

- a) Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.
- b) Autoridad responsable
- c) Contexto jurídico.
- d) Valores límite establecido.
- e) Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido (Mapas estratégicos de ruido).
- f) Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar
- g) Relación de las consultas públicas organizadas.
- h) Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos en preparación
- i) Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.
- j) Estrategia a largo plazo
- k) Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios
- l) Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.

Algunas medidas que pueden prever las autoridades dentro de sus competencias son por ejemplo las siguientes:

1. Regulación del tráfico.
2. Ordenación del territorio.
3. Aplicación de medidas técnicas en las fuentes emisoras.
4. Selección de fuentes más silenciosas
5. Reducción de la transmisión de sonido.
6. Medidas o incentivos reglamentarios o económicos.

Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas (que sufren molestias o alteraciones del sueño, etc.). Es conveniente mencionar en este sentido, que la Comisión Europea está elaborando una nueva Directiva para la valoración de los efectos del ruido ambiental basado en el concepto Disability Adjusted Life Years (DALY) de la OMS.”

Los planes de acción son un conjunto de medidas prioritarias que tienen por objetivo proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos, reduciendo los niveles de ruido ambiental y preservando las zonas tranquilas. Tanto los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) como los Planes de Acción contra el Ruido (PAR) están concebidos como herramientas de diagnóstico y toma de decisiones dinámicas, que deben ser revisados con una periodicidad de 5 años.

Es importante señalar que los MER, por imperativo legal, solamente deben contemplar para realizar el cartografiado y calcular la población expuesta, aquellas fuentes de ruido contempladas en la directiva 2002/49/CE: tráfico rodado, ferroviario, aéreo y de fuentes industriales.

Cabe hacer presente que uno de los documentos de consulta y referencia obligada para el diseño de planes de acción es el Manual “*Local Noise Action Plans. Recommendations from the SILENCE Project. Sixth Framework Programme. UE*”. [17]

Este manual consta de 5 capítulos:

- 1) En el capítulo primero se contextualiza el problema del ruido ambiental y se enmarca la figura de los planes de acción como una figura legal de la Unión Europea para dotar de herramientas con las que llevar a cabo diferentes enfoques de gestión de ruido ambiental en el ámbito local. En este capítulo se enmarca jurídicamente la figura de los Planes de Acción y su conexión con los Mapas Estratégicos de Ruido y con la Directiva Europea de Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.
- 2) En el segundo capítulo se aporta información general sobre la elaboración de los Planes de Acción contra el Ruido.
- 3) En el tercer capítulo se dan una serie de pautas para elaborar planes de acción. En dicho capítulo se abordan cuestiones fundamentales para implementar planes de acción, identificando las

responsabilidades y competencias, tratando de establecer quien/es son los responsables de la gestión del ruido ambiental, qué departamento tiene capacidad ejecutiva, cómo deben ser las relaciones con otros departamentos, si es necesario contar con asesoría externa, qué grado de compromiso se debe/puede alcanzar sobre la reducción de niveles de ruido ambiental, cómo se gestiona un proyecto de este tipo, así como con qué recursos económicos de debe contar.

- También se abordan temas sobre posibles conflictos de intereses entre las distintas partes implicadas, la implicación de las distintas áreas. Donde identifica los diferentes actores con responsabilidad en la gestión del ruido ambiental, diferenciando entre actores internos (departamentos de transporte, calidad del aire, salud, planificación urbanística, residuos, comunicación y policía local, entre otros), y actores externos (operadores de transporte público viario y ferroviario, operadores de transporte privado, ciudadanos, asociaciones profesionales, administraciones públicas con experiencia en la gestión el ruido ambiental, otras administraciones, etc.).
 - Se trata un aspecto crucial como es el de las consultas a diferentes grupos de interés mediante procedimientos públicos, analizando la importancia de realizar consultas públicas y las diferentes formas para llevarlas a cabo.
 - Se dan directrices para la identificación de zonas de conflicto, dando pautas para su detección, dedicando un apartado al análisis de la percepción y la molestia, y a conceptos como los paisajes sonoros y las zonas tranquilas.
 - Se dedica un apartado a la identificación de estrategias a largo plazo y a las diferentes medidas para la mejora de la calidad acústica ambiental.
 - Igualmente dedica varios apartados a describir cómo ha de redactarse un plan de acción, así como los pasos para su aprobación, supervisión e información, revisión y modificación.
- 4) En el cuarto capítulo se enumeran una serie de estrategias generales a largo plazo para evitar y combatir el ruido ambiental, centrándose en la sensibilización de la ciudadanía y los distintos agentes implicados, la planificación urbanística, la identificación de conflictos por ruido ambiental en las etapas de diseño, la promoción de un cambio modal en los medios de transporte hacia vehículos más silenciosos, la modificación del comportamiento de los conductores y la gestión de las reclamaciones.
- 5) En el quinto capítulo se enumeran una serie de medidas que contribuyen a reducir los niveles de ruido ambiental en zonas conflictivas. Algunas de las medidas se pueden implementar en el ámbito local y otras corresponden a niveles de toma de decisiones superiores (regionales y/o nacionales, e incluso supranacionales). Se basan en el control de ruido en la fuente, medio y receptor, con medidas como la disminución de emisiones por la interacción neumático – pavimento y rueda – rail, apantallamiento y túneles, aislamiento de edificios, vehículos con menores emisiones, gestión de horarios de reparto de mercancías, medidas para la reducción de la velocidad reducción, sincronización semafórica, etc.”⁴

⁴ Segundo Informe de Avance.

3.7.5.2. Plan de Acción de Palmas de Mallorca (España) como referencia para un Plan de Acción en Chile.

Como se ha indicado en los análisis de casos, la incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2002/49/CE se realiza a través del REAL DECRETO 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, y el REAL DECRETO 1367/2005, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de elaborar los mapas estratégicos y los planes de acción, es la posibilidad de que en un mismo territorio coexistan infraestructuras de diferente titularidad: Local, Regional y Estatal. Además, es muy relevante, a la hora de diseñar y elaborar planes de acción tener en cuenta otros procesos de planificación y análisis desarrollados por diferentes administraciones, tanto locales, como regionales y estatales, en los cuales se incluyen medidas a adoptar donde muchas de ellas tienen relación directa con la movilidad y la emisión acústica. El objetivo es buscar en todo momento la generación del máximo número de sinergias y coordinación posibles entre planes. Ejemplo de este tipo de planes son:

- Planes Generales de Ordenación Urbana.
- Estrategias Locales y Regionales sobre Calidad del Aire.
- Planes de Seguridad Vial.
- Planes de Movilidad Urbana sostenible⁵

Como se ha señalado, para diseñar y definir la implementación de un Plan de Acción para la gestión del control del ruido ambiental en el Gran Santiago (como un supuesto para realizar este análisis) se ha decidido utilizar como referente el Plan de Acción de Palmas de Mallorca de España. En Anexo 8 se incluye un documento de trabajo con este plan de acción, y comentarios (capítulo a capítulo) de los alcances y recomendaciones para la elaboración del plan. Se trata de un texto de trabajo que ha permitido el análisis jurídico realizado en este apartado. No es una propuesta de plan de acción.

En este contexto, a finales de 2008 se elaboró el Plan de Acción contra el Ruido de la ciudad de Palma de Mallorca correspondiente a la primera fase de aplicación de la Directiva 2002/49/CE, y como complemento al Mapa Estratégico de Ruido elaborado en Noviembre de 2008.

⁵ Segundo Informe de Avance.

En esta primera fase se identificó el tráfico rodado como principal fuente de ruido existente en la ciudad, superando tanto en extensión como en niveles sonoros y población al ruido producido por el ferrocarril. Se concluye que la afección acústica generada por el ferrocarril se ve claramente enmascarada por el ruido de tráfico.

Se identifican los principales ejes viarios, desde el punto de vista del ruido producido en el núcleo urbano, centrando la implantación de acciones correctoras en estas zonas. Tanto en la zona existen zonas de ocio de especial relevancia que hay que tener en cuenta a la hora de aplicar medidas de minimización, prevención y control de ruido en el municipio. Por ello se ubicaron tres estaciones de medida con un muestreo temporal limitado. En estas zonas se aprecia claramente un incremento del nivel de ruido durante los fines de semana, de manera que el Ayuntamiento prevé implementar medidas encaminadas a su control.

A continuación, se presentan las principales medidas propuestas para el control del ruido en el Plan de Acción del municipio en 2008 (1ª fase) y del Plan de Acción contra el Ruido de 2015 (2ª fase) [45] en su actual estado:

- a. Soterramiento tren y estación intermodal (tren, metro y autobuses urbanos). La ejecución de este medida requirió 2 años, desde 2005 a 2007, con una inversión total de más 40 millones de euros.
- b. Electrificación de las vías del tren. Se han sustituido parcialmente los trenes de la serie 6100 de CAF (diésel) por la serie 8100 de CAF (eléctricos), con una inversión de más de 66 millones de euros.
- c. Peatonalización de calles, siendo estas calles las más problemáticas, en cuanto a emisión de ruido y población expuesta, dentro del núcleo urbano. En 2012 ambos ejes cívicos ya habían sido declarados por el área de movilidad de Ayuntamiento como calles para el tránsito de peatones y bicis, restringiéndose el tráfico rodado. La transformación de ambas calles supuso una inversión de más de 6 millones de euros.
- d. Extensión de red de carriles bici. Esta RED contaba en 2014 con algo más de 66 km de carriles bici, y en el momento de redacción del plan 2015 cuenta con cerca de 73 km.
- e. Redacción de una nueva ordenanza reguladora del ruido. En 2003 se aprobó a nivel estatal la Ley del Ruido, desarrollada mediante el Real Decreto 1513, de 2005. Se recomienda la actualización de la legislación municipal (*Ordenanza para la protección del medio ambiente contra la contaminación por ruido y vibraciones, del 19 de julio de 1995*), de manera que a finales de 2013 entra en vigor la nueva Ordenanza Municipal que regula el ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma (*Ordenanza Municipal, de 19 de diciembre de 2013, reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma de Mallorca*) adaptándose a los requisitos establecidos por las leyes estatal y autonómica de ruido.

- f. Limitación horaria apertura de actividades en la calle [...] y en los barrios de [...]. Zonas de ocio en las que es necesario controlar el horario de cierre de actividades con el objetivo de no superar los objetivos de calidad acústica en ambiente exterior. En función del tipo local, el día de la semana y la zona, el Ayuntamiento establece un horario de cierre.
- g. Instalación de pantallas acústica antiruidos a lo largo de la vía de cintura. A final de 2013 comenzó la instalación de pantallas acústicas a lo largo de la vía de cintura, proyecto que tiene un periodo de ejecución de 2 años, con lo que está a punto de finalizar en el momento de elaboración del plan de la segunda fase, y una inversión de 2.400.000 €.
- h. Zonificación acústica. En el momento de redacción del Plan de Acción de la segunda fase el municipio de Palma de Mallorca no dispone de zonificación acústica. Esta herramienta es considerada fundamental en la mitigación de las molestias ocasionadas por el ruido consistiendo en delimitar áreas de diferente sensibilidad acústica con el objetivo de mantener alejar aquellos usos de suelo susceptibles de generar elevados niveles sonoros de aquellos otros que puedan ser molestados por el ruido.
- i. Monitorización permanente. Se presenta como una medida de especial interés la ubicación de monitores permanentes en las zonas de ocio, ya que una vez superado un periodo inicial, se convierten en herramientas fundamentales para la detección de zonas de saturación acústica. La creación de red de monitorización permanente, combinado con una actuación sancionadora adecuada puede convertirse en un elemento disuasorio de primera magnitud. En 2015 el Ayuntamiento de Palma de Mallorca no dispone de red monitorización, por lo que aún en la segunda fase no se había implantado esta medida.

La Segunda Fase de Aplicación de la Directiva 2002/49/CE se inició en 2015 con la elaboración del Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Palma de Mallorca [46] y finalizó este mismo año con el Plan de Acción contra el Ruido de la ciudad de Palma de Mallorca elaborado conforme al actual marco legislativo.

En este Plan se establecen medidas para la prevención, control y minimización de la contaminación acústica de la ciudad de Palma de Mallorca en función de los resultados obtenidos en el MER del municipio. El documento está dividido en una serie de capítulos tal y como se resume a continuación [45]:

- Capítulo 1, a modo de introducción sobre el contenido del resto del documento.
- Capítulo 2, en el que se presenta de forma detallada el contexto jurídico, a nivel Europeo, Nacional, Autonómico y Local, en relación a la elaboración de los Planes de Acción contra el Ruido (PAR).
- Capítulo 3, en que se definen los objetivos generales de un plan de acción.
- Capítulo 4, en el que se describe de forma detallada la aglomeración del término municipal de Palma de Mallorca.
- Capítulo 5, se define la autoridad responsable.

- Capítulo 6, se presentan los valores límites normativos aplicables para la realización del Plan de Acción.
- Capítulo 7, en el que, a partir de los resultados obtenidos, se extraen las conclusiones del Mapa Estratégico de Ruido a partir de las cuales se basarán las medidas propuestas en el Plan de Acción.
- Capítulo 8, se presentan el número de personas expuestas al ruido en Palma de Mallorca extraídas del Mapa Estratégico de Ruido.
- Capítulo 9, se exponen las medidas aplicadas para reducir el ruido y diferentes proyectos en preparación.
- Capítulo 10, se presentan el catálogo de actuaciones propuestas para el control de ruido ambiental. Además se simulan diferentes escenarios con el objetivo de estimar la repercusión en reducción de población expuesta que conllevará la aplicación de estas medidas.
- Capítulo 11, disposiciones previstas para evaluar la aplicación de los resultados del plan de acción.

A través de los diferentes capítulos se van definiendo los fundamentos que determinan las medidas correctoras a llevar a cabo en el plan de acción. El proceso llevado a cabo es el siguiente:

- i) Análisis de la normativa para determinar los requisitos en relación a con la elaboración de planes de acción contra el ruido, su contenido mínimo y objetivos generales así como los objetivos de calidad acústica.
- ii) Análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en el Mapa de Ruido de Palma de Mallorca 2015. En el MER se evalúa el ruido viario y el ruido ferroviario, identificándose el tráfico rodado como principal fuente de ruido en lo referente al número de personas y a la extensión del terreno afectado, ya que las emisiones acústicas se extienden por la práctica totalidad del municipio. En función del número de personas expuestas y los niveles sonoros obtenidos en el MER, se identifican las principales calles y vías en las que se superan los objetivos de calidad establecidos por la legislación, y que afectan a grandes núcleos residenciales, siendo estos los principales focos sobre los que actuar.
- iii) La ciudad de Palma de Mallorca aprobó el Plan de Movilidad Sostenible (PMUS) en 2015, con propuestas que deben implantarse paulatinamente con el objetivo de conseguir una movilidad urbana sostenible. Es imprescindible tener en cuenta las propuestas del PMUS de manera que las medidas previstas en el Plan de Acción sean compatibles con las del Plan de Movilidad, buscando en todo momento la generación del máximo número posible de sinergias y coordinación entre ambos planes. Entre las propuestas incluidas en el PMUS que influyen en la reducción del ruido de tráfico rodado, destacan:
 - (i) Promover el transporte público cómodo y accesible
 - (ii) Disponer de una red peatonal adapta y segura
 - (iii) Integrar el uso de la bicicleta
 - (iv) Red peatonal y ciclista cómoda y segura

Existen medidas en el PMUS que no reducen el ruido en la vía pública, sino que incluso pueden llegar a incrementar los niveles sonoros. Se trata de medidas que fomentan el uso de la motocicleta y el ciclomotor, (ideadas para lograr un incremento el número de plazas de aparcamiento en calzada y mejorar la movilidad) y la regulación y ordenación de la distribución urbana de mercancías mediante la implantación de la carga y descarga nocturna. Este tipo de medidas, aunque presentes en el PMUS se desaconsejaron en el Plan de Acción contra el Ruido por entender que podrían llegar a incrementar los niveles de ruido y/o por producir niveles de ruido en periodos donde los objetivos de calidad acústica son más restrictivos.

El Decreto 6/2007, de 17 de enero, determina que los Ayuntamientos deben declarar determinadas zonas acústicas en las que establecer regímenes especiales conjuntamente con sus planes zonales específicos. Dicho Decreto prevé cuatro zonas acústicas especiales: zonas de protección acústica especial (ZPAE), zonas tranquilas (ZT), zonas acústicamente saturadas (ZAS) y zonas de situación especial (ZSE).

La Ordenanza Municipal reguladora del ruido y las vibraciones del Ayuntamiento de Palma establece, en su Anexo II, los objetivos de calidad acústica en cada tipo de área acústica. Estos se especifican tanto para áreas urbanizadas existentes como para nuevos desarrollos urbanísticos, siendo estos últimos 5 dB inferior a los primeros.

Es importante tener en cuenta que el Ayuntamiento no ha efectuado zonificación acústica del municipio por lo que se consideran por defecto todo el término municipal como área acústica de tipo Residencial.

Una vez llegado a este punto, y en función de los resultados obtenidos en el proceso desarrollado anteriormente y los objetivos de calidad acústica, se diseñan las líneas de actuación proponiendo medidas concretas. Para ello:

1. Se consultan y analizan los Planes de Acción de Aglomeraciones disponibles en SICA (Sistema de Información Básico sobre Contaminación Acústica) en el momento de la redacción de la memoria, con el fin de extraer para el Plan las medidas estratégicas más destacadas que la experiencia aconseja como más efectivas.
2. Se accede a diferentes sistemas de información, tanto nacional como internacional
3. Se analiza, y se considera como documento de referencia, el PMUS. También se considera el Plan de Acción de Energía Sostenible del municipio (PAES), así como el diseño y la trama de la red viaria urbana y el diseño de la ciudad.
4. Además, la ciudad de Palma de Mallorca participa en el proyecto CIVITAS DYN@MO en colaboración con las ciudades de Agachen/Aquisgrán (Alemania), Gdynia (Polonia) y Koprivnica (Croacia) cuyos objetivos, entre otros, son el intercambio directo de experiencias en materia de movilidad y el lanzamiento de proyectos nuevos como la introducción del vehículo eléctrico.

5. El Ayuntamiento de Palma de Mallorca, a través de la Agenda 21 de Palma, llevó a cabo un proyecto de consulta ciudadana para recabar opiniones, preocupaciones, propuestas y/o sugerencias acerca de la contaminación acústica en el municipio, siendo de gran ayuda en el diseño, objetivos y estrategia general del documento.

Como resultado se desarrollan una serie de medidas, jerarquizadas por orden de prioridad y agrupadas, según su objetivo general, en:

- a. Medidas que reducen el tráfico rodado.
- b. Medidas que disminuyen la velocidad del tráfico rodado.
- c. Medidas que disminuyen la cantidad de vehículos ligeros.
- d. Medidas que disminuyen la cantidad de vehículos pesados.
- e. Medidas que modifican los flujos de movilidad.
- f. Medidas que afectan a la absorción/propagación del sonido.

Entre las diferentes medidas destacan como prioritarias:

1. Instalar una red de monitoreado permanente de ruido ambiental.
2. Relanzamiento de la comisión de ruido y cambio climático.
3. Difusión, Educación, Sensibilización y Participación contra el Ruido.
4. Realización de estudios acústicos en detalle.
5. Control y gestión del ruido de ocio nocturno.
6. Inspección acústica de vehículos.
7. Creación de zonas de bajas emisiones.
8. Creación y gestión de zonas tranquilas.
9. Control de emisión acústica en obras.
10. Incluir criterios acústicos en los concursos y suministros del Ayuntamiento.

