



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA

Contrato N° 10-21-028/07

Levantamiento de Información de Entrada de Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación en Caso Piloto

OCTUBRE 2008

dbaIngeniería

Proyectos y Soluciones Acústicas

INFORME FINAL CORREGIDO

Estudio Levantamiento de Información de Entrada de
Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación en Caso Piloto

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

OCTUBRE 2008

Índice

Índice.....	2
Agradecimientos.....	6
1 Introducción.....	7
2 Objetivos.....	7
2.1 Principal.....	7
2.2 Secundarios.....	7
3 Metodología.....	8
3.1 Metodología específica por actividades.....	8
3.1.1 Análisis de softwares de modelación de emisiones de ruido disponibles en el mercado.....	8
3.1.2 Levantamiento de información desagregada común a cualquier software de modelación.....	12
3.1.3 Levantamiento de otra información desagregada de apoyo para el análisis.....	17
4 Actividad 1 – Análisis de software de modelación de emisiones de ruido disponibles en el mercado.....	24
4.1 Análisis de las características técnicas de los softwares.....	24
4.1.1 Según datos del proveedor o fabricante.....	25
4.1.2 Según revisión de escenario tipo a modelar.....	41
4.2 Revisión de Normativas y documentos.....	54
4.2.1 Directiva 2002/49/CE.....	54
4.2.2 Documento de la OCDE.....	57
4.2.3 Proyecto Harmonoise.....	59
4.2.4 Métodos de predicción de Carreteras.....	62
4.2.5 Métodos de predicción de Industria y Propagación.....	66
4.2.6 Métodos de predicción de Aeronaves.....	68
4.2.7 Métodos de predicción de ruido Ferroviario.....	71
4.3 Metodología de calibración del modelo.....	73
4.4 Mapas de Ruido en Europa.....	74
4.5 Datos de entrada a modelos.....	80
4.5.1 Ruido de tránsito vehicular.....	85
4.5.2 Análisis del levantamiento de información para modelos de tránsito vehicular.....	99
4.5.3 Ruido de trenes.....	104
4.5.4 Ruido de aviones.....	122
4.5.5 Ruido de Fuentes Fijas.....	123

4.6	Experiencia de usuarios	126
4.7	Requisitos del operador de software de modelación	130
4.8	Requisitos de la plataforma computacional de CONAMA	132
4.8.1	Hardware.....	132
4.8.2	Software	133
4.9	Información relativa al soporte post-venta entregado por los proveedores de los softwares de modelación	135
4.9.1	IMMI	135
4.9.2	SoundPlan.....	136
4.9.3	CadnaA	137
4.9.4	LIMA.....	138
4.9.5	PREDICTOR.....	139
4.10	Análisis Final.....	140
5	Actividad 2 – Levantamiento de información desagregada común a cualquier software de modelación....	142
5.1	Introducción	142
5.2	Determinación del Área de Estudio	142
5.3	Variables urbanísticas.....	144
5.3.1	Flujo vehicular	144
5.3.2	Análisis de tipos de carpetas existentes	162
5.3.3	Anchos de pistas	164
5.3.4	Pendientes	165
5.3.5	Altura de la edificación	169
5.3.6	Actividades Productivas	171
5.3.7	Áreas Verdes	172
5.3.8	Topografía.....	173
5.4	Variables meteorológicas.....	177
5.4.1	Comuna de Providencia	181
5.4.2	Análisis.....	182
5.4.3	Comuna de Antofagasta	187
5.4.4	Análisis.....	188
5.5	Información en proceso de obtención.....	193

6	Actividad 3 – Levantamiento de otra información desagregada de apoyo para el análisis	194
6.1	Ciclo diario semanal en un punto base	194
6.1.1	Criterios de Selección	194
6.1.2	Criterios Acústicos del Entorno	195
6.1.3	Criterios Espaciales del Entorno	197
6.1.4	Factores de acceso y seguridad	200
6.1.5	Criterios Adoptados	200
6.1.6	Proceso de selección – Antofagasta	203
6.1.7	Proceso de selección – Providencia	208
6.2	Análisis de estaciones de monitoreo	211
6.2.1	Antofagasta	211
6.2.2	Providencia	218
6.3	Análisis de niveles modelados versus niveles medidos	224
6.4	Validación de encuesta modelo	225
6.4.1	Marco conceptual	225
6.4.2	Tabla de especificaciones. Percepción del ruido ambiental.	228
6.4.3	Encuesta de percepción	229
6.4.4	Aplicación	233
6.4.5	Población objeto de estudio	234
6.4.6	Estudio de validez del criterio “efectos generales biopsicosocial” y la medida de “percepción general de molestia producida por el ruido”	243
6.4.7	Confiability de las sub(escalas)/ítems que miden percepción general de molestia producida por el ruido y efecto general biopsicosocial.	254
6.5	Levantamiento y análisis de las denuncias por ruido recibidas en la Autoridad Regional y la Municipalidad respectiva, durante el período 2006 – 2007 para el caso piloto	273
6.5.1	Denuncias Comuna de Antofagasta	273
6.5.2	Denuncias Comuna de Providencia	280
6.5.3	Mapa de Denuncias de Ruido	292
6.6	Distribución y Características de la Población, Censo 2002 INE.	299
6.6.1	Conceptos Geográficos Censales (40)	300
6.6.2	Antecedentes Metodológicos (41) (42)	301
6.6.3	Población Rural y Urbana (40)	304

6.6.4	Migraciones Internas Regionales (45)	305
6.6.5	Estimación de Población País Futuro (46).....	306
6.6.6	Análisis e Identificación de Ciudades en Base al Número de Habitantes (42) (40).....	306
6.6.7	Áreas Urbanas con más de 150.000 Habitantes o Capitales Regionales (40) (47).....	308
6.6.8	Crecimiento Poblacional de Áreas Urbanas en Estudio (42)	311
6.6.9	Otras Características de la Población	314
6.6.10	Casos en Estudio	316
6.6.11	Análisis	317
7	Discusión	320
8	Conclusiones	324
9	Bibliografía.....	327
	Índice de Anexos.....	331

Agradecimientos

En el desarrollo de este estudio han sido muchas las personas que han colaborado en la realización de cada una de las actividades que solicitaba este estudio. Algunas de ellas de forma muy desinteresada, con el fin último de ayudar en nuestra investigación. Creemos justo darles un reconocimiento a estas personas y profesionales que participaron y aportaron a este proyecto. Ellos son:

Hernán Varas, Roberto Díaz, Andrea Gana, Ronald Furet, Pablo Seguell, Antonio Córdova, Pablo Mardones, Jorge Torres, Marcela Peñaloza, Andrés Barriga, Juan Pablo Cornejo, Pedro Pablo Pérez, Osvaldo Gálvez, Rodolfo Barría, Gloria Soza, Liliana Salinas, Julián Requena, Celso Llimpe, Pablo Collarte, Rodrigo Laoutari, Aldo Campos, Mariana Gallardo, Sebastián Navarro, Rodrigo de la Vega, Jorge Torres, Kay Bergamini, Centro Comunitario Providencia, Teletón Antofagasta y los grupos de encuestadores de Providencia y Antofagasta.

Un agradecimiento especial a René Garreaud, del Departamento de Física de la Universidad de Chile, quien se encuentra a cargo de la estación meteorológica de esa facultad, quien nos entregó de forma desinteresada, ágil y privilegiando la labor científica, la información meteorológica requerida en este estudio.

Nuestros más sinceros agradecimientos,

Equipo de Trabajo
dBA Ingeniería Ltda.

1 Introducción

El presente documento contiene parte del estudio denominado “*Levantamiento de Información de Entrada de Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación en Caso Piloto*”. En este informe se presenta el trabajo realizado para las actividades de análisis de los softwares de modelación de emisiones de ruido y levantamiento de información desagregada común a cualquier software de modelación. Esta última, de modo parcial.

Se presenta una detallada comparación de softwares de modelación de propagación sonora y mapeo de niveles de ruido, así como la información que se tiene hasta la fecha de las variables urbanísticas y meteorológicas de las ciudades involucradas en este estudio.

Se indican los objetivos generales y específicos del estudio, así como la metodología de cada uno de ellos y las actividades específicas a realizar.

2 Objetivos

2.1 Principal

- Aplicación de un modelo tipo de predicción de ruido urbano a un caso piloto representativo en el país, comunas de Providencia en la Región Metropolitana y Antofagasta en la Región de Antofagasta.

2.2 Secundarios

- Obtener una base de datos de entrada necesaria para la alimentación y calibración del modelo de predicción de ruido. Para ello, se subdivide en tres objetivos específicos o actividades a realizar. Estas son:
 - Actividad 1 - Realizar un análisis de softwares de modelación de emisiones de ruido disponibles en el mercado.

- Actividad 2 - Realizar un levantamiento de información desagregada común a cualquier software de modelación.
- Actividad 3 - Realizar un levantamiento de otra información desagregada de apoyo para el análisis.

3 Metodología

Para llevar a cabo la realización los objetivos específicos de este estudio, se ha elaborado una metodología detallada para cada una de las actividades, la cual fue presentada en el “Informe de Avance Nº1 – Especificación del Plan de Trabajo”.

3.1 Metodología específica por actividades

3.1.1 Análisis de softwares de modelación de emisiones de ruido disponibles en el mercado

El estudio solicitado contempla la revisión de los principales programas computacionales disponibles en el mercado internacional, destinados a la modelación de la propagación sonora en exteriores. Los programas escogidos para el análisis son los siguientes:

Software	Compañía
SoundPLAN	Braunstein + Berndt GmbH company
Brüel & Kjær Predictor 7810	DGMR Consulting engineers
Brüel & Kjær LIMA 7812	Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH
CadnaA	DataKustik GmbH
IMMI	Wölfel
MITHRA	CSTB
ENM	RTA Group Pty Ltd
SPM9613	Power Acoustics, Inc
NoiseMap	Atkins Ltd.

Tabla 3.1: Softwares a estudiar y sus fabricantes.

Para evaluar los programas con la mayor exactitud, se ha solicitado a los desarrolladores y/o proveedores toda la información necesaria, adicional a la que se pudiese recabar de la web, tanto de catálogos, manuales, demos y programas con licencia para realizar un análisis más acabado.

Se solicita a los proveedores tener acceso al software con licencia, de modo de revisarlo y no tener limitaciones al momento de realizar cálculos y trabajar en este. Para comparar los programas se utiliza un escenario simple de propagación, principalmente de ruido generado por flujo vehicular. El escenario será acordado con el coordinador del estudio, en base a modelos ya creados en otro programa de modelación, distinto a los indicados en este documento.

De no ser posible contar con los softwares con licencia, se revisan programas en versión demo, catálogos y/o manuales de los programas. De todos los programas a estudiar se recopilan las características técnicas de cada uno de ellos y las características más relevantes, que lleven a determinar cual es el software más apropiado para CONAMA para generar mapas de ruido en ciudades. En ese sentido, se considera básico que el software tenga la capacidad de modelación para grandes extensiones espaciales (ciudades completas). Esto se reflejará en la capacidad de objetos que puede manejar, el tamaño máximo del modelo, si existe alguna limitante en base al tamaño máximo de cálculo del software.

Se obtienen características importantes en cuanto a la funcionalidad, como son la velocidad de cálculo en base a un mismo *modelo tipo*, la cantidad de reflexiones y de obstáculos soportados y el grado de resolución que entregan los resultados.

En base a lo indicado anteriormente y a que el ruido tiene distintas formas de generación, es necesario también que el software tenga la capacidad de realizar distintos tipos de modelaciones, ya sea ruido generado por carreteras, por aeropuertos, por ferrocarriles y por industrias, con modelos aceptados internacionalmente.

Se considera importante establecer si es posible agregar nuevos modelos de predicción al programa ya sea mediante nuevos módulos o mediante una actualización del software. Se considera importante establecer si el software se encuentra actualizado respecto a nuevas metodologías de predicción sonora.

Se estudia la Directiva 2002/49/CE concerniente al manejo del ruido ambiental y en cuanto a las pautas respecto a la elaboración de mapas de ruido. En base a eso se indican los aspectos que deben ser tomados en cuenta posteriormente al momento de elaborar mapas de ruido en Chile. Así también, se estudia el Proyecto Harmonoise que plantea nuevas metodologías de predicción de ruido y determinar su incorporación en los softwares de modelación.

Se estudia además las indicaciones respecto a control de ruido ambiental de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, referentes a generación de mapas de ruido en ciudades. Asimismo, en base al análisis de este documento, se incorporan antecedentes para la generación de futuros mapas de ruido.

Se informa, además, los conocimientos mínimos debiese tener el operador o usuario del software elegido, tanto en el manejo de herramientas computacionales, ya sea software o hardware, como conocimiento en el campo de la acústica ambiental.

Se establece la compatibilidad de los software de modelación con las características de hardware y software que posee la institución. Se determina que licencias adicionales necesita CONAMA para trabajar con el software seleccionado (por ejemplo, si se desea importar un plano en formato .dwg, .dxf, etc., se establece si existe el programa para leer archivos .dwg, .dxf, etc.)

Se indaga respecto de los tipos de archivos que puede importar y que puede exportar. Así, se evalúa la compatibilidad de este software con otros, y en especial con softwares destinados a Sistemas de Información Geográfica (SIG), tales como ArcView, MapInfo, Idrisi, entre otros. Se describen las variables de entrada para los modelos de los software, el formato de ingreso de sus parámetros y la relación con el levantamiento de información necesaria.

Se establecen las condiciones de soporte post-venta de los proveedores de cada software. Se contactan los proveedores, tanto nacional como internacional, y se establecen las condiciones que ofrecidas en cuanto a inducción y capacitación en el manejo del programa. Asimismo, se define la actualización que realiza cada proveedor a su software, si existe alguna actualización incluida dentro

de la compra, si esta se debe adquirir a un menor valor, etc. Finalmente, obtener el costo de cada licencia para CONAMA y el costo de licencias adicionales, ya sea una o más.

Se solicita a los proveedores la entrega de una carta compromiso en donde se garanticen las condiciones de venta ofrecidas, o bien, una cotización formal, a nombre de CONAMA, por la venta del programa.

Se analizan normas de cálculo disponibles para la simulación, de modo de establecer los parámetros de entrada que solicitan estos modelos de predicción. Además, se determina que tipos de modelos de predicción son con los que trabaja el programa.

Para obtener un mapa de ruido confiable, es necesario realizar una calibración del modelo mediante mediciones de ruido. Este estudio establece la metodología para realizar las mediciones, que descriptores registrar, cuanto tiempo debe registrarse y la ubicación del instrumental. Además, se determina qué procedimiento utiliza cada software para corregir el modelo teórico con los datos medidos, y lograr una buena calibración.

Se obtiene un cuadro comparativo de las características de los softwares de modelación sujetos a evaluación, en base a todo lo descrito anteriormente. A partir de la comparación de un *escenario tipo* se obtiene un detalle del procedimiento de ingreso de datos, del tiempo necesario para realizar el cálculo completo del *escenario tipo*, bajo una misma condición de hardware y software, y un detalle sobre la entrega de datos, errores y otras características que pudiesen ser relevantes al momento de evaluar.

Se analizan los parámetros de entrada de algunos softwares en función de los modelos de predicción y propagación más utilizados. Se establecen los criterios para el levantamiento de información requerido para alimentar los modelos.

Finalmente, se analizan los diversos aspectos estudiados en pos de establecer los pros y contras de cada software.

3.1.2 Levantamiento de información desagregada común a cualquier software de modelación

El levantamiento de información debe considerar las siguientes variables:

- **VARIABLES URBANÍSTICAS**

Cada variable mencionada a continuación, será obtenida de cada una de las comunas, a través de las Direcciones de Obras Municipales u oficinas similares.

- Análisis del Plano Regulador Comunal

Se realiza una revisión exhaustiva del plano Regulador Comunal de cada comuna estudiada, para obtener la distribución de las calles en la comuna, y el ancho de cada calle. Esta información se encuentra en el plan regulador comunal en el plano de Espacio Público: Vialidad y Áreas Verdes Públicas el cual se encuentra disponible en el sitio de internet de cada municipalidad.

La comuna de Providencia se analiza en su totalidad, área que cubre aproximadamente 14km², la cual está claramente delimitada. En la comuna de Antofagasta, debido a su gran extensión, sólo se analiza el núcleo de la ciudad.

- Análisis de tipos de carpetas existentes en Providencia y Antofagasta

Es necesario contar con la información de carpetas de las calles por donde circulan los vehículos ya que la interacción entre los neumáticos y el pavimento, produce variaciones en los valores de emisión de una calle modelada. Los modelos de predicción de ruido en carreteras emplean correcciones para manifestar este fenómeno, dependiendo del tipo de carpeta y la velocidad del vehículo, se aplican correcciones positivas o negativas.

Se realiza una completa revisión de las carpetas que componen cada una de las calles que serán incluidas en el modelo (en caso de ser necesario). Asimismo se hará una completa revisión de las carpetas existentes, las carpetas proyectadas y las carpetas obsoletas. Esta información se encuentra en detalle en el Serviu local.

En caso de que la información disponible no se encuentre actualizada, o no haya información disponible, se realiza un levantamiento de la información requerida. Esto se hace a través de una

inspección visual de los tipos de carpeta existentes en las calles seleccionadas para ingresar al modelo. Cabe mencionar que la inspección se hace a través de los tipos de carpeta que reconoce el modelo seleccionado, haciendo homologaciones en caso de ser necesario.

- Análisis de anchos de pistas y pendientes

Los modelos de predicción simulan el paso de los vehículos como fuentes lineales, por lo que es necesario contar con el ancho de las pistas por donde circulan dichos vehículos para determinar así la distancia entre las fuentes lineales, las cuales están ubicadas en el centro de las pistas de tránsito.

Los anchos de las pistas de cada una de las calles de la comuna se encuentra en el plan regulador comunal en el plano de Espacio Público: Vialidad y Áreas Verdes Públicas en detalle.

En el caso de no contar con la información de ancho de pista en alguna calle determinada, incluida como dato de entrada del modelo, o en el caso de que la información disponible de dichas calles no sea actualizada, se realiza una inspección en terreno para determinar el ancho de cada una de las calles seleccionadas para introducir en la simulación.

En general las pendientes en las calles generan mayor esfuerzo en el motor de cualquier vehículo (en el caso de circular cuesta arriba) lo que se traduce a mayores niveles de emisión, esto lo reflejan los modelos de predicción en base a correcciones por la pendiente que posea la calle a modelar.

Las pendientes de las calles se obtendrán del cruce de información topográfica existente de las comunas estudiadas, con la ubicación de las calles que se introducirán al modelo. De no ser posible obtener las pendientes de esta forma o que la información no esté disponible, se hará una inspección en terreno mediante dispositivos GPS con altímetro barométrico para obtener alturas absolutas con el mínimo error asociado posible.

- Altura de la edificación

Si bien las fuentes de ruido preponderantes en las ciudades están dadas por el tráfico vehicular, es vital tomar en cuenta el medio de propagación del sonido, en este caso, un área urbana la cual está compuesta de edificios, en su mayoría con sus fachadas con un pobre coeficiente de absorción. Esto hace que las ondas sonoras se reflejen en los edificios logrando mayores niveles de ruido que en una propagación con condición de campo libre. Es por esto que es necesario contar tanto con la geometría de las edificaciones, como con la altura de ellas para reflejar de mejor medida este efecto de propagación.

Se levanta información de las edificaciones existentes en las comunas a estudiar. Esta información actualizada de construcciones se encuentra en el Departamento de Obras en la municipalidad respectiva y dicha información es de libre acceso.

En el caso de que la información requerida no se encuentre actualizada, se realiza una inspección en terreno de las edificaciones que se requiera y se estimará la altura de acuerdo a la distancia cielo-cielo y la cantidad de pisos que tenga cierto tipo de edificación, esta información se extrae a través de entrevistas personales con los residentes y/o ocupantes de la edificación en cuestión. En caso de no poder obtener esta información, se realiza una estimación visual de la altura de un determinado edificio.

- Actividades Productivas

Se levanta información de las principales actividades productivas que se lleven a cabo al interior de las edificaciones incluidas en el modelo. Esta información se encuentra en el Departamento de Obras de la municipalidad respectiva. Adicionalmente se georefencia la ubicación de estas edificaciones mediante los registros de cada municipalidad.

- Áreas Verdes

La ubicación de áreas verdes en cada comuna, junto con su información de superficie se encuentra en el plan regulador comunal en el plano de Espacio Público: Vialidad y Áreas Verdes Públicas.

En el caso de no tener información actualizada o que la información requerida sea inexistente, se realiza una inspección en terreno donde se medirá el perímetro del área verde en cuestión y se identifican los límites, siendo éstos calles, edificios o accidentes geográficos. Adicionalmente se obtiene, para efectos complementarios, la ubicación geográfica mediante coordenadas UTM de las áreas verdes inspeccionadas.

Se hace necesario contar con la información de áreas verdes en los sectores estudiados, ya que gran cantidad de modelos de propagación acústica caracterizan las superficies donde se encuentra tanto el emisor como el receptor y el área entre ellos. Esta caracterización divide, generalmente, las superficies entre suelos duros (pavimento, acera, etc.) o blandos (suelos con vegetación, tierra, arena, etc.). Para esta última clasificación se consideran tanto las áreas verdes como los sitios eriazos.

- Flujo vehicular

El flujo vehicular es la principal fuente de ruido en una ciudad, por lo tanto, hay que contar con la información necesaria para alimentar el modelo de predicción con información tal como, densidad de flujo, composición de flujo y velocidad de flujo.

La información de composición de flujo vehicular se diferencia entre vehículos ligeros (autos, camionetas, motocicletas, etc.) y vehículos pesados (camiones, microbuses, etc.) se obtendrá de los sistemas de coordinación de tráfico de cada comuna. En el caso de Antofagasta y Providencia, el organismo pertinente es la Unidad de Control del Tránsito (UOCT).

En ambas comunas se analiza la ubicación de las estaciones de monitoreo de tráfico para comprobar su utilidad en relación al estudio en cuestión.

En caso de ser insuficiente la información recopilada se levanta la información faltante determinando las avenidas y/o calles suficientes para el modelo, como así el tráfico presente en ellas. Es decir, levantar información relevante de flujo vehicular y tipo de vehículos que circulan por ciertas avenidas.

Para determinar el flujo vehicular por las vías necesarias para alimentar al modelo se dispuso de personal adecuado que lleve un conteo manual de los vehículos que circulan por la vía seleccionada. Se realizan conteos discretos de 15 minutos en 2 períodos del día para obtener un valor representativo: uno de ellos en horario punta y el segundo en horario no punta (valle).

Adicionalmente se levanta información tanto de los proyectos viales como de los proyectos inmobiliarios que tengan un impacto vial importante que puedan afectar el modelo a corto plazo. Esta información se levanta en conjunto con la Dirección de Obras de la municipalidad respectiva y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

- **Variables meteorológicas**

Las variables meteorológicas influyen en la forma en cómo se propaga la onda sonora en las distintas frecuencias que componen el espectro de una fuente determinada. La obtención de estas variables es necesaria para ingresarlas al modelo de propagación. En el capítulo 5 se detalla la influencia del viento, la temperatura y la humedad en la propagación del sonido.

Es necesario contar con los registros diarios, mensuales y anuales de las variables, de manera de realizar un estudio comparativo de estas en el tiempo y en la manera en que van influyendo en la propagación del ruido. Cabe destacar que es necesario contar con un análisis estadístico de datos meteorológicos de al menos dos años para ingresar condiciones meteorológicas confiables a cualquier modelo de propagación. Así es posible lograr condiciones de un año tipo, en el caso contrario de tomar las condiciones de sólo un año, se puede incurrir en errores de tomar en consideración condiciones inusuales (años con temperaturas extremas).

Las variables y factores meteorológicos que no sean obtenidos mediante esta vía, son recopilados por datos de otras estaciones meteorológicas, como es el caso de estaciones meteorológicas de la Universidad de Chile en Santiago para la información respectiva a la comuna de Providencia y la información respectiva a la comuna de Antofagasta se obtendrá de la radio sonda SCFA85442 ubicada en el aeropuerto Cerro Moreno de Antofagasta, esta sonda está validada por la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

- Análisis de la humedad relativa del aire
Recopilación de información de la humedad relativa del aire en Providencia y Antofagasta. Con esta información se realiza un análisis comparativo de los cambios de humedad en cada mes y la influencia de esta en el modelo de propagación. Se analiza la fluctuación de esta variable respecto de las estaciones del año.

- Temperatura
Recopilación de información de la temperatura en Providencia y Antofagasta. Esta recopilación de datos se realiza de las fuentes de información antes mencionadas. Se analiza la fluctuación de esta variable respecto de las estaciones del año. Este análisis comparativo se realiza mediante gráficos, tomando en cuenta las distintas estaciones del año y la influencia de estas temperaturas en la propagación del ruido.

- Viento
Recopilación de información acerca de la velocidad y dirección del viento en Providencia y Antofagasta. Esta recopilación de datos se realiza de las fuentes de información antes mencionadas. Se analiza la fluctuación de esta variable respecto de las estaciones del año.

- Inversión térmica
Análisis de los gradientes de temperatura en altura en Providencia y Antofagasta. Análisis diario según estaciones del año y meses. Este análisis se realizará comparando los gráficos de la inversión térmica para los distintos meses y estaciones del año. Influencia la inversión térmica en la propagación sonora.

3.1.3 Levantamiento de otra información desagregada de apoyo para el análisis

Como una forma de poseer información adicional que sirva de apoyo para el análisis, se realizaron diversas actividades complementarias las cuales se indican a continuación:

- **Elaborar ciclo diario semanal en un punto base**

Para conocer el ciclo diario semanal de ruido en cada una de las aglomeraciones analizadas se realizaron mediciones continuas en el tiempo, entregando la información de la fluctuación en un punto

determinado en cada ciudad. El detalle de la metodología y los criterios utilizados se indica en el capítulo 6.1. A modo de resumen los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Escoger, en base a una inspección previa, un lugar físico que sea representativo de una normal fluctuación del ruido de la ciudad. Para ello, se consideraron como factores básicos las características acústicas del sector, características físicas de la vía, características del flujo vehicular, acceso fluido al lugar en donde se instale la estación y la seguridad del lugar para mantener el instrumental.
- Se utilizó un sonómetro integrador que se ubicó a una altura entre 4 metros y 6 metros desde el nivel de suelo, registrando Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente L_{eq} y $L_{m\acute{a}x}$ y $L_{m\acute{i}n}$, con una periodicidad de 1 registro por hora. El equipo se mantiene conectado a la red eléctrica y la descarga de datos se realiza una vez concluido el monitoreo.
- Con los valores registrados, principalmente el descriptor L_{eq} , se obtienen nuevos descriptores tales como L_{dn} , L_n , L_d y L_{24h} , los cuales indican el comportamiento durante el día o parte de este, de los niveles de ruido registrados.
- La duración del monitoreo considera un período de 4 semanas registradas, para cada una de las ciudades, alternadamente. Estos monitoreos fueron realizados a partir de la segunda semana de junio en Providencia y a partir de la tercera semana de julio en Antofagasta. Se escogieron estas fechas para tener un comportamiento normal de la ciudad, a diferencia de lo que ocurre en época de verano.
- Se verificó periódicamente el buen funcionamiento del equipo y el correcto registro de datos en cada estación.
- Con los datos obtenidos, se presenta un análisis de la fluctuación diaria del ruido en dicho punto, estableciendo horas punta y momentos de menor nivel de ruido, en cada día de la semana. Se presentan tablas y gráficos explicativos de la fluctuación diaria. Se analizan las diferencias tanto en día hábil como festivo.

- **Validación de encuesta modelo**

En esta parte del estudio se pretende analizar una encuesta modelo, utilizada actualmente en la ciudad de Puerto Montt, la cual debe ser validada para ser un instrumento que evalúe la percepción de la comunidad frente al ruido. Esta encuesta se toma como punto de inicio para el proceso de validación. Teniendo esto en cuenta, la metodología que se utiliza para obtener una encuesta validada es la siguiente:

- Elaborar una tabla de especificaciones que indique las dimensiones que componen la percepción del nivel de ruido, sus indicadores empíricos, el tipo de ítem, el formato de respuesta y su codificación.
- Establecer los procedimientos de análisis psicométricos: validez de contenido, discriminación, confiabilidad y validez de constructo.
- Seleccionar un grupo de zonas o escenarios urbanos representativos de la comuna de Providencia Región Metropolitana y Comuna de Antofagasta II Región en cuanto a condiciones acústicas y sociodemográficas.
- Seleccionar de los escenarios urbanos una muestra no probabilística de viviendas, fábricas, locales comerciales y de servicio.
- Caracterizar y establecer la cantidad de sujetos que constituyen la última etapa del muestreo, considerando edad y escolaridad.
- Detectar las fuentes de ruido que afectan las zonas seleccionadas, determinando las que ejercen un mayor impacto sobre los ciudadanos.
- Valorar la ruidosidad percibida del entorno residencial/laboral por parte de los sujetos que participan en la muestra.

- Analizar la valoración de la ruidosidad y seleccionar los mejores ítems para la confección del instrumento final.

Cabe destacar que el término *ruidosidad* se refiere al sentimiento de molestia que hacen los trabajadores/residentes del lugar con relación al ruido que oyen en sus casas/recintos y que procede de la calle.

La población objeto de estudio esta compuesta por todas aquellas personas mayores de 15 años, hombres o mujeres, que trabajan o residen en lugares urbanos de las comunas Providencia y Antofagasta. La población será estratificada según edad y nivel de enseñanza.

La selección se efectuará sobre la población objeto de estudio menos las exclusiones iniciales. El muestreo es no probabilístico desarrollado en varias etapas. Primero se establecerán las zonas urbanas de trabajo/residencia que representen de mejor manera la diversidad del ruido ambiental de las comunas. Desde ambas ciudades, serán seleccionadas 150 manzanas ($m = 150$) diversas, luego cuatro viviendas de cada manzana seleccionada ($v = 4$) y finalmente, una persona de cada vivienda completando las cuotas por edad y nivel de escolaridad ($p = 1$). En total serán seleccionadas $150 \times 4 = 600$ personas. El procedimiento se realizará considerando la representación proporcional de hombre y mujeres según edad y escolaridad.

Una vez en terreno, si el entrevistador se encuentra frente a un “Nadie en Casa” o las personas en casa se encuentra imposibilitada de responder los cuestionarios se procede a seleccionar la “unidad de reemplazo” determinada en el mismo proceso de la selección de la muestra. Es importante establecer si el sujeto participante padece de alguna patología que se relacione con la audición.

El estudio es de tipo no experimental, sistemático y empírico en la que las variables independientes o condiciones no se manipulan y las relaciones entre las variables se observan tal y como se han dado en su contexto natural.

Los objetivos del estudio se pretenden alcanzar usando un diseño transversal correlacionar el cual pretende describir las relaciones entre k variables o ítems en un momento determinado.

El cuestionario será aplicado por medio de una entrevista que realizará un entrevistador entrenado, pero también se ha tenido en cuenta que en algunas ocasiones el entrevistado prefiera rellenarla el mismo, por lo que en el cuestionario se realizará una serie de especificaciones que permitan la auto aplicación. El cuestionario asegurará el anonimato y la total confidencialidad de la información aportada por los participantes.

El tratamiento estadístico de los datos se compone de lo siguiente:

- Distribución de frecuencias por ítem. Media y varianza.
- Correlación biserial o punto biserial ítem-total.
- Coeficiente de concordancia entre jueces.
- Análisis de confiabilidad.
- Procedimientos de selección de los mejores ítems.
- Validez de constructo mediante el análisis de componentes principales.
- Características psicométricas básicas del cuestionario final.
- Estandarización T de las puntuaciones del cuestionario final.

El detalle del estudio detrás de la validación de la encuesta se encuentra desarrollado en el capítulo 6.2, Validación de Encuesta Modelo.

- **Levantamiento y análisis de las denuncias por ruido recibidas en la Autoridad Regional y la Municipalidad respectiva, durante el período 2006-2007 para el caso piloto**

Este levantamiento sirve para cruzar la información de las denuncias y su ubicación, respecto de lo generado por el mapa de ruido a realizar en una segunda etapa. Parte de las actividades realizadas se indican a continuación. El desarrollo de esta actividad se encuentra desarrollado en el capítulo 6.3 de este informe.

- Se debe recopilar y analizar denuncias por ruido en ciudades de Providencia y Antofagasta.
- Se clasifican las denuncias obtenidas del Servicio de Salud y de la municipalidad respectiva, en base a la ubicación geográfica en la ciudad analizada. Esto permite establecer un mapa denuncia de cada comuna, es decir, el cruce de la información del lugar de la denuncia con el mapa de la ciudad.
- Con ello se puede determinar donde se concentra la mayor cantidad de denuncias para un año en particular.
- Se clasifican además por tipo de fuente de ruido y se categorizan las fuentes de ruido que son más denunciadas.
- Para las denuncias que han sido efectivamente fiscalizadas, se hace un análisis especial, indicando los niveles medidos y la diferencia que existe entre estos y los límites de la zona fiscalizada. Se indican las zonas según el D.S. Nº 146/97 del MINSEGPRES en que existen más denuncias. Se incluyen además otros análisis que pudiesen ser relevantes con la información levantada.

- **Distribución y características de la población**

Esta información servirá de apoyo para contrastar las denuncias, las encuestas a realizar y el mapa de ruido con las características de la población en dichos sectores. Se analiza la distribución y características de la población en cada región en base a:

- Cantidad y porcentaje de población en sector rural y en sector urbano.
- Migraciones internas regionales.
- Estimación de población país a futuro.
- Análisis e identificación de ciudades en base al número de habitantes.

Toda la información es recopilada del Instituto Nacional de Estadísticas INE de acuerdo al Censo 2002.

- **Variables demográficas de ciudades con más de 150.000 habitantes y capitales regionales**

Se realiza un análisis más exhaustivo en ciudades de más de 150.000 habitantes, ya que en ellas se propone realizar a futuro los principales mapas de ruido en Chile. El levantamiento de información incluye:

- Análisis de la cantidad y densidad poblacional de cada ciudad
- Establecimiento de la tasa de Natalidad para cada ciudad y la tasa de Defunciones para cada ciudad. Con estas variables combinadas, así como la tasa de Migraciones es posible determinar el crecimiento o disminución de la población en cada una de estas ciudades.

Se clasifica más detalladamente las características de la población en estas ciudades en base a la información de Grupos Etarios, Género, Nivel Socioeconómico, Índices de Escolaridad, Etnias o Pueblos Originarios.

Toda la información es recopilada del Instituto Nacional de Estadísticas INE de acuerdo al Censo 2002.

4 Actividad 1 – Análisis de software de modelación de emisiones de ruido disponibles en el mercado

4.1 Análisis de las características técnicas de los softwares

A continuación se analizarán los softwares de modelación que permiten realizar mapas de ruido de aglomeraciones de personas en grandes extensiones. Se han escogido 9 softwares que *a priori* pudiesen cumplir con dicha característica principal. Estos son:

Programa	Compañía	Compañía Distribuidora	Última versión
SoundPLAN	Braunstein + Berndt GmbH company	Dakar Acústica	6.4
Brüel & Kjær Predictor 7810	DGMR Consulting engineers	Tecsis	6.0
Brüel & Kjær LIMA 7812	Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH	Tecsis	5.0
CadnaA	DataKustik GmbH	Spevi	3.7
IMMI	Wölfel	Wölfel	6.3
MITHRA	CSTB	CSTB	No especificado
ENM	RTA Group Pty Ltd	RTA Group Pty Ltd	No especificado
SPM9613	Power Acoustics, Inc	Power Acoustics, Inc	No especificado
NoiseMap	Atkins Ltd	Atkins Ltd	No especificado

Tabla 4.1: Características de los software.

Se han determinado 2 requisitos básicos o mínimos que debiesen tener cada uno de estos softwares para ser utilizados en la actualidad y para optar a ser analizados en este estudio. Estos son:

- Que el software a estudiar se encuentre vigente y actualizado. (Vigencia del software y actualizaciones al día)
- Que el software a estudiar maneje distintos modelos de predicción para los distintos tipos de ruidos. (Capacidad de manejo de diversos modelos de predicción y propagación aplicables a los distintos tipos de fuentes emisoras de ruido.)

De los programas anteriormente indicados, cuatro de ellos no cumplen con los requisitos mínimos. Mithra no se desarrolla en la actualidad de acuerdo a la información proporcionada por CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Francia). Lo mismo ocurre con ENM, cuya última versión fue

actualizada para ser utilizado en el sistema operativo Windows 95. El software NoiseMap, si bien es un software bastante completo, sólo posee un método de cálculo para cada fuente de ruido. Es decir, es capaz de predecir los niveles sonoros para distintas fuentes de ruido a estudiar (a excepción de ruido de aeronaves), pero sólo con los modelos de cálculo británicos, impidiendo en la actualidad incorporar nuevos modelos. El último programa es SPM9613, en el cual es posible modelar según ISO 9613, dejando fuera modelos de predicción de ruido para carreteras, ferrocarriles y aeropuertos, entre otros.

Es por esto que dichos softwares se descartan del análisis por no cumplir los requisitos básicos, y por lo tanto, se enfocará el trabajo en los 5 programas restantes.

4.1.1 Según datos del proveedor o fabricante

A continuación se detallan las principales características de cada software, de acuerdo a lo establecido por cada fabricante. Dicha información se ha recopilado de: catálogos o *brochures*, sitios web, manuales, tutoriales, versiones demo y versiones licenciadas de los softwares.

4.1.1.1 IMMI

IMMI es un software para plataforma Windows 32 bit, permite la predicción de ruido y generación de mapas de ruido, es decir el cálculo de niveles de ruido en torno de aeropuertos, zonas industriales, líneas férreas y autopistas.

Modelos de propagación y predicción

Este software utiliza como modelos de propagación y predicción los métodos estipulados en la Directiva de la Unión Europea: NMPB para ruido de carretera, RMR-SRM II para ruido de trenes, ISO 9613-2 para ruido de industria y ECAC.CEAC doc. 29 para ruido de aeropuertos. Adicionalmente incluye numerosas normas locales de los países europeos.

Es capaz de trabajar con múltiples reflexiones hasta de orden 25. Además, considera el cálculo de la difracción sonora que se produce en los bordes debido a irregularidades del terreno (nodos de terreno) y en los bordes de cada obstáculo (elemento) incluido en el mapa.

Se pueden realizar cálculos de predicción sonora en puntos discretos, considerando todos los objetos (fuentes, obstáculos, etc.) y todos los efectos de propagación para cada rayo trazado. Para el cálculo de mapas de ruido, se requiere disponer de una malla rectangular en toda o parte de la superficie del escenario, cuyo espaciamiento puede variar libremente en ambos sentidos x e y . Al realizar el cálculo del modelo, se puede detener en cualquier momento el proceso guardando las cuadrículas ya calculadas.

Versiones del software

Las principales diferencias entre versiones se muestran a continuación:

IMMI Standard: Hasta 40.000 nodos de terreno; 8.001 x 8.001 puntos de la malla de cálculo; y hasta 200 obstáculos con 500 bordes de difracción cada uno.

IMMI Plus: Hasta 40.000 nodos de terreno; 8.001 x 8.001 puntos de la malla de cálculo; y hasta 1.000 obstáculos con 500 bordes de difracción cada uno.

IMMI Premium: Hasta 4.000.000 nodos de terreno; 4.0001 x 4.0001 puntos de la malla de cálculo; y un número ilimitado de obstáculos (depende sólo de la capacidad de memoria del computador).

Escenarios

Los escenarios se constituyen de toda la información geométrica combinada con atributos acústicos y no acústicos.

Los escenarios se pueden importar desde archivos DXF con soporte de múltiples capas y diversas formas (no solo polilíneas). Por otra parte, se pueden dibujar con una herramienta de dibujo incorporada sobre archivos importados de imágenes (soporta hasta 20 formatos distintos), que incorpora funciones de escalamiento automático a partir de puntos referenciales. También se puede acceder directamente a Google Earth y bajar imágenes digitales de mapas geo-referenciados, incorporando dicha información al archivo. IMMI soporta el uso de tablas de digitalizar. Las cotas de terreno se importan desde archivos de texto con valores para coordenadas x , y , z o bien desde archivos ArcGIS.

Características de interés

Como ya se mencionó anteriormente, IMMI cumple con los requerimientos de la Directiva 2002/49/CE y los resultados de los mapas de ruido se presentan como:

- Obtención conjunta de descriptores $L_{\text{día}}$, L_{tarde} y L_{noche} en un mismo proceso de modelación. Simultáneamente se puede calcular descriptor L_{den} .
- Además de los mapas de ruido se pueden obtener mapas de diferencia y de exceso de nivel.
- Cálculo de niveles de fachada.
- Información adicional, tal como número de personas mayor o menormente expuestos al ruido en torno a una fachada, entre otros.

Existen herramientas de análisis que permiten obtener resultados estadísticos, así como un visor 3D que permite navegar a través del escenario. Otras cualidades importantes son las siguientes:

- Considera la propagación de sonido a través de un elemento de barrera y no sólo su difracción.
- Permite el cálculo de niveles al interior de fachadas, considerando materiales de fachada compuestos.
- Se puede aumentar la capacidad de cálculo utilizando varios computadores interconectados en red funcionando con licencias especiales de cálculo (*Slave Licences*).

Archivos que permite importar y exportar

Permite importar archivos SIG, imágenes desde Google Earth, bases de datos de texto. Para llevar a cabo el cálculo de los mapas de ruido, permite el funcionamiento en computadores con más de un procesador como por ejemplo Dual-Core, Quad-Core, etc. o también la posibilidad de trabajar en red.

El software permite la importación y exportación de diversos archivos de imágenes (BMP, JPG, GIF, TIFF, etc.) archivos de CAD tales como DWG, DWF y DXF. La importación de datos meteorológicos desde archivos de texto también es posible.

Requerimientos técnicos

No especificados.

Ciudades modeladas

Algunas ciudades modeladas por IMMI son Budapest, Berlín, West Yorkshire y Luxemburgo.

4.1.1.2 PREDICTOR

Modelos de propagación y predicción

Dependiendo de la opción específica que es elegida, el algoritmo para el cálculo de la propagación sonora desde una fuente hacia un receptor en un modelo, es basada en distintas normas y estándares, las cuales se enumeran a continuación.

- ISO 9613-1 y 9613-2 Industrial. Método Internacional para propósitos generales (Octava y 1/3 octava)
- ISO9613-1 y 9613-2 Carretera (Método Internacional para propósitos generales, incluyendo el modelo de emisión Holandés de carretera (Octava)
- DAL 32 Método Nórdico industrial (Octava)
- RMR/SRM2 Método de trenes Holandés (Octava)
- CRTN(L₁₀) Método de carretera del Reino Unido
- CRTN(L_{eq}) Método de carretera del Reino Unido con L₁₀ para la conversión L_{eq} de acuerdo al TRL PR/SE/451/02
- XPS 31-133 Métodos Franceses de carretera y trenes basados en NMPB (Octava)
- Harmonoise Método Europeo para propósitos generales para L_{Aeq}, incluyendo efectos meteorológicos (1/3 octava)
- Puede ser usado para cumplimiento de directivas de la Comisión Europea como la Directiva Ambiental de Ruido (2002/49/CE)

Versiones del software

Predictor está disponible en cinco versiones dependiendo de las aplicaciones, compartiendo todas sus versiones, la interfaz gráfica.

Predictor Plus Type 7810-A está disponible para realizar modelos de tamaños medios acorde a los métodos descritos por la ISO, DAL, XPS/NMPB, Harmonoise, CRTN (L_{Aeq} y L_{10}) y RMR-RLM II. Predictor Plus puede ser usado para cumplir la Directiva IPPC (96/61/EEC). Calcula modelos de hasta 2.500.000 combinaciones de objetos de fuente-receptor. Cubre todas las carreteras y caminos específicos, trenes, y métodos industriales. Incluye el software Acoustic Determinator Type 7816.

Acoustic Determinator Type 7816 (Incluido en las versiones Types 7810-A/B) es usado para determinar los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido industriales mediante mediciones de niveles de presión sonora de acuerdo a estándares internacionales.

Predictor Advanced Type 7810-B está disponible para realizar modelos de gran tamaño acorde a los métodos descritos por la ISO, DAL, XPS/NMPB, Harmonoise, CRTN (L_{Aeq} y L_{10}) y RMR-RLM II. Se incluye el software Acoustic Determinator Type 7816. Puede ser usado para cumplimiento de directivas de la Comisión Europea como la Directiva Ambiental de Ruido (2002/49/CE), y cumplimiento de la Directiva IPPC (96/61/EEC). Calcula modelos mayores de 1.000.000.000 combinaciones de objetos fuente-receptor, incluye el módulo Predictor Analyst.

Predictor ISO Type 7810-C está disponible para realizar modelos de tamaño pequeño acorde a tres métodos de cálculo, todos basados en la norma ISO 9613: ISO industrial (octavas), ISO industrial (1/3-octava) y ISO de carreteras (octavas). Es la herramienta ideal para consultores que están haciendo cálculos y estudios de impacto para ruido industrial. Puede ser utilizado para el cumplimiento de la Directiva IPPC (96/61/EEC). En el método de la ISO para carreteras, se incluye el modelo para fuente de ruido de carreteras Dutch SRM 2.

Predictor NMPB Type 7810-D está disponible para realizar modelos de tamaño pequeño de acuerdo a los métodos de Francia XPS/NMPB, y EU-interim para ruido de tránsito de carretera. Es la herramienta ideal para consultores que están realizando cálculos y estudios de impacto para ruido de tránsito de carreteras. Calcula modelos menores a 250.000 combinaciones de objetos de fuente-receptor de acuerdo al método XPS/NMPB.

Predictor Harmonoise Type 7810-E es utilizado por miembros del Work Package 3 del proyecto Europeo Harmonoise para la validación de este método. Está disponible para realizar modelos de tamaño pequeño para cálculos de tiempos cortos de L_{eq} de acuerdo a la Ingeniería del método Harmonoise.

Escenarios

Los métodos CRTN y XPS hacen que Predictor pueda trabajar con un escenario donde existan 1.000.000 de nodos (total para todos los objetos), 200.000 nodos de fuentes. Modelos más grandes pueden ser manejados en Predictor Advanced usando la opción de división de terreno en pequeñas dimensiones (“Tiling option”).

Predictor soporta una máximo de 250.000 combinaciones de objetos de fuente-receptor, mientras que Predictor Plus tiene un máximo de 2.500.000 combinaciones de objetos de fuente-receptor y finalmente Predictor Advanced puede manejar más de 1.000.000.000 combinaciones de objetos de fuente-receptor.

Características de interés

Los cálculos con el Pack Client License (para Predictor Advanced Type 7810-B), BZ-5552 hacen que el usuario pueda realizar cálculos en tres estaciones de trabajo simultáneamente, esto reduce el tiempo de cálculo total. Cada paquete de Client License adicional incrementa al doble el número de estaciones de trabajo.

La precisión de Predictor está definida por las características en los datos de entrada del modelo. El software utiliza el núcleo de cálculo del programa Lima, el cual facilita los cálculos. Si es necesario, el tiempo de cálculo puede ser reducido aún más utilizando la configuración del pack de Predictor Advanced, para el cálculo a través de redes instalado en más de una estación de trabajo.

Archivos que permite importar y exportar

Predictor puede trabajar con distintos tipos de archivos los cuales se pueden importar para realizar de mejor manera el trabajo de ingreso de datos. De esta forma los archivos que se pueden importar son archivos SIG: en formato SHP, MIF/TAB; BMP, DXF o TXT; otros archivos de distintos proyectos de

Predictor y datos de salida software Acoustic Determinator Type 7816; archivos de *digitizer* para coordenadas de posición específicas. También es posible la creación automática en puntos receptores de las mediciones de los niveles de L_{eq} , L_{10} y L_{90} medidas con el tipo 2260 incorporando información con posiciones geográficas mediante datos GPS, datos de mediciones de L_W , L_{eq} , L_{10} y L_{90} realizadas con el Analyzer Type 2250.

De la misma manera, se puede exportar los archivos una vez que se hayan realizado los cálculos. Los archivos pueden ser exportados a otros proyectos de Predictor como así hacia SIG (formatos ASCII, SHP, MIF/TAB, POI y DXF), también existe la posibilidad de exportar archivos HTML para publicación de los mapas en internet.

Requerimientos Técnicos

No especificados.

Ciudades modeladas

Un ejemplo de la aplicación de Predictor, es la utilizada para calcular y graficar el mapa de ruido de la ciudad de Dublín, Irlanda.

4.1.1.3 LIMA

LIMA es un software de modelación que calcula la propagación sonora en exteriores tomando en consideración los distintos objetos que pueden encontrarse en el camino de la propagación sonora. Incluye avanzada manipulación automatizada de datos, manejo de datos gráficos y permite al usuario realizar de manera eficiente y precisa cálculos de los niveles de ruido utilizando datos existentes, sin la necesidad de utilizar otro software, como los sistemas de información geográfica o programas de manejo de planos.

Modelos de Propagación y predicción

En los cálculos Lima utiliza lo descrito en diversos tipos de normas y estándares, ya sea para carreteras, industrias, trenes y ruido aéreo.

- Cálculos generales: ISO 9613-2, Harmonoise, MSZ 15036.
- Carreteras: RLS 90, DIN 18005, RV 3.02, NMPB/XPS 31-133, CRTN (L_{10} y L_{Aeq}), UT2,1-302.

- Industrias: VDI 2714/2720/2571, DIN 18005, DIN 18005, OAL 28, BS 5228, DAL 32.
- Trenes: SCHALL 03, DIN 18005, AKUSTIK 04, TRANSPID, OAL 30 (ONORM S 5011), CRN, RMR/SRM II, MSZ 2904.
- Ruido Aéreo: ECAC 29, AzB-L, DIN 45684, LBF, simulación de fuente puntual en movimiento.
- Cumplimiento con Nordtest Method "Framework for the Verification of Environmental Noise Calculation Software" ACOU107 (2001).
- Cumplimiento con proyecto de norma alemana DIN45687, en lo referido a criterios de calidad para software de cálculo de ruido.
- Importación datos directamente de sonómetro tipo 2250 y 2260 de Brüel & Kjær.

Versiones del software

Lima está disponible en tres versiones dependiendo de las aplicaciones como es el caso de:

Lima 7812A: Diseñado para consultorías pequeñas, puede calcular modelos hasta 20.000 obstáculos, 60.000 líneas de contorno y 4.000 emisores. Incluye todas las funciones estándar y cubre carreteras específicas, trenes y métodos de cálculo de industrias. Los datos pueden ser importados y exportados en formatos DXF.

Lima Plus 7812B: Diseñado para un uso a mediana escala para autoridades e industrias, puede calcular modelos de hasta 60.000 obstáculos, 180.000 líneas de contorno y 12.000 emisores. Incluye visualización gráfica de los modelos en 3D, superposición, estadísticas, análisis de mayores molestias, exposición al ruido y mapas de conflicto, optimización de barreras y análisis de mejoras, exportación de archivos en formatos DXF y SHP.

Lima Advanced 7812C: Diseñado para el mapeo de ruido y manejo de grandes extensiones, como grandes ciudades y regiones, puede calcular modelos de más de 1.000.000 obstáculos y 200.000 emisores. Incluye porcentajes de emisión y análisis de puntos en movimiento. Esta versión incluye el método de cálculo de la Comisión Europea, ECAC.CEAC Doc. 29, para el mapeo de ruido de tránsito aéreo.

Adicionalmente existen tres módulos disponibles para todos los paquetes de programas:

Lima Aircraft Module BZ 5441: permite realizar cálculos de ruido aéreo en acuerdo a ECAC.CEAC Doc. 29 y al método alemán AzB, y permite simulación de una fuente puntual en movimiento.

Lima Data Exchange BZ 5442: permite importar y exportar en todos los formatos definidos según especificaciones.

Lima Advanced Calculation Client License Pack BZ 5553: permite cálculos avanzados con Lima en otros dos computadores, con el mismo entorno de red para incrementar la velocidad de cálculos para modelos con extensiones muy grandes.

Escenario

Lima también pueden simplificar los modelos de terreno y edificios para acelerar los tiempos de cálculo. Soporta una cantidad de puntos en la grilla de mapeo de 32.000 x 32.000. Para los grandes modelos de cálculo, Lima realiza el cálculo dividiendo automáticamente la grilla de puntos en pequeños espacios, esto para reducir el tiempo de cálculo y aumentar la precisión de los datos.

El modelo es aplicado en la optimización de las características de las barreras acústicas para lograr minimizar los niveles de ruido en los receptores con una menor área de barrera, trabajo de grupos de barreras.

Características de interés

Lima puede ser utilizado para aplicaciones donde sea necesario el cálculo del ruido en un amplio rango. Lima sigue el cumplimiento de directivas de la Comisión Europea tales como la Directiva Ambiental de Ruido (2002/49/CE) y la Comisión Europea de Evaluación a la exposición del ruido, y cumplimiento de la Directiva IPPC (96/61/EEC).

La precisión está definida por las características en los datos del modelo de entrada, como por ejemplo el radio de obtención de los datos para emisores y receptores, la tolerancia, la cual es la desviación máxima aceptable tomando en cuenta la precisión de los cálculos, la simplificación en el modelo, ya sea de los edificios y el terreno, y la grilla de interpolación de datos que el usuario determina.

La velocidad de cálculo puede ser muy optimizada con mínimas pérdidas de precisión. Lima ofrece al usuario varias opciones para optimización de la velocidad de cálculo y de la precisión.

Todas las versiones de Lima incluyen la función de concatenación para convertir segmentos de líneas individuales en objetos de polilíneas cerradas. Esto es muy útil cuando los archivos de edificios y carreteras están disponibles en AutoCAD.

Archivos que permite Importar y Exportar

Lima puede trabajar distintos tipos de archivos tomando en cuenta el origen de estos y la factibilidad técnica de la información. De esta manera el software puede importar archivos de distinto tipo como archivos de versiones del software más antiguas, archivos DXF y SHP (ArcGIS, ArcView, ArcInfo) solo en versión Lima Plus 7812-B y Lima Advanced 7812-C, datos de tablas Excel, AtlasGIS, ESZI, GeoMedia, GRANIS, MapInfo, MOSS, SICAD SD, SICAD SQD, SoundPlan (ASCII), VISUM, estadísticas de viento (WKL), archivos INM (Integrated Noise Model) para ruido de aviones, archivos TNM (Traffic noise model), XML, OS MasterMap.

Además puede exportar distintos tipos de archivos, para el manejo de la información de la manera más cómoda para el usuario. De esta manera los archivos que puede exportar son, archivos DXF y SHP (ArcGIS, ArcView, ArcInfo) solo en versión Lima Plus 7812-B y Lima Advanced 7812-C, datos para tablas Excel, MapInfo, TNM, FHWA (Federal Highway Administration).

Requerimientos Técnicos

Los requerimientos técnicos del software para que funcione de manera eficiente son los siguientes:

Requerimientos Técnicos (Recomendados) (Lima Advanced 7812C)

- PC: Pentium IV, 3GHz o mayor.
- Sistema operativo: Windows 2000 o XP
- Tarjeta Gráfica: 16MB video RAM
- Memoria RAM: 1GB
- Disco Duro: 60 GB

Ciudades Modeladas

Un ejemplo de la aplicación de Lima, es el uso que se le dio en la creación del mapa de ruido de la ciudad de Manchester y Liverpool/Birkenhead. En total ambas áreas comprendían aproximadamente 2.000 km², y fueron calculados 8,5 millones de puntos tomando un mes para su realización.

4.1.1.4 SoundPlan

SoundPlan versión 6.4, al igual que otros softwares de modelación, permite calcular la propagación sonora en exteriores tomando en consideración los distintos objetos que pueden encontrarse en el camino de la propagación sonora, además de las características del terreno, como topografía, tipos de suelo y efectos meteorológicos. Este software trabaja en base a módulos, los cuales corresponden a ruido de tránsito, ruido aéreo, industrias y trenes.

Modelos de Propagación y predicción

Las normas de cálculo asociadas a este módulo son ISO 9613-2, DIN 18005 Gewerbe (Alemania), VDI 2714/2720, TA Lärm einfaches Verfahren, ÖAL-28 (Austria) y el método de predicción general para plantas industriales (Dinamarca), Nord2000 Gewerbe (Escandinavia), Construction Noise (Hong Kong), BS5228 (Gran Bretaña), ASJ CN Model 2002 (Japón), Concauwe (Holanda), VDI 3760 (Alemania).

El módulo de carreteras incluye los siguientes modelos de cálculo: RLS-90 (Alemania), RVS 3.02 (Austria), NMPB 96 (Francia/UE), EMPA StL 86, StL 95, StL 97 (Suiza), CoRTN (Reino Unido), FHWA (EE.UU.), Statens planverk report no. 48 (Dinamarca), ASJ RTN Model B 1998 (Japón), ASJ RTN Model B 2003 (Japón), DIN 18005 (Alemania), Nordic Traffic Noise Prediction 1996, Nord2000 Straße, cálculo de la emisión de carreteras en Hungría, algoritmos para la emisión y propagación de ruido de tránsito TNM versión 2.5 de la Federal Highway Administration Traffic Noise Model (FHWA TNM).

Para trenes incorpora los normas SCHALL-03 (Alemania), Transrapid (Alemania), DIN 18005 (Alemania), cálculo de ruido de trenes CRN 99 (Reino Unido), ONR 305011(Austria), RMR 2002 (Holanda/UE), SEMIBEL (Suiza), Nordic Prediction Method for Train Noise NMT 98 (Escandinavia), Nordic Rail Prediction Method Kilde Report 130 (Escandinavia), Nord2000 railway, tests no finalizados,

Japan Narrow Gauge Railways (Japón), cálculo de la emisión de trenes en Hungría y el modelo de la FTA (Federal Transportation Administration).

El módulo de ruido de tránsito aéreo de acuerdo a AzB fue revisado y certificado por la Agencia Alemana de Protección Ambiental (EPA Alemania, Ministerio del Medio Ambiente). El cálculo de los algoritmos cumple con la precisión requerida por la EPA Alemana para receptores individuales, cálculos de terreno y contornos.

Escenarios

A partir de 2001 SoundPlan ha incorporado una función llamada *City Noise Map*, que consiste en un método de reticulado no uniforme tipo “malla” mediante triangulación y reubicación de receptores. De esta forma se logra mejorar la resolución de los contornos de nivel en zonas densamente pobladas que presenten calles angostas y un gran número de edificios.



Figura 4.1: Ejemplo de método de reticulado no uniforme tipo malla mediante triangulación.

Adicionalmente, se pueden crear mapas de conflicto, representando en el mismo mapa, la cantidad de dB que son excedidos de acuerdo a los límites zonales establecidos.

Otra mejora importante en la versión 6.4 tiene relación con la modificación de los intervalos de tiempo del descriptor L_{den} para adecuar los períodos día, tarde y noche a cada país en particular.

Finalmente, para realizar mapas extensos que requieren de una gran capacidad de procesamiento, se ha incorporado un módulo de procesamiento distribuido *Distributed Computing Module*, el cual permite sumar capacidades de procesamiento mediante el uso de varios computadores conectados en red (protocolo TCP/IP). No se tiene información acerca de las licencias adicionales requeridas.

Características de interés

Generalmente el cálculo de niveles de presión sonora es en base al método de la trayectoria invertida de rayo, considerando reflexiones en objetos tales como edificios, suelos duros y diversos factores de atenuación mediante métodos matemáticos y normas técnicas específicas. SoundPlan realiza estos cálculos tomando los datos través de un haz triangular desde un receptor específico hacia las fuentes y objetos, de manera que, en vez de analizar la información en una sola trayectoria de rayo, la realiza tomando los datos existentes en un triángulo de información. Al realizar un barrido en 360° con esta técnica se logra mejorar la precisión del modelo para un mismo intervalo angular de paso.

El modelo considera las reflexiones en los distintos objetos hacia los receptores. Al respecto, el máximo de reflexiones se deberá ajustar dependiendo de la velocidad de cálculo que se requiera y/o de la capacidad de procesamiento. Es importante mencionar que en cada reflexión, SoundPLAN considera una pérdida en los niveles de emisión debido a la absorción del elemento reflectante. Para receptores ubicados en las cercanías de fachadas u otros elementos verticales, el modelo considera un aumento de hasta 3 dB para tomar en cuenta las múltiples reflexiones en su superficie.

Archivos que permite Importar y Exportar

La manera de trabajar los archivos es mediante la creación de terrenos y objetos dentro del mismo software o mediante la importación de archivos para su posterior trabajo, como archivos de versiones antiguas del software, archivos ESRI Arcview, LIMA BNA interface, ASCII (ASC, CSV, TXT), DGM, DXF, tablas de datos Excel, mapas digitales (archivos tipo BMP, TIF, PNG, JPG, GIF).

El software puede exportar los siguientes tipos de archivos:

- Archivos BMP, JPG, TIF y PNG, GIF y LZW-comprimidos TIF.
- Archivos DXF
- Archivos ESRI Arcview
- ASCII data (ASC, CSV, TXT)

- Archivos Excel

Requerimientos Técnicos

Los requerimientos recomendados del sistema son los siguientes:

- PC: Pentium 2 GHz o mayor.
- Sistema operativo: Windows NT 4.0, Windows 2000 o Windows XP
- Tarjeta Gráfica: con una resolución de mínima de 1024 x 768, 32 MB de memoria o mayor, para gráficos 3D se necesita con una tarjeta de video con controladores OpenGL.
- Memoria RAM: mayor a 512 MB
- Disco Duro: 2 GB.
- WinTab compatible con *Digitizer* (para el caso de digitalizar planos).

Ciudades Modeladas

Un ejemplo de la aplicación de SoundPlan, es el uso que se le dio en la creación del mapa de ruido de la ciudad de Viña del Mar, así como en otros estudios internacionales, como es el caso del Mapa de Ruido de Vitoria-Gasteiz, España.

4.1.1.5 CadnaA

CadnaA Premium es un software para plataformas Windows de 32 y 64 bits, este programa permite la predicción de ruido y generación de mapas de ruido.

Modelos de Propagación y predicción

Los modelos que utiliza este software son consistentes con los métodos dispuestos en la Directiva 2002/46/CE, es decir, utiliza los métodos: NMPB para ruido de carretera, RMR-SRM II para ruido de trenes, ISO 9613-2 para ruido de industria y ECAC.CEAC doc. 29 para ruido de aeropuertos. No obstante lo anterior el software incluye numerosas normas locales de los países europeos para cada uno de las fuentes de ruido nombradas. Este programa permite el cálculo de los niveles de ruido tomando en cuenta las reflexiones de hasta orden 20.

Este software puede exportar los resultados calculados hacia archivos DXF para su incorporación en planos y mapas digitales, SIG para creación de mapas cartografiados, archivos de bases de datos en formatos TXT, hacia otros formatos de software de modelación como LIMA y MITHRA y finalmente se pueden exportar los datos hacia el software de posicionamiento global gráfico Google Earth mediante archivos KML donde se exportan las líneas de contorno en forma de fotografía y las edificaciones en forma de elementos 3D.

Escenarios

De acuerdo a la directiva 2002/49/CE de la comunidad europea, el software permite numerosos formatos de importación, herramientas de conversión y modificación que permite acceso a los datos existentes en formatos digitales. Características de manejo y validación para corroborar geometría y datos de los objetos en el modelo. Se implementan indicadores de ruido tales como L_{den} y L_{night} incluyendo los horarios específicos que comprenden los períodos de día para día, tarde y noche. Cálculo de puntos receptores en una grilla. Cálculo distribuido de proyectos de cualquier tamaño en varios computadores en una red. Herramientas para calcular número de habitantes. Herramientas de exportación con información de los resultados hacia el público.

En teoría las limitaciones del software con respecto al tamaño del modelo a realizar son: 16 millones de objetos por cada tipo de objeto presente en el programa, 2 mil millones de puntos por cada objeto y una malla de cálculo de 2 mil millones por 2 mil millones de puntos. Es decir que las limitaciones del tamaño de los proyectos no están dadas por el software sino que por el hardware presente en la máquina donde se trabaja. Para que esta limitación de hardware no sea un problema, CadnaA ofrece herramientas con tecnología PCSP para distribución de cálculos y extensiones para realizar cálculos en redes. Debido a lo anterior, con CadnaA se pueden realizar modelaciones para proyectos de cualquier tamaño.

Características de interés

Permite visualización 3D de mapas de ruido, donde se muestra una detallada visión en tres dimensiones del proyecto mostrando todos los objetos relevantes, edición de los objetos en tiempo real en el modo de visión 3D, libre movimiento de cámara a través del modelo en rutas predefinidas, control

de la visualización y dirección del movimiento con el mouse, leyenda de la malla, creación de videos en formato AVI para presentaciones, entre otros.

Archivos que permite Importar y Exportar

En este software se pueden importar datos de archivos de CAD, archivos SIG, bases de datos y otras aplicaciones. Es posible importar coordenadas de puntos y todos los atributos de objetos con la interfaz ODBC. Estos datos pueden ser administrados y actualizados en hojas de cálculo tipo Excel o bases de datos tipo Access u Oracle. Esto hace posible, por ejemplo, actualizaciones de datos ordenados de construcciones de nuevas vías accediendo periódicamente a las bases de datos de sus sistemas. Finalmente se pueden importar archivos desde otros programas de modelación como Mithra y Lima.