Gran parte de las medidas propuestas son recogidas en el PMUS del municipio, consiguiendo gran coordinación entre ambos planes.

El Plan de Acción contra el Ruido de Palma de Mallorca presenta una serie de escenarios simulados para mostrar las posibles mejoras que se producirán en los niveles sonoros, así como en la población expuesta, mediante la aplicación de diferentes medidas propuestas. Se estudian 10 localizaciones coincidiendo con zonas donde, por sus características, se ha detectado una elevada población expuesta a elevados niveles de ruido ambiental en el MER.

Un ejemplo claro es el centro histórico de la ciudad donde se propone la reducción del número de vehículos en un 80%, de manera que la población expuesta a niveles superiores a 65 dBA, hablando en términos de L_d , se reduce en un 47%.

3.7.5.3. Viabilidad Jurídica de Aplicar un Plan de Acción para la Gestión del Ruido Ambiental en el Gran Santiago (Como caso de estudio)

Como se ha señalado en la propuesta y en los informes de avance del estudio, en principio, no existirían –al menos en denominación- Planes de Acción (ni Mapas Estratégicos de Ruido)⁶ como herramientas de gestión ambiental del ruido en Chile.

Sin embargo, se analiza el marco jurídico chileno pertinente a objeto de identificar si los Planes de Acción (y los Mapas Estratégicos de Ruidos), en particular los diseñados para Palmas de Mallorca en España que se proponen como parte de un ejercicio, imaginando que se quisiera aplicar a la Región Metropolitana. De esta manera, se pueden identificar, en términos de contenido, con alguno de los instrumentos de gestión ambiental consagrados en la legislación ambiental chilena para enfrentar la contaminación acústica en la Región Metropolitana. Este pudiera ser el caso de las normas de calidad ambiental y los planes de prevención y descontaminación.

3.7.5.3.1. Instrumentos de Gestión para la Contaminación Acústica en Chile⁷

La gestión de la contaminación en Chile se ha construido sobre la base de definición de conceptos, la creación de instrumentos de gestión ambiental y el establecimiento de una institucionalidad ambiental hoy radicada principalmente en el Ministerio del Medio Ambiente, sin perjuicio de la labor del Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental en la evaluación de proyectos y actividades.

El estatuto jurídico que los rige se contiene en la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente⁸ y en los reglamentos respectivos⁹.

A continuación se desarrolla cada uno de los elementos mencionados.

a. Qué se entiende por Contaminación

⁶ Definidos en la Directiva 2001/49/CE y en la normativa española.

⁷ Por estimarlo pertinente, en esta parte se ha utilizado lo contenido en la consultoría denominada “Análisis Jurídico Ambiental de Olores y Ondas Electromagnéticas en Chile” efectuada por la abogada que participa de esta consultoría, Marcela Fernández Rojas. Dicha consultoría se ejecutó para el Ministerio del Medio Ambiente entre los meses de diciembre de 2015 y marzo del 2016.

⁸ Publicada en el Diario Oficial el 9 de marzo de 1994 y modificada por la Ley 20.417.

⁹ DS N°38 y 39, ambos del 2012 del Ministerio de Medio Ambiente, que reemplazaron A LOS DS N°93 y 94, ambos de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

El artículo 19 N°8 de la Constitución de 1980 consagra la garantía del Derecho a Vivir en un Medio Ambiente Libre de Contaminación¹⁰.

La Ley 19.300 [47] define cuándo se estaría en presencia de contaminación, y la pertinencia de la utilización de los instrumentos para gestionarla, tanto para recuperar los niveles aceptables o para prevenir el sobrepasamiento de dichos niveles.

Así, la Ley 19.300 precisa los siguientes conceptos [47]:

- **“Medio Ambiente Libre de Contaminación:** aquél en el que los contaminantes se encuentran en concentraciones y períodos inferiores a aquéllos susceptibles¹¹ de constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”¹²
- **“Contaminante:** todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”^{13,14}
- **“Contaminación:** la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente”^{15,16}.

De una lectura de las definiciones reproducidas precedentemente en relación a las definiciones de normas de calidad ambiental y de emisión que se desarrollan en el acápite siguiente, es posible concluir que se está en presencia de Contaminación al existir susceptibilidad o posibilidad de generar o causar riesgo a la salud de las personas o a la calidad de vida de la población lo que sucede cuando se sobrepasa una o más normas de calidad ambiental¹⁷ o de emisión como la de ruido¹⁸, entendiéndose que estas corresponden a la Legislación Vigente a la que se refiere la definición de Contaminación.

¹⁰ DS N° 100 de 2005 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Constitución Política de la República de Chile. <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=242302>

¹¹ El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua define en los siguientes términos: “Susceptible: Capaz de recibir la acción o el efecto que se expresan a continuación”. <http://dle.rae.es/?id=YoiIqLL>

¹² Artículo 2, letra m), Ley 19.300.

¹³ Artículo 2, letra d), Ley 19.300.

¹⁴ También se desprende de los considerandos (fundamentos) y del artículo 1° del DS N°38 de 2011 del Ministerio de Medio Ambiente, que establece norma de emisión de ruidos generados para determinadas fuentes que indica.

¹⁵ Artículo 2, letra c, Ley 19.300

¹⁶ En página del Ministerio de Medio Ambiente consta que “la contaminación acústica se define como la interferencia que el ruido provoca en las actividades que realizamos”. <http://www.sinia.cl/1292/w3-propertyvalue-15491.html> página visitada el 11 de agosto de 2016.

¹⁷ En el Artículo 2 de la Ley 19.300, en las letras siguientes se define:

b. Instrumentos de Gestión Susceptibles de ser Utilizados para el Control de la Contaminación Acústica

En Chile los instrumentos que pueden ser utilizados para reducir la contaminación acústica o para prevenirla a objeto de proteger la salud y la calidad de vida de las personas, son los contenidos en la Ley 19.300. Estos son las normas primarias; las normas de emisión; y los planes de prevención y descontaminación para zonas declaradas latentes y saturadas, respectivamente; sin perjuicio de la función que desempeña el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en materia de control de la contaminación acústica.

i) Normas Primarias de Calidad Ambiental:

En relación a las normas primarias de calidad ambiental estas se definen para efectos del ruido como “aquella[s] que establece[n] los valores de las concentraciones y períodos, máximos (...) permisibles de (...) ruidos (...) cuya presencia (...) en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población”¹⁹.

En Chile no existe norma de calidad ambiental primaria para ruido. Esta podría ser la vía para replicar el Mapa Estratégico de Ruido y luego elaborar el Plan de Acción español para el Gran Santiago a objeto de controlar el ruido proveniente de las redes de infraestructura de transporte, como el tránsito vehicular y ferroviario; el tránsito aéreo y el ruido generado por grandes aglomeraciones de personas.

Para la elaboración y contenido de las normas de calidad ambiental primarias para ruidos se deben seguir las normas pertinentes dispuestas en la Ley 19.300²⁰ [47] y las contenidas en el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente [48].

“n) Norma Primaria de Calidad Ambiental: aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población;

ñ) Norma Secundaria de Calidad Ambiental: aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza;

o) Normas de Emisión: las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora”

¹⁸ DS N°38 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente.

¹⁹ Artículo 2 letra n) de la Ley 19.300.

²⁰ Artículo 32 Ley 19.300.- “Mediante decreto supremo, que llevará las firmas del Ministro del Medio Ambiente y del Ministro de Salud, se promulgarán las normas primarias de calidad ambiental. Estas normas serán de aplicación general en todo el territorio de la República y definirán los niveles que originan situaciones de emergencia. [...]

Un reglamento establecerá el procedimiento a seguir para la dictación de normas de calidad ambiental, que considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad. Establecerá además los plazos y formalidades que se requieran para dar cumplimiento a lo dispuesto en este artículo y los criterios para revisar las normas vigentes.

[...] La coordinación del proceso de generación de las normas de calidad ambiental, y la determinación de los programas y plazos de cumplimiento de las mismas, corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente.”

En la determinación de las normas primarias de calidad ambiental el Reglamento dispone que deberá contarse con “estudios o investigaciones científicas, epidemiológicas, clínicas, toxicológicas y otros que sean necesarios para establecer los niveles de riesgo para la vida o salud de la población.

En especial, estas investigaciones o estudios deberán:

- a. Identificar y caracterizar los (...) ruidos (...) cuya presencia (...) en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población;
- b. Describir la distribución del contaminante en el país, identificando el nivel actual, natural o antropogénico, existente en los respectivos medios;
- c. Recopilar la información disponible acerca de los efectos adversos producidos por la exposición (...) en la población, tanto desde el punto de vista epidemiológico como toxicológico, del elemento en estudio;
- d. Identificar las vías, fuentes, rutas y medios de exposición (...), y
- e. Describir los efectos independientes, aditivos, acumulativos, sinérgicos o inhibidores de los (...) ruidos”.²¹

Cabe destacar que en el Reglamento²² [48] no se alude a estudios o investigaciones para establecer el riesgo de exposición al ruido sobre la calidad de vida de las personas. Esta situación llama la atención considerando que entre los objetivos de protección de las normas de calidad ambiental primarias contenidas en su definición también se encuentra el riesgo que el ruido pueda generar sobre la calidad de vida de las personas.

Respecto a los criterios que se deben seguir para construir una norma de calidad primaria acústica se encuentran la gravedad y la frecuencia del daño y de los efectos adversos del ruido observados; la cantidad de población expuesta al ruido; la localización, abundancia, persistencia y origen del ruido en el medio ambiente, y la transformación ambiental o alteraciones metabólicas secundarias del contaminante en caso de ser aplicable este criterio al ruido.²³

En su contenido, el reglamento dispone que, además de los valores de las concentraciones y períodos, máximos permisibles de ruidos²⁴, en la norma de calidad se “deberán señalar, cuando correspondan, los valores críticos que determinen las situaciones de emergencia ambiental; el plazo para su entrada en vigencia; el programa y los plazos de cumplimiento y la forma para determinar cuándo se entiende sobrepasada.

²¹ Artículo 24 de DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente.

²² En su Artículo 24.

²³ Artículo 24 de DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente.

Los protocolos, procedimientos, métodos de medición y análisis para determinar el cumplimiento de la norma de calidad serán establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente.”²⁵

En concordancia con lo anterior, cabe destacar que la verificación de cumplimiento de una norma primaria de calidad ambiental acústica se debe efectuar mediante mediciones en donde existan asentamientos humanos (receptores) o, en el caso de ser posible, en los medios cuyo uso previsto afecte, directa o indirectamente, la salud de la población²⁶. Las estaciones monitoras deben ser declaradas de representatividad poblacional (EMRP) mediante resoluciones que dicta la Superintendencia del Medio Ambiente en ejercicio de sus facultades legales²⁷. La información que se obtenga de los programas de monitoreo de ruidos de estas estaciones es administrada por el Ministerio del Medio Ambiente²⁸. Son estas las únicas estaciones válidas para monitorear la calidad del contaminante acústico que se regulen por una norma de calidad. Es a partir de las mediciones de estas estaciones que es posible declarar una zona latente o saturada por ruidos y elaborar planes de prevención y de descontaminación acústicos para estas áreas cuando se cumplan los supuestos que las hagan procedente. De esta materia se tratará más adelante.

ii) Normas de Emisión:

Respecto a las “Norma(s) de Emisión (esta son) la(s) que establece(n) la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”²⁹.

Las normas de emisión pueden ser utilizadas fuera de los planes como instrumentos para prevenir la contaminación o sus efectos o como instrumento comprendido en un plan de prevención o de descontaminación, ya sea para mantener la calidad ambiental (prevención) o para recuperarla³⁰.

²⁴ Artículo 2 letra n) de la Ley 19.300 en relación al artículo 2 del DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente.

²⁵ Artículo 28 del DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente

²⁶ Artículo 27 de DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente.

²⁷ Artículo 48 bis Ley 19.300: “Los actos administrativos que se dicten por los Ministerios o servicios para la ejecución o implementación de normas de calidad, emisión y planes de prevención o descontaminación, señalados en tales instrumentos, deberán contar siempre con informe previo del Ministerio del Medio Ambiente.

²⁸ Artículo 33 de la Ley 19.300 “El Ministerio del Medio Ambiente administrará la información de los programas de medición y control de la calidad ambiental del aire, agua y suelo para los efectos de velar por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Estos programas serán regionalizados.”

²⁹ Artículo 2 letra o) de la Ley 19.300 en relación con el Artículo 4 de DS n° 39 de 2012 de Ministerio de Medio Ambiente.

³⁰ Artículo 33 del DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente dispone que “Las normas de emisión constituyen un instrumento de gestión ambiental que podrá utilizarse con alguno de los objetivos que se señalan a continuación:

a) La prevención de la contaminación o de sus efectos; o

b) La mantención de la calidad ambiental de un territorio determinado, o su recuperación, en cuyo caso estarán insertas en un Plan de Descontaminación y/o de Prevención, según corresponda.

En ambos casos se utilizarán las mejores técnicas disponibles, como criterio a aplicar para determinar los valores o parámetros exigibles en la norma, cuando corresponda.”

Cabe señalar que la definición de norma de emisión asociada a riesgo se incluyó en el nuevo Reglamento de Normas de Calidad y Emisión vigente a partir del primero de agosto del 2013³¹ [48]. Este cuenta con la declaración de legalidad y constitucionalidad efectuada por la Contraloría General de la República mediante el mecanismo de toma de razón.

En Chile, sólo se han dictado normas de emisión (inmisión) de ruidos. Estas son, por un lado, la contenida en el DS N° 38 de 2011 del Ministerio de Medio Ambiente [50], que establece la norma de emisión de ruidos generados por determinadas fuentes fijas³², elaborada a partir de la revisión del Decreto n° 146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Su objetivo de protección es la salud de la comunidad³³. Se excluyen de esta norma el “ruido generado por: a) La circulación a través de las redes de infraestructura de transporte, como, por ejemplo, el tránsito vehicular, ferroviario y marítimo. b) El tránsito aéreo. c) La actividad propia del uso de viviendas y edificaciones habitacionales, tales como voces, circulación y reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares realizadas en este tipo de viviendas. d) El uso del espacio público, como la circulación vehicular y peatonal, eventos, actos, manifestaciones, propaganda, ferias libres, comercio ambulante, u otros similares. e) Sistemas de alarma y de emergencia. f) Voladuras y/o tronaduras”³⁴. Lo anterior se entiende por cuando este tipo de fuentes – salvo las consignadas en las letras c), e) y f) - no es posible regularlas por medio de normas de emisión en el contexto definido en la legislación chilena. Son justamente las fuentes excluidas -salvo las c), e) y f)- las que, por mandato de la Directiva de la Unión Europea y de la normativa española dictada según dicha Directiva, se contienen en el mapa estratégico de ruido (MER) y de las que se hace cargo de gestionar el plan de acción, como el caso del Plan de Acción de Palmas de Mallorca de España.

Por otro lado, se encuentra la norma de emisión de ruidos para buses de locomoción colectiva urbana y rural³⁵, contenida en el DS N°129 de 2002 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones [51]. Con la dictación de esta norma, se espera que se “disminuya la contaminación acústica a que están sometidas las personas”³⁶

Conceptualmente no es posible utilizar normas de emisión para controlar la contaminación acústica proveniente de las fuentes reguladas por el plan de acción europeo que corresponden al tránsito en carreteras, vías férreas, aeropuertos y al ruido generado por grandes aglomeraciones de personas. Como

³¹ DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente publicado en el Diario Oficial el 22 de julio de 2013 y que reemplazó el antiguo reglamento DS N°93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

³² Artículo 6 n° 13 del DS 38 de 2011 de Ministerio de Medio Ambiente, define Fuente Emisora de Ruido como “toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que generen emisiones de ruido hacia la comunidad. Se excluyen de esta definición las actividades señaladas en el artículo 5º.”

³³ Artículo 1 del DS 38 de 2011 de Ministerio de Medio Ambiente.

³⁴ Artículo 5 del DS 38 de 2011 de Ministerio de Medio Ambiente.

³⁵ DS N°129 de 2002 de Ministerio De Transportes y Telecomunicaciones dispone en su artículo 19 que “La presente norma de emisión se aplicará en todo el territorio nacional a los buses de locomoción colectiva urbana. Los buses de locomoción colectiva rural deberán cumplir con la presente norma sólo en la Región Metropolitana.”

³⁶ Considerando 3 del DS N°129 de 2002 de Ministerio De Transportes y Telecomunicaciones.

se ha señalado más arriba, en el Plan de Palmas de Mallorca estas fuentes son controladas mediante el soterramiento del tren y de las estaciones intermodales (de tren, metro y autobuses urbanos); electrificación de las vías del tren; peatonalización de calles; extensión de red de carriles bici; limitación horaria apertura de actividades en la calle; instalación de pantallas acústicas antiruidos a lo largo de la vía de cintura; zonificación acústica; y monitoreo permanente en las zonas de ocio.

Las etapas y plazos para la elaboración y revisión³⁷ de las normas de calidad y de emisión se contienen en la Ley 19.300³⁸ y en el DS N°38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente³⁹, que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental⁴⁰ y de Emisión^{41,42}.

iii) Planes de Prevención y Descontaminación:

Como se ha señalado, en el caso que la medición de la concentración del contaminante ruido en el aire se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental primaria acústica se está en presencia de una zona latente⁴³ y corresponde declararla como tal por Decreto Supremo del Ministerio de Medio Ambiente^{44,45}. A continuación se debe elaborar un plan de prevención acústico para esa zona.

A su vez, si una o más normas de calidad ambiental primaria acústica se encuentran sobrepasadas, se está en presencia de una zona saturada⁴⁶, la que debe declararse como tal por Decreto Supremo del Ministerio de Medio Ambiente⁴⁷. Posteriormente se debe elaborar un plan de descontaminación acústico.

El “Plan de Prevención es un instrumento de gestión ambiental, que a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria (...) en una zona latente.

³⁷ Cada 5 años a lo menos. Artículos 32 y 40 de la Ley 19.300.

³⁸ Art 32 inciso 3º, Ley 19.300.

³⁹ <http://www.leychile.cl/N?i=1053036&f=2013-08-01&p=>

⁴⁰ Antes por el DS N° 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

⁴¹ Art 40 Ley 19.300.

⁴² Las etapas y plazos son los siguientes según el DS N° 38 de 2011 del Ministerio de Medio Ambiente: Programa de Regulación Ambiental⁴² (cada 2 años a lo menos); elaboración de anteproyecto de norma: 12 meses (salvo estudios insuficientes que permiten extender el plazo); participación ciudadana: 60 días; elaboración de proyecto definitivo de norma: 120 días; pronunciamiento Consejo Ministros para Sustentabilidad; Consideración Presidente República; Decreto Supremo; trámite de toma de Razón ante Contraloría General de la República; y Recurso Reclamación: 30 días.

⁴³ Artículo 2 letra t) de la Ley 19.300.

⁴⁴ Artículo 43 de la Ley 19.300 “La declaración de una zona del territorio como [...] latente se hará por decreto supremo que llevará la firma del Ministro del Medio Ambiente y contendrá la determinación precisa del área geográfica que abarca. Llevará además la firma del Ministro de Salud, si se trata de la aplicación de normas primarias de calidad ambiental”

⁴⁵ Artículo 43 de la Ley 19.300. “Esta declaración tendrá como fundamento las mediciones, realizadas o certificadas por los organismos públicos competentes, en las que conste haberse verificado la condición que la hace procedente. El procedimiento estará a cargo de la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente. Si la zona objeto de la declaración estuviere situada en distintas regiones, el procedimiento estará a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.”

⁴⁶ Artículo 2 letra u) de la Ley 19.300.

⁴⁷ Artículo 43 de la Ley 19.300 “La declaración de una zona del territorio como saturada [...] se hará por decreto supremo que llevará la firma del Ministro del Medio Ambiente y contendrá la determinación precisa del área geográfica que abarca. Llevará además la firma del Ministro de Salud, si se trata de la aplicación de normas primarias de calidad ambiental”

El Plan de Descontaminación, por su parte, es un instrumento de gestión ambiental que, a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias (...) de calidad ambiental de una zona calificada como saturada por uno o más contaminantes.”⁴⁸

En este sentido, la implementación de los planes de acción de ruido a que alude la Directiva de la Unión Europea se puede concebir en Chile a través de los planes de prevención y descontaminación.

La elaboración y contenidos de los planes de prevención y descontaminación de ruidos se encuentran regulados en la Ley 19.300⁴⁹ y en el D.S. N° 39 de 2012 de Ministerio de Medio Ambiente⁵⁰, que aprueba el Reglamento para la Dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación⁵¹⁻⁵².

En los términos señalados en el reglamento para la dictación de planes, estos deben contener lo siguiente:

- “Los antecedentes y la identificación, delimitación y descripción del área afectada, una referencia a los datos de las mediciones de calidad ambiental [acústica] que fundaron la respectiva declaración de zona saturada y/o latente y los antecedentes relativos a las fuentes emisoras [de ruido] que estuvieren impactando en dicha zona”⁵³;
- “La relación que exista entre los niveles de emisión totales [de ruido] y los niveles [de ruidos] a ser regulados; entendiéndose como la relación entre la fuente emisora [de ruido] y el receptor” ⁵⁴;
- “El plazo en que se espera alcanzar la reducción de emisiones [de ruido] materia del Plan” ⁵⁵;
- “La indicación de los responsables de su cumplimiento” ⁵⁶;
- “Los instrumentos de gestión ambiental que se usarán para cumplir sus objetivos” ⁵⁷;
- “La proporción en que deberán reducir sus emisiones [de ruido] las actividades responsables de la emisión⁵⁸ a que se refiere el Plan” ⁵⁹;
- “La estimación de sus costos y beneficios económicos y sociales⁶⁰;
- “La proposición, cuando sea posible, de mecanismos de compensación de emisiones” de ruido. ⁶¹;

⁴⁸ Artículo 2 de DS n° 39 de 2012 de Ministerio de Medio Ambiente

⁴⁹ Artículo 44, Ley 19.300.

⁵⁰ <http://www.leychile.cl/N?i=1053037&f=2013-08-01&p=>

⁵¹ Que reemplazó al DS N° 94 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

⁵² Las etapas y plazos son los siguientes: Declaración zona latente o saturada (declarada la zona habrá plazo 90 días para inicio elaboración plan); elaboración de anteproyecto de plan: 1 año; participación ciudadana: 60 días; elaboración del proyecto definitivo de plan: 120 días; pronunciamiento del Consejo Ministros para Sustentabilidad; consideración del Presidente República; decreto supremo que establece el plan; trámite de toma de razón del decreto por Contraloría General de la República; y recurso reclamación: 30 días. Los plazos podrán ampliarse o reducirse (salvo aquellos establecidos a favor de los administrados).

⁵³ Artículo 18.

⁵⁴ Artículo 18.

⁵⁵ Artículo 18.

⁵⁶ Artículo 18.

⁵⁷ Artículo 18.

⁵⁸ Tránsito en carreteras, vías férreas, aeropuertos y las grandes aglomeraciones de personas.

⁵⁹ Artículo 18.

⁶⁰ Artículo 18.

⁶¹ Artículo 18.

- “El aporte de las distintas fuentes a la emisión total”⁶² de ruido;
- Cuando sea posible “un plan operacional para enfrentar los episodios críticos de contaminación”⁶³;
- “La ejecución de acciones de cooperación pública; de programas de educación y difusión ambiental”⁶⁴;
- “Otros instrumentos de estímulo a acciones de mejoramiento y reparación ambientales”⁶⁵;
- “Un cronograma de reducción de emisiones [de ruido] y de entrada en vigencia de los instrumentos ya descritos”⁶⁶;
- “Las condiciones que se exigirán para el desarrollo de nuevas actividades en el área geográfica en que se esté aplicando el Plan”⁶⁷⁻⁶⁸;
- “Un programa de verificación del cumplimiento de las condiciones y requisitos establecidos en el respectivo Plan”⁶⁹;
- “La mención a la Superintendencia del Medio Ambiente como la autoridad a cargo de la fiscalización del Plan”⁷⁰.

3.7.5.3.2. De la Institucionalidad Ambiental para la Gestión de la Contaminación Acústica en Chile⁷¹

De conformidad con el principio de legalidad, los Órganos de la Administración del Estado deben someter su actuación a los deberes establecidos en la Constitución y sus leyes⁷². Entre las potestades de dichos órganos se hallan las regulatorias; las de fiscalización y las sancionatorias.

La Ley 20.417⁷³ modificó la Ley 19.300⁷⁴ creando el Ministerio del Medio Ambiente, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente⁷⁵. El Ministerio del Medio Ambiente debe colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos. Todo ello promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa.

⁶² Artículo 18.

⁶³ Artículo 18.

⁶⁴ Artículo 18.

⁶⁵ Artículo 18.

⁶⁶ Artículo 18.

⁶⁷ Artículo 18.

⁶⁸ Generalmente, esta se materializa a través del Sistema de Evaluación de Impacto para proyectos y actividades que deben someterse a este instrumento.

⁶⁹ Artículo 18.

⁷⁰ Artículo 18.

⁷¹ Por estimarlo pertinente, en esta parte se ha utilizado lo contenido en la consultoría denominada “Análisis Jurídico Ambiental de Olores y Ondas Electromagnéticas en Chile” efectuada por la abogada que participa de esta consultoría, Marcela Fernández Rojas. Dicha consultoría se ejecutó para el Ministerio del Medio Ambiente entre los meses de diciembre de 2015 y marzo del 2016.

⁷² Artículo 6° inciso 1° y 7 de la Constitución Política de la República.

⁷³ <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010459>. Se publicó en el Diario Oficial El día 26 de enero de 2010.

⁷⁴ <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30667>

La elaboración, coordinación⁷⁶ e interpretación⁷⁷ de las normas de calidad⁷⁸, de emisión⁷⁹, y de los planes de prevención y descontaminación⁸⁰ corresponden al Ministerio de Medio Ambiente.

Respecto al procedimiento de declaración de zonas latentes y saturadas, este se encuentra “a cargo de la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente (respectiva). Si la zona objeto de la declaración estuviere situada en distintas regiones, el procedimiento estará a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.”⁸¹

Finalizado el proceso de elaboración de las normas de calidad ambiental, normas de emisión, declaraciones de zonas saturadas y latentes y planes de prevención y descontaminación que se propongan al Presidente de la República, corresponde al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad⁸² pronunciarse respecto a ellas.

“Mediante decreto supremo, que llevará las firmas del Ministro del Medio Ambiente y del Ministro de Salud, se promulgarán las normas primarias de calidad ambiental”⁸³

“La declaración de una zona del territorio como saturada o latente se hará por decreto supremo que llevará la firma del Ministro del Medio Ambiente (y) llevará además la firma del Ministro de Salud, si se trata de la aplicación de normas primarias de calidad ambiental, o del ministro sectorial que corresponda, según la naturaleza de la respectiva norma secundaria de calidad ambiental.”⁸⁴

⁷⁵ En Artículo Segundo de la Ley 20.417.

⁷⁶ De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 70 de la Ley 19.300 que dispone que “Corresponderá especialmente al Ministerio: [...] n) Coordinar el proceso de generación de las normas de calidad ambiental, de emisión y de planes de prevención y/o descontaminación, determinando los programas para su cumplimiento.”

⁷⁷ De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 70 de la Ley 19.300 que dispone que “Corresponderá especialmente al Ministerio: [...] o) Interpretar administrativamente las normas de calidad ambiental y de emisión, los planes de prevención y, o de descontaminación, previo informe del o los organismos con competencia en la materia específica y la Superintendencia del Medio Ambiente.

El Ministerio del Medio Ambiente podrá requerir a los jefes de los servicios y organismos con competencias en materia ambiental, informes sobre los criterios utilizados por el respectivo organismo sectorial en la aplicación de las normas y planes señalados en el inciso anterior, así como de las dudas o dificultades de interpretación que se hubieren suscitado y de las desviaciones o distorsiones que se hubieren detectado.

El Ministerio podrá, además, uniformar los criterios de aplicación y aclarará el sentido y alcance de las normas de calidad ambiental y de emisión, cuando observe discrepancias o errores de interpretación.”

⁷⁸ Además, el Artículo 32 de la Ley 19.300 dispone que “La coordinación del proceso de generación de las normas de calidad ambiental, y la determinación de los programas y plazos de cumplimiento de las mismas, corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente.”

⁷⁹ El artículo 40 de la Ley 19.300 además señala que “Corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente proponer, facilitar y coordinar la dictación de normas emisión”

⁸⁰ El artículo 44 de la Ley 19.300 dispone además que “La elaboración de [los] planes [de prevención y descontaminación] y su proposición a la autoridad competente para su establecimiento corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente, previo informe de la Secretaría Regional Ministerial respectiva.”

⁸¹ Artículo 43 de la Ley 19.300.

⁸² Presidido por el Ministro del Medio Ambiente e integrado por los Ministros de Agricultura; de Hacienda; de Salud; de Economía, Fomento y Reconstrucción; de Energía; de Obras Públicas; de Vivienda y Urbanismo; de Transportes y Telecomunicaciones; de Minería, y de Planificación. Artículo 71 letra f) de la Ley 19.300

⁸³ Artículo 32 Ley 19.300.

⁸⁴ Artículo 43 Ley 19.300.

“Mediante decreto supremo del Ministerio del Medio Ambiente, que llevará además la firma del ministro sectorial que corresponda, se establecerán planes de prevención o de descontaminación”⁸⁵

El seguimiento, fiscalización y sanción de las normas de calidad y de los planes de prevención y descontaminación corresponden a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)⁸⁶.

De las decisiones adoptadas por el Ministerio de Medio Ambiente y por la SMA en estas materias es posible recurrir ante los Tribunales Ambientales⁸⁷. Antes de la instalación del Segundo Tribunal Ambiental⁸⁸ esta competencia se encontraba radicada en los tribunales civiles de justicia.

Lo anterior, sin perjuicio de la gestión de la contaminación que se efectúa para cada proyecto en el contexto del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) cuya administración se encuentra a cargo del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y que es fiscalizado y sancionado por la SMA⁸⁹.

3.7.6. Elementos relevantes para el diseño de un plan de acción contra el ruido en Chile

Visto el análisis realizado, se ha incluido en el Anexo 8 del presente informe, un ejercicio de un Plan de Acción, con sus contenidos genéricos y criterios a considerar en su diseño. Si bien no corresponde a un “Plan de Acción Tipo”, permite, a la luz de lo discutido en el proyecto, dar una idea de qué elementos son necesarios considerar en su concepción.

⁸⁵ Artículo 44 Ley 19.300.

⁸⁶ Artículo 2° del Artículo Segundo de la Ley 20.417 que Crea la SMA y fija su Ley orgánica (LO SMA) dispone que “La Superintendencia del Medio Ambiente tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de [...] las medidas de los Planes de Prevención y, o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión” en relación con el Artículo 64 de la Ley 19.300 que dispone que “La fiscalización del permanente cumplimiento [...] de las medidas e instrumentos que establezcan los Planes de Prevención y de Descontaminación, de las normas de calidad y emisión, [...] cuando correspondan, será efectuada por la Superintendencia del Medio Ambiente de conformidad a lo señalado por la ley.”

⁸⁷ Creados en virtud de la Ley 20.600. <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1041361>

⁸⁸ Hasta el 27 de diciembre de 2012.

⁸⁹ Ocurrida el 28 de diciembre de 2012 con la instalación del Segundo Tribunal Ambiental.

3.8. Presentación de resultados del estudio.

Realizar presentaciones de los resultados a la contraparte técnica del estudio, a la División de Calidad del Aire del MMA, y a otros organismos sectoriales.

3.8.1. Descripción y Metodología

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron, en acuerdo con la Contraparte, la presentación de los resultados parciales y finales del estudio.

El Jefe de Proyecto estableció comunicaciones con el Coordinador del estudio y reuniones periódicas. En caso que fue necesario, y de acuerdo a la programación del desarrollo del proyecto, en varias reuniones participaron el equipo consultor en pleno. Cabe hacer notar que la estrategia de trabajo del proyecto incluye miembros del equipo de trabajo que no se encuentran en Chile, y otros con domicilio permanente en Valdivia. Las reuniones lograron realizarse apropiadamente, tanto de manera presencial (en Santiago y en Valdivia), y también vía videoconferencia. Todas estas actividades tuvieron presente garantizar un apropiado desarrollo del proyecto y las exigencias propias del estudio.

3.8.2. Desarrollo

Tal como lo establecen las Bases del proyecto, se mantuvo un estrecho contacto con la Contraparte Técnica para un mejor desarrollo del estudio. Esta comunicación se ha llevado a cabo principalmente entre el Jefe de Proyecto y el coordinador del proyecto (Contraparte), ya sea presencialmente, vía telefónica, vía email y/o mensajería telefónica.

3.9. Estudio de Paisaje Sonoro.

Realizar un estudio del paisaje sonoro que consista en doce grabaciones sonoras de paisajes del Gran Santiago.

3.9.1. Descripción y Metodología

Los paisajes sonoros definen el entorno que nos rodea permanentemente, y afectan el bienestar y calidad de vida. Pueden ser evaluados en términos positivos; como el sonido del mar; el de un entorno por el cual fluye un río o el sonido de la lluvia. Por el contrario, un paisaje sonoro negativo sería convivir en un entorno con niveles de ruido perjudiciales para la salud física y mental, donde el sonido constituye un elemento de desorden, desagrado y molestia.

La literatura disponible sobre Soundscapes (Paisajes Sonoros), expone un tema altamente multidisciplinar que envuelve muchas ideas, conceptos, objetivos y métodos distintos. De hecho, la definición del término Paisaje Sonoro ha sido habitualmente algo confusa. A menudo se considera una adaptación del término visual “paisaje” (Schafer, 1994 - originalmente publicado 1977), que cambia el foco desde lo visual al entorno sonoro.

La nueva norma ISO 12913-1:2014 [21] define el paisaje sonoro como “ambiente acústico tal como es percibido o experimentado y/o entendido por una persona o personas, en su contexto”. Esto establece: primero, que se trata del sonido de un entorno o ambiente, y lo segundo (y más complejo), que ese sonido está vinculado con la percepción de una persona. En este sentido, se hace necesario incorporar aspectos sobre la percepción sonora en el diseño de las medidas de gestión del ruido ambiental.

Es conveniente destacar que esta parte del proyecto está orientada a complementar la información acústica obtenible a partir de las mediciones y modelaciones en los mapas de ruido, de manera de tener una visión más completa del entorno sonoro, y de orientar mejor aquellas líneas de trabajo futuro en la materia.

Como metodología de trabajo se establecieron ciertos pasos de consulta y validación para definir los aspectos relevantes del paisaje sonoro del Gran Santiago. Esta estrategia ha tenido en cuenta los estudios y experiencias previas en la realización de encuestas sobre acústica ambiental del equipo de trabajo [5], [6], [7], [8], [9], [10] [26]. De esta manera, se ha pretendido aportar con una metodología que aportará, al menos, opiniones más consensuadas sobre el ambiente sonoro del área de estudio.

El plan de trabajo, en forma resumida, se concretó de la siguiente manera:

- Reuniones de trabajo con la Contraparte Técnica, para conciliar criterios y alcances del estudio.
- Reuniones de trabajo con profesionales de servicios públicos y especialistas que puedan estar interesados en el trabajo de paisajes sonoros.

- Aplicación de cuestionario a expertos para definición de grabaciones a realizar en el área de estudio.
- Encuesta OnLine a población del Gran Santiago para determinar las doce grabaciones solicitadas en el proyecto.
- Realización de las Grabaciones de Paisaje Sonoros.

3.9.2. Definición de los alcances del estudio

En acuerdo con la Contraparte Técnica, se acordaron los siguientes criterios para este trabajo:

- Dada la novedad y complejidad del tema, este estudio se debe constituir en el inicio de un trabajo asociado al conocimiento y análisis del paisaje sonoro del Gran Santiago.
- El área de estudio será la Zona Central del Gran Santiago, específicamente, la comuna de Santiago y sus alrededores (ver figura 3.9.1.).

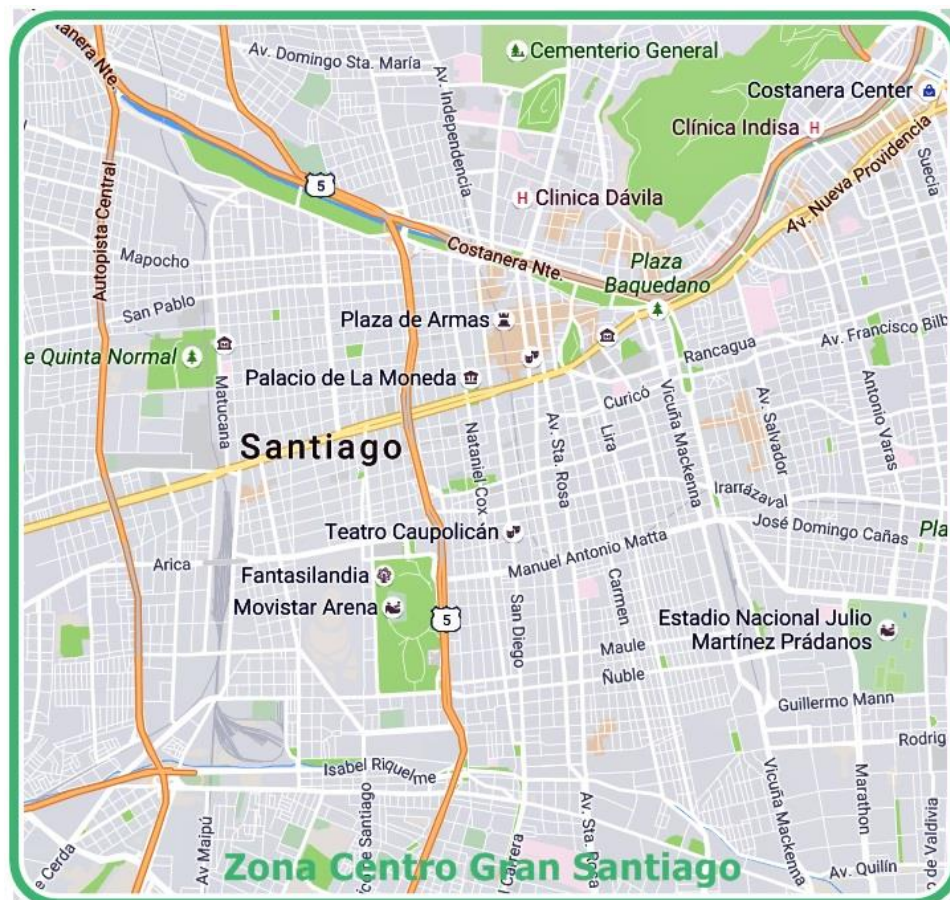


Figura 3.9.1. Área de estudio de los paisajes sonoros del proyecto

3.9.3. Reuniones de trabajo para conciliar criterios

Se realizaron reuniones para discusión sobre cuáles serían los paisajes sonoros relevantes en la ciudad de Santiago. Estas reuniones se llevaron a cabo con un grupo escogido de personas.