Ciudades Modeladas

Bristol, Nottingham, Sheffield en Inglaterra, Stuttgart en Alemania y varias ciudades de Chipre, entre otros.

4.1.1.6 Resumen

En el Anexo VII se muestran tablas de resumen con las características técnicas mínimas y recomendadas por los fabricantes de cada software. También se presentan tablas donde se muestran los archivos para importar y para exportar de cada uno de los programas. Finalmente se muestran tablas con todas las normas utilizadas por cada uno de los softwares analizados.

4.1.2 Según revisión de escenario tipo a modelar

Se obtuvieron licencias temporales de los programas Predictor, CadnaA y SoundPlan para someterlos a pruebas para luego comparar los resultados. Específicamente, se crea un escenario tipo basado parcialmente en un sector de la ciudad de Antofagasta. Estas modelaciones se llevan a cabo por el experto en modelaciones Ing. Domingo Pacini.

Las variables que se requieren ponderar al momento de optar por un determinado software se pueden clasificar en dos grandes grupos. El primero de ellos tiene relación con las características acústicas del programa, como por ejemplo:

- Modelo predictivo reconocido y aceptado internacionalmente,
- Posibilidad de evaluar fuentes puntuales, lineales y superficiales,
- Diversidad de descriptores acústicos,
- Reflexiones,
- Condiciones atmosféricas y topográficas,

Se puede señalar que en general los programas utilizan uno o varios algoritmos para sus cálculos, quedando a juicio del operador, cual desea utilizar. En este sentido, el alcance de este análisis, no pretende establecer cual modelo es mejor, sino más bien, poner en conocimiento su existencia y la posibilidad de emplear un modelo alternativo.

Otro aspecto desarrollado se refiere a la manipulación e incorporación de información al software, como también la capacidad que tenga de interpretarla y presentarla, dentro de las cuales se destaca:

- **Fuente de ruido:** Se debe contar con un catastro de las fuentes a evaluar, diferenciando en primera medida fuentes fijas y móviles, es decir, industrias y actividades puntuales que requieren en primer lugar ser evaluadas acústicamente a través de un descriptor reconocido por el software (por ejemplo nivel de potencia sonora en banda de octava de frecuencia). Para el caso de fuentes móviles, los modelos predictivos efectúan los cálculos por medio de flujos, composición vehicular, velocidad de circulación, tipo de carpeta y pendiente. Para el caso de

aeropuertos se requiere conocer además de flujos, niveles de emisión y rutas de despegue y aterrizaje, mientras que en caso de trenes datos de flujo, velocidad y tipo de locomotoras.

- **Planos:** Los distintos programas evaluados, permiten incorporar la información a través de SIG (Sistema de Información Geográfica) por medio de importación de archivos SHP y también a través de archivos DXF, que corresponde a un formato gráfico vectorial de aplicaciones de AutoCAD de uso masivo. En esta aplicación se deben definir los distintos objetos a evaluar, como por ejemplo, construcciones, barreras, terreno, caminos, etc., y sus correspondientes alturas.
- **Malla de cálculo:** Las modelaciones de ruido se efectúan sobre una malla superpuesta en el área que se pretende evaluar. Los niveles de ruido intermedios se obtienen por interpolación de datos. Por lo tanto, si el distanciamiento de la malla entre punto y punto es menor, se obtendrá una mejor resolución del mapa de ruido, pero requerirá de mayor tiempo de cálculo y que el programa soporte tal cantidad de puntos.

Para el caso de los programas de mayor versatilidad y que se encuentran vigentes en el mercado, el número máximo de puntos es el siguiente:

Software	Máximo de puntos
Predictor	1.000.000
Lima	32.000 x 32.000
CadnaA	2.000.000.000 x 2.000.000.000
SoundPlan	No especificado por el fabricante

Tabla 4.2: Máximo puntos posibles por software.

Por lo tanto, la cantidad máxima de hectáreas posibles de evaluar dependiendo de la resolución de la malla se resume en la tabla siguiente, donde

Distancia entre puntos [m]	Superficie máxima a modelar [Ha-]		
	Predictor	Lima	CadnaA
5	0,5	16	1.000.000
10	1	32	2.000.000
50	5	160	10.000.000
100	10	320	20.000.000
150	15	480	30.000.000
200	20	640	40.000.000
250	25	800	50.000.000
500	50	1.600	100.000.000
1000	100	3.200	200.000.000

Tabla 4.3: Comparación tamaño malla versus extensión máxima a modelar.

Como ya se mencionó, la Tabla 4.3 representa la cantidad de hectáreas posibles de modelar considerando una malla que presente un distanciamiento que varíe entre 5 y 1000 metros. Por ejemplo, para una malla que presente un distanciamiento entre puntos de 100 metros, la superficie máxima a modelar corresponde a 10 Há para Predictor, mientras que en CadnaA es de hasta 20.000.000 Há.

A modo de otro ejemplo, Santiago cuenta con una superficie total de 8.463 km² (846 Ha) aproximadamente. De acuerdo a esto se podría confeccionar un mapa ruido con una resolución mínima de 1.000 metros con Predictor, mientras que con Lima la resolución mínima podría ser de aproximadamente 250 metro. Finalmente, en CadnaA se podrían considerar distancias entre puntos menores a 5 metros. Ahora, si se opta por modelar superficies menores, como la Comuna de Providencia con una superficie de 14 km² (1.400 Há), la resolución con Predictor, llegaría en torno a 15 metros, siendo notablemente inferior a los otros programas descritos.

Un porcentaje importante del tiempo que se asigna a la confección de mapas de ruido, se dedica a la preparación de esta información, por lo tanto, el procedimiento para ingresarla al software debe ser lo más simple posible.

Escenario Tipo

Para efectos de evaluar cada software se modeló un escenario tipo pudiendo advertir las distintas características de los programas.

El sector modelado para el escenario tipo considera una situación de entorno intermedia con una buena diversidad de variables presentes. Para dar cumplimiento a esto, el sector modelado es de la ciudad de Antofagasta y reúne las siguientes características:

- Las fuentes de ruido evaluadas corresponden a tránsito vehicular, carretera y línea férrea.
- Posee combinación de edificación en altura y casas.
- Área de industria.
- Posee áreas verdes o sitios abiertos.

La siguiente es una fotografía aérea del sector que se ha escogido para modelar el escenario tipo, además se muestran los límites de l área de estudio.

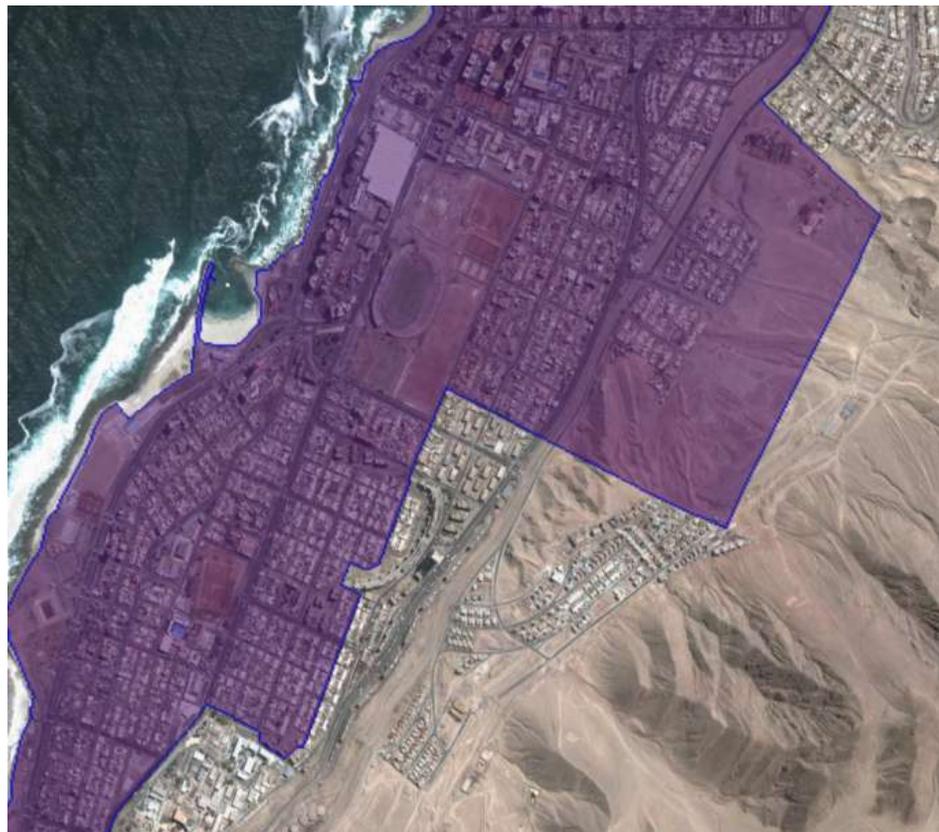


Figura 4.2: Fotografía del sector considerado para el escenario tipo.

La altura de las edificaciones y el ancho de las calles se obtuvo mediante inspección en terreno, las que fueron ingresadas al modelo. La topografía del lugar se obtuvo mediante Sistema de

Posicionamiento Global (GPS) cuyos valores fueron interpolados mediante software e ingresados al modelo.

La Tabla 4.4 resume los modelos seleccionados en cada software, y demás datos relacionados con el ingreso de información, cabe destacar que a los modelos se les ingresan datos con fines de comparación entre softwares, por lo que no representa necesariamente un caso en particular si no más bien un valor del orden del tipo de fuente a modelar. La última fila establece el tiempo de cálculo para cada uno. Los softwares Lima e IMMI a pesar de tener un buen prestigio a nivel internacional, quedaron fuera de esta prueba, debido que no fue posible tener una copia abierta de evaluación.

Software	Predictor	CadnaA	SoundPlan
Modelo	Harmonoise	Industria: ISO 9613 Carretera: RLS90 Ferrocarril: Schall	Industria: ISO 9613 Carretera: RLS90 Ferrocarril: Schall
L _w Industria	104,5 dBA	104,5 dBA	104,5 dBA
Carretera	540 Veh/h 18% pesados	540 Veh/h 18% pesados	540 Veh/h 18% pesados
Ferroviario	L _w : 99,5 dB/m	LME, 90 dB	L _w : 99,5 dB/m
Tiempo modelación	12 Horas	80 min	56 min

Tabla 4.4: Datos de entrada para los softwares analizados. Tiempo de cálculo para cada software.

Se privilegió utilizar los mismos modelos en cada software con el objeto de obtener resultados comparables. No obstante, la selección de los mismos modelos para los 3 softwares fue imposible debido a diferencias en la funcionalidad de cada software.

Tanto en CadnaA como SoundPlan permite seleccionar y combinar los métodos de cálculo sobre los cuales se desea trabajar. De esta forma se utilizó el modelo ISO 9613 para industria, RLS 90 para carretera y Schall para ferrocarril, siendo posible el uso de 3 modelos simultáneos que combinan predicción de ruido de diversas fuentes y propagación. En Predictor, esto no es posible y se debe definir un sólo modelo que considere los tipos de fuentes a estudiar y además incorpore predicción de

emisión y propagación a la vez. Por ejemplo, no se puede utilizar la norma francesa NMPB para ruido de automóviles junto con la norma ISO 9613 para propagación de ruido en aire libre. En ese sentido, solamente con el método Harmonoise se puede evaluar carreteras, trenes y fuentes fijas al mismo tiempo.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante señalar que este análisis no puede determinar la exactitud de los modelos empleados, en el entendido que es necesario tener un escenario patrón en base a mediciones in situ para poder evaluar la exactitud de cada modelo o software, situación que no es parte del alcance de este trabajo.

En primer lugar, se determinó que los tres programas permiten la importación directa de archivos DXF pudiendo asignar a través de este proceso el tipo de objeto. Este proceso es directo, a excepción de SoundPlan que se debe establecer posteriormente. CadnaA y Predictor permiten asignar directamente una fuente de ruido a una capa de información (layer), por ejemplo una ruta de tránsito, en cambio en SoundPlan este proceso no es directo y el procedimiento para asignar un flujo a este layer es complejo y engorroso si no se posee la experiencia necesaria.

Una vez definido el escenario, se incorporaron las fuentes de ruido y se ingresaron todos los parámetros de entrada necesarios. Posteriormente se corrieron los modelos en un mismo PC, cuyas características se especifican a continuación:

- Computador personal Packard Bell, modelo Easy Note B3221
- 1GB de memoria RAM.
- Procesador AMD Sempron 1,8GHz.

El tiempo de cálculo para un escenario tipo fue de 720 minutos (12 horas) para Predictor, 80 minutos (1 hora 20 min) para CadnaA y 56 minutos (menos de 1 hora) para SoundPlan, lo anterior equivale al siguiente porcentaje:

- CadnaA: 11% de Predictor
- SoundPlan: 8% de Predictor

Con respecto a los errores de compilación previa modelación tanto Predictor como CadnaA son fácilmente detectables y corregibles, mientras en SoundPlan es engorroso y en más de una oportunidad el programa se bloquea.

De acuerdo a la bibliografía, Predictor se encuentra fuertemente limitado por el área que se puede cubrir. Por ejemplo para una malla de 10 hectáreas, el distanciamiento máximo entre puntos es de 100 metros, mientras que en CadnaA para este mismo tamaño de malla se puede cubrir un área de 20.000.000 hectáreas. No se dispone de dicha información para SoundPlan.

Los tres programas cuentan con tablas comparativas que permiten evaluar aportes de fuentes individuales y obtener análisis parciales.

La exportación de los resultados en CadnaA se puede realizar a un sistema de información geográfica directamente mediante fichero SHP, mientras que en Predictor es a través de la exportación de archivos DXF. En SoundPlan la exportación es sólo a un archivo de imágenes, siendo en este sentido bastante limitada en la versión de prueba, ya que existe un módulo agregable para exportación a sistemas de información geográfica.

En base a esta evaluación, el programa que presenta las mejores ventajas comparativas es CadnaA de Datakustik.

Programa	Predictor V 5.0	CadnaA	SoundPlan
Manejo archivos	Trabaja en base a áreas, versiones y modelos, lo que permite generar distintas presentaciones del área estudiada, como por ejemplo utilizar distintos modelos de propagación, superficies, fuentes, etc., pero almacenados en un solo archivo, lo que facilita su manipulación.	Cuenta con un sistema tradicional de ficheros. La información queda almacenada en un solo archivo, por lo tanto, si existen diferentes versiones del área en estudio, se requiere almacenar en distintos archivos.	Trabaja en base a distintas versiones de un escenario lo que permite administrar las modelaciones.
Métodos de cálculos	Permite seleccionar entre uno de los métodos que soporta.	Permite seleccionar el estándar por país o seleccionar una combinación de métodos.	Permite seleccionar el estándar por país o seleccionar una combinación de métodos.
Interfaz	Idioma: Inglés. Relativamente amigable con comandos e instrucciones que requieren cierto tiempo de manipulación.	Idioma: Español. Amigable con comandos rápidamente asimilables. Cuenta con una caja de herramientas que facilita su empleo.	Idioma: Español con menús en Inglés. Presenta una interfaz que requiere un dominio de la plataforma siendo necesaria una capacitación. Realiza combinaciones de archivos que fácilmente confunde al operador. Nota: La asociación de flujo a objetos de tránsito no se pudo realizar mediante la importación de layer, lo que ralentiza notoriamente la preparación de información al tener que re-ingresarlas al programa.
Superficie máxima de cálculo	10 Ha (malla con distancia de 100 m)	20.000.000 Ha (malla con distancia de 100 m)	No especificado por el fabricante.

Tabla 4.5: Resumen prestaciones softwares probados.

A continuación se muestran los resultados gráficos de las modelaciones llevadas a cabo con los tres software en comparación. La Figura 4.3 muestra los resultados de la modelación con Predictor, la Figura 4.4 muestra la modelación realizada con CadnaA y la Figura 4.5 muestra la modelación con el software SoundPlan. El descriptor utilizado corresponde al L_{den} correspondiente a una ponderación del nivel en un período de 24 horas.

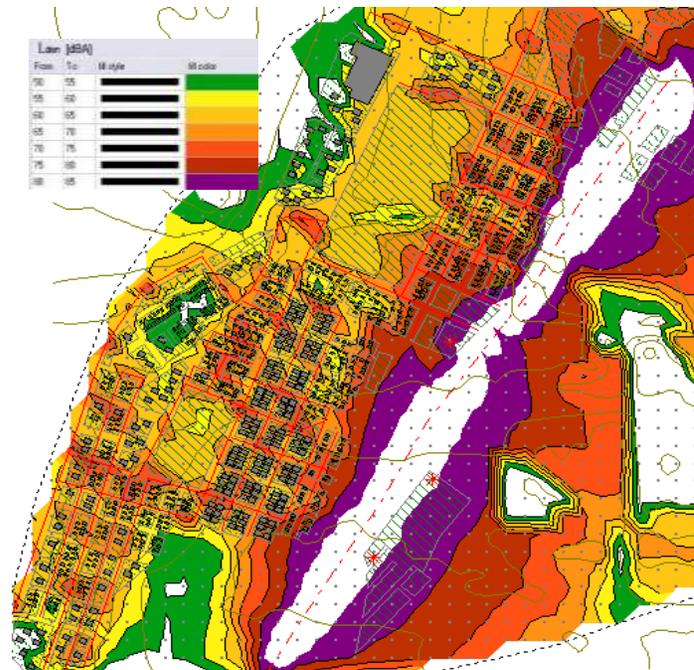


Figura 4.3: Escenario Tipo en Predictor.

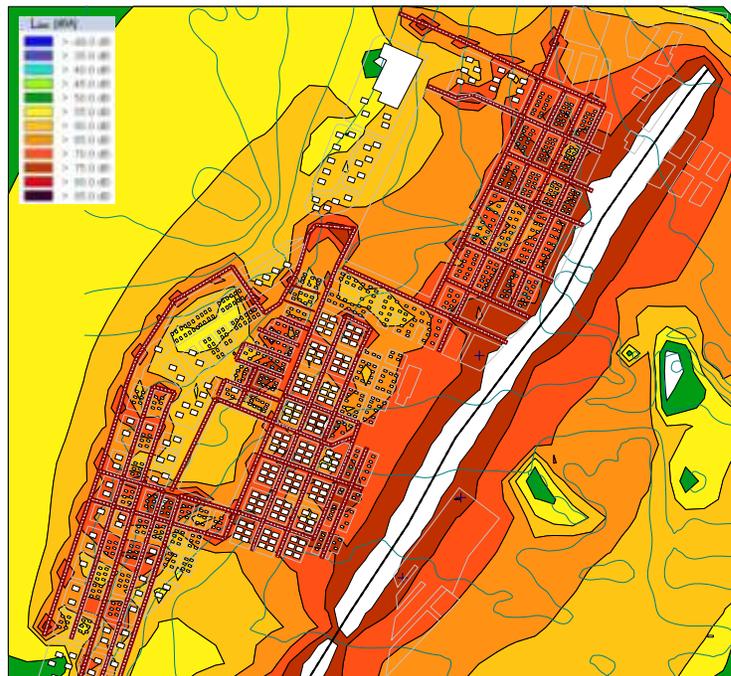


Figura 4.4: Escenario Tipo en CadnaA.

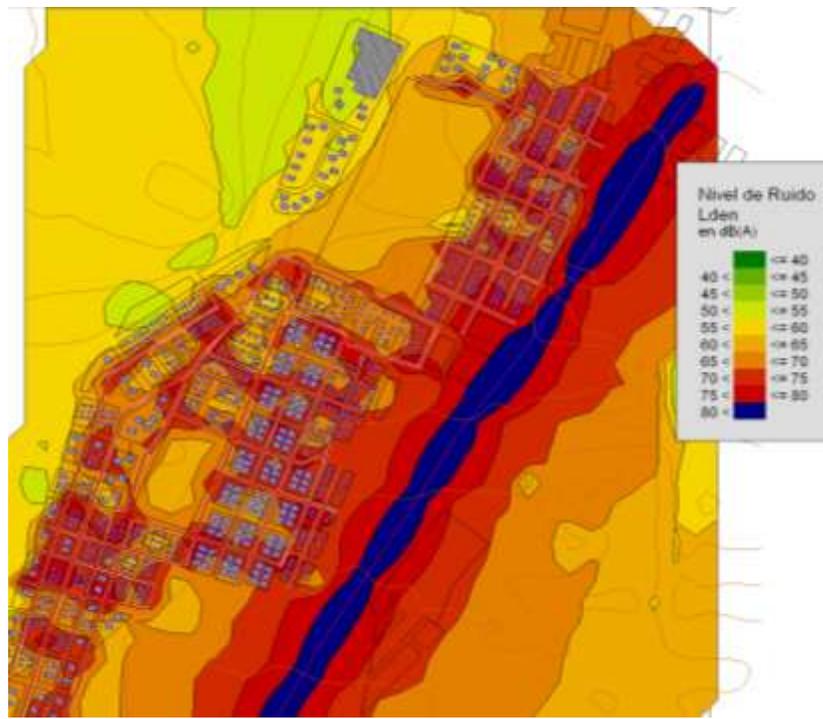


Figura 4.5: Escenario Tipo en SoundPlan.

En el software CadnaA y Predictor, se configuró el modelo para que mostrara, como cota superior niveles hasta 85 dBA, por lo tanto en la línea férrea, donde se superan los 85 dBA se presentan áreas SIN niveles de presión sonora, ya que los software comprenden que al estar los niveles modelados fuera del rango a graficar éstos niveles no deben ser graficados. Las industrias se modelaron como fuentes puntuales en este escenario tipo y este tipo de fuente se muestra en las figuras de acuerdo a la simbología nativa de cada programa de modelación: en el caso de Predictor se muestran los puntos como asteriscos de color rojo, en el software CadnaA se muestran como una cruz de color azul y en el software SoundPlan se muestra con círculo de color azul.

Adicionalmente se muestra una modelación de menor área de extensión con los 3 softwares analizados. Estos escenarios muestran las diferencias de niveles entre el horario punta de tránsito y el horario normal.

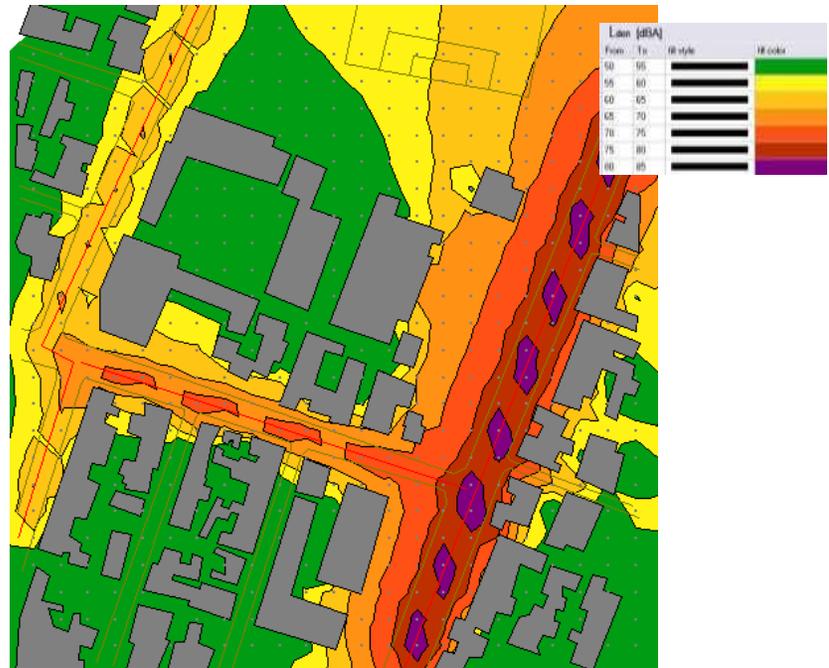


Figura 4.6: Escenario Tipo horario Valle en Predictor.

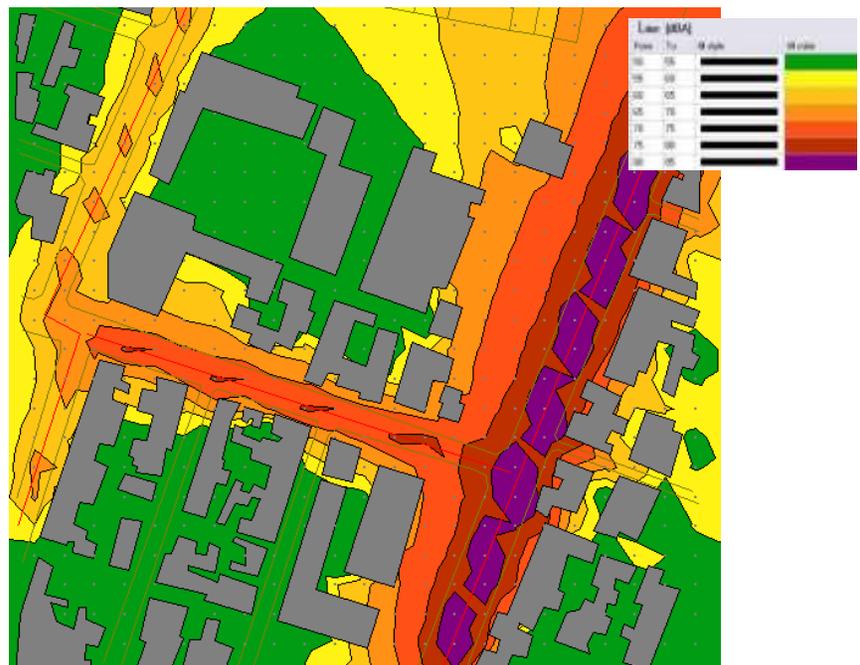


Figura 4.7: Escenario Tipo horario Punta en Predictor.

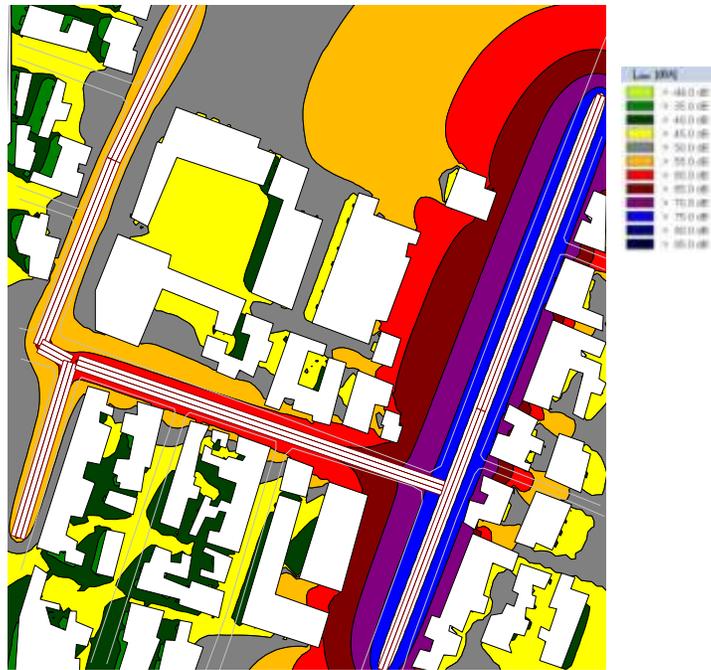


Figura 4.8: Escenario Tipo horario Valle en CadnaA.

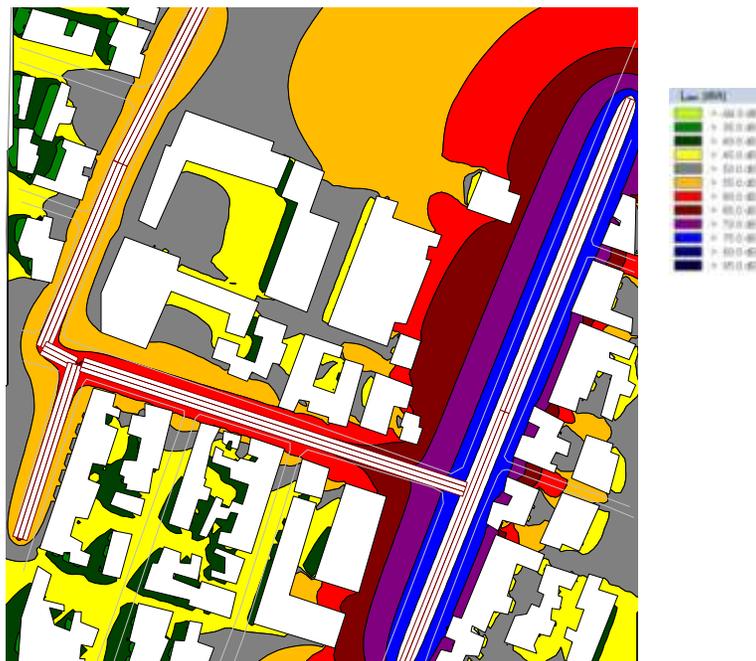


Figura 4.9: Escenario Tipo horario Punta en CadnaA.

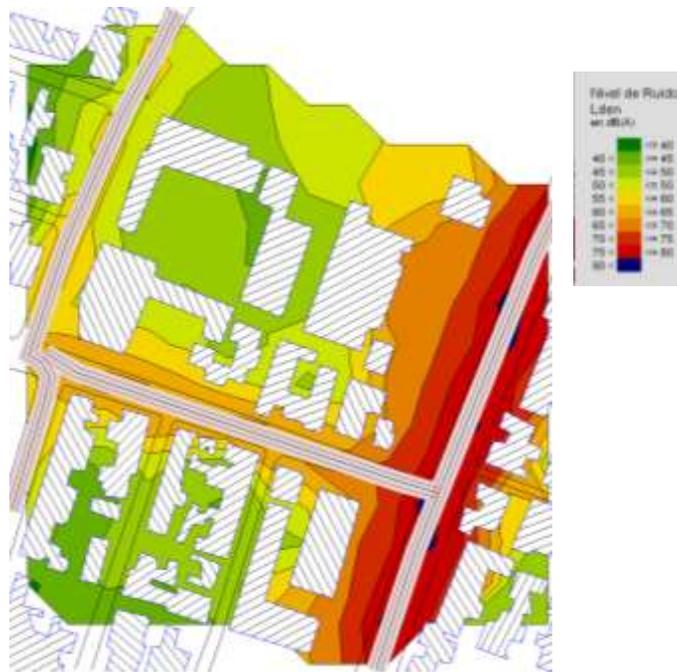


Figura 4.10: Escenario Tipo horario Valle en SoundPlan.

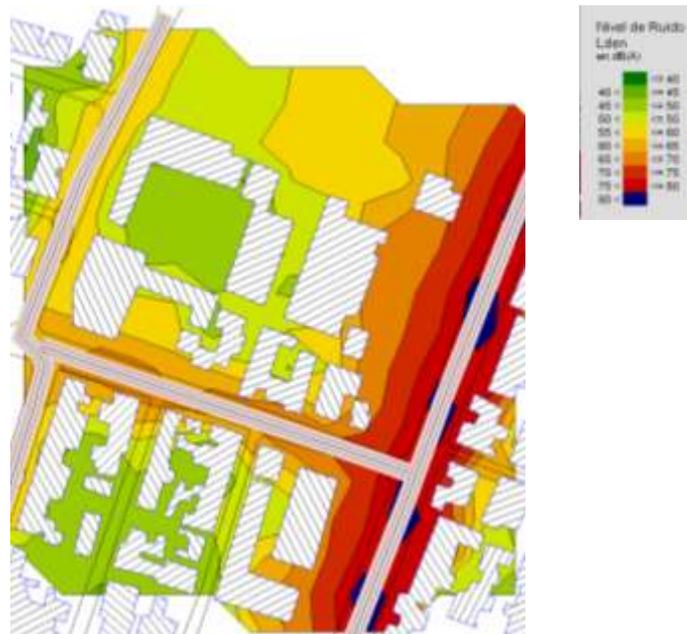


Figura 4.11: Escenario Tipo horario Punta en SoundPlan.

Como se aprecia en todos los modelos la principal fuente de ruido es la avenida principal a la derecha de las imágenes, y que es la calle que marca los niveles del horario punta, a diferencia de la calle que se encuentra a la izquierda la cual presenta pequeñas variaciones entre los horarios modelados.

Es necesario recordar que se trabajó con los escenarios utilizando modelos para industria, flujo vehicular y ferroviario. No es posible conocer la exactitud de los valores modelados, sin embargo, la repetitividad de cada modelación para cada software es buena. Para los escenarios modelados en CadnaA y Predictor, los sectores en blanco aparecen debido a que se salen fuera del rango establecido.

Finalmente, se debe destacar que los niveles proyectados por cada software pueden ofrecer diferencias para esta prueba. Esto se debe a que la aplicación de los modelos en cada software difiere en algunos aspectos, en cuanto a:

- ciertas correcciones preestablecidas (p. ej. tipo de carpeta), o
- en los rangos de ciertos parámetros (p. ej. pendientes),
- ponderación de reflexión en fachadas de edificios más cercanos.

4.2 Revisión de Normativas y documentos

4.2.1 Directiva 2002/49/CE

La directiva 2002/49/CE responde a una iniciativa de los países miembros de la comunidad europea en identificar los niveles de ruido a los cuales los residentes europeos están expuestos en sus hogares producto de fuentes tales como calles y carreteras, trenes y sus estaciones, ruido de aeronaves y aeropuertos y ruido industrial.

La directiva no se aplicará al ruido producido por las personas expuestas ni sus actividades domésticas, sus vecinos, su lugar de trabajo ni en el interior de medios de transporte, así como tampoco a los ruidos debidos a actividades militares en zonas militares.

Todas las aglomeraciones urbanas con población superior a los 100.000 habitantes deben seguir esta directiva e informar a sus habitantes del ruido ambiental y sus efectos. Esta información debe ser

mediante mapas de ruido y éstos se deben llevar a cabo mediante métodos de evaluación comunes a los estados miembros.

Los métodos recomendados, para los Estados miembros que no cuentan con métodos nacionales de cálculo o para los que quieren cambiar a otro método de cálculo, son los siguientes:

Ruido Industrial: ISO 9613-2: «Acoustics — Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation».

Para este método pueden obtenerse datos adecuados sobre emisión de ruido (datos de entrada) mediante mediciones realizadas según alguno de los siguientes métodos:

- ISO 8297/1994 «Acoustics — Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment — Engineering method»
- ISO 3744/1995 «Acústica — Determinación de los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Método de ingeniería para condiciones de campo libre sobre un plano reflectante»
- ISO 3746/1995 «Acústica — Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido a partir de presión sonora. Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante»

Ruido de Aeronaves: ECAC.CEAC Doc. 29 «Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports» 1997. Entre los distintos métodos para modelar trayectorias de vuelo, se utilizará la técnica de segmentación mencionada en la sección 7.5 del documento 29 de ECAC.CEAC.

Ruido del Tránsito Rodado: el método nacional de cálculo francés «NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC- CSTB)», mencionado en el «Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6» y en la norma francesa «XPS 31-133». Por lo que se refiere a los datos de entrada sobre la emisión, esos documentos se remiten al «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980».

Ruido de Trenes: el método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado en «*Reken — en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996*». Los estados miembros deben elaborar mapas estratégicos de ruido sobre la situación del año civil anterior, correspondientes a todas las aglomeraciones con más de 250.000 habitantes y a todos los grandes ejes viarios cuyo tránsito supere los seis millones de vehículos al año, grandes ejes ferroviarios cuyo tránsito supere los 60.000 trenes al año, y grandes aeropuertos (más de 50.000 movimientos en un año) presentes en su territorio en una primera instancia (junio 2007). En una segunda instancia y final (junio de 2012) se deberán modelar todas las aglomeraciones con más de 100.000 habitantes con todos los ejes viarios con tránsito superior a los 3 millones de vehículos la año, grandes ejes ferroviarios con tránsito superior a los 30.000 trenes al año y grandes aeropuertos. Estos métodos se adaptarán a la definición de L_{den} y L_{noche} .

Los mapas de ruido deben cumplir como mínimo con:

- a) La representación de los datos relativos a alguno de los aspectos siguientes:
 - Situación acústica existente, anterior o prevista expresada en función de un indicador de ruido
 - Rebasamiento de un valor límite
 - Número estimado de viviendas, colegios y hospitales en una zona dada que están expuestos a valores específicos de un indicador de ruido
 - Número estimado de personas situadas en una zona expuesta al ruido.

- b) Su presentación al público puede ser en forma de:
 - Gráficos
 - Datos numéricos en cuadros
 - Datos numéricos en formato electrónico.

- c) Para aglomeraciones harán especial hincapié en el ruido procedente de:
 - El tránsito rodado
 - El tránsito ferroviario
 - Los aeropuertos

- Lugares de actividad industrial, incluidos los puertos.
- d) Por lo que se refiere a la información a la población y a la elaboración de los planes de acción, se debe proporcionar información adicional y más detallada, por ejemplo:
- Una representación gráfica
 - Mapas que indiquen los rebasamientos de un valor límite
 - Mapas de diferencias que comparen la situación vigente con posibles situaciones futuras

La directiva también establece que una vez determinados los niveles a los cuales están expuestos los habitantes de tales aglomeraciones, se deben establecer planes de acción para no aumentar los niveles, en casos especiales disminuirlos y preservar las zonas libres de ruido.

Los mapas de ruido de las aglomeraciones urbanas que sean seleccionadas deben presentar sus resultados antes de 30 junio del 2007, estos mapas de ruido se revisarán, y en caso necesario se modificarán, al menos cada cinco años a partir de la fecha de su elaboración. Los planes de acción deben ser presentados a más tardar en julio de 2008.

4.2.2 Documento de la OCDE

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) es una organización internacional intergubernamental que reúne a los países más industrializados de economía de mercado mundial. En la OCDE, los representantes de los 30 países miembros se reúnen para intercambiar información y armonizar políticas con el objetivo de maximizar su crecimiento económico y coayudar a su desarrollo y al de los países no miembros.

La OCDE tiene como objetivos principales realizar la mayor expansión posible de la economía y el empleo y un progreso en la calidad de vida dentro de los países miembros, manteniendo la estabilidad financiera y contribuyendo así al desarrollo de la economía mundial. Contribuir a una sana expansión económica en los países miembros, así como no miembros, en vías de desarrollo económico. Y contribuir a la expansión del comercio mundial sobre una base multilateral y no discriminatoria conforme a las obligaciones internacionales.

Esta organización tiene como compromiso con sus países miembros promover la utilización eficiente de sus recursos económicos; en el terreno científico y técnico, promover el desarrollo de sus recursos, fomentar la investigación y favorecer la formación profesional; perseguir políticas diseñadas para lograr el crecimiento económico y la estabilidad financiera interna y externa y para evitar que aparezcan situaciones que pudieran poner en peligro su economía o la de otros países; y continuar los esfuerzos por reducir o suprimir los obstáculos a los intercambios de bienes y de servicios y a los pagos corrientes y mantener y extender la liberalización de los movimientos de capital.

La OCDE trabaja en temas mundiales en las áreas de Economía, Sociedad, Gobierno, Finanzas, Innovación y Sustentabilidad. Es en este último punto donde se encuentra el tópico de Medio Ambiente.

Periódicamente esta institución genera reportes de países en vías de desarrollo donde señala las políticas y esfuerzos del país en los campos mencionados anteriormente, como así señala las directivas para mejorar las falencias encontradas. En el informe entregado en 2005 donde se revisa el desempeño del país, en el ámbito de las políticas medio ambientales, esta organización alaba el desarrollo de Chile pero expresa que aún así falta camino por recorrer en temas específicos como por ejemplo la emanación de material particulado hacia la atmósfera, especialmente en la ciudad de Santiago y sectores poblados adyacentes a minas. En cuanto a las emanaciones del contaminante ruido no hace mención alguna, dejando entrever que no es el contaminante del cual es necesario preocuparse en esta etapa de evaluación.

Sin embargo la OCDE, de manera general, ha fijado niveles de ruido aceptables e informan sobre las consecuencias de diversos niveles de ruido.

Niveles de ruido aceptables según la OCDE
≥ 55 dBA Falta de confort. Sueño alterado con ventanas abiertas.
≥ 60 dBA Sueño y conversación alteradas con ventanas abiertas.
≥ 65 dBA Nivel de aceptabilidad. Sueño y conversación alteradas con ventanas cerradas.
≥ 70 dBA Protestas. Perturbación del sueño y conversación.
≥ 75 dBA Posible pérdida de agudeza auditiva a largo plazo.

Tabla 4.6: Niveles de ruido aceptables según la OCDE.

Así mismo esta institución recomienda valores para carreteras en sectores poblados para salvaguardar la calidad de vida de los residentes.

Niveles aceptables propuestos por la OCDE (L_{eq} , Límites en fachadas de zonas habitacionales)			
L_{eq} (día)		L_{eq} (noche)	
Carretera nueva	Carretera existente	Carretera nueva	Carretera existente
60 \pm 5 dB(A)	65 \pm 5 dB(A)	50-55 dB(A)	55-60 dB(A)

Tabla 4.7: Límites en fachadas de zonas habitacionales aceptables según la OCDE.

Esta información es recopilada de documentos publicados, los cuales se encuentran en la página web de la OCDE (1) y del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2).

4.2.3 Proyecto Harmonoise

El proyecto de Harmonoise llevado a cabo entre agosto 2001 y enero 2005 ha producido métodos para la predicción de los niveles de ruido ambiental, generados por carreteras y vías férreas. Los métodos están desarrollados para predecir los niveles de ruido en términos de L_{den} y L_{night} , que son los indicadores de ruido a mostrar según la Directiva de Ruido Ambiental 2002/49/CE.

El proyecto de Harmonoise proporciona las bases para un modelo genérico de propagación de ruido, que puede ser usado para otros tipos de fuentes aparte de las fuentes de ruido de tránsito de carreteras y de líneas férreas.

Las fuentes como las vías férreas y carreteras son descritas como mecanismos de generación de ruido por separado, es decir se definen como sub-fuentes. Para el ruido de carreteras se ha separado en ruido de rodado (ruedas) y ruido de propulsión (motor), mientras que para vías férrea las fuentes han sido divididas en ruido de rodado, tracción y aerodinámico.

Esto es una gran ventaja cuando, en una segunda etapa de la directiva europea de ruido comience la generación de Planes de Acción. La descripción escogida de las fuentes permitirá una simulación eficiente de ciertas medidas de mitigación para estas.

Es considerada como prioridad en el proyecto Harmonoise mejorar la descripción de las variables climatológicas y su influencia en la propagación del sonido. Una descripción de la propagación sonora por una atmósfera turbulenta o por capas ha llevado a niveles de ruido para 25 clases meteorológicas.

Una ventaja importante de los métodos de Harmonoise comparados con otros métodos existentes es el hecho de que el nivel de precisión dependerá principalmente de la exactitud de los parámetros de entrada escogidos. Esto hace que los métodos sean adecuados para llevar a cabo mapeos de ruido, donde normalmente se necesita o se tiene menos información acerca de la fuente y del área de mapeo, pero también para cómputos detallados en caso de estudios de evaluación de ruido.

Los métodos hacen una distinción clara entre la descripción de las fuentes, por una parte, y la descripción de la propagación sonora por otra. Como resultado, el modelo de propagación es un modelo genérico que puede ser utilizado para otras fuentes aparte del tránsito de carretera o ferroviario.

Las fuentes de ruido de carreteras y de vías férreas son descritas como una serie de fuentes puntuales, cada una con su posición propia, nivel de potencia en tercio de octava y directividad, que dependen de las condiciones de funcionamiento de la fuente. Al hacer esto, se pueden incluir medidas en el cálculo de nivel de potencia sonora de una fuente puntual. De esta manera la eficiencia de ciertas medidas de mitigación, que afectan únicamente la generación del ruido, puede ser predicho.

La fuente (por ejemplo el vehículo combinado con el camino o riel) se describe como un grupo de fuentes puntuales, cada sub-fuente con su propia posición (altura sobre su infraestructura), su propia densidad espectral de la potencia sonora y su propia directividad. Se asumen los grupos de fuentes como fuentes incoherentes. Los niveles de potencia sonora dependen de las condiciones de funcionamiento de la fuente. Parámetros obvios son velocidad y cantidad de vehículos por unidad de tiempo, pero muchos otros parámetros deben ser considerados (en el caso de que los parámetros estén disponibles, en caso contrario, se usarán parámetros por defecto).

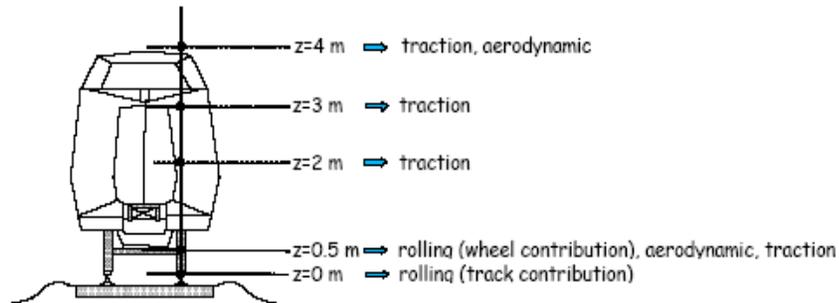


Figura 4.12: Ubicación de las sub-fuentes en relación a una fuente.

La ubicación de las sub-fuentes es escogida para que (mientras sea posible) una fuente puntual represente un solo ruido del mecanismo. En algunos casos, diferentes sub-fuentes se combinan en la ubicación de una fuente (Figura 4.12). Para vehículos de camino, la fuente puntual más baja representa claramente el ruido de rodado y la fuente superior representa el tren de potencia y el ruido del escape. La base científica no se mantiene en su totalidad, ya que el ruido de rodado considera el efecto combinado del bombeo de aire y la excitación mecánica del roce, pero mientras una relación viable entre la generación de ruido y parámetros operacionales tales como velocidad, tipo neumático y tipo superficie del camino puedan ser establecidos, se considera aceptable combinar diferentes fenómenos generadores en una fuente puntual. La ubicación de fuentes, en términos de dirección vertical y horizontal, es escogida para que sean lo más cercano a la ubicación “real” en relación al eje longitudinal del camino o riel.

El trabajo se concentró en valorar la influencia de diferentes parámetros en el nivel de potencia sonora irradiado por la fuente. Esta influencia forma la base para una estructura de categorización vehículos y superficies de caminos y rieles. Para algunos parámetros, las relaciones de dependencia pueden ser derivadas de los últimos métodos de predicción existentes. En otros casos, se llevan a cabo pruebas en escala completa o en modelos de simulación para aclarar las dependencias apropiadas. Como resultados de estos experimentos, algunos parámetros pueden ser eliminados ya que se prueba que son irrelevantes.

Fuentes de camino

El modelo de fuente para vehículos de camino es un gran paso adelante en comparación a los modelos actuales de predicción. Las nuevas características más importantes son la separación del

ruido de rodado del ruido de propulsión y la especificación de las alturas de las fuentes y directividad. Se han definido 5 categorías diferentes del vehículo, cada una representada por 2 fuentes puntuales en alturas diferentes, cada fuente puntual con su propia característica de directividad. Estos datos se refieren a una condición de referencia definida por una velocidad constante, una superficie específica del camino y una temperatura específica. Para condiciones diferentes de las condiciones de la referencia, se dan correcciones para temperatura, superficie de camino, aceleración y desaceleración, humedad de los caminos y neumáticos de invierno.

Fuentes de vías férreas

Para el ruido de rieles, tres fuentes principales de ruido son establecidas: ruido de tracción, ruido de rodado y el ruido aerodinámico, los cuales han sido distribuidos en 5 alturas de fuente. Esto significa que algunas alturas de fuente combinan dos o tres mecanismos generadores de ruido. Se ha innovado estructuralmente el modelo de fuente de ruido de rodado al separar el mecanismo de excitación (roce) con el sistema de respuesta. Una descripción más física de los mecanismos de excitación, basados en la caracterización por separado la aspereza de la rueda y el riel, y la respuesta del sistema el poder predictivo del modelo. Primero porque facilita una descripción certera de la aspereza y de los cambios de aspereza en el tiempo (por ejemplo conservación) y el lugar. Segundo, separando la respuesta de sistema en una parte de vehículo y una parte de riel, el ruido generado por cualquier vehículo en cualquier riel puede ser calculado sin tener que medir cada combinación posible. Otro resultado importante es el formato de la base de datos, el cual los parámetros de rieles y vehículos a los niveles de ruido de tracción, rodado y aerodinámicos. Aunque el modelo pueda ser complejo en algunos puntos, la aplicación de este modelo en el ruido software mapeo es sencillo y es comparable con modelos existentes.

4.2.4 Métodos de predicción de Carreteras

De los diversos métodos para predecir el ruido de carretera, los software estudiados utilizan los siguientes métodos: método alemán RLS 90 y DIN 18005, método austriaco RVS 3.02, método francés XPS 31.133 (NMPB), método inglés CRTN, método estadounidense FHWA, métodos nórdicos Nordic Traffic Noise Prediction y Nord 2000 Straße, métodos suizo StL 86, StL 95, StL 97 y el método japonés ASJ RTN. La norma que recomienda la directiva europea para predecir el ruido de carreteras es la francesa XP S 31.133 (NMPB), esta y otras normas se describen brevemente a continuación.

4.2.4.1 Método Francés (XP S 31.133)

Como primer paso, para poder emular una fuente lineal esta norma convierte el camino en una serie de fuentes puntuales. Esta segmentación depende principalmente la uniformidad de los factores que afectan la emisión y la propagación y el detalle que se busque.

Luego, determina el nivel de intensidad sonora por cada fuente elemental (en bandas de octava y niveles con ponderación A). Los niveles de emisión acústica se determinan de acuerdo a la "Guide du Bruit" (Guía de Ruido) (3) y toma en cuenta la densidad de tránsito por cada categoría de vehículo, las características del tránsito (continuo, pulsado, pulsado acelerado y pulsado desacelerado) y la gradiente del segmento en análisis. Se recomienda utilizar correcciones por tipo de pavimento.

Después de obtener todos los datos de emisión, se revisan todos lo posibles caminos de propagación entre cada fuente y el receptor (camino directo, reflejado y difractado). Para cada uno de los caminos de propagación se determinan los parámetros de divergencia geométrica, absorción atmosférica, absorción de suelo, factor de difracción (para *condiciones atmosféricas favorables* y *condiciones atmosféricas uniformes*) y en otros objetos y finalmente reflexiones que influyencien el nivel final.

Este método determina el nivel a largo plazo de acuerdo a condiciones favorables y condiciones uniformes, y la posibilidad de ocurrencia para condiciones favorables.

Luego se combinan las contribuciones para los descriptores por cada uno de los caminos de propagación para calcular el descriptor en un punto receptor para cada banda de octava, para finalmente calcular el nivel final en el receptor en niveles con ponderación A.

Las limitaciones de este modelo consisten en que los cálculos del punto receptor deben ser con una altura mínima de 2 metros de altura, los resultados obtenidos por este modelo son significativos hasta 800 metros desde la ruta a modelar, los cálculos llevados a cabo cerca de edificios debe ser a una distancia mínima de 2 metros y la velocidad mínima de modelación es de 20 kilómetros por hora.

4.2.4.2 Método Británico (Calculation of Road Traffic Noise, CRTN)

Como primer paso divide el camino en segmentos para tener variaciones de nivel pequeñas (léase diferencias menores a 2 dB), esta segmentación también toma en cuenta características geo-espaciales del sector estudiado (presencia de barreras, reflectores, etc.).

Calcula el nivel de ruido base, es decir, el nivel a una distancia de referencia de 10 metros del carril más cercano del sector en estudio. Este nivel es una función del flujo de tránsito, las velocidades medias, composición de tránsito (porcentaje de vehículos pesados), la gradiente del segmento de la ruta en consideración y el tipo de superficie (3 tipos diferentes).

Determinar el nivel de ruido en el punto receptor por cada uno de los segmentos, tomando en cuenta los modos de transmisión. El nivel obtenido se corrige por efecto de pantallas o absorción de suelo. Luego en el punto receptor se corrige el nivel proyectado tomando en cuenta las características geo-espaciales (reflexiones y tamaños de segmentos de fuente).

Finalmente, para obtener el valor final de inmisión del camino completo en un punto receptor, combina la contribución hecha por cada uno de los segmentos y se muestra a través del percentil L_{10} para un período de 1 ó 18 horas.

Este método también cuenta con procedimientos específicos para configuraciones particulares tales como caminos curvados, lugares con gran cantidad de caminos, cruces y caminos con la presencia de pantallas.

Las limitaciones de este método están dadas por la cantidad de autos por hora, la cual no puede ser menor a 50 autos por hora y los resultados de este modelo son significativos hasta 300 metros del camino en estudio.

4.2.4.3 Método Holandés (SRM I & II)

Este método se basa en los radios de curvatura del modelo con condiciones meteorológicas favorables y calcula el apantallamiento de barreras mediante la teoría de Maekawa. El principio de funcionamiento es el siguiente:

Divide los ángulos de visión del camino en sectores elementales en base a puntos de referencia. En la ausencia de configuraciones especiales que requieran mayor precisión, generalmente se toma un ángulo de apertura de 5°. Identifica la(s) fuente(s) puntual(es) equivalente(s) a la(s) fuente(s) lineal(es) que representan el ruido producido por el tránsito en la sección interceptada por el ángulo en estudio. En la práctica, estas fuentes puntuales, son ubicadas en la intersección de las fuentes lineales con el plano medial del sector en estudio.

Luego se determina, por cada tipo de vehículo, la emisión del sector bajo estudio en base al flujo de tránsito, la velocidad media de los vehículos, el gradiente y tipo de superficie de la sección en estudio.

Determina la atenuación del nivel de ruido producto debido a los modos de transmisión. Determina la atenuación producto de la absorción del aire (fuente: estándar ISO-DIS 3891 para temperatura de 10° y 80% de humedad relativa del aire), de la absorción del suelo (dividida en 3 zonas donde hay mayores zonas de impacto en las zonas donde se ubican el emisor y el receptor) y las condiciones meteorológicas.

Determina la corrección debido a la posible presencia de pantallas y atenuación debido al antes mencionado efecto de suelo. Luego determina la corrección tomando en cuenta la presencia de cruces de caminos a menos de 150 metros del punto de referencia o de un obstáculo a menos de 100 metros del punto de referencia.

Aplica un factor de reducción a los niveles que se originan por reflexiones. Calcula la categoría del vehículo en bandas de octava, por sector y por fuentes puntuales incluidas en cada sector del nivel equivalente al punto de referencia. Finalmente, se obtiene el nivel total combinando las bandas de octava para un período de 24 horas.

4.2.4.4 Método Alemán (RLS-90)

Como primer paso, para poder emular una fuente lineal esta norma convierte el camino en una serie de fuentes puntuales. De esta segmentación depende principalmente la uniformidad de los factores que afectan la emisión y la propagación del sonido, además del detalle que se busque.

Luego, determina el nivel de intensidad sonora por cada fuente elemental (en bandas de octava y niveles con ponderación A). Los niveles de emisión acústica se determinan de acuerdo al tipo de vehículos los cuales están divididos en dos categorías (livianos y pesados) y toma en cuenta la densidad de tránsito por cada categoría de vehículo, la gradiente del segmento en análisis (que sea mayor al 5%) y correcciones por tipo de pavimento.

Determina el nivel a largo plazo de acuerdo a condiciones favorables y condiciones uniformes, y la posibilidad de ocurrencia para condiciones favorables.

Luego se combinan las contribuciones para los descriptores por cada uno de los caminos de propagación para calcular el descriptor en un punto receptor, para finalmente calcular el nivel final en el receptor con un descriptor L_{eq} de 1 hora con ponderación A.

Las limitaciones de este modelo consisten en que los cálculos del punto receptor deben ser con una altura mínima de 4 metros de altura y la velocidad mínima de modelación es de 30 kilómetros por hora.

4.2.5 Métodos de predicción de Industria y Propagación

Los softwares estudiados llevan a cabo las propagaciones de ruido de las diversas fuentes que soporta (incluidas las industrias) mediante las siguientes normas: DAL 32, ISO 9613, ÖAL 28, BS 5228, DIN 18005, Nord2000 para industria, VDI 2714/2720, Concawe, ASJ CN (2002), TNM de industria y Harmonoise. La directiva europea recomienda la utilización del método de propagación ISO 9613, éste método y Nord2000 se describen brevemente a continuación.

4.2.5.1 ISO 9613

El método de la norma ISO 9613 consiste en algoritmos de bandas de octava con bandas de frecuencias medias (desde 63 Hz a 8kHz). Para calcular la atenuación acústica desde un punto emisor o un grupo de puntos emisores (las cuales pueden ser fijas o móviles). Las predicciones están basadas en niveles de potencia de la fuente en bandas de octava.

Se especifican algoritmos para determinar las atenuaciones que afectan la propagación del ruido. Se calcula el efecto de la divergencia esférica que se propaga en campo abierto desde una fuente puntual. Luego se calcula la atenuación debido a la absorción atmosférica durante una propagación a una distancia dada. Luego se determina la cantidad de ruido en la superficie del suelo, esta atenuación está dada principalmente por las superficies cercanas al receptor y al emisor, estas superficies se dividen en tres grupos: la región del emisor, la región del receptor y la región media. Todas las zonas están compuestas por tres tipos de suelos: suelo duro, suelo poroso y suelo mixto.

Luego determina la atenuación de objetos los cuales se comportan como pantallas acústicas, estos pueden ser barreras naturales (cerros, quebradas, formaciones topográficas, etc.) o barreras artificiales (muros, edificios, etc.).

Luego se determina la atenuación por reflexiones, esto se hace a través del método de fuentes virtuales, se toman en cuenta obstáculos reflectantes como por ejemplo las fachadas de edificios los cuales podrían aumentar el nivel de presión en el punto receptor. No se toman en cuenta las reflexiones en el suelo ya que estas son calculadas en una etapa anterior.

Finalmente se determina la atenuación de ruido por efectos misceláneos tales como atenuación por follaje de árboles, atenuación por *sítio* haciendo referencia a áreas industriales, donde toma en cuenta también la atenuación producto de las instalaciones (tuberías varias, válvulas, cajas, elementos estructurales, etc.), atenuación por área habitada aplicable cuando el punto receptor o la fuente emisora se encuentran en zonas habitacionales, donde las casas pueden causar algún tipo de atenuación, aún así esta atenuación puede ser compensada por una propagación entre las casas y reflexiones en otras casas en las cercanías, este efecto combinado de apantallamiento y reflexiones constituye el efecto de área habitada.

4.2.5.2 Método Nórdico (Nord2000)

Este modelo de propagación predice los niveles de presión sonora en un punto receptor en bandas de tercio de octava (entre las bandas de 25 Hz y 10 kHz). El modelo de predicción es válido para fuentes puntuales y las predicciones están basadas en niveles de potencia de la fuente en bandas de tercio de octava.

Luego se determina el efecto de la propagación por divergencia esférica de la energía sonora, luego calcula el efecto de la atenuación en la propagación por el efecto aire, luego se calcula el efecto en la propagación del terreno mediante una simplificación de las inclinaciones del terreno entre el punto receptor y el punto emisor, tanto el factor suelo como barreras naturales. Posteriormente se determina el efecto en la propagación de las zonas de dispersión (asignándole una impedancia acústica y parámetro de rugosidad), para la zona donde se ubica la fuente y el receptor. Finalmente se calcula el efecto en la propagación de las dimensiones y las propiedades de los obstáculos para calcular el aporte de las reflexiones en los posibles obstáculos.

4.2.6 Métodos de predicción de Aeronaves

Los métodos para describir el ruido de aeronaves utilizados por los softwares son únicamente cuatro: AzB y DIN 45684 de Alemania, ECAC Doc. 29 de Europa y ÖAL 24 de Austria. A continuación se describen brevemente los tres primeros métodos nombrados.

4.2.6.1 AzB

AzB es la guía para el cálculo para áreas de protección de ruido en aeropuertos civiles y militares de acuerdo al acta Alemana de ruido de aeronaves. El modelo está basado en el máximo nivel de presión sonora L y una duración del sonido t las cuales son las únicas variables dependientes de datos acústicos y de vuelo, los cuales son característicos de cada aeronave como así la distancia s , la altura angular α y el largo del arco σ como se muestra en la Figura 4.13.

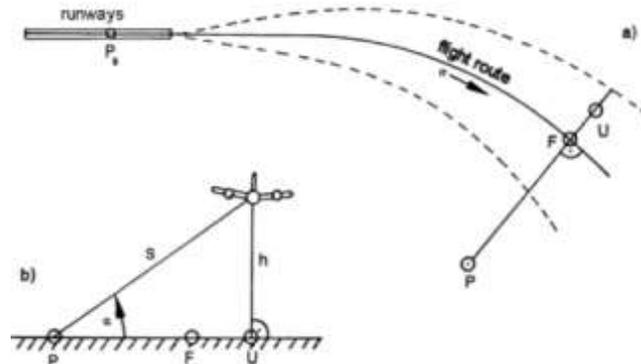


Figura 4.13: a) Proyección al plano de referencia, b) Sección a lo largo de la línea P-U.

La distancia s es la distancia de la aeronave al punto de inmisión P cuando vuela sobre el punto U . La altura angular α incluye la conexión en línea recta con el avión y el punto de referencia P con el plano de referencia. El largo del arco σ es la distancia entre el pie F de la perpendicular hacia el suelo de la ruta de vuelo desde el punto de inmisión P y el punto de referencia en la pista P_B medido a lo largo de la ruta de vuelo.

Con el aumento de la distancia s , el nivel L disminuye mientras que la duración del ruido t aumenta. Si la altura angular α es pequeña, la absorción del suelo genera una disminución del nivel L . El largo del arco σ es relevante mientras la potencia del motor y la velocidad de vuelo cambian a lo largo de la ruta de vuelo. En la medida que la potencia del motor aumente, el nivel L aumenta con la velocidad de vuelo y la duración del ruido t disminuye.

4.2.6.2 Método Conferencia Europea de Aviación Civil documento 29 (ECAC Doc. 29)

Este método tiene como datos de entrada datos de potencia acústica y de aviones, las cuales se obtienen de datos tabulados. Se determina un nivel de inmisión con ponderación A resultante de la contribución parcial de todos los segmentos de su ruta aérea.

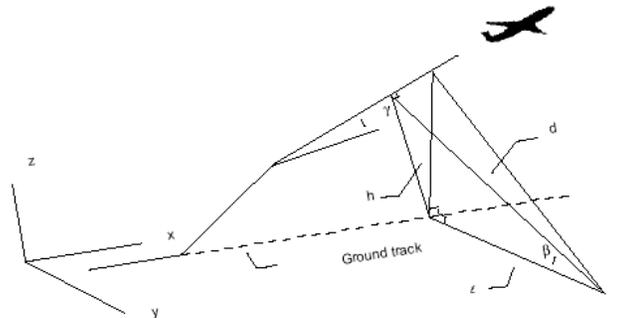


Figura 4.14: Esquema de variables para el cálculo.

La ruta aérea se modela con líneas rectas (segmentos mayores a 3 metros), cada una con aceleración y velocidad constante. La distancia más corta desde la ruta aérea al punto receptor, es usada para describir la distancia al segmento en estudio. Esto se obtiene de la distancia perpendicular l entre el punto receptor y la pista, la altura de la aeronave h en este punto y el ángulo de escalada γ de cada segmento (4).

La proporción de la energía acústica incidente en el receptor de cada segmento de la ruta se define por la forma del ángulo de visión del receptor. La proporción de cada segmento se reduce con la disminución del ángulo de visión. La inmisión total está dada por la suma energética de todas las emisiones de los segmentos de ruta.

4.2.6.3 Método DIN 45684

Este método se aplica para aeronaves ultra livianas, hidroplanos y jets con peso de despegue máximo hasta 20 toneladas y para helicópteros con un peso de despegue máximo hasta 10 toneladas. El cálculo asume una fuente puntual en movimiento con una potencia acústica y velocidad conocidos en el plan de vuelo. Las rutas de vuelo se consideran como fuentes lineales, las cuales se segmentan con condiciones predeterminadas y luego se reemplazan con fuentes puntuales. Las rutas aéreas se modelan con segmentos de líneas rectas, a esta segmentación se le aplica un factor de rastreo (cociente de la longitud de la sección dividido por la distancia al punto receptor) de 0,5 considerando que la emisión de los segmentos adjuntos no debiera variar en más de 1 dB. El cálculo de la propagación se hace de acuerdo al estándar ISO 9613 parte 2.

4.2.7 Métodos de predicción de ruido Ferroviario

De los diversos métodos existentes los softwares analizados utilizan los siguientes métodos: Schall 03, DIN 18005, Transrapid, ÖAL 30, CRN, RMR I & II, Semibel, método nórdico NMT 98, Nord2000 ferroviario, Japan Narrow Gauge Railways de Japón, modelo de trenes de Hungría y el modelo de la FTA (Federal Transportation Administration). La directiva europea recomienda la utilización del método holandés de predicción RMR 2002, este y otros métodos se describen brevemente a continuación.

4.2.7.1 Método Alemán (Schall03)

El cálculo del modelo está basado en los niveles de potencia acústica en bandas de octava, los cuales describen la emisión en diversas alturas de distintos vehículos, fuentes de ruido y partes de fuentes de ruido, como por ejemplo la composición de las ruedas y rieles, ruido de motor, etc. La versión de 2006 del método Schall03 toma en cuenta las reducciones de los niveles de emisión derivada del mejoramiento de la tecnología alemana en el campo ferroviario. La propagación del ruido se lleva a cabo mediante el estándar ISO 9613 parte 2.