La primera reunión, con profesionales del sector público que pudieran estar vinculados o interesados en el paisaje sonoro. Asistentes a la reunión realizada el 05 de junio de 2016 en dependencias del Ministerio del Medio Ambiente:

1. Yovanka De Negri, Ministerio del Medio Ambiente, PAC.
2. Angel Navarrete, Ministerio de Vivienda.
3. Bernardita Ladrón de Guevara, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos DIBAM.
4. Gabriel Días, Universidad Austral de Chile.
5. David Carrasco, Sistemas Sustentables.
6. Marcela Astudillo, Sistemas Sustentables.
7. Igor Valdebenito, Ministerio del Medio Ambiente.
8. Jorge Greeve, Municipalidad de Santiago.
9. Víctor Lobos, Ministerio del Medio Ambiente.
10. Sandra Becerra, Consejo Nacional de la Cultura y las Artes.
11. Sergio Román, Ministerio del Medio Ambiente, PAC.
12. Enrique Suárez, Universidad Austral de Chile.

La segunda reunión, con especialistas en áreas relacionadas con la percepción sonora: músicos, ingenieros de grabación, sicólogos, etc. Asistieron a la reunión realizada el 22.09.2016 en dependencias del Ministerio del Medio Ambiente:

1. Rocío Besoain, DESE Universidad Católica.
2. Gabriel Días, Universidad Austral de Chile.
3. Jorge Cárdenas, Universidad Austral de Chile.
4. Federico Schumacher, Universidad Diego Portales.
5. Claudio Fuentes, Universidad Diego Portales.
6. Paula Azar, Ministerio del Medio Ambiente, Of. EA.
7. Igor Valdebenito, Ministerio del Medio Ambiente.
8. Víctor Lobos, Ministerio del Medio Ambiente.
9. Enrique Suárez, Universidad Austral de Chile.

A partir de estas reuniones, se pudo trabajar en un primer listado de ambientes sonoros seleccionados para ser grabados.

Copia de las listas de asistencias se encuentran en el Anexo 13.

3.9.4. Cuestionarios para proponer paisajes sonoros a grabar en el área de estudio

Se realizó una consulta mediante un cuestionario, dirigida a los dos grupos de expertos convocados en las reuniones (incluso a quienes no pudieron asistir), para consolidar elementos de juicio y propuestas. Esta instancia logró afinar, a lo menos, la lista de posibles paisajes sonoros a ser registrados en este proyecto.

En este “Cuestionario para Expertos sobre Paisajes Sonoros de Zona Centro del Gran Santiago” (adjunto en Anexo 13), se solicitó la opinión para evaluar la relevancia de 25 ambientes o paisajes sonoros propuestos de la zona centro del Gran Santiago. También fue posible proponer otro paisaje sonoro fuera de lista consultada.

Los Ambientes Sonoros seleccionados, e incluidos posteriormente en la encuesta a la población, fueron:

1. Calle con mucho tránsito y con buses del Transantiago
2. Calle con mucho tránsito pero sin buses del Transantiago
3. Plaza Italia
4. Plaza de Armas
5. Paseo Ahumada
6. Parque Quinta Normal
7. Bandejón Central Alameda
8. Barrio Bellavista (de noche)
9. Cerro San Cristóbal
10. Estación de Metro (U. de Chile)
11. Barrio Yungay (Plaza del Roto Chileno)
12. Mercado Tirso Molina
13. Parque Forestal
14. Parque de Los Reyes
15. Autopista Central
16. Cerro Santa Lucía
17. Calle con poco tránsito
18. Terminal de Buses
19. Plaza de la Constitución (Palacio de La Moneda)
20. Cementerio General

Además, se pudo recoger algunos comentarios sobre la dificultad de opinar sobre este tema, por ser una materia relativamente nueva, y por la falta de consenso entre los expertos sobre la misma. Por ejemplo, algunos comentarios en forma resumida:

- a) Si el estudio de paisaje sonoro viene a complementar el mapa de ruido, debiese estar relacionado lo más posible al transporte. Se entiende que también hay zonas que son íconos de Santiago que es interesante caracterizar, como el cerro San Cristóbal y Santa Lucía, y Plaza de Armas.
- b) Podría ser útil, ya que va a ser utilizado para temas de gestión, establecer tipologías de lugares que sean relevantes de grabar dentro del Gran Santiago y utilizar los lugares puntuales como representaciones de dichas tipologías.

- c) Respecto a que la definición de paisaje sonoro que señala la norma es más bien perceptual, es decir, fruto de lo que experimenta la persona en un entorno determinado, entonces se buscaría realizar registros de audio de un espacio sonoro, pero no paisaje sonoro. Paisaje sonoro es una experiencia primariamente estética y la norma lo señala como experiencia de hecho. La grabación no da cuenta de la experiencia, por mucho que sea binaural.
- d) En una caracterización de un espacio sonoro se debería comprimir la representación temporal del mismo, porque de lo contrario el registro se hace demasiado largo especialmente cuando existen ambientes donde la variabilidad sonora es mínima. En ese sentido se debe buscar que el registro de audio de cuenta de los siguientes aspectos: sonido basal, huella sonora e hito sonoro. Los lugares escogidos deben presentar estos componentes, especialmente ciertos hitos sonoros que los caracterizaran, que fueran reconocidos por las personas como una característica sonora del lugar.
- e) ¿De qué manera aporta o se relaciona el paisaje sonoro con los registros de ruido? Se entiende que el primero es una composición a partir de registros de uno o varios lugares que tienden a justificarse en el instrumento por alguna definición de 'representatividad' (de algo que no está explicitado o de estarlo requeriría de definiciones precisas de criterios, además de definiciones de temporalidades y localizaciones para los registros), mientras que el ruido, si es que se asume desde datos cuantitativos (si bien también la percepción de ruido puede ser tema), se podría suponer que su fin es el registro, no la representatividad.
- f) Se genera un conflicto con algunos conceptos, ya que tanto la definición de un lugar como su relevancia para efectos de paisaje sonoro y en una clave de representatividad, puede tender a simplismos del tipo: lugares típicos, pero en donde lo típico no está definido. A lo que se suma como complejidad el que un registro de audio en cualquier lugar variará según horarios, fechas y localizaciones, etc.
- g) ¿Qué diferencia con el registro de ruido con el de sonido? Finalmente, todos pueden o no ser relevantes como muestra y diversidad.
- h) Se debe incorporar el criterio de habitabilidad, es decir, espacios que son efectivamente usados como espacio público (donde la gente está sentada largo rato o reside) y no sólo transitados, pero también aquellos donde podrían haber conflictos con este atributo.

Estos comentarios dan cuenta principalmente dos cosas:

1. El concepto “Paisaje Sonoro” es nuevo, y no hay dominio ni consenso total de sus alcances y características. En ocasiones se le atribuye incluso elementos musicales o estéticos.
2. Hay gran complejidad del registro de paisaje sonoro, en cuanto a duración, momento y técnica de grabación.

En este sentido, es conveniente comentar que el trabajo que se realiza en este estudio no pretende abordar los aspectos estéticos de los paisajes sonoros. Además, que varias de las complicaciones de registro se han resuelto por dos vías: el momento habitual de permanencia en ciertos lugares, y una muestra (breve) representativa del entorno sonoro que existe en este lugar.

3.9.4. Encuesta OnLine para definir paisajes sonoros a grabar en el área de estudio

La encuesta diseñada para este estudio constó de tres partes: sobre los ambientes sonoros, sobre las áreas verdes, e información de validación de la encuesta. Se aplicó a través del servicio de pago de www.encuestafacil.com. La encuesta y sus resultados en extenso se encuentran en el Anexo 13.

Se utilizaron dos estrategias para distribución de la encuesta. La primera consistió en distribuir la invitación a responder la encuesta a una base de datos de correos electrónicos de personas interesadas en temas ambientales, y que fue aportada por el Ministerio del Medio Ambiente. La segunda, la distribución desde el Ministerio del Medio Ambiente a correos electrónicos de contactos en distintos municipios asociados al área de estudio (Gran Santiago), y a través de ellos, a otros funcionarios municipales, juntas de vecinos, organizaciones sociales, etc.

3.9.4.1. Distribución de la Muestra

La figura 3.9.2 y 3.9.3 presentan la distribución de las personas que respondieron la encuesta on-line según lugar de residencia y trabajo o estudio. En ambas se aprecia que el mayor porcentaje de las respuestas proviene de la comuna de Santiago seguido de Ñuñoa, Providencia y Las Condes.

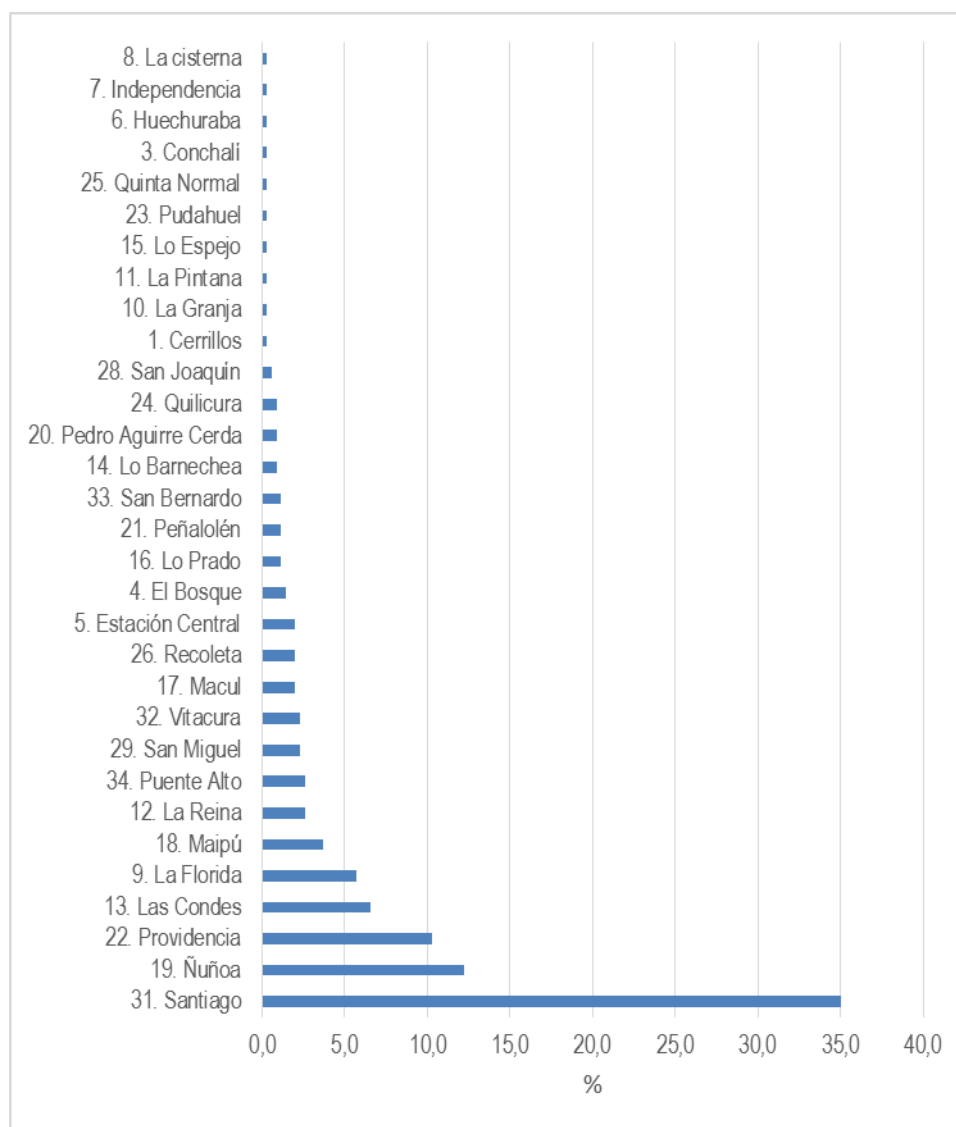


Figura 3.9.2. Distribución de encuestados según comuna de residencia

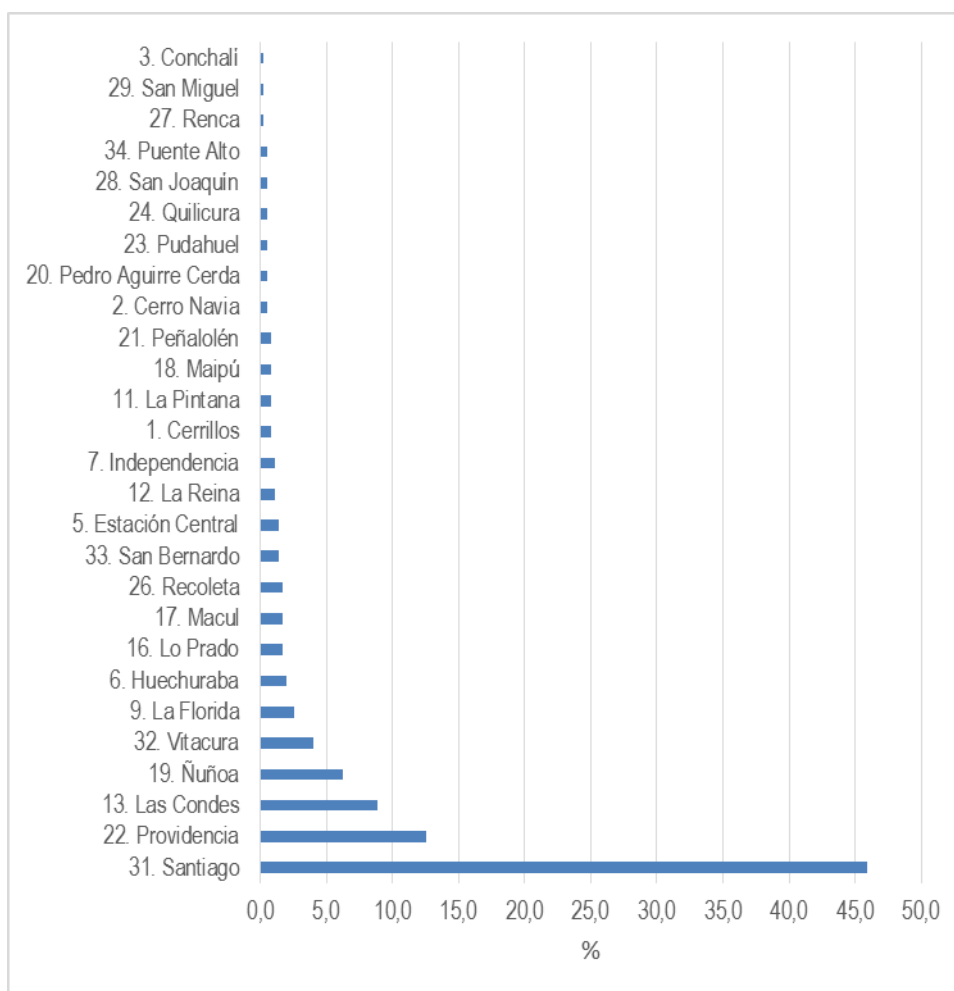


Figura 3.9.3. Distribución de encuestados según comuna de trabajo o estudio

3.9.4.2. Análisis de los datos de la encuesta

En total, se recibieron 572 *click* en el link de la encuesta online, lo que considera la entrega del cuestionario en las casillas de correo. A partir de ellos, 442 encuestas fueron abiertas y contestadas con al menos una pregunta. Se descartaron 25 encuestas que no cumplían con vivir o estudiar en alguna comuna del Gran Santiago, o porque el encuestado era menor de 18 años (preguntas 1, 2 y 3). Además se eliminaron 60 encuestas que habiendo pasado los filtros de la preguntas 1, 2 y 3, quedaron inconclusas a partir de la pregunta 4, lo que da un total de 351 encuestas válidas para el análisis en SPSS.

3.9.4.2.1. Análisis descriptivo de las variables en estudio, Gran Santiago.

Característica de la muestra.

La Figura 3.9.4 muestra los gráficos de frecuencia para las variables sexo, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.

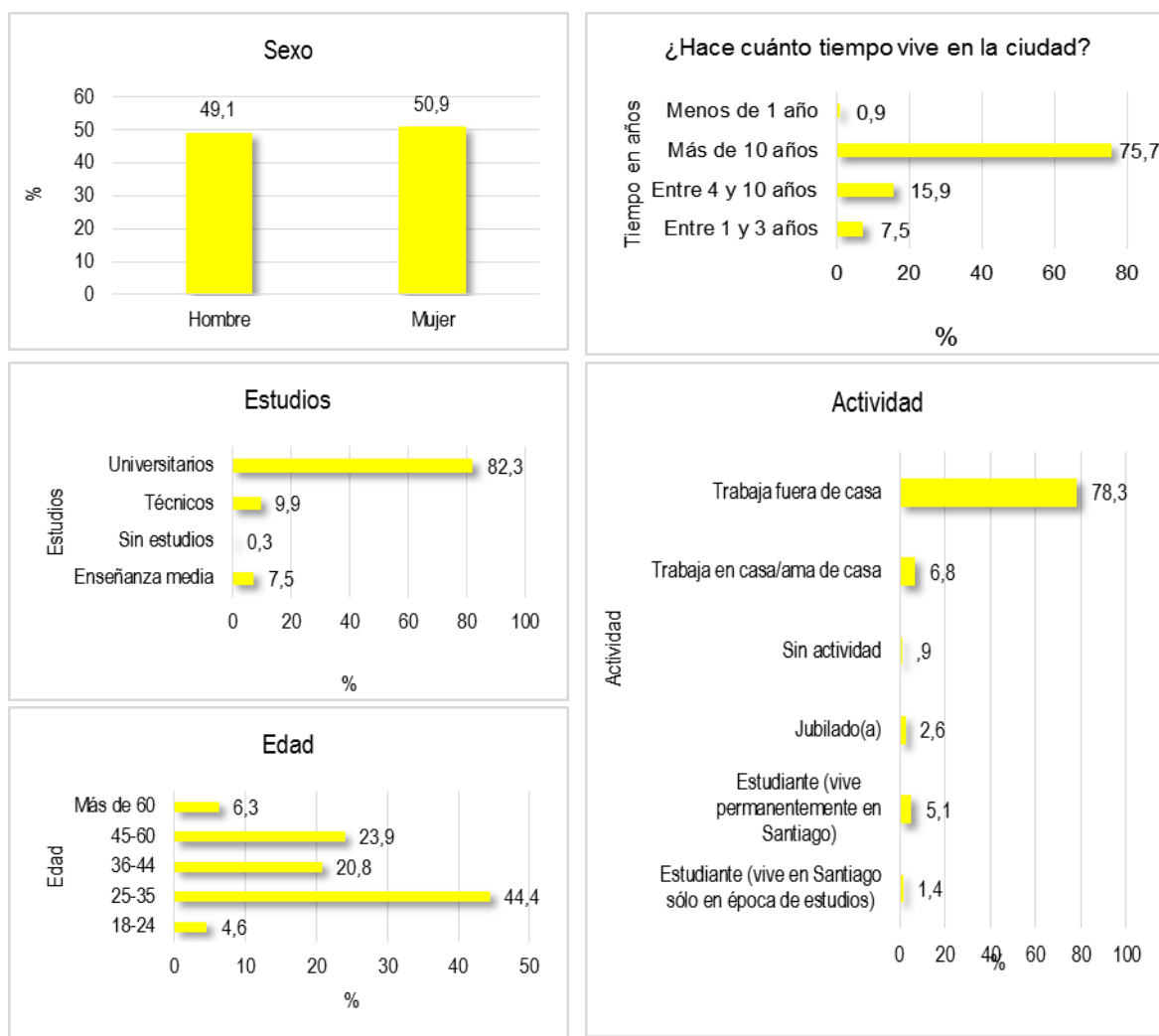


Figura 3.9.4. Gráficos de frecuencia para género, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.

De la información presentada anteriormente, podemos destacar que la muestra se configura principalmente con personas con estudios universitarios (82,3%), trabajan fuera de casa (78,3%), en el rango de edades comprendido entre 25 y 35 años (44,4%). El porcentaje de mujeres en la muestra que alcanza al 50,9%, donde podemos observar que el 75,7% vive hace más de 10 años en la ciudad de Santiago urbano.

3.9.4.2.2. Descripción de las variables sobre Sensibilidad al Ruido Ambiental

Observamos en la Figura 3.9.5, que la población en estudio presenta una mediana sensibilidad al ruido, pues un 41,2% se declara medianamente sensible, y un 25,1% muy sensible. Con respecto a *cuán audible es el ruido ambiental exterior*, se encontró que el 10,7% manifiestan que el ruido exterior es extremadamente audible, un 26,6% muy audible y un 33,1% medianamente audible, lo que refleja una presencia alta de este factor en la vida cotidiana de las personas pues alcanza al 70% de la población.

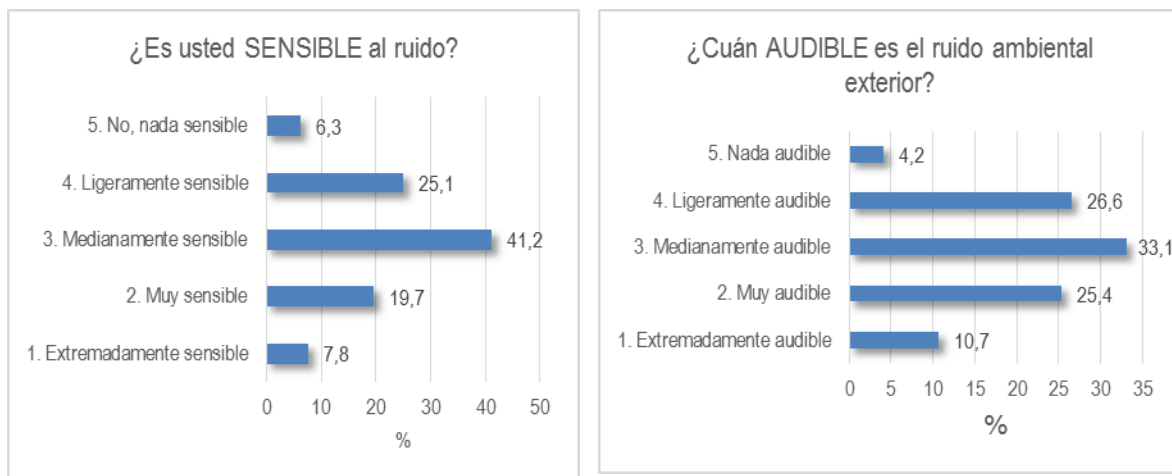
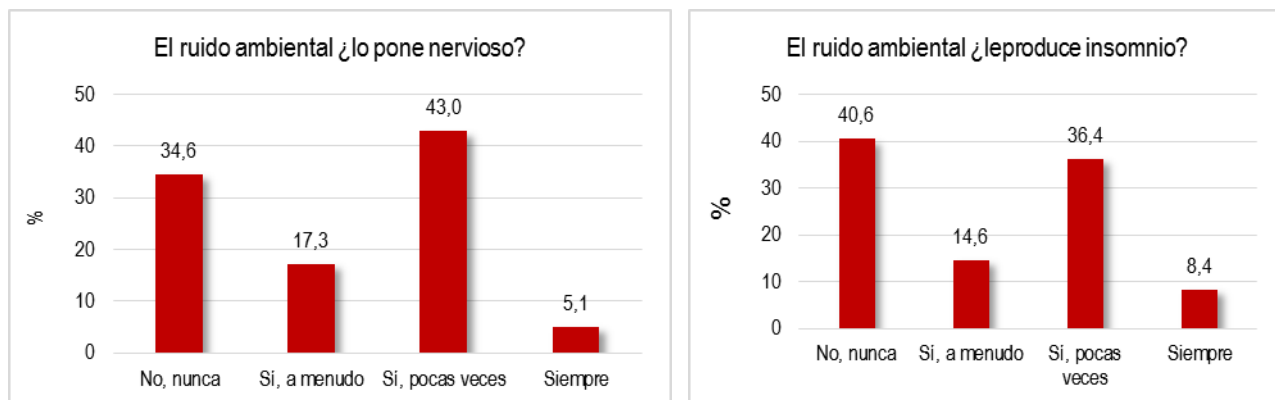


Figura 3.9.5. Percepción de Sensibilidad al ruido y cuán audible es el ruido ambiental exterior cuando se encuentra en el interior de su casa.

3.9.4.2.3. Descripción de las variables de Impacto del Ruido Ambiental.

En cuanto a los efectos del ruido, la población en estudio identifica con claridad los efectos del ruido que les afecta. Quizás ciertas respuestas puedan revelar un problema de salud pública que deba ser analizado en futuros estudios con mayor profundidad. Por ejemplo en la figura 3.9.6., un 5,1% de la población indica que el ruido **siempre** le pone nervioso, un 8,4% el ruido **siempre** le genera insomnio y el 11,6% le perturba su dormir.

Por su parte en la figura 3.9.7., al 11,9% siempre le perturba su descanso y disminuye su concentración, al 9% le interrumpe el estudio o lectura y el 6,6% afirma que el ruido ambiental **siempre** le produce dolor de cabeza.



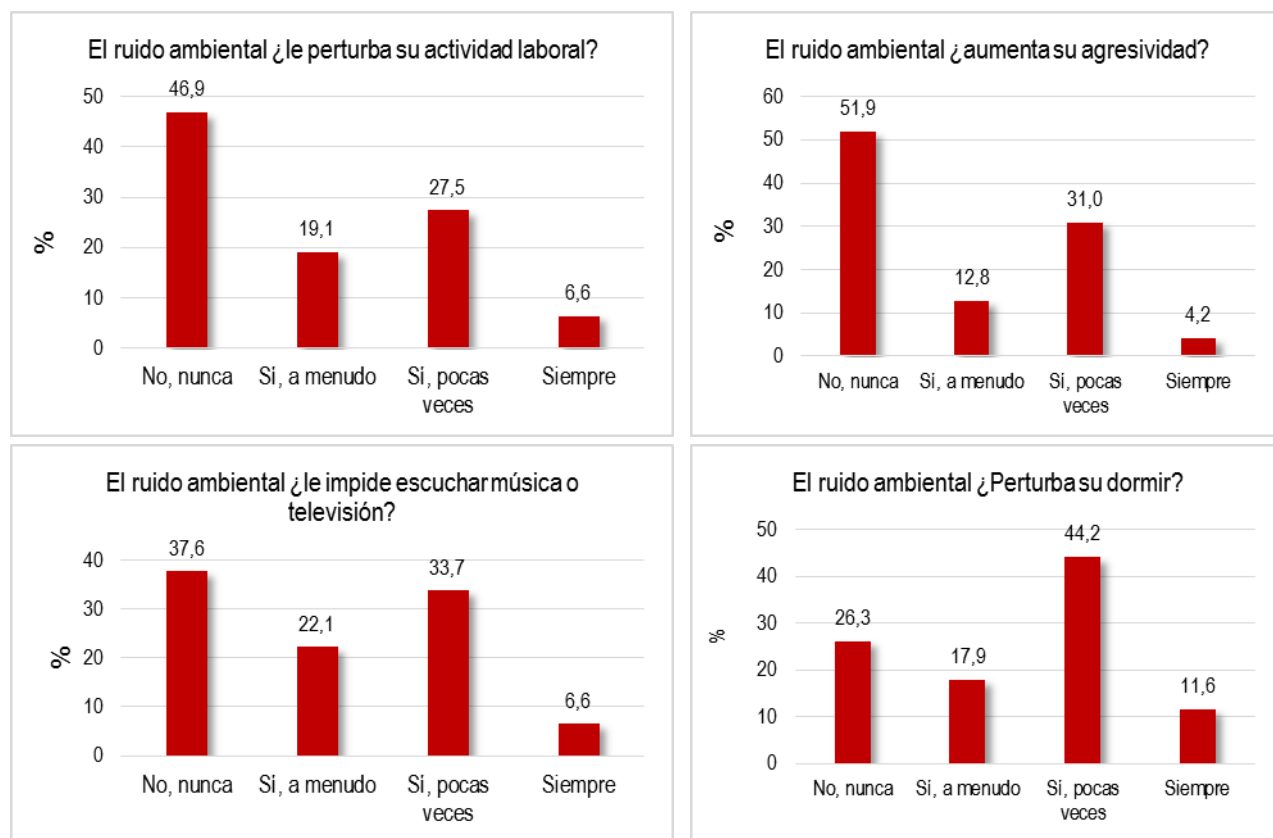
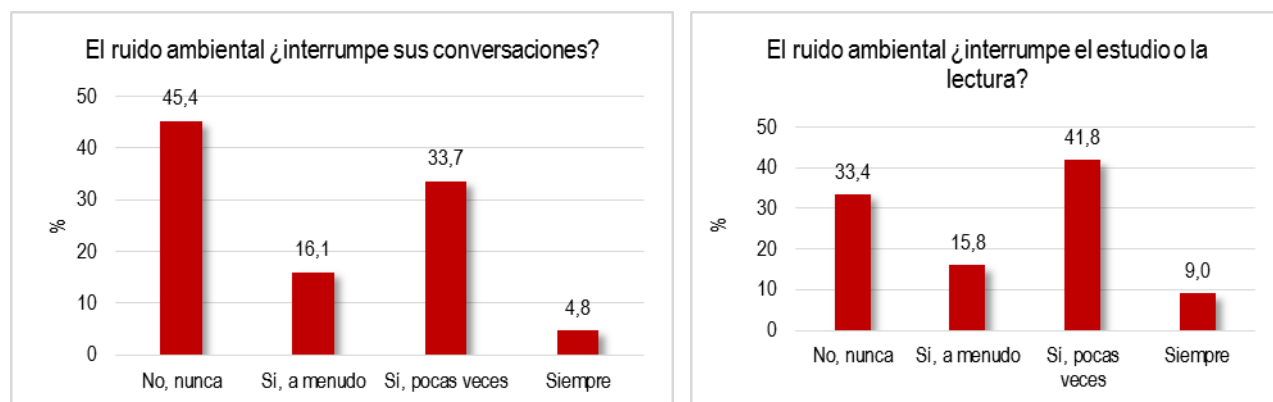


Figura 3.9.6. Actividades impactadas por el ruido ambiental



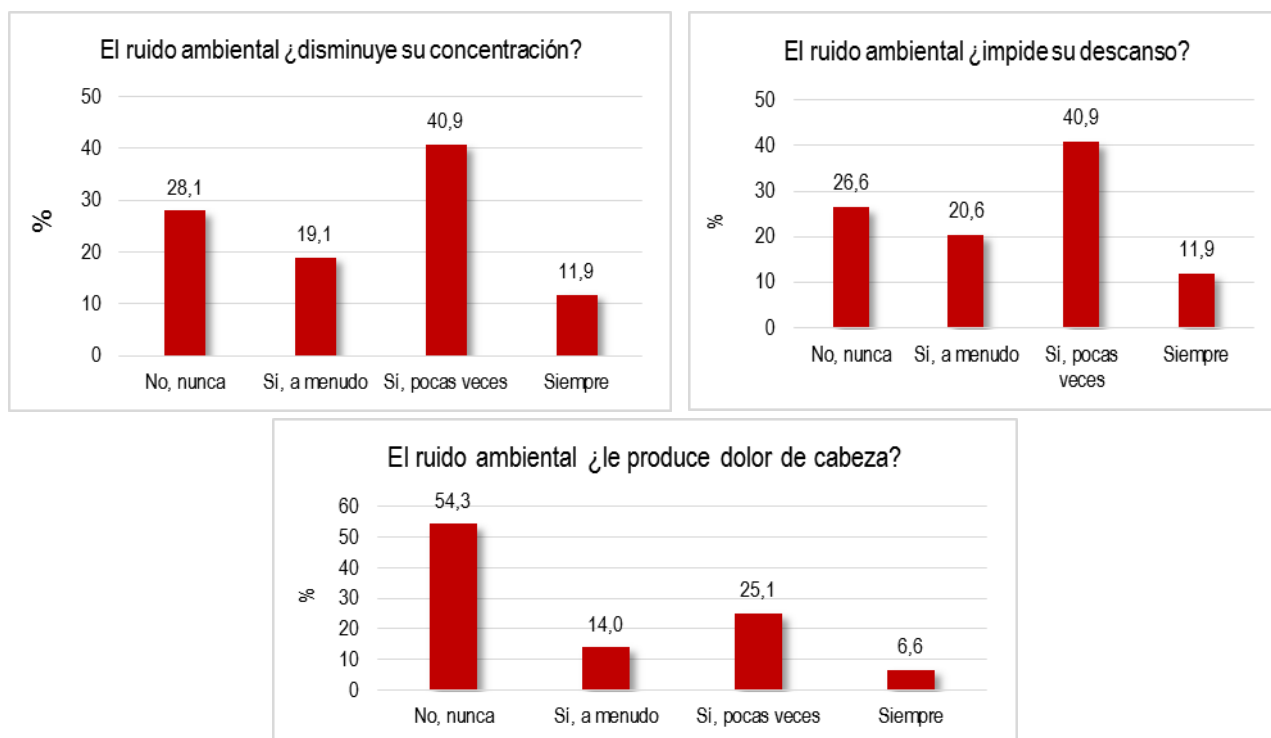


Figura 3.9.7. Actividades impactadas por el ruido ambiental

3.9.4.2.4. Descripción de las variables de área verde y paisaje sonoro de la ciudad.

I. Lugares Espacios de áreas verdes

En la tabla 3.9.1. se puede observar que el área verde más visitada corresponde al parque Forestal, seguido del Parque Metropolitano y el Parque O'Higgins con un 21,1; 15,1 y 11,5% respectivamente. Con respecto a la percepción del nivel de ruido de estas áreas verdes, destacan los porcentajes de niveles más bien altos desde 7 a 10 recordando que 10 indica extremadamente ruidoso, donde el porcentajes acumulado alcanzan aproximadamente al 50% (ver figura 3.9.8.).

Tabla 3.9.1. Análisis de frecuencia de lugares más visitados de áreas verdes públicas en la ciudad.

Áreas verdes	Frecuencia	Porcentaje
Cerro Santa Lucía	8	2,9
Parque Almagro	19	6,8
Parque de Los Reyes	11	3,9
Parque Forestal	59	21,1
Parque Metropolitano (Cerro San Cristóbal)	42	15,1
Parque O'Higgins	32	11,5
Plaza Baquedano (Plaza Italia)	25	9,0
Plaza Brasil	11	3,9
Plaza de Armas	27	9,7
Plaza de La Ciudadanía	3	1,1
Plaza de La Constitución	27	9,7
Plaza Mulato Gil de Castro	1	0,4
Plaza Yungay	5	1,8
Quinta Normal	9	3,2
Total	279	100,0

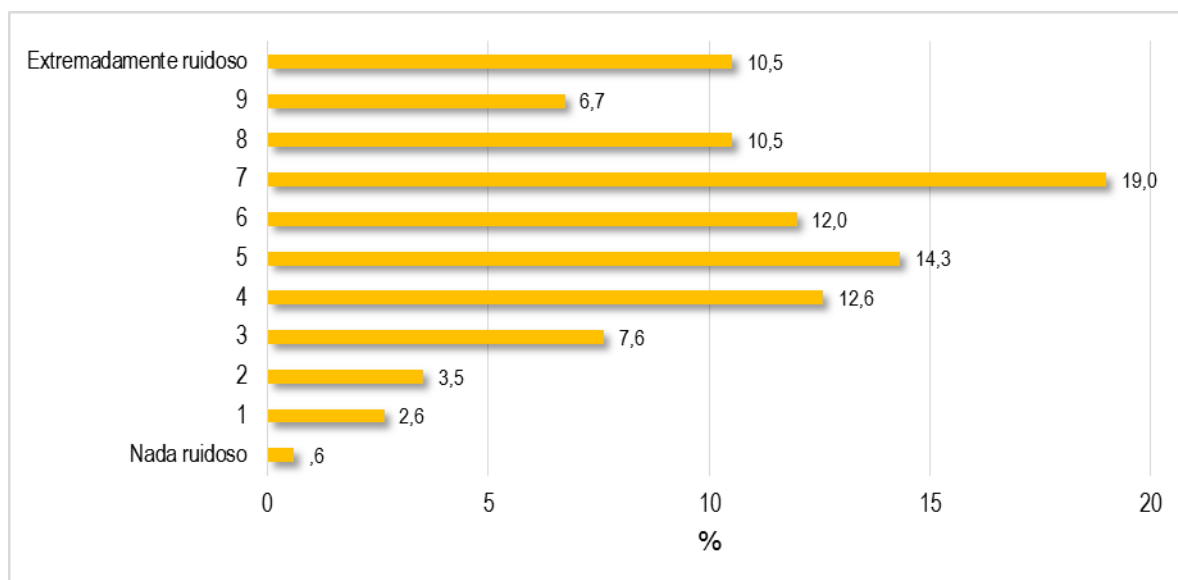


Figura 3.9.8. Evaluación de ruido ambiental de área verde seleccionada.

II. Frecuencia visita

En referencia a la frecuencia de visita a algún área verde en la Zona Centro del Gran Santiago, se observa en la figura 3.9.9. que el 30,6% lo visita más de cuatro veces por mes, le siguen con igual porcentaje (19,2%) visitas de una o menos visitas por mes y entre dos veces y cuatro por mes. No se establece una clara tendencia.

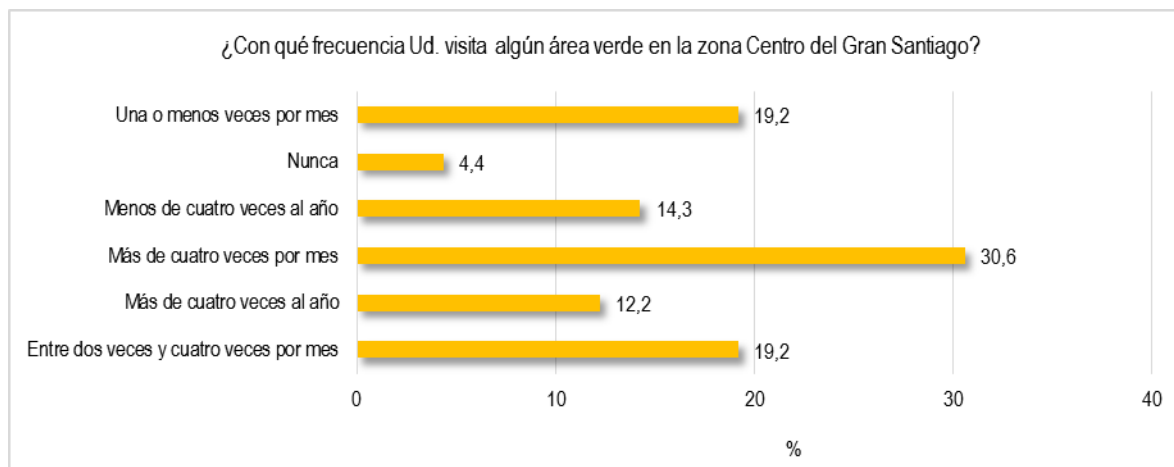


Figura 3.9.9. Frecuencia de visita a algún área verde en la zona Centro del Gran Santiago.