4.2.7.2 Método Holandés (RMR 2002)

RMR 2002 es el método holandés para predecir los niveles de presión sonora producto de las vías férreas. Este método se compone de tres procedimientos (A, B y C).

El procedimiento A es un método simple para la caracterizar acústicamente un tren específico en una base de datos de 9 categorías de trenes. Esta caracterización se hace comparando una medición de un tren específico (mediante una estación de monitoreo) en bandas de octava, con los espectros de la base de datos. Al tren medido se le asigna una de las nueve categorías dependiendo de la similitud entre la medición y la base de datos. En caso de ser necesario se aplica un factor de corrección por la rugosidad de las vías donde transita el tren medido.

El procedimiento B es un método extendido para caracterizar acústicamente un tren y añadir una categoría más la base de datos existente en Holanda. En este procedimiento se separa al tren en 5 focos de emisión de ruido diferentes a cinco alturas, para determinar exactamente la procedencia del

ruido en el tren. Estos focos de ruido (y sus alturas de medición sobre el carril) son: ruido de tracción (0,5, 2 y 4 metros); ruido de rodadura (hasta 50 centímetros de altura) diferenciando el ruido emitido por el carril y el ruido emitido por la rueda; ruido aerodinámico (0,5, 2, 4 y 5 metros) y ruido de frenado (50 centímetros). Después de la caracterización se suma la contribución de cada uno de los focos en función de la velocidad y la altura.

El procedimiento C consiste en la descripción de la metodología para agregar nuevos tipos de vías a la base de datos existente de vías. Esto para corregir adecuadamente la emisión de los trenes cualquier tipo de vía utilizada.

4.2.7.3 Método Británico (Calculation of Railway Noise, CRN)

El modelo británico está basada en un descriptor tipo SEL el cual provee el ruido base para el ruido de rodado a 25 metros en función de la velocidad para vehículos individuales. Luego se aplica una corrección por cada tipo de vehículo. Estas funciones son derivadas de bases de datos de la British Railways Research (Investigación de Trenes Británicos). Este método también toma en cuenta el ruido adicional producido por las locomotoras diesel, con sus respectivos factores de corrección derivados de la clase de vehículos. Una versión posterior (1996) provee una información para los trenes de Eurostar Star Channel, tomando en cuenta los niveles significativos de los ruidos de hélices.

4.3 Metodología de calibración del modelo

Al revisar la documentación internacional respecto al método de calibración de los mapas de ruido, no existe documentación oficial de cómo realizarla. Los usuarios de los softwares de modelación indican que el ajuste del nivel proyectado por el programa de predicción debe realizarse en dicho programa, aumentando o disminuyendo el nivel proyectado, de modo que este se ajuste al valor medido. Lo que no se indica es como se obtiene ese valor empírico. La metodología varía por cada usuario.

El proyecto IMAGINE (Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment), ligado al proyecto Harmonoise, entrega una guía de cómo realizar los mapas de ruido con mediciones acústicas. Esta guía nos da una referencia directa de cómo se deben realizar las mediciones de ruido para ser comparables y comparadas con las modelaciones acústicas para estos mapas.

En su documento "Paquete de Trabajo 3: Determinación de L_{den} y L_{night} usando mediciones" es posible establecer claramente las mediciones que se deben realizar y la metodología a utilizar. El método descrito en este documento pretende tenerse como referencia para muestrear ruido en exteriores y verificar la calidad de las predicciones realizadas por software. Esto último es lo que asegura que este tipo de mediciones son las que se deben utilizar para calibrar el modelo. La metodología descrita es utilizable para tránsito vehicular, tránsito ferroviario, tránsito aéreo y plantas industriales.

En principio se describen dos métodos: mediciones de larga duración y mediciones de corta duración. Las mediciones de corta duración son utilizadas para medir una fuente bajo condiciones de operación y meteorológicas específicas. Los resultados son incorporados a un método de cálculo que determina los valores L_{den} . Las mediciones de larga duración involucran mediciones de ruido en un período largo de tiempo, que considera variadas condiciones meteorológicas y de operación de la fuente. En general las mediciones de larga duración son más exactas y poseen menos incertezas que las de corta duración.

Las características del equipamiento a utilizar son indicadas en dicho documento, así como metodología de medición. Algunas de estas características son:

- Sistema de medición (sonómetro) Clase 1 de acuerdo a IEC61672-1.
- Para mediciones en bandas de octavas o tercio de octavas deben cumplirse los requerimientos de la IEC61260.
- Para mediciones exteriores debe usarse protector contra el viento para el micrófono.
- Para mediciones supervisadas por un operario, se debe calibrar inmediatamente antes y después para cada serie de mediciones, con un calibrador sonoro Clase 1 de acuerdo a IEC60942. Las mediciones resultarán válidas sólo si entre las dos calibraciones existe una diferencia menor a 0,5 dB.
- Para mediciones no supervisadas por un operario, se debe calibrar mediante una señal eléctrica conocida, antes y después de la medición.
- La calibración se debe efectuar a lo menos una vez por día.
- El sitio de medición debe escogerse de manera de minimizar los efectos del ruido residual de fuentes de ruido no relevantes.
- La ubicación del micrófono debe establecerse a una altura de $4 \pm 0,2$ metros.

Una vez realizadas las mediciones, los resultados son incluidos en los métodos de cálculo indicados tanto para mediciones de larga duración como de corta duración, los cuales finalmente entregan el valor L_{den} solicitado para los mapas de ruido.

4.4 Mapas de Ruido en Europa

La Unión Europea establece que uno de los principales pasos para desarrollar un programa de manejo ambiental del ruido es la cuantificación del ruido ambiental existente al momento de realizar el estudio. Esto provee una base sólida para formular políticas ambientales para el manejo del ruido. Para asegurar una equivalencia de esto a través del Consejo y del Parlamento Europeo se adoptó la Directiva Europea de Ruido (END) 2002/49/CE. Para el caso de Europa, la información de la Directiva es cruzada con la información existente en cada país y de acuerdo a esto se crean Regulaciones Ambientales de Ruido a nivel local.

Los mapas de ruido son el punto de partida para plantear y ejecutar los planes de acción locales adoptados por cada país. Estos planes deben ser diseñados para gestionar todos los temas relativos al ruido y conocer sus efectos en la población, incluyendo la reducción de los niveles problemáticos si

fuera necesario. Estos planes deben considerar de la misma manera las áreas de menor ruido o silenciosas.

De acuerdo a la Directiva se necesita autoridades competentes de manera de gestionar la creación de mapas de ruido estratégicos ya sea para carreteras, trenes, aeropuertos y aglomeraciones, utilizando indicadores de ruido como $L_{\text{día}}$ y L_{noche} . Estos mapas serán utilizados para determinar la población potencialmente afectada a los posibles niveles de ruido.

Se requiere que la población esté informada acerca de lo que se está realizando y se le consulte acerca de la exposición al ruido y de los efectos que le provoca. Los procesos de información a la población, encuestas y las decisiones acerca de los temas relativos a los problemas de ruido son llamados "Procesos de planificación de acciones". Los planes de acción finales se traducirán en la reducción de ruido donde sea necesario y en mantener una buena calidad de ruido ambiental.

La Directiva no fija ningún límite para los niveles de ruido ni establece ningún plan de acción a realizarse, estas recaen exclusivamente en las autoridades competentes.

De acuerdo a la Directiva deben existir dos etapas en el proceso de creación de los mapas de ruido. Los objetivos principales para la primera etapa de la modelación tomando en consideración la directiva europea son:

- Informar a las autoridades locales y competentes acerca de los problemas de ruido ambiental y exigir la preparación de mapas de ruido estratégicos.
- Tomar en consideración carreteras que tienen un tránsito mayor a 6 millones de vehículos al año.
- Ferrocarriles con tránsito mayor que 60.000 trenes al año.
- Aeropuertos con movimientos mayores a 50.000 al año.
- Industria y transportes en sectores de aglomeración. (una aglomeración es una gran área urbana con una población sobre 250.000 y una densidad de población de más de 500 personas por kilómetro cuadrado)

Estos mapas de ruido deben ser adaptados cada 5 años.

A nivel de la Comunidad Europea, la comisión de estados miembros intenta establecer métodos comunes de evaluación, pero de todas formas estos no pueden ser aplicables a la primera etapa de mapeo debido a las distintas situaciones para cada país.

Una vez que estos métodos comunes estén disponibles, la Comisión exigirá la utilización de estos nuevos métodos para el cálculo de los niveles de ruido utilizando los descriptores necesarios. Proyectos como Harmonoise e Imagine comenzaron a entregar nuevos métodos armonizados y directrices. La implementación de la Directiva será revisada por la Comisión después de que cada etapa de mapeo, en conjunto con los Planes de Acción, estén completados. Esto puede dar lugar a cambios en el enfoque necesarios para la ejecución de la segunda etapa de mapeo y la elección los Planes de Acción.

El proyecto IMAGINE (Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment.) provee líneas de acción, ejemplos y bases de datos para una rápida y efectiva implementación de los métodos computacionales para el cálculo de ruido dados por Harmonoise en la Comunidad Europea. Mientras el proyecto Harmonoise está enfocado en métodos de predicción para carreteras y ruido de trenes, el proyecto IMAGINE extiende el rango de acción hacia ruido aéreo y fuentes industriales. Ambos proyectos en conjunto están siendo utilizados desde 2007 de acuerdo a la Directiva Europea para la realización de mapas estratégicos de ruido y para ayudar de manera más eficiente a los planes de acción.

De esta manera, se pueden resumir los planes de acción y los caminos para llegar hasta la realización del mapa de ruido en el diagrama que se muestra a continuación:

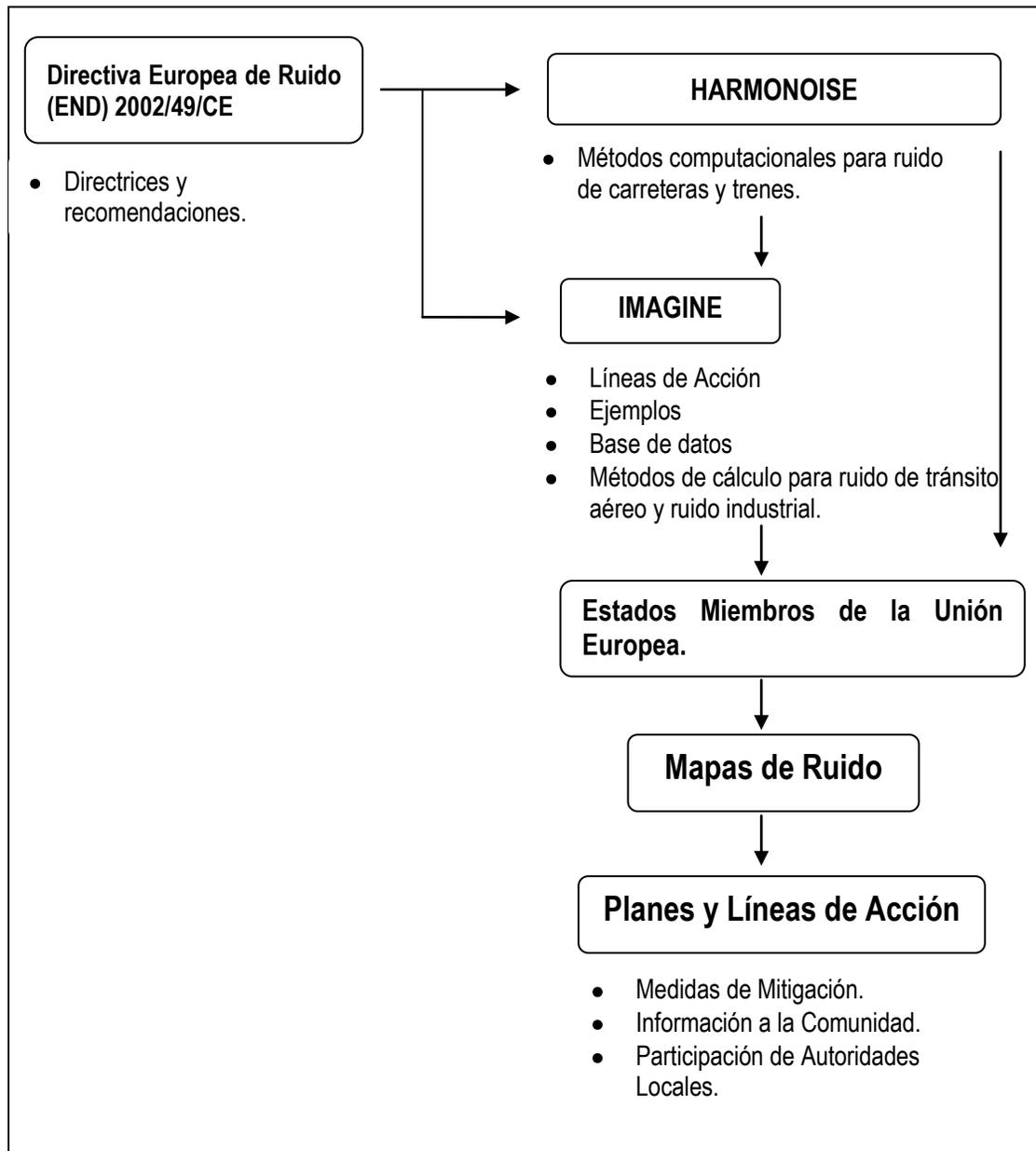


Figura 4.15: Flujo grama de la Directiva Europea 2002/49/CE.

A modo de ejemplo, en el modelo de mapa de ruido de Escocia, para la primera etapa de modelación, se toman en consideración las recomendaciones dadas por la Directiva, en conjunto con los proyectos Harmonoise e Imagine.

Para el modelo de la primera instancia de acuerdo a lo descrito en la Directiva, solo se mapearon esencialmente carreteras y vías principales donde existiera un tránsito de más de 6 millones de vehículos al año, como también varias vías con “aglomeraciones”. De manera similar para los trenes, en una primera instancia se toma un tránsito mayor a 60.000 trenes por año así como todos los sectores de aglomeración. Para la segunda etapa, se tomará un tránsito mayor a 30.000 trenes por año.

Para la segunda etapa se toman áreas urbanas con más de 100 mil habitantes, carreteras con un flujo mayor a 3 millones de vehículos y para los ferrocarriles se toman líneas con un flujo mayor a 30 mil trenes por año. De esta manera se van disminuyendo los límites de información para ingresar en el modelo y este se va haciendo más sensible y se pueden abarcar mayores extensiones.

Este modelo está calculado en base a una grilla de 10 m con una altura de 4 m alrededor del suelo, de acuerdo a lo estipulado en la directiva. De esta manera con un punto receptor ubicado a 4 metros sobre el nivel del suelo y tomando en cuenta que el promedio del "oído" se encuentra a alrededor de 1,2 – 1,5 metros sobre el nivel del suelo, queda de manifiesto que los mapas no pueden ser utilizados para determinar el nivel de ruido al exterior de alguna vivienda en particular, sino que entregan el nivel global de ruido en el sector.

Los Mapas de ruido de los aeropuertos son producidos por las autoridades civiles de aviación. Son producidos usando el L_{eq} (16 hrs) en vez del L_{den} . El indicador L_{den} es cual suele usarse para describir la exposición de ruido que producen los aeropuertos. Es necesario mencionar que el indicador promedio anual de L_{den} es diferente que el promedio de verano de 16 horas L_{Aeq} , el cual es utilizado tradicionalmente para describir la exposición al ruido producido por el aeropuerto.

La información necesaria para el cálculo de los niveles de ruido ha sido recopilada consultando con las autoridades competentes locales, incluyendo información de tránsito vehicular, de trenes, tránsito de aviones, contacto con las autoridades locales, etc.

La información en formato SIG (Sistema de Información Geográfica) facilita todo el trabajo, ya que toda la información esta geo-referenciada (ubicación espacial), de esta manera se tiene una visión precisa de los lugares donde existen mayores niveles de ruido. Toda esta información es obtenida mediante organismos especializados en el tema.

Una vez que el mapa de ruido se encuentra completo, sirve de herramienta para determinar el número de personas o viviendas expuestas a ciertos niveles de ruido por cada banda de frecuencia. También se utilizó para evaluar los efectos de determinados planes de acción que serían tomados, como la inserción de barreras de ruido.

Tomando como este mapa de ruido realizado en Escocia y las acciones tomadas al respecto, se pueden observar los plazos y las tareas realizadas de manera cronológica:

1. Ajustar la END (Environmental Noise Directive) con lo que se desea obtener - 18 Julio 2004.
2. Informar a la Comisión Europea y al público acerca de las autoridades competentes - 18 Julio 2005.
3. Informar a la Comisión de los algunos valores de niveles de ruido existentes - 18 Julio 2005
4. Informar a la Comisión acerca de la primera etapa de las fuentes de ruido para ser modeladas - 30 Junio 2005.
5. Recopilación de las fuentes y validación de los datos para la primera etapa de mapas – En curso el 2006 .
6. Término de la primera etapa de mapas - 30 Junio 2007.
7. Informe a la Comisión de la población expuesta al ruido basado en los resultados de la primera etapa de mapeo - 31 Diciembre 2007.
8. Término de la primera etapa de los planes de Acción - 18 Julio 2008.
9. Informe a la Comisión de las aéreas para el mapeo de la segunda etapa - 31 Diciembre 2008.
10. Envío de resumen de los Planes de Acción a la Comisión - 31 Diciembre 2009.

11. Término de la segunda etapa de mapas - 30 Junio 2012.
12. Término de la segunda etapa de Planes de Acción - 18 Julio 2013.

Las fechas anteriores obtenidas del mapa de ruido de Escocia, pueden servir de guía para una futura coordinación de la recopilación de información y del ingreso de estas variables a la modelación de los niveles.

Los resultados obtenidos en la primera etapa de mapeo, utilizando las líneas de acción descritas en la Directiva, son un buen punto de partida para que las autoridades competentes adapten medidas adecuadas en lo referente a la regulación del ruido y el control del ruido ambiental.

4.5 Datos de entrada a modelos

En general, a los softwares de modelación se les pueden introducir información por tres vías principales: digitación manual, importación de otros formatos digitales, o digitalización de planos mediante sistema Digitizer (traspaso directo de papel a digital).

Digitalización manual

La digitalización manual consiste en ingresar todos los elementos que conforman el escenario utilizando las herramientas de CAD que provee el software de modelación escogido y los cuadros de diálogos respectivos para ingresar la información asociada a algún elemento. Mediante este tipo de digitalización se introducen al modelo tanto las formas geométricas de los objetos: distribución de curvas de nivel, formas de edificaciones, trazados de carreteras, parques y áreas verdes, etc., como las características de los elementos que se quieren incorporar, por ejemplo en el caso de las carreteras la composición del flujo (con los parámetros que se especifican en la norma de predicción a utilizar), o la composición espectral de la fuente que se quiera representar (en caso de incorporar fuentes puntuales, lineales o superficiales).

Para la incorporación en el escenario del ruido en aeropuertos, se introducen los datos de: ubicación del aeropuerto, rutas de vuelo, tipos de aeronaves, etc. a través de cuadros de diálogos.

Principalmente se utilizan datos tabulados en las normas de predicción de ruido de aeronaves (AzB, ECAC Doc 29).

Digitizer

Al igual que la digitalización manual de los elementos del escenario, la información debe ser traspasada manualmente al software de modelación, pero en este caso a través de una tableta digitalizadora de planos. Para digitalizar los planos con esta tableta, se “calca” con un sensor la información en el plano, este sensor envía la información de desplazamiento hacia un computador donde se almacena la información del plano de forma digital. En el software de modelación esto resulta en la importación de la geometría de los elementos seleccionados únicamente, sin información de altura ni otro tipo de campo complementario de información, la cual se debe hacer posteriormente con la edición de los elementos en cuestión.

Importación CAD

Los campos importables desde un archivo de CAD, por ejemplo el formato DXF de Autodesk, son los de x y z , es decir, la información de posición espacial. Esto significa que se puede importar la geometría de los elementos que componen el escenario a modelar y su altura. Por ejemplo, se puede importar en su totalidad las curvas de nivel que componen la topografía de un lugar. También es posible importar trazados de caminos, carreteras y calles y su elevación con respecto al terreno, pero no se puede importar información adicional a la ya mencionada, como composición de flujo para el caso de las calles y características como altura o cantidad de habitantes en las edificaciones.

Importación GIS

Al igual que en la importación desde archivos DXF, se pueden importar geometrías desde los archivos en formato GIS, pero a diferencia de los formatos de dibujo gráfico, se pueden agregar en los campos de información que pueden ser asignados a cualquier característica del elemento a modelar. Por ejemplo, si se quiere importar una calle o carretera, se importa la información espacial del elemento (campos de datos XY) y si los campos de información de un elemento lo permiten, asignar cada uno de esos campos a las variables que se desean modelar, como por ejemplo la densidad del tráfico, el ancho de las calzadas, la cantidad de pistas, la composición del pavimento, etc. En el caso de edificaciones, se importa la geometría de la edificación como tal, así como su altura, la cantidad de

pisos, la altura de cada piso, la cantidad de gente que vive en tal edificio, dirección de la edificación, etc. Esta importación es posible en la medida que la información en GIS haya sido preparada para que los campos de información presentes en el archivo coincidan con la información necesaria para introducirla al modelo de predicción. A pesar de lo anterior no es requerimiento que los archivos provenientes de GIS contengan en su totalidad la información necesaria para alimentar al modelo, es posible complementar la información en los cuadros de diálogos del software de modelación.

A continuación se presenta una tabla resumen de los datos de entrada necesarios para crear un escenario de ruido de ciudad y las maneras en las cuales es posible introducir esta información en los software de modelación.

Elemento	CAD	GIS	Digitizer	Digitalización Manual
Tráfico Automotriz				
Ancho de Pista	X	√	X	√
Geometría Calles	√	√	√	√
Pendiente	√	√	X	√
Carpeta	X	√	X	√
Flujo	X	√	X	√
Tráfico Ferroviario				
Geometría Vías	√	√	√	√
Características del Tren	X	√	X	√
Tráfico Aeronáutico				
Ruta Aproximación/despegue	X	X	X	√
Características Aeronave	X	X	X	√
Edificaciones				
Altura	X	√	X	√
Geometría	√	√	√	√
Áreas Verdes	X	√	X	√
Topografía	√	√	√	√
Meteorología	X	X	X	√

Tabla 4.8: Resumen de formas de importación de información a software de modelación de ruido.

Finalmente cabe mencionar que todas las formas de introducir los datos a los softwares de modelación son compatibles entre sí, se pueden introducir elementos desde GIS mientras que se pueden introducir elementos desde DXF y digitizer en el mismo escenario a modelar. Todos los elementos importados son editables en el software de modelación.

En cuanto a las variables que es necesario levantar, existen dos tipos de variables: las que tienen magnitudes preestablecidas y las de magnitudes introducidas por el usuario. En el caso de las variables con magnitudes preestablecidas, son variables propias de los modelos de predicción de ruido las cuales están tabuladas, como por ejemplo los tipos de carpetas de las vías, las características de los trenes y las vías por donde ellos circulan en los modelos de predicción de ruido ferroviario y la mayoría de los datos de entrada para la predicción de ruido de aeronaves (a excepción de los datos del aeropuerto en sí). Asimismo se puede seleccionar el tipo de suelo por donde se propaga el sonido.

Por otra parte, se pueden ingresar *variables de los modelos* de predicción como *variables del escenario* a modelar. Las *variables de los modelos* son datos necesarios para alimentar a los modelos de predicción. En el caso de la modelación de carreteras las variables mencionadas son:

- Las dimensiones del camino (ancho).
- Las características de flujo de las calles modeladas (densidad, velocidad, composición, etc.).
- La pendiente de las calles, la cual es calculada por los software de modelación a partir de la topografía ingresada. Aún así existe la posibilidad de ingresar la pendiente de las calles manualmente.
- El tipo de carpeta de rodado y la distancia a fachadas que se encuentren en las cercanías del punto de emisión establecido (entre 10 a 30 metros dependiendo de la norma que se utilice).

En el caso de los modelos de predicción de ruido ferroviario se ingresa la información de geometría de la vía manualmente, como así datos del tren como largo, número de carros, y las eventuales correcciones del modelo utilizado.

En la predicción de ruido de aeronaves solo se pueden introducir datos del aeropuerto en sí, tales como las coordenadas de ubicación del aeropuerto, dimensiones de las pistas y distancia de referencia al despegue y al aterrizaje con respecto a un punto en la pista.

Para todos los casos mencionados, las magnitudes de geometría y distancias se introducen en metros, mientras que las de velocidad se introducen en kilómetros por hora y las gradientes en porcentaje de elevación. Los flujos vehiculares generalmente se ingresan en vehículos por hora o vehículos por día, mientras que su composición corresponde a la cantidad de vehículos livianos y el porcentaje de vehículos pesados con respecto a los vehículos, o bien, diferenciados entre los vehículos livianos y pesados.

Las *variables del escenario* introducidas por los usuarios es la información que tiene que ver con el medio donde se propaga el ruido, es decir, la topografía del sector estudiado (curvas de nivel, puntos de elevación, etc.), las áreas verdes, las edificaciones que comprenden el escenario que se desea modelar, es decir, las alturas, direcciones, cantidad de habitantes, zonas donde se encuentran, etc. Adicionalmente, la geometría de cada fuente de ruido se considera como variable del escenario, luego, sus propiedades se asignan como parámetro de las variables de modelo. Con respecto a esto último se debe ingresar al modelo de escenario el emplazamiento de las vías de circulación; su segmentación para efectos de poder establecer cambios en las propiedades de la vía a lo largo de su trayectoria; altura y ancho de la vía. En cuanto a las fuentes fijas, se debe ingresar al menos su emplazamiento, geometría y altura en cada caso. El ingreso de estos datos se puede realizar mediante alguno de los 4 métodos presentados en la Tabla 4.8.

A continuación se presenta un análisis de las *variables de los modelos* para ruido de tránsito vehicular, ferroviario, aéreo y de industria, el cual permitirá establecer los requisitos para el levantamiento de información y los parámetros adecuados para su ingreso en los modelos. Dicho análisis se efectúa para dos software: SoundPLAN y CadnaA, debido a la mayor disponibilidad de uso de ambos programas. Adicionalmente se acota una cierta cantidad de modelos a considerar y se establecen los criterios que dan origen a la metodología de levantamiento de información para las variables de los modelos y de escenario, la cual se detalla en el capítulo 5.

4.5.1 Ruido de tránsito vehicular

De acuerdo a información disponible (5) los modelos más utilizados en diversos países de Europa son RLS-90 (Alemania), NMPB (Francia) y CRTN (Gran Bretaña). Esto concuerda también con lo establecido la Directiva 2002/49/CE (6), en cuanto a la recomendación de usar el modelo francés NMPB en el caso de no existir un modelo oficial de uso local. Debido a esto es que se centra el siguiente análisis en estos 3 modelos y se establecen criterios para la obtención y el ingreso de información basado en ellos.

A continuación se muestran las ventanas de ingreso de los parámetros para el software SoundPLAN, considerando cada uno de los 3 modelos por separado. Las ventanas se muestran en el mismo orden en que van apareciendo en el software.

SOUNDPLAN – RLS90

Al seleccionar las propiedades de un segmento de vía ingresado en el *modelo de escenario*, aparecen las ventanas que se muestran a continuación. La primera ventana que se muestra habilita o deshabilita las demás con el botón *Calculado*.

Nivel de emisión: Establece el motor de cálculo del modelo.

- Esta primera ventana permite ingresar manualmente niveles de emisión de un segmento de vía en función del Nivel **LmE** a 25mts desde el centro de la vía para el día y la noche.
- Si se activa la casilla “calculado” el modelo estima el nivel **LmE** a partir de parámetros de entrada, y se da paso a las ventanas de ingreso de información, tal como se muestra en la figuras siguientes.
- El nivel **LmE** calculado por el modelo o ingresado manualmente corresponde a dos tramos horarios: diurno de 6:00 a 22:00 horas y nocturno, desde las 22:00 hasta las 6:00 horas.



Perfil: indica el ancho de la vía y permite establecer distintas distancias asociadas al centro, las calzadas y los bordes de las vías.

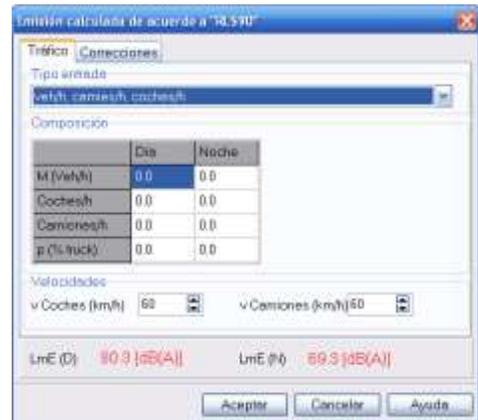
Flujo diario promedio: Permite el ingreso de información general a partir de modelos de tránsito vehicular.

- *Tipo entrada* preestablece valores típicos de las variables detalladas a continuación. No obstante los valores se pueden modificar.
- *IMD* o *ADT* corresponde al flujo total anual de vehículos promediado en un día de 24 horas (equivalente al Tránsito Medio Diario Anual - T.M.D.A.).
- *M* corresponde al promedio de vehículos hora en un tramo horario específico.
- El flujo total diario para cada tramo se establece mediante el parámetro *M/ADT Noche* (casilla con fondo azul).
- La composición del flujo se ingresa mediante porcentaje de vehículos pesados (mayores a 2.8 toneladas) respecto del total.
- Las velocidades de vehículos livianos y pesados se plantean en términos de velocidad máxima de desplazamiento como margen de seguridad.



Flujo promedio hora: Permite el ingreso de información a partir de conteos de vehículos por hora en diversos puntos.

- *Tipo entrada* permite el ingreso de aforo vehicular por horas.
- *Coches / h* corresponde al flujo de vehículos livianos y *camiones / h* al de pesados en un tramo horario específico.
- *M* corresponde al promedio de vehículos hora en un tramo horario específico.
- La composición del flujo se ingresa mediante porcentaje de vehículos pesados (mayores a 2.8 toneladas) respecto del total.
- Las velocidades son iguales que en el caso anterior.



Correcciones: Permite establecer correcciones a los niveles de emisión según gradiente, superficie de vía, etc.

- *Superficie de la carretera* da cuenta del tipo de carpeta, seleccionable de una lista desplegable. Si se conoce, se puede ingresar un factor de corrección manualmente.
- *Reflexión múltiple* toma en cuenta las reflexiones en edificios cercanos. Se puede ingresar manualmente o el modelo lo calcula en función de la distancia entre fachadas y la altura media de los edificios. Esto es útil cuando se tienen elementos de fachada a distancias menores a 25mts y, por ende, el modelo de propagación no los podría considerar.



- *Gradiente (pendiente)* permite su ingreso manual por segmentos de vía o a partir de datos del escenario. Sólo se consideran pendientes mayores a 5%.

SOUNDPLAN – CRTN

Las ventanas de ingreso de datos son muy parecidas al caso anterior y difieren en los campos de entrada específicos del modelo.

Nivel de emisión: Establece el motor de cálculo del modelo.

- Esta ventana permite ingresar manualmente niveles de emisión de un segmento de vía en función del Nivel percentil L_{10} a 10mts para la hora de mayor nivel de emisión $L_{10}(1h)$ (se asume mayor flujo vehicular) y el promedio de un periodo de 18 horas $L_{10}(18h)$.
- Si se activa la casilla “calculado” el modelo estima los niveles L_{10} a partir de parámetros de entrada, y se da paso a las ventanas de ingreso de información, tal como se muestra en la figuras siguientes.
- A diferencia de RLS90, la distancia de 10 metros es considerada desde el borde más cercano de la vía al receptor.



Perfil: Indica el ancho de la vía y permite establecer distintas distancias asociadas al centro, las calzadas y los bordes de las vías.

Flujo diario promedio (18hrs), hora de mayor emisión y correcciones varias: Permite ingresar información general a partir de modelos de tránsito vehicular o de aforos vehiculares para 18 horas y hora peak. Adicionalmente se consideran correcciones varias.

- *Velocidad media* corresponde a la velocidad media de desplazamiento. Al activar la casilla (cuadro 5) se desactiva la corrección del cambio en la velocidad media debido al porcentaje de vehículos pesados y gradiente de la vía¹
- *Flujo de tráfico q* corresponde al número de vehículos por hora punta.
- *Flujo de tráfico Q* corresponde al número de vehículos por un periodo de 18 horas.
- *P* y *p* son los porcentajes de vehículos pesados de cada segmento, mayores a 1,625 toneladas neto.



The screenshot shows a software interface for acoustic calculations. It includes input fields for velocity (v), traffic flow (q and Q), vehicle percentages (P and p), and surface type. A table on the right shows noise levels (L10, Dn, DG, DnAref, L10) for 'hora' and '18 horas'. The results for L10(1h) are 68.7 and for L10(18h) are 63.4.

	hora	18 horas
L10max (dB(A))	72.99	69.99
Dn (dB)	0.98	1.31
DG (dB)		
DnAref (dB)	62.3	62.3
L10 (dB(A))	68.74	63.36

- La corrección por pendiente es interna a partir de las coordenadas z de la calle y la topografía del sector.
- *Reflexión* es similar a RLS90, pero para distancias cercanas a 10 metros.
- *Superficie de la carretera* da cuenta del tipo de carpeta, seleccionable de una lista desplegable. Si se conoce, se puede ingresar un factor de corrección manualmente.

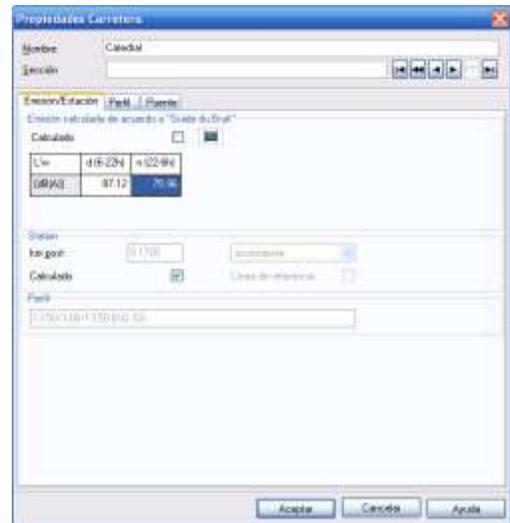
¹ Esta corrección está dada en el texto de la norma y se expresa mediante dos relaciones matemáticas. Es parte íntegra del motor de cálculo.

SOUNDPLAN – NMPB / XP S 31-133

Al seleccionar las propiedades de un segmento de vía ingresado en el escenario, aparecen las ventanas que se muestran a continuación. La primera ventana que se muestra habilita o deshabilita las demás activando el botón *Calculado*.

Nivel de emisión: Establece el motor de cálculo del modelo.

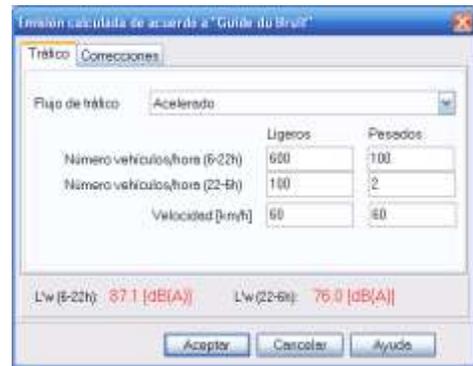
- Esta primera ventana permite ingresar manualmente niveles de potencia acústica característica de un segmento de vía. Se asocian niveles L_{eq} a 30 metros desde el centro de la vía para el día y la noche.
- Si se activa la casilla “calculado” el modelo estima el nivel L_{eq} a partir de parámetros de entrada, y se da paso a las ventanas de ingreso de información, tal como se muestra en la figuras siguientes.
- El nivel L_{eq} calculado por el modelo o ingresado manualmente corresponde a dos tramos horarios: diurno de 6:00 a 22:00 horas y nocturno, desde las 22:00 hasta las 6:00 horas.



Perfil: indica el ancho de la vía y permite establecer distintas distancias asociadas al centro, las calzadas y los bordes de las vías.

Flujo diario promedio: Permite ingresar información general a partir de modelos de tránsito vehicular u obtenida de aforos vehiculares.

- *Flujo de tráfico* es un parámetro complementario a la velocidad que permite establecer cuatro tipos de flujo: continuo fluido, continuo pulsante, pulsante acelerado y pulsante desacelerado.
- *Número de vehículos/hora* corresponde al promedio de vehículos hora en un tramo horario específico.
- La composición del flujo se ingresa por separado mediante los flujos de cada uno. La categoría pesados corresponde a pesos netos mayores a 3,5 toneladas.
- Las velocidades de vehículos livianos y pesados se plantean en términos de velocidad máxima como margen de seguridad.



Correcciones: Permite establecer correcciones a los niveles de emisión según gradiente, superficie de vía, etc.

- *Superficie de la carretera* da cuenta del tipo de carpeta, seleccionable de una lista desplegable. Si se conoce, se puede ingresar un factor de corrección manualmente.
- *Reflexión múltiple* toma en cuenta las reflexiones en edificios cercanos. Ídem a RLS90, pero para distancias cercanas a 30mts.
- *Gradiente (pendiente)* permite su ingreso manual por segmentos de vía o a partir de datos del escenario. Sólo se consideran pendientes mayores a 2%.



Períodos horarios en Soundplan

Todo el análisis presentado se ha hecho en base a dos tramos horarios *Día* y *Noche* (DN) preestablecidos. El horario de dichos tramos es de 6:00 a 22:00 y de 22:00 a 6:00 horas. Al seleccionar las normas con las cuales se desea calcular la emisión de una vía vehicular, se pueden escoger versiones *Día*, *Tarde* y *Noche* (DEN) para cada una de ellas. Las ventanas de ingreso son similares a todos los casos mencionados y se incluye un tercer período. El horario preestablecido es de 7:00 a 19:00, de 19:00 a 23:00 y de 23:00 a 7:00 horas. A modo de ejemplo, la siguiente figura muestra una la ventana para el ingreso de los parámetros asociados al flujo para la norma NMPB. El ingreso de los parámetros puede ser en base al ADT (veh. / 24hrs) con factores *k* para los tramos *Día*, *Tarde* y *Noche* y porcentaje de vehículos pesados. Asimismo, se puede ingresar el flujo diferenciado (livianos y pesados) en términos de *vehículos / hora* para cada tramo horario.

The screenshot shows a software window titled "Emission calculation according to 'guide du bruit (Lden)'" with tabs for "Traffic", "Speed", "Traffic flow", and "Additions". The "Traffic" tab is active. It contains the following fields and tables:

Input type: Percentages manually on ADT
 Road type: [empty] >>
 One-way traffic In entry direction ADT[Veh/24h] 19820

	Veh/h[d]	k[d]	Veh/h[e]	k[e]	Veh/h[n]	k[n]
	391.0	0.05000	594.6	0.03000	555.0	0.02900

	Veh/h[d]	p[d](%)	Veh/h[e]	p[e](%)	Veh/h[n]	p[n](%)
Light	872.1	88.0	547.0	92.0	495.5	90.0
Heavy	118.9	12.0	47.6	8.0	55.5	10.0

Levels	d(7-19h)	e(19-23h)	n(23-7h)
[dE(A)]	88.72	86.01	85.96

Gradient: 0.0 [%]
 Driving on right side

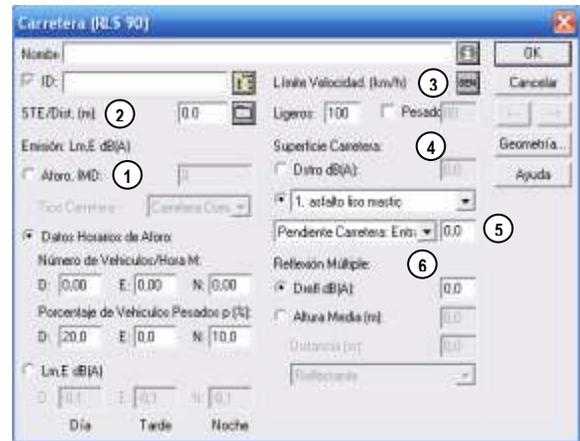
Buttons: OK, Cancel, Help

CadnaA

A diferencia de SoundPLAN, en CadnaA se presenta todo el ingreso de los parámetros en una misma ventana. Sólo se diferencian algunos parámetros dependiendo del modelo utilizado. A continuación se describe la ventana de ingreso correspondiente a cada modelo: RLS-90, CRTN y NMPB.

RLS-90

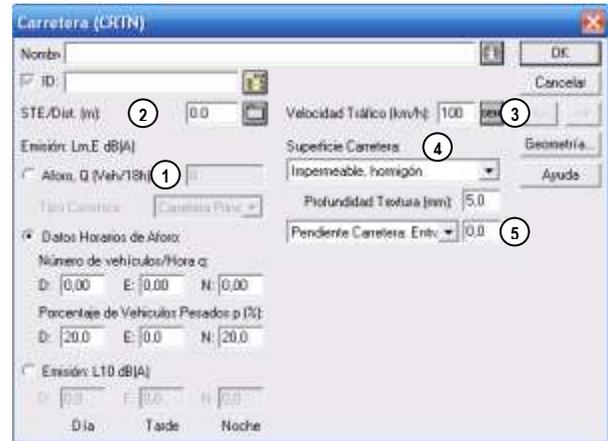
- ① Se puede elegir entre ingresar flujo vehicular por *promedio diario medio* (IMD), *vehículos / hora* para día tarde y noche (DEN), o bien, ingresar directamente los niveles LmE para cada uno de estos períodos.
- ① Si se activa la casilla *Aforo, IMD*, sólo se puede seleccionar el % de vehículos pesados a partir de una lista de tipos de carretera.
- ③ *STE/Dist* permite seleccionar el ancho de la vía entre varios criterios.



- ③ *Límite Velocidad (km/h)* permite el ingreso de la velocidad máxima de desplazamiento. Al activar *Pesados* se puede ingresar velocidad diferenciada para vehículos pesados. Al activar la casilla *DEN* se puede ingresar la velocidad máxima para cada tramo horario.
- ④ *Superficie Carretera* permite el ingreso manual de una corrección por tipo de carpeta (*Dstro*), o bien escoger el tipo de carpeta a partir de una lista desplegable.
- ⑤ Se puede ingresar en esta sección la pendiente asociada el segmento de vía. El ingreso es manual o bien a partir de la coordenada z del escenario, tomando en cuenta la cantidad de vías por sentido (entre 1 y 2) y los posibles sentidos (ambas direcciones, todos cuesta arriba o todos cuesta abajo)
- ⑥ *Reflexión Múltiple*, al igual que en SoundPLAN permite el ingreso manual de la corrección (*Dreff*) o bien el modelo lo calcula a partir de la altura y la separación de fachadas.

CRTN

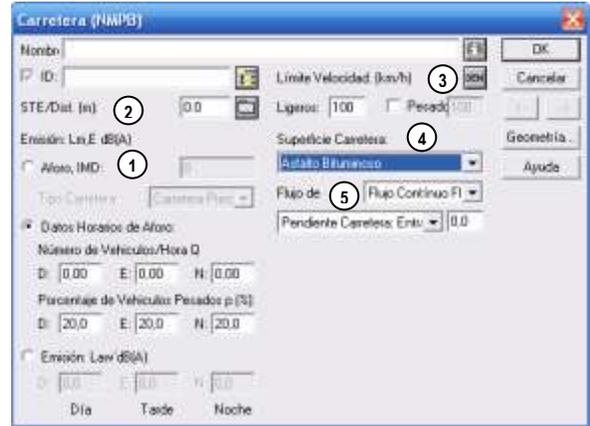
- ① Se puede elegir entre ingresar flujo vehicular por *promedio diario medio* (IMD), *vehículos / hora* para día tarde y noche (DEN), o bien, ingresar directamente los niveles de potencia **L10** para cada uno de estos periodos.
- ① Si se activa la casilla *Aforo*, *IMD*, sólo se puede seleccionar el % de vehículos pesados a partir de una lista de tipos de carretera.
- ② *STE/Dist* permite seleccionar el ancho de la vía entre varios criterios.



- ③ *Límite Velocidad (km/h)* permite el ingreso de la velocidad media de desplazamiento. Al activar *Pesados* se puede ingresar velocidad diferenciada para vehículos pesados. Al activar la casilla *DEN* se puede ingresar la velocidad media para cada tramo horario.
- ④ *Superficie Carretera* sólo escoger el tipo de carpeta a partir de una lista desplegable y el ingreso manual de la profundidad de la textura de la carpeta.
- ⑤ Se puede ingresar en esta sección la pendiente asociada el segmento de vía. El ingreso es manual o bien a partir de la coordenada z del escenario, tomando en cuenta la cantidad de vías por sentido (entre 1 y 2) y los posibles sentidos (ambas direcciones, todos cuesta arriba o todos cuesta abajo)

NMPB / XP S 31-133

- ① Se puede elegir entre ingresar flujo vehicular por *promedio diario medio* (IMD), *vehículos / hora* para día tarde y noche (DEN), o bien, ingresar directamente los niveles de potencia **L_w** para cada uno de estos periodos.
- ① Si se activa la casilla *Aforo, IMD*, sólo se puede seleccionar el % de vehículos pesados a partir de una lista de tipos de carretera.
- ② *STE/Dist* permite seleccionar el ancho de la vía entre varios criterios.



- ③ *Limite Velocidad (km/h)* permite el ingreso de la velocidad máxima de desplazamiento. Al activar *Pesados* se puede ingresar velocidad diferenciada para vehículos pesados. Al activar la casilla *DEN* se puede ingresar la velocidad máxima para cada tramo horario.
- ④ *Superficie Carretera* permite el ingreso manual de una corrección por tipo de carpeta (*Dstro*), o bien escoger el tipo de carpeta a partir de una lista desplegable.
- ⑤ *Flujo De* es un parámetro complementario a la velocidad que permite establecer cuatro tipos de flujo: continuo fluido, continuo pulsante, pulsante acelerado y pulsante desacelerado.
- ④ Asimismo se puede ingresar en esta sección la pendiente asociada el segmento de vía. El ingreso es manual o bien a partir de la coordenada z del escenario, tomando en cuenta la cantidad de vías por sentido (entre 1 y 2) y los posibles sentidos (ambas direcciones, todos cuesta arriba o todos cuesta abajo).

En los 3 modelos analizados para CADNA A se preestablecen 3 tramos horarios *Día, Tarde y Noche*. Sin embargo existe la posibilidad de eliminar uno o más tramos o modificar los horarios en cada uno. De esta forma, las ventanas analizadas anteriormente son similares cuando se trabaja con dos tramos horarios, como por ejemplo *Día* de 6:00 a 22:00 horas y *Noche* de 22:00 a 6:00 horas.

La siguiente tabla muestra un resumen de los parámetros a ingresar en cada software para los 3 modelos.

RLS-90

	SoundPLAN	CadnaA
Ancho Calzada	Se puede elegir un perfil de calzada estándar de acuerdo a la normativa alemana. Se pueden introducir datos de perfil por usuario especificando el ancho de la pista, la distancia del centro a la banda emisora (fuente lineal) y ancho de barrera central	Se introduce: el perfil de de una lista desplegable elegido en una lista desplegable que muestra diversos estándares, la distancia entre los ejes de las pistas más alejadas o la distancia entre cunetas.
Flujo Vehicular Diario	ADT (Táfico Medio Diario) o IMD se ingresa un valor único que representa el promedio de vehículos que circulan por una calle en un día de 24 horas. También se ingresa un factor ponderador que refleja la cantidad de ese tráfico presente en el horario nocturno.	MDTD (Densidad de Tráfico Media Diaria) es el promedio anual diario de los vehículos que pasan por un segmento de camino. Se puede incluir el <i>tipo de camino</i> que se desea modelar para cambiar la relación de porcentaje de camiones que circulan.
Flujo Vehicular Por Horas	Conteo de vehículos por hora por tramo horario y el porcentaje de vehículos pesados para cada tramo. También se puede ingresar el conteo exacto de vehículos livianos y pesados y el porcentaje se calcula automáticamente.	Conteo de vehículos por hora para cada tramo horario y el porcentaje de vehículos pesados para cada uno de los tres horarios.
Nivel de Emisión	Es posible introducir el nivel de presión sonora de emisión a 25 metros por tramo horario	Es posible introducir el nivel de presión sonora de emisión a 25 metros para cada tramo horario.
Velocidad	Se puede ingresar la velocidad de tránsito tanto para vehículos livianos como vehículos pesados. Se ingresa un valor único para todo el día.	Es posible especificar velocidad absoluto, o límites de velocidad para los horarios de día, tarde y noche por separado. También es posible hacer la diferenciación entre límites para vehículos livianos y pesados.
Carpetas	Es posible ingresar un factor de corrección por el efecto de la carpeta o elegir el tipo de carpeta de una lista desplegable según las 9 categorizaciones de RLS-90. Se puede ingresar un factor de corrección en dB.	Es posible ingresar un factor de corrección por el efecto de la carpeta (Dstro) o elegir el tipo de carpeta de una lista desplegable según las 9 categorizaciones de RLS-90.
Pendiente	Se pueden incorporar las pendientes de las calles manualmente y también es posible calcular la pendiente de las calles a partir de las coordenada z de la calle y la topografía del sector. Pendientes menores a 5% no se toman en cuenta en los cálculos.	Se pueden incorporar las pendientes de las calles manualmente y también es posible calcular la pendiente de las calles a partir de las coordenada z de la calle y la topografía del sector. Pendientes menores a 5% no se toman en cuenta en los cálculos.
Reflexiones	RLS-90 exigen cálculos de primeras reflexiones, las cuales son calculadas por el programa. Así mismo, RLS-90 toma en cuenta las distintas reflexiones en las calles que están rodeadas por edificaciones reflectantes, se puede ingresar un valor de corrección <i>Dreffl</i> en dB para tomar en cuenta este efecto, o se puede ingresar la altura media de los edificios y la distancia entre fachadas, para que el software calcule la corrección. Finalmente es posible elegir la reflectividad de la fachada de los edificios a partir de una lista desplegable.	RLS-90 exigen cálculos de primeras reflexiones, las cuales son calculadas por el programa. Así mismo, RLS-90 toma en cuenta las distintas reflexiones en las calles que están rodeadas por edificaciones reflectantes, se puede ingresar un valor de corrección <i>Dreffl</i> en dBA para tomar en cuenta este efecto, o se puede ingresar la altura media de los edificios y la distancia entre fachadas, para que el software calcule la corrección. Finalmente es posible elegir la reflectividad de la fachada de los edificios a partir de una lista desplegable.
Tipo de Flujo (acelerado o desacelerado)	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE

Tabla 4.9: Resumen ingreso de datos según modelo RLS-90.

NMPB

	SoundPLAN	CadnaA
Ancho Calzada	Se puede elegir un perfil de calzada estándar de acuerdo a la normativa alemana. Se pueden introducir datos de perfil por usuario especificando el ancho de la pista, la distancia del centro a la banda emisora (fuente lineal) y ancho de barrera central.	Se introduce: el perfil de de una lista desplegable elegido en una lista desplegable que muestra diversos estándares, la distancia entre los ejes de las pistas más alejadas o la distancia entre cunetas.
Flujo Vehicular Diario	NO DISPONIBLE	MDTD (Densidad de Tráfico Media Diaria) es el promedio anual diario de los vehículos que pasan por un segmento de camino. Se puede incluir el tipo de camino que se desea modelar para cambiar la relación de porcentaje de camiones que circulan.
Flujo Vehicular Por Horas	Conteo de vehículos por hora para los tramos horarios diferenciando vehículos pesados de vehículos livianos.	Conteo de vehículos por hora para cada tramo horario y el porcentaje de vehículos pesados para cada uno de los tres horarios.
Nivel de Emisión	Se puede introducir el nivel de potencia equivalente de una fuente lineal de un metro, haciendo la diferencia por tramo horario.	Se puede introducir el nivel de potencia equivalente de una fuente lineal de un metro, haciendo la diferencia entre el hora día, tarde y noche.
Velocidad	Se puede ingresar la velocidad de tránsito tanto para vehículos livianos como vehículos pesados. Se ingresa un valor único para todo el día.	Es posible especificar un límite de velocidad absoluto, o límites de velocidad para los horarios de día, tarde y noche por separado. También es posible hacer la diferenciación entre límites para vehículos livianos y pesados.
Carpetas	Es posible ingresar un factor de corrección por el efecto de la carpeta o elegir el tipo de carpeta de una lista desplegable según 5 categorizaciones de ISO 11819-1. Se puede ingresar un factor de corrección en dB.	Es posible seleccionar desde una lista desplegable 11 composiciones de carpeta en un segmento dado.
Pendiente	Se pueden incorporar las pendientes de las calles manualmente y también es posible calcular la pendiente de las calles a partir de las coordenada z de la calle y la topografía del sector. Pendientes mayores a +2% se considera cuesta arriba, y menores a -2% se considera cuesta abajo.	Se pueden incorporar las pendientes de las calles manualmente y también es posible calcular la pendiente de las calles a partir de las coordenada z de la calle y la topografía del sector. Pendientes mayores a +2% se considera cuesta arriba, y menores a -2% se considera cuesta abajo.
Reflexiones	Se puede incluir una corrección por reflexiones en base a RLS-90, esto se hace a través del ingreso de un valor de corrección Drefl en dB para tomar en cuenta este efecto, o se puede ingresar la altura media de los edificios y la distancia entre fachadas, para que el software calcule la corrección. Finalmente es posible elegir la reflectividad de la fachada de los edificios a partir de una lista desplegable.	NO DISPONIBLE
Tipo de Flujo (acelerado o desacelerado)	Es posible elegir el tipo de tráfico en el segmento estudiado entre 4 posibles tipos estipulados en la norma.	Es posible elegir el tipo de tráfico en el segmento estudiado entre 4 posibles tipos estipulados en la norma.

Tabla 4.10: Resumen ingreso de datos según modelo NMPB.

CRTN

	SoundPLAN	CadnaA
Ancho Calzada	Se ingresa la distancia entre el eje de la pista y la cuneta. Adicionalmente se ingresa el ancho de la separación central del camino y la diferencia de la altura de la fuente.	Se introduce: el perfil de de una lista desplegable elegido en una lista desplegable que muestra diversos estándares, la distancia entre los ejes de las pistas más alejadas o la distancia entre cunetas.
Flujo Vehicular Diario	Se ingresa el conteo de vehículos en la hora peak y el porcentaje de vehículos pesados, y se ingresa el conteo de vehículos en el día (18 h) con su porcentaje de vehículos pesados.	Se ingresa el promedio de autos en las 18 horas que componen el día, la tarde y parte de la noche. Se puede incluir el tipo de camino que se desea modelar para cambiar la relación de porcentaje de camiones que circulan.
Flujo Vehicular Por Horas	NO DISPONIBLE	Conteo de vehículos por hora para cada tramo horario y el porcentaje de vehículos pesados para cada uno de los tres horarios.
Nivel de Emisión	Se puede introducir el percentil L10 para la hora de mayor congestión (1 h) o el diario (18 h) de la calle a modelar.	Nivel de emisión a 10 metros de la pista externa para cada tramo horario
Velocidad	Se puede introducir la velocidad promedio de los vehículos para 18hrs.	Es posible especificar un límite de velocidad absoluto, o límites de velocidad para los horarios de día, tarde y noche por separado. También es posible hacer la diferenciación entre límites para vehículos livianos y pesados.
Carpetas	Es posible seleccionar desde una lista desplegable 4 composiciones de carpeta y rangos de velocidades en un segmento dado y además hay que agregar manualmente la profundidad de la textura. Se puede ingresar la corrección en dB manualmente.	Es posible seleccionar desde una lista desplegable 3 composiciones de carpeta en un segmento dado y además hay que agregar manualmente la profundidad de la textura.
Pendiente	Sólo se puede calcular la pendiente de las calles a partir de las coordenada z de la calle y la topografía del sector. Internamente se calcula la corrección por pendiente.	Se pueden incorporar las pendientes de las calles manualmente y también es posible calcular la pendiente de las calles a partir de las coordenada z de la calle y la topografía del sector. Internamente se calcula la corrección por pendiente.
Reflexiones	Se pueden incluir una corrección por reflexiones en base a RLS-90, esto se hace a través del ingreso de un valor de corrección Drefl en dB para tomar en cuenta este efecto, o se puede ingresar la altura media de los edificios y la distancia entre fachadas, para que el software calcule la corrección. Finalmente es posible elegir la reflectividad de la fachada de los edificios a partir de una lista desplegable.	NO DISPONIBLE
Tipo de Flujo (acelerado o desacelerado)	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE

Tabla 4.11: Resumen ingreso de datos según modelo CRTN.

Cruces Semaforizados

Una función común a ambos softwares y que es ajena a los modelos analizados es la incorporación de cruces semaforizados. Estos elementos se pueden incorporar en puntos específicos de la trayectoria de una vía y dan cuenta del aumento de nivel que se produce debido a su presencia. Dichos elementos son independientes de toda propiedad asignada a un segmento de vía mediante algún modelo en particular. Los aumentos de nivel que toma en cuenta el objeto de cruce semaforizado es desde 1 a 3dB. La relación de distancias y reducción es la siguiente:

- De 0 a 40 m del cruce +3dB
- De 40 a 70 m del cruce +3dB
- De 70 a 100 m del cruce +1dB

4.5.2 Análisis del levantamiento de información para modelos de tránsito vehicular

De acuerdo a los parámetros de ingreso mostrados en la sección anterior, se establecen una serie de criterios, a partir de los cuales se logra establecer la cantidad de información que se debe tener y los formatos requeridos para alimentar los modelos.

Estos criterios se basan en los contenidos de la Guía de Ruido de 1980 y los modelos de predicción de ruido CRTN, RLS 90 y NMPB. Cabe mencionar que la Comunidad Europea ha publicado un documento técnico de recomendaciones (7), el cual establece una serie de criterios para la realización de mapas de ruido, basado en la Guía de Ruido de 1980. Se analiza el conjunto de los antecedentes mencionados para establecer los criterios requeridos.

El punto de partida del presente análisis se centra en establecer aquellas vías que efectivamente se deben modelar. Al respecto, se propone adoptar el criterio de la Directiva 2002/49/CE en que sólo se consideran las vías con flujos anuales promedio mayores a 3.000.000 de vehículos.

De acuerdo a lo visto en los 3 modelos para SoundPLAN y CadnaA y según la Guía de Ruido 1980, los parámetros que más influyen en la predicción de ruido de un vehículo en circulación son los siguientes:

- Tipo de vehículo, en relación si es pesado o liviano.
- Velocidad de desplazamiento.

- Flujo de vehículos.
- Ancho de la vía.
- Perfil longitudinal (pendiente).
- Tipos de carpeta.

Tipo de vehículo

Para los tipos de vehículo se definen dos categorías de vehículos: livianos y pesados y se diferencian por su peso neto mayor a 3,5 toneladas, de acuerdo al modelo francés NMPB. Esto coincide con el sistema de diferenciación utilizado en Chile (8), el cual diferencia los vehículos livianos y pesados de la siguiente manera:

- vehículo liviano, bus o camión de 2 ejes, y
- camión de más de 2 ejes, como mínimo.

Velocidad de desplazamiento

La velocidad de desplazamiento de los vehículos se puede ingresar como valores de velocidad máxima o promedio por intervalos de una hora. Este tipo de información requiere de muchos recursos para su levantamiento y se obtiene a partir de mediciones con sensores de velocidad en puntos de control establecidos por segmentos de vías. Una alternativa propuesta es calcular una velocidad media de desplazamiento a partir de la relación entre los límites de velocidad en segmentos de vías y ciertas características tabuladas. Esta relación se obtiene del modelo inglés CRTN tal como lo indica la siguiente tabla:

Clasificación de Caminos	Velocidad Desplazamiento [km/h]
Caminos sujetos a límites de velocidad no menor a 81 km/h	
Caminos especiales (rurales) excluyendo las vías de acceso	108
Caminos especiales (urbanos) excluyendo las vías de acceso	97
Carriles doble multipropósito excluyendo vías de acceso	97
Carriles simples, de más de 9 metros de ancho	88
Carriles simples, de 9 metros de ancho o menos (Las vías de acceso deben ser estimadas individualmente)	81
Caminos sujetos a límites de velocidad de 81km/h	
Carriles dobles	80
Carriles simples	70
Caminos sujetos a límites de velocidad entre 81 km/h y 48 km/h	
Carriles dobles	60
Carriles simples	50
Caminos sujetos a límites de velocidad de 48 km/h	
Todos tipo de carriles	50

Tabla 4.12: Corrección para velocidad de desplazamiento de los vehículos según CRTN.

Por otra parte, la “Guide Du Bruit” de 1980 define para velocidades bajas (entre 20 km/h y 60 km/h) una velocidad promedio que se calcula a partir de la velocidad medida de un parque de vehículos. La velocidad promedio corresponde a la velocidad mediana V50 sumado la mitad de la desviación típica de velocidades. V50 se define como la velocidad que alcanza o excede el 50% de todos los vehículos. Si los datos disponibles no permiten un cálculo preciso de las velocidades medias, puede aplicarse la regla general siguiente: en cada segmento de vía se consignará la velocidad máxima permitida en el mismo. Cada vez que cambia el límite de velocidad autorizado, deberá definirse un nuevo segmento de la vía.

La forma en que se presenta flujo vehicular (continuo o pulsante) es un parámetro complementario a la velocidad de desplazamiento. Se pueden establecer dos tipos de flujos: *flujo continuo fluido* y *flujo continuo pulsante*. El primero se aplica principalmente a vías urbanas mayores sin detenciones y autopistas urbanas. El segundo tipo es el más característico de las zonas urbanas, especialmente en aquellas vías cercanas a la saturación. No obstante su característica intermitente (pulsante), es posible definir un promedio representativo de velocidad general para un flujo continuo pulsante de vehículos, a partir de la corrección de velocidad presentada en la Tabla 4.12 o simplemente utilizando la velocidad máxima permitida en dicho segmento. Existen dos clasificaciones adicionales para el tipo de flujo que tiene relación con las aceleraciones y desaceleraciones de los vehículos al aproximarse a un punto de

detención (distinto a un cruce semaforizado). Estas clasificaciones están definidas en la Directiva 2002/49/CE y en la Guía de Ruido de 1980 de la siguiente manera:

Flujo acelerado en pulsos: Se trata de un flujo en pulsos y, por lo tanto, es turbulento. Sin embargo, una proporción significativa de los vehículos está acelerando, lo que implica que la noción de velocidad sólo tiene sentido en puntos discretos, pues no es estable durante el desplazamiento. Es el caso típico del tráfico que se observa en las vías rápidas después de una intersección, en los accesos a las autopistas, en los peajes, en los cruces e intersecciones de vías sin semáforo, etc.

Flujo decelerado en pulsos: Es el flujo contrario al anterior, pues una proporción importante de vehículos está decelerando. Este tipo de tráfico se observa en general en las grandes intersecciones urbanas, en las salidas de autopistas y vías rápidas, en la aproximación a peajes, en los cruces e intersecciones de vías sin semáforo, etc.

Se propone subdividir las vías en segmentos relacionados con estas condiciones de flujo, considerando como distancia máxima al punto de detención 40mts, lo cual guarda relación con los cruces semaforizados y permitirá evaluar la peor condición a largo plazo. Esta es una opción disponible en el modelo francés NMPB para ambos software estudiados en el presente capítulo.

Flujo de vehículos

Para alimentar los modelos descritos, se requiere de los valores promedio de flujo diario (ADT – *Average Daily Traffic*) o flujos por hora. Esto es posible conseguir mediante estaciones de monitoreo como por ejemplo de la UOCT. Sin embargo, la información hasta ahora disponible no es suficiente, ya que para el caso piloto, en Antofagasta existen 6 estaciones y en Providencia 24. Según los criterios mencionados en el estudio Metodología Proyectos de Mantenimiento Vial Urbano (MANVU) (9) se requieren los datos de flujo vehicular para cada vía y los puntos de conteo en ningún caso podrán ser representativos de un tramo de vía de una longitud mayor a 500 metros o de tramos de vía contiguos con una o más intersecciones intermedias en donde el volumen de flujo vehicular varíe más de un 10% entre los tramos considerados. El conteo deberá ser continuo entre las 7:00 y las 23:00 horas. Adicionalmente, estos datos deben ser ingresados en un modelo de tránsito urbano, tales como SATURN o ESTRAUS, para así obtener los flujos por hora en cada tramo de vía considerada.

Está claro que para obtener esta información se requiere de la realización de un estudio independiente, debido a los altos costos y recursos involucrados.

A modo de información base, se plantea un conteo discreto en horas punta y valle en aquellas vías que posean mas de 3.000.000 de vehículos al año, obteniéndose los flujos para dichas vías en términos de *vehículos / hora* en horario punta y para el resto del día. Esta metodología, la cual se describe en el capítulo 5, permite descartar precisamente aquellas vías con flujos anuales menores a 3.000.000 y establece el escenario inicial aproximado de la cantidad de vías a modelar.

Ancho de la vía

De acuerdo al estudio de los 3 modelos, los parámetros asociados que definen el nivel de emisión son el ancho total de la vía y su flujo y velocidad de desplazamiento. El número de pistas por sentido no tiene importancia, dados los parámetros anteriores. De esta forma, se establece como necesario conocer el ancho de cada segmento de vía, desde las respectivas cunetas.