II. Calificación aspectos de área verdes

Con respecto a las calificaciones de algunos aspectos relacionados con áreas verdes, se analizó el espacio, Mobiliario, Tranquilidad, naturaleza, ambiente sonoro y seguridad, se observa en la Tabla 3.9.2. y figura 3.9.10. donde las más altas calificaciones se obtienen en aspectos relacionados con el espacio, naturaleza y mobiliario 5,7, 4,9 y 4,6 respectivamente, seguidos de tranquilidad, seguridad y ambiente sonoro con 4,3, 4,2 y 4,1 respectivamente. El 50% de ellos manifestó una puntuación mayor o igual a 6 espacios, la banda de confianza, indica por ejemplo que el 95% de las personas califican el espacio de la área verde entre 5,5 y 5,81 aproximadamente.

Tabla 3.9.2. Resumen estadístico para distintos aspectos relacionados con áreas verdes.

	Media	LI	LS	Mediana	S
Espacio	5,65	5,49	5,81	6,00	1,493
Mobiliario	4,58	4,41	4,75	5,00	1,613
Tranquilidad	4,28	4,08	4,47	4,50	1,813
Naturaleza	4,94	4,75	5,13	5,00	1,808
Ambiente sonoro	4,07	3,87	4,27	4,00	1,879
Seguridad	4,17	3,98	4,37	4,00	1,832

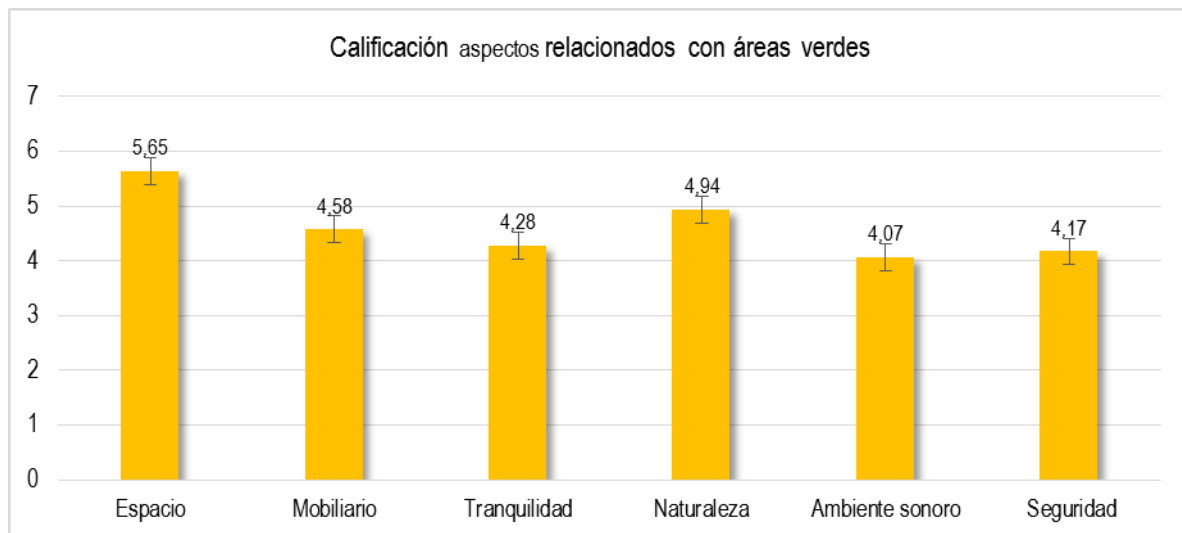
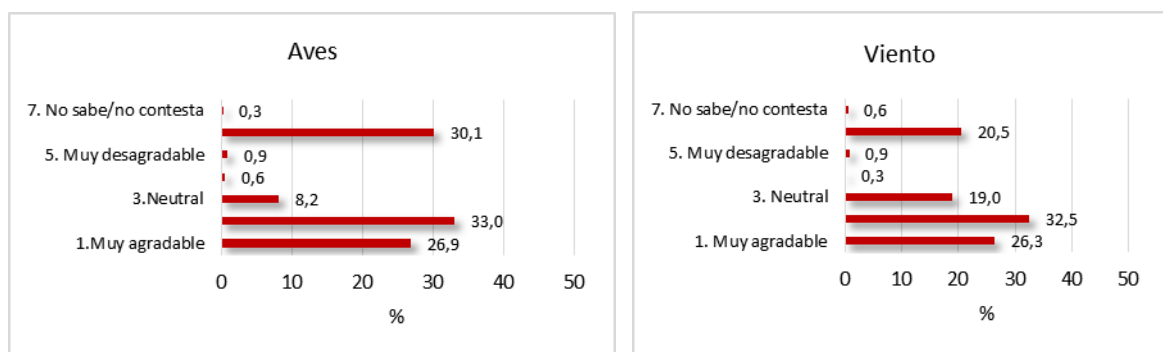


Figura 3.9.10. Resumen estadístico para aspecto relacionados con las áreas verdes (media y error estándar).

III Paisaje sonoro

Respecto a la calificación de los sonidos escuchados en las áreas verdes, podemos observar en la figura 3.9.11., que tanto la categorías de niños, personas y perros presentan la mayor frecuencia porcentual para opción neutral (37,7, 45,3 y 48,2% respectivamente), respecto a sonido del viento presentan los más altos porcentajes en las categorías agradable y muy agradable (32,5 y 26,3%), respectos a las aves la mayor frecuencia se presenta con la categoría de sonido agradable con 33%, sin embargo un 30,1% también indica que este sonido no se escucha.

En relación al tránsito vehicular los mayores porcentajes caen en desagradable y muy desagradable (70% aprox.). Respecto a las actividades de construcción los porcentajes más altos se encuentran en categoría no se escuchan o sonido desagradable y muy desagradable (29,2; 24,6 y 19,3% respectivamente).



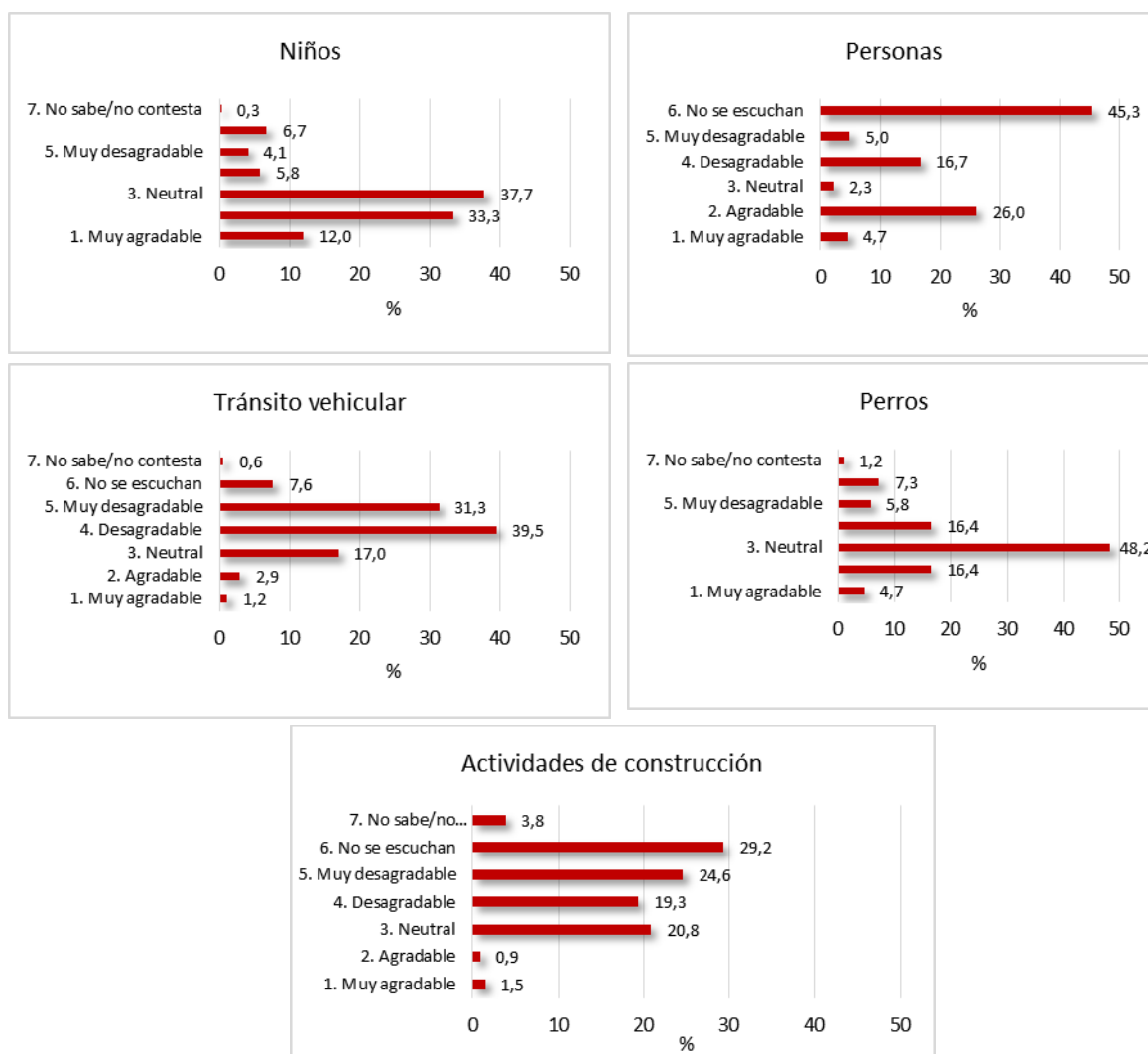


Figura 3.9.11. Distribución de los sonidos de áreas verdes según categoría sonora.

La figura 3.9.12. muestra los motivos por los cuales se visitan las áreas verdes. Aquí se indica que el 57% lo hace para caminar y el 56,7% para pasear, donde sólo el 14,8% manifestó que iba por los juegos de los niños, el 7,4% a leer y solo el 2,3% a estudiar.

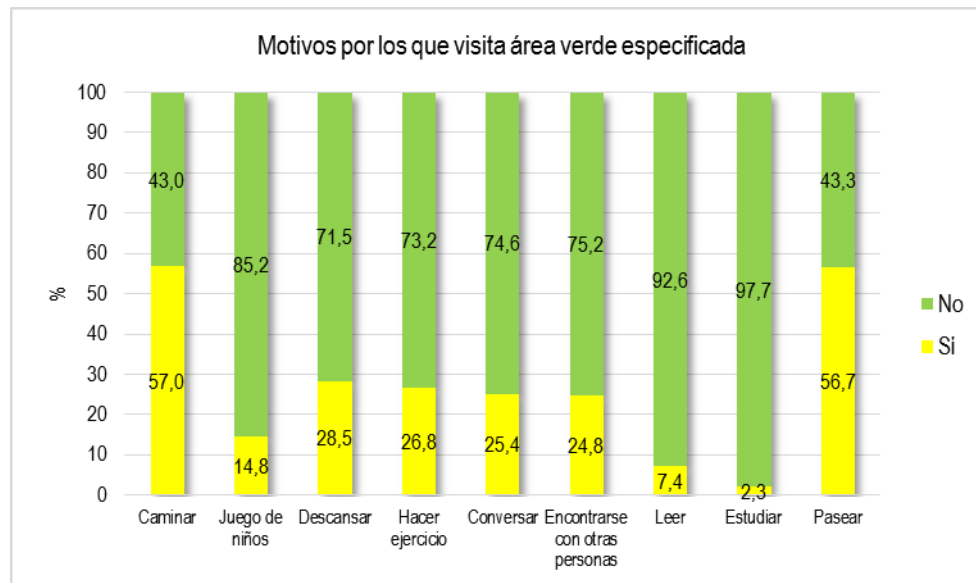


Figura 3.9.12. Distribución de frecuencias de los motivos de visitas a las áreas verdes.

La tabla 3.9.3., presenta un resumen de la percepción de los residentes frente a distintos ambientes sonoros. En la figura 3.9.13., podemos observar con más detalle que los sonidos asociados a calles con mucho tránsito con presencia de *buses del Transantiago*, *bandejón central de la Alameda* y *Plaza Italia* presentaron una percepción de absolutamente característico con un 74,9; 63,8 y un 56,6 % respectivamente.

La figura 3.9.14. presenta como absolutamente característico a la *Autopista central* y *Estación del metro (U de Chile)* con 52 y 42% respectivamente, y por su parte en la figura 3.9.15. al terminal de buses 56,9% presenta un ambiente sonoro absolutamente característico.

Tabla 3.9.3. Resumen de la percepción de los residentes respecto al ambiente sonoro

Ambientes sonoros	Absolutamente característico	Muy característico	Neutral	Poco característico	Nada característico	No sabe/No contesta
Calle con mucho tránsito y con buses del Transantiago	74,9	20,2	1,7	0,9	1,7	0,6
Calle con mucho tránsito pero sin buses del Transantiago	23,4	40,5	14,0	15,1	6,3	0,9
Plaza Italia	56,6	29,7	6,0	4,0	2,3	1,4
Plaza Armas	34,0	41,1	14,6	5,7	1,7	2,9
Paseo Ahumada	34,8	41,9	10,3	7,7	3,1	2,0
Parque Quinta Normal	14,0	19,1	33,7	13,7	7,4	12,0
Bandejón Central Alameda	63,8	24,2	5,1	2,3	1,1	3,1
Barro Bella Vista (noche)	44,9	32,3	10,6	5,7	2,0	4,6
Cerro San Cristóbal	15,4	16,9	32,6	22,9	6,6	5,7
Estación Metro (U. de Chile)	42,0	38,3	9,4	4,3	1,7	4,3
Barrio Yungay (Plaza del Roto Chileno)	11,1	20,0	30,9	10,9	2,3	24,9
Mercado Tirso de Molina	22,9	36,0	14,6	4,3	2,9	19,4
Parque Forestal	20,9	34,0	28,9	9,4	2,0	4,9
Autopista Central	52,0	26,9	9,1	1,4	2,0	8,6
Parque de Los Reyes	14,9	24,0	27,7	13,4	2,0	18,0
Cerro Santa Lucía	20,6	33,7	26,6	11,1	3,7	4,3
Calle con poco tránsito	6,9	10,3	26,0	39,7	14,3	2,9
Plaza de la Constitución (Palacio de la Moneda)	33,1	38,6	17,7	7,1	1,1	2,3
Termina de buses	56,9	26,6	5,4	4,3	2,3	4,6
Cementerio General	8,3	16,0	26,0	22,0	14,0	13,7

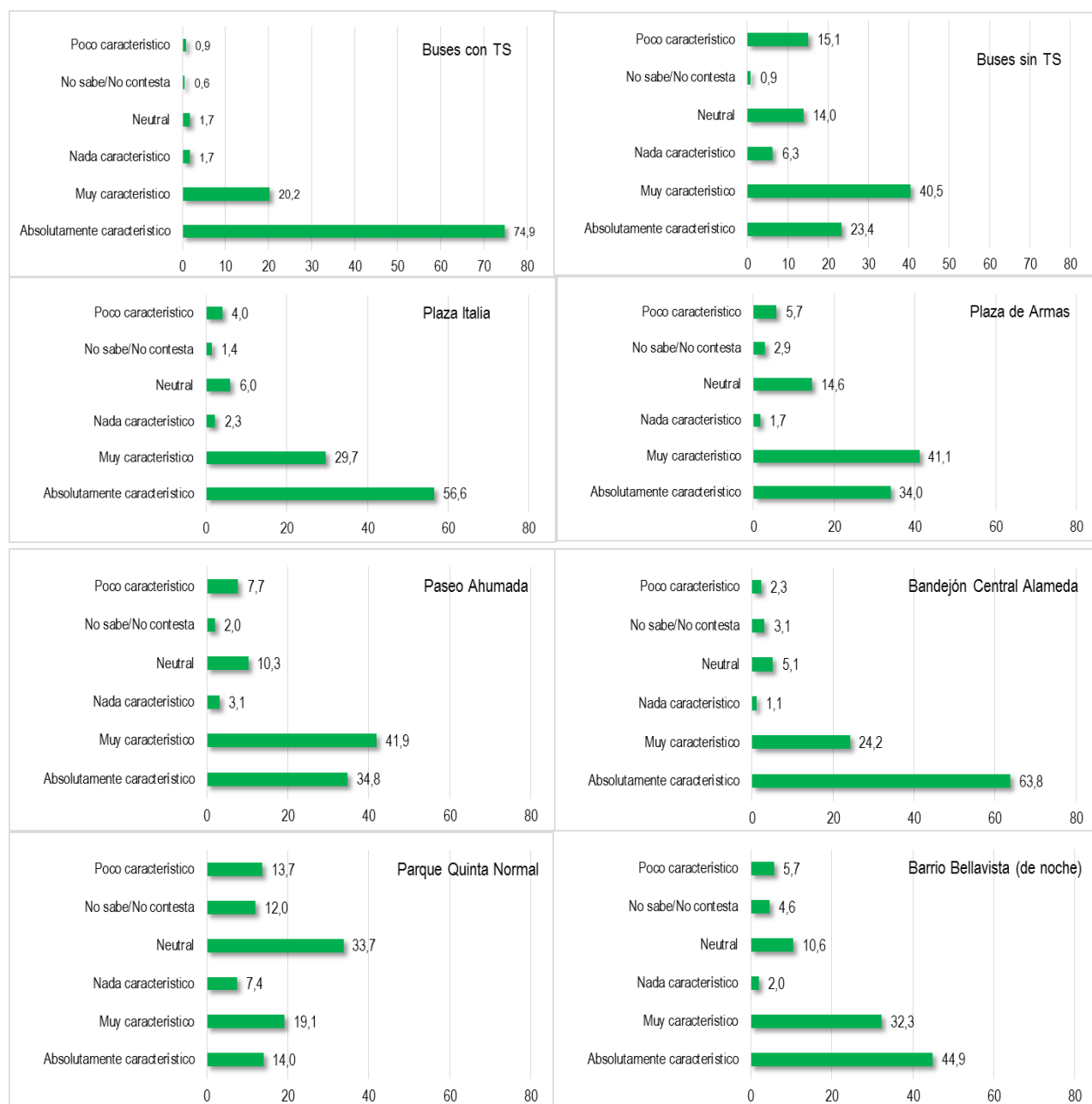


Figura 3.9.13. Distribución de frecuencias de los ambientes sonoros característicos (1/3).