Perfil longitudinal

Se considera el criterio del modelo francés en que sólo se consideran pendientes mayores a 2%. Se plantea una metodología para la obtención de dicha información en terreno, mediante medición directa.

Tipo de carpeta

A continuación se muestran los distintos tipos de carpeta seleccionables en cada modelo estudiado:

RLS90

- Asfalto liso, concreto asfalto, asfalto granulado.
- Concreto, asfalto ranurado.
- 2 tipos de adoquín.
- 2 tipos de concreto sin asfalto.
- Concreto asfáltico sin grano.
- 2 tipos de asfalto poroso.

CRTN

- Impermeable, hormigón.
- Impermeable, bituminoso.
- Permeable.

NMPB

- Superficie porosa.
- Asfalto liso.
- Concreto cemento y asfalto corrugado.
- 2 tipos de adoquín.

A partir de lo anterior, se aprecia que la clasificación más simple está dada en el modelo CRTN. Por otra parte las definiciones de *concreto, asfalto ranurado* (RLS-90) y *concreto cemento y asfalto corrugado* (NMPB) se asimilan mucho a una configuración local de carpeta compuesta por hormigón con uniones de asfalto. Por otra parte, *asfalto liso* se asemeja más a las configuraciones de asfalto en Chile. No se pueden considerar los asfaltos porosos, ya que requieren de información adicional en cuanto a su profundidad. La información disponible para las aglomeraciones del caso piloto no considera la porosidad de los asfaltos y está dividida básicamente en asfalto y hormigón.

4.5.3 Ruido de trenes

De acuerdo a información disponible los modelos más utilizados en diversos países de Europa son Schall03 (Alemania) y RMR 2002/SRM II (Holanda). Esto concuerda también con lo establecido en la Directiva 2002/49/CE, en cuanto a la recomendación de usar el modelo RMR 2002 en el caso de no existir un modelo oficial de uso local. Debido a esto es que se centra el siguiente análisis en estos 2 modelos en ambos software (SoundPlan y CadnaA) y se establece el ingreso de información basado en ellos.

SOUNDPLAN – SCHALL03

Nivel de emisión: Establece el motor de cálculo del modelo.

Emission calculation according to "Schall 03 (Lden)"

Emission | Correction

Train type	N(d) 7-19	N(e) 19-23	N(n) 23-7	p[%]	v [km/h]	l[m]	DFz+DAo [dB]	Max	LmE(d) [dB(A)]	LmE(e) [dB(A)]	LmE(n) [dB(A)]
Nahverkehrszug(1988)	15	8	3	20,0	120,0	150,0	0,0	<input type="checkbox"/>	61,5	63,6	56,3
Güterzug (Fernv.)	2	2	8	0,0	100,0	500,0	0,0	<input checked="" type="checkbox"/>	57,2	62,0	65,0
	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	<input type="checkbox"/>	-	-	-

Delete row | Train Setup >>

Emission				Maximum Level	
[dB(A)]	d(7-19h)	e(19-23h)	n(23-7h)	Train length [m]	Speed [km/h]
LmE	62,9	65,9	65,5	500,0	100,0
LmE+Corr	64,9	67,9	67,5	LmaxE [dB(A)]	88,0

Ok | Cancel | Help

Después de dibujar la línea del tren, se abre la ventana para calcular el nivel de emisión a partir de los trenes que circulan por la vía.

Al hacer clic en el botón "Train Setup>>" se escogen los tipos de trenes y sus propiedades se extraen de la normativa alemana Schall03.

De estos trenes predeterminados es necesario verificar:

- La cantidad de trenes por la vía para cada tipo de tren
- El porcentaje de frenado
- La velocidad del tren
- El largo del tren.

Correcciones: Permite el ingreso de información general para el cálculo de correcciones a partir de las vías.

Emission calculation according to "Schall 03 (Lden)"

Emission Correction

Ballast: 2,0 Gravel bed - concrete sleeper

curve: 0,0 Radius r >= 500m

Multiple reflection: 0,0 

Crossings: 0,0

Bridges: 0,0

Emission			
[dB(A)]	d(7-19h)	e(19-23h)	n(23-7h)
LmE	62,9	65,9	65,5
LmE+Corr	64,9	67,9	67,5

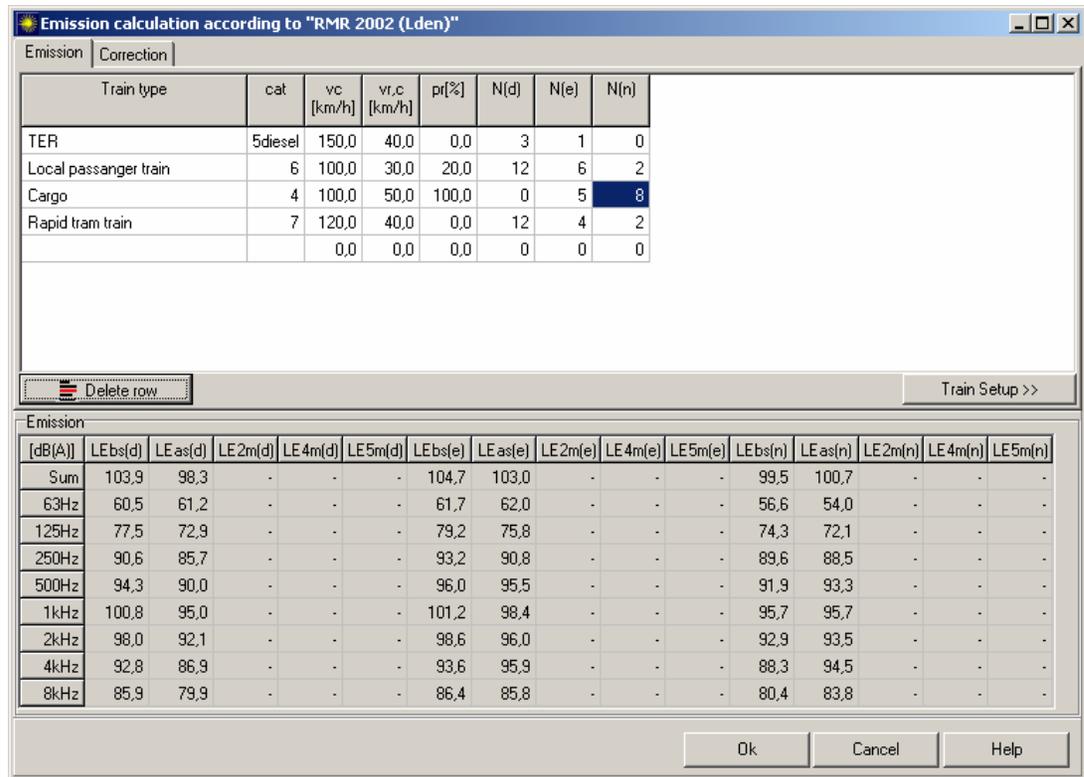
Maximum Level	
Train length [m]	500,0
Speed [km/h]	100,0
LmaxE [dB(A)]	88,0

Ok Cancel Help

- Las correcciones para radio y curvatura se hacen de acuerdo a las tablas de la normativa Schall03
- Correcciones en dB para los cruces
- Reflexiones múltiples donde se puede insertar la corrección o calcularla de igual manera que en RLS-90
- En caso de haber puentes se toma un aumento de 3 dB.

SOUNDPLAN – RMR 2002

Nivel de emisión: Establece el motor de cálculo del modelo.



Train type	cat	vc [km/h]	vr,c [km/h]	pr[%]	N(d)	N(e)	N(n)
TER	5diesel	150,0	40,0	0,0	3	1	0
Local passanger train	6	100,0	30,0	20,0	12	6	2
Cargo	4	100,0	50,0	100,0	0	5	8
Rapid tram train	7	120,0	40,0	0,0	12	4	2
		0,0	0,0	0,0	0	0	0

[dB(A)]	LEbs(d)	LEas(d)	LE2m(d)	LE4m(d)	LE5m(d)	LEbs(e)	LEas(e)	LE2m(e)	LE4m(e)	LE5m(e)	LEbs(n)	LEas(n)	LE2m(n)	LE4m(n)	LE5m(n)
Sum	103,9	98,3	-	-	-	104,7	103,0	-	-	-	99,5	100,7	-	-	-
63Hz	60,5	61,2	-	-	-	61,7	62,0	-	-	-	56,6	54,0	-	-	-
125Hz	77,5	72,9	-	-	-	79,2	75,8	-	-	-	74,3	72,1	-	-	-
250Hz	90,6	85,7	-	-	-	93,2	90,8	-	-	-	89,6	88,5	-	-	-
500Hz	94,3	90,0	-	-	-	96,0	95,5	-	-	-	91,9	93,3	-	-	-
1kHz	100,8	95,0	-	-	-	101,2	98,4	-	-	-	95,7	95,7	-	-	-
2kHz	98,0	92,1	-	-	-	98,6	96,0	-	-	-	92,9	93,5	-	-	-
4kHz	92,8	86,9	-	-	-	93,6	95,9	-	-	-	88,3	94,5	-	-	-
8kHz	85,9	79,9	-	-	-	86,4	85,8	-	-	-	80,4	83,8	-	-	-

Después de dibujar la línea del tren, se abre la ventana para calcular el nivel de emisión a partir de los trenes que circulan por la vía.

Al hacer clic en el botón "Train Setup>>" se escogen los tipos de trenes a modelar. La información de trenes se extrae de una base de datos común de Europa. Una vez escogidos los trenes es necesario verificar:

- La cantidad de trenes por la vía para cada tipo de tren para cada horario a estudiar ($N(d)$, $N(e)$ y $N(n)$)
- El porcentaje de trenes que frenan en las estaciones pr
- La velocidad media de los trenes que no frenan en la estación v
- La velocidad media de los trenes que frena en la estación vr,c

En la pestaña de correcciones (*Correction*) se eligen los tipos de vías (*Track Type*) mediante un menú desplegable donde hay configuraciones para los balastos y los durmientes. También se escogen las desconexiones de las vías (*Track Disconnections*) donde se escogen las configuraciones de los desviadores y cruces ferroviarios. Todos estos datos son necesarios para los cálculos de emisión.

Esta norma distingue entre 5 alturas desde el riel (0 m, 0,5 m, 2 m, 4 m y 5 m).

CadnaA - Schall03

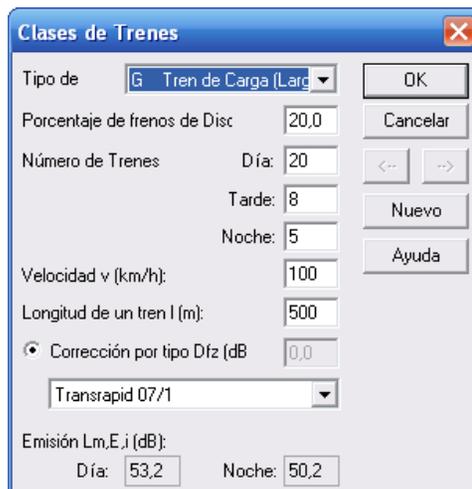


Una vez dibujada la línea del tren, se editan las opciones de los trenes que pasan por esa vía. Esto se hace mediante la ventana que acá se muestra.

Después de ingresar el nombre del elemento es necesario escoger qué tipo de información se agrega para el cálculo, de donde se puede escoger dos tipos de formas de ingresar la información:

- Ingresar el nivel de emisión, donde se agregan los niveles de emisión para los tres horarios (día, tarde y noche).
- Ingresar los datos del tren en *Clases de Trenes y Penalizaciones*, en esta opción es necesario incluir las correcciones por tipo de vía (Dfb), paso por puente (Dbr), Paso a Nivel (Dbü) y el radio de curvatura, en caso de ser necesario la corrección por reflexiones y finalmente la velocidad máxima de viaje del tren. Una vez determinadas las correcciones de la vía, se determinan los tipos de trenes que circula por ellas. En la casilla *Clase de Tren* se escoge el tipo de tren y sus características.

Clases de Trenes

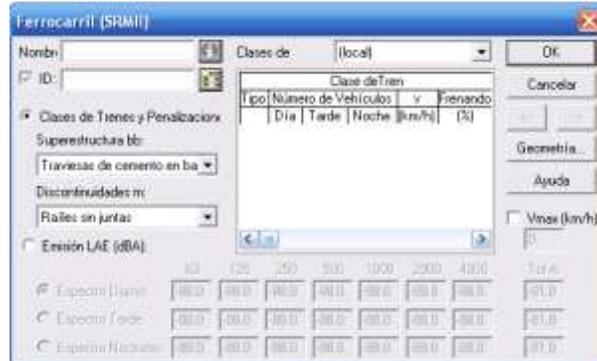


En esta ventana se agregan los trenes que circulan por la vía modelada. Las características del tren necesarias para la modelación son:

- Tipo de tren, selección a través de una lista desplegable.
- El porcentaje de distancia de los carros que cuentan con disco de frenos.
- La cantidad de trenes que pasan en ese punto, diferenciado entre día, tarde y noche.
- Velocidad de desplazamiento en ese punto.
- Longitud del tren
- Corrección Dfz, que toma en cuenta el efecto del tipo de vehículo, se puede ingresar el valor manualmente o un vehículo a partir de una lista desplegable.

Este proceso es necesario hacerlo para cada uno de los trenes que pasan por esta vía.

CadnaA – SRM 2002



Una vez dibujada la línea del tren, se editan las opciones de los trenes que pasan por esa vía. Esto se hace mediante la ventana que acá se muestra.

Después de ingresar el nombre del elemento es necesario escoger qué tipo de información se agrega para el cálculo, de donde se puede escoger dos tipos de formas de ingresar la información:

- Ingresar el nivel de emisión, donde se agregan los niveles de emisión para los tres horarios (día, tarde y noche) y por bandas de octava (desde 63 Hz a 4.000 Hz)
- Ingresar los datos del tren en *Clases de Trenes y Penalizaciones*, en esta opción es necesario incluir las correcciones *Superestructuras bb* donde se puede elegir una entre ocho opciones de configuración de vía y correcciones por *Discontinuidades m* donde se escogen 4 opciones de continuidad de rieles (raíles). En la casilla *Clase de Tren* se escoge el tipo de tren y sus características.

Clases de Trenes



En esta ventana se agregan los trenes que circulan por la vía modelada. Las características del tren necesarias para la modelación son:

- Tipo de tren, selección a través de una lista desplegable con 9 trenes diferentes.
- El porcentaje de distancia de los carros que cuentan con disco de frenos.
- La cantidad de trenes que pasan en ese punto, diferenciado entre día, tarde y noche.
- Velocidad de desplazamiento en ese punto.

Este proceso es necesario hacerlo para cada uno de los trenes que pasan por esta vía.

4.5.3.1 Información relevante para levantamiento de información para modelos de ruido de trenes en Chile (10)

En el análisis de ruido de tráfico vehicular se utiliza la Directiva 2002/49/CE para establecer el criterio de corte el cual determinará cuales vías se deben modelar. Esta misma directiva da pautas para la elaboración estratégica de mapas de ruido en que se establece una cantidad de al menos 60.000 trenes por año refiriéndose a grandes ejes ferroviarios. Sin embargo, en Chile a diferencia de países europeos, existen menos vías férreas y trenes, por lo que no es necesario utilizar un criterio de corte tan riguroso, ya que por ejemplo la Empresa de Ferrocarriles del Estado EFE, en sus vías férreas principales está muy lejos de alcanzar dicha cantidad de flujos anuales, a diferencia de otras vías como las del Metro que sí puede cumplir con ésta.

Para obtener la cantidad de trenes que circulará por cada vía férrea se puede solicitar el itinerario de viajes a la empresa que administra dicha vía. Además, en el mismo itinerario se puede ver la cantidad de trenes para cada horario y en que estaciones o lugares el tren se detendrá o disminuirá la velocidad. La velocidad, largo, frenos, trocha y otros detalles técnicos se indicarán más adelante para la mayoría de los trenes que circulan en Chile. Los radios de curvatura de los rieles se pueden calcular a partir de algún mapa o fotografía satelital del lugar a modelar, así como la visualización de cruces ferroviarios. También se mencionarán los puentes y túneles en caso de que se modele sectores cercanos a estos. En Chile existen varios tipos de durmientes, por ejemplo, en la vía principal de EFE de Alameda hacia el sur se utilizan durmientes de hormigón armado y balastos de piedra chancada.

Con respecto a los ferrocarriles se pueden separar en tres tipos, estos son:

1. Trenes de Pasajeros
2. Trenes Metropolitanos
3. Trenes de Carga

Trenes de Pasajeros (11)

En Chile funcionan servicios de trenes de pasajeros de largo y corto recorrido, ramales y turísticos. La principal empresa de trenes de pasajeros de Chile es EFE. Esta empresa es dueña de unos 3.000 Km de vías de las cuales el 92% son de ancho de trocha de 1.676 mm y el 8% restante de 1.000 mm. Las vías están electrificadas con 3.000 Vcc en 1.052 Km, incluyendo la vía central entre Alameda y

Temuco. A continuación se presentan detalles de las especificaciones técnicas de los principales trenes de pasajeros, donde se puede rescatar datos importantes de los equipos que sirven como datos de entrada para la modelación acústica como lo son la longitud, velocidad y tipo de frenos, así como el ancho de trocha.

Modelo	Imagen	Descripción
Automotor TDL 596		Longitud: 50 m; Peso: 136 T; Frenos: Neumático Knorr; Potencia: 162 KW (220 CV) Diesel. (Regional Victoria - Puerto Montt)
Automotor UT 440R		Potencia: 1160 KW (4x290); Longitud: 81 m; Peso: 155 T; Frenos: Electroneumático, dinámico, Neumático y Combinado. (MetroTren, Servicio Corta Distancia, Santiago-San Fernando)
Locomotora E 269		Longitud: 155 m; Frenos Neumáticos y reostático. Tracción: Eléctrica, Velocidad Max: 140 Km/H. (TerraSur, Servicio Larga Distancia a Temuco)
Automotor UTS 444		Tracción: Eléctrica, Longitud: 80 m, Peso: 151 T, Velocidad Max: 140 Km/H, Frenos: Eléctromagnéticos, Potencia: 1160 KW (4x290); (TerraSur, Servicio Media Distancia Santiago-Chillán)
Automotor UT 440		Longitud: 80 m; Peso: 156 T; Frenos: Knorr KBR y reostático. Velocidad Max: 140 Km/H (MetroTren, Servicio Corta Distancia, Santiago-San Fernando)
Automotor AEZ		Longitud: 103 m; Peso: 277 T; Velocidad Max: 140 Km/H; Frenos: Electroneumático. (Servicios Larga Distancia, Santiago-Talca, Santiago-Talcahuano)
Automotor AES		Longitud: 51 m; Peso: 123 T; Velocidad Max: 110 Km/H. (Servicios Corta Distancia)

Modelo	Imagen	Descripción
Bus Carril		Longitud: 26 m; Peso: 30 T; Velocidad Max: 60 Km/H; Trocha: 1000 mm. Motor: Diesel 180 HP. (Talca-Constitución)

Tabla 4.13: Equipos de trenes de pasajeros de EFE.

Ferrocarriles Metropolitanos de Chile

En Chile existen tres ferrocarriles metropolitanos, estos son:

- Metro de Santiago.
- Bio tren de concepción.
- Merval de Valparaíso.

- **Metro de Santiago (12)**

El Metro de Santiago es el ferrocarril metropolitano que cruza gran parte de la ciudad de Santiago de Chile, capital de la República de Chile. Es el primero de los tres sistemas de ferrocarriles metropolitanos en Chile, posee 5 líneas con una extensión de 85 Km y 92 estaciones en 23 comunas de Santiago. Metro realiza más de 2,3 millones de viajes al día, con una velocidad máxima permitida de 72 Km/H, una tensión nominal de 750 Vcc., rieles de 40 Kg/m con uniones soldadas y un ancho de trocha de 1.435 mm.

Modelo	Año	Rodadura	Fabricante	Líneas	Imagen
NS-74	1973 - 1975	Neumática	Alstom (Francia)	L1-L2-L5	
NS-88	1987	Neumática	Concarril (México)	L2	

Modelo	Año	Rodadura	Fabricante	Líneas	Imagen
NS-93	1996 - 2003	Neumática	Alstom (Francia)	L1-L5	
AS-2002	2004 - 2005	Acero	Alstom (Brasil)	L4-L4A	
NS-2004	2007	Neumática	Alstom (Brasil)	L1	

Tabla 4.14: Metro de Santiago.

- **Biotren de Concepción (13)**

Biotren es una de las filiales de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, EFE. Tiene la responsabilidad de administrar el transporte ferroviario de pasajeros en la Región del Biobío y la Araucanía. Sus vías tienen una tensión nominal de 3.000 Vcc. y sus equipos se describen a continuación.

Modelo	Imagen	Descripción
Automotor UT 440		Potencia: 1160 KW (4x290), Longitud: 81 m, Peso: 155 T, Frenos: Electroneumático, dinámico, Neumático y Combinado.
Automotor AEL		Longitud: 103 m, Peso: 261 T, Velocidad Max: 100 Km/H.
Automotor AES		Longitud: 51 m; Peso: 123 T; Velocidad Max: 110 Km/H.

Tabla 4.15: Biotren de Concepción.

- **Merval de Valparaíso**[5]

El servicio de la red Merval posee 43,5 Km de vías férrea electrificadas con 3.000 Vcc., con 5,2 Km de recorrido subterráneo y 20 estaciones. Tiene un flujo aproximado de 65 trenes diarios de L-V en horario valle y 30 trenes diarios en horario punta de L-V, 43 trenes diarios fin de semana y festivos. La velocidad máxima de circulación es de 120 Km/H y su ancho de trocha es de 1.676 mm. Su equipo se describe a continuación.

Modelo	Imagen	Descripción
Automotor X'Trapolis		Potencia: 720 KW (4X180), Trocha:1676 mm, Velocidad Max: 120 Km/H, Longitud: 49

Tabla 4.16: Merval de Valparaíso

Trenes de carga

El principal uso de los trenes en Chile es el transporte de carga y podemos encontrar trenes de carga prácticamente en todo Chile. Los principales operadores son FEPASA, FERRONOR, TRANSAP y FCAB. También algunas empresas poseen líneas férreas y locomotoras propias como Codelco, SQM, etc.

- **FEPASA (Ferrocarril del Pacífico S.A.)** (14)

Es la empresa de transporte ferroviario de carga más grande de Chile y su alcance comprende siete regiones del país en 1.729 Kilómetros de líneas férreas que van desde La Calera hasta Puerto Montt y con ramales transversales que le permiten acceder a los principales centros de producción y consumo, y a los principales puertos del país. FEPASA no posee líneas férreas propias y por lo tanto arrienda las líneas de EFE. Posee una flota de 89 locomotoras y más de 3000 carros para diversos usos. A continuación se muestran sus equipos y carros, y se muestra información relevante para los datos de entrada del modelo acústico como lo son longitud, velocidad, ancho de trocha, etc.

Modelo	Imagen	Descripción
2350 General Motors		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha:1676 mm, Potencia Utilización: 2350 HP, Peso: 135 T, Velocidad Max:104 Km/H, Freno: 26L
2340 General Motors		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha:1676 mm, Potencia Utilización: 2340 HP, Peso: 113 T, Velocidad Max:104 Km/H, Freno: 26L
1800 Alco		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha: 1676 mm, Potencia Utilización: 1950 HP, Peso: 107 T, Velocidad Max: 130 Km/H, Freno: 6-SL.
1820 General Electric		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha: 1000 mm, Peso: 85 T, Velocidad Max: 85 Km/H, Potencia Utilización: 1950 HP, Freno: 6-SL.
1600 General Electric		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha: 1676 mm, Peso: 115 T, Velocidad Max: 120 Km/H, Potencia Utilización: 1600 HP, Freno: 14-EL.
1200 Alco		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha: 1000 mm, Peso: 85 T, Velocidad Max: 80 Km/H, Potencia Utilización: 1365 HP, Freno: 6-SL
3200 Gruppo Aziende Italiane		Trocha: 1676 mm, Peso: 136 T, Velocidad Max: 130 Km/H, Potencia Tracción: 3700 HP, Freno: 6-SL
1700 Gruppo Aziende Italiane		Trocha: 1676 mm, Peso: 78 T, Velocidad Max: 90 Km/H, Potencia Tracción: 1760 HP, Freno: 26 LA
7100 Brissoneau et Lotz		Tracción: Diesel-Eléctrica, Trocha: 1676 mm, Peso: 72 T, Velocidad Max: 90 Km/H, Potencia Utilización: 825 HP, Freno: 6-SL

Tabla 4.17: Locomotoras de FEPASA.

Tipo	Imagen	Descripción
Bodega		Capacidad Carga: 30-40 T; Usos: Azúcar, arroz, leche en cajas, cemento en sacos, abonos, abarrotos, salitre, fertilizantes, productos varios en pallets.
Bodega Celulosa		Capacidad Carga: 40-52 T; Usos: Celulosa, bobinas de papel.
Cajón Fierro		Capacidad Carga: 40 T; Usos: Aceros, fierros, planchas de acero, bobinas de acero.
Cajón Baranda Abatible		Capacidad Carga: 30-50 T; Usos: Alambtrn, fierro, barras de cobre, productos varios.
Estanques		Capacidad Carga: 30-50 T; Usos: Gasolina, kerosene, petrleo, soda cáustica, acido sulfúrico, cloro líquido, clorato de sodio, ácido clorhídrico.
Multipropósito		Capacidad Carga: 40 T; Usos: Acero, fierro, planchas de acero, bobinas de acero, contenedores de 20 y 40 pies, otros productos.
Plano con Ollas		Capacidad Carga: 40 T; Usos: Concentrado de cobre.
Plano PDK		Capacidad Carga: 40 T; Usos: Residuos sólidos domiciliarios.
Plano Contenedores/Varios		Capacidad Carga: 30, 40, 50, 60 T; Usos: Contenedores de 20 y 40 pies, salmones congelados, contenedores reefer, alimento para salmón, tableros
Plano Fierro		Capacidad Carga: 50 T; Usos: Fierro, acero, bobinas de acero y alambtrn.
Plano Trozos		Capacidad Carga: 30 T; Usos: Trozos de madera, rollizos de madera, metro ruma.
Tolva Abierta		Capacidad Carga: 50 T; Usos: Carbón, remolacha, minerales y graneles en general.
Tolva Cerrada		Capacidad Carga: 50 T; Usos: Trigo, cebada, granos, cemento a granel, caliza, puzolana

Tabla 4.18: Tipos de carros de FEPASA.

- **FERRONOR (Ferrocarriles del Norte) (15)**

Actualmente FERRONOR cuenta con una línea principal con ancho de trocha de 1.000 mm entre las estaciones de la Calera en la Quinta Región y Estación Iquique en la primera Región, y ramales ferroviarios que en conjunto forman una red de 2.300 Km, lo que permite la conexión e interconexión con los principales puertos y centros mineros de Chile y a través del ramal Internacional Augusta Victoria - Socompa (II Región), se interconecta con Argentina, Bolivia y Brasil. El volumen que transporta FERRONOR representa más del 40% del total de la carga ferroviaria a nivel nacional, con un crecimiento destacado en el tiempo. Sus mayores concentraciones de tráfico se encuentran actualmente en la II y III Regiones, y además diversificados en la minería metálica y no metálica. Confirmando su orientación al transporte de cargas mineras, esta no es de su exclusividad, ya que además mantiene un transporte constante de gas y otros eventuales de alimentos no perecibles desde y hacia Argentina. Posee 4 maestranzas, equipadas para realizar el mantenimiento de todo el equipo tractor y remolcado de la Empresa, 40 Locomotoras (Línea y Patio) y 700 Vagones (Bodegas, Cajones, Tolvas, Estanques y plataformas).

Modelo	Imagen	Descripción
JT-26C General Motors		Información No disponible.
U9C General Electric		Información No disponible.
JR 12 CU General Motors		Trocha métrica, 1200 Hp, tracción múltiple, Peso bruto: 64 T.

Tabla 4.19: Principales equipos de FERRONOR.

- **FCAB (Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia) (16)**

FCAB es una empresa privada y tiene sus oficinas centrales en Antofagasta. Utiliza una trocha de 1.000 mm con más de 900 Km de longitud. Es hoy uno de los corredores bioceánicos de Sudamérica y vincula cargas de Argentina, Paraguay, Chile y Bolivia. Posee locomotoras que transportan coches con minerales: como ánodos y cátodos de cobre, plomo cobre, zinc-plata y molibden; cargas peligrosas como ácido sulfúrico, asfalto, cianuro, disel, nitrato de amonio, soda cáustica y sulfato y xantato de sodio; y alimentos; como trigo, soya, aceite, cebada, avena y azúcar entre otros. Transporta más de 4.300.000 ton/año.

Modelo	Imagen	Descripción
EMD GR12U		Información No disponible

Tabla 4.20: Equipo de FCAB.

- **TRANSAP (Transportes Ferroviarios Andrés Pirazolli S.A.)**

Es el operador ferroviario chileno encargado, entre otros, del transporte de ácido sulfúrico entre los Lirios (Rancagua) y el puerto de San Antonio, para la división El Teniente de CODELCO. También se encarga del transporte de celulosa entre los puertos de la VIII región y las empresas. A continuación se presenta el detalle de su principal equipo.

Modelo	Imagen	Descripción
D3003		Información No disponible.

Tabla 4.21: Principales equipos de TRANSAP.

Puentes y Túneles Ferroviarios de Chile

- Túnel Las Raíces
- Túnel San Pedro

- Viaducto del Malleco
- Puente Talagante
- Puente Toltén
- Puente Ñuble
- Puente Coigue
- Puente Cautín
- Puente Banco de Arena
- Puente Illapel
- Puente Chochol (Nueva Imperial)
- Puente sobre el Río Claro
- Puente Quepe

A continuación se muestra un mapa ferroviario con todas las líneas férreas de Chile, algunas ya en desuso.



Figura 4.16: Mapa Ferroviario de Chile. (17)

A continuación se muestra una clasificación técnica de las vías férreas de EFE.

Sector o Ramal		Clase de Línea Férrea	Clasificación de la Vía Férrea según Normas de Seguridad (Clase)	Máximo Peso por eje en Locomotora	Máximo Peso por Eje en Vagones [ton/eje]	Longitud de Trenes [m]	
						Restrictiva	Operativa
Desde	Hasta						
Puerto	Limache	1	B	19	19	460	460
Limache	Til Til	1	B	19	19	460	460
Til Til	Alameda	1	B	19	19	460	460
Alameda	Tinguiririca	1	C	19	19	700	700
Tinguiririca	Talca	1	C	19	19	700	700
Alameda	San Antonio	1	B	25	25	460	460
Paine	Talagante	1	A	25	25	460	460
Talca	San Rosendo	1	B	19	19	700	700
San Rosendo	Renaico	1	B	19	19	900	900
Renaico	Temuco	1	B	19	19	900	900
Temuco	Loncoche	1	B	19	19	460	960
San Rosendo	Talcahuano	1	B	19	19	700	700
Loncoche	Osorno	1	B	19	19	460	460
Antihue	Valdivia	1	A	18	18	400	460
Osorno	Puerto Montt	1	B	18	18	460	460
San Pedro	Ventanas	2	A	18	18	137	460
Llay Llay	Los Andes	2	B	19	19	460	460
Los Andes	Río Blanco	2	A	15	15	238	460
Talca	Constitución	2	A	12	12	400	460
Lirquén	Concepción	2	A	19	19	400	460
Concepción	Lomas Coloradas	2	A	18	18	400	460
Lomas Coloradas	Coronel	2	A	18	18	400	460
Coronel Santa Fé	Horcones Los Ángeles	2	A	18	18	400	460
Coigüe	Nacimiento	2	A	18	18	400	460

Tabla 4.22: Clasificación técnica de la red férrea de EFE. (18)

En la siguiente tabla se muestran niveles de ruido referenciales de trenes, los cuales pueden ser utilizados como datos de entrada para los modelos cuando no se cuente con información real.

Fuente	SEL (dBA)	Lmax (dBA)
Locomotoras Diesel	92	88
Locomotoras Eléctricas	90	86
Carros de Tren	82	80

Tabla 4.23: Niveles de ruido referenciales a 15 m de distancia. Fuente FTA. (19)

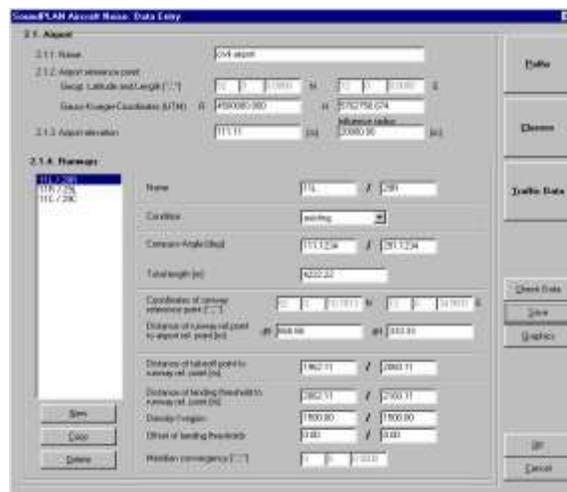
4.5.4 Ruido de aviones

En Europa se utilizan para predecir el ruido aéreo principalmente las normas AzB y ECAC Doc.29. A continuación se presenta el funcionamiento del software utilizando la norma AzB. En el caso de CadnaA, Datakustik no presenta información del uso del módulo de aviones en su manual de operación y tampoco incluye el módulo de cálculo de ruido de aviones en la versión de prueba facilitada por lo que no se incluye información de funcionamiento práctico en este documento.

AzB – SoundPlan

En la pantalla principal se define la geometría del aeropuerto y las pistas disponibles para el tránsito de aviones, y se indica tanto el área de aterrizaje como la de despegue. Los parámetros del aeropuerto se muestran en la siguiente ventana:

Esta es la ventana principal donde se ingresan los datos de un aeropuerto.



En la sección superior se ingresan los datos del aeropuerto (nombre, punto referencial del aeropuerto, elevación absoluta y radio de influencia).

En la sección siguiente se establece la información asociada a las pistas, para pista se asocia un nombre, su condición de uso, el ángulo en que se encuentra, largo total, las coordenadas, distancia entre puntos referenciales entre aeropuerto y pista y distancias relativas de despegue y aterrizaje a la pista.

En el botón de rutas (Paths) se describen los tipos de rutas de aproximación y despegue de los aviones para las pistas correspondientes.

En el botón *Classes* se escogen los tipos de aeronaves que circulan en torno al aeropuerto, las cuales son obtenidas a partir de librerías.

El botón *Traffic Data* abre una ventana donde se especifican las variantes de operación en los horarios de operación para determinar las penalizaciones debido a los horarios de funcionamiento.

En el caso de las librerías de donde se extrae la información de la emisión de los aviones, es necesario homologar la base de datos actual a los parámetros que se manejan en la norma alemana.

Para el caso de la determinación de rutas de aproximación y despegue se hace a través de una descripción de la ruta que se quiere modelar, dicha información no se almacena en librerías como es el caso de la emisión de las aeronaves. Debido a esto la información existente en la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) puede proveer los datos necesarios para determinar las rutas de aproximación y despegue de las aeronaves en los diversos aeropuertos de Chile (20).

En el caso de la información correspondiente al nivel de emisión de las aeronaves la norma especifica un método para medir un nivel de emisión L_{me} característico de la aeronave. En base a esas mediciones se calcula el nivel de potencia de cada aeronave que se quiera incorporar al modelo. El procedimiento de ingreso de las variables que individualizan cada aeronave difieren enormemente a las utilizadas en el software INMI (software de modelación usado en el presente en Chile para modelación de aeropuertos). En este software se utilizan datos técnicos de los aviones tales como peso de la aeronave y potencia de sus motores. Esto presenta una diferencia de operación mayor, tomando en cuenta la experiencia a nivel nacional de la modelación de aeropuertos.

4.5.5 Ruido de Fuentes Fijas

En los capítulos anteriores se analizaron fuentes de tránsito vehicular, aviones, y trenes, y los requerimientos de información para el ingreso de parámetros a los modelos correspondientes. En un mapa de ruido se pueden considerar además diversas fuentes distintas a estas fuentes anteriormente mencionadas, tales como industrias, subestaciones eléctricas, plantas de elevadoras o de procesamiento de aguas, maquinaria o equipamiento (grupos electrógenos, etc.), lugares de

recreación, entre otros. Estas fuentes se establecen como fijas² y pueden ser puntuales, superficiales o lineales. El criterio que se plantea para determinar si una fuente es puntual o superficial se basa en la superficie de emplazamiento (en planta sin considerar su altura). Si la fuente fija tiene una superficie de emplazamiento mayor al área de un solo punto de *grilla* en el mapa de ruido, ésta se considera como fuente superficial. Una fuente lineal puede ser por ejemplo algún tipo de segmento de vía de tránsito vehicular con características especiales (acceso de camiones a algún predio), entre otras.

De acuerdo a lo anterior, para ingresar áreas industriales en un modelo de predicción de ruido es necesario hacerlo a través de fuentes puntuales, fuentes lineales y fuentes superficiales. Es por esto que los softwares tienen un módulo para ingresar la información necesaria para cada uno de los tipos de fuente.

SoundPlan

Al crear la fuente superficial es necesario ingresar toda la información respectiva a dicha fuente en esta ventana.



En primer lugar se puede definir un período de funcionamiento para la fuente modelada en base a horas durante el día (*Per. Funcionto.*).

Se puede ingresar tanto el nivel de potencia por el área total de la fuente o la potencia por metro cuadrado de la fuente, también es posible incluir el valor de potencia máxima alcanzado durante el funcionamiento normal de la fuente.

Finalmente es posible ingresar los valores de potencia por bandas de tercio o de octava, o bien asignarle toda la potencia a una banda en particular para disminuir los tiempos de cálculo.

Asimismo se puede asociar una fuente cualquiera a un edificio cercano para emular paredes radiantes (por ejemplo un galpón).

Adicionalmente se pueden ingresar correcciones por suelo y por proximidad a superficies reflectantes.

² Según la definición del D.S.146/97, "Norma de emisión de ruido de fuentes fijas" del MINSEGPRES del año 1997.

A pesar de no mostrar las ventanas de ingreso de datos para las fuentes puntuales y fuentes lineales, el funcionamiento es exactamente el mismo, con la diferencia que, en las fuentes puntuales solo es posible ingresar los valores de nivel de potencia de la fuente en su totalidad y en el caso de las fuentes lineales es posible ingresar el valor del nivel de potencia de la fuente en su totalidad o como potencia por metro lineal.

CadnaA

Fuente Superficial

En esta ventana se incluyen los valores de potencia de una fuente superficial radiante. Es posible asignar dos tipos de niveles de potencia:

- Nivel de potencia de la superficie entera
- Nivel de potencia por metro cuadrado



Para efectos de cálculos del descriptor L_{den} es necesario incorporar los valores para los tres segmentos del día.

También es posible ingresar niveles al interior del recinto a modelar y además la atenuación de los muros exteriores para calcular así el nivel exterior resultante. Los niveles se pueden ingresar tanto como un valor único o como bandas de octava.

También es posible asignar tiempos de operación de la fuente representada en los segmentos horarios en el día. Cuenta con un factor de corrección $K.O. \sin Terreno$ la cual representa la directividad de la fuente emplazada en un terreno reflectante. Finalmente se puede agregar una atenuación fija para la fuente modelada, tanto en un valor único como para bandas de octava.

En el caso de las fuentes lineales y puntuales se ingresan datos de la misma manera que en las fuentes superficiales. La ventana de entrada de datos cuenta con las mismas opciones de nivel de potencia para los 3 horarios diferenciados y horas de funcionamiento dentro de esos horarios. La única diferencia consta en el ingreso de los niveles de potencia: en el caso de las fuentes puntuales se ingresa exclusivamente el nivel de potencia de la fuente modelada a diferencia de la fuente lineal

donde se puede ingresar tanto el nivel de potencia de la totalidad de la longitud de la fuente, o el nivel de potencia por metro lineal, al igual que en el software SoundPlan.

En general, los niveles de potencia pueden ser determinados mediante cálculos teóricos o mediante mediciones. La determinación según mediciones puede ser hecha en base a diversos estándares como por ejemplo la serie de normas ISO 9614 para fuente puntuales, la norma ISO 8297 para fuentes superficiales y la norma francesa NMPB para fuentes lineales.

4.6 Experiencia de usuarios

Se estableció contacto con distintos usuarios con experiencia en los softwares de modelación acústica de exteriores y se recabó su experiencia en ello. El único software de los analizados que no se logró obtener información es de IMMI, ya que no existen usuarios a nivel nacional y a nivel internacional no se logró obtener información. La consulta es de carácter sistemática para cada uno de ellos. Si bien no fue posible obtener una gran cantidad de opiniones expertas, cada una de estas ofrece una visión particular y no comprometida con algún determinado proveedor.

Es necesario resaltar que el cuestionario no pretende conocer solamente la experiencia de los usuarios en escenarios que generen mapas de ruido de ciudades, si no que de diversos tipos de modelaciones.

Celso Llimpe es docente de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a cargo de la investigación científica en el campo de la acústica ambiental y de la acústica musical. A participado en diversos estudios ligado a la acústica ambiental tales como “La contaminación por ruido en el Damero de Pizarro, Lima Perú” y “Noise map of traffic flow in Oldtown Lima, Perú”. Tiene vasta experiencia en el uso de software de modelación acústica. Ha trabajado con los softwares Lima, Predictor y CadnaA de los cuales nos indica su experiencia con cada uno de ellos.

Lima

- Para el software Lima, el profesional posee más de 5 años de experiencia en esta plataforma, indicando que para obtener un dominio básico del programa necesito alrededor de 1 mes de uso.
- Respecto al ingreso de datos al software, el profesional señala que el ingreso de objetos al escenario no es rápido, estimado que más del 70% del trabajo realizado corresponde a la digitalización del escenario a modelar.
- Respecto a la facilidad de de uso del software indica que la interfaz es un tanto compleja y poco amistosa.
- Se descarta completamente la ocurrencia de errores de cálculo atribuibles a programa de modelación
- Indica también que las mediciones de verificaciones de algún escenario modelado entregan incertidumbres menores a 3 dBA.
- Por último, el soporte postventa entregado por el proveedor del software ha sido excelente.

Predictor

- Para el software Predictor, el profesional posee más de 1 año de experiencia en esta plataforma, indicando que para obtener un dominio básico del programa necesito alrededor de 1 semana de uso.
- Respecto al ingreso de datos al software, el profesional estima entre 30% y 70% del tiempo total de trabajo lo que se requiere en ingresar objetos al escenario a modelar y que la digitalización de objetos es un tanto compleja.
- Respecto a la facilidad de de uso del software indica que la interfaz del programa es sencilla y fácil de entender.
- Indica además que durante la modelación de un escenario puede ocurrir al menos 1 error en el cálculo del modelo.
- Para las mediciones de verificación, el profesional indica que, dependiendo del escenario a modelar, pueden haber incertidumbres menores a 3 dBA y, en otros casos, entre 3 dBA a 5 dBA.
- Por último, el soporte postventa entregado por el proveedor del software ha sido excelente.

CadnaA

- Para el software CadnaA, Celso Limpe posee más de 1 año de experiencia en esta plataforma, indicando que para obtener un dominio básico del programa necesito alrededor de 1 semana de uso.
- Respecto al ingreso de datos al software, el profesional estima entre 30% y 70% del tiempo total de trabajo lo que se requiere en ingresar objetos al escenario a modelar y que la digitalización de objetos se establecen rápidamente. Una interfaz totalmente adecuada.
- Respecto a la facilidad de uso del software indica que la interfaz es completamente amigable, sencilla y fácil de entender.
- Indica además que durante la modelación de un escenario puede ocurrir al menos 1 error en el cálculo del modelo.
- Para las mediciones de verificación, el profesional indica que, dependiendo del escenario a modelar, pueden haber incertidumbres menores a 3 dBA y, en otros casos, entre 3 dBA a 5 dBA.
- Por último, el soporte postventa entregado por el proveedor del software ha sido excelente.

Pablo Collarte es ingeniero civil en sonido y acústica y ha trabajado en diversos proyectos para la empresa Leonardo Parma y Asociados / CPIA, modelando con el software SoundPlan tránsito vehicular, tránsito ferroviario y plantas industriales. A las consultas realizadas este profesional indicó lo siguiente:

- Para el software SoundPlan, el profesional posee más de 1 año de experiencia en esta plataforma, indicando que para obtener un dominio básico del programa necesito alrededor de 1 mes de uso.
- Respecto al ingreso de datos al software, el profesional estima entre 30% y 70% del tiempo total de trabajo lo que se requiere en ingresar objetos al escenario a modelar y que la digitalización de objetos es relativamente lenta y compleja.
- Respecto a la facilidad de uso del software indica que la interfaz es relativamente amigable y fácil de entender, sin embargo un poco engorrosa en el ingreso de objetos al escenario a modelar.
- Indica además que durante la modelación de un escenario puede ocurrir más de 4 errores en el cálculo del modelo y que la validación de parámetros de entrada adecuados es insuficiente.

Esta validación tiene por objeto evitar parámetros fuera de rango que pudiesen crear errores en el modelo.

- Para las mediciones de verificación, el profesional indica que pueden haber incertidumbres de 3 dBA a 5 dBA entre lo modelado y lo medido.
- Por último, el profesional indica que el soporte postventa entregado por el proveedor del producto ha sido bueno.

Rodrigo Laoutari es ingeniero civil en sonido y acústica, actualmente está a cargo del desarrollo de los paneles móviles acústicos de la empresa HBT. Estuvo a cargo de la elaboración del estudio “Mapa de ruido en fachadas de Viña del Mar, V Región” para el proyecto internacional Urban Noise. Su experiencia en modelaciones es a través del software SoundPlan.

- Para este software, el profesional posee más de 1 año de experiencia en esta plataforma, indicando que para obtener un dominio básico del programa necesito alrededor de 1 mes de uso.
- Respecto al ingreso de datos al software, el profesional estima entre 30% y 70% del tiempo total de trabajo lo que se requiere en ingresar objetos al escenario a modelar y que la digitalización de objetos se establecen rápidamente. Una interfaz totalmente adecuada.
- Respecto a la facilidad de uso del software indica que la interfaz es completamente amigable, sencilla y fácil de entender.
- Indica además que durante la modelación de un escenario puede ocurrir más de 4 errores en el cálculo del modelo.
- Para las mediciones de verificación, el profesional indica que pueden haber incertidumbres menores a 3 dBA entre lo modelado y lo medido.
- Por último, el profesional indica que al momento de estar trabajando con el software no pudo tener ningún tipo de soporte postventa.

Aldo Campos es Ingeniero Acústico con amplio conocimiento y extensa experiencia en materia de modelación acústica. Trabaja hace 10 años utilizando el software SoundPLAN, desde sus primeras versiones en DOS hasta la versión 6.4 para sistema operativo Windows (32 bit). Durante este período ha desarrollado proyectos de predicción y mitigación de ruido industrial, así como variados estudios de

mapeo de ruido en ciudad, como por ejemplo para la Ilustre Municipalidad de Maipú y para el sistema de transporte Transantiago.

- Para este software, el profesional posee más de 5 años de experiencia en esta plataforma, indicando que para obtener un dominio básico del programa necesito alrededor de 1 mes de uso.
- Respecto al ingreso de datos al software, el profesional indica que la incorporación de objetos al escenario a evaluar es relativamente lenta y compleja.
- Respecto a la facilidad de de uso del software indica que la interfaz es relativamente compleja.
- Indica además que no posee validación de parámetros de entrada adecuados que evite errores en el modelo por parámetros fuera de rango.

Adicionalmente, Aldo Campos tiene una opinión muy positiva acerca del uso de SoundPLAN y destaca su potencial en cuanto a la posibilidad de adaptar los modelos a los requerimientos de un proyecto.

En general, los usuarios indican que no poseen problemas con los tipos de fuentes a modelar, así como los modelos a utilizar. Existen, para estos softwares, los modelos suficientes para llevar a cabo una modelación tanto de tránsito vehicular, tránsito aéreo, tránsito ferroviario y de plantas industriales.

Es necesario indicar además que al no poseer demasiadas opiniones expertas para cada uno de los software estudiados, este análisis sólo debe considerarse como un apoyo a los demás análisis que se llevan a cabo en este documento, no considerándose como una referencia única en la cual basarse para determinar la elección por uno u otro software.

4.7 Requisitos del operador de software de modelación

Para el manejo apropiado del software de modelación, el usuario u operador del software seleccionado debe tener afinidad y conocimiento en el campo de la acústica ambiental, específicamente en la comprensión y aplicación de los modelos de predicción de ruido. Para ello, debe conocer, al menos, alguno de los modelos de predicción de ruido para carreteras, de propagación de ruido al aire libre, de

ferrocarriles y de aeropuertos; de preferencia, los más usados a nivel nacional. Debe poseer, además, experiencia en mediciones de ruido en terreno y manejo de instrumental de medición.

El usuario debe tener la capacidad de discernimiento frente a resultados incoherentes, los cuales puede arrojar el software de modelación. Esto es necesario ya que, al ser un software, se esperan resultados satisfactorios en la medida que los datos de entrada y salida sean interpretados de una manera adecuada. Esto sólo se logrará con un buen conocimiento de los modelos de predicción y con la experiencia entregada por mediciones en terreno.

Los softwares de modelación tienen la virtud de importar archivos en formatos de otros programas computacionales, para generar de forma más rápida los escenarios a modelar. En particular, son capaces de importar formatos de CAD. Por ello, el usuario del software debe tener conocimiento intermedio en algún software de CAD. En este programa el usuario debe ser capaz de administrar las capas de los archivos, para que cumplan con los requisitos de los programas de modelación. También debe ser capaz de modificar la información de los planos para optimizar la información, limpiando los archivos de información innecesaria.

Por otra parte, es necesario que el operador del programa tenga un conocimiento mínimo en programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), cada vez más utilizados distintos organismos e instituciones públicas. Se requiere el conocimiento mínimo de algún programa computacional que pueda administrar bases de datos geográficas existentes.

Cabe destacar que no es indispensable que el usuario deba tener conocimiento en ambos softwares, pero para una mejor importación de datos, y por consecuencia menores tiempos de trabajo, se hace deseable su conocimiento.

El usuario también debe ser capaz de administrar los recursos del computador utilizado para modelar, ya que al ser programas que hacen cálculos netamente matemáticos, los tiempos de cálculos dependen exclusivamente del o los procesadores instalados en el computador y los recursos que están disponibles en el momento del cálculo.

El campo del hardware, el usuario no requiere de gran conocimiento, en virtud de que CONAMA posee una plataforma computacional de apoyo, que ayudará a resolver cualquier inquietud respecto a los componentes del computador y desperfectos que pudiesen tener. Sí es necesario que tenga un conocimiento mínimo en esto, el cual consiste en identificar los componentes de un PC y su uso directo o indirecto en el software de modelación escogido.

4.8 Requisitos de la plataforma computacional de CONAMA

4.8.1 Hardware

El funcionamiento de estos softwares se divide en dos categorías, una es el cálculo de los niveles de hacia los puntos de inmisión y otra categoría es la visualización gráfica de los escenarios modelados en tres dimensiones. Todos estos softwares funcionan en base a la plataforma de Windows de 32 bit.

Los cálculos de los niveles de inmisión se hacen a través del procesador únicamente debido a que son solo cálculos matemáticos donde se aplican los modelos escogidos de predicción y propagación sonora, por lo tanto en esta categoría el ítem que cobra importancia es la velocidad del CPU, algunos fabricantes tienen como requerimientos mínimos de 550 MHz (Predictor), pero la mayoría coincide en los requerimientos recomendados de 3 GHz.

Por otra parte los requerimientos mínimos para poder acceder al modo de visualización 3D de los modelos proyectados es necesario contar con una tarjeta gráfica 3D con acelerador gráfico OpenGL. La rapidez con la que se visualiza el modelo depende netamente de la memoria que tenga asignada la tarjeta de video. Aún así los requerimientos de los softwares son bajos, es decir, se piden tarjetas de 8 MB a 32 MB. Cabe destacar que la visualización 3D no es una parte fundamental de la proyección de niveles, por lo tanto, no es estrictamente necesario cubrir los requerimientos recomendados en este ítem.

En cuanto a la memoria RAM del computador, se usa para visualizar los niveles proyectados en la forma del mapa de ruido, o sea, la velocidad de navegación en el modelo con sus curvas de nivel está dada por el tamaño del modelo y la cantidad de memoria RAM. La memoria RAM no tiene ninguna incidencia en el cálculo de los niveles proyectados ni sus curvas de nivel. Aún así es recomendable

contar con mínimo de 512 MB ya que la naturaleza multifuncional de Windows (en las plataformas de 32-bit y más aún en las plataformas de 64-bit como Windows Vista) hace necesario contar con una cantidad mínima de memoria de acceso aleatorio.

La plataforma computacional de CONAMA cumple con los requisitos mínimos de la mayoría de los software de modelación, específicamente con la característica de memoria RAM de 512 MB y la característica de disco duro de 80 GB. Mientras que el requerimiento de CPU no lo cumple ya que CONAMA cuenta con computadores con una velocidad de CPU de 1,6 GHz lo cual es insuficiente, mas no se descarta el funcionamiento del programa con estas velocidades de procesador, solo se esperan tiempos de cálculos más extensos. Finalmente, si bien CONAMA no cuenta con tarjetas aceleradoras gráficas especiales, estas no son un requerimiento para las funciones de visualización 3D de los programas, basta con las tarjetas integradas presentes en todos los computadores de mínimo 5 años de antigüedad, al igual que el desempeño del procesador, se esperan visualizaciones de los modelos en tres dimensiones más lentas únicamente.

Por otra parte, la plataforma computacional de CONAMA cuenta con las características recomendadas por los softwares de modelación. Ya que estos tienen como requerimientos 2GB de memoria RAM y procesadores de 3GHz de velocidad.

4.8.2 Software

Ninguno de los softwares de modelación precisa de otros programas suplementarios para su funcionamiento, que no venga en el paquete de instalación. Todos los programas son autosuficientes para su funcionamiento básico. No obstante lo anterior para facilitar su funcionamiento es posible importar, principalmente, tres tipos de archivos: BMP, DXF y SIG.

La importación de archivos de imagen tipo BMP se usa principalmente para establecer un escenario a modelar por sobre una imagen guía dicha imagen puede ser de un plano donde esté la ubicación de casa, calles, parques, industrias y cualquier tipo de elemento que se quiera modelar. Debido a esto es necesario contar con un programa de visualización de imágenes que soporte el formato de BMP. Otra aplicación de la importación de imágenes provenientes de Google Earth donde se puede ubicar una

foto aérea georeferenciada de un lugar a modelar. Para esto es necesario contar con el software Google Earth de Keyhole Inc.

Otro tipo de archivo que es posible importar son los archivos con formato DXF (Formato de Intercambio de Dibujo) creado por Autodesk. Estos archivos pueden contener información de distribución, altura y otras características de calles, edificios, sitios industriales, aéreas verdes, etc. Este tipo de archivos puede ser una herramienta muy poderosa para ayudar a crear un escenario a modelar rápidamente en el programa de modelación escogido. Debido a esto es recomendable contar con un programa de CAD (Diseño Ayudado por Computadora) con el cual se pueda revisar la información disponible en el archivo a importar y que esta información sea adecuada. Ya que el tipo de archivo DXF es creación de Autodesk se recomienda contar con el programa AutoCAD de la misma compañía.

Otro formato que se puede importar a los softwares son archivos de Sistemas de Información Geográfica SIG los cuales tienen la misma utilidad que los archivos de dibujo DXF pero con la diferencia que estos archivos cuentan con información geográfica de cada uno de los elementos incluidos. Esto hace que sea ampliamente usado por numerosas entidades gubernamentales y no gubernamentales dedicadas a tener registros geográficos. Para poder acceder a la información en estos archivos y a su vez poder editarlos en caso de ser necesario se recomienda ArcGIS de ENRI ya que este es el software más poderoso de esta compañía.

Finalmente se puede ocupar, como software adicional, editores de planillas de cálculo tales como Excel de Microsoft ya que en este tipo de archivo se puede acceder y en caso de ser necesario, depurar información proveniente tanto de archivos SIG, DXF y bases de datos. Al igual que el resto de los programas, no es absolutamente necesario contar con este programa pero si bien no se pueden exportar archivos XLS (formato de Excel) a los programas de modelación, si se pueden importar planillas.

4.9 Información relativa al soporte post-venta entregado por los proveedores de los softwares de modelación

En el presente capítulo se presentan únicamente cotizaciones formales de los fabricantes o distribuidores que se pronunciaron al respecto. También se excluyen cotizaciones de los softwares que se encuentran descontinuados.

Las condiciones de venta y detalle de las prestaciones aquí presentadas se mantienen vigentes por un período cercano a un año, mientras que los precios indicados se mantienen vigentes por un período cercano a dos meses.

4.9.1 IMMI

Capacitación

Entrenamiento en español en Chile, excluyendo costos de acomodación y vuelo: €1.200 por día, es decir \$869.604.

Soporte técnico

Contrato de mantención del software con una duración de 3 años: 10% del precio de compra. No especifica el modo que se realiza la mantención.

Actualizaciones

No entrega información.

Costo

De acuerdo a cotización enviada, IMMI Premium con 4 métodos de cálculo, incluyendo 6 meses de servicio: €16.700.

Tomando todos los costos asociados y transformándolos a moneda nacional con fecha 19 de mayo de 2008, el valor queda como: \$12.101.993.

Licencias adicionales

Para múltiples licencias del software con la misma configuración, existe una lista de precios por la cantidad de licencias adicionales que se requiera comprar. Se pueden comprar licencias de cálculo (*Slave Licences*) para computadores conectados en red a un servidor corriendo IMMI Plus o Professional a un costo adicional de €1.200, es decir \$869.604.

Otros

- La cotización es válida por 2 meses. Se especifica que los precios pueden cambiar, pero las condiciones de venta se mantienen.
- El pago debe ser por adelantado y los costos de transferencia bancaria deben ser incurridos por el comprador.
- Se puede arrendar IMMI en cualquiera de sus versiones y agregados. El precio de arriendo equivale al 15% del valor comercial el primer mes y 7% para los meses siguientes. En caso de compra, se deduce un 80% del valor total de arriendo acumulado por un periodo mínimo de 3 meses.

4.9.2 SoundPlan

Capacitación

Según el proveedor toma no más de 2 días contar con el conocimiento básico del software.

En Buenos Aires: costo diario de USD 800 más impuestos. En moneda nacional \$373.640.

En Santiago: costo diario de UDS 800 más impuesto, más estadía y viáticos.

Soporte técnico

Posee soporte técnico en Argentina. Dicho soporte no posee costo durante el primer año. No entrega información relativa al valor del soporte técnico después de este período.

Actualizaciones

Las actualizaciones durante el primer año son gratis. No entrega información relativa al valor de actualizaciones posteriores.

Costo

Última versión del software que incluye:

StartKit Road (Ruido Carretera) + Expert System Industry Noise + 3-D Graphic

Costo USD 3.900 más impuestos.

Tomando los costos asociados y transformándolos a moneda nacional con fecha 19 de mayo de 2008, el valor queda en \$1.821.495.

Licencias adicionales

No entrega información sobre el costo de las licencias adicionales

4.9.3 CadnaA

Capacitación

No entrega información

Soporte técnico

Para obtener soporte técnico, se debe adquirir de forma obligatoria un Contrato de Mantención por el 10% del valor del precio de lista del software. El Contrato de Mantención incluye toda la información y actualizaciones relevantes, así como una línea directa de soporte (vía correo o teléfono).

La primera licencia del CadnaA debe adquirirse con un contrato de mantención por 12 meses (10% del precio de lista del software). Efectuado el pago por los primeros doce meses será decisión del cliente dejar el contrato luego del primer año. Al cliente se le ofrecerá cada año el continuar con la mantención. Si el contrato se interrumpe por más de 6 meses, entonces el software debe ser actualizado a su versión más reciente (de acuerdo con la política de actualización de software) previa al reinicio del contrato (por ejemplo, se requerirá el 20% (o más) del precio del software previo a la firma del nuevo contrato).

Actualizaciones

Las actualizaciones durante el primer año están incluidas en el Contrato de Mantenimiento. No entrega información relativa al valor de actualizaciones posteriores, salvo lo indicado en el párrafo anterior.

Costo

Última versión del software que incluye:

CadnaA Standard + extensión BMP + extensión XL.

Costo \$10.756.746 más impuestos.

Licencias adicionales

Descuento válido solo para licencias múltiples del mismo producto dentro de una compañía o institución en una única locación.

1^{ra} licencia: 100% precio normal,

2^{da} licencia: 70% precio normal,

3^{ra} licencia: 50% precio normal,

4^{ta} licencia: 30% precio normal.

4.9.4 LIMA

Capacitación

No entrega información

Soporte técnico

No entrega información relativa al valor del soporte técnico.

Actualizaciones

El proveedor no entrega Información relativa a actualizaciones

Costo

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, LIMA, p.n. 7812-A. Costo: USD 11.435.

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, LIMA PLUS p.n. 7812- B. Costo: USD 19.395.

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, LIMA ADVANCED p.n. 7812-C. Costo: USD 34.075

Tomando los costos asociados y transformándolos a moneda nacional con fecha 19 de mayo de 2008, el valor queda como: LIMA, p.n. 7812-A costo \$5.340.716, LIMA, p.n. 7812-B costo \$9.058.434 y LIMA, p.n. 7812-C costo \$15.914.7287.

Licencias adicionales

No entrega información sobre el costo de las licencias adicionales

4.9.5 PREDICTOR

Capacitación

No entrega información

Soporte técnico

No entrega información relativa al valor del soporte técnico.

Actualizaciones

El proveedor no entrega Información relativa a actualizaciones

Costo

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, Predictor Plus, P.N. 7810-A. Adicionalmente se incluye el Acoustic Determinator tipo 7816 Costo: USD 15.168

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, Predictor Advanced, P.N. 7810-B. Incluye el módulo Predictor/Analyst además de todas las funcionalidades del 7810-A Costo: USD 22.571

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, Predictor ISO 9613 P.N. 7810-C. Costo: USD 6.283

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, Predictor NMPB, P.N. 7810-D. Costo: USD 6.283

Software de modelación de ruido, Brüel & Kjær, Predictor Harmonoise, P.N. 7810-E. Costo Precio: USD 6.283

Tomando los costos asociados y transformándolos a moneda nacional con fecha 19 de mayo de 2008, el valor queda como:

Predictor Plus, P.N. 7810-A costo \$7.084.214
Predictor Advanced, P.N. 7810-B costo \$10.541.785
Predictor ISO 9613 P.N. 7810-C costo \$2.934.475
Predictor NMPB, P.N. 7810-D costo \$2.934.475
Predictor Harmonoise, P.N. 7810-E costo \$2.934.475.

Licencias adicionales

No entrega información sobre el costo de las licencias adicionales

4.10 Análisis Final

Con todos los antecedentes recopilados y en base a este análisis, que combina no sólo aspectos técnicos sino también aspectos prácticos, ya sea en la ejecución del software como en el costo y servicio postventa, y tomando en cuenta además que el análisis se ha basado en la generación de mapas de ruido, se han determinado los softwares de modelación más apropiados para ser utilizados por CONAMA.

Del listado inicial que se consideró para analizar, indicado en la Tabla 4.1, se descartan 4 de ellos por no estar vigentes o actualizados y por no poseer los modelos de predicción suficientes para distintos tipos de ruido. Estos software son Mithra, ENM, NoiseMap y SPM9613. Por lo tanto, el análisis se centra en los restantes 5 softwares de modelación. Estos son:

- IMMI
- LIMA
- CadnaA
- Predictor
- SoundPlan

Respecto a estos softwares, sólo SoundPlan, CadnaA y Predictor pudieron ser analizados con mayor grado de profundidad al disponer de licencias abiertas temporales para su análisis con un escenario tipo. De este análisis, se rescata que los softwares con mejores prestaciones son SoundPlan y CadnaA, debido a que se puede trabajar con distintos modelos de predicción simultáneamente en un mismo escenario. Predictor falla en esto y además el tiempo de procesamiento de los datos es mucho

mayor que los softwares SoundPlan y CadnaA. Entre estos dos últimos, CadnaA aparece como el más simple de utilizar. Con este análisis sólo es posible descartar el software Predictor.

Respecto a otros factores, referidos a las empresas que distribuyen el software y el servicio post venta, el software IMMI no posee distribución nacional ni latinoamericana, y sólo para obtener información del producto hay que contactarse con la empresa Wölfel en Alemania. Esto hace difícil el servicio post venta. Además no se encontraron usuarios de este software a quien poder consultar sobre su experiencia con el manejo de este programa. Por este último análisis se descarta IMMI.

Respecto al software LIMA, si bien es uno de los softwares con más prestigio a nivel internacional para el mapeo de ruido en ciudades, no ha sido posible disponer ni siquiera de una versión de demostración en que se pueda ver las capacidades del software, o su interfaz gráfica. No se encontró a nivel nacional algún especialista que pudiese responder a las consultas planteadas y dudas que surgían al estudiar diversos documentos de este software, ni siquiera en la empresa que distribuye este programa. Por ello, este software se hace poco recomendable para CONAMA y por lo tanto se descarta.

Respondiendo a un análisis de las capacidades técnicas de los softwares para mapeo de ruido en ciudades, los más adecuados para esta tarea, a nivel general, son IMMI, LIMA, SoundPlan y CadnaA. Según el análisis general planteado en este capítulo, los más apropiados para el uso por CONAMA son:

- SoundPlan
- CadnaA

Se recomienda fuertemente pensar en estos dos últimos softwares, al momento de optar por la adquisición de un programa de modelación para mapeo de ruido en ciudades.

5 Actividad 2 – Levantamiento de información desagregada común a cualquier software de modelación

5.1 Introducción

La información desagregada que se desea levantar tiene directa relación con la información necesaria que necesitan los modelos de predicción de los softwares para generar los mapas de ruido. Cada modelo de predicción, para las distintas fuentes de ruido, requiere de diversa información referente directamente a las características de la generación de ruido de cada fuente. En este capítulo se presenta la información recopilada para Antofagasta y Providencia, tanto para variables urbanísticas como para variables meteorológicas, así como el detalle de ellas.

5.2 Determinación del Área de Estudio

El criterio de corte para el área de estudio tiene directa relación con los antecedentes recopilados y las directrices que se han estado aplicando a nivel internacional. La extensión del área en que se propone realizar el mapa de ruido, a nivel general, más allá de este caso piloto, toma en consideración los siguientes criterios:

- Se deberán caracterizar fuentes de ruido en una aglomeración con más de 150.000 habitantes, dentro del radio urbano de esta.
- La fuentes de ruido a considerar y el criterio de selección a utilizar es el siguiente:
 - Ejes viarios con tránsito superior a 3.000.000 de vehículos al año.
 - Ejes ferroviarios con tránsito superior a 30.000 trenes al año.
 - Aeropuertos con más de 50.000 movimientos por año, considerando tanto despegues como aterrizajes.
- La delimitación física del área de estudio se establece considerando que todas las fuentes de ruido deben quedar asociadas a un Distrito Censal. El límite de los Distritos involucrados más una extensión adicional de 2 kilómetros, como margen de seguridad, será la delimitación física o extensión espacial del área de estudio.

Para este caso piloto se ha levantado información referente a las comunas de Providencia y Antofagasta. Para el caso de Providencia se ha obtenido la información de toda el área de la comuna. Para el caso de Antofagasta, y para este caso piloto, se ha levantado información de un sector de la comuna, menor a la extensión total de Antofagasta. La reducción se ha permitido debido a la extensión de la comuna, mucho mayor a la de la comuna de Providencia.

La zona escogida posee características similares al movimiento diario de la ciudad de Antofagasta, manteniendo una actividad diaria combinada de las distintas fuentes de ruido consideradas en este estudio. Para este caso piloto, la zona de estudio ha quedado delimitada de la siguiente forma:

- El área de estudio se concentra en el área urbana del sector central de Antofagasta, delimitado por Zonas Censales (ZC) de distintos Distritos Censales (DC) de la comuna. Estos son:
 - DC 3 ZC3, ZC4, ZC5
 - DC 6 ZC1, ZC2
 - DC 7 ZC1, ZC4
 - DC 8 ZC1, ZC2, ZC3
 - DC 9 ZC1, ZC2



Figura 5.1: Área de estudio de Antofagasta subdividida por Zonas Censales. Toda la extensión coloreada corresponde al sector estudiado.

- Dentro de estas Zonas Censales se desarrollan actividades tales como la industria (a modo de ejemplo el Puerto de Antofagasta se encuentra en este sector), gran parte del comercio de la zona central, gran parte de la actividad cívica de Antofagasta, incluyendo la Municipalidad y diversas reparticiones públicas, zonas residenciales y del paso del Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia. Se tiene, por lo tanto, una combinación de las actividades que se desarrollan diariamente en esta ciudad.
- La locomoción colectiva dentro de este sector, considerando buses, microbuses y colectivos, presenta zonas en que hay una gran concentración (sector centro) y sectores no tan concentrados como los sectores oriente, norte y principalmente el sector sur de la zona estudiada. Al momento de realizar el mapa de ruido en la segunda etapa se podrá establecer lo que sucede en sectores con poca o gran concentración de locomoción colectiva, referenciándose a esta zona de estudio.

Finalmente, el levantamiento de información para Antofagasta se realizó en esta extensión, la cual se considera bastante heterogénea y que representa las diversas actividades que ocurren dentro de esta aglomeración.

5.3 Variables urbanísticas

5.3.1 Flujo vehicular

Las variables urbanísticas y en especial el flujo vehicular, es uno de los tipos de información más importantes que son ingresados a los softwares de modelación.

En este caso el flujo vehicular, es solicitado al organismo pertinente en cada comuna, esta información abarca el flujo de vehículos por las vías principales y donde exista algún sistema de conteo de vehículos, de manera de obtener el conteo medio en un período anual.

Otra información que se desea obtener es la ubicación de los semáforos existentes en cada comuna, de manera de poder ingresarlos en el modelo que solicite esta información. El organismo pertinente para la obtención de esta información en ambas comunas es la Unidad Operativa de Control de Tránsito UOCT.

Comuna de Antofagasta

En el caso de la comuna de Antofagasta, se contactó con Osvaldo Gálvez y Elio Moyano, los cuales están encargados en la UOCT Antofagasta, de recolectar la información pertinente y analizar los datos. A través de ellos se obtienen los datos del flujo de vehículos en 6 puntos de la ciudad en los cuales existe un conteo de vehículos de manera automática, mediante sensores instalados en el pavimento. Además de la información del flujo de vehículos, se recolecta la información de la ubicación de los cruces semaforizados en la ciudad. Algunos de los datos de ubicación de los semáforos no se encuentran en las dependencias de la UOCT. El catastro completo de los semáforos en Antofagasta lo posee la I. Municipalidad de Antofagasta. De esta manera se ha reunido la información de ambos organismos y se obtiene la ubicación de todos los cruces semaforizados.

Además de esta información, se obtiene el parque automotriz que existe en Antofagasta para los años 2004 al 2007, los cuales se presentan en la tabla a continuación.

RESUMEN TOTALES ESTADÍSTICAS (INE) - 2004 - 2007						
TIPO VEHICULO	BENCINERO	DIESEL	OTROS	CATALITICO	NO CATALITICO	TOTAL VEHICULOS
AUTOMOVILES PARTICULARES	91.216	472	35	20.879	70.844	183.446
STATION WAGONS	16.814	2.148	8	6.090	12.880	37.940
JEEP	6.668	725	2	1.040	6.355	14.790
FURGON. AMBULANCIAS	3.613	2.100	1	1.005	4.709	11.428
MINIBUS PARTICULAR	1.098	1.717	2	672	2.145	5.634
CAMIONETA	23.114	13.442	33	8.646	36.453	81.688
MOTOCICLETA. MOTONETA Y BICIMOTO	2.315	0	3	0	2.318	4.636
OTROS: CARROZA FUNEBRE	51	2	0	18	35	106
CASA RODANTE REMOLQUE	27	21	73	0	121	242
CARRO DE ARRASTRE HASTA 1700 KG	242	0	1.175	0	1.417	2.834
TAXI BASICO	1.505	12	0	415	1.102	3.034
TAXI TURISMO	123	3	0	58	68	252
MINIBUS RURAL. MINIBUS TURISMOS	17	180	0	56	141	394
MINIBUS TRANSPORTE ESCOLAR	117	369	0	116	370	972
TAXIBUS	156	1.870	3	313	1.716	4.058
BUS PULLMAN	47	1.027	8	353	729	2.164
BUS PRIVADO	126	217	1	94	250	688
CAMION SIMPLE. CAMION FURGON	330	11.464	46	1.635	7.205	20.680
TRACTOCAMION	93	3.594	34	779	2.942	7.442
MAQUINARIA AUTOMOTRIZ. GRUA	96	1.183	39	0	1.318	2.636
CICLOMOTOR CARROBOMBA MOTOHOM	0	0	0	0	0	0
REMOLQUE	5	9	384	0	398	796
SEMIREMOLQUE	66	61	4.552	0	4.679	9.358
COMPRESOR. TRAILES. ACOPLADO	1	1	2	0	4	8
CAMION GRUA	3	22	0	2	23	50
TAXI COLECTIVO	9.329	248	25	3.451	6.151	19.204
TOTAL PERMISOS	157.172	40.887	6.426	45.622	164.373	414.480

Tabla 5.1: Resumen Parque Automotriz Comuna de Antofagasta – 2004 - 2007.

Si bien esta información no se puede agregar directamente en ningún software de modelación, ya que es una información presentada solamente de forma general, sirve igualmente para conocer la composición del parque automotriz inscrito en la comuna de Antofagasta. Es importante mencionar que todos estos datos están validados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Hay que indicar que en la comuna de Antofagasta, se inauguró en el año 2007 un paseo peatonal, el cual se encuentra en el centro de la ciudad, específicamente en calle Manuel Antonio Matta. Este paseo hace que el tráfico se modifique y se traslade a las calles vecinas, modificando permanentemente el tránsito normal.

Se contactó con la profesional encargada de la SEREMI de Transportes de la comuna de Antofagasta para conseguir información del recorrido de buses y taxis colectivos por la ciudad. La profesional encargada es Liliana Salinas, la cual nos entrega la información de los datos para que se analicen los recorridos de la locomoción colectiva por la ciudad, los cuales se muestran en la figura a continuación.

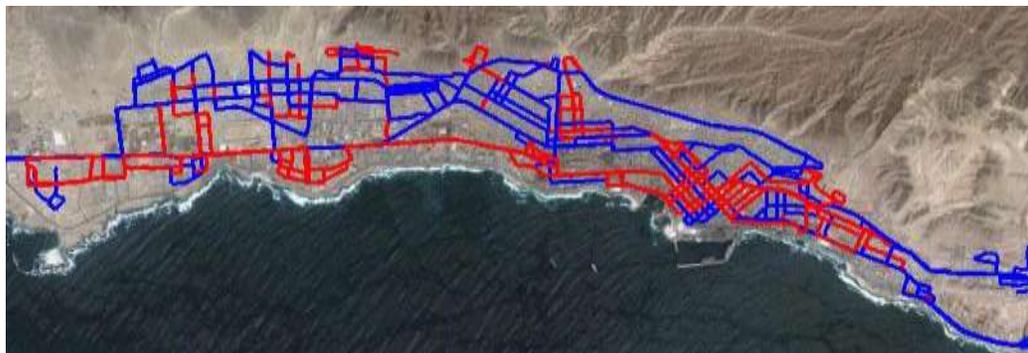


Figura 5.2: Recorridos Locomoción colectiva Antofagasta. En rojo se muestran los recorridos de los taxis colectivos y en azul se muestran los recorridos de los microbuses.

De la figura se pueden observar los recorridos de los microbuses (en azul) y de los taxis colectivos (en rojo), y se puede determinar que si bien los recorridos se distribuyen a lo largo de toda la comuna, existen zonas en las cuales puede existir una mayor circulación de vehículos, como en la zona del casco central. La información detallada de los recorridos se encuentra en el Anexo II.



Figura 5.3: Comparación recorridos locomoción colectiva con área de estudio. Antofagasta.

En la Figura 5.3 se observa la comparación del área de estudio con los recorridos de la locomoción colectiva. Se puede observar que el área de estudio abarca todo el sector del casco central, en donde se encuentra la mayoría de la aglomeración de los recorridos de buses y taxis colectivos.

Comuna de Providencia

Para el caso de la comuna de Providencia, el organismo encargado de facilitarnos la información del tránsito vehicular, ya sea de flujo de vehículos y de las estaciones de monitoreo de ruido es la UOCT de Santiago, específicamente en la persona de Luz Paz de la Fuente, la que nos hace entrega de los datos para el análisis respectivo. La información de manera detallada se muestra en el capítulo de Estaciones de Monitoreo de Flujo Vehicular.

5.3.1.1 Cruces semaforizados

La información de la ubicación de los cruces semaforizados dentro del modelo a calcular, es algo muy importante para realizar el mapa de ruido de un sector urbano. Los semáforos influyen en el entorno cambiando la aceleración de los vehículos, lo cual puede generar diferencias notorias en el nivel de ruido que emiten, por ejemplo un auto en ralentí emite menores niveles de ruido que el mismo auto acelerando.

Esta información de la ubicación de cada cruce semaforizado para el área de cálculo, puede ser ingresada en la modelación del mapa de ruido respectivo.

De esta manera la información de la ubicación de cada semáforo para la comuna de Antofagasta y para la comuna de Providencia, fue recopilada mediante la UOCT de Antofagasta y la UOCT de la Región Metropolitana respectivamente.

- **Comuna de Antofagasta**

Para la comuna de Antofagasta, la información de los cruces semaforizados se muestra en la tabla que se muestra a continuación.

Comuna de Antofagasta
88 semáforos, repartidos entre las redes Centro, Balmaceda, Av. Argentina, Angamos y Parque Brasil

Tabla 5.2: Semáforos ubicados en la comuna de Antofagasta.

Hay que mencionar que la información presentada proviene de la UOCT Antofagasta, la cual posee la mayoría de la ubicación de los cruces semaforizados de la comuna. El departamento de Tránsito de la Municipalidad también está a cargo de algunos semáforos existentes, pero esta información no nos fue entregada por dicho organismo.

Una lista en forma detallada, con la ubicación de los semáforos para la comuna de Antofagasta se muestra en el Anexo II, los cuales se encuentran en formato digital.

- **Comuna de Providencia**

Para la comuna de Providencia, la información de todos los cruces semaforizados se muestra en la tabla que se muestra a continuación.

Comuna de Providencia
207 semáforos repartidos dentro de la red de la comuna.

Tabla 5.3: Semáforos ubicados en la comuna de Providencia.

La información entregada por la UOCT de Santiago, específicamente por Luz Paz de la Fuente, corresponde a todos los semáforos existentes en la comuna.

Una lista en forma detallada, con la ubicación de los semáforos para la comuna de Providencia se muestra en el Anexo III, los cuales se encuentran en formato digital.

5.3.1.2 Estaciones de Monitoreo del Flujo Vehicular

Otra de las variables de gran importancia dentro de la información recopilada, es la del monitoreo de Flujo Vehicular por parte de las estaciones de conteo que posee la UOCT tanto de Antofagasta como de Santiago.

Estas estaciones de monitoreo son capaces de obtener y transmitir datos de tráfico, estos datos se obtienen mediante la disposición sobre la calzada de la vía de circulación, mediante una serie de sensores los cuales detectan el paso de vehículos sobre ellos.

Estos sensores son de dos tipos. Por un lado están los de tipo "espiras" de control de tránsito, que realizan el conteo vehicular, determinando la velocidad y la cantidad del tráfico de un sector determinado, y en segundo lugar se encuentran una serie de dispositivos "piezoeléctricos" ubicados en el pavimento, que permiten la clasificación de los vehículos en función del número de ejes.

Los sensores ayudan a la configuración del sistema de Control Dinámico (SCOOT) de algunos semáforos existentes. Un pequeño porcentaje de los semáforos funcionan en esta modalidad, también llamada "semáforos inteligentes", pues los tiempos de los semáforos (verde – amarillo – rojo) se van adecuando permanentemente a la demanda existente, la que es captada a través de sensores instalados bajo la calzada en cada uno de los arcos de la red. Esto quiere decir que si existiera congestión vehicular en alguno de los puntos donde están instalados los sensores, el sistema coordinaría y adaptaría los tiempos de los semáforos para tratar de descongestionar la vía.

En Antofagasta existen 6 estaciones de monitoreo del flujo vehicular, ubicadas en puntos estratégicos alrededor del radio urbano del centro, mientras que en la comuna de Providencia existen 23 estaciones.

- **Comuna de Antofagasta**

En la Comuna de Antofagasta existen 6 estaciones de monitoreo de flujo vehicular, estas estaciones se ubican dentro del radio urbano del centro donde existe un alto tráfico de vehículos (21). La ubicación y características de cada estación de monitoreo se observan en la Tabla 5.4.

Estación de Monitoreo	Calle de Ubicación	Entre cuales calles se encuentra		Nº carriles de auto	Nº Espiras
		Calle 1	Calle 2		
1	Av.Balmaceda	Prat	Sucre	6	6
2	Uribe	Matta	J.S.Ossa	2	3
3	Av.Argentina	Uribe	Maipu	4	6
4	Av. Matta	21 de Mayo	Copiapo	3	4
5	J.S.Ossa	21 de Mayo	Orella	4	4
6	Bolivar	Av.Balmaceda	Washington	3	4

Tabla 5.4: Ubicación estaciones de monitoreo de flujo vehicular en la Comuna de Antofagasta

Una vez que se instalan las espiras de conteo, éstas necesitan tener cierto mantenimiento para entregar un buen funcionamiento. Si esto no sucediera, la espira que presenta problemas entregaría valores erróneos de conteo, como valores negativos o ceros.

Al existir un número mayor de espiras por calzada se minimiza el error por mal funcionamiento de estas, ya que si una espira falla existen más espiras que registren el paso de los vehículos.

Los resultados registrados por las espiras se agrupan por eje, de esta manera, los valores finales del conteo de vehículos se encuentran dados por la suma del conteo de todas las espiras para cada eje.

El objetivo de este análisis es obtener el resultado global del número de vehículos que circula por cada calle o avenida, es por esto que se toma un solo valor global resultado de la suma de todas las espiras.

Debido a la gran cantidad de información se presentan los datos detallados para todos los días del año 2006 y 2007 de la estación de monitoreo 1, además se presentan los resultados finales del resto de las estaciones. Los resultados específicos para cada día del año de todas las estaciones restantes se presentan en el Anexo II, el cual se encuentra en formato digital.

El resultado del registro de flujo vehicular para la estación de monitoreo 1, ubicada en la Avenida José Manuel Balmaceda, entre las calles Capitán Arturo Prat Chacón y Avenida General José Antonio de Sucre, se muestra a continuación.

Resumen 2006 - Estación de Monitoreo 1												
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	11.359	61.001	30.636	20.105	20.664	0	32.876	19.741	31.191	0	19.203	43.118
2	34.767	30.746	27.773	28.349	35.148	29.715	0	42.078	39.839	42.406	40.293	56.296
3	66.378	0	8.779	9.557	32.953	27.091	39.655	35.575	18.875	54.433	58.405	32.391
4	36.153	27.635	26.879	33.780	0	24.205	18.691	45.420	42.213	42.208	36.730	103.034
5	0	16.141	41.372	46.981	35.912	13.703	38.706	20.947	81.442	51.800	119.525	39.919
6	37.572	29.839	29.568	36.691	40.138	26.631	75.984	35.356	44.431	45.700	39.536	26.698
7	35.250	50.061	19.362	103.601	33.027	23.049	42.960	68.517	83.357	34.464	46.471	42.455
8	29.680	29.081	29.340	32.410	26.259	23.238	68.746	40.913	44.295	31.459	38.508	78.107
9	18.757	0	61.533	28.834	35.015	62.419	28.976	61.867	20.611	74.783	92.505	35.127
10	34.823	33.185	32.827	33.533	21.369	25.575	50.111	40.753	28.175	33.784	45.438	56.949
11	2.556	5.142	0	66.072	42.969	107.340	38.473	62.439	71.948	41.035	33.394	32.381
12	35.498	25.209	23.746	34.378	76.515	34.697	44.723	30.495	47.340	11.631	34.924	46.764
13	55.820	46.514	13.007	65.276	38.500	46.216	38.847	93.453	70.117	39.542	41.922	41.271
14	32.263	30.273	33.026	24.274	58.211	35.430	35.334	39.752	49.701	56.766	40.484	40.798
15	28.574	21.813	34.659	0	33.353	30.551	34.243	16.742	13.079	31.176	19.652	45.241
16	33.820	29.104	64.079	25.157	0	35.465	12.473	40.407	31.841	104.877	41.823	99.914
17	34.434	0	36.161	4.850	31.722	48.858	37.514	40.971	43.345	40.345	45.155	34.258
18	14.736	26.766	16.361	34.377	26.024	38.080	69.600	21.046	19.184	30.107	34.377	20.452
19	33.421	33.211	28.871	48.671	33.593	44.038	39.207	35.953	71.901	40.226	32.297	42.250
20	63.688	28.373	40.341	40.024	69.000	10.855	63.691	54.465	31.674	42.414	7.658	69.635
21	31.378	10.340	34.481	44.934	24.520	35.655	32.848	39.867	5.056	41.928	40.974	41.475
22	40.217	24.086	86.173	41.061	8.824	45.955	0	61.575	36.480	17.912	51.230	16.470
23	32.447	0	34.965	13.340	28.471	42.041	32.379	41.045	40.265	35.827	38.950	40.371
24	18.700	27.817	79.602	48.998	21.184	98.320	31.112	8.107	28.370	65.892	54.358	61.203
25	33.042	19.328	29.397	42.581	35.473	26.875	28.620	39.984	88.180	36.638	36.336	22.509
26	64.586	22.000	50.977	37.366	64.038	33.307	105.186	10.906	36.680	57.366	16.837	109.639
27	35.222	55.223	36.944	43.422	31.582	37.835	49.026	34.396	75.250	47.390	43.232	36.469
28	0	27.883	0	38.996	100.032	58.040	50.086	98.321	35.024	63.323	75.622	37.063
29	26.962		36.575	48.040	29.754	38.027	40.341	45.844	62.329	30.540	39.722	0
30	18.315		33.504	31.412	20.832	20.832	56.625	29.566	359	42.569	103.401	3.241
31	30.306		44.472		28.033		40.546	21.936		38.597		0
Suma Mensual	970.724	710.771	1.065.410	1.107.070	1.083.115	1.159.836	1.250.520	1.249.230	1.334.762	1.387.880	1.268.802	1.352.257

Tabla 5.5: Resultados Flujo Vehicular 2006 Antofagasta. Estación de monitoreo 1.

El análisis de flujo diario también entrega la información de los días en las cuales las espiras no funcionan y no hay registro. Para nuestro objetivo se eliminan los días en los cuales las espiras no registran información, de esta manera se obtienen los días efectivos del registro de flujo en el año. Estos días efectivos de flujo ayudan a estimar un flujo de vehículos diario y anual, como se muestra en la Tabla 5.6.

Días efectivos	313
Promedio diario	44.609
Promedio Anual	16.282.360

Tabla 5.6: Estimación del Flujo Anual 2006 Antofagasta. Estación de Monitoreo 1.

Este valor de estimación de flujo anual, determinará si la calle o avenida evaluada entrará en modelo de propagación de ruido.

De la misma manera, se realiza el análisis para la información de flujo del año 2007 para la estación de monitoreo 1, como se muestra en la Tabla 5.7 y Tabla 5.8.

Resumen 2007 - Estación de Monitoreo 1												
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	20.623	36.224	34.812	27.875	0	44.907	33.835	45.801	95.751	45.154	35.327	33.761
2	64.550	95.121	36.095	10.235	116.687	30.582	0	55.966	36.312	66.473	41.000	47.462
3	27.268	31.049	32.108	40.508	35.854	37.705	44.390	46.710	20.025	37.676	38.332	35.167
4	35.751	74.084	73.541	66.544	49.343	53.293	55.968	23.035	43.454	19.632	88.744	21.353
5	27.936	35.226	34.245	40.309	38.684	45.814	40.299	38.625	30.124	42.070	38.044	34.232
6	63.593	6.466	3.353	44.362	36.120	41.578	109.312	34.695	43.655	48.169	70.830	14.962
7	23.570	32.253	37.180	31.730	41.585	37.345	33.050	35.160	47.259	33.719	40.363	35.235
8	29.685	22.440	38.344	0	73.777	46.788	30.100	57.534	77.936	53.655	13.612	33.175
9	28.172	35.757	35.881	37.545	37.881	38.412	12.377	39.350	35.953	41.926	38.852	26.236
10	54.587	68.279	27.905	24.675	30.092	14.302	38.207	51.284	15.184	26.233	39.975	63.340
11	28.026	28.257	29.558	38.499	12.090	40.185	62.940	38.243	41.880	43.475	37.740	29.548
12	28.273	35.395	37.085	50.707	34.251	61.985	38.987	35.060	62.369	92.906	43.019	0
13	26.774	30.324	34.538	39.417	32.423	32.271	61.873	41.173	45.684	33.542	39.088	35.454
14	48.272	80.977	60.885	24.685	32.891	43.688	41.491	90.068	0	71.992	62.975	19.547
15	26.931	33.070	36.700	26.205	39.761	41.604	41.998	34.583	38.799	32.916	37.342	34.020
16	80.018	62.114	38.815	17.939	33.538	86.716	32.009	65.756	36.006	10.367	58.890	29.393
17	27.443	32.874	31.532	32.622	0	34.381	46.182	44.740	31.516	39.261	35.985	62.395
18	43.563	29.537	18.934	47.079	32.169	20.097	43.185	27.085	72.089	41.833	26.157	38.890
19	29.088	34.905	58.451	31.877	19.805	40.255	18.593	33.169	26.575	58.901	35.225	0
20	78.982	76.081	28.504	50.456	31.778	36.430	42.400	59.514	116.782	39.524	21.344	45.373
21	27.655	35.200	29.319	37.280	23.453	37.305	33.824	43.990	40.606	0	32.291	38.369
22	33.376	55.725	31.681	5.371	36.539	0	34.092	48.097	10.538	39.227	42.999	33.894
23	12.964	37.300	73.535	40.698	51.872	38.464	62.855	46.821	32.773	28.128	34.838	72.198
24	34.346	0	30.069	68.061	39.155	26.985	43.296	56.924	32.902	39.083	49.689	30.307
25	4.864	29.469	44.997	37.560	36.011	38.343	50.632	42.660	38.654	85.586	26.067	34.612
26	37.160	13.861	34.132	112.087	37.167	52.935	43.442	32.377	79.366	45.293	0	33.568
27	24.194	34.555	20.531	25.819	28.275	36.633	46.307	46.437	11.726	77.709	33.490	11.609
28	27.605	56.194	33.301	0	39.679	12.388	42.405	46.704	0	34.701	25.974	36.598
29	67.207		63.446	0	69.250	47.717	41.183	43.035	0	3.065	34.066	45.768
30	35.194		34.921	0	41.968	68.037	41.667	28.620	7.842	43.934	31.607	27.875
31	47.754		100.852		59.857		95.093	47.964		57.857		24.798
Suma Mensual	1.145.424	1.142.737	1.225.250	1.010.145	1.191.955	1.187.145	1.361.992	1.381.180	1.171.760	1.334.007	1.153.865	1.029.139

Tabla 5.7: Resultados Flujo Vehicular 2007 Antofagasta. Estación de monitoreo 1.

Días efectivos	318
Promedio diario	45.077
Promedio Anual	16.453.235

Tabla 5.8: Estimación del Flujo Anual 2007 Antofagasta. Estación de monitoreo 1.

Se puede observar que el flujo de vehículos para el año 2007 aumentó en comparación con el flujo de vehículos para el año 2006, lo demuestra un aumento en el parque automotriz de la comuna entre ambos años.

A continuación, se presentan los resultados finales de los análisis realizados a todas las estaciones de monitoreo de flujo vehicular, para el año 2006 y 2007, como se muestran en la Tabla 5.9 y Tabla 5.10.

Estación de Monitoreo	Calle de Ubicación	Año	Días de Flujo Efectivo	Promedio Diario	Promedio Anual
1	Av. Balmaceda	2006	313	44.609	16.282.360
2	Uribe	2006	339	15.817	5.773.093
3	Av. Argentina	2006	128	27.452	10.019.951
4	Av. Matta	2006	341	17.052	6.224.097
5	J.S. Ossa	2006	343	20.829	7.602.542
6	Bolívar	2006	339	13.648	4.981.389

Tabla 5.9: Resultados finales Flujo Vehicular 2006. Comuna de Antofagasta.

Estación de Monitoreo	Calle de Ubicación	Año	Días de Flujo Efectivo	Promedio Diario	Promedio Anual
1	Av. Balmaceda	2007	318	45.077	16.453.235
2	Uribe	2007	338	17.216	6.283.694
3	Av. Argentina	2007	122	29.580	10.796.658
4	Av. Matta	2007	343	17.959	6.555.090
5	J.S. Ossa	2007	343	21.294	7.772.232
6	Bolívar	2007	338	12.084	4.410.578

Tabla 5.10: Resultados finales Flujo Vehicular 2007. Comuna de Antofagasta.

De los resultados obtenidos, se observa que para todas las estaciones de monitoreo, excepto para la número 6, el flujo de vehículos aumentó considerablemente. Este incremento en el flujo de vehículos entre el año 2006 y 2007, demuestra un aumento en el parque automotriz en la comuna para el año 2007.

Si bien la estación de monitoreo número 6 presenta un flujo menor de vehículos para el año 2007 en comparación al año 2006, si tomamos en cuenta la tendencia de aumento de todas las demás estaciones, esta disminución puede deberse a factores externos al funcionamiento de las espiras, como por ejemplo el cambio en el sentido de algunas calles en el sector central de la comuna debido a un ordenamiento de la locomoción colectiva.

- **Comuna de Providencia**

En la Comuna de Providencia existen 23 estaciones de monitoreo de flujo vehicular, estas estaciones se encuentran repartidas dentro de toda la comuna en calles de alto tráfico vehicular. La ubicación específica de cada estación de monitoreo se observa en la Tabla 5.11.

Estación de Monitoreo	Código	Calle de Ubicación	Entre cuales calles se encuentra		Tipo de Pista
			Calle 1	Calle 2	
1	E005P0	Eliodoro Yáñez	Marchant Pereira	Matilde Salamanca	Normal
2	E013S0	Los Conquistadores	El Gobernador	Padre Letelier	Normal
3	E030P1	Diagonal Oriente	Lyon	Suecia	Normal
4	E030O0	Diagonal Oriente	Lyon	Suecia	Normal
5	E030P0	Diagonal Oriente	Lyon	Suecia	Reversible
6	E030O2	Diagonal Oriente	Lyon	Suecia	Reversible
7	E045P0	Providencia	Santa Magdalena	Suecia	Reversible
8	E048S0	Salvador	Luís Montaner	Néstor Aracena	Normal
9	E048S1	Salvador	Luís Montaner	Néstor Aracena	Reversible
10	E048N2	Salvador	Luís Montaner	Néstor Aracena	Reversible
11	E069P0	Andrés Bello	Antonio Bellet	Padre Mariano	Normal
12	E069P1	Andrés Bello	Antonio Bellet	Padre Mariano	Reversible
13	E069O0	Andrés Bello	Antonio Bellet	Padre Mariano	Reversible
14	E074O0	Carlos Antunez	El Bosque Sur	Hernándo de Aguirre	Normal
15	E076P1	Diagonal Oriente	Alejandro del Río	Marchant Pereira	Normal
16	E076O1	Diagonal Oriente	Alejandro del Río	Marchant Pereira	Normal
17	E076P0	Diagonal Oriente	Alejandro del Río	Marchant Pereira	Reversible
18	E076O0	Diagonal Oriente	Alejandro del Río	Marchant Pereira	Reversible
19	E079P0	Francisco Bilbao	Bustamante	Ramón Carnicer	Normal
20	E080P0	Francisco Bilbao	Hernándo de Aguirre	Jorge Matte	Normal
21	E080O0	Francisco Bilbao	Hernándo de Aguirre	Jorge Matte	Normal
22	E089O1	Pocuro	El Bosque Sur	Augusto Ovalle Castillo	Normal
23	E093O0	Santa María	Carlos Casanueva	El Cerro	Normal

Tabla 5.11: Ubicación estaciones de monitoreo de flujo vehicular en la Comuna de Providencia.

Al igual que en la comuna de Antofagasta, las estaciones de conteo de flujo vehicular de la comuna de Providencia funcionan a base de espiras que realizan el conteo automático de vehículos.

En la información proporcionada por la UOCT de Santiago no se especifica el número de espiras por eje, de modo que se asume que los valores recibidos corresponden a la suma del número de espiras que conforman cada estación. Las estaciones de monitoreo 6, 8, 9, 10 y 22 no se encontraban en funcionamiento al momento de solicitar la información.

Debido a la gran cantidad de información recopilada, solo se presentan en detalle los resultados de la estación de monitoreo 1, E005P0, ubicada en Eliodoro Yáñez entre las calles Marchant Pereira y Matilde Salamanca. La información específica de las demás estaciones, se encuentra en el Anexo III, el cual se encuentra en formato digital. Estos datos son entregados con un promedio cada una hora, para todos los días de los años 2006 y 2007, como se observa en la Tabla 5.12.

Resumen 2006 - Estación de Monitoreo 1												
Hora/Equipo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
23:00:00	14.655	2.622	1.787	13.715	13.769	13.441	14.121	13.531	13.580	14.741	14.624	17.721
1:00:00	10.172	1.708	1.271	9.214	9.373	9.186	9.881	9.353	9.251	9.877	9.934	12.846
2:00:00	7.128	1.163	587	6.611	6.266	6.373	6.659	6.347	6.352	7.130	6.728	9.068
3:00:00	4.692	791	399	4.335	4.319	4.239	4.749	4.369	4.323	4.759	4.464	5.706
4:00:00	3.806	643	388	3.848	3.671	3.697	3.956	3.674	3.679	4.126	3.931	4.676
5:00:00	4.667	826	534	4.634	4.553	4.291	4.567	4.531	4.368	4.997	4.650	5.193
6:00:00	8.799	1.477	1.342	9.063	9.576	8.602	9.124	9.185	9.018	9.739	9.159	9.103
7:00:00	42.625	6.544	8.553	53.547	58.687	51.756	51.016	57.145	50.811	56.658	51.518	45.978
8:00:00	75.723	12.140	15.213	67.859	76.626	71.167	74.188	76.978	67.877	75.051	70.283	65.203
9:00:00	68.603	10.685	14.771	63.490	69.128	63.346	67.033	71.002	62.816	69.168	67.384	62.980
10:00:00	61.265	10.084	13.137	59.367	63.690	57.901	61.146	63.887	58.365	63.314	60.837	59.539
11:00:00	58.969	10.151	11.385	58.450	62.412	56.956	61.259	62.316	57.760	61.424	59.322	58.547
12:00:00	56.024	9.882	10.889	56.040	60.322	55.218	59.873	60.421	56.010	57.137	56.235	56.674
13:00:00	51.928	8.752	9.531	55.136	58.565	54.614	56.850	58.293	53.276	55.352	54.348	53.820
14:00:00	45.684	7.551	10.221	48.233	52.369	49.479	51.631	52.746	47.830	49.853	48.332	47.533
15:00:00	48.128	8.086	10.580	51.102	56.465	51.170	54.810	56.852	50.620	52.602	51.799	49.225
16:00:00	48.200	8.135	11.079	52.170	57.991	52.191	54.719	57.297	51.302	53.428	52.319	49.863
17:00:00	49.953	8.353	10.283	55.451	61.305	57.581	58.244	60.311	53.045	57.255	55.249	50.124
18:00:00	55.458	9.048	12.685	61.794	67.965	62.588	64.716	66.039	58.306	64.083	60.647	57.178
19:00:00	51.973	8.654	12.470	56.345	60.157	55.234	57.130	60.417	53.562	59.472	55.822	54.002
20:00:00	42.852	6.960	9.686	42.909	45.892	42.781	45.321	47.666	42.895	49.158	46.080	46.321
21:00:00	37.579	6.428	7.429	36.421	38.944	36.490	37.008	39.599	35.726	41.500	40.597	41.453
22:00:00	28.806	4.798	5.598	27.173	28.098	26.899	27.123	28.620	27.055	30.534	29.993	31.835
23:00:00	20.085	3.372	3.543	18.446	18.892	18.220	18.830	19.056	18.475	20.470	20.008	22.600
Suma mensual	897.774	148.853	183.361	915.353	989.035	913.420	953.954	989.635	896.302	971.828	934.263	917.188

Tabla 5.12: Resultados Flujo Vehicular 2006 Providencia. Estación de monitoreo 1.

Al igual que para los datos de la comuna de Antofagasta, se filtraron los días en los cuales las espiras funcionaban de manera errónea y registraban valores negativos. De esta manera los datos de la tabla anterior son proyecciones en base a los valores existentes válidos.

Una vez que se obtienen los datos diarios de flujo vehicular para todos los días del año, se calcula la suma mensual y se realiza el análisis de los días en las cuales las espiras no funcionan y no hay registro. De igual manera que en Antofagasta, para nuestro objetivo se eliminan los días en los cuales las espiras no registran información o la información registrada es errónea, de esta manera se obtienen los días efectivos del registro de flujo en el año. Los días efectivos de flujo ayudan a estimar un flujo de vehículos diario y anual, como se muestra en la Tabla 5.13.

Días efectivos	324
Promedio diario	30.302
Promedio Anual	11.060.242

Tabla 5.13: Estimación del Flujo Anual 2006 Providencia. Estación de monitoreo 1.

Y se hace lo mismo para los datos del año 2007, como se muestra en la Tabla 5.14 y Tabla 5.15.

Resumen 2007 - Estación de Monitoreo 1												
Hora/Equipo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
23:00:00	14.624	11.213	14.335	13.486	13.278	12.898	13.649	5.265	7.378	14.948	12.888	17.516
1:00:00	10.313	7.198	9.645	9.125	9.300	9.392	9.762	3.628	5.374	10.157	8.897	12.903
2:00:00	7.343	4.829	6.713	6.260	6.448	6.374	6.475	2.420	3.750	6.951	5.871	9.168
3:00:00	4.725	3.128	4.481	4.262	4.239	4.158	4.306	1.520	2.387	4.593	3.933	5.973
4:00:00	3.733	2.798	3.998	3.555	3.715	3.641	3.734	1.327	2.257	3.941	3.437	4.780
5:00:00	4.646	4.004	5.064	4.703	4.685	4.670	4.786	1.731	2.608	5.253	4.399	5.605
6:00:00	8.219	7.007	11.072	9.605	9.555	9.144	9.175	3.455	4.691	11.224	8.239	10.313
7:00:00	42.182	32.971	63.627	58.957	58.173	56.781	50.457	21.732	22.753	62.066	44.501	50.683
8:00:00	71.452	58.373	72.450	66.961	70.693	70.317	67.696	26.663	28.887	72.198	53.519	65.289
9:00:00	65.552	50.767	70.324	62.587	67.631	66.922	63.316	25.692	27.762	71.114	52.258	65.160
10:00:00	57.246	46.428	65.923	60.155	62.369	62.248	59.309	23.807	27.852	66.058	49.935	63.058
11:00:00	55.404	45.459	64.097	58.966	60.970	61.026	59.261	23.130	28.757	63.170	48.172	62.290
12:00:00	52.750	44.029	61.308	56.812	59.792	59.678	58.010	22.852	28.021	60.651	45.994	59.668
13:00:00	49.637	40.600	59.020	55.465	58.916	59.011	55.921	22.163	27.175	59.069	44.003	57.028
14:00:00	44.106	34.994	52.268	49.871	52.750	53.344	50.133	19.695	23.003	54.176	38.934	50.330
15:00:00	46.802	38.014	56.181	53.901	56.226	56.664	53.966	20.950	24.488	57.404	42.055	50.404
16:00:00	47.099	38.519	57.195	53.624	56.904	56.442	53.828	21.459	26.697	57.529	41.448	51.598
17:00:00	48.481	39.676	59.570	56.754	59.945	59.494	56.089	21.901	27.119	59.903	42.416	53.251
18:00:00	53.792	44.428	64.828	61.020	64.352	60.469	60.075	23.140	28.379	62.257	45.914	55.644
19:00:00	50.420	40.615	59.975	55.259	57.036	54.302	52.673	21.023	25.275	57.423	40.761	51.184
20:00:00	41.891	33.030	48.997	44.601	46.008	45.196	43.647	18.080	22.389	49.903	35.457	47.056
21:00:00	36.213	28.714	39.400	36.438	38.457	37.539	35.706	14.626	19.261	42.420	32.606	42.057
22:00:00	27.864	21.430	28.638	27.279	28.281	26.884	26.361	10.370	14.119	31.337	25.240	32.515
23:00:00	19.828	15.013	19.146	18.154	18.746	18.053	18.218	7.297	9.936	21.122	16.669	23.284
Suma mensual	864.322	693.237	998.255	927.800	968.469	954.647	916.553	363.926	440.318	1.004.867	747.546	946.757

Tabla 5.14: Resultados Flujo Vehicular 2007 Providencia. Estación de monitoreo 1.

Días efectivos	315
Promedio diario	30.861
Promedio Anual	11.264.309

Tabla 5.15: Estimación del Flujo Anual 2006 Providencia. Estación de monitoreo 1.

A continuación, se presentan los resultados finales de todas las estaciones de monitoreo de flujo vehicular, para el año 2006 y 2007 para la comuna de Providencia, como se muestran en la Tabla 5.16 y Tabla 5.17.

Estación de Monitoreo	Código	Calle de Ubicación	Año	Días de Flujo Efectivo	Promedio Diario	Promedio Anual
1	E005P0	Eliodoro Yañez	2006	315	30.861	11.264.309
2	E013S0	Los Conquistadores	2006	317	18.569	6.777.669
3	E030P1	Diagonal Oriente	2006	177	2.747	1.002.805
4	E030O0	Diagonal Oriente	2006	300	9.910	3.617.074
5	E030P0	Diagonal Oriente	2006	294	7.694	2.808.477
6	E030O2	Diagonal Oriente	2006	-	-	-
7	E045P0	Providencia	2006	299	28.534	10.415.074
8	E048S0	Salvador	2006	-	-	-
9	E048S1	Salvador	2006	-	-	-
10	E048N2	Salvador	2006	-	-	-
11	E069P0	Andrés Bello	2006	289	14.407	5.258.572
12	E069P1	Andrés Bello	2006	43	16.025	5.849.072
13	E069O0	Andrés Bello	2006	299	23.455	8.560.952
14	E074O0	Carlos Antunez	2006	313	14.019	5.117.089
15	E076P1	Diagonal Oriente	2006	170	3.697	1.349.381
16	E076O1	Diagonal Oriente	2006	123	3.237	1.181.344
17	E076P0	Diagonal Oriente	2006	289	6.859	2.503.508
18	E076O0	Diagonal Oriente	2006	297	11.607	4.236.705
19	E079P0	Francisco Bilbao	2006	312	29.306	10.696.660
20	E080P0	Francisco Bilbao	2006	310	19.418	7.087.723
21	E080O0	Francisco Bilbao	2006	310	8.303	3.030.600
22	E089O1	Pocuro	2006	-	-	-
23	E093O0	Santa María	2006	316	17.250	6.296.212

Tabla 5.16: Resultados Flujo Vehicular 2006. Comuna de Providencia.

Estación de Monitoreo	Código	Calle de Ubicación	Año	Días de Flujo Efectivo	Promedio Diario	Promedio Anual
1	E005P0	Eliodoro Yañez	2007	324	30.302	11.060.242
2	E013S0	Los Conquistadores	2007	330	17.422	6.358.907
3	E030P1	Diagonal Oriente	2007	181	2.875	1.049.441
4	E030O0	Diagonal Oriente	2007	318	9.710	3.544.265
5	E030P0	Diagonal Oriente	2007	312	7.616	2.779.747
6	E030O2	Diagonal Oriente	2007	-	-	-
7	E045P0	Providencia	2007	317	25.940	9.468.171
8	E048S0	Salvador	2007	-	-	-
9	E048S1	Salvador	2007	-	-	-
10	E048N2	Salvador	2007	-	-	-
11	E069P0	Andrés Bello	2007	310	14.625	5.338.044
12	E069P1	Andrés Bello	2007	45	16.530	6.033.411
13	E069O0	Andrés Bello	2007	319	18.235	6.655.904
14	E074O0	Carlos Antunez	2007	278	8.862	3.234.488
15	E076P1	Diagonal Oriente	2007	161	4.002	1.460.724
16	E076O1	Diagonal Oriente	2007	116	3.359	1.225.889
17	E076P0	Diagonal Oriente	2007	295	6.588	2.404.774
18	E076O0	Diagonal Oriente	2007	304	11.307	4.127.131
19	E079P0	Francisco Bilbao	2007	331	27.830	10.158.064
20	E080P0	Francisco Bilbao	2007	332	19.356	7.064.875
21	E080O0	Francisco Bilbao	2007	332	6.232	2.274.662
22	E089O1	Pocuro	2007	-	-	-
23	E093O0	Santa María	2007	263	17.714	6.465.707

Tabla 5.17: Resultados Flujo Vehicular 2007. Comuna de Providencia.

Estos flujos anuales de vehículos, ayudan a determinar si las vías evaluadas serán objeto de análisis al momento de ingresar los valores al modelo de propagación de ruido. Se utiliza un criterio de acuerdo a la Directiva 2002/49/CE donde se especifica que en una etapa preliminar se incluirán en los modelos

todas las calles ubicadas en aglomeraciones urbanas con un flujo anual superior a 6.000.000 de vehículos y en una etapa final se incluirán calles que tengan un flujo superior a los 3.000.000 de vehículos anuales.

De esta manera, si comparamos los valores de flujo anuales con el parámetro que establece la directiva, se tiene que los flujos de todas las calles están por sobre este valor requerido.

5.3.1.3 Conteo de Flujo Vehicular

En la totalidad de las calles, a excepción de los pasajes, se lleva a cabo conteo manual de los vehículos que circulan por dichas calles. Para caracterizar de manera adecuada las calles de las comunas de Antofagasta y Providencia se toman dos puntos de medición a lo largo de una calle, en el caso de calles de mayor extensión se toman más puntos de monitoreo según sea necesario.

Las mediciones se llevan a cabo en dos horarios durante el horario diurno: Horario Punta y Horario Valle. El Horario Punta se presenta la mayor cantidad de flujo vehicular en una calle durante el día, este horario se encuentra entre las 7:00 hrs. y 9:00 hrs. durante la mañana y entre las 18:00 hrs. y 20:00 hrs. durante la tarde. El Horario Valle es donde se encuentra flujo normal por las calles, este horario es entre las 9:00 hrs. y las 18:00 hrs. y entre las 20:00 hrs. y las 21:00 hrs. Las mediciones tienen una duración de 15 minutos por cada punto, donde se hace la diferencia entre vehículos pesados y vehículos livianos. Para cualquier calle contabilizada se obtiene el promedio de vehículos que pasan por ella, utilizando para ello los distintos puntos de muestreo. En el caso del conteo de vehículos discreto se incluyen en este informe las calles donde se cuentan en un periodo continuo de 15 minutos, más de 86 vehículos, ya que es el equivalente, en promedio, a 3.000.000 de vehículos en un año.

Se comienza el conteo en Horario Punta para continuar en Horario Valle. De existir, en un primer conteo (horario punta), más de 86 vehículos, se procede a realizar el segundo conteo (horario valle). Las calles que no cumplen con el criterio en el primer conteo se descartan y no se continúa el registro en ellas. Sólo se registran las calles que cumplen el criterio. Una vez contabilizados los vehículos en Horario Valle y con los registros completos, incluyendo Horario Punta, se realiza un promedio

ponderado de los vehículos, considerando 4 horas punta y 20 horas valle durante el día. Si cumple en el día el criterio de 86 vehículos en 15 minutos, se cumple el criterio para las 24 horas y por ende para todo el año, de 3.000.000 de vehículos circulando por dicha vía. Las calles o avenidas seleccionadas, así como el número de vehículos contabilizados son los siguientes:

Comuna de Antofagasta

Calle Punto Medición	Conteo de Vehículos				Promedio ponderado hora día
	Hora Valle (15 min)		Hora Punta (15 min)		
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	
14 de Febrero	119	6	234	11	580
21 de Mayo	106	5	141	6	468
Aconcagua	131	1	168	3	554
Almirante Juan José Latorre	170	10	224	24	765
Almirante Lord Cochrane	79	2	174	9	392
Augusto D'Halmar	147	22	152	23	680
Avenida Andrés Sabella Gálvez	131	15	239	28	665
Avenida Angamos	125	28	178	42	657
Avenida Antonio Rendic	286	17	422	56	1329
Avenida Argentina	87	2	160	11	411
Avenida General Bernardo O'Higgins	134	10	162	23	603
Avenida General José Antonio de Sucre	137	18	204	30	673
Avenida General José de San Martín	130	5	270	39	656
Avenida General José Miguel Carrera	166	0	233	17	720
Capitán Arturo Prat Chacón	107	8	168	12	503
Caracoles	129	7	173	11	576
Carlos Condell	247	18	318	23	1111
Copiapó	119	13	183	31	583
Coquimbo	145	13	189	16	663
Díaz Gana	116	22	185	38	609
Galleguillos Lorca	66	18	96	21	358
General José Velásquez Bórquez	90	0	95	6	367
General Manuel Baquedano	202	2	265	10	863
Hermógenes Alfaro	72	28	90	24	409
Homero Ávila Silva	72	16	105	54	399
Iquique	321	7	449	11	1400
Jorge Washington	140	13	198	22	657
José Francisco Blumell	122	7	150	12	538
José Manuel Balmaceda	104	2	137	6	449
José Santos Ossa	68	14	121	23	369
Linares	77	10	112	23	380

Calle Punto Medición	Cuento de Vehículos				Promedio ponderado hora día
	Hora Valle (15 min)		Hora Punta (15 min)		
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	
Maipú	191	14	241	17	855
Manuel Antonio Matta	92	9	117	9	421
Pedro León Gallo	190	31	315	45	977
Rebeca Matte	64	15	90	45	353
Salvador Reyes	100	4	139	9	445
Séptimo de Línea	460	31	515	80	2033
Simón Bolívar	74	7	146	15	377
Temuco	87	15	140	21	447
Teniente Ignacio Serrano	112	3	140	6	481
Teniente Luis Uribe	154	6	184	12	664
Teniente Manuel Orella	174	2	213	2	730
Zenteno	54	16	148	24	348

- **Comuna de Providencia**

Calle Punto Medición	Cuento de Vehículos				Promedio ponderado hora día
	Hora Valle (15 min)		Hora Punta (15 min)		
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	
Pedro de Valdivia	409	27	504	20	1803
Andrés Bello	860	12	890	10	3507
Pedro de Valdivia Norte	219	4	306	12	955
Santa María	210	13	356	21	995
Los Conquistadores	513	9	751	15	2251
Padre Letelier	189	12	279	9	862
Carlos Casanueva	129	9	174	9	582
Bellavista	537	27	796	39	2437
Antonia López de Bello	174	5	190	9	729
Monitor Araucano	115	2	148	2	490
General Bustamante	373	2	571	10	1637
Santa Isabel	333	18	600	9	1576
Salvador	326	15	368	7	1387
José Manuel Infante	144	0	194	3	611
Bilbao	598	20	737	39	2577
Av. Rancagua	510	13	631	16	2175
Marín	168	2	264	2	744
Providencia	604	12	919	21	2680
Eleodoro Yáñez	444	14	741	14	2030

Calle Punto Medición	Conteo de Vehículos				Promedio ponderado hora día
	Hora Valle (15 min)		Hora Punta (15 min)		
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	
Manuel Montt	311	27	408	22	1413
Antonio Varas	266	15	342	20	1178
Diagonal Oriente	368	21	413	19	1585
11 de Septiembre	395	35	714	47	1941
Infante	176	5	257	11	782
Miguel Claro	137	11	274	19	689
Carlos Antúnez	214	10	350	6	984
Marchant Pereira	101	4	182	5	475
Pocuro	473	16	618	18	2054
Valenzuela Castillo	97	3	182	5	458
Mar del Plata	102	7	141	6	461
Avenida Luis Thayer Ojeda	295	4	428	3	1284
Hernando de Aguirre	111	2	264	3	555
El Bosque	135	1	250	2	621
La Brabanzón	75	0	313	0	459
Amapolas	94	7	215	10	487
Holanda	159	1	289	0	726
Avenida Los Leones	368	28	597	38	1743
Suecia	287	2	434	3	1255
Avenida Ricardo Lyon	260	11	563	8	1284
Tobalaba	540	12	732	27	2346
Carmen Silva	175	0	311	0	791
Guardia Vieja	81	0	165	0	380
Lota	154	2	354	1	757
Avenida Senador Jaime Guzmán	274	26	503	28	1354
Doctor Pedro Lautaro Ferrer	175	12	226	19	787
Avenida Chile España	118	3	178	3	524
Avenida Echeñique	151	8	196	6	665
Avenida Diego de Almagro	151	6	311	13	739
El Aguilucho	148	3	189	5	633
Renato Zanelli	260	2	348	6	1109
Bustos	189	25	246	18	889
Avenida Holanda	203	4	300	4	893
Arturo Medina	89	8	142	9	424

Los valores de horario nocturno son estimados en base a estimaciones de la UOCT que indican que el flujo vehicular nocturno es un 30% del valor promedio diario.

Para ambas comunas, los datos obtenidos del conteo de vehículos, así como el resumen de esto se muestra en detalle en los Anexos II y III, los cuales se presentan en formato digital. Las calles indicadas en las tablas anteriores son las que se requieren en cada una de las zonas de estudio para ingresarlas en el modelo y crear el mapa de ruido de ambos sectores.

5.3.2 Análisis de tipos de carpetas existentes

El tipo de carpeta también es una información importante al minuto de ingresar los datos necesarios para una modelación de ruido. Un cierto tipo de carpeta puede provocar que los niveles de ruido se eleven entre una y otra calle, por ejemplo si es de adoquín o asfalto.

- **Comuna de Antofagasta**

Para la información de las carpetas que componen cada una de las calles a utilizar en el modelo, se realiza el contacto con el Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU) de la ciudad de Antofagasta, específicamente con Jorge Araya, el cual entregó su colaboración al desarrollo del estudio. Sin embargo, hay que mencionar que la información catastrada es bastante escueta, solo se pueden conseguir los datos de algunos tipos de carpetas y calles de la comuna, por lo tanto se realiza un levantamiento de la información faltante, recorriendo las calles del área de estudio.

Una vez realizado el levantamiento de la información en compañía de personal del SERVIU, se detecta que en la mayoría de las calles de la comuna el tipo de carpeta existente es de asfalto, a excepción de algunas calles que hormigón.

Además se consultó con la Municipalidad y con la SEREMI de Transportes acerca de los nuevos proyectos que puedan existir en la comuna. La respuesta fue que en la comuna no se realizarían nuevos proyectos a gran escala o que vayan a generar cambios en la pavimentación de las calles o avenidas, lo que ocasionaría cambios en el tráfico vehicular o en cualquier otra área de interés para el estudio.

La información de los tipos de carpetas presentes en la comuna se encuentra detallada en el Anexo II, los cuales se presentan en formato digital.

- **Comuna de Providencia**

En la comuna de Providencia, la información de las carpetas que componen las calles de toda la comuna fue entregada por el Departamento de Pavimentos en la Dirección de Obras, de esta manera el mapa de la comuna con los tipos de carpetas de las calles se muestra en la Figura 5.4.



Figura 5.4: Plano de los tipos de carpetas de la comuna de Providencia.

La información detallada de los tipos de carpetas de las calles de la comuna Providencia, se muestran en detalle en el Anexo III, la cual se presenta en formato digital.

Además se consultó con la Municipalidad y con la UOCT de Santiago acerca de los futuros proyectos que se fueran a realizar en la comuna, y la respuesta fue que no se tenía información de nuevos proyectos que fueran a generar un impacto en el tránsito o en otra área de interés para el estudio.

5.3.3 Anchos de pistas

Los softwares de modelación de ruido necesitan como variable de entrada, así como la densidad de tráfico de una calle, la cantidad de pistas de la misma calle donde se ingresa el flujo, con el fin de distribuir la potencia acústica total en el área disponible para transitar en la calle modelada.



Figura 5.5: Tres diferentes tipos de perfil para calzadas.

- **Comuna de Providencia**

El Plano Regulador de la comuna de Providencia fue obtenido a través de las gestiones del Departamento de Higiene y Control Ambiental de la comuna, así como también los planos de ancho de pistas, de áreas verdes y edificación.

Al realizar el análisis de ambas comunas, se observa que para la comuna de Providencia, el plano tanto en formato de papel entrega una información bastante amplia acerca del ancho de cada calle y la ubicación de las áreas verdes de la comuna. A raíz de esto sólo es necesario obtener la información de las pendientes de las calles. En la comuna de Providencia, se provee un plano con la ubicación de las calles y se muestra el ancho real de la calzada. También en el plano Espacio Público: Vialidad y Áreas Verdes Públicas se muestra bajo la categoría de Vialidad Estructurante Comunal y se subdividen las calles en Expresas, Troncales Metropolitanas, Troncales Intercomunales, Colectores Intercomunales, Colectores Comunales, De Servicio. En cada una de las calles se muestra la Línea Oficial existente y propuesta.

- **Comuna de Antofagasta**

Para el caso de la comuna de Antofagasta sucede lo mismo, es decir, el plano en formato digital entrega la información necesaria acerca del ancho de cada calzada, por lo que se obtiene la información de los anchos simplemente con la herramienta de Medición (Measure) de ArcGIS como se muestra en la figura; pero al igual que en Providencia, la información faltante es las pendientes de las calles.

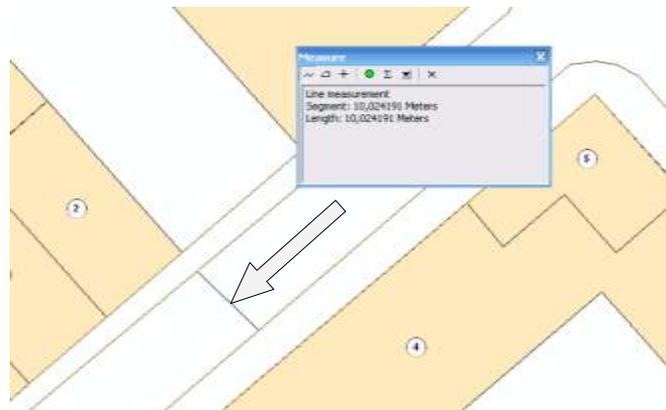


Figura 5.6: Herramienta *Measure* (Medición) para determinar el ancho de las pistas provistas en plano con formato GIS.

5.3.4 Pendientes

Los modelos de predicción de ruido para carreteras solicitan la información de pendientes de cada vía que se esté modelando. Esta información, dependiendo del modelo, puede influir significativamente en el nivel de emisión de ruido. Las pendientes o gradientes se expresan en porcentaje, es decir, la relación que existe entre la diferencia de altura y la distancia recorrida entre dos puntos. Existen modelos que consideran influyente cada gradiente. Otros consideran importante la gradiente sobre cierto porcentaje.

Para el caso de este estudio se han considerado todas las gradientes de las calles de Antofagasta y Providencia que se considerarán en la modelación. La información de las alturas se ha recogido de un levantamiento llevado a cabo en terreno utilizando equipamiento que posee la capacidad de obtener alturas exactas o relativas con un mínimo error. El instrumento es un sistema de posicionamiento global (GPS) con altímetro barométrico, el cual entrega alturas obtenidas a través de la comparación

de la presión barométrica, con error estimado de 1 metro aproximadamente. La diferencia de las alturas registradas es comparada con la distancia recorrida.

El levantamiento de información acerca de las pendientes de cada calle, se comenzó a realizar a fines de febrero para el caso de las dos comunas, de manera de tener toda la información recopilada. Con el levantamiento de información se completará la data de entrada anchos y pendientes para las calles de la ciudad provistos por los planos facilitados.

- **Comuna de Providencia**

En general, para el caso de Providencia, existe una diferencia de altura muy poco pronunciada, existiendo gradientes menores, incluso nulas para algunas de las calles seleccionadas. Para este caso, se han subdividido algunas vías en tramos para dimensionar de mejor forma las gradientes que van logrando estas vías. Las gradientes obtenidas, expresadas en porcentajes, son indicadas en la Tabla 5.18.

Gradiente de calles de Providencia			
Calle	Gradiente [%]	Calle	Gradiente [%]
Amapolas	1	Barcelona	0
Antonia López De Bello	2	Bellavista	1
Avenida Andrés Bello	1	Carlos Antúnez	2
Avenida Antonio Varas	1	Carmen Sylva	1
Avenida El Cerro	0	Constitución	1
Avenida Eliodoro Yañez	1	Coronel	0
Avenida Francisco Bilbao	1	Diagonal Oriente	1
Avenida General Bustamante	0	El Aguilucho	0
Avenida Jose Manuel Infante	1	Guardia Vieja	0
Avenida Los Leones	1	Hernando De Aguirre	1
Avenida Luis Thayer Ojeda	1	Holanda	1
Avenida Manuel Montt	1	Julio Prado	1
Avenida Miguel Claro	0	La Brabanzón	0
Avenida Once De Septiembre	1	Los Conquistadores	1
Avenida Pedro De Valdivia	1	Lota	2
Avenida Pedro De Valdivia Norte	1	Malaquías Concha	1
Avenida Pocuro	2	Mar Del Plata	1
Avenida Providencia	1	Marchant Pereira	0
Avenida Rancagua	1	Marín	1
Avenida Ricardo Lyon	1	Monitor Araucano	1

Gradiente de calles de Providencia			
Calle	Gradiente [%]	Calle	Gradiente [%]
Avenida Salvador	1	Monseñor Carlos Casanueva	1
Avenida Santa María	2	Padre Letelier	0
Avenida Seminario	1	Pío Nono	1
Avenida Suecia	1	Ricardo Matte Pérez	0
Avenida Tobalaba	1	Santa Isabel	1
Avenida Vicuña Mackenna	1	Valenzuela Castillo	1

Tabla 5.18: Gradientes de calles seleccionadas de Providencia obtenidas a partir de levantamiento en terreno

- **Comuna de Antofagasta**

El caso de las pendientes de Antofagasta es diametralmente distinto con lo que sucede en Providencia, ya que la ciudad está situada en el sector costero y limita en el sector oriente con el farallón costero de una altura aproximada de 1.000 metros en el cerro El Ancla. Esto hace que la pendiente, o gradiente que logran las calles de Antofagasta, aumenten a medida que se acercan a este cerro. De la misma manera que en Providencia se han subdividido algunas vías en tramos para dimensionar de mejor forma las gradientes que van logrando estas vías. Las gradientes obtenidas, expresadas en porcentajes, son indicadas en la Tabla 5.19.

Gradiente de calles de Antofagasta			
Calle	Desde	Hasta	Gradiente [%]
14 de Febrero	Teniente Luis Uribe	Av. Argentina	1
14 de Febrero	Av. Argentina	Chuquisaca	2
14 de Febrero	Av. General Bernardo O'Higgins	Teniente Luis Uribe	2
21 de Mayo	Av. General José de San Martín	José Santos Ossa	3
21 de Mayo	José Santos Ossa	Av. Argentina	3
21 de Mayo	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	10
Adamson	Lima	Av. Argentina	1
Almirante Juan José Latorre	Simón Bolívar	José Manuel Balmaceda	1
Almirante Juan José Latorre	Av. Argentina	Simón Bolívar	2
Almirante Lord Cochrane	Salvador Reyes	21 de Mayo	3
Av. Angamos	Av. General Bernardo O'Higgins	General José Manuel Borgoño	1
Av. Angamos	General José Manuel Borgoño	Homero Ávila Silva	1
Av. Angamos	Homero Ávila Silva	Pedro León Gallo	0
Av. Argentina	Av. General José Antonio de Sucre	21 de Mayo	0
Av. Argentina	Homero Ávila Silva	Luis Mancilla	1
Av. Argentina	Almirante Juan José Latorre	Av. General José Antonio de Sucre	1
Av. Argentina	21 de Mayo	General José Manuel Borgoño	2

Gradiente de calles de Antofagasta			
Calle	Desde	Hasta	Gradiente [%]
Av. Argentina	General José Manuel Borgoño	Homero Ávila Silva	2
Av. Argentina	Iquique	Almirante Juan José Latorre	3
Av. General Bernardo O'Higgins	Manuel Antonio Matta	Salvador Reyes	1
Av. General Bernardo O'Higgins	Salvador Reyes	Díaz Gana	1
Av. General José Miguel Carrera	Manuel Antonio Matta	Salvador Reyes	1
Av. General José Miguel Carrera	Salvador Reyes	Antonio Toro	1
Av. General José Antonio de Sucre	José Manuel Balmaceda	Carlos Condell	2
Av. General José Antonio de Sucre	Carlos Condell	Av. Argentina	5
Av. General José Antonio de Sucre	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	8
Av. General José de San Martín	Simón Bolívar	José Manuel Balmaceda	0
Av. Grecia	Hugo Silva Endelza	Los Inmigrantes	0
Av. Grecia	los Inmigrantes	República de Croacia	1
Capitán Arturo Prat Chacón	José Manuel Balmaceda	Carlos Condell	1
Capitán Arturo Prat Chacón	Carlos Condell	Av. Argentina	6
Capitán Arturo Prat Chacón	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	7
Caracoles	Lima	Av. Argentina	2
Carlos Condell	Simón Bolívar	Teniente Luis Uribe	1
Carlos Condell	Av. Argentina	Simón Bolívar	3
Copiapó	Almirante Juan José Latorre	José Santos Ossa	2
Copiapó	José Santos Ossa	Av. Argentina	4
Coquimbo	Av. General Bernardo O'Higgins	Salvador Reyes	4
Díaz Gana	Manuel Verbal	Av. Argentina	6
Eduardo Orchard	General José Manuel Borgoño	Díaz Gana	0
Eduardo Orchard	Nicanor Plaza	General José Manuel Borgoño	2
Eduardo Orchard	Díaz Gana	Salvador Reyes	3
Esmeralda	Teniente Manuel Orella	Av. Argentina	1
Esmeralda	Salvador Reyes	Teniente Manuel Orella	3
Esmeralda	Av. Argentina	Covadonga Vieja	3
Galleguillos Lorca	Nicanor Plaza	General José Manuel Borgoño	1
General José Velásquez Bórquez	Av. General José Miguel Carrera	Av. Argentina	4
General José Velásquez Bórquez	Manuel Verbal	Av. General José Miguel Carrera	5
General Manuel Baquedano	José Manuel Balmaceda	Carlos Condell	1
General Manuel Baquedano	Carlos Condell	Av. Argentina	6
General Manuel Baquedano	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	8
Homero Ávila Silva	Av. Argentina	Av. Angamos	5
Hermógenes Alfaro	Playa Blanca	Antonio Toro	0
Iquique	Lima	Av. Argentina	1
Jorge Washington	Simón Bolívar	Teniente Luis Uribe	0
José Francisco Blumell	Virgilio Arias	9 de Julio	2
José Francisco Blumell	9 de Julio	Pedro Gamboni	3
José Francisco Blumell	Pedro Gamboni	José Toribio Medina	3

Gradiente de calles de Antofagasta			
Calle	Desde	Hasta	Gradiente [%]
José Manuel Balmaceda	Simón Bolívar	Hugo Silva Endelza	0
José Santos Ossa	Av. General Bernardo O'Higgins	General Manuel Baquedano	1
José Santos Ossa	General Manuel Baquedano	Av. Argentina	3
José Santos Ossa	Av. Argentina	Chuquisaca	4
Linares	21 de Mayo	Manuel Rodríguez	3
Linares	21 de Mayo	Manuel Rodríguez	3
Maipú	José Manuel Balmaceda	Manuel Antonio Matta	2
Maipú	Manuel Antonio Matta	Av. Argentina	4
Maipú	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	9
Manuel Antonio Matta	Av. Argentina	Pedro de Valdivia	1
Manuel Antonio Matta	Maipú	Av. Argentina	2
Manuel Antonio Matta	Av. Grecia	Maipú	2
Nicanor Plaza	Av. Angamos	Av. Argentina	10
Pedro de Valdivia	Lima	Almirante Juan José Latorre	1
Pedro León Gallo	Av. Angamos	República de Croacia	5
Rebeca Mate	Av. Angamos	José María Caro	2
Rebeca Mate	Av. Angamos	República de Croacia	4
República de Croacia	Av. Grecia	Dolores	0
Salvador Reyes	Av. General José Miguel Carrera	Av. Argentina	4
Salvador Reyes	Av. Grecia	Av. General José Miguel Carrera	9
Simón Bolívar	José Manuel Balmaceda	Almirante Juan José Latorre	3
Simón Bolívar	Almirante Juan José Latorre	Av. Argentina	5
Simón Bolívar	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	8
Temuco	Gallequillos Lorca	Av. Argentina	11
Teniente Ignacio Serrano	Almirante Juan José Latorre	Av. Argentina	6
Teniente Ignacio Serrano	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	8
Teniente Luis Uribe	José Manuel Balmaceda	Manuel Antonio Matta	1
Teniente Luis Uribe	Manuel Antonio Matta	Av. Argentina	6
Teniente Luis Uribe	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	7
Teniente Manuel Orella	Av. General José de San Martín	Manuel Antonio Matta	1
Teniente Manuel Orella	Manuel Antonio Matta	Av. Argentina	5
Teniente Manuel Orella	Av. Argentina	Manuel Rodríguez	9

Tabla 5.19: Gradientes de calles seleccionadas de Antofagasta, considerando las diferencias de gradientes de la misma calle en distintos tramos.