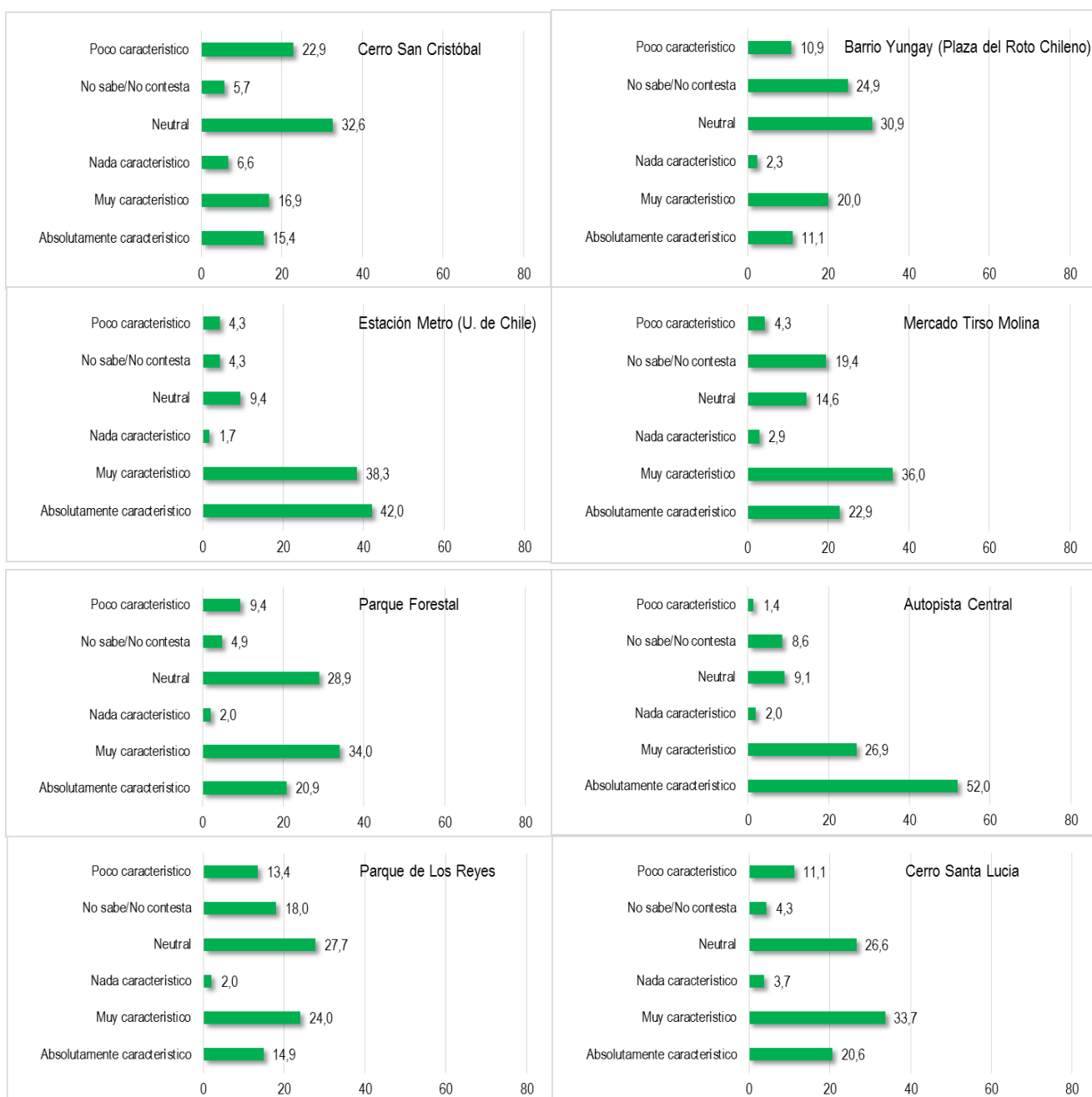


Figura 3.9.14. Distribución de frecuencias de los ambientes sonoros característicos (2/3).

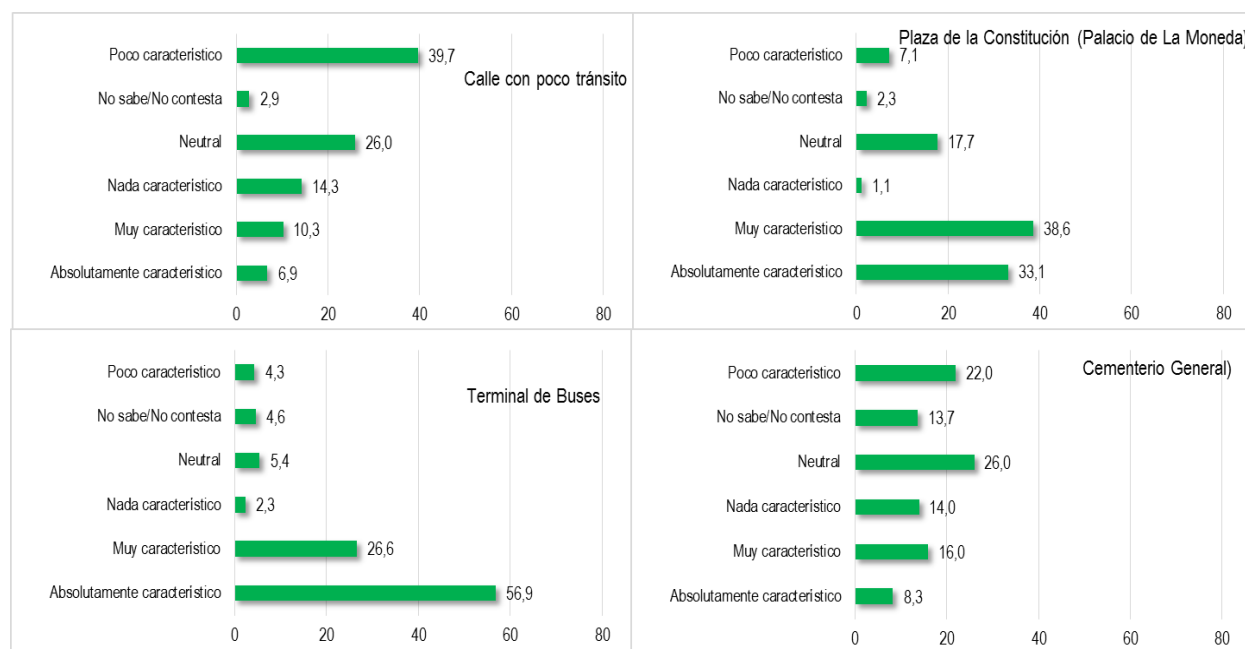


Figura 3.9.15. Distribución de frecuencias de los ambientes sonoros característicos (3/3).

Tabla 3.9.4. Resumen selección de ambientes sonoros

Ambientes sonoros	Absolutamente y Muy característico	Orden de preferencia	Pistas de las grabaciones
Calle con mucho tránsito y con buses del Transantiago	95,1	1	13
Bandejón Central Alameda	88	2	11
Plaza Italia	86,3	3	1
Termina de buses	83,5	4	8
Estación Metro (U. de Chile)	80,3	5	9
Autopista Central	78,9	6	14
Barro Bella Vista (noche)	77,2	7	7
Paseo Ahumada	76,7	8	6
Plaza Armas	75,1	9	2
Plaza de la Constitución (Palacio de la Moneda)	71,7	10	3
Calle con mucho tránsito pero sin buses del Transantiago	63,9	11	12
Mercado Tirso de Molina	58,9	12	10
Parque Forestal	54,9	13	4
Cerro Santa Lucia	54,3	14	5

En la tabla 3.9.4. se aprecian las mayores preferencias de los encuestados por los ambientes más característicos. De ellos, los primeros catorce se grabaron y se adjunta en el CD del proyecto (Anexo 13).

3.9.5. Grabación de paisajes sonoros en el área de estudio

Las grabaciones fueron realizadas entre el 13 y el 16 de diciembre de 2016. Todos los registros sonoros se realizaron en calidad profesional; frecuencia de muestreo de 96 kHz en 24 bits, sin embargo para efectos de entrega de los resultados, posteriormente fueron transformados a calidad CD Audio a 44,1 kHz/16bits.

Se utilizó la técnica de grabación binaural que consiste en ubicar una cabeza artificial en el lugar de grabación, de tal forma que si la reproducción se realiza a través de audífonos el auditor recibe una completa impresión del espacio acústico en forma idéntica a la que él tendría si mantuviera su cabeza en la misma ubicación de la cabeza artificial. La Dummy head KU 100 Neumann utilizada para este proyecto, corresponde a una réplica estandarizada de la cabeza humana equipada con micrófonos en sus oídos.

Todas las grabaciones de paisajes sonoros se complementaron con la medición de parámetros acústicos tales como el Leq, máx, mín, L₁₀, L₅₀, L₉₀ y espectro en 1/3 de octava. A sí mismo se midieron; coordenadas UTM, temperatura, humedad y velocidad del viento.

Equipamiento utilizado:

- Dummy Head Neumann, modelo KU 100
- Grabador Sounddevices 788T

- Sonómetro tipo I marca Cirrus modelo CR 171B
- GPS Garmin etrex
- Termoanemómetro Extech



Figura 3.9.16. Sistema de grabación sonora utilizado para el registro de los paisajes sonoros.

3.9.5.1. Paisajes sonoros registrados

Según los resultados de las encuestas, se seleccionaron 14 paisajes sonoros para ser grabados con técnica binaural. Los horarios de las grabaciones corresponden al que habitualmente pueden ser visitados los lugares escogidos.

Tabla. 3.9.5. Resumen del registro de los paisajes sonoros en la Zona Centro del Gran Santiago

Paisaje sonoro	Leq dBA	Lmáx dB	Lmín dB	L10 dB	L50 dB	L90 dB	Temp °C	Hum Rel %	Vel. Viento Km/hr	Coordenadas UTM
Plaza Italia	69,9	78,3	59,2	73,9	67,8	60	32	26	1	19H 348055 6299029
Plaza de Armas	65,8	68,7	60,5	67,4	65,7	63,2	33,5	27	0,5	19H 346567 6298966
Plaza de la Constitución	59,3	63,3	57,5	60,2	59	58	28	29	0,4	19H 346250 6298543
Parque Forestal	60,1	76,9	52,7	61,1	57,2	53,9	32,6	20,7	0,5	19H 347453 6299181
Cerro Santa Lucía	56,6	69,1	53,4	57,6	54,4	53,6	28,4	39,2	0,4	19H 347225 6298728
Paseo Ahumada	67,5	73,3	64,4	69,2	66,7	65,5	33	23,6	1	19H 346540 6298757
Bellavista	72,1	76,7	68,2	74,4	71,3	69,6	22,2	58	0,2	19H 347931 6299623
Terminal Sur	74,3	79,3	71,6	76	73,8	72,4	22,4	53	-	19H 343109

										6297075
Metro U. Chile	59,9	69,5	36,7	65,4	51,9	39,1	26,1	46,4	-	19H 346571 6298304
Mercado Tirso de Molina	72,7	77,6	68,4	74,3	72,4	70,8	30,4	22,3	-	19H 346568 6299611
Bandejón Central Alameda	70,3	77,6	61,2	73,6	68,4	63,5	34,7	16,6	1,5	19H 346067 6298165
Teatinos ST	72,3	82,9	63,9	74,3	68,6	65,1	28,4	26,5	0	19H 346097 6298165
San Martín CC	78,7	85,2	71,4	82,1	76,5	72,3	31	24	0,5	19H 345840 6299083
Autopista Central	77,7	84,7	73,2	79,6	76,8	75,1	34,9	17	1,5	19H 345697 6298754

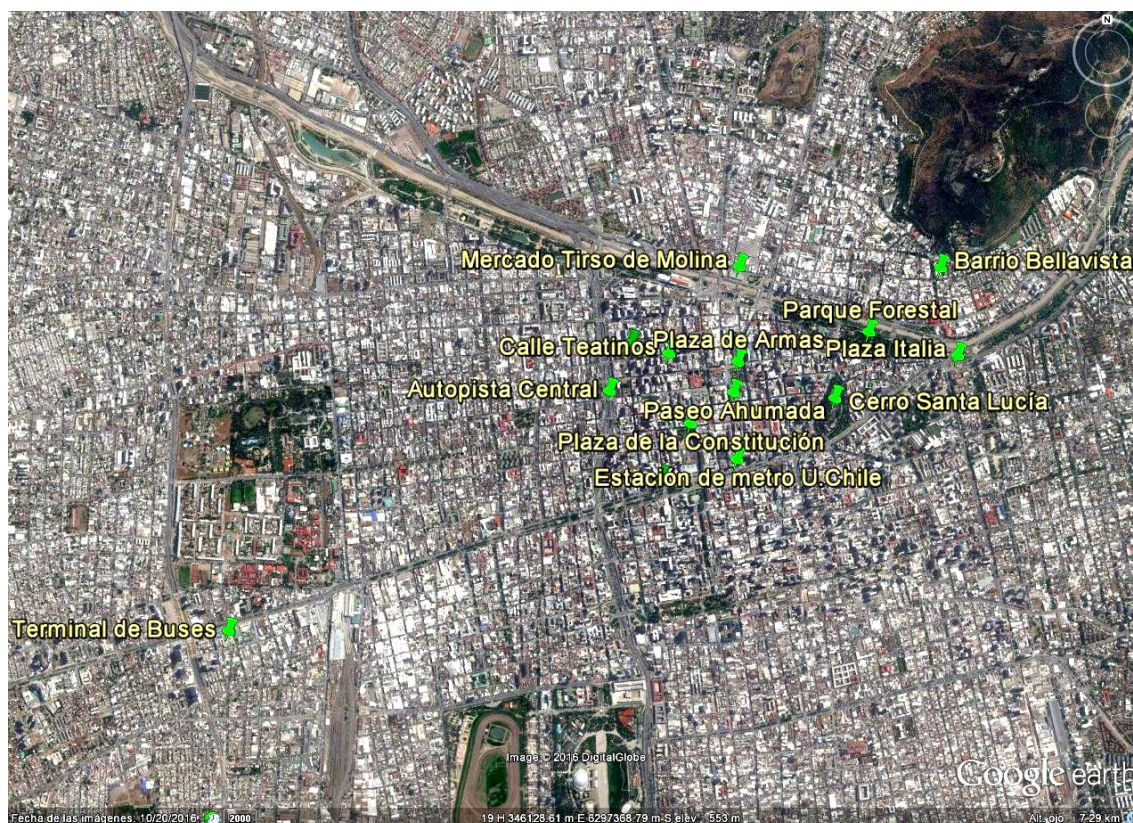


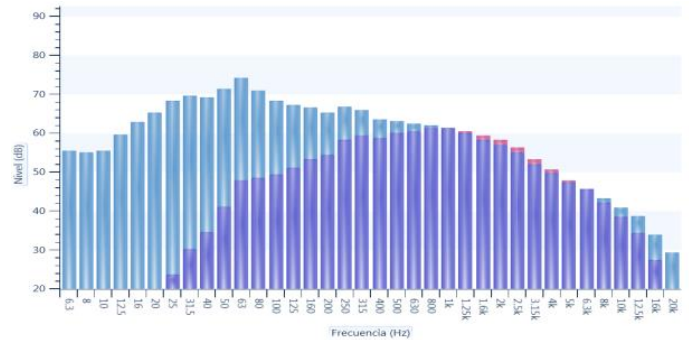
Figura. 3.9.17. Distribución espacial de los paisajes sonoros grabados en la Zona Centro del Gran Santiago.

**Fotografía del lugar de grabación
 (Pista en el CD)**

**Espectro de frecuencias, en bandas de 1/3 de octava, con y sin
 Ponderación A**



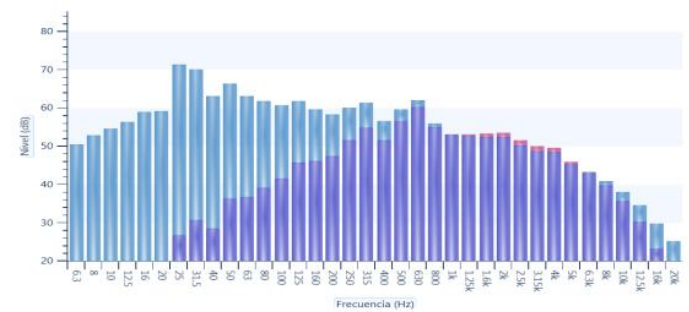
Track 1: Plaza Italia



● Sin ponderar ● A ponderado



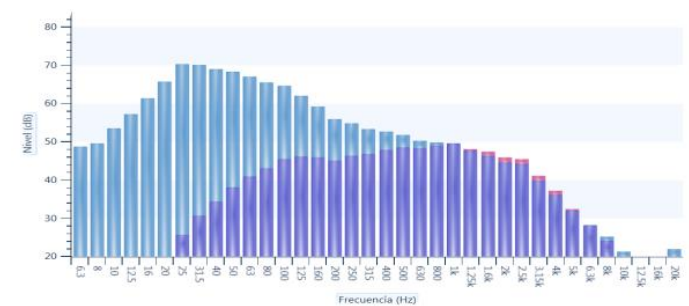
Track 2: Plaza de Armas



● Sin ponderar ● A ponderado



Track 3: Plaza de la Constitución



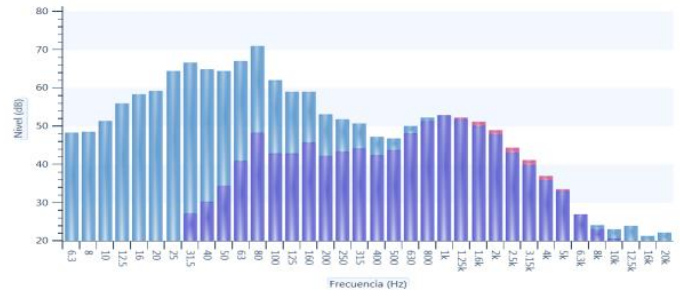
● Sin ponderar ● A ponderado

**Fotografía del lugar de grabación
 (Pista en el CD)**

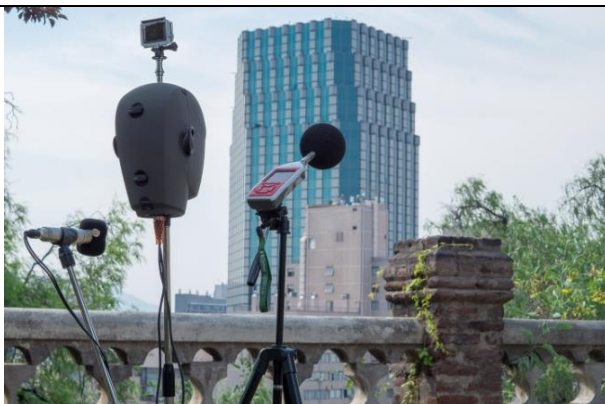
**Espectro de frecuencias, en bandas de 1/3 de octava, con y sin
 Ponderación A**



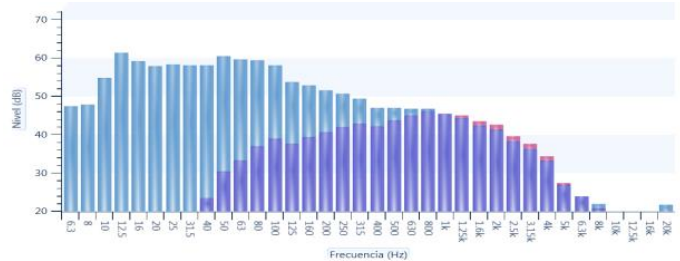
Track 4: Parque Forestal



● Sin ponderar ● A ponderado



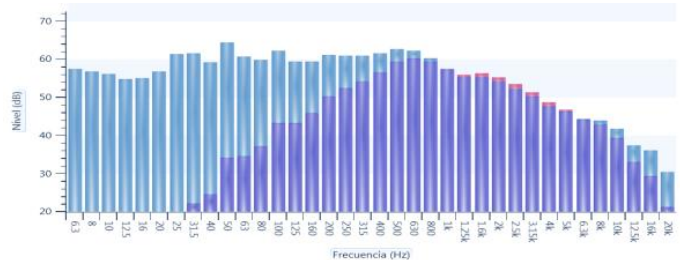
Track 5: Cerro Santa Lucía, Terraza Pedro de Valdivia