5.3.5 Altura de la edificación

Para la creación de mapas de ruido a escala de aglomeraciones es necesario contar con completo detalle de la composición de las edificaciones que forman una ciudad o localidad bajo estudio. Debido a esto se hace imperioso contar con este nivel de detalle para elaborar un mapa de ruido representativo. Ya que los niveles de ruido presentes en un área urbana, si bien son emitidos

principalmente por vehículos motorizados, las reflexiones creadas en los edificios son parte preponderante de los niveles resultantes en el sector a evaluar, y por lo tanto, en el resultado de cualquier tipo de modelación. Esto se refleja en los modelos de propagación tales como ISO 9613, CONCAWE, Nord2000, etc. y los modelos de cálculo de emisión de ruido de carreteras europeos (RLS-90, CoRTN, NMPB 96, etc.).

- **Comuna de Providencia**

En el caso de la comuna de Providencia, el departamento de Catastro cuenta con un plano digital en formato GIS donde se especifica la geometría de las edificaciones y la cantidad de pisos con la que cuenta dicha edificación. Una vez obtenida esta información, se fija una altura promedio de piso y luego se multiplica por un factor de altura dado por la distancia promedio entre pisos de edificaciones (distancia entre cielo y cielo) para obtener una altura aproximada de las edificaciones. Esta información de altura se incorpora a las propiedades del objeto como una columna agregada.

- **Comuna de Antofagasta**

En la caso de la comuna de Antofagasta, este tipo de información no existe, por lo que se lleva a cabo un levantamiento en terreno. En este levantamiento en terreno se obtiene de manera visual la cantidad de pisos de cada edificación y con ayuda de fotos satelitales (extraídas del servidor de Google Earth) se obtiene la geometría de dicho edificio. Una vez obtenida esta información se procede a georreferenciar las fotos satelitales en el software ArcGIS, se dibuja la geometría de las edificaciones en relación a la información entregada por las fotos satelitales. Adicionalmente se agrega como campo de información la cantidad de pisos que posee el edificio, posteriormente se determina la altura promedio de las edificaciones, previa determinación de altura de piso estándar fijada por la distancia promedio entre cielo y cielo. Toda esta información se presenta en formato SIG.



Figura 5.7: Plano en formato ArcGIS proporcionado.



Figura 5.8: Foto satelital georeferenciada en plano de ArcGIS.



Figura 5.9: Geometría de edificaciones añadidas en ArcGIS en base a fotografía satelital.



Figura 5.10: Plano resultante con geometría de edificaciones y cantidad de pisos.

5.3.6 Actividades Productivas

Se han clasificado diversas actividades productivas que revisten importancia al momento establecer comparaciones entre los niveles de presión sonora de un mapa de ruido y los lugares en que estas se emplazan. Estas actividades productivas se han subdividido en dos: actividades sensibles al ruido y actividades que, por su condición, pueden estar asociadas directamente a la generación de ruido.

Las actividades sensibles al ruido se han categorizado de la siguiente forma.

- Culto: ubicación de las principales iglesias o templos religiosos.
- Educación: ubicación de centros educacionales tales como salas cuna, jardines infantiles, establecimientos educacionales primarios, secundarios y de educación superior.
- Descanso: ubicación de lugares de descanso tales como hoteles, hostales y apart hotel.

Las actividades asociadas a la generación de ruido se han categorizado de la siguiente forma.

- Grandes centros comerciales (Mall)
- Supermercados.

Existen más actividades que pueden ser consideradas sensibles, así como generadoras de ruido, sin embargo, para este caso piloto se han considerado solo actividades que puedan congregarse, a diario, gran cantidad de personas de la aglomeración estudiada. El listado y ubicación de las actividades productivas seleccionadas se presentan en el Anexo I en formato digital.

5.3.7 Áreas Verdes

Las áreas verdes, dependiendo de su extensión, son parte importante en la propagación del sonido ya que son zonas de suelo blando que atenúa el sonido en contraposición al suelo duro tal como aceras y calles, superficies que en zonas urbanas usan gran parte de la superficie. En los casos especiales de Providencia y Antofagasta las áreas verdes son extremadamente escasas, en comparación con su superficie total.

- **Comuna de Providencia**

En la comuna de Providencia se determinan las áreas verdes de acuerdo a lo publicado en el plano de Espacios Públicos: Vialidad y Áreas Verdes Públicas, en dicho plano aparecen claramente diferenciados parques (metropolitanos, intercomunales, adyacentes a cauces y comunales) y plazas (comunales, vecinales y plazoletas) con sus respectivos nombres y su ubicación referenciada a calles. Aún se está a la espera de la información que entregará la municipalidad.

- **Comuna de Antofagasta**

En el caso de Antofagasta se utiliza una metodología similar a la de la altura de las edificaciones, a partir de las fotos georreferenciadas, se ubican las áreas verdes mediante el software ArcGIS, sistema en el cual se presentan los datos.



Figura 5.11: Plano en formato ArcGIS proporcionado.



Figura 5.12: Foto satelital georeferenciada en plano de ArcGIS.



Figura 5.13: Geometría de áreas verdes añadidas en ArcGIS en base a fotografía satelital.

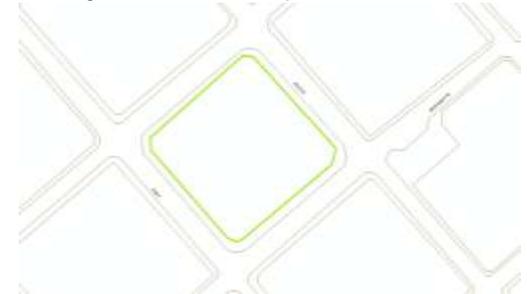


Figura 5.14: Plano resultante con geometría de áreas verdes.

De esta manera tomando en cuenta la superficie total de la comuna, el área ocupada por las áreas verdes abarca solo un 1,3 %.

5.3.8 Topografía

La topografía del sector que se está evaluando, especialmente las curvas de nivel, ayudan a calcular de manera más exacta los niveles de propagación del sonido dentro de la información que entrega el mapa de ruido.

Las curvas de nivel tienen como fin mostrar el relieve del terreno y son uno de los métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie del terreno en un mapa bidimensional. Estas curvas indican la forma, inclinación y altitud del terreno. La distancia entre curvas de nivel adyacentes nos entrega la información de cómo es el desnivel del terreno.

Al agregar al software la información de la topografía del sector que se va a calcular, se asegura que se tendrá una mayor exactitud en los cálculos ya que se estará tomando en cuenta el relieve del

sector. Este relieve lo conforman las características propias del suelo, es decir, pendientes, altitud y desniveles de terreno.

Toda esta información es relevante para el cálculo de la propagación del sonido en sectores en donde las características del terreno influyan significativamente. Esto es de mucha importancia, ya que si el terreno posee características muy irregulares de altura, el ruido provocado por alguna fuente en particular podría verse afectado en su propagación.

5.3.8.1 Curvas de Nivel – Comuna de Providencia

En la comuna de Providencia la información de topografía será obtenida a través del departamento de Catastro. Esta información viene en formato digital, de manera de ingresarlo a cualquier software de modelación. Hay que mencionar que las gestiones para conseguir esta información se comenzaron a realizar varios meses atrás y al momento del término de este estudio, esta información se encuentra todavía en proceso de obtención.

5.3.8.2 Curvas de Nivel – Comuna de Antofagasta

En la comuna de Antofagasta la información de topografía no es obtenida mediante la municipalidad. Esto se debe a que la información en formato digital no es de acceso público y además su costo monetario es demasiado elevado.

Es por esto que las curvas de nivel se obtuvieron a través del plano en formato papel. Este plano se obtuvo mediante una compra que se realizó a la municipalidad de Antofagasta.

El plano en formato papel con las curvas de nivel fue mandado a escanear, de manera de obtener una imagen con buena resolución para extraer estas curvas de nivel a través del software ArcGIS.

Una sección del plano digital del área de estudio de la comuna de Antofagasta se muestra en la siguiente figura.

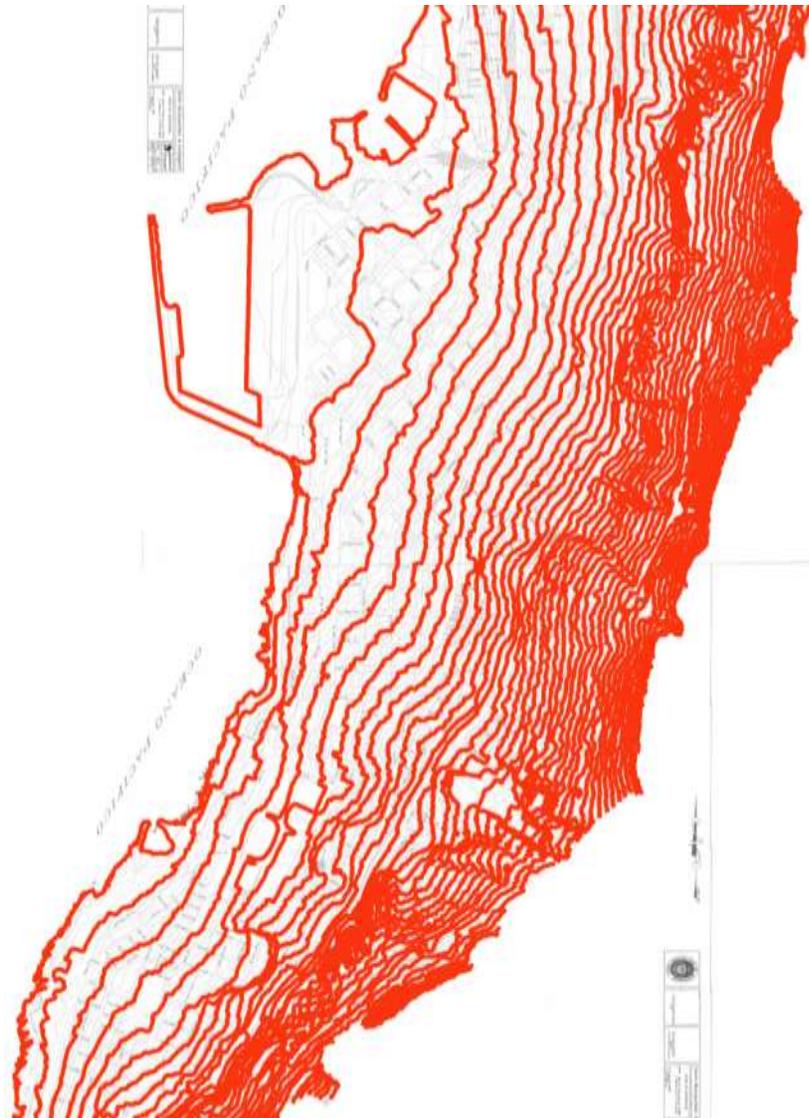


Figura 5.16. Curvas de Nivel en formato GIS. Comuna de Antofagasta.

Las capas de información topográficas obtenidas de ambas áreas de estudio, ya sea de Antofagasta como de Providencia, serán utilizadas en la modelación de los mapas de ruido para cada comuna en un proceso posterior.

La información topográfica se presenta en el Anexo IX el cual viene en formato digital.

5.4 Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas influyen en la forma como se propaga la onda sonora a distintas frecuencias. Estas variables influyen preferentemente a grandes distancias de propagación, generalmente mayores a 100 metros.

La humedad relativa del aire y la temperatura ambiental tienen un gran efecto en la absorción sobre la atenuación de frecuencias altas para grandes distancias de propagación del sonido debido a la disipación de la energía acústica en las partículas de agua en el ambiente.

El principal efecto es el de la refracción, el cual es un cambio en la dirección de las ondas sonoras, producidas por gradientes verticales de viento y temperatura.

Temperatura

La temperatura ambiental influye directamente en el flujo de aire que circula en el ambiente; de esta manera cuando la temperatura del ambiente disminuye, la densidad del aire aumenta, de manera que el flujo de aire se hace más lento. En cambio cuando la temperatura ambiental aumenta la densidad del aire disminuye y por ende, el flujo de aire es más liviano.

Las gradientes de temperatura son distintas en el día y la noche, durante el día la temperatura del aire desciende regularmente al aumentar la altura por encima del suelo. En cambio durante la noche la temperatura suele descender al disminuir la altura, debido a la radiación fría que ofrece el suelo, fenómeno denominado inversión térmica. Este fenómeno puede extenderse hasta 100 metros o más por encima del suelo durante la noche.

De esta manera cuando la temperatura del ambiente se eleva, la densidad del aire disminuye y las ondas sonoras se propagan con mayor facilidad. Por otro lado, cuando la temperatura ambiental disminuye, la densidad del aire aumenta y las ondas sonoras se propagan con mayor dificultad.

Esto queda de manifiesto a través de la ecuación de la velocidad del sonido (22):

$$c = 331,6 \cdot \sqrt{1 + 0,004 \cdot t^{\circ}} \text{ [m/s]}$$

Donde t° es la temperatura ambiental existente. Se puede observar que a medida que la temperatura ambiente aumenta, también lo hace la velocidad del sonido y viceversa.

Inversión Térmica

La inversión térmica consiste en el aumento de la temperatura con los cambios de altitud. Usualmente, en la tropósfera (primera capa de la atmósfera) la temperatura disminuye con la altura a razón de aproximadamente 6,5 °C/km. La capa de inversión térmica actúa como una barrera que detiene movimientos ascendentes de la atmósfera. En efecto, el aire no puede elevarse en una zona de inversión, puesto que es más frío y, por tanto, más denso en la zona inferior.

El fenómeno de inversión térmica se presenta principalmente en las noches, cuando el suelo se enfría rápidamente por radiación. El suelo a su vez enfría el aire en contacto, con el cual que se vuelve más frío y pesado que el que está en la capa inmediatamente superior. Es por esta razón que usualmente cuando existe inversión térmica estas dos capas de aire no se suelen mezclar.

Esto ocurre especialmente en invierno en situaciones de anticiclón (zona atmosférica de alta presión, en la cual la presión atmosférica es superior a la del aire circundante) fuertes que impiden el ascenso del aire y concentran la poca humedad en los valles y cuencas, dando lugar a nieblas persistentes y heladas.

Este fenómeno también es frecuente en las mañanas frías sobre los valles de escasa circulación de aire. También se presenta en las cuencas cercanas a las laderas de las montañas en noches frías debido a que el aire frío de las laderas desplaza al aire caliente de la cuenca provocando el gradiente positivo de temperatura (mayor temperatura en altura).

Generalmente, la inversión térmica se acaba cuando al calentarse el aire que está en contacto con el suelo, se restablece la circulación normal en la tropósfera. Esto puede ser cuestión de horas, pero en condiciones meteorológicas desfavorables la inversión puede persistir durante días.

La contaminación atmosférica permite ver claramente la altura de la inversión, por ejemplo, como una gran boina oscura de partículas de contaminación retenidas sobre la ciudad.

De esta manera la forma de propagación del sonido con el efecto de la inversión térmica se puede observar en la Figura 5.17.

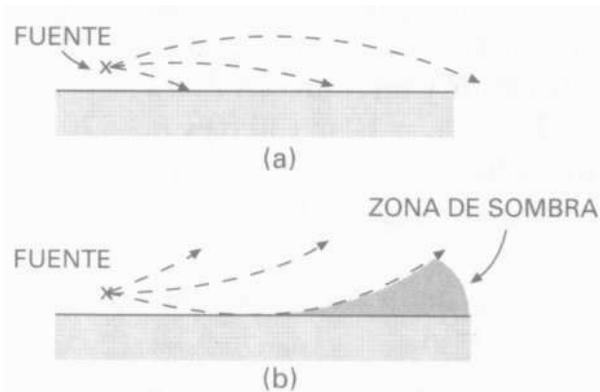


Figura 5.17: Dirección de la propagación del sonido: a) En presencia de viento descendente o inversión térmica. b) En presencia de vientos ascendentes o gradientes de temperatura.

El sonido se refracta hacia abajo cuando la propagación del viento es descendente o cuando existe inversión térmica la cual forma una especie de barrera (23), como se muestra en la Figura 5.17 a).

Estas condiciones de refracción hacia abajo son favorables a la propagación del sonido, produciéndose atenuaciones mínimas debido a distintos factores, como la vegetación por ejemplo.

El sonido se refracta hacia arriba cuando la propagación del viento es ascendente o cuando existen condiciones de gradientes de temperatura, como se muestra en la Figura 5.17 b).

La refracción hacia arriba del sonido suele producir una zona de sombra cerca del suelo en la cual el sonido directo desde la fuente no puede penetrar, dando como resultado una atenuación adicional que alcanza 20 dB o más.

Viento

El viento es una de las principales variables atmosféricas que afecta al sonido. Influye directamente a la propagación de éste cambiando el ángulo de incidencia desde la fuente hacia el receptor.

La velocidad con la que se propaga el sonido será distinta dependiendo de la velocidad del viento, ésta generalmente tiene un perfil logarítmico con la altura que contribuye a modificar la velocidad del sonido en esa dirección (24). Por otra parte la dirección del viento modifica la velocidad del sonido en los planos horizontales de propagación. Todo esto hace que cambie la rapidez con la que se propaga el sonido y la dirección de propagación lo que origina la curvatura de las ondas sonoras, ya sea con vientos ascendentes o descendentes, como se muestra en la Figura 5.17.

Existen condiciones favorables para una buena propagación del ruido tomando en cuenta el efecto del viento, como una dirección del viento dentro de un ángulo de 45° entre el centro de la fuente sonora y el receptor, además de una velocidad del viento entre 1 y 5 m/s, tomada a una altura de entre 3 y 11 metros desde el suelo.

Humedad

La propagación del sonido también es afectada por la humedad relativa existente en el aire. En un ambiente donde existe poca humedad, el aire seco absorbe una cantidad mayor de energía acústica que el aire húmedo. Esto sucede debido a que el aire húmedo es más liviano que el aire seco (el vapor de agua pesa menos que el aire). Es por esto que a mayor humedad existe una menor atenuación de ruido (25). Esto se puede observar en la Figura 5.18.

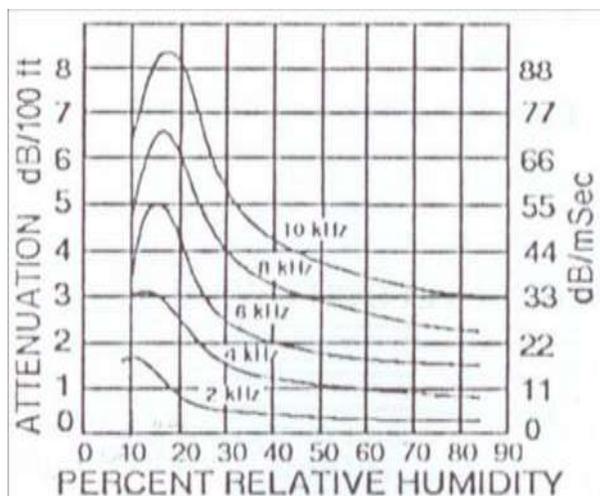


Figura 5.18: Absorción del sonido en el aire versus humedad ambiental.

5.4.1 Comuna de Providencia

Para la comuna de Providencia se recolectó la información a través del Laboratorio de Meteorología del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, las gestiones fueron realizadas específicamente con René Garreaud, académico encargado de la estación de monitoreo (26). Esta estación se encuentra ubicada en el techo del edificio de la misma universidad ubicada en Blanco Encalada. Los datos que se pueden obtener mediante esta estación son de presión atmosférica (mb), temperatura media (°C), humedad del aire (%), velocidad (v) y dirección del viento. La información que nos fue entregada corresponde a los datos de los años 2006 y 2007 como se muestran a continuación.

AÑO 2006							
Mes	Tº aire [C]	% Humedad	Presión Barométrica, [mb]	Magnitud viento prom., vectorial [m/s]	Magnitud viento prom., escalar [m/s]	Dirección viento [grados]	Max. Velocidad de viento [m/s]
Enero	22,3	49,1	948,5	1,4	1,1	232,2	3,4
Febrero	21,0	60,1	948,8	1,2	0,9	225,5	3,0
Marzo	19,4	48,9	949,8	1,2	0,9	226,2	2,8
Abril	16,7	57,5	950,6	0,9	0,7	224,5	2,2
Mayo	13,7	67,3	952,1	0,8	0,6	219,7	1,8
Junio	11,8	75,6	952,9	0,7	0,6	218,1	1,7
Julio	11,7	74,5	952,8	0,8	0,7	236,5	2,0
Agosto	12,0	73,2	952,4	0,8	0,6	224,1	2,0
Septiembre	14,7	61,9	952,9	0,9	0,7	230,4	2,3
Octubre	15,9	63,1	952,1	1,1	0,9	236,6	2,8
Noviembre	18,3	54,0	950,2	1,3	1,0	234,2	3,3
Diciembre	20,6	48,7	950,3	1,4	1,0	233,9	3,5

Tabla 5.20: Variables meteorológicas año 2006. Providencia.

AÑO 2007							
Mes	Tº aire [C]	% Humedad	Presión Barométrica, [mb]	Magnitud viento prom., vectorial [m/s]	Magnitud viento prom., escalar [m/s]	Dirección viento [grados]	Max. Velocidad de viento [m/s]
Enero	21,7	53,5	948,4	1,3	1,0	230,3	3,3
Febrero	19,9	59,7	949,8	1,3	0,9	233,9	3,1
Marzo	20,0	56,0	949,3	0,9	0,7	244,3	2,5
Abril	15,5	62,8	951,6	0,7	0,5	226,6	1,9
Mayo	11,8	64,2	952,5	0,5	0,4	218,9	1,4
Junio	8,9	71,2	953,5	0,5	0,4	236,4	1,4
Julio	9,3	71,4	955,2	0,5	0,4	237,8	1,5
Agosto	9,3	62,9	955,2	0,8	0,6	225,4	2,0
Septiembre	12,6	62,8	953,2	0,9	0,7	237,3	2,4
Octubre	16,2	53,8	952,0	1,0	0,7	236,6	2,8
Noviembre	19,3	46,3	949,9	1,1	0,8	232,4	3,0
Diciembre	20,7	46,8	950,2	1,2	0,9	239,4	3,3

Tabla 5.21: Variables meteorológicas año 2007. Providencia.

La información de manera específica, para todos los días del año 2006 y 2007, se encuentra detallada en el Anexo IV, el cual se encuentra en formato digital.

De acuerdo a la Seremi de Salud de la Región Metropolitana, la Estación de Monitoreo de Providencia dejó de ser parte operativa de la Red Macam (Monitoreo Automático de Contaminantes Atmosféricos) por pérdida de su representatividad, debido a cambios significativos registrados en su entorno, tales como aumento del flujo vehicular y presencia de nuevas especies arbóreas.

No obstante lo anterior, la calidad del aire de la comuna de Providencia se evalúa con las mediciones de las estaciones de Independencia, Las Condes y Parque O'Higgins. Esto quiere decir que se pueden tomar los datos meteorológicos obtenidos en la estación de monitoreo de la universidad y asociarlos con la Comuna de Providencia.

5.4.2 Análisis

El análisis se realiza tomando un día promedio por cada mes y comparando los parámetros de Humedad, Temperatura y Viento existentes para cada año. Los resúmenes descritos en la Tabla 5.22, son los valores promedio de cada mes para el año 2006 y 2007.

Estaciones del Año	Mes	AÑO 2006				AÑO 2007			
		Tº aire	% Humedad	Dirección viento	Max. Velocidad de viento	Tº aire	% Humedad	Dirección viento	Max. Velocidad de viento
Verano	Enero	22,3	49,1	232,2	3,4	21,7	53,5	230,3	3,3
	Febrero	21,0	60,1	225,5	3,0	19,9	59,7	233,9	3,1
	Marzo	19,4	48,9	226,2	2,8	20,0	56,0	244,3	2,5
Otoño	Abril	16,7	57,5	224,5	2,2	15,5	62,8	226,6	1,9
	Mayo	13,7	67,3	219,7	1,8	11,8	64,2	218,9	1,4
	Junio	11,8	75,6	218,1	1,7	8,9	71,2	236,4	1,4
Invierno	Julio	11,7	74,5	236,5	2,0	9,3	71,4	237,8	1,5
	Agosto	12,0	73,2	224,1	2,0	9,3	62,9	225,4	2,0
	Septiembre	14,7	61,9	230,4	2,3	12,6	62,8	237,3	2,4
Primavera	Octubre	15,9	63,1	236,6	2,8	16,2	53,8	236,6	2,8
	Noviembre	18,3	54,0	234,2	3,3	19,3	46,3	232,4	3,0
	Diciembre	20,6	48,7	233,9	3,5	20,7	46,8	239,4	3,3

Tabla 5.22: Resumen comparativo Variables Meteorológicas 2006 – 2007. Providencia.

5.4.2.1 Temperatura

Para observar la variación de las temperaturas entre el año 2006 y 2007, se realiza un gráfico comparativo de los valores promedio diarios como se observa a continuación.

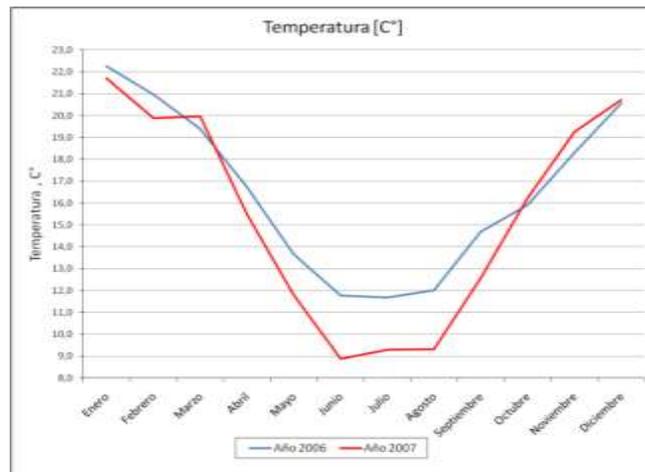


Figura 5.19: Comparación temperatura año 2006 – 2007. Providencia.

De la Figura 5.19, se observa que la temperatura se mantiene muy similar en los meses más cálidos de ambos años, es decir, desde el mes de octubre al mes de marzo aproximadamente. Para el año 2007 en los meses más fríos, desde mayo a septiembre, la temperatura desciende bruscamente, mientras que la temperatura para el año 2006 disminuye gradualmente, observándose diferencias de hasta casi 3 grados.

5.4.2.2 Humedad

La comparación de humedad entre los distintos años, arroja que se tiene un aumento de esta variable para el año 2007 de hasta 4% en la época más fría, para el período entre los meses de abril y septiembre. En los meses más cálidos, es decir, entre los meses de octubre y marzo, la humedad sufre grandes variaciones entre los dos años, período en el cual se observa una variación de hasta 10% para el mes de octubre y de más de 6% para el mes de marzo, como se observa en la Figura 5.20.

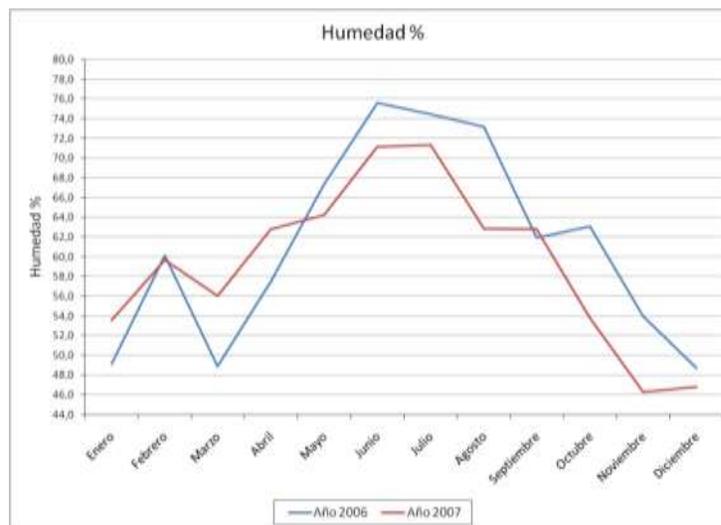


Figura 5.20: Comparación Humedad año 2006 – 2007. Providencia.

5.4.2.3 Viento

La velocidad del viento tiene un comportamiento muy similar a lo largo de todo el año como se observa en la Figura 5.21, es decir, tiene un mayor nivel para los meses cálidos, entre el período de octubre a marzo, y un gran disminución para los meses más fríos, entre mayo y finales de agosto. Sin embargo se observa una disminución de esta variable para el año 2007 en los meses más fríos de hasta 0,5 m/s en comparación con el año 2006 para el mismo período.

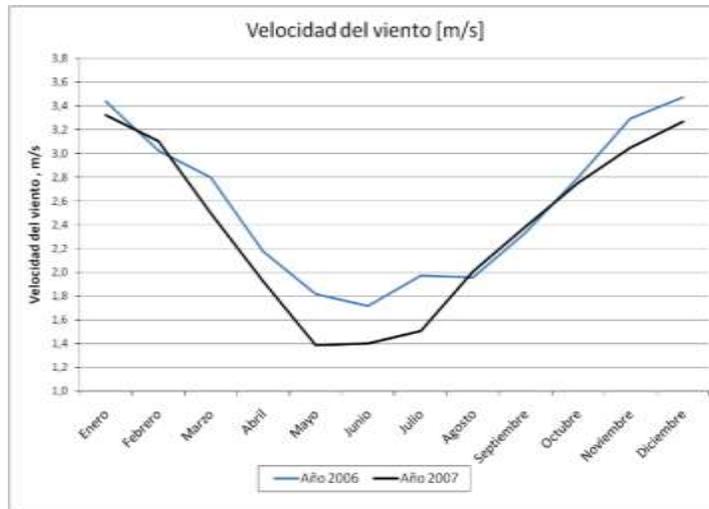


Figura 5.21: Velocidad del viento para los años 2006 y 2007. Providencia.

De acuerdo a la información recopilada, la dirección del viento está definida de acuerdo a los parámetros de: $0^\circ = N$, $90^\circ = E$, $180^\circ = S$ y $270^\circ = W$. De esta manera observando el resumen para los dos años, se puede afirmar que la dirección del viento para ambos años tiene una tendencia hacia el Sur-Oeste (SW) con algunas variaciones, para ambos años.

Realizando un análisis general de los datos recopilados para el año 2006, se puede observar que la temperatura varía de una manera relativamente constante para la temporada de verano, con una variación de 1 ó 2 grados, en cambio para las demás estaciones tiene una variación de hasta 5 grados, como en otoño y primavera. La máxima temperatura se obtiene en el mes de Enero y la mínima en el mes de Julio, obteniéndose una diferencia de aproximadamente 10 grados entre ambas.

El porcentaje de humedad del ambiente varía considerablemente para todas las estaciones del año, e incluso entre los meses dentro de cada estación. A diferencia de la temperatura, la humedad en la estación de verano varía hasta en un 20% entre los meses que la componen, siendo una de las diferencias más altas. En los meses de otoño e invierno es donde más se mantiene constante, con una diferencia de hasta 10%, siendo la diferencia más baja.

La dirección del viento es la variable que más se mantiene constante para todo el año, observándose una predominación del viento con orientación Sur-Oeste (SW), con una diferencia máxima de solo 18 grados entre algunos ángulos de dirección.

La velocidad del viento varía solo 1 ó 2 m/s entre las distintas estaciones del año. La máxima rapidez se logra en la temporada primavera – verano, específicamente en los meses de diciembre y enero. Y la velocidad más baja se logra en la época de otoño, para el mes de junio.

Para el año 2007 se observa que, al igual que para el año 2006, la temperatura para la época de verano es la que se mantiene más constante en comparación con las demás estaciones, con una diferencia de solo 2 grados. Para las demás estaciones las diferencias de temperatura entre los meses son mucho más altas, con diferencias de hasta 7 grados como sucede en otoño y de 4 grados como en invierno.

El porcentaje de humedad del ambiente varía para todas las estaciones del año al igual que en el 2006. Se tiene que los mayores porcentajes de humedad se presentan en las estaciones de otoño e invierno. La diferencia de humedad entre la estación de verano y la de invierno es de casi un 20% y la diferencia entre los meses de cada estación no es tan grande como para el año 2006.

La dirección del viento para el año 2007 es muy similar a la del año 2006. Se mantiene constante, observándose una orientación Sur-Oeste, con una diferencia máxima de 25 grados entre algunos ángulos de dirección, la cual es mayor que el año 2006. Esta diferencia mayor en el ángulo, significa que la dirección del viento para el año 2007 se distribuye de una manera más uniforme entre el Sur y el Oeste.

La velocidad del viento varía entre 1 y 2 m/s entre las distintas estaciones del año. Al igual que para el año 2006, la máxima velocidad se logra en la temporada primavera – verano, en los meses de diciembre y enero. La velocidad mínima se logra en la época de otoño, en los meses de mayo y junio.

Hay que mencionar que si bien las variables meteorológicas tienen características similares entre los dos años, ya sea para Temperatura, Humedad y Viento, se presentan diferencias que muestran los

cambios de las variables a lo largo del tiempo. Es por esto que los datos recopilados solo pueden ser tomados para realizar un análisis para el período en que son registrados, es decir, para los años 2006 y 2007. Si se desea realizar un análisis de lo que sucede en otro período, por ejemplo en una fecha futura, es necesario realizar un análisis de lo que sucede entre los distintos años y estimar un valor medio para agregarlo al modelo de mapa de ruido.

5.4.3 Comuna de Antofagasta

La información de las variables climatológicas que se obtiene son los datos de presión atmosférica (mb), temperatura máxima (°C), temperatura media (°C), humedad del aire (%), velocidad (v) y dirección del viento.

En Antofagasta la variable de inversión térmica no es registrada por las estaciones de monitoreo, esta medición la realiza muy esporádicamente la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

La información fue recolectada con apoyo del personal del CENMA (Centro Nacional del Medio Ambiente). Estos datos se obtienen de la información de radiosondeo de la estación meteorológica ubicada en Antofagasta (SCFA 85442) (27). Estos radiosondeos se efectúan cada 12 horas y los datos se encuentran validados por la OMM (Organización Mundial de Meteorología).

Para otras zonas de Chile, también se efectúan estos radiosondeos diariamente en Santo Domingo (SCSN 85586), Puerto Montt (SCTE 85579) y Punta Arenas (SCCI 85934).

La información recopilada corresponde a los datos de los años 2006 y 2007 como se muestran a continuación.

Estaciones del Año	Mes	AÑO 2006					
		Tº aire [C]	Presión Barométrica, [mb]	% Humedad	Velocidad media de viento [m/s]	Max. Velocidad de viento [m/s]	Dirección viento [grados]
Verano	Enero	20,4	1013,4	77,1	3,5	6,9	146,9
	Febrero	20,9	1012,7	76,9	3,6	6,8	178,8
	Marzo	18,5	1013,7	79,2	3,3	6,5	169,2
Otoño	Abril	16,5	1014,6	79,4	3,0	6,1	186,2
	Mayo	15,7	1016,1	75,5	2,9	5,5	218,9
	Junio	14,1	1016,6	72,8	3,1	5,9	235,9
Invierno	Julio	15,2	1016,3	70,5	3,4	6,3	226,4
	Agosto	14,1	1016,2	73,4	3,6	6,6	225,0
	Septiembre	15,2	1015,9	74,8	3,7	6,8	197,1
Primavera	Octubre	16,3	1015,4	73,5	4,1	7,5	204,8
	Noviembre	17,3	1014,2	72,0	4,2	7,6	183,4
	Diciembre	18,8	1014,3	72,8	3,9	7,3	176,2

Tabla 5.23: Variables meteorológicas año 2006. Antofagasta.

Estaciones del Año	Mes	AÑO 2007					
		Tº aire [C]	Presión Barométrica, [mb]	% Humedad	Velocidad media de viento [m/s]	Max. Velocidad de viento [m/s]	Dirección viento [grados]
Verano	Enero	20,8	1012,1	73,7	3,7	7,0	180,0
	Febrero	20,0	1013,5	72,7	3,5	7,1	170,4
	Marzo	19,0	1012,8	75,1	3,7	7,3	182,1
Otoño	Abril	16,7	1014,8	77,5	3,3	6,6	204,8
	Mayo	14,1	1015,9	78,7	3,1	5,9	227,5
	Junio	12,7	1016,4	80,2	3,7	6,5	248,5
Invierno	Julio	12,4	1016,8	77,4	3,7	6,4	230,9
	Agosto	12,2	1017,9	73,7	3,8	6,7	224,1
	Septiembre	12,9	1017,1	74,2	4,3	7,6	226,3
Primavera	Octubre	14,5	1016,2	72,1	4,0	7,3	197,6
	Noviembre	16,3	1014,2	71,8	4,1	7,4	183,6
	Diciembre	17,7	1014,8	71,2	3,8	7,1	175,4

Tabla 5.24: Variables meteorológicas año 2007. Antofagasta.

La información de manera específica, para todos los días del año 2006 y 2007, se encuentra detallada en el Anexo IV, el cual se encuentra en formato digital.

5.4.4 Análisis

El análisis se realiza tomando un día promedio por cada mes y comparando los parámetros de Humedad, Temperatura y Viento existentes para cada año. Los resúmenes descritos en la Tabla 5.25, son los valores promedio de cada mes para el año 2006 y 2007.

Estaciones del Año	Mes	AÑO 2006				AÑO 2007			
		Tº aire	% Humedad	Dirección viento	Max. Velocidad de viento	Tº aire	% Humedad	Dirección viento	Max. Velocidad de viento
Verano	Enero	20,4	77,1	146,9	6,9	20,8	73,7	180,0	7,0
	Febrero	20,9	76,9	178,8	6,8	20,0	72,7	170,4	7,1
	Marzo	18,5	79,2	169,2	6,5	19,0	75,1	182,1	7,3
Otoño	Abril	16,5	79,4	186,2	6,1	16,7	77,5	204,8	6,6
	Mayo	15,7	75,5	218,9	5,5	14,1	78,7	227,5	5,9
	Junio	14,1	72,8	235,9	5,9	12,7	80,2	248,5	6,5
Invierno	Julio	15,2	70,5	226,4	6,3	12,4	77,4	230,9	6,4
	Agosto	14,1	73,4	225,0	6,6	12,2	73,7	224,1	6,7
	Septiembre	15,2	74,8	197,1	6,8	12,9	74,2	226,3	7,6
Primavera	Octubre	16,3	73,5	204,8	7,5	14,5	72,1	197,6	7,3
	Noviembre	17,3	72,0	183,4	7,6	16,3	71,8	183,6	7,4
	Diciembre	18,8	72,8	176,2	7,3	17,7	71,2	175,4	7,1

Tabla 5.25: Resumen comparativo Variables Meteorológicas 2006 – 2007. Antofagasta.

5.4.4.1 Temperatura

De manera de observar la variación de las temperaturas entre el año 2006 y 2007, se realiza un gráfico comparativo de los valores promedio diarios como se observa a continuación.

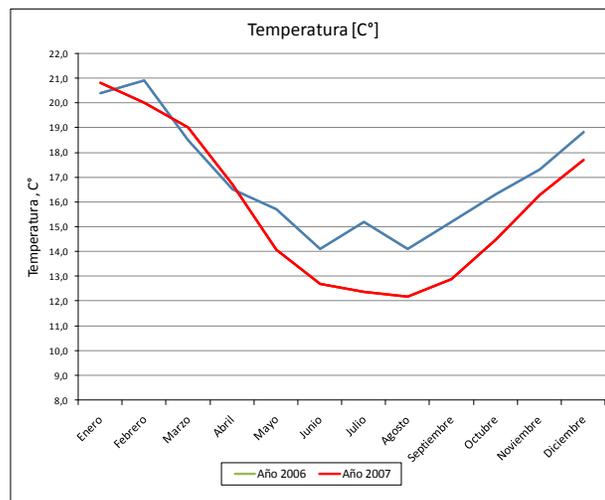


Figura 5.22: Comparación temperatura año 2006 – 2007. Antofagasta.

Se observa en la Figura 5.22, que la temperatura se mantiene con una variación similar en los meses de octubre a diciembre aproximadamente, en cambio los meses más fríos sufren algunas variaciones. Para el año 2007 la temperatura es menor que en el año 2006 desde abril a diciembre, con diferencias de 2,5 grados.

5.4.4.2 Humedad

De la comparación de humedad entre los distintos años, como se observa en la Figura 5.23, se tiene un aumento de esta variable para el año 2007 entre los meses de abril a agosto, con una diferencia de hasta 4%. Entre los meses de Enero a Abril sucede lo contrario, es decir, se observa un aumento para el año 2006 de hasta 2%. En los meses más cálidos, es decir, entre los meses de septiembre a diciembre, la humedad se mantiene relativamente constante entre los dos años.

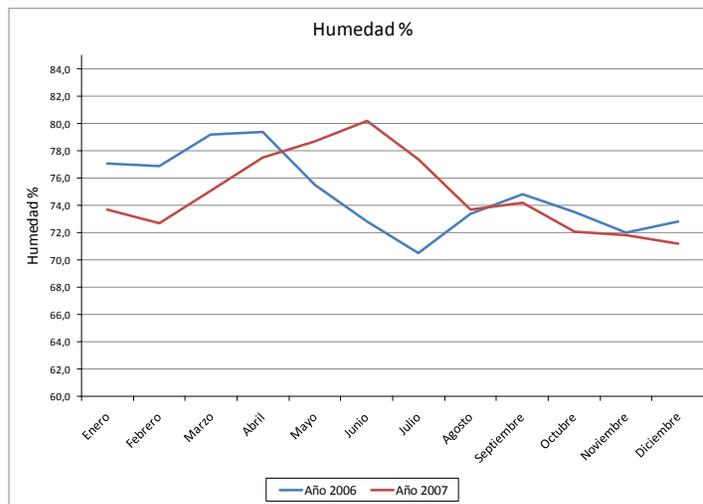


Figura 5.23: Comparación Humedad año 2006 – 2007. Antofagasta.

5.4.4.3 Viento

La velocidad del viento tiene un comportamiento con variaciones similares a lo largo de los dos años como se observa en la Figura 5.24, sin embargo se observan variaciones en los años de marzo, junio y septiembre. Solamente en los meses más cálidos la velocidad del viento es mayor para el año 2006, mientras que para todo el resto del año la velocidad es mayor para el año 2007. Se observa además que la velocidad del viento es bastante alta en algunos meses, esto puede deberse a la influencia de los vientos costeros de la zona.

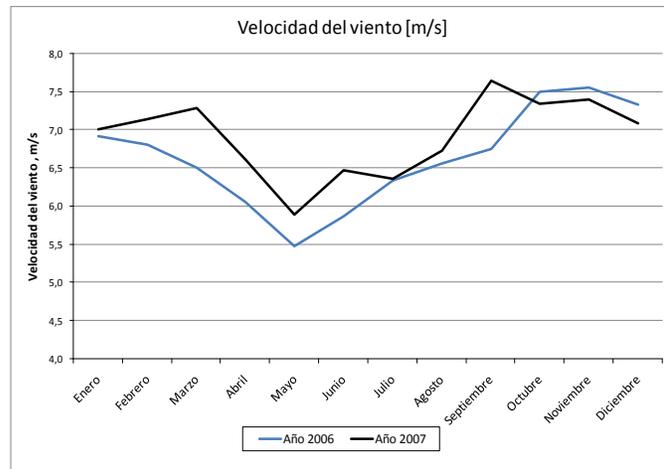


Figura 5.24: Velocidad del viento para los años 2006 y 2007. Antofagasta.

La dirección del viento, está definida de acuerdo a los parámetros de: $0^\circ = N$, $90^\circ = E$, $180^\circ = S$ y $270^\circ = W$. Observando el resumen para los dos años, se puede afirmar que la dirección del viento para ambos años tiene una tendencia hacia el Sur, ya sea Oeste y Este.

Al realizar un análisis global de los datos para el año 2006, se puede observar que la temperatura se mantiene con un aumento relativamente constante para la temporada cálida del año, es decir entre los meses de agosto a diciembre, y con un descenso constante entre febrero y abril. En cambio para la época de invierno se tienen variaciones de hasta 1 grado en la misma época. La máxima temperatura se obtiene en el mes de Febrero, y la mínima en los meses de junio y agosto.

El porcentaje de humedad del ambiente varía considerablemente para todas las estaciones del año, e incluso entre los meses dentro de cada estación. La humedad en la estación de verano varía solamente en 3% aproximadamente. Las diferencias más altas de humedad se registran entre los meses de abril a agosto, donde se aprecias diferencias de hasta 10%.

La dirección del viento es la variable que más se mantiene constante para todo el año, observándose una predominación del viento con orientación Sur, ya sea para el Este o para el Oeste, con una diferencia máxima de solo 80 grados entre los ángulos extremos de dirección.

La velocidad del viento varía solo 2 m/s entre los distintos meses del año. La máxima rapidez se logra en la temporada primavera – verano, específicamente en los meses de octubre a diciembre. Y la velocidad más baja se logra en la época de otoño, para el mes de mayo.

Para el año 2007 se observa que la temperatura presenta variaciones más graduales en comparación con el año 2006. En la época de verano la temperatura presenta una variación con una pendiente menor que en las demás estaciones, en donde la variación es la que se mantiene más constante en comparación con las demás estaciones, así como en invierno. Entre los meses de marzo y mayo la temperatura desciende bruscamente con unas diferencias de hasta 5 grados. La máxima temperatura se obtiene en el mes de enero y la mínima se obtiene en el mes de agosto.

El porcentaje de humedad del ambiente varía para todas las estaciones del año al igual que en el 2006. Se tiene que los mayores porcentajes de humedad se presentan en las estaciones de otoño e invierno. La diferencia de humedad entre la estación de verano y la de invierno es de casi un 10% y el máximo y menor porcentaje se obtiene en los meses de junio y diciembre respectivamente.

La dirección del viento para el año 2007 es muy similar a la del año 2006. Se mantiene constante, observándose una orientación Sur entre el Este y Oeste, con una diferencia máxima de 78 grados entre los ángulos máximos de dirección, lo que es muy similar al año 2006.

La velocidad del viento varía ampliamente entre las distintas estaciones del año. La máxima velocidad se logra en la estación de primavera y verano, en los meses de marzo y septiembre. Y la velocidad mínima se logra en la época de otoño, en el mes de mayo.

5.5 Información en proceso de obtención

Hasta la fecha de entrega de este Informe Final, no ha sido posible obtener la información indicada a continuación:

Providencia

- *Topografía, Nombre de Calles Ancho delimitación predial, áreas verdes, zonas plano regulador, ancho de calzada, altura edificaciones.* Esta información existe en la I. Municipalidad de Providencia pero no ha sido entregada al equipo consultor a pesar de los múltiples esfuerzos por obtenerla. La información será entregada y a la fecha se gestiona la entrega de dicha información a través de una compra interna por la I. Municipalidad de Providencia.
- Es necesario indicar la buena disposición del Departamento de Higiene y Control Ambiental que internamente ha gestionado la obtención de la información requerida.

6 Actividad 3 – Levantamiento de otra información desagregada de apoyo para el análisis

6.1 Ciclo diario semanal en un punto base

Para conocer el ciclo diario semanal de ruido en un punto base de cada aglomeración analizada, se realiza una medición de ruido continua en el tiempo, que entrega la información de la fluctuación de ese punto en base a los descriptores L_{eq} , $L_{m\acute{a}x}$ y $L_{m\acute{i}n}$, los cuales representan valores medios, mínimos y máximos del período medido. Con estos descriptores se construyen descriptores adicionales como L_d , L_n , L_{dn} y L_{24h} . Si bien el monitoreo de ruido se puede realizar en cualquier lugar, se pretende sistematizar la elección del punto y para ello se han considerado diversos factores, los cuales son indicados a continuación.

6.1.1 Criterios de Selección

En el marco de este estudio, se consideró apropiado adoptar referencias externas al momento de determinar los sectores en que será posible obtener la caracterización del ruido de algún sector de la aglomeración urbana. Para la Comunidad Europea, basándose en la Directiva 2002/49/CE y en el documento “Work Package 3: Determination of L_{den} y L_{night} using measurements” del Proyecto Imagine, es posible obtener la caracterización del ruido ambiental mediante mediciones, considerando como un elemento esencial la determinación de la fuente de ruido que se desea caracterizar.

A modo general, se plantea la existencia de 4 tipos de fuentes de ruido distintas, estas son: ruido de tránsito vehicular, ruido de ferrocarriles, ruido en aeropuertos y ruido industrial. Para la caracterización mediante mediciones se debe escoger una de las fuentes de ruido y esta fuente ser evaluada. Se ha seleccionado monitorear el ruido producido por el flujo vehicular por ser esta una de las fuentes de ruido más comunes y presentes en distintas aglomeraciones urbanas, además de contribuir significativamente al ruido ambiental de una ciudad.

Sabiendo esto, se desea conocer que calle o avenida debe ser considerada. Según la Directiva 2002/49/CE, para realizar un mapa de ruido de flujo vehicular sólo se consideran vías que posean más

de 3.000.000 de vehículos al año, lo que automáticamente crea un filtro de las vías en que se pudiese instalar la estación de monitoreo. En general, arterias principales de una ciudad pudiesen tener un flujo anual mayor o igual a esta cifra. El procedimiento para determinar las vías que serán estudiadas es el mismo indicado para el levantamiento de información de flujo vehicular. De esta forma, y teniendo en cuenta los criterios antes mencionados, es procedente considerar factores adicionales que limitan el lugar físico en donde se debe instalar la estación de monitoreo.

6.1.2 Criterios Acústicos del Entorno

Como se indicó, se debe evaluar sólo una fuente de ruido, por lo cual el ruido residual del resto de fuentes debe ser despreciable con respecto al ruido generado por el tránsito vehicular. En la práctica es inviable establecer un nivel L_{eq} del ruido ambiente (en el cual se excluyen los vehículos) ya que no debe haber paso de vehículos, y en las vías que se quiere caracterizar son muy pocos los momentos en que esto ocurre. Por ello se ha optado por establecer como criterio base que el clima acústico, determinado por la diferencia entre L_{10} y L_{90} , sea de al menos 10 dB. Esto asegura una buena diferencia con respecto a ruidos estables de otras fuentes que no se desea evaluar. Además, para excluir fuentes de carácter impulsivas ajenas al ruido de tránsito vehicular, se debe cumplir que la diferencia entre L_{10} y L_{eq} sea mayor a 3,8 dB. Esto último está basado en un estudio español (28), en el cual al realizar un análisis de 144 mediciones de ruido de tránsito vehicular, en un período de 10 minutos y en horario diurno, se indica que el mejor descriptor estadístico que se relaciona con este ruido de tránsito es el nivel percentil L_{10} . Según este estudio, para el mejor de los casos, es decir, cuando el nivel de ruido de otras fuentes diferentes al tránsito vehicular no es relevante, la diferencia con el nivel percentil L_{10} es de 3,8 dB. Por ello, para hacer exigente la discriminación del lugar escogido es que se establece la superación de esta diferencia. Al momento de seleccionar el punto base, ambos criterios se deben cumplir y se deben realizar las mediciones **en el lugar donde se instalará la estación de monitoreo** de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Horario diurno, de 7:00 hrs a 21:00 hrs, fuera de las horas punta. Estas horas punta las deberá indicar alguna autoridad de transporte competente en la materia.
- Condición de ruido de fondo lo más alto posible, con todas las fuentes ajenas en funcionamiento.

- La medición se deberá realizar con un sonómetro integrador clase 1 ó 2, según IEC61672, en el lugar exacto en que se dispondrá de la estación de monitoreo. Se deberá medir los descriptores L_{eq} , L_{10} y L_{90} durante 10 minutos, en respuesta lenta y filtro de ponderación de frecuencias A.

Cabe mencionar que antes de poder realizar las mediciones para calificar acústicamente un punto determinado, debe existir la factibilidad real de instalar la estación en dicho lugar (permisos, accesos, etc.) y además se deben cumplir los criterios de seguridad del equipo.

Considerando esto, los posibles lugares para instalar el punto de monitoreo deben garantizar entornos que no posean fuentes de ruido apreciables ni importantes que pudiesen interferir en el ruido a evaluar, en este caso de flujo vehicular. No se consideran distancias mínimas a una posible fuente de ruido ya que dependerá del nivel de emisión de ruido y las características de las fuentes si es que afecta o no a los niveles registrados en la estación, y por ende al criterio establecido.

Para determinar el efecto de fuentes de ruido en horario nocturno se deberá realizar una inspección del sector en este horario y descartar fuentes de ruido cercanas que puedan afectar las mediciones, en especial fuentes asociadas a actividades de esparcimiento tales como pubs, discoteques y restaurantes.

Así también, el punto exacto de monitoreo debe estar alejado de fuentes de ruido internas del lugar escogido. Si el lugar en si es ruidoso y provoca que el instrumento no registre el ruido que se desea, se debe descartar. Para esto será necesario realizar un levantamiento de las actividades ruidosas en el recinto y con los horarios en que estos se producen. Si dentro del mismo lugar escogido existe una ubicación en que se pueda obtener claramente los niveles de ruido del flujo vehicular, evitando los ruidos internos, es posible utilizarlo. Cabe mencionar que esto último corresponde a los criterios que se deben tener en cuenta al realizar una inspección previa a la verificación de factibilidad del punto mediante las mediciones descritas de L_{eq} , L_{10} y L_{90} .

Se deben descartar lugares en que la ubicación de la estación de monitoreo pueda quedar apantallada por algún elemento sólido que atenúe los niveles de ruido y se comporte como una barrera acústica entre la fuente de ruido, en este caso el flujo vehicular, y el micrófono del sonómetro.

6.1.3 Criterios Espaciales del Entorno

La estación de monitoreo debe estar instalada en un sector que posea un flujo vehicular expedito. Esto consiste en asegurar que los vehículos monitoreados mantengan un paso expedito desde el momento en que se acercan al punto de monitoreo y después de pasar por él. Tomando en consideración el D.S. Nº 129 “Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural” en el cual se indica la metodología para evaluar el nivel de ruido emitido por buses y considerando además que esta metodología es similar a la utilizada para evaluar el ruido generado por automóviles según la norma ISO 362, se puede adaptar el criterio de distancias aceptadas para la pista de prueba para ensayo dinámico y ubicación del sonómetro. En él se indica que el sonómetro debe estar a 7,5 metros perpendicular del eje de la pista y que el nivel de ruido de esta fuente móvil se comienza a registrar desde 10 metros antes del punto central de la pista de prueba y hasta 10 metros después de pasar por este punto. Con esta información es posible inferir que se requieren 20 metros de desplazamiento libre del vehículo, para una distancia de 7,5 metros del eje.

Para un punto base de monitoreo de ruido, es posible adaptar este criterio obteniendo la relación entre el trayecto a registrar y la distancia al centro de la calzada de la estación de monitoreo. Para ello, la relación corresponde a:

$$D_{cr} = 2,66 \cdot D_{em}$$

donde: D_{cr} : Recorrido en que los vehículos deben tener un tránsito expedito.

D_{em} : Distancia de la estación de monitoreo al centro de la calzada.

A partir de una distancia dada entre el punto de medición y el centro de la calzada, se calcula el valor D_{cr} que corresponde al recorrido libre que deben poseer los vehículos para transitar, siendo la mitad de este recorrido antes de pasar por la estación de monitoreo y la otra mitad después de pasar por dicha estación. La distancia D_{em} debe ser como mínimo 7,5mts. La distancia máxima a la que se puede ubicar

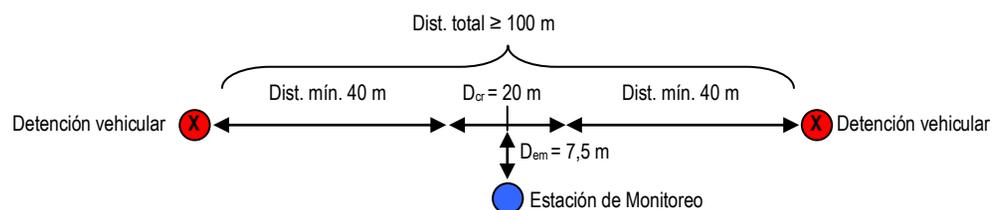
la estación de monitoreo del centro de la calzada depende del cumplimiento del criterio acústico (diferencia entre L_{10} y L_{90} sea de al menos 10 dB y diferencia entre L_{10} y L_{eq} sea mayor a 3,8 dB). Como factor de seguridad, se establece que D_{em} no supere los 40 m.

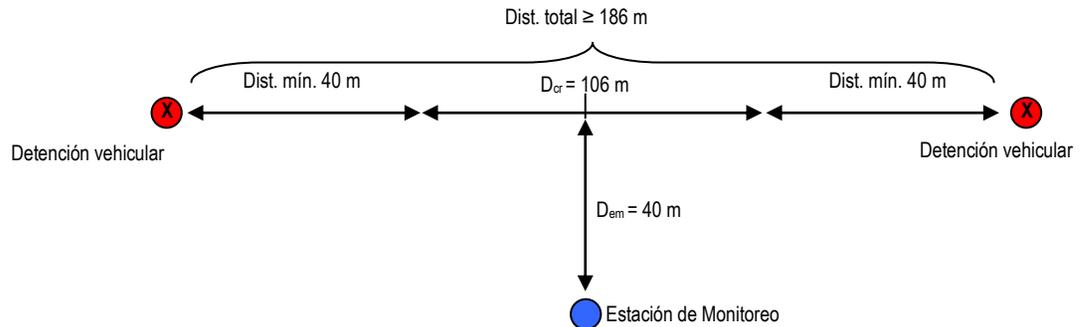
Las vías deben poseer flujo mixto de vehículos, incluyendo vehículos livianos, pesados y locomoción colectiva, además de motocicletas. Esto se puede comprobar mediante inspección visual en el lugar donde se desea instalar la estación de monitoreo. Se deben descartar las vías expresas (carreteras, autopistas o autovías) ya que poseen una condición de tránsito vehicular distinta de lo que ocurre las demás vías de la aglomeración.

Se descartarán los puntos que se ubiquen muy cercanos a algún cruce semaforizado, disco pare, disco ceda el paso o "lomo de toro", ya que la aceleración y desaceleración de los vehículos influye en el nivel de ruido percibido y se contradice con lo anteriormente expuesto. Según el modelo de predicción de ruido alemán RLS 90, al estar a una distancia menor a 40 metros de este cruce, el nivel se incrementa en más de 3 dB del ruido de un flujo vehicular expedito. Por ello, el criterio antes mencionado del flujo expedito debe tomarse a partir de al menos 40 metros de un cruce semaforizado.

De acuerdo a los aspectos anteriormente mencionados se presenta el siguiente esquema de libre tránsito vehicular en base a las distancias D_{em} mínima y máxima, considerando además las distancias mínimas a puntos de detención vehicular. Se permiten todas las condiciones intermedias posibles dadas por la relación presentada en la ecuación anterior.

Distancia D_{em} mínima de 7,5 m



Distancia D_{em} máxima de 40 m

Adicionalmente se descartan los lugares de medición en los cuales la pendiente de la calle o avenida posea un desnivel considerable y que se detecte una condición irregular de funcionamiento en los vehículos que transitan por ella. Una pendiente notoria puede ocasionar que los niveles de ruido percibidos sean distintos para la circulación de vehículos de forma ascendente y descendente, ya que el motor realiza un trabajo distinto para cada caso. Según los estudios realizados para el Proyecto IMAGINE “Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment”, en donde se propone un nuevo modelo de emisión de ruido para tránsito vehicular, se indica que ya con una gradiente de 2% el ruido generado por vehículos pesados se ve alterado, al estar utilizando freno de motor. Para el caso de vehículos livianos, esto recién ocurre con una gradiente de 8%. Algunos modelos de predicción de ruido de tránsito vehicular coinciden en que no se deben realizar correcciones al nivel modelado, si la vía posee una gradiente menor a 2%.

Con este argumento, es válido indicar que para el punto base se debe conocer la gradiente de la vía y esta debe poseer un valor entre 0% y 2%. Vías con gradientes mayores a las indicadas se deben descartar. Para que la gradiente de la pista sea utilizada tanto de forma ascendente como descendente, se debe asegurar que el tránsito de vehículos sea en ambos sentidos en la vía elegida.

Este criterio crea una limitante a ciudades con gran cantidad de vías con pendiente mayor a 2%, sin embargo, es necesario que se escoja de todas formas una vía con las características mencionadas para no registrar niveles alterados por el uso del motor del vehículo. Si no existiese ninguna vía que

cumpla los criterios planteados, se debe informar que no se cumple este criterio e indicar explícitamente la pendiente de la vía escogida.

Se seleccionaran vías con dos pistas de circulación por cada sentido de tránsito. Para la Región Metropolitana y otras aglomeraciones en que exista reversibilidad de vías (calles que cambian de sentido de tránsito en diferentes horarios) será posible instalar la estación de monitoreo siempre que la gradiente de la vía sea menor a 1% (esta gradiente debe ser determinada en el lugar exacto donde se instalará el punto base), ya que en este caso no influirá la dirección del tránsito en el ruido generado por los vehículos que transitan por ella. No obstante lo anterior, la reversibilidad de tránsito facilita el criterio establecido anteriormente de mantener un flujo expedito por la vía, sobretodo en horarios punta.

Adicionalmente, se deben descartar vías que posean adoquines ya que el nivel de ruido aumenta y la velocidad del flujo tiende a disminuir. La carpeta debe ser asfaltada u hormigonada, sin ninguna clase de alteraciones tales como hoyos, tapas de cámaras sueltas y reductores de velocidad. La elección del tipo de carpeta de la vía seleccionada debe corresponder a la carpeta con mayor presencia en el sector en estudio. Para conocer la carpeta de mayor presencia se pueden considerar sólo las vías con flujos mayores a 3.000.000 de vehículos al año.

6.1.4 Factores de acceso y seguridad

El lugar escogido debe ofrecer seguridad para el instrumental de medición que se debe dejar instalado, evitando posibles robos o daños que puedan generarse por terceros. Así mismo el acceso al punto de monitoreo debe estar garantizado para controlar el funcionamiento del equipo, la alimentación de energía interna o externa, las calibraciones acústicas, la descarga de datos y el mantenimiento en general.

6.1.5 Criterios Adoptados

A continuación se presenta una lista numerada de los criterios descritos en el capítulo anterior, en donde se priorizan las variables acústicas del lugar ante otras variables. Finalmente, los criterios adoptados para determinar la ubicación de la estación de monitoreo se resumen de la siguiente forma:

El sector seleccionado debe cumplir con lo siguiente:

1. Se debe monitorear el ruido de tránsito vehicular.
2. Se seleccionaran vías que posean flujo vehicular mayor a 3.000.000 vehículos al año.
3. La gradiente de la vía debe establecerse en torno a valores de 0% y 2%.
4. Si se trata de vías reversibles, la gradiente del sector en que se instale la estación de monitoreo debe ser menor a 1%.
5. La carpeta de la vía debe ser de asfalto u hormigón, según sea la carpeta con mayor presencia en las vías estudiadas.
6. La vía debe poseer ambos sentidos de tránsito y en cada sentido, 2 pistas de circulación.
7. La vía debe poseer un flujo mixto de vehículos, incluyendo vehículos livianos, pesados y motocicletas, además de locomoción colectiva. No debe haber restricciones al paso de alguno de los vehículos indicados. Se deben descartar vías expresas o autopistas urbanas.
8. La carpeta no debe poseer alteraciones tales como hoyos, tapas de cámaras sueltas y reductores de velocidad.
9. Descartar sectores con actividades de esparcimiento en la cercanía. Se deberá realizar una inspección auditiva del sector para establecer que no haya efecto de fuentes de ruido en horario nocturno, en especial pub, discotheques y restaurantes cercanos.
10. Establecer un lugar del sector en el cual sea factible instalar una estación de monitoreo considerando los siguientes aspectos:
 - Permiso de instalación de la estación por parte del encargado, dueño, administrador, etc. del lugar.
 - Acceso restringido y controlado al punto de medición, previniendo la seguridad del equipo y la interferencia de las mediciones debido al ruido de personas.
 - Inexistencia de fuentes de ruido cercanas tales como sirenas, equipos de clima, compresores, bombas, generadores, etc., las cuales puedan interferir en los niveles medidos.

A partir de lo anterior se selecciona un punto dentro del sector. **El punto seleccionado debe cumplir con lo siguiente:**

1. El desplazamiento libre de los vehículos debe ser de al menos 20 metros de camino recorrido (D_{cr}), compartidos equitativamente frente a la estación.
2. La estación de monitoreo se podrá instalar a partir de una distancia de 7,5 metros perpendicular al eje de la calzada, pero nunca a más de 40mts de distancia de la misma. No obstante, el recorrido mínimo en que los vehículos deben tener un tránsito expedito (D_{cr}) deberá calcularse según la siguiente fórmula:

$$D_{cr} = 2,66 \cdot D_{em}$$

donde: D_{cr} : Recorrido en que los vehículos deben tener un tránsito expedito.

D_{em} : Distancia de la estación de monitoreo al centro de la calzada.

3. Los extremos del trazo D_{cr} deben estar a una distancia de 40 metros o más de:
 - a. Cruces semaforizados
 - b. Cruces con Disco Pare
 - c. Cruces con Disco Ceda el Paso
 - d. Reductores de velocidad, incluidos "lomos de toro".
4. No debe existir apantallamiento acústico por elementos sólidos entre la estación de monitoreo y la fuente de ruido (tránsito vehicular).
5. Se debe asegurar que las fuentes ruido externas a la que quiere evaluar sean despreciables. Para ello se debe realizar una medición de 10 minutos, en hora *valle* (periodo diurno), y se deben registrar los descriptores L_{eq} , L_{10} y L_{90} . Los resultados de la medición deben cumplir los siguientes criterios:

$$L_{10} - L_{90} > 10 \text{ dB}$$

$$L_{10} - L_{eq} > 3,8 \text{ dB}$$

6. El lugar escogido para la instalación de la estación de monitoreo debe ofrecer seguridad para el instrumental de medición.
7. El acceso al lugar escogido debe estar garantizado para la mantención de la estación durante el período de muestreo.

En resumen, el punto base de monitoreo en el cual se instalará el instrumento de medición debe cumplir todos los criterios antes mencionados para un buen registro y análisis de los niveles que se desean evaluar. Para permitir la correcta selección de un punto base para la instalación de una estación de monitoreo, se presenta un árbol de decisiones jerarquizado (ver Anexo VIII):

6.1.6 Proceso de selección – Antofagasta

A partir de la información disponible en planillas Excel en cuanto a flujos vehiculares, pendientes y tipo de carpeta para el área de estudio en Antofagasta, se ha realizado una selección de vías mediante el cruce de estas variables. Este ejercicio ha arrojado como resultado un subconjunto de vías que cumplen con los siguientes criterios:

- Flujo mayor a 3.000.000 de vehículos al año.
- Pendiente menor a 2%.
- Carpeta de mayor presencia: tipo asfalto.

Las vías seleccionadas se muestran en la siguiente tabla:

Selección vías según flujo, pendiente y tipo de carpeta - Antofagasta			
No.	Nombre vía	No.	Nombre vía
1	14 de Febrero	15	Eduardo Orchard
2	Adamson	16	Esmeralda
3	Almirante Juan José Latorre	17	Galleguillos Lorca
4	Av. Angamos	18	General Manuel Baquedano
5	Av. Argentina	19	Hermógenes Alfaro
6	Av. General Bernardo O'Higgins	20	Jorge Washington
7	Av. General José Antonio de Sucre	21	José Francisco Blumell
8	Av. General José de San Martín	22	José Manuel Balmaceda
9	Av. General José Miguel Carrera	23	José Santos Ossa
10	Av. Grecia	24	Maipú
11	Capitán Arturo Prat Chacón	25	Manuel Antonio Matta
12	Caracoles	26	Rebeca Mate
13	Carlos Condell	27	Teniente Luis Uribe
14	Copiapó	28	Teniente Manuel Orella

Tabla 6.1: Vías seleccionadas. Antofagasta.

Cabe mencionar que de acuerdo a la información obtenida respecto de las variables mencionadas, el descarte de vías ha sido respecto de toda su extensión dentro del área de estudio y no se han debido incorporar segmentos de vías a la selección de las mismas.

El siguiente criterio de mayor importancia que se aplica a la selección es si las vías poseen 2 sentidos con 2 pista de circulación por sentido. El resultado es que sólo 4 vías cumplen con esta condición por lo que se prosigue aplicando los demás criterios establecidos en base a inspecciones y mediciones en terreno. Las 4 vías seleccionadas son:

1. Av. Grecia.
2. José Manuel Balmaceda
3. Av. Angamos.
4. Av. Argentina.

Estas 4 vías de circulación poseen flujos mixtos de vehículos, incluyendo locomoción colectiva. En relación al ruido ambiente se descartan las primeras 2 vías, correspondientes a Av. Grecia y José Manuel Balmaceda, debido a su cercanía con el mar.

Se realizó un recorrido por las Avenidas Angamos y Argentina estableciéndose las siguientes condiciones en terreno:

Av. Argentina (Norte-Sur)

Desde su inicio por el sector Norte en la calle Iquique, la Av. Argentina atraviesa la parte alta del centro de la ciudad, encontrándose fachadas muy cercanas a 7,5mts del eje de la pista exterior y en general un ruido ambiente bastante alto propio del lugar. Estas características se consideran poco deseables a la hora de instalar la estación de monitoreo. Más al sur se encuentra un sector *mixto* que presenta buenas condiciones. Se establece un posible punto de medición en el segmento de Av. Argentina entre las calles Salvador Reyes y General José Velásquez Bórquez, donde se ubica el Hospital Regional de Antofagasta, tal como lo muestra la siguiente figura.



Figura 6.1: Posible punto de medición, Av. Argentina (Norte-Sur).

Durante la inspección visual no se detectaron alteraciones en la vía que pudiesen generar ruidos anexos al tránsito vehicular ni detenciones del mismo. Asimismo, se ha podido establecer una distancia total entre cruces semaforizados de 170 metros aproximadamente, lo que garantiza que la estación de monitoreo pudiese instalarse a una distancia aproximada de 30 metros desde el eje de la calzada. Tampoco se apreciaron actividades externas que pudiesen alterar el resultado de las mediciones, especialmente durante el horario nocturno.

Más al sur por Av. Argentina se presenta un sector residencial mixto el cual no ofrece mayores posibilidades de instalación debido a:

- Poca presencia de lugares seguros y con disposición de acceso.
- Existencia de edificios habitacionales en los cuales no se puede instalar la estación.
- Presencia de diversos talleres que pueden afectar las mediciones en horario diurno.
- Diversos sectores habitacionales, en cuyos antejardines no se puede instalar la estación ya que la actividad propia del hogar interfiere con las mediciones.

Av. Angamos (Norte-Sur)

Desde su inicio por el sector Norte en la calle Antonio Poupin, la Av. Angamos atraviesa sectores como el Megacentro Jumbo y el Estadio Regional que debido a sus actividades propias son lugares que presentan condiciones poco favorables para instalar una estación de monitoreo. Asimismo, todo el

tramo comprendido entre Antonio Poupin y la calle Homero Ávila Silva se encuentra bastante cerca del mar, cuyo sonido interfiere con las mediciones, especialmente en horario nocturno. Todas estas características se consideran indeseables a la hora de instalar la estación de monitoreo. La siguiente fotografía satelital muestra el tramo descrito de Av. Angamos.



Figura 6.2: Av. Angamos (Norte-Sur).

Más al sur se encuentra un sector que presenta buenas condiciones. Se establece un posible punto de medición en el segmento de Av. Angamos entre las calles Pedro Prado y Pedro León Gallo, donde se ubica el Centro Teletón de Antofagasta al lado del Estadio Municipal de Antofagasta, tal como lo muestra la siguiente figura.



Figura 6.3: Posible punto de medición, Av. Angamos.

Durante la inspección visual no se detectaron alteraciones en la vía que pudiesen generar ruidos anexos al tránsito vehicular ni detenciones del mismo. Asimismo, se ha podido establecer una distancia total entre cruces semaforizados de 170 metros aproximadamente, lo que garantiza que la estación de monitoreo pudiese instalarse a una distancia aproximada de 30 metros desde el eje de la calzada. Tampoco se apreciaron actividades externas que pudiesen alterar el resultado de las mediciones, especialmente durante el horario nocturno.

Según el análisis presentado para el área de estudio en la ciudad de Antofagasta, se plantean dos sectores para posibles puntos base para la instalación de una estación de monitoreo:

1. Hospital Regional de Antofagasta, ubicado en Av. Argentina #1962.
2. Centro Teletón de Antofagasta, ubicado en Av. Angamos #0475.

Se aplican los criterios de selección detallados en este capítulo a estos dos puntos mediante una lista de chequeo (check list), presentada en el Anexo VIII. De acuerdo a esto, sólo el punto N° 2 cumple con todos los criterios establecidos. El punto N° 1 presenta problemas en cuanto a la factibilidad de instalar la estación de monitoreo al interior del hospital, debido a que nunca se generaron los permisos requeridos.

Finalmente, se selecciona el punto de medición en el Centro Teletón, como se muestra a continuación:



Figura 6.4: Centro Teletón de Antofagasta, ubicado en Av. Angamos 0475.



Figura 6.5: Fotografía satelital, Estación de monitoreo, Centro Teletón de Antofagasta.

6.1.7 Proceso de selección – Providencia

Al igual que en el área de estudio de Antofagasta y a partir de la información disponible en planillas Excel en cuanto a flujos vehiculares, pendientes y tipo de carpeta para el área de estudio en Providencia, se ha realizado una selección de vías mediante el cruce de estas variables. Este ejercicio ha arrojado como resultado un subconjunto de vías que cumplen con los siguientes criterios:

- Flujo mayor a 3.000.000 de vehículos al año.
- Pendiente menor a 2%.
- Carpeta de mayor presencia: tipo hormigón. Sin embargo, el 53% de las vías son de hormigón y el 47% son de asfalto. Se están realizando actualmente diversos trabajos de mantención de vías en la comuna, para lo cual se han asfaltado diversos tramos que en la información disponible figuran como hormigón. De esta manera, la carpeta de mayor presencia en la comuna tiende a ser asfalto.

Cabe mencionar que en esta primera selección de vías se han considerado sólo el flujo y la pendiente. Para el tipo de carpeta sólo se han excluido los adoquines, ya que el siguiente criterio que se presenta genera un subconjunto bastante reducido de vías. A partir de lo anterior, se puede verificar en terreno la presencia de carpeta tipo asfalto para cada caso.

El siguiente criterio de mayor importancia que se aplica a la selección es si las vías poseen 2 sentidos con 2 pista de circulación por sentido. El resultado es que 11 vías cumplen con esta condición por lo que se prosigue aplicando los demás criterios establecidos en base a inspecciones y mediciones en terreno. Las 11 vías seleccionadas son:

No.	Selección de vías
1	Andrés Bello
2	Bilbao
3	Diagonal Oriente
4	El Bosque
5	General Bustamante
6	Los Leones
7	Pedro de Valdivia Sur
8	Salvador
9	Santa Isabel
10	Tobalaba
11	Vicuña Mackenna

Tabla 6.2: Vías seleccionadas. Providencia.

Estas 11 vías de circulación poseen flujos mixtos de vehículos, incluyendo locomoción colectiva. Sin embargo se descartan las siguientes vías:

- Av. Andrés Bello, en relación al ruido ambiente debido a su cercanía con el Río Mapocho.
- General Bustamante, por tratarse de una vía exclusivamente de hormigón.
- Vicuña Mackenna por tratarse de un sector saturado acústicamente y no representar una condición “intermedia”.

Se realizó un recorrido por las diversas avenidas y calles restantes, sin encontrar puntos factibles para instalar una estación de monitoreo, excepto el sector de Santa Isabel, en donde se establecieron las siguientes condiciones en terreno:

Av. Santa Isabel (Poniente-Oriente)

Desde su inicio por el sector Poniente en la calle Vicuña Mackenna, la Av. Santa Isabel atraviesa un sector *mixto* que presenta buenas condiciones hasta Av. Manuel Montt. Se establece un posible punto de medición en el segmento entre las calles Julio Prado y José Manuel Infante, donde se ubica el Centro Deportivo Santa Isabel, tal como lo muestra la siguiente figura.



Figura 6.6: Fotografía satelital, Centro deportivo Santa Isabel.

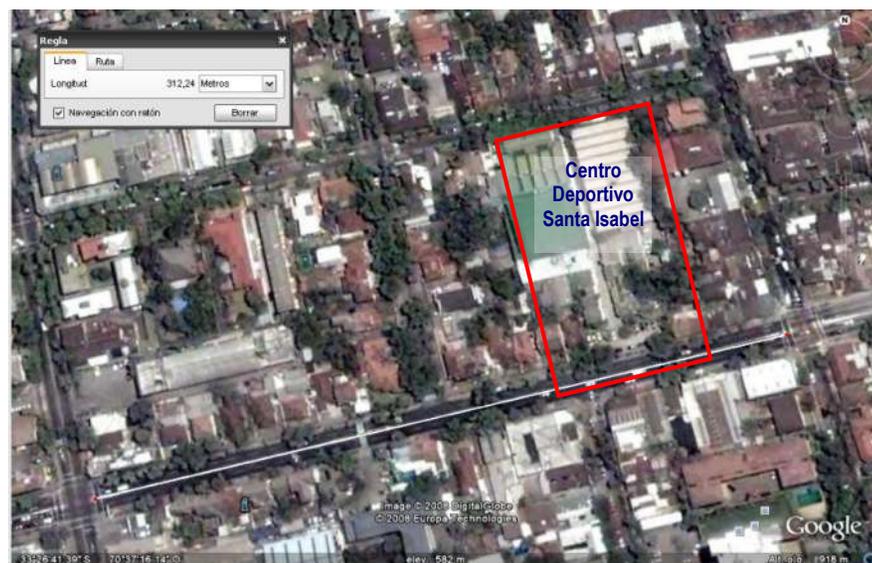


Figura 6.7: Fotografía satelital, Centro deportivo Santa Isabel.

Durante la inspección visual se determinó que el tipo de carpeta en ese segmento de vía corresponde a asfalto sobre hormigón y no se detectaron alteraciones en la vía que pudiesen generar ruidos anexos al tránsito vehicular ni detenciones del mismo. Asimismo, se ha podido establecer una distancia total entre cruces semaforizados de 310 metros aproximadamente, lo que garantiza que la estación de monitoreo pudiese instalarse a una distancia máxima de 40 metros desde el eje de la calzada. Tampoco se apreciaron actividades externas que pudiesen alterar el resultado de las mediciones, especialmente durante el horario nocturno.

Se aplican los criterios de selección detallados en este capítulo a este punto mediante una lista de chequeo (check list), presentada en el Anexo VIII. De acuerdo a esto, el punto seleccionado en Santa Isabel cumple con todos los criterios establecidos y se muestra a continuación:



Figura 6.8: Centro deportivo Santa Isabel, ubicado en Santa Isabel 830.



Figura 6.9: Fotografía satelital, Estación de Monitoreo, Centro deportivo Santa Isabel.

6.2 Análisis de estaciones de monitoreo

6.2.1 Antofagasta

A continuación se muestra el perfil de las mediciones realizadas el jueves de 24 de julio de 2008 hasta el domingo 31 de agosto de 2008 en la estación de monitoreo de Antofagasta Figura 6.10. El monitoreo fue interrumpido en siete ocasiones y por sólo algunos minutos para la descarga de los datos medidos. En el gráfico se muestran los descriptores L_{eq} , $L_{máx}$ y $L_{mín}$, los cuales nos servirán para el analizar la situación acústica y además, nos servirán para la obtención de otros descriptores.

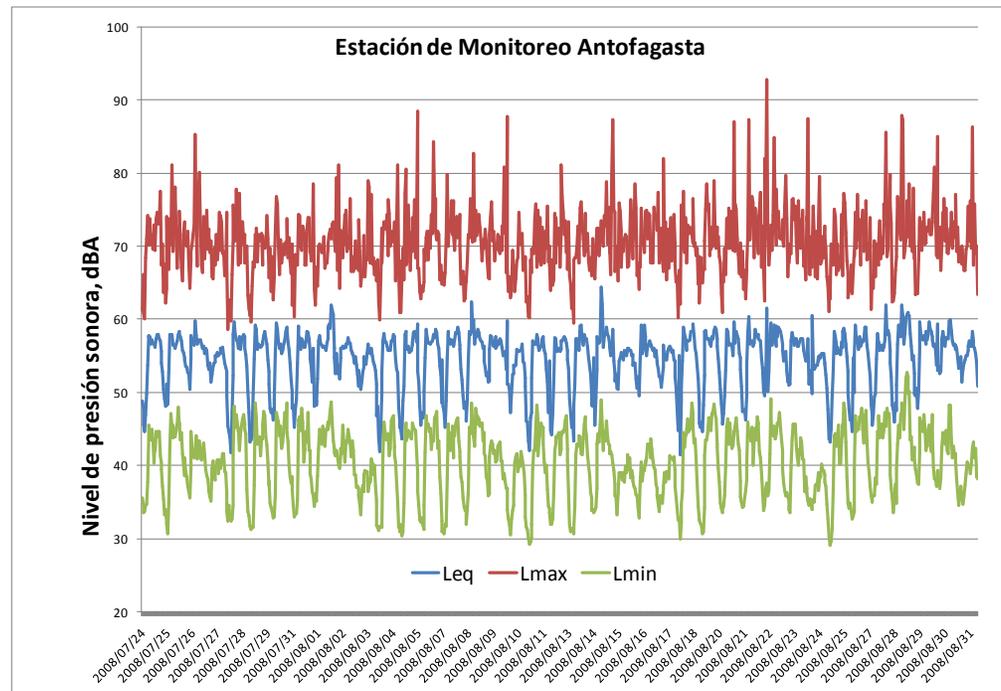


Figura 6.10: Niveles de ruido de todo el período de medición. Antofagasta.

Para conformar una semana promedio, se realizaron promedios energéticos entre los mismos días que conforman la semana durante todo el período de medición. De esta manera se puede observar la fluctuación diaria entre los días de la semana con los descriptores básicos registrados por la estación de monitoreo.

En el gráfico de la Figura 6.11 se observa la fluctuación diaria promedio, y se puede apreciar que durante la semana los L_{eq} se comportan muy estables obteniendo un promedio de 55,9 dBA con una desviación estándar de 0,69. Los niveles máximos se producen el día viernes principalmente porque el sector se ve enfrentado a una mayor cantidad de eventos impulsivos producto de la típica actividad nocturna de inicio de fin de semana. Por otra parte, los niveles mínimos se registran en la madrugada

del lunes ya que en la noche del domingo hay una disminución notoria de todo tipo de actividades ruidosas.

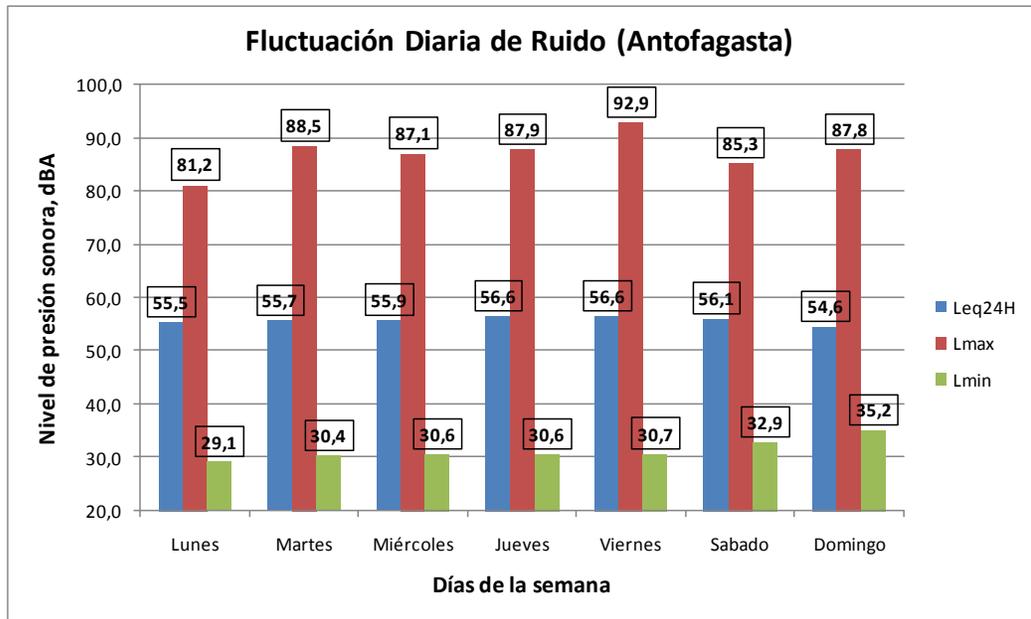


Figura 6.11: Fluctuación diaria promedio de niveles de ruido. Antofagasta.

Si se observa la Figura 6.12 se puede apreciar la diferencia de niveles de ruido entre el ciclo diario promedio de lunes a viernes y el ciclo diario promedio de sábado a domingo. Durante la semana se presenta un mayor nivel de ruido durante el día tanto en sus horas punta como valles, en cambio en el fin de semana es notorio el alto nivel de ruido durante el horario nocturno respecto a la semana, ya que en la madrugada del sábado y la del domingo hay más locales y actividad nocturna que en el resto de los días. Además, se aprecian diferencias respecto a las horas en que se producen los niveles mínimos de ruido, ya que en la semana esto ocurre cerca de las 4:00 hrs, en cambio en el fin de semana esto ocurre alrededor de las 7:00 hrs. Las horas punta y valle ocurren en horas similares tanto en la semana como en el fin de semana, sin embargo, durante la semana ocurren con mayores niveles de ruido.

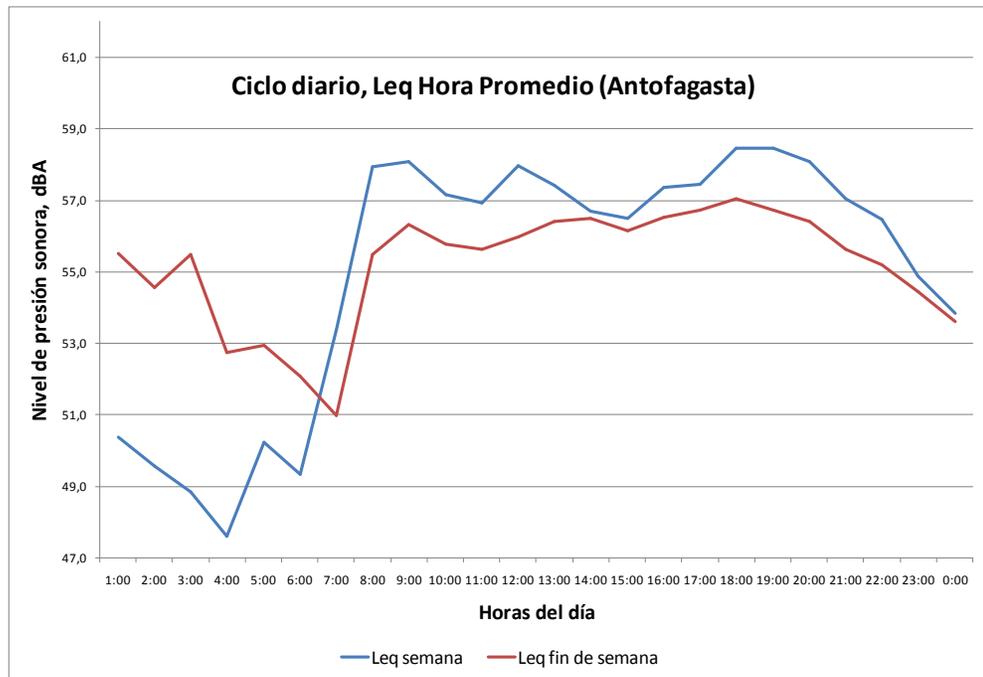


Figura 6.12: Comparación entre niveles promedio de fin de semana y día de semana. Antofagasta.

Si se observa el ciclo de ruido semanal promedio de la Figura 6.13, se aprecia un notorio aumento de los L_{eq} mínimos diarios a medida que transcurre la semana, especialmente en las madrugadas del viernes, sábado y domingo, donde el rango dinámico se reduce hasta menos de 10 dB, lo que indica que en los fines de semana hay menores fluctuaciones de nivel de ruido que en el resto de la semana. Por otra parte los niveles de ruido de lunes a sábado se mantienen muy estables durante el día, sobre todo de jueves a sábado en que las horas punta mañana y tarde abarcan mayor cantidad de horas con niveles muy similares. Sin embargo, el día domingo se reducen considerablemente los niveles y el rango dinámico diario.

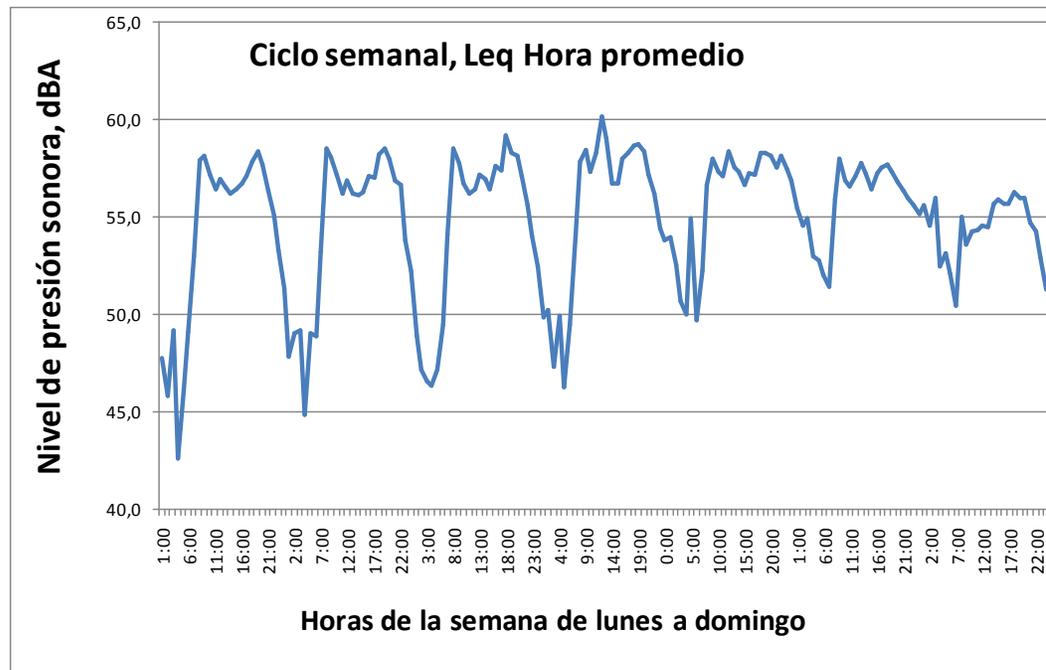


Figura 6.13: Ciclo diario promedio de niveles de ruido de lunes a domingo. Antofagasta.

Al observar el ciclo semanal de ruido, es posible darse cuenta que los días jueves, viernes y sábado, el rango de horas punta en cada uno de estos días es superior a once horas, esto quiere decir que los niveles más altos de esos días tienden a ser más estables con niveles de ruido similares durante un mayor rango de horas que en el resto de los días. Por el contrario, los días lunes martes y miércoles se presenta un mayor rango de horas en horario valle, lo que refleja una mayor estabilidad de niveles de ruido más bajos que en las horas punta durante una mayor cantidad de tiempo. Además, es fácil darse cuenta que al comparar los niveles de ruido de las horas punta y valle de días diferentes al festivo de la semana con el día domingo, se puede observar que son mucho más altos los niveles de ruido de los días no festivos en todo horario punta o valle, principalmente porque el domingo es un día de descanso en que se reduce considerablemente todo tipo de actividades ruidosas.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Hora Punta 1	07:00 - 10:00	07:00 - 09:00	07:00 - 09:00	07:00 - 13:00	08:00 - 14:00	08:00 - 14:00	07:00 - 08:00
Hora Valle	10:00 - 17:00	09:00 - 17:00	10:00 - 17:00	14:00 - 15:00	14:00 - 17:00	14:00 - 15:00	08:00 - 13:00
Hora Punta 2	17:00 - 20:00	17:00 - 20:00	17:00 - 19:00	15:00 - 20:00	17:00 - 23:00	15:00 - 20:00	13:00 - 20:00

Tabla 6.3: Detalle de horas punta y valle. Antofagasta.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Leq Hora Punta Mañana	57,7	58,3	58,1	58,6	57,6	57,3	55,0
Leq Hora Valle	56,6	56,6	56,9	56,7	57,0	56,4	54,2
Leq Hora Punta Tarde	58,0	58,2	58,7	58,4	58,0	57,3	55,9

Tabla 6.4: L_{eq} promedio de horas punta y valle en dBA. Antofagasta.

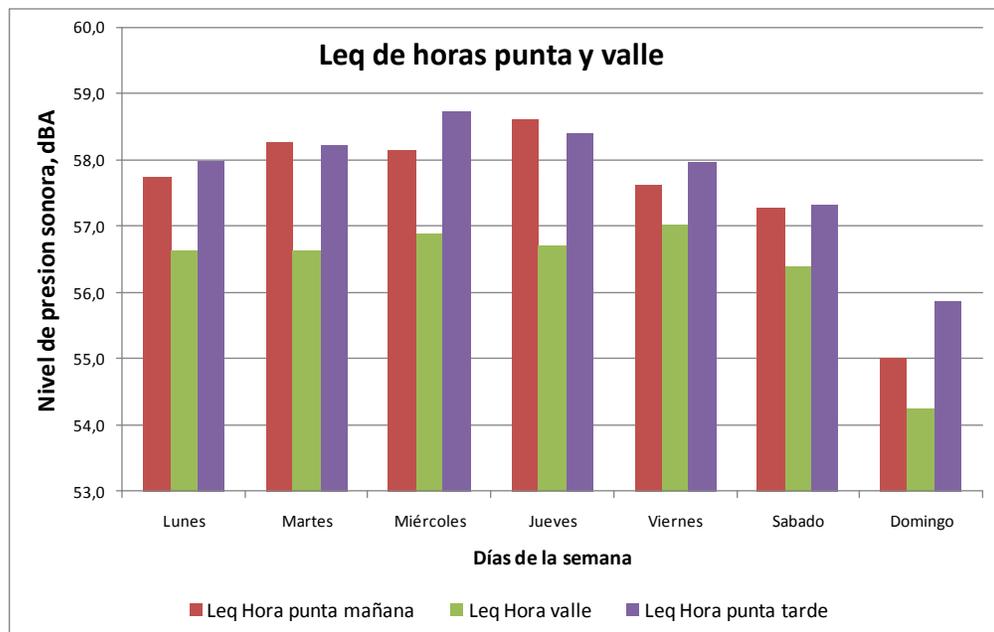


Figura 6.14: L_{eq} promedio de horas punta y valle para cada día de la semana. Antofagasta.

El nivel equivalente día-noche L_{dn} en decibelios (dB) se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \cdot \left(14 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 10 \cdot 10^{\frac{(L_n+10)}{10}} \right) \right]$$

Donde

- L_d es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, definido en la norma ISO 1996 2: 1987 (NCh2502/2), determinado a lo largo de todos los períodos diurnos de un año.
- L_n es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996 2: 1987 (NCh2502/2), determinado a lo largo de todos los períodos nocturnos de un año.

Para efectos de normativa en Chile comúnmente los horarios definidos son 07:00 – 21:00 (día) 21:00 – 07h00 (noche) en que el día dura 14 horas y la noche 10 horas.

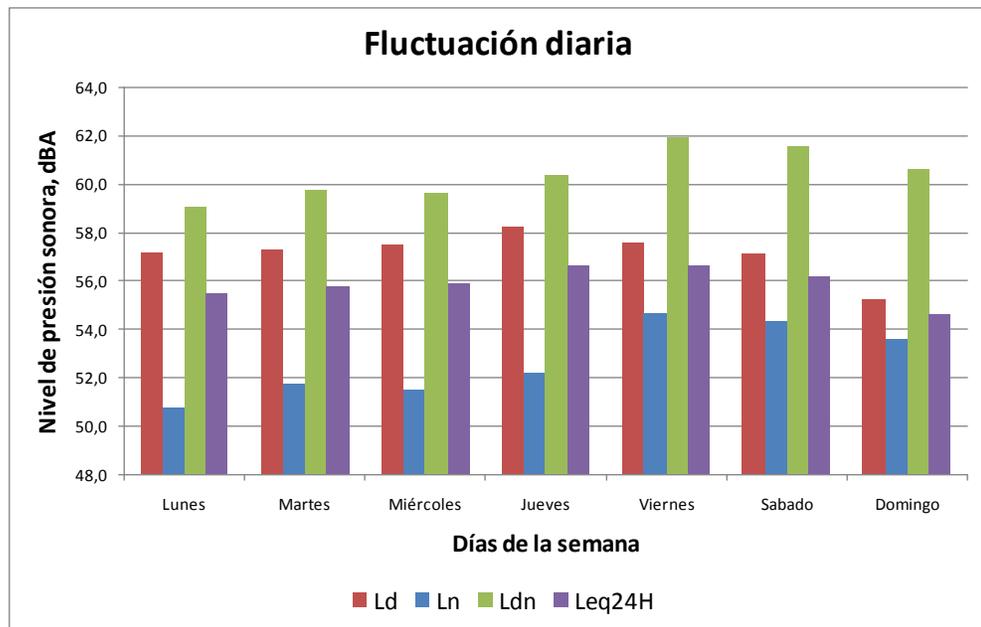


Figura 6.15: Fluctuación diaria promedio de diferentes descriptores acústicos. Antofagasta.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Ld	57,2	57,3	57,5	58,2	57,6	57,1	55,2
Ln	50,8	51,7	51,5	52,2	54,6	54,3	53,6
Ldn	59,0	59,7	59,6	60,3	61,9	61,5	60,6
Leq24H	55,5	55,7	55,9	56,6	56,6	56,1	54,6
Lmax	81,2	88,5	87,1	87,9	92,9	85,3	87,8
Lmin	29,1	30,4	30,6	30,6	30,7	32,9	35,2

Tabla 6.5: Fluctuación diaria promedio de diferentes descriptores acústicos en dBA. Antofagasta.

Los momentos de mayor actividad nocturna se producen el viernes en la noche, el sábado de madrugada, el sábado en la noche y el domingo de madrugada, lo que se refleja claramente en los L_n de los días viernes, sábado y domingo, que son superiores a los L_n del resto de la semana. Además, los L_{dn} del viernes, sábado y domingo también se ven afectados por los L_n producto de fluida actividad nocturna en estos días. También se puede apreciar que los L_d de lunes a sábado son mucho más altos

que en un día festivo como lo es el domingo en que hay una considerable menor actividad, ya sea por tráfico vehicular, música de locales, personas conversando o actividades comerciales, entre otras.

6.2.2 Providencia

A continuación se muestra el perfil de las mediciones realizadas desde el 21 de junio de 2008 hasta el 10 de julio de 2008 en la estación de monitoreo de Providencia (Figura 6.16). El monitoreo fue interrumpido en tres ocasiones sólo algunos minutos para la descarga de los datos medidos y cinco días por lluvia. En el gráfico se muestran los descriptores L_{eq} , $L_{máx}$ y $L_{mín}$, los cuales nos servirán para el analizar la situación acústica y además, nos servirán para la obtención de otros descriptores.

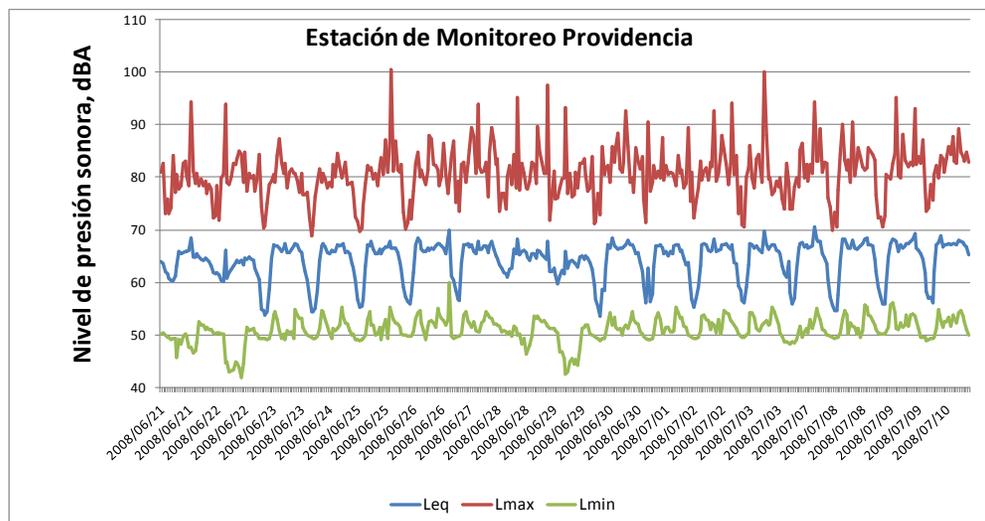


Figura 6.16: Niveles de ruido de todo el período de medición. Providencia.

Para conformar una semana promedio, se realizaron promedios energéticos entre los mismos días que conforman la semana durante todo el período de medición. De esta manera se puede observar la fluctuación diaria entre los días de la semana con los descriptores básicos registrados por la estación de monitoreo.

En el gráfico de la Figura 6.17 se observa la fluctuación diaria promedio, y se puede apreciar que durante la semana los L_{eq} se comportan muy estables obteniendo un promedio de 65,2 dBA con una desviación estándar de 0,8. Los niveles máximos fluctúan entre los 90,5 dBA y los 100,4 dBA los que pudieron ser generados por algún evento impulsivo producto de la típica actividad nocturna del sector.

Por otra parte, los niveles mínimos se comportan muy estables durante la semana, y decaen en nivel los días sábados y domingos.

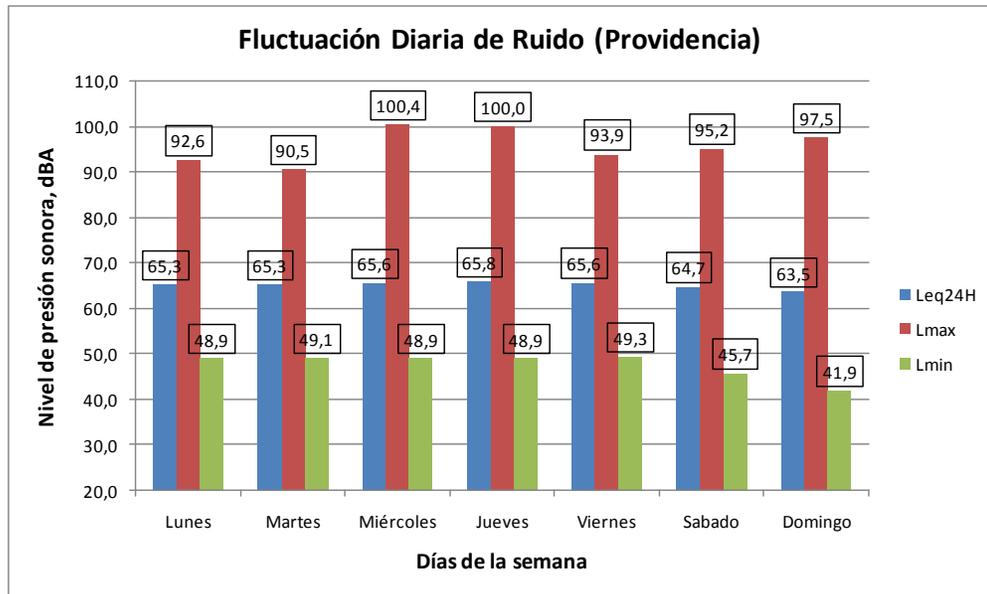


Figura 6.17: Fluctuación diaria promedio de niveles de ruido. Providencia.

Si se observa la Figura 6.18 se puede apreciar la diferencia de niveles de ruido entre el ciclo diario promedio de lunes a viernes y el ciclo diario promedio de sábado a domingo. Durante la semana se presenta un mayor nivel de ruido durante el día tanto en sus horas punta como valles, en cambio en el fin de semana es notorio el alto nivel de ruido durante el horario nocturno respecto a la semana, ya que en la madrugada del sábado y la del domingo hay más locales y actividad nocturna que en el resto de los días. Además, se aprecian diferencias respecto a las horas en que se producen los niveles mínimos de ruido, ya que en la semana esto ocurre cerca de las 5:00 hrs, en cambio en el fin de semana esto ocurre alrededor de las 7:00 hrs. Las horas punta y valle ocurren en horas similares tanto en la semana como en el fin de semana, sin embargo, durante la semana ocurren con mayores niveles de ruido.

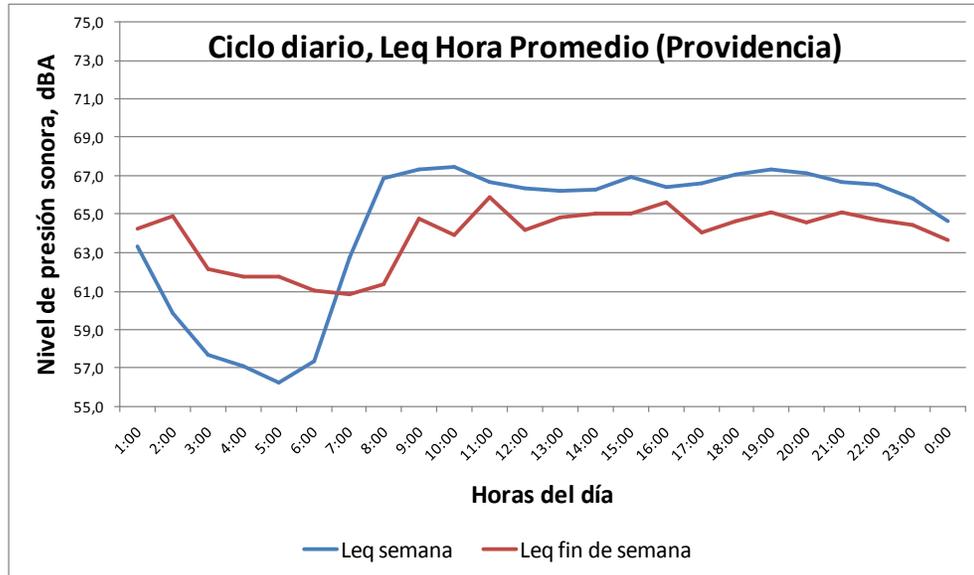


Figura 6.18: Comparación entre niveles promedio de fin de semana y día de semana. Providencia.

Si se observa el ciclo de ruido semanal promedio de la Figura 6.19, se aprecia un notorio aumento de los Leq mínimos diarios a medida que transcurre la semana, especialmente en las madrugadas del sábado y domingo, donde el rango dinámico se reduce hasta menos de 7 dB, lo que indica que en los fines de semana hay menores fluctuaciones de nivel de ruido que en el resto de la semana. Por otra parte los niveles de ruido de lunes a sábado se mantienen muy estables durante el día, sobre todo de jueves a sábado en que las horas punta mañana y tarde abarcan mayor cantidad de horas con niveles muy similares. Sin embargo, el día domingo se reducen considerablemente los niveles y el rango dinámico diario.

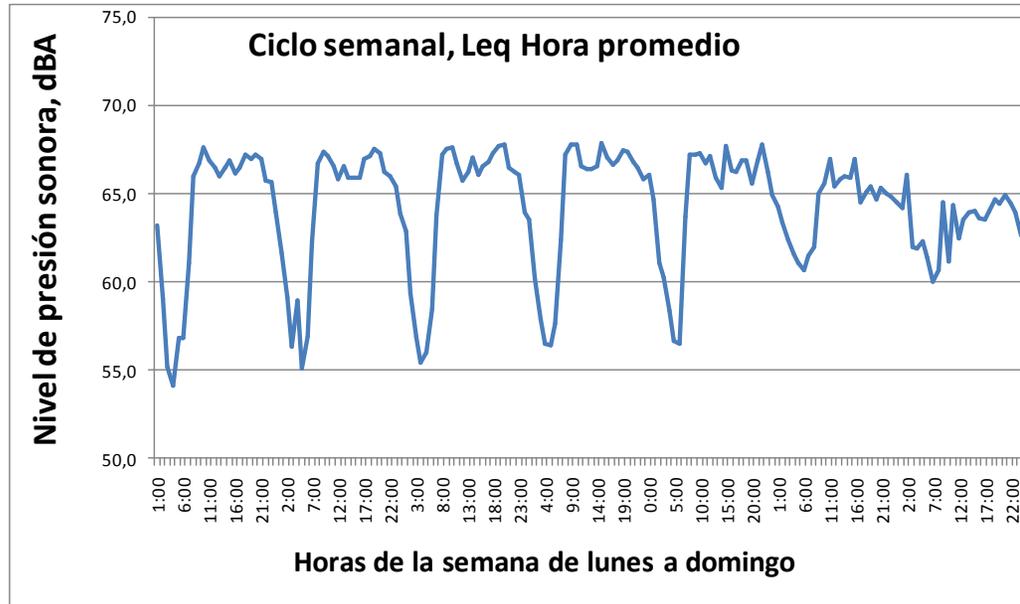


Figura 6.19: Ciclo diario promedio de niveles de ruido de lunes a domingo. Providencia.

Es fácil darse cuenta que al comparar los niveles de ruido de las horas punta y valle de días diferentes al festivo de la semana, con el día domingo, se puede observar que son mucho más altos los niveles de ruido de los días no festivos en todo horario punta o valle, principalmente porque el domingo es un día de descanso en que se reduce considerablemente todo tipo de actividades ruidosas.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Hora Punta Mañana	09:00 - 11:00	07:00 - 11:00	07:00 - 11:00	07:00 - 10:00	07:00 - 11:00	10:00 - 11:00	08:00 - 09:00
Hora Valle	11:00 - 13:00	11:00 - 16:00	11:00 - 19:00	10:00 - 14:00	11:00 - 14:00	11:00 - 14:00	09:00 - 14:00
Hora Punta Tarde	13:00 - 20:00	16:00 - 20:00	19:00 - 20:00	14:00 - 21:00	14:00 - 19:00	14:00 - 16:00	14:00 - 22:00

Tabla 6.6: Detalle de horas punta y valle. Providencia.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Leq Hora Punta Mañana	67,2	66,9	67,3	67,6	67,1	67,0	64,5
Leq Hora Valle	66,3	66,1	66,7	66,9	66,6	65,7	63,2
Leq Hora Punta Tarde	66,8	67,0	67,8	67,2	66,8	66,5	64,2

Tabla 6.7: Leq promedio de horas punta y valle en dBA. Providencia.

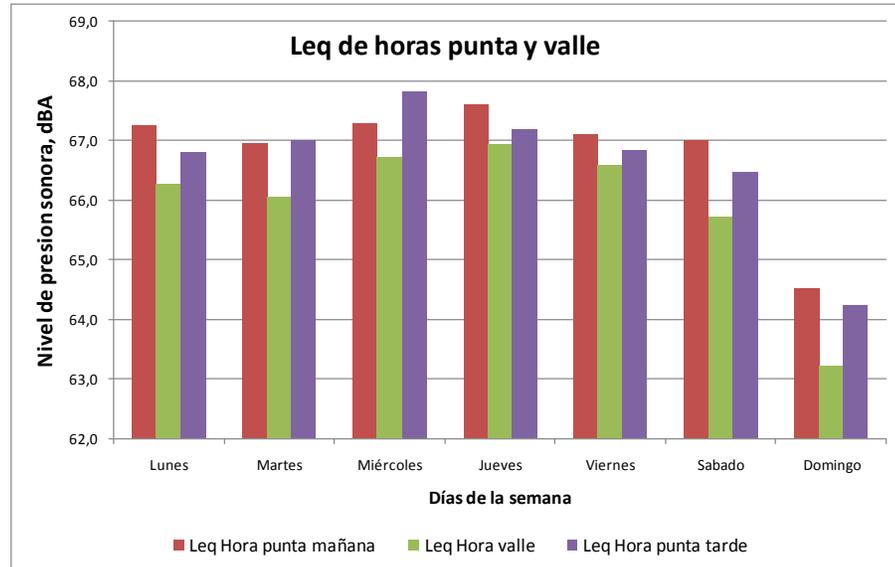


Figura 6.20: L_{eq} promedio de horas punta y valle para cada día de la semana. Providencia.

El nivel equivalente día-noche L_{dn} en decibelios (dB) se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{24} \cdot \left(14 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 10 \cdot 10^{\frac{(L_n+10)}{10}} \right) \right)$$

Donde

- L_d es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, definido en la norma ISO 1996 2: 1987 (NCh2502/2), determinado a lo largo de todos los períodos diurnos de un año.
- L_n es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996 2: 1987 (NCh2502/2), determinado a lo largo de todos los períodos nocturnos de un año.

Para efectos de normativa en Chile comúnmente los horarios definidos son 07:00 – 21:00 (día) 21:00 – 07h00 (noche) en que el día dura 14 horas y la noche 10 horas.

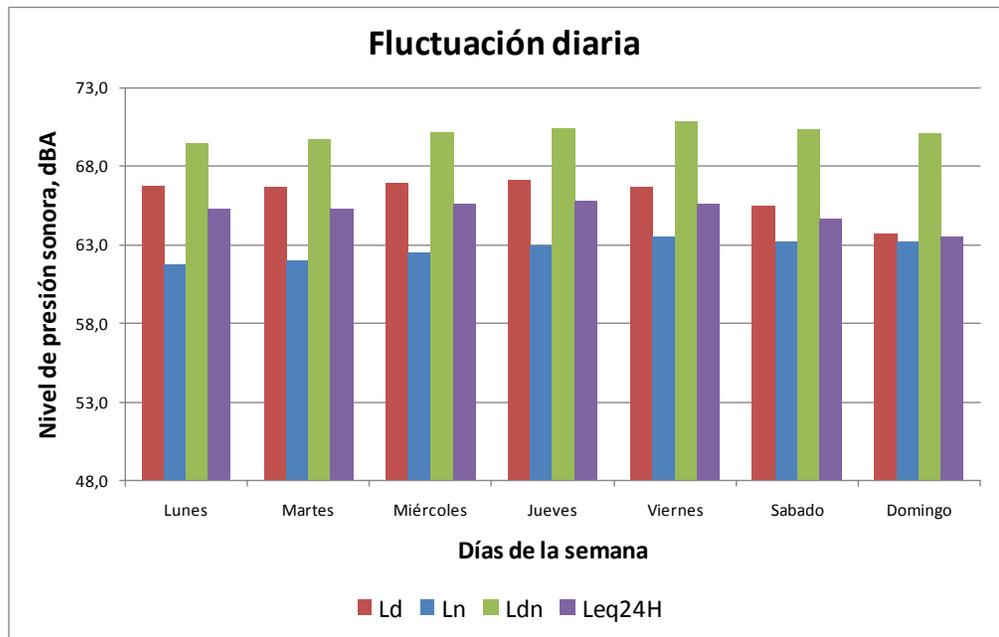


Figura 6.21: Fluctuación diaria promedio de diferentes descriptores acústicos. Providencia.

Indicador	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
L _d	66,7	66,7	67,0	67,1	66,7	65,5	63,7
L _n	61,7	62,0	62,5	62,9	63,5	63,2	63,2
L _{dn}	69,5	69,7	70,1	70,4	70,8	70,3	70,0
L _{eq24H}	65,3	65,3	65,6	65,8	65,6	64,7	63,5
L _{máx}	92,6	90,5	100,4	100,0	66,7	95,2	97,5
L _{mín}	48,9	49,1	48,9	48,9	63,5	45,7	41,9

Tabla 6.8: Fluctuación diaria promedio de diferentes descriptores acústicos. Providencia.

Los momentos de mayor actividad nocturna se producen el viernes en la noche, el sábado de madrugada, el sábado en la noche y el domingo de madrugada, lo que se refleja claramente en los L_n de los días viernes, sábado y domingo, que son superiores a los L_n del resto de la semana. Los L_d de lunes a viernes son muy similares lo que refleja un comportamiento de ruido muy estable durante el día, y presentan valores superiores a los L_d del fin de semana. Por otra parte, los L_{dn} son muy similares durante el transcurso de la semana, esto producto a que se compensan los altos L_d de la semana con los bajos L_n de la semana, ocurriendo lo contrario en el fin de semana que posee valores más altos de L_n y más bajos de L_d , equilibrando el L_{dn} de cada día de la semana. También se puede apreciar que los L_{eq} de 24 horas de lunes a sábado son mucho más altos que en un día festivo como lo es el domingo

en que hay una considerable menor actividad, ya sea por tráfico vehicular, música de locales, personas conversando o actividades comerciales, entre otras.

6.3 Análisis de niveles modelados versus niveles medidos

En el capítulo 4.1.2 se llevan a cabo modelaciones de un sector específico de la ciudad de Antofagasta y a su vez se muestra un detalle del sector donde se ubica la estación de monitoreo. En este detalle se utiliza como datos de entrada al modelo la información levantada en terreno, específicamente la información de flujo vehicular, composición de flujo vehicular, tipo de carpeta, velocidad de circulación, geomorfología y edificaciones. Para el flujo vehicular se toman en cuenta dos horarios: horario punta y horario valle. Los resultados de las modelaciones se muestran como dos mapas de ruido por cada software, primero se muestran los resultados de la modelación en horario Valle y luego en horario punta. En la Tabla 6.9 se muestran los resultados obtenidos de dichas mediciones para el lugar donde se ubica el punto de medición.

En el capítulo 6.2 se muestran los resultados de las mediciones en el punto base en la ciudad de Antofagasta. De todos los resultados obtenidos se rescatan los niveles L_{eq} hora semanal en tres horarios aproximados durante el día: Punta 1 entre 7:00 hrs y 8:00 hrs, Punta 2 entre las 17:00 hrs y las 19:00 hrs y Horario Valle entre las 12:00 hrs a 17:00 hrs. En este caso en particular se compara el Horario Punta modelado con el Horario Punta 2 medido. Dicho valor también se muestra en la Tabla 6.9.

Software	Hora Valle	Hora Punta
Predictor	56	57
CadnaA	56,5	59
SoundPlan	56,5	60
Medición	56,8	58,3

Tabla 6.9: Comparación entre niveles modelados versus niveles medidos en punto base en la ciudad de Antofagasta.

Como se observa en la tabla, los valores modelados versus los valores medidos en horario valle son extremadamente similares: en el caso de Predictor se presenta una diferencia de 0,8 dB mientras que en el caso de CadnaA y SoundPlan la diferencia es de 0,3 dB. En el caso de la Hora Punta hay

mayores diferencias entre los niveles modelados, la mayor diferencia está entre Predictor y SoundPlan con una diferencia de 3 dB. En cuanto a la diferencia con la medición Predictor tiene una diferencia de 1,3 dB mientras que CadnaA tiene una diferencia de 0,7 dB y SoundPlan tiene una diferencia de 1,7 dB.

Como se puede observar, en ninguno de los casos la diferencia entre lo modelado y lo medido supera la diferencia de 2 dB. Estas diferencias puede que sean producidas debido a pequeñas variaciones entre el escenario modelado y el medido, como por ejemplo, diferencias con el flujo medido versus el flujo real al momento de la medición, debido a que la recolección de información y la medición se llevaron a cabo en diferentes estaciones del año. Aún así, la diferencia no es de gran envergadura las y, por lo tanto, los niveles entregados son de gran confianza.

6.4 Validación de encuesta modelo

El objetivo principal de esta validación es generar una encuesta fiable, un cuestionario válido y confiable que mida la percepción del ruido del entorno laboral/residencial. Se trata de elaborar una medida de "ruidosidad". El detalle de la metodología empleada para trabajar la encuesta tipo entregada por la contraparte técnica es indicado en el capítulo 3.1.3 de este informe.

6.4.1 Marco conceptual

El ruido se ha transformado en un problema ambiental principalmente en lugares de alta densidad poblacional. Es causa de cambios fisiológicos y psicológicos en el organismo generando efectos adversos en la salud y en el comportamiento de las personas. Los efectos del ruido son muy diversos tales como: la pérdida de audición, disfonía, fatiga corporal, alteraciones gastrointestinales, trastornos cardiovasculares, interferencia en la comunicación hablada, alteraciones del sueño y el estrés (29) (30). Las personas perciben el ruido ambiental como un elemento contaminante que produce incomodidad o molestia. Tal percepción depende de la interferencia que éste tenga con la actividad diaria de las personas (31).

La investigación de los efectos no auditivos del ruido se apoya en indicadores psicosociales y ambientales más que en evaluaciones directas de parámetros acústicos. Son de especial interés

atributos perceptivos que presentan diferencias cualitativas en individuos expuestos a la contaminación acústica (32) (33).

Durante esta última década ha observado una mayor preocupación social por los problemas ambientales, en particular por la contaminación acústica, lo que ha favorecido definiciones de tipo político, jurídico y comunitario que demandan un mayor control en la emisión de ruidos en espacios de alta densidad poblacional.

De aquí la necesidad de revisar y analizar la estructura, redacción y gramática del cuestionario de "Percepción sobre el ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt" con el objeto de organizar su estructura entorno al grado de molestia que produce el ruido ambiental.

6.4.1.1 El ruido y su percepción

El ruido es un "sonido capaz de producir algún efecto humano adverso", cuyo nivel de audibilidad y tiempo de exposición puede ser perjudicial para la salud y el bienestar humano. La molestia que el ruido produce depende en gran medida del oyente y sus circunstancias que se relacionan a través de complejas interacciones de factores objetivos y subjetivos (31).

El ruido puede tener diferentes fuentes de emisión, tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción, actividades de los vecinos y lugares de diversión, entre otros. Su percepción se elabora a partir de los estímulos recibidos desde que nacemos, de las condiciones en las que se haya desarrollado nuestro aprendizaje. Esto quiere decir que desde muy pequeños vamos configurando capacidades que permiten responder de una forma u otra a una gran variedad de estímulos acústicos. La percepción será entonces el proceso mediante el cual se asigna a la información sensorial recibida toda una serie de datos previamente almacenados en nuestra memoria gracias a la propia experiencia (vivencia) y al aprendizaje individual.

Dos factores se encuentran presente en el proceso de audición: la estructura interna del sistema receptor y la experiencia auditiva. Es necesario tener en cuenta tanto los diferentes grados de entrenamiento como la propia naturaleza del aparato auditivo, para evaluar en su justa medida la

fisiología y la psicología de la audición. La percepción es la componente cognitiva-afectiva que el sujeto aplica al interactuar con el mundo objetivo del sonido, interpretando las impresiones de los sentidos (sensaciones).

En toda percepción concurren una serie de eventos y datos dispares que necesitan ser estructurados para obtener información del mundo exterior. Entre estos elementos se distinguen:

- la recepción sensorial,
- la estructuración simbólica (significación) y los elementos emocionales (agrado o desagrado)

El ruido puede tener una valoración positiva (símbolo de vida, de fiesta) o negativa (molestia, desagrado). Su valoración depende no solo de la intensidad, sino también de la información contenida en el mismo, del contexto en el que es percibido así como de los significados sociales y culturales que se le atribuyen.

6.4.1.2 Percepción de la molestia debida al ruido

La molestia debida al ruido constituye un indicador destinado a cuantificar el ruido percibido y se define como una “sensación de incomodidad”, “un sentimiento desagradable producido por un ruido no deseado o juzgado innecesario en el espacio vital del individuo” que surge al considerar que el ruido puede afectar negativamente la salud (34). Se puede deducir que la “molestia” debida al ruido es medible a través de la significación que el sujeto atribuye al ruido y que puede estructurarse en una encuesta de percepción.

El proceso de la respuesta humana ante el ruido ambiental comienza con la percepción del estímulo acústico, así el resultado del proceso perceptivo creará la base para un posible sentimiento de malestar. Este sentimiento puede estar modulado por diferentes variables psicosociales relacionadas con las condiciones de vida, las actitudes hacia la fuente de ruido, las exposiciones previas al ruido, el momento del día, las variables personales y sociodemográficas.

6.4.2 Tabla de especificaciones. Percepción del ruido ambiental.

Dimensiones	Ítems
Sociodemográficas	19. ¿Cuál es su edad?
	20. Sexo
	21. Estado Civil
	22. ¿Cuánto tiempo vive en este barrio o sector de la ciudad?
	23. Estudios que ha cursado completos
	24. Actividad
Percepción sensibilidad	25. ¿Vive cerca de algunos de estos lugares? 1. ¿Es usted sensible al ruido? Marque con una X sólo una opción
Percepción audibilidad	2. Cuando usted se encuentra en el interior de su HOGAR (dormitorio, living, etc.), ¿cuán audible es el ruido ambiental exterior?
Percepción de molestia producida por el ruido	3. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa. (Durante el día)
	4. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por talleres o industrias cuando se encuentra en su casa. (Durante el día)
	5. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa. (Durante el día)
	6. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa. (Durante el día)
	7. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa. (Durante el día)
	8. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa. (Durante la noche)
	9. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por talleres o industrias cuando se encuentra en su casa. (Durante la noche)
	10. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa. (Durante la noche)
Percepción de molestia producida por el ruido	11. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa. (Durante la noche)
	12. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa. (Durante la noche)
	A continuación se da una escala de opinión de cero a diez para que pueda expresar en cuánto le molesta el ruido ambiental cuando se encuentra en su casa. Por ejemplo, si usted está

Dimensiones	Ítems
	“absolutamente nada” molesto por el ruido debería escoger el 0, y si usted está “extremadamente” molesto debería escoger 10.
	13. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular (Día/Noche)
	14. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias (Día/Noche)
	15. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción (Día/Noche)
	16. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos (Día/Noche)
	17. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión (Día/Noche)
Efectos fisiológicos	18 ¿Lo pone nervioso?
	18 ¿Le produce insomnio?
	18 ¿Perturba su actividad laboral?
	18 ¿Aumenta su agresividad?
	18 ¿Perturba su dormir?
	18 ¿Disminuye su concentración?
	18 ¿Impide su descanso?
	18 ¿Le produce dolor de cabeza?
Efecto en la actividad cotidiana	18 ¿Impide escuchar su música o la televisión?
	18 ¿Interrumpe sus conversaciones?
	18 ¿Interrumpe el estudio o la lectura?

6.4.3 Encuesta de percepción

Una de las técnicas más usadas en las investigaciones sobre molestias producidas por el ruido es la encuesta (35). Ésta provee importante información sobre la molestia percibida por los habitantes expuestos al ruido ambiental, pero requiere de infraestructura logística, recursos tecnológicos y capacidades humanas para el procesamiento de la información una vez terminado el proceso de recolección de datos elevando de manera importante los costos de la investigación.

Sus resultados no sólo tienen un valor político, también un valor intrínsecamente científico. Es decir, por una parte sirve de apoyo a la diagramación de políticas medioambientales mientras que por otra ayuda a la comprensión y/o explicación de la naturaleza del fenómeno de la “molestia” percibida.

Una cuestión importante se relaciona con la información producida por la encuesta. (33) observó la inconsistencia de los resultados al comparar diferentes investigaciones entorpeciendo la comprensión y/o explicación del fenómeno de la molestia producida por el ruido. A fines del 2003 la organización internacional de normalización elabora un documento provisorio en la cual establece los modos de construir encuestas socio-acústicas (36).