● Sin ponderar ● A ponderado



Track 6: Paseo Ahumada



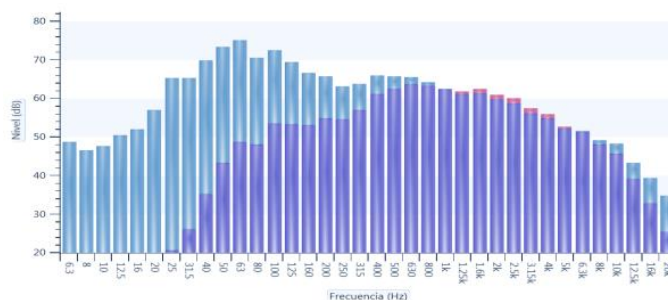
● Sin ponderar ● A ponderado

**Fotografía del lugar de grabación
 (Pista en el CD)**



Track 7: Barrio Bellavista nocturno

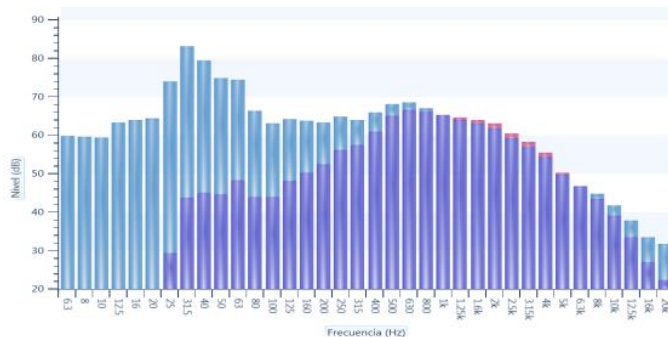
Espectro de frecuencias, en bandas de 1/3 de octava, con y sin Ponderación A



● Sin ponderar ● A ponderado



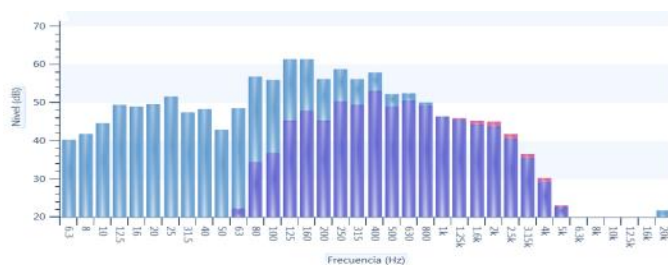
Track 8: Terminal de Buses Sur



● Sin ponderar ● A ponderado



Track 9: Estación de metro U. Chile



● Sin ponderar ● A ponderado

**Fotografía del lugar de grabación
 (Pista en el CD)**

**Espectro de frecuencias, en bandas de 1/3 de octava, con y sin
 Ponderación A**



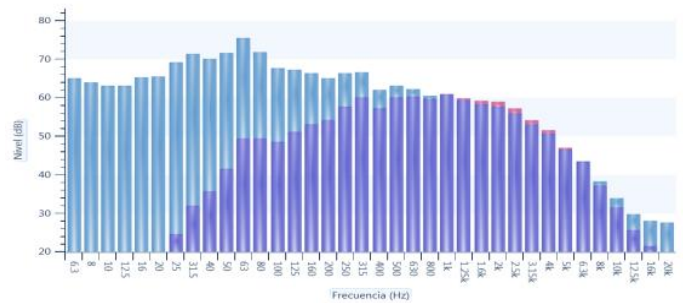
Track 10: Mercado Tirso de Molina



● Sin ponderar ● A ponderado



Track 11: Bandejón Central Alameda



● Sin ponderar ● A ponderado



Track 12: Calle Teatinos



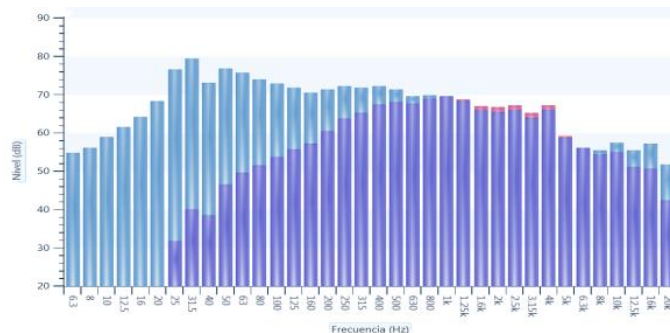
● Sin ponderar ● A ponderado

**Fotografía del lugar de grabación
 (Pista en el CD)**

**Espectro de frecuencias, en bandas de 1/3 de octava, con y sin
 Ponderación A**



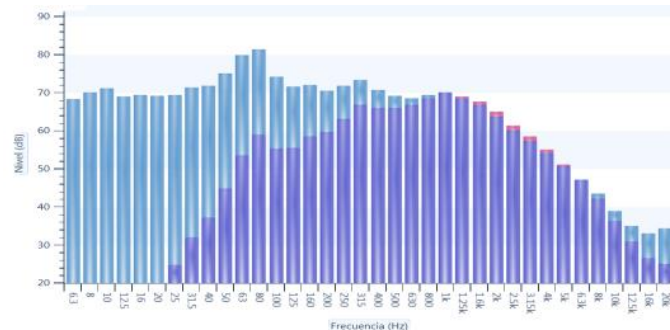
Track 13: Calle San Martín



● Sin ponderar ● A ponderado



Track 14: Autopista Central



● Sin ponderar ● A ponderado

Figura 3.8.18. Registro fotográfico y acústico del registro de los paisajes sonoros en la Zona Centro del Gran Santiago.

3.9.5.2. CD de Audio con Paisajes sonoros de la Zona Centro del Gran Santiago

Adjunto a este informe se incluye un CD Audio “Paisajes sonoros de Santiago 2016”, de duración: 27’33”, como se detalla a continuación.

Tabla. 3.9.6. Contenido del CD Audio “Paisajes sonoros de la Zona Centro del Gran Santiago 2016”.

Track	Contenido de la pista de audio
T:01	Plaza Italia
T:02	Plaza de Armas
T:03	Plaza de la Constitución
T:04	Parque Forestal
T:05	Cerro Santa Lucía, terraza Pedro de Valdivia.
T:06	Paseo Ahumada
T:07	Barrio Bellavista nocturno
T:08	Terminal de buses Sur
T:09	Estación de metro Universidad de Chile, sector mesanina 2
T:10	Mercado Tirso de Molina
T:11	Bandejón central de la Alameda Bernardo O’Higgins
T:12	Calle Teatinos (Sin transantiago)
T:13	Calle San Martín (Colectora con transantiago)
T:14	Autopista Central

4. PRODUCTOS ESPERADOS.

Los resultados del proyecto son:

1. Mapas de Ruido del Gran Santiago Urbano y en las principales vías vehiculares y ferroviarias de la Región Metropolitana. Para los periodos: Ld (día), Le (tarde), Ln (noche), Ldn (día-noche), Lden (día-tarde-noche).
2. Mapas de Ruido generados en la trama vial utilizada por el sistema de transporte público Transantiago, para periodos: Ld (día), Le (tarde), Ln (noche), Ldn (día-noche), Lden(día-tarde-noche).
3. Información desagregada de los niveles de ruido presentes en el Gran Santiago urbano:
 - a) Superficie expuesta a niveles de ruido.
 - b) Población y viviendas potencialmente expuestas a niveles de ruido.
 - c) Niveles de ruido en las fachada de establecimientos de salud y educacionales del Gran Santiago Urbano.
4. Diseño de Plan de Acción para la gestión del control de ruido ambiental en una comuna del Gran Santiago.
5. Identificación de Paisajes Sonoros del Gran Santiago, y grabación de doce Paisajes Sonoros de la ciudad.

5. EQUIPO CONSULTOR.

La estructura organizacional estable para este proyecto consistió de una jefatura, cinco áreas de trabajo y dos categorías de apoyos o asesorías. Las áreas de trabajo fueron: el área de Gestión Ambiental, Patrimonio Sonoro, Estudio de Transantiago, Estudio de Instrumentación y el área de Modelación y Mediciones. A continuación se hace una descripción de cada una de ellas en cuanto a sus integrantes y labores.



Figura 5.1. Organigrama equipo consultor Instituto de Acústica UACH.

En las campañas de mediciones participaron permanentemente Martín Reyes (Ing. Acústico), Pablo Zurita (Ing. Civil Acústico), Karina Aliante (Ing. Civil Acústico) y Gabriel Díaz (Egresado de Ing. Civil Acústica), además de un equipo de terreno de apoyo.

6. CRONOGRAMA.

El siguiente fue el cronograma de referencia para el desarrollo de las actividades del proyecto de acuerdo a lo planteado en las bases administrativas y la propuesta técnica.

Tabla 6.1. Cronograma de referencia de actividades.

Actividad	Meses (Inicio del proyecto 16.11.2015)													
	Diciembre	2	Febrero	4	Abril	6	7	8	Agosto	10	11	Noviembre	13	Enero
1. Análisis de Información de Entrada al Modelo del Mapa de Ruido del Gran Santiago	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
2. Elaboración de Modelos Digitales del Mapa de Ruido del Gran Santiago	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
3. Mediciones para la Elaboración del Mapa de Ruido del Gran Santiago	x	x	x			x	x	x	x					
4. Elaboración del Mapa de Ruido del Gran Santiago					x	x	x	x	x	x	x	x		
5. Análisis del Ruido Generado por el Transantiago					x	x	x	x	x	x	x	x		
6. Análisis del Mapa de Ruido del Gran Santiago									x	x	x	x		
7. Plan de Acción para la Gestión del Control del Ruido Ambiental de una Comuna						x	x	x	x	x	x	x		
8. Presentación de Resultados del Estudio												x	x	
9. Estudio de Paisaje Sonoro						x	x	x	x	x	x	x	x	
Entrega informe 1 “Ajuste Metodológico”	23.11.15													
Entrega informe 2 “Informe de Avance 01”			16.02.16											
Entrega informe 3 “Informe de Avance 02”					16.04.16									
Entrega informe 4 “Informe de Avance 03”									16.08.16					
Entrega informe final “Informe Final”												16.11.16		
FIN CONTRATO														16.01.17

7. INFORMES.

Según las Bases Administrativas, el cronograma de informes y pagos correspondientes, fue:

1. **Informe 1**, Ajuste Metodológico – Día 07: Especificaciones del Plan de Trabajo. (23.11.2015)
2. **Informe 2**, Avance 1 – Hasta el tercer mes: según avance a la fecha Actividades 1, 2 y 3, y en acuerdo con el Coordinador del Estudio (hasta 16.02.2016).
3. **Informe 3**, Avance 2 – Hasta el quinto mes: según avance a la fecha Actividad 2 indicada en bases técnicas completa; y Actividad 1, y en acuerdo con el Coordinador del Estudio (hasta 16.04.2016).
4. **Informe 4**, Avance 3 – Hasta el noveno mes: según avance a la fecha Actividades 1 y 3 indicadas en bases técnicas completas; Actividades 4, 5, y 7; en acuerdo con el Coordinador del Estudio (hasta 16.08.2016).
5. **Informe 5**, Informe Final – Hasta el duodécimo mes. Todas las actividades completas (hasta 16.11.2016).

Junto con la presentación de los Informes, se realizó una presentación a la Contraparte Técnica de los avances y resultados contenidos en cada uno de estos documentos, en el día que fue convenido oportunamente (dentro del plazo de 10 días siguientes a la entrega del informe correspondiente), y luego de realizada la entrega del informe en dependencias de la Subsecretaría del Medio Ambiente.

Los informes se entregaron impresos por ambas caras en la oficina de partes del MMA (San Martín 73, 2do piso, Santiago), y se enviaron vía correo electrónico a la Contraparte Técnica. Los informes fueron dirigidos al Jefe de la División de Calidad del Aire y Cambio Climático.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] dBAIngeniería, Proyectos y Soluciones Acústicas. (2008). *Levantamiento de Información de Entrada de Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación de Caso Piloto*. Gobierno de Chile, Subsecretaría del Medio Ambiente. Contrato N°10-21-028/07.
- [2] ABSENTIA, Tecnología Acústica. (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.
- [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.
- [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.
- [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.
- [11] Organization for Economic Cooperation and Development (1991). *Fighting 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/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=ES>
- [14] World Health Organization (WHO) (1999). *Guidelines for Community Noise*. Geneva, Switzerland.
- [15] Instituto Nacional de Normalización INN. (2000). *Aislación Acústica - Parte 1: Construcciones de Uso Habitacional - Requisitos Mínimos y Ensayos*. NCh352/1.Of2000. Chile.
- [16] Comisión Nacional del Medio Ambiente (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.
- [17] 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
- [18] Ministerio del Medio Ambiente (2010) *Elaboración de Mapa de Ruido Comuna De Santiago Mediante Software de Modelación. Ficha de Licitación N° 1588-67-LE10*. Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.
- [19] Ministerio del Medio Ambiente (2011) *Elaboración de Mapa de Ruido del Gran Santiago Mediante Software de Modelación. FICHA DE LICITACIÓN N° 608897-12-LE11*. Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.
- [20] MEMORANDUM OF UNDERSTANDING For the implementation of a European Concerted Research Action designated as COST Action TD0804 SOUNDSCAPE OF EUROPEAN CITIES AND LANDSCAPES. Disponible en la Página web *Soundscape of European Cities and Landscapes Disponible en Internet en: <http://soundscape-cost.org/>*.
- [21] ISO 12913-1:2014 Acoustics -- Soundscape -- Part 1: Definition and conceptual framework
- [22] Madrid Soundscape. *Disponible en Internet en: <http://www.madridsoundscape.org/>*

- [23] Alvarez, J.P. (2010), "Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno", Tesis de Pregrado para optar al Título de Ing. Civil Acústico. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile.
- [24] Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2015). Directiva 2015/996/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2015 por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2015.168.01.0001.01.SPA
- [25] Bastián, N. (2013), "Elaboración de mapa de ruido de la ciudad de Valdivia mediante software de modelación utilizando métodos de simplificación ", Tesis de Pregrado para optar al Título de Ing. Civil Acústico. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile (Terminada, en etapa final de evaluación final).
- [26] Ministerio del Medio Ambiente (2015) Elaboración y Análisis de Mapas de Ruido de Tres Conurbaciones Mediante Software de Modelación. FICHA DE LICITACIÓN N° 608897-50-LP13. Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.
- [27] Noise in Europe 2014, EEA Report No 10/2014. Disponible en <http://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>
- [28] Madrid. Plan de acción. Disponible en Internet en: http://sicaweb.cedex.es/docs/planes/Fase1/Aglomeraciones/ES_a_DF7_Agg_Madrid.pdf
- [29] IEC 61672-1:2013. Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications.
- [30] IEC 61672-2:2013. Electroacoustics - Sound level meters - Part 2: Pattern evaluation tests.
- [31] IEC 61672-3:2013. Electroacoustics - Sound level meters - Part 3: Periodic tests.
- [33] Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA) del Ministerio de Agricultura y Alimentación y Medio Ambiente, España. Disponible en Internet <http://sicaweb.cedex.es/planes-de-accion.php>
- [34] Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. (WG-AEN)

WG-AEN 004.2007.doc. Disponible en Internet en:
https://www.lfu.bayern.de/laerm/eg_umgebungslaermrichtlinie/doc/good_practice_guide_2007.pdf

- [35] Simon Shilton, Fabienne Anfosso Ledee, Hans J.A. Van Leeuwen. Conversion of existing road source data to use CNOSSOS-EU. EURONOISE 2015. Disponible en Internet en:
<http://dgm.nl/uploads/files/Euronoise%20Conversion%20of%20existing%20road%20source%20data%20to%20use%20CNOSSOS-EU%20-%20000564.pdf>
- [36] KEPHALOPOULOS Stylianos, PAVIOTTI Marco, ANFOSSO-LÉDÉE Fabienne. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). ISSN1018-5593 (print),1831-9424 (online) .
 Disponible en Internet en: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC72550>
- [37] C. Asensio, M. Recuero, M. Ruiz, M. Ausejo, I. Pavón. Self-adaptive grids for noise mapping refinement. Applied Acoustics 72 (2011) 599–610.
- [38] Nicolás A. Bastián-Monarca, Enrique Suárez, Jorge P. Arenas. Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT. Volume 550, 15 April (2016), Pages 439–448.
- [39] Plan de Acción Para la Prevención, Control y Minimización de la Contaminación Acústica en la Ciudad de Granada. Disponible en Internet en:
http://sicaweb.cedex.es/docs/planes/Fase2/Aglomeraciones/PAR_Granada.pdf
- [40] Ordenanza Municipal Reguladora del Ruido y las Vibraciones Ayuntamiento de Palma de Mallorca. BOIB Núm. 004 - 9 / Enero / 2014 Pág. 377 a 411. Disponible en Internet en
<http://www.caib.es/eboibfront/es/2014/8254/531144/sanidad-aprobacion-definitiva-ordenanza-municipal->
- [41] Plan de Acción en Materia en Contaminación Acústica de Madrid. 2009. Tomo I. Disponible en Internet en:
http://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Publicaciones/TemaMedioAmbiente/PlanAccionContaminacionAcustica/TOMO_I_MEMORIA.pdf
- [42] Plan de Acción en Materia en Contaminación Acústica de Madrid. 2009. Tomo II. Zonas de Conflicto. Disponible en Internet en:
http://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Publicaciones/TemaMedioAmbiente/PlanAccionContaminacionAcustica/TOMO_II_ZONAS%20CONFLICTO.05.2010.pdf

- [43] Plan de Acción en Materia en Contaminación Acústica de Madrid. 2009. Tomo III. Catálogo de Soluciones. Disponible en Internet en:
http://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Publicaciones/TemaMedioAmbiente/PlanAccionContaminacionAcustica/TOMO_III_CATALOGO_DE_SOLUCIONES.05.2010.pdf
- [44] Revisión del Plan de Acción en materia de contaminación acústica. Madrid. 2016. Disponible en Internet en: http://sicaweb.cedex.es/docs/planes/Fase2/Aglomeraciones/PAR_MADRID.pdf
- [45] Plan de Acción contra el Ruido de Plama de Mallorca (MEMORIA) Ref.: 15LEA1856F0/0. 2015 Disponible en Internet en
http://pmi.palmademallorca.es/mapaestrategicrenous2015/MER/Pla_accio_contra_renous_Palma_2015.pdf
- [46] Mapa Estratégico de Ruido, 2ª Fase. Mapas sonoros y población expuesta al ruido (MEMORIA) Ref.: 15LEA1856F0/0 2015 Disponible en Internet en
http://pmi.palmademallorca.es/mapaestrategicrenous2015/MER/Informe_MER_Palma2015.pdf
- [47] Ley 19.300. Aprueba Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente Disponible en Internet en
http://www.sinia.cl/1292/articles-51743_Ley19300_12_2011.pdf
- [48] Decreto 38, Fecha Publicación :22-07-2013 Ministerio del Medio Ambiente. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. Disponible en Internet en:
<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1060366&idParte=0>
- [49] Decreto 39, Fecha Publicación :22-07-2013 Ministerio del Medio Ambiente. Reglamento para la Dictación de Planes de Prevención y Descontaminación. Disponible en Internet en:
<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1060367&idParte=0>
- [50] Decreto 38 del 11-NOV-2011. Ministerio del Medio Ambiente. Establece Norma De Emisión De Ruidos Generados Por Fuentes Que Indica, Elaborada A Partir De La Revisión Del Decreto N° 146, De 1997, Del Ministerio Secretaría General De La Presidencia. Disponible en Internet en:
http://www.leychile.cl/Navegar/index_html?idNorma=1040928
- [51] Decreto 129. 3-DIC-2002. Ministerio De Transportes Y Telecomunicaciones; Subsecretaria De Transportes. Establece Norma De Emisión De Ruidos Para Buses De Locomoción Colectiva Urbana Y Rural Disponible en Internet en:
<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=207430&idParte=0>