En cuanto a la forma de enunciar los ítems que dan cuenta del grado de “molestia” la norma establece una redacción específica y escalas tanto de orden cualitativo como cuantitativo. A continuación observamos su enunciación:

Redacción A. Enunciado con opciones cualitativo ordinal.

Tomando en consideración los últimos (...12 meses...), indique usted en qué cuantía le molesta el ruido producido por (...indicar la fuente de ruido..) cuando se encuentra en su casa.

Absolutamente nada

Levemente

Medianamente

Demasiado

Extremadamente

Redacción B. Enunciado con escala cuantitativa.

A continuación se da una escala de opinión de cero a diez para que pueda expresar en qué cuantía le molesta el ruido ambiental cuando se encuentra en su casa. Por ejemplo, si usted

está “absolutamente nada” molesto por el ruido debería escoger el 0, y si usted está “extremadamente” molesto debería escoger 10.

Tomando en consideración los últimos (...12 meses...), indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido productor (..Indicar la fuente de ruido..).

<input type="checkbox"/>										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

En cuanto a los procedimientos que debe seguir la administrar de una encuesta, éstos dependen de la forma en que fueron elaborados sus ítems, de la naturaleza de las personas y el medio ambiente en donde se realiza la aplicación (37).

Las personas encuestadas deben encontrar las mejores condiciones ambientales al momento de responder el cuestionario de modo que disminuya su ansiedad, el cansancio, la incomodidad física y aumente su concentración mejorando su desempeño. Uno aspecto que ayuda a disminuir la ansiedad es la condición de encuesta anónima.

Las capacidades, personalidad, y comportamiento de la persona que aplica la encuesta constituyen un factor influyente en el desempeño de la persona encuestada. Las variables relacionadas con el encuestador, su estilo de comunicación, su apariencia física y su experticia, son fuentes potenciales de errores en el desempeño de la persona encuestada. Algunos encuestadores en algunas situaciones pueden apartarse a sabiendas o sin querer del procedimiento prescrito de la aplicación, proporcionando claves al replantear las preguntas enfatizando diversas palabras que orientan la respuesta de la persona encuestada o por medio de asentimientos u otros gestos no verbales. La disminución de las fuentes de error genera un patrón respuesta de mayor consistencia mejorando la confiabilidad de la encuesta (37). En particular, los ítems formulados en la ISO 15666 proponen una redacción sencilla y clara que facilita la comprensión rápida y exacta de la información solicitada por el ítem sin necesidad de la presencia de un encuestador.

Por estas razones, la encuesta será anónima y autoaplicada. Además, dicha modalidad tiene la bondad de reducir el tiempo de aplicación y sus costos en relación con una encuesta aplicada por el encuestador (38) llegó a la conclusión que la entrevista personal exagera los percepción del estado de salud respecto de la modalidad autoaplicada. Una desventaja que presenta la encuesta autoaplicada es la tendencia a la “no respuesta” en alguno de sus ítems situación que debe ser controlada por quien realiza la aplicación al momento de retirar la encuesta una vez que fue respondida por el encuestado (39).

La encuesta es un instrumento que cumple una doble función, por una parte, permite recopilar de manera estandarizada las respuestas que sobre el tema nos entregaran los encuestados y por otra, pretende apoyar la labor que realiza quien aplica la encuesta, posibilitando el acceso de manera expedita y ordenada a toda la información que se requiere del encuestado. Por eso la necesidad de realizar la aplicación a todos los encuestados en condiciones similares, esta es la manera de que la información y antecedentes recopilados sean equivalentes y comparables.

Algunas consideraciones importantes durante la aplicación son:

- 1.- El encuestado no serán eliminado. Salvo que se encuentre incapacitado física, mental o afectivamente para responder la encuesta. Debe ser reemplazada por otra persona de la misma vivienda o de una vivienda contigua.
- 2.- Cuando la encuesta consulta por el grado de molestia, no es necesario que el ruido esté presente (36)
- 3.- Quien aplica la encuesta no debe explicar la pregunta al encuestado. Si no ha sido comprendida sólo puede repetir la pregunta, sin agregar ni quitar palabras. Si fuera necesario, se puede añadir la frase "¿cuál de estas respuestas es lo más parecido a su opinión?" (36)
4. El encuestador DEBE VOLVER y recoger las encuestas que fueron respondidas.
- 5.- Hay que asegurar toda la información solicitada por la encuesta. Esto implica que el encuestado debe registrar todas sus respuestas en el lugar correcto. Por lo tanto, siempre se debe revisar la

encuesta antes de despedirse del encuestado, cerciorándose que se han completado todos datos requeridos por la encuesta.

6.- El encargado de aplicar la encuesta debe alentar a los residentes encuestados a que respondan todas las preguntas de la encuesta.

7.- El encargado de aplicar la encuesta debe instar a los encuestados a elegir entre las respuestas ofrecidas (36).

8.- El encuestado debe ofrecer una respuesta general e integrada obtenida en el hogar y sus alrededores (36)

La encuesta mejorada, preparada bajo estas premisas y antecedentes recopilados, se encuentra presente en el Anexo V de este documento.

6.4.4 Aplicación

La encuesta mejorada se aplicó en las 2 áreas de estudio, Providencia y Antofagasta. Para ello se utilizaron dos grupos de encuestadores que se encargaron, simultáneamente en las dos comunas, de aplicar la encuesta. Esto fue realizado el día sábado 13 de septiembre durante todo el día. Se designaron dos Mariscales de Terreno que estarían a cargo de los grupos, así como de la capacitación de los encuestadores. La capacitación se realizó en base al Instructivo del Encuestador, indicado en el Anexo V de este documento.

La encuesta es del tipo autoaplicada, de modo que la función de los encuestadores es de presentar la encuesta, entregarla, posteriormente retirarla y revisar que el encuestado haya respondido completamente el documento entregado.

Una vez retiradas las encuestas, son procesados los resultados para comprobar su validez y confiabilidad, características que son analizadas a continuación.

6.4.5 Población objeto de estudio

La población se define como:” todo conjunto de elementos, finito o infinito, definido por una o más características, de las que gozan todos los elementos que lo componen, y sólo ellos” (Moreno et al. 2002 en Suarez,). La población está compuesta por todas aquellas personas mayores de 18 años de diferente genero y nivel educacional que trabajan o residen en la urbanidad de la Comuna de Providencia Región Metropolitana y en la ciudad de Antofagasta II Región.

“Cuando se realiza un trabajo puntual, conviene distinguir entre población teórica: conjunto de elementos a los cuales se quiere extrapolar los resultados, y población estudiada: conjunto de elementos accesibles en nuestro estudio” (Moreno et al. 2002 , Suarez, Tesis Doctoral 2002). La población estudiada, llamada también marco muestral estará constituida por unidades de conglomerado o manzanas las que fueron numeradas e identificadas físicamente a partir mapas comunales estableciendo un total de 445 manzanas en el sector urbano residencial de la ciudad de Antofagasta y 476 manzanas en la comuna de Providencia. El marco muestral quedó constituido por 921 manzanas (Suarez, Tesis Doctoral 2002).

	Nº DE MANZANAS
Antofagasta	445
Providencia	476
Total	921

Nº de viviendas por manzanas

El INE nos informa que:

PROVIDENCIA	INE
Nº de MANZANAS	443
TOTAL DE VIVIENDAS	45671
VIVIENDAS/MANZANAS	103

Sin embargo, el marco muestral desde donde serán seleccionadas las viviendas contiene 476 manzanas. La cantidad estimada de viviendas por manzanas (476) es aproximadamente igual a 111:

PROVIDENCIA	INE	Estimación
Nº de MANZANAS	443	476
TOTAL DE VIVIENDAS	45671	49073
PROMEDIO VIVIENDAS POR MANZANAS	103	110,8

Procedimientos de selección de la muestra por área geográfica

Se entiende por muestra aleatoria a “un subconjunto [de elementos] de la población. En estadística, este subconjunto debe ser parte representativa de la población. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, ejemplificar las características de la misma. Cuando una muestra es representativa, ésta reúne aproximadamente las características de la población que son importantes para la investigación” (Suarez, 2002)

Se define “Muestreo aleatorio por conglomerados: En el muestreo por conglomerados la unidad muestral es un grupo de elementos de la población que forman una unidad (conglomerado). El muestreo por conglomerados [o área geográfica] consiste en seleccionar aleatoriamente un cierto número de conglomerados [o manzanas] (el necesario para alcanzar el tamaño muestral establecido), Ante lo complejo que puede llegar a ser la situación real de muestreo, es muy común emplear lo que se denomina muestreo polietápico. Este tipo de muestreo se caracteriza por operar en sucesivas etapas, empleando en cada una de ellas el método de muestreo probabilístico más adecuado” (Suarez, 2002).

La selección de unidades se realizó desde el marco muestral conformado por 921 manzanas. El muestreo es probabilístico por conglomerado en dos etapas (bietápico). Desde las zonas establecidas en el marco muestral, se seleccionaron aleatoriamente 53 manzanas ($n=53$), luego un promedio entre 11 viviendas por cada manzana seleccionada ($v=11$) y finalmente, de cada vivienda se seleccionó una

persona mayor de 18 años ($p = 1$). En total se seleccionaron $53 \cdot 11 = 583$ personas.

Una vez en terreno si el “aplicador de encuesta” se encuentra frente a un “Nadie en Casa” o las personas en casa se encuentra imposibilitada de responder los cuestionarios se procede a seleccionar la “unidad de reemplazo” determinada en el mismo de la selección de la muestra (Cochran, 1971).

De las 53 manzanas seleccionadas aleatoriamente, 29 son de Providencia con un total de 329 viviendas encuestadas y 24 fueron de Antofagasta con un total de 254 viviendas encuestadas. Una persona por cada vivienda respondió el cuestionario autoaplicado.

Informe

Nº de viviendas encuestadas

Lugar	Viviendas	Manzanas
Providencia	329	29
Antofagasta	254	24
Total	583	53

Evaluación de la calidad de la muestra

Luego de seleccionada la muestra por conglomerado bietápica y obtenido los datos, la evaluación de su calidad estadística se realizará considerando las siguientes condiciones (Hansen et al., 1993):

1. Promedio de las medidas
2. Varianza de las medidas
3. Confianza en la precisión de las estimaciones de un 95%

La precisión de la estimación está definida por la siguiente formula (Scheaffer, 1987)

$$v = \frac{(N - n) s_b^2}{N n M_p^2} + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M(i) (M(i) - m(i)) s(i)^2}{m(i)}}{N n M_p^2}$$

Cálculo de μ_{estim}

Consideremos la siguiente fórmula:

$$\mu_{estim} = \frac{N \left(\sum_{i=1}^n M(i) y p(i) \right)}{M n}$$

Estadísticos

U		
N	Válidos	53
	Perdidos	0
Suma		13760,69619

Estadísticos		
U		
N	Válidos	53
	Perdidos	0
Suma		13760,69619
Factor		0,000169981
Estimación de μ		2,339061056

$$\mu_{estim} = 2,339061056$$

Cálculo del factor A

Consideremos la siguiente formula:

$$A = \frac{(N-n) s_b^2}{N n M_p^2}$$

Estadísticos

D2		
N	Válidos	53
	Perdidos	0
Suma		2611333,59517747

Estadísticos		
D ²		(Mi * yp(i) –Mp*estim) ²
N	Válidos	53
	Perdidos	0
Suma		2611333,59517747
S _b ²		50217,95375341
Factor D ²		0,00000144324
A = Factor* S _b ²		0,07247651131

$$A=0,7247651131$$

Cálculo del factor B

Consideremos la siguiente fórmula:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M(i) (M(i) - m(i)) s(i)^2}{m(i)}}{N n M_p^2}$$

Estadísticos		
F		M(i)*(M(i) – m(i))* S(i) ² / m(i)
N	Válidos	53
	Perdidos	0
Suma F		449476,314429284
Factor		0,0000000017
B = Factor *Suma		0,0007473523

$$B=0,7473523$$

La estimación de la varianza de $u_{estim}(i)$ se encuentra definida por la siguiente expresión:

$$v = \frac{(N-n) s_b^2}{N n M_p^2} + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M(i) (M(i) - m(i)) s(i)^2}{m(i)}}{N n M_p^2}$$

Evaluando la expresión se tiene:

$$v = A + B = 0,07247651131 + 0,0007473523 = 0,073223864$$

Por lo tanto, el error de estimación muestral será menor que $ee = 1.96\sqrt{v} = 0,5303742037$ pts. en una escala que varía entre 0 y 10 pts. ($\approx 5,3\%$) con una confianza del 95% ($1 - \alpha = 0,95$).

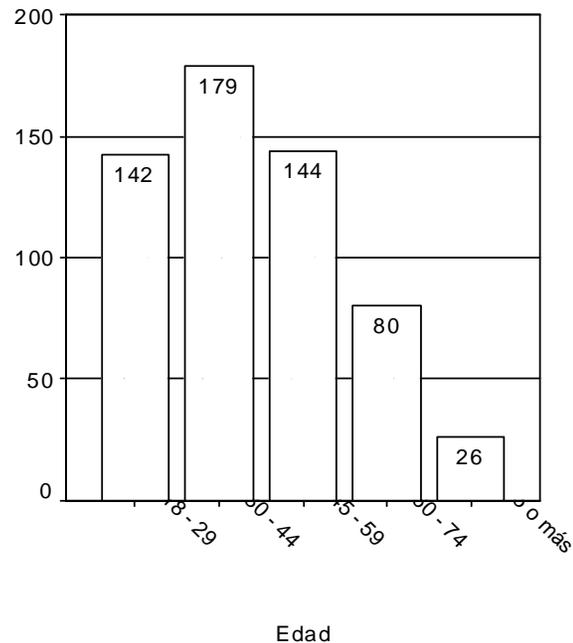
Características estadísticas de la muestra seleccionada

Al observar la distribución de las edades se detecta un comportamiento asimétrico positivo, es decir, la gran mayoría de los encuestados se ubican en la parte baja de la escala. Disminuye la frecuencia en la medida que aumenta la edad. La categoría modal o más frecuente se encuentra entre los 30 y los 44 años edad.

19. Edad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18 - 29	142	24,4	24,9	24,9
	30 - 44	179	30,7	31,3	56,2
	45 - 59	144	24,7	25,2	81,4
	60 - 74	80	13,7	14,0	95,4
	75 o más	26	4,5	4,6	100,0
	Total	571	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	12	2,1		
Total		583	100,0		

El siguiente gráfico representa con claridad lo “modal” del adulto joven en la muestra.

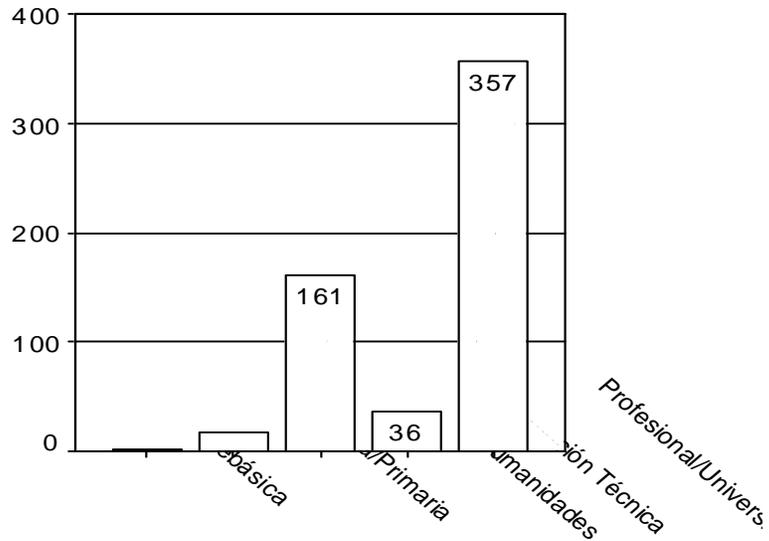


En cuanto a la distribución del último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal, se observa un comportamiento asimétrico negativo, es decir, la gran mayoría de los encuestados se ubican en la parte alta de la escala. Aumenta la frecuencia en la medida que aumenta el último curso que aprobó en la enseñanza formal. La categoría modal o más frecuente es Profesional/Universitario.

24. ¿Cuál es el último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Prebásica	2	,3	,3	,3
	Básica/Primaria	17	2,9	3,0	3,3
	Media/Humanidades	161	27,6	28,1	31,4
	Formación Técnica	36	6,2	6,3	37,7
	Profesional/Universitaria	357	61,2	62,3	100,0
	Total	573	98,3	100,0	
Perdidos	Sistema	10	1,7		
Total		583	100,0		

El siguiente gráfico de barras permite visualizar con claridad la característica modal del nivel de “escolaridad (24)” profesional/Universitario.

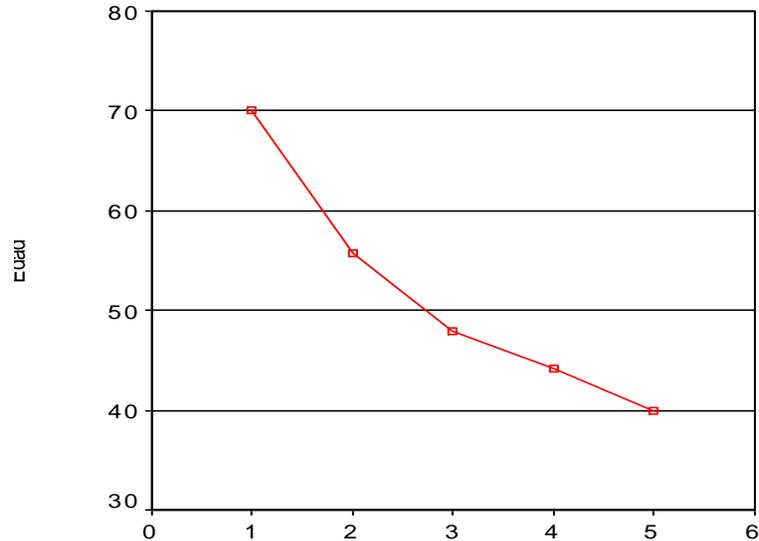


Último nivel y curso que aprobó en la formal

Al cruzar ambas variables; edad y “escolaridad (24)” se observa que: el rango medio de edad disminuye en la medida que aumenta el último nivel cursado y aprobado en la enseñanza formal.

Rangos

24. ¿Cuál es el último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal?		N	Rango promedio
19. Edad	Prebásica	2	498,50
	Básica/Primaria	17	376,09
	Media/Humanidades	156	331,28
	Formación Técnica	36	300,60
	Profesional/Universitaria	354	254,25
	Total	565	



24. ¿Cuál es el último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal?

Vale destacar que, desde el punto de vista de la estadística inferencial, no es válido la comparación de promedios (Anova) de edad por nivel y curso aprobado, puesto que la edad presenta un evidente desajuste normal y, además, los grupos no son igualmente homogéneos.

De acuerdo con la prueba No paramétrica de Kruskal Wallis al menos un par de rangos medios difieren significativamente (Chi=34,070; $p < 0,01$).

Estadísticos de contraste^{b,c}

			19. Edad
Chi-cuadrado			34,070
gl			4
Sig. asíntot.			,000
Sig. Monte Carlo	Sig.		,000 ^a
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,000
		Límite superior	,000

a. Basado en 10000 tablas muestrales con semilla de inicio 299883525.

b. Prueba de Kruskal-Wallis

c. Variable de agrupación: 24. ¿Cuál es el último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal?

Éste resultado también se puede observar al analizar la correlación entre las variables edad y el último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal.

Medidas simétricas

		Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Nominal por nominal	V de Cramer	,204			,000
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	-,270	,041	-6,657	,000
N de casos válidos		565			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

La edad se relaciona significativamente con el último nivel y curso que aprobó en la enseñanza formal ($V_c=0,204$, $p<0,01$). En general se observa una relación inversa, es decir, mientras aumenta la edad, disminuye el último nivel aprobado ($Rho=-0,270$, $p<0,01$).

6.4.6 Estudio de validez del criterio “efectos generales biopsicosocial” y la medida de “percepción general de molestia producida por el ruido”

El objetivo del estudio de validez consiste en recoger suficientes evidencias que pueden prestar una base científica a la interpretación de las puntuaciones de un cuestionario. Estas pueden provenir de diversas fuentes. Los estándares establecen fuentes relacionadas con el contenido, la estructura interna, y las relaciones con otras variables. Podemos agruparlas en fuentes de evidencia internas y externas.

6.4.6.1 Fuentes de evidencia internas

Contenido

El análisis del contenido evalúa las relaciones entre el constructo y el contenido del cuestionario. El objetivo es garantizar que la muestra de ítems que componen el cuestionario es además de relevante, representativa del constructo. Su análisis incluye tres aspectos, la definición del dominio, y el estudio

de su representatividad y su relevancia. La definición de dominio se centra en la definición operacional del contenido, que tradicionalmente se formula por medio de una tabla bidimensional que especifica las áreas de contenido que se pretenden evaluar (tabla de especificaciones). La representatividad y su relevancia, por su parte, consisten en la evaluación de cada uno de los ítems en función de la definición dada.

La evidencia basada en el contenido de los ítems - (sub)escalas - que miden percepción general de molestia producida por el ruido, resultado del diálogo consensuado entre la parte y la contraparte de este estudio y sustentada en la norma ISO/TS 15666 2003, estableció la pertinencia y relevancia de los contenidos de los ítems para cada (sub)escalas. También fueron considerados y controlados factores contextuales que pudiesen transformarse en fuentes de error, tales como: el lenguaje de enunciación, formato de los ítems y la interacción entre el encuestado y el encargado de aplicación.

Estructura interna

Ésta fuente de evidencia evalúa el grado en que las relaciones entre los ítems y los componentes del cuestionario conforman el constructo que se desea medir y sobre el que se basarán las interpretaciones. El punto de vista más prevaleciente sobre el estudio de la validez de constructo consiste en determinar el grado en que las observables tienden a medir lo mismo por medio de investigación empírica y el análisis estadístico, se trata de establecer qué tan bien intercorrelacionan las observables. Las intercorrelaciones resultantes describen el grado en que todas las medidas se relacionan con la misma cosa, factor o latencia.

Los análisis de las intercorrelaciones nos llevan a una de las tres conclusiones. Si todas las medidas propuestas se correlacionan altamente entre sí, podría concluirse que todas miden lo mismo. Si las medidas tienden a dividirse en grupos tales que los miembros de un grupo se correlacionen altamente entre sí y se correlacionen mucho menos con los miembros de otros grupos, miden un número de cosas diferentes. Una tercera posibilidad es que las correlaciones entre las medidas están todas cerca de cero, de modo que miden cosas diferentes y no hay un constructo significativo común. El análisis factorial (o de componentes principales) está en el núcleo de la medición de constructos psicológicos y

consiste principalmente en determinar la estructura estadística interna de una serie de variables/ítems que se dice miden un mismo constructo.

El primer estudio consiste en factorizar una escala que de cuenta de los efectos generales biopsicosocial debido a la percepción de molestia general producida por el ruido.

Efectos generales (fisiológicos y actividad cotidiana)

- **La construcción del factor general se basa en los siguientes ítems.**

- 18.1 ¿Lo pone nervioso?
- 18.2 ¿Le produce insomnio?
- 18.3 ¿Perturba su actividad laboral?
- 18.4 ¿Aumenta su agresividad?
- 18.4 ¿Impide escuchar su música o la televisión?
- 18.6 ¿Perturba su dormir?
- 18.7 ¿Interrumpe sus conversaciones?
- 18.8 ¿Interrumpe el estudio o la lectura?
- 18.9 ¿Disminuye su concentración?
- 18.10 ¿Impide su descanso?
- 18.11 ¿Le produce dolor de cabeza?

Mediante el análisis de componentes principales CATPCA – para variables al menos ordinal – se estructura un factor general que resume el comportamiento de 11 ítems.

Créditos

CATPCA
Version 1.1
by
Data Theory Scaling System Group (DTSS)
Faculty of Social and Behavioral Sciences
Leiden University, The Netherlands

Saturaciones en componentes

	Dimensión
	1
18.1 ¿Lo pone nervioso?	,699
18.2 ¿Le produce insomnio?	,760
18.3 ¿Perturba su actividad laboral?	,694
18.4 ¿Aumenta su agresividad?	,721
18.5 ¿Impide escuchar su música o la televisión?	,705
18.6 ¿Perturba su dormir?	,808
18.7 ¿Interrumpe sus conversaciones?	,763
18.8 ¿Interrumpe el estudio o la lectura?	,814
18.9 ¿Disminuye su concentración?	,818
18.10 ¿Impide su descanso?	,832
18.11 ¿Le produce dolor de cabeza?	,697

Normalización principal por variable.

Resumen del modelo

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada
		Total (Autovalores)
1	,926	6,309
Total	,926	6,309

El ítem con menos saturación es de 0,699 que supera el criterio mínimo de 0,40 usado en aplicaciones psicológicas estándar. La dimensión 1 resume el 57,35% de toda la variabilidad producida por los 11 ítems. En efecto, existe un concepto o constructo común (latente) a los 11 ítems que dan cuenta de una componente biopsicosocial, una consecuencia de la percepción de molestia general producida por el ruido.

Un segundo estudio pretende factorizar un grupo de 10 ítems o (sub.)escalas que de cuenta de la percepción general de molestia producida por el ruido.

Percepción general (e integrada) de la molestia producida por el ruido (ISO/TS 15666)

- **La construcción del factor general se basa en los siguientes ítems o (sub)escalas.**

13d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular

14d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias

15d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción

16d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos

17d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión

13n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular

14n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias

15n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción

16n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos

17n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión

Mediante el análisis de componentes principales CATPCA – para variables al menos ordinal – se estructura un factor general que resume el comportamiento de 10 ítems o (sub.)escalas.

Créditos

CATPCA
Version 1.1
by
Data Theory Scaling System Group (DTSS)
Faculty of Social and Behavioral Sciences
Leiden University, The Netherlands

Saturaciones en componentes

	Dimensión
	1
13d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular	,558
14d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias	,768
15d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción	,674
16d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos	,638
17d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión	,762
13n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular	,675
14n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias	,815
15n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción	,699
16n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos	,719
17n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión	,779

Normalización principal por variable.

Resumen del modelo

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada	
		Total (Autovalores)	% de la varianza
1	,892	5,077	50,767
Total	,892	5,077	50,767

El ítem o (sub)escala con menos saturación es de 0,558 que supera el criterio mínimo de 0,40 usado en aplicaciones psicológicas estándar. La dimensión 1 resume el 50,767% de toda la variabilidad producida por los 10 ítems o (sub)escalas. En efecto, existe un concepto o constructo común (latente) a los 10 ítems o (sub)escalas que dan cuenta de una componente de percepción general de molestia producida por el ruido.

6.4.6.2 Fuentes de evidencia externas

La validez de criterio establece la validez del instrumento de medición comparándola con algún criterio externo. Este criterio es un estándar con el que se juzga la validez del instrumento. Mientras los resultados del instrumento de medición se relacionen más con el criterio, la validez del criterio será mayor. Aunque la validez de criterio puede describirse directamente en términos de una correlación entre una medida y un criterio relevante, a veces se debe depender en gran medida tanto de la validez de contenido como de la validez de constructo para apoyar la aplicación de la medida.

Un primer estudio pretende correlacionar un grupo de 10 ítems/(sub.)escalas que dan cuenta de la molestia general producida por el ruido con un factor general de efecto biopsicosocial.

Validez de criterio del constructo: Percepción general de molestia producida por el ruido.

Mediante el análisis de correlación Rho de Spearman – para variables al menos ordinal – se determina la relación entre la percepción general de molestia producida por el ruido y el efecto general (fisiológicos y actividad cotidiana) biopsicosocial.

Los ítems del 3 al 7 miden cualitativamente la percepción del ruido durante el día.

Correlaciones

			A-R factor score 1 for analysis 1 EFECTOS GENERALES
Rho de Spearman	3 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,395 ,000 571
	4 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por talleres o industrias cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,377 ,000 571
	5 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,342 ,000 569
	6 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,334 ,000 568
	7 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,348 ,000 570

Los ítems del 3 al 7 que miden mediante escala cualitativa la percepción general de molestia producida por el ruido durante el día, se correlacionan significativamente con la componente de efecto general biopsicosocial, con un p_value inferior a 0,01.

Los ítems del 8 al 12 miden cualitativamente la percepción del ruido durante la noche.

Correlaciones

			A-R factor score 1 for analysis 1 EFECTOS GENERALES
Rho de Spearman	8. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,415 ,000 569
	9. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por talleres o industrias cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,275 ,000 569
	10. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,255 ,000 567
	11. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,376 ,000 567
	12. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por lugares de recreación cuando se encuentra en su casa.	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,308 ,000 565

Los ítems del 8 al 12 que miden mediante escala cualitativa la percepción general de molestia producida por el ruido durante la noche, se correlacionan significativamente con la componente de efecto general biopsicosocial, con un p_value inferior a 0,01.

Los ítems del 13d al 17d miden cuantitativamente la percepción del ruido durante el día.

Correlaciones

			A-R factor score 1 for analysis 1 EFECTOS GENERALES
Rho de Spearman	13d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,437 ,000 571
	14d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,366 ,000 571
	15d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,330 ,000 571
	16d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,410 ,000 571
	17d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,291 ,000 571

Los ítems del 13d al 17d que miden mediante una escala cuantitativa (0 a 10) la percepción general de molestia producida por el ruido durante el día, se correlacionan significativamente con la componente de efecto general biopsicosocial, con un p_value inferior a 0,01.

Los ítems del 13n al 17n miden cuantitativamente la percepción del ruido durante la noche.

Correlaciones

			A-R factor score 1 for analysis 1 EFECTOS GENERALES
Rho de Spearman	13n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,462 ,000 571
	14n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,312 ,000 571
	15n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,254 ,000 571
	16n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,403 ,000 571
	17n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,317 ,000 571

Los ítems del 13n al 17n que miden mediante una escala cuantitativa (0 a 10) la percepción general de molestia producida por el ruido durante la noche se correlacionan significativamente con la componente de efecto general biopsicosocial, con un p_value inferior a 0,01.

En consecuencia, las fuentes de evidencia tanto internas como externas que presentan los constructos: “Efecto general biopsicosocial” y “Percepción general de molestia producida por el ruido” permiten concluir que son constructos que miden válidamente lo que pretender medir.

6.4.7 Confiabilidad de las sub(escalas)/ítems que miden percepción general de molestia producida por el ruido y efecto general biopsicosocial.

Desde el punto de psicometría, confiabilidad se refiere, en un sentido amplio, al atributo de consistencia en la medición. Se define como la razón entre la varianza de la puntuación verdadera en un cuestionario y la varianza del puntaje observado. Se supone que una puntuación en un cuestionario refleja tanto la puntuación verdadera de quien responde el cuestionario como también el error.

En su sentido más amplio, “error” se refiere al componente de la puntuación observada en el cuestionario de percepción que no tiene que ver con la capacidad perceptiva de quien responde la prueba. Si usamos “y” para representar el puntaje observado - otorgado por el cuestionario -, “t” para representar una puntuación verdadera y “e” para representar el error, entonces el hecho de que una puntuación observada sea igual a la puntuación verdadera más el error puede expresarse como sigue:

$$y = t + e \quad t \text{ y } e \text{ independientes}$$

Una estadística útil para describir fuentes de variabilidad en las puntuaciones de un cuestionario es la varianza σ_y^2 , varianza del puntaje observado. Esta estadística es útil debido a que puede descomponerse en componentes específicas de variación. Si σ_y^2 representa la varianza del puntaje observado, σ_t^2 representa la varianza del puntaje verdadero y σ_e^2 representa la varianza del puntaje del error, entonces la relación de las varianzas puede expresarse como:

$$\sigma_y^2 = \sigma_t^2 + \sigma_e^2$$

En esta ecuación, la varianza - del puntaje – observada σ_y^2 es igual a la suma de la varianza verdadera σ_t^2 más la varianza de error σ_e^2 . El término confiabilidad se refiere a la proporción de la varianza observada atribuida a la varianza verdadera, es decir, σ_t^2/σ_y^2 . Entre mayor es la proporción de la varianza observada atribuida a la varianza verdadera, la prueba es más confiable. Debido a que se supone que las diferencias verdaderas son estables, se presume que producen puntuaciones consistentes en aplicaciones repetidas del mismo cuestionario al igual que en formas equivalentes de cuestionarios. Son las fuentes de varianza de error no sistemático los que pueden incrementar o disminuir una puntuación estable del cuestionario afectando la consistencia de la puntuación observada, y por tanto la confiabilidad.

6.4.7.1 Consistencia interna

Una medida de consistencia interna (confiabilidad) se basa en la correlación promedio entre ítems dentro de un cuestionario, dimensión, factor o (sub)escala. Un procedimiento de estimación de la confiabilidad de una prueba formulada en términos de la correlación entre ítems (i, j), se puede expresar como:

$$r_{kk} = \frac{\overline{k \cdot r_{ij}}}{1 + (k - 1) \cdot \overline{r_{ij}}}$$

Vale destacar que la correlación utilizada es la Rho de Spearman. Desde el punto de vista de la estadística inferencial el Rho de Spearman sólo requiere que las variables - ítems (i, j) – contengan categorías o datos que sean al menos ordenables. Éstas variables o ítems pueden ser, sin restricción, cualitativas o cuantitativas, de comportamiento probabilístico normal o no normal.

En cuanto a la confiabilidad, se observa no solo depende del grado de relación que existe entre los ítems, también depende del número de ítems, k, que componen el cuestionario. El coeficiente de confiabilidad ayuda al elaborador del cuestionario a construir un instrumento de medición adecuado y

al administrador a seleccionar un cuestionario adecuado. Sin embargo, la utilidad del coeficiente de confiabilidad no termina con la construcción y/o selección del cuestionario. Al emplear el coeficiente de confiabilidad en la fórmula para el error estándar de medición, el administrador del cuestionario tiene otra estadística relevante para la interpretación de los puntajes del cuestionario, ésta es útil para describir la cantidad de error producido en un determinado proceso de medición.

De acuerdo con el modelo de puntuación verdadera no hay forma de conocer μ_t^2 . El puntaje observado de un cuestionario es sólo una estimación de la puntuación verdadera. Sin embargo, si se conoce la desviación estándar del puntaje observado del cuestionario y si se conoce una estimación de la confiabilidad del cuestionario, puede determinarse una estimación del error estándar de una puntuación particular (es decir, el error estándar de medición) con la siguiente fórmula:

$$\sigma_e = \sigma(y) \sqrt{1 - r_{kk}}$$

donde σ_e es igual al error estándar de medición, σ_y es igual a la desviación estándar de las puntuaciones del cuestionario, dimensión, factor o (sub)escala y r_{kk} es igual al coeficiente de confiabilidad del cuestionario, dimensión o factor.

Cálculo de confiabilidad de la componente “Efecto general biopsicosocial”

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)			
Reliability Coefficients			
N of Cases =	571,0	N of Items =	11
Correlation between forms =	,8649	Equal-length Spearman-Brown =	,9275
Guttman Split-half =	,9260	Unequal-length Spearman-Brown =	,9281
6 Items in part 1		5 Items in part 2	
Alpha for part 1 =	,8444	Alpha for part 2 =	,8663

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,9281 (92,81%). Se obtuvo una componente altamente confiable.

Cálculo de la confiabilidad de las (sub.)escalas

Durante el día. Ruido producido por el tránsito vehicular

Escala cualitativa

3 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	76	13,0	13,1	13,1
	Levemente	172	29,5	29,7	42,8
	Medianamente	193	33,1	33,3	76,0
	Demasiado	106	18,2	18,3	94,3
	Extremadamente	33	5,7	5,7	100,0
	Total	580	99,5	100,0	
Perdidos	0	3	,5		
Total		583	100,0		

Durante el día. Ruido producido por el tránsito vehicular

Escala cuantitativa

13d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	44	7,5	7,6	7,6
	1	52	8,9	9,0	16,6
	2	59	10,1	10,2	26,8
	3	71	12,2	12,3	39,0
	4	72	12,3	12,4	51,5
	5	67	11,5	11,6	63,0
	6	53	9,1	9,2	72,2
	7	51	8,7	8,8	81,0
	8	41	7,0	7,1	88,1
	9	27	4,6	4,7	92,7
	10	42	7,2	7,3	100,0
Total		579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 579,0

N of Items = 2

Correlation between forms = ,7293 **Equal-length Spearman-Brown = ,8435**

Guttman Split-half = ,6466 Unequal-length Spearman-Brown = ,8435

1 Items in part 1

1 Items in part 2

Alpha for part 1 =

1,0000

Alpha for part 2 =

1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8435 (84,35%)

Durante el día. Ruido producido por talleres o industrias

Escala cualitativa

4 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por talleres o industrias cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	319	54,7	55,2	55,2
	Levemente	120	20,6	20,8	76,0
	Medianamente	66	11,3	11,4	87,4
	Demasiado	51	8,7	8,8	96,2
	Extremadamente	22	3,8	3,8	100,0
	Total	578	99,1	100,0	
Perdidos	0	5	,9		
Total		583	100,0		

Durante el día. Ruido producido por talleres o industrias

Escala cuantitativa

14d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	295	50,6	50,9	50,9
	1	59	10,1	10,2	61,1
	2	42	7,2	7,3	68,4
	3	45	7,7	7,8	76,2
	4	23	3,9	4,0	80,1
	5	28	4,8	4,8	85,0
	6	14	2,4	2,4	87,4
	7	20	3,4	3,5	90,8
	8	19	3,3	3,3	94,1
	9	17	2,9	2,9	97,1
	10	17	2,9	2,9	100,0
	Total	579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
	Total	583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 578,0 N of Items = 2

Correlation between forms = ,7906 **Equal-length Spearman-Brown = ,8831**

Guttman Split-half = ,7021 Unequal-length Spearman-Brown = ,8831

1 Items in part 1 1 Items in part 2

Alpha for part 1 = 1,0000 Alpha for part 2 = 1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8831 (88,31%)

Durante el día. Ruido producido por obras de construcción

Escala cualitativa

5 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	179	30,7	31,1	31,1
	Levemente	152	26,1	26,4	57,5
	Medianamente	127	21,8	22,0	79,5
	Demasiado	84	14,4	14,6	94,1
	Extremadamente	34	5,8	5,9	100,0
	Total	576	98,8	100,0	
Perdidos	0	6	1,0		
	Sistema	1	,2		
	Total	7	1,2		
Total		583	100,0		

Durante el día. Ruido producido por obras de construcción

Escala cuantitativa

15d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	247	42,4	42,7	42,7
	1	46	7,9	7,9	50,6
	2	30	5,1	5,2	55,8
	3	20	3,4	3,5	59,2
	4	49	8,4	8,5	67,7
	5	47	8,1	8,1	75,8
	6	22	3,8	3,8	79,6
	7	18	3,1	3,1	82,7
	8	39	6,7	6,7	89,5
	9	17	2,9	2,9	92,4
	10	44	7,5	7,6	100,0
Total		579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 576,0

N of Items = 2

Correlation between forms = ,7867 **Equal-length Spearman-Brown = ,8806**

Guttman Split-half = ,6630 Unequal-length Spearman-Brown = ,8806

1 Items in part 1

1 Items in part 2

Alpha for part 1 = 1,0000 Alpha for part 2 = 1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8806 (88,06%)

Durante el día. Ruido producido por vecinos

Escala cualitativa

6 .Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	199	34,1	34,5	34,5
	Levemente	209	35,8	36,3	70,8
	Medianamente	111	19,0	19,3	90,1
	Demasiado	45	7,7	7,8	97,9
	Extremadamente	12	2,1	2,1	100,0
	Total	576	98,8	100,0	
Perdidos	0	6	1,0		
	Sistema	1	,2		
	Total	7	1,2		
Total		583	100,0		

Durante el día. Ruido producido por vecinos

Escala cuantitativa

16d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	174	29,8	30,1	30,1
	1	80	13,7	13,8	43,9
	2	112	19,2	19,3	63,2
	3	51	8,7	8,8	72,0
	4	44	7,5	7,6	79,6
	5	36	6,2	6,2	85,8
	6	25	4,3	4,3	90,2
	7	16	2,7	2,8	92,9
	8	17	2,9	2,9	95,9
	9	9	1,5	1,6	97,4
	10	15	2,6	2,6	100,0
	Total	579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 576,0

N of Items = 2

Correlation between forms = ,6942 **Equal-length Spearman-Brown = ,8195**

Guttman Split-half = ,6361 Unequal-length Spearman-Brown= ,8195

1 Items in part 1

1 Items in part 2

Alpha for part 1 = 1,0000 Alpha for part 2 = 1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8195 (81,95%).

Durante el día. Ruido producido lugares de diversión

Escala cualitativa

7. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	348	59,7	60,2	60,2
	Levemente	95	16,3	16,4	76,6
	Medianamente	84	14,4	14,5	91,2
	Demasiado	39	6,7	6,7	97,9
	Extremadamente	12	2,1	2,1	100,0
	Total	578	99,1	100,0	
Perdidos	0	4	,7		
	Sistema	1	,2		
	Total	5	,9		
Total		583	100,0		

Durante el día. Ruido producido lugares de diversión

Escala cuantitativa

17d. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	355	60,9	61,3	61,3
	1	45	7,7	7,8	69,1
	2	39	6,7	6,7	75,8
	3	28	4,8	4,8	80,7
	4	29	5,0	5,0	85,7
	5	30	5,1	5,2	90,8
	6	20	3,4	3,5	94,3
	7	9	1,5	1,6	95,9
	8	11	1,9	1,9	97,8
	9	6	1,0	1,0	98,8
	10	7	1,2	1,2	100,0
Total		579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 578,0

N of Items = 2

Correlation between forms = ,7245 **Equal-length Spearman-Brown = ,8403**

Guttman Split-half = ,6954 Unequal-length Spearman-Brown = ,8403

1 Items in part 1

1 Items in part 2

Alpha for part 1 =

1,0000

Alpha for part 2 =

1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8403 (84,03%).

Durante la noche. Ruido producido por tránsito vehicular

Escala cualitativa

8. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	108	18,5	18,7	18,7
	Levemente	175	30,0	30,3	49,0
	Medianamente	165	28,3	28,6	77,6
	Demasiado	91	15,6	15,8	93,4
	Extremadamente	38	6,5	6,6	100,0
	Total	577	99,0	100,0	
Perdidos	0	5	,9		
	Sistema	1	,2		
	Total	6	1,0		
Total		583	100,0		

Durante la noche. Ruido producido por tránsito vehicular

Escala cuantitativa

13n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	100	17,2	17,3	17,3
	1	83	14,2	14,3	31,6
	2	88	15,1	15,2	46,8
	3	75	12,9	13,0	59,8
	4	46	7,9	7,9	67,7
	5	49	8,4	8,5	76,2
	6	22	3,8	3,8	80,0
	7	29	5,0	5,0	85,0
	8	35	6,0	6,0	91,0
	9	21	3,6	3,6	94,6
	10	31	5,3	5,4	100,0
	Total	579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 577,0

N of Items = 2

Correlation between forms = ,6668 **Equal-length Spearman-Brown = ,8001**

Guttman Split-half = ,6157 Unequal-length Spearman-Brown = ,8001

1 Items in part 1

1 Items in part 2

Alpha for part 1 =

1,0000

Alpha for part 2 =

1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8001 (80,01%).

Durante la noche. Ruido producido por talleres o industria

Escala cualitativa

9. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por talleres o industrias cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	377	64,7	65,5	65,5
	Levemente	108	18,5	18,8	84,2
	Medianamente	50	8,6	8,7	92,9
	Demasiado	30	5,1	5,2	98,1
	Extremadamente	11	1,9	1,9	100,0
	Total	576	98,8	100,0	
Perdidos	0	6	1,0		
	Sistema	1	,2		
	Total	7	1,2		
Total		583	100,0		

Durante la noche. Ruido producido por talleres o industria

Escala cuantitativa

14n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por talleres o industrias

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	388	66,6	67,0	67,0
	1	63	10,8	10,9	77,9
	2	35	6,0	6,0	83,9
	3	22	3,8	3,8	87,7
	4	10	1,7	1,7	89,5
	5	13	2,2	2,2	91,7
	6	10	1,7	1,7	93,4
	7	5	,9	,9	94,3
	8	13	2,2	2,2	96,5
	9	12	2,1	2,1	98,6
	10	8	1,4	1,4	100,0
Total		579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 576,0 N of Items = 2

Correlation between forms = ,7080 **Equal-length Spearman-Brown = ,8290**

Guttman Split-half = ,6646 Unequal-length Spearman-Brown = ,8290

1 Items in part 1 1 Items in part 2

Alpha for part 1 = 1,0000 Alpha for part 2 = 1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8290 (82,90%).

Durante la noche. Ruido producido por obras de construcción

Escala cualitativa

10. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	333	57,1	58,0	58,0
	Levemente	118	20,2	20,6	78,6
	Medianamente	54	9,3	9,4	88,0
	Demasiado	47	8,1	8,2	96,2
	Extremadamente	22	3,8	3,8	100,0
	Total	574	98,5	100,0	
Perdidos	0	8	1,4		
	Sistema	1	,2		
	Total	9	1,5		
Total		583	100,0		

Durante la noche. Ruido producido por obras de construcción

Escala cuantitativa

15n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por obras de construcción

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	412	70,7	71,2	71,2
	1	73	12,5	12,6	83,8
	2	13	2,2	2,2	86,0
	3	6	1,0	1,0	87,0
	4	8	1,4	1,4	88,4
	5	20	3,4	3,5	91,9
	6	5	,9	,9	92,7
	7	10	1,7	1,7	94,5
	8	11	1,9	1,9	96,4
	9	7	1,2	1,2	97,6
	10	14	2,4	2,4	100,0
	Total	579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 574,0 N of Items = 2

Correlation between forms = ,5862 **Equal-length Spearman-Brown = ,7391**

Guttman Split-half = ,6200 Unequal-length Spearman-Brown = ,7391

1 Items in part 1 1 Items in part 2

Alpha for part 1 = 1,0000 Alpha for part 2 = 1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,7391 (73,91%).

Durante la noche. Ruido producido por vecinos

Escala cualitativa

11. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	214	36,7	37,2	37,2
	Levemente	190	32,6	33,0	70,3
	Medianamente	103	17,7	17,9	88,2
	Demasiado	55	9,4	9,6	97,7
	Extremadamente	13	2,2	2,3	100,0
	Total	575	98,6	100,0	
Perdidos	0	7	1,2		
	Sistema	1	,2		
	Total	8	1,4		
Total		583	100,0		

Durante la noche. Ruido producido por vecinos

Escala cuantitativa

16n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por los vecinos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	203	34,8	35,1	35,1
	1	94	16,1	16,2	51,3
	2	77	13,2	13,3	64,6
	3	40	6,9	6,9	71,5
	4	41	7,0	7,1	78,6
	5	27	4,6	4,7	83,2
	6	23	3,9	4,0	87,2
	7	14	2,4	2,4	89,6
	8	19	3,3	3,3	92,9
	9	23	3,9	4,0	96,9
	10	18	3,1	3,1	100,0
Total		579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 575,0

N of Items = 2

Correlation between forms = ,7570 **Equal-length Spearman-Brown = ,8617**

Guttman Split-half = ,6560 Unequal-length Spearman-Brown = ,8617

1 Items in part 1

1 Items in part 2

Alpha for part 1 =

1,0000

Alpha for part 2 =

1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,8617 (86,17%).

Durante la noche. Ruido producido por lugares de diversión

Escala cualitativa

12. Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique usted cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Absolutamente nada	328	56,3	57,2	57,2
	Levemente	96	16,5	16,8	74,0
	Medianamente	89	15,3	15,5	89,5
	Demasiado	38	6,5	6,6	96,2
	Extremadamente	22	3,8	3,8	100,0
	Total	573	98,3	100,0	
Perdidos	0	9	1,5		
	Sistema	1	,2		
	Total	10	1,7		
Total		583	100,0		

Durante la noche. Ruido producido por lugares de diversión

Escala cuantitativa

17n. Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por lugares de diversión

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0	316	54,2	54,6	54,6
	1	45	7,7	7,8	62,3
	2	32	5,5	5,5	67,9
	3	19	3,3	3,3	71,2
	4	24	4,1	4,1	75,3
	5	25	4,3	4,3	79,6
	6	24	4,1	4,1	83,8
	7	15	2,6	2,6	86,4
	8	23	3,9	4,0	90,3
	9	24	4,1	4,1	94,5
	10	32	5,5	5,5	100,0
	Total	579	99,3	100,0	
Perdidos	Sistema	4	,7		
Total		583	100,0		

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (SPLIT)

Reliability Coefficients

N of Cases = 573,0 N of Items = 2

Correlation between forms = ,8584 **Equal-length Spearman-Brown = ,9238**

Guttman Split-half = ,6917 Unequal-length Spearman-Brown = ,9238

1 Items in part 1 1 Items in part 2

Alpha for part 1 = 1,0000 Alpha for part 2 = 1,0000

La consistencia interna de esta escala calculada mediante el procedimiento de Spearman-Brown es de 0,9238 (92,38%).

- En Resumen

Escalas	Confiabilidad Spearman-brown	σ_y	σ_e
Escalas [0 - 10]			
Durante el día. Ruido producido por el tránsito vehicular	0,8435	2,89	1,14
Durante el día. Ruido producido por talleres o industrias	0,8831	2,93	1,00
Durante el día. Ruido producido por obras de construcción	0,8806	3,46	1,19
Durante el día. Ruido producido por vecinos	0,8195	2,63	1,12
Durante el día. Ruido producido por lugares de diversión	0,8403	2,43	0,97
Durante la noche. Ruido producido por tránsito vehicular	0,8001	3,01	1,34
Durante la noche. Ruido producido por talleres o industria	0,8290	2,38	0,98
Durante la noche. Ruido producido por obras de construcción	0,7391	2,44	1,25
Durante la noche. Ruido producido por vecinos	0,8617	2,91	1,08
Durante la noche. Ruido producido lugares de diversión	0,9238	3,33	0,92
Promedio	0,8421	2,84	1,10
Efecto general biopsicosocial. Escala [4 - 44]	0,9281	7,50	2,01

La confiabilidad promedio de las (sub)escalas que mide la percepción general de molestia producida por el ruido es igual a 0,8421 (84,21%) y el error promedio de estimación del puntaje verdadero es de 1,10 pts en una escala de 0 a 10 pts.

La confiabilidad del efecto general biopsicosocial debido a la percepción de molestia general producida por el ruido es de 0,9281 (92,81%).

6.5 Levantamiento y análisis de las denuncias por ruido recibidas en la Autoridad Regional y la Municipalidad respectiva, durante el período 2006 – 2007 para el caso piloto.

El levantamiento de la información de las denuncias de ruido, ya sea en la comuna de Antofagasta como en la comuna de Providencia, sirve para crear un mapa con la ubicación de estas denuncias para los años 2006 y 2007.

Una vez que el mapa de denuncias sea confeccionado, se podrá realizar un análisis de las fuentes de ruido que son más denunciadas y los sectores que poseen mayor número de demandas. Además en una fase posterior se puede realizar un cruce de información entre este mapa y el mapa que se obtenga de la modelación de ruido para cada comuna.

Las denuncias de ruido fueron obtenidas mediante distintos organismos para cada área de estudio. En la comuna de Providencia, se recopilaron denuncias mediante tres organismos, mientras que en Antofagasta se obtuvo información a través de dos entidades diferentes. La información obtenida en ambas comunas se muestra a continuación.

6.5.1 Denuncias Comuna de Antofagasta

En la comuna de Antofagasta esta información es obtenida gracias a diferentes organismos, como el Seremi de Salud representado por Gloria Soza y Jenny Tapia de la Conama región Antofagasta.

La principal característica que se obtiene de estas fiscalizaciones es la dirección del denunciante. Esto permitirá establecer un mapa de denuncias de cada comuna, y con este mapa, se realizará un cruce de información del lugar de ubicación de cada denuncia con el mapa de ruido de la comuna. Así se podrá determinar y analizar donde se concentran la mayor cantidad de denuncias para un año en particular.

Además, se clasifica la denuncia por tipo de fuente de ruido, de esta manera es posible categorizar las fuentes de ruido que son más denunciadas.

Para las denuncias que son efectivamente fiscalizadas, se indica los niveles medidos y la diferencia que existe entre estos y los límites de la zona fiscalizada.

Hay que mencionar que en algunos organismos no fue posible obtener las fiscalizaciones del año 2006, es por esto que se incluyó las del año en curso.

Además no fue necesario hacer una división de las denuncias por cada organismo, debido a que el número de denuncias fiscalizadas por Conama región de Antofagasta es muy bajo en comparación con las entregadas por el Seremi de Salud. De esta manera todas las fiscalizaciones, ya sea de ruido y otros motivos, para la comuna de Antofagasta hasta la fecha son las que se muestran en las tablas que se muestran a continuación, es decir sin fiscalizar y fiscalizadas respectivamente.

Fiscalización de denuncias - Denuncias sin fiscalizar					
Nº	FECHA DENUNCIA	ACTIVIDAD ECONOMICA	DIRECCION DENUNCIANTE	MOTIVO DENUNCIA	ZONA
1	08-10-2007	Construcción	Sucre Nº 363-36	RUIDO	II
2	09-01-2007	taller	495330	RUIDO	II
3	31-01-2007	taller SGC	Los manzanos	RUIDO	II
4	05-03-2007	Panadería	92988510	HUMO	
5	18-06-2007	taller	Pasaje Loa Nº 5665	RUIDO	II
6	09-07-2007	Taller	Puerto Montt Nº 5244	RUIDO	II
7	12-07-2007	Construcción	Pasaje Lientur Nº1706	RUIDO	II
8	17-07-2007	Procesadora de Mariscos	Lautaro Espindola Nº 6908	Disposición residuos	
9	17-07-2007	Procesadora de Mariscos	Lautaro Espindola Nº 6908	Disposición residuos	
10	04-08-2007	Venta dwe Combustible	Covadonga Nº 427-16	OLORES	
11	07-08-2007	Taller	Manzanos 8482	ARENADOY RUIDO	III
12	10-08-2007	Construcción	Jonas Gomez	RUIDO	II
13	17-08-2007	taller	Pasaje Loa Nº 5665	RUIDO	II
14	10-09-2007	Taller	Pje Eben-Ezer 8396	RUIDO-SUELO	II
15	13-09-2007	vivienda	Avda Rica Aventura Nº 11146	RUIDOS	II
16	26-09-2007	Camaras Frigorificas	Pasaje Pisagua Nº60-A	RUIDO	II
17	26-09-2007	Taller	Manzanos 8482	ARENADOY RUIDO	II
18	09-10-2007	Taller	P.A.Cerda 12650	OLORES	
19	24-10-2007	taller	Aysen Nº 5075-5	RUIDO	II
20	14-11-2007	Construcción	Segundino Carrizo Nº 09301	RUIDO, POLVO	II
21	19-11-2007	Pub Clandestino	Avda Angamos 0346	RUIDO	II
22	21-11-2007	iglesia adventista	Pasaje Choapa 8655	RUIDO	II
23	21-11-2007	taller	Coquimbo 1033-403	RUIDO	II
24	22-11-2007	Pub Clandestino	Avda Angamos 0318	RUIDO	II
25	28-11-2007	Construcción	Orlando Varga 1260	RUIDO	II
26	28-11-2007	Supermercado	Ignacio Carrera Pinto Nº924	RUIDO	II
27	07-12-2007	Olores	Sucre 1571	OLORES	
28	07-12-2007	Olores	Sucre 1571	OLORES	
29	11-12-2007	Mueblería	Covadonga 215	RUIDO	II
30	20-12-2007	Panadería	Cobijas 1473	HUMO	
31	21-12-2007	Panadería	Junta de Vecinos	HUMO	
32	24-12-2007	iglesia adventista	Raul Cisterna Nº8692	RUIDO	II
33	26-12-2007	Panadería Mi Nieta		HUMO	II
34	26-12-2007	Panadería Cecilia		HUMO	II
35	27-12-2007	Construcción	Jose Miguel Carrera 1815-22	RUIDO	II
36	27-12-2007	Panadería		HUMO	II
37	09-01-2008	Construcción	Jose Miguel Carrera 1815-14	RUIDO	II
38	14-01-2008	lava camiones via publica	Clodomiro Rosas Nº 1409	SUELO	II
39	14-01-2008	Panadería	Serrano 1245	HUMO	
40	17-01-2008	Casa Particular	Los Maitenes 8445	OLORES	
41	23-01-2008	Pub		RUIDO	II
42	23-01-2008	Pub Atacama		RUIDO	II
43	28-01-2008	Construcción	Santiago Humberstong i casa 17	RUIDO	II
44	28-01-2008	taller	Colombia Nº 746	RUIDO	II
45	31-01-2008	Construcción	Arturo Prat Nº 461 Of 1406	RUIDO	II
46	31-01-2008	Laboratorio Pukara	Avda Grecia 680 Depto 501	OLORES	II
47	31-01-2008	Construcción	Santiago Humberstone 125 4981	RUIDO	II
48	04-02-2008	Taller	Mexico 869	RUIDO	II
49	04-02-2008	Taller	Talca 1039	RUIDO	II
50	05-02-2008	Terminal de Buses	La Torre 3054	RUIDO	II
51	18-02-2008	Construcción	Trumao 1205 - Coviefi	RUIDO	II
52	18-02-2008	Construcción	El Atardecer Nº 05020	RUIDO	II

Tabla 6.10: Denuncias Sin Fiscalizar (1). Comuna de Antofagasta.

Fiscalización de denuncias - Denuncias sin fiscalizar					
Nº	FECHA DENUNCIA	ACTIVIDAD ECONOMICA	DIRECCION DENUNCIANTE	MOTIVO DENUNCIA	ZONA
53	20-02-2008	motores	Prat 548 depto 403	RUIDO	II
54	14-03-2008	taller mecanico	mario silva iriarte 570	RUIDO	II
55	31-03-2008	taller mecanico		RUIDO	II
56	14-04-2008	fabrica de hielo	j blumell 0532	RUIDO	II
57	14-04-2008	fabrica de hielo	j blumell 0532	RUIDO	II
58	17-04-2008	chatarra	caliche 6852	RUIDO	II
59	28-04-2008	Pub	calle 21 de mayo 1464 primer piso	RUIDO	II
60	05-05-2008	pub y otros avda grecia entre	fono 788488	RUIDO	II
61	06-05-2008	EDELNOR	Bellavista	RUIDO	II
62	09-05-2008	Pub	Aconcagua 1059	RUIDO	II
63	14-05-2008	ruido por camiones estacionados	Talca 827-1	RUIDO	II
64	24-05-2008	taller mecanico	IMA	RUIDO	II
65	24-05-2008	taller mecanico	IMA	RUIDO	II
66		Supermercado jumbo	Avda Grecia 740-162	RUIDO	II

Tabla 6.11: Denuncias Sin Fiscalizar (2). Comuna de Antofagasta.

Fiscalización de denuncias por ruido - Denuncias fiscalizadas								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Fecha	Hora medición	Dirección Denunciante	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	Diferencia Límite máximo
1	Cabaret	14-09-2007	21:40	Sucre Nº 665		61,8	II	11,8
2	construcción	28-05-2007	se constata ruido	J M Carrera Nº 1725			II	
3	Construcción	04-07-2007	se constata ruido	Intendencia Regional			II	
4	Construcción edificio	12-06-2006	22:30	Angamos # 265	-	65,3	II	15,3
5	Construcción edificio	13-12-2007	14:38	Angamos N 1274	78,6		II	18,6
6	empresa elecmetal	27-02-2007	se constata ruido	pje mercurio 8019			II	
7	frigorífico	11-01-2007	se constata ruido	bellavista 4285			II	
8	Iglesia Adventista	06-06-2007	no se constata denuncia	Maipu/frente colegio Santa María			II	
9	Peladoras de Papas	10-04-2007	se hacen cambio de maquinas	Uruguay Nº 1049			II	
10	Remodelación de Casas	12-07-2007	denuncia de ruidos y otros	Pasaje Lientur Nº 1706			II	
11	Sociedad comercial y de servicio (Pub)	29-05-2007	21:00	Avda Croacia Nº 0460		56,2	II	6,2
12	Taller mecánico	08-01-2007	se constata ruido	avda argentina 956			II	
13	taller grafico	17-05-2007	se constata ruido	Baron de la Riviere 1021-4			II	
14	Taller Mecanico	08-06-2007	denuncia de ruidos y otros	El Roble 8794			II	
15	Taller Mecanico	16-08-2007	se constata ruido	Galleguillo Lorca 209			II	
16	Taller Mecanico	27-10-2007	no se constata denuncia	Calle Taltal Nº 1030			II	
17	Taller Mecánico	19-07-2007	hay 4 talleres	Colombia Nº 660 Depto 21			II	
18	Taller y Venta de Repuestos	09-08-2007	no se constata denuncia	Coquimbo Nº 857 Depto Nº 34 2º block			II	
19	vivienda	30-04-2007	se constata ruido	J. Ferraro 7859			II	

Tabla 6.12: Denuncias de Ruido Fiscalizadas. Comuna de Antofagasta.

Una vez que se obtiene todas las denuncias recopiladas mediante los organismos respectivos, se procede a ordenarlas por tipo de fuente emisora de ruido. Esto se realiza para analizar que fuentes de ruido están más expuestas a las denuncias y observar que sectores del área de análisis poseen mayor número de ellas.

Una vez que las denuncias de ruido se encuentran ordenadas por tipo de fuente, ya sea para las denuncias sin fiscalizar como para las fiscalizadas, se realiza un análisis comparativo dependiendo de dos factores: fuentes de ruido más denunciadas y sectores más sensibles dependiendo de la cantidad de denuncias. El análisis de estas variables ya sea para ambos tipos de denuncias de ruido, se muestra a continuación.

6.5.1.1 Denuncias de ruido sin fiscalizar

Las denuncias de ruido que no se encuentran fiscalizadas, como se mencionó anteriormente se ordenaron por tipo de fuente emisora de ruido. Al realizar este orden se puede determinar el tipo de fuente que posee mayor número de denuncias y los sectores más sensibles al ruido.

Además de ordenar las denuncias por tipo de fuente, se eliminan aquellas en las cuales el motivo de la denuncia sea distinta de RUIDO, como ARENADO, HUMO Y OLORES. Esto se realiza de acuerdo a los fines en los que esta orientado el estudio. De esta manera las fiscalizaciones que se obtienen son las siguientes.

Fiscalización de denuncias - Denuncias sin fiscalizar					
Nº	FECHA DENUNCIA	ACTIVIDAD ECONOMICA	DIRECCION DENUNCIANTE	MOTIVO DENUNCIA	ZONA
1	08-10-2007	Construcción	Sucre N° 363-36	RUIDO	II
2	09-01-2007	taller	495330	RUIDO	II
3	31-01-2007	taller SGC	Los manzanos	RUIDO	II
4	18-06-2007	taller	Pasaje Loa N° 5665	RUIDO	II
5	09-07-2007	Taller	Puerto Montt N° 5244	RUIDO	II
6	12-07-2007	Construcción	Pasaje Lientur N°1706	RUIDO	II
7	07-08-2007	Taller	Manzanos 8482	ARENADOY RUIDO	III
8	10-08-2007	Construcción	Jonas Gomez	RUIDO	II
9	17-08-2007	taller	Pasaje Loa N° 5665	RUIDO	II
10	10-09-2007	Taller	Pje Eben-Ezer 8396	RUIDO-SUELO	II
11	13-09-2007	vivienda	Avda Rica Aventura N° 11146	RUIDOS	II
12	26-09-2007	Camaras Frigorificas	Pasaje Pisagua N°60-A	RUIDO	II
13	26-09-2007	Taller	Manzanos 8482	ARENADOY RUIDO	II
14	24-10-2007	taller	Aysen N° 5075-5	RUIDO	II
15	14-11-2007	Construcción	Segundino Carrizo N° 09301	RUIDO, POLVO	II

Tabla 6.13: Denuncias de Ruido Sin Fiscalizar (1). Ordenadas por tipo de Fuente. Comuna de Antofagasta.

Fiscalización de denuncias - Denuncias sin fiscalizar					
Nº	FECHA DENUNCIA	ACTIVIDAD ECONOMICA	DIRECCION DENUNCIANTE	MOTIVO DENUNCIA	ZONA
16	19-11-2007	Pub Clandestino	Avda Angamos 0346	RUIDO	II
17	21-11-2007	iglesia adventista	Pasaje Choapa 8655	RUIDO	II
18	21-11-2007	taller	Coquimbo 1033-403	RUIDO	II
19	22-11-2007	Pub Clandestino	Avda Angamos 0318	RUIDO	II
20	28-11-2007	Construcción	Orlando Varga 1260	RUIDO	II
21	28-11-2007	Supermercado	Ignacio Carrera Pinto N°924	RUIDO	II
22	11-12-2007	Mueblería	Covadonga 215	RUIDO	II
23	24-12-2007	iglesia adventista	Raul Cisterna N°8692	RUIDO	II
24	27-12-2007	Construcción	Jose Miguel Carrera 1815-22	RUIDO	II
25	09-01-2008	Construcción	Jose Miguel Carrera 1815-14	RUIDO	II
26	23-01-2008	Pub		RUIDO	II
27	23-01-2008	Pub Atacama		RUIDO	II
28	28-01-2008	Construcción	Santiago Humberstong i casa 17	RUIDO	II
29	28-01-2008	taller	Colombia N° 746	RUIDO	II
30	31-01-2008	Construcción	Arturo Prat N° 461 Of 1406	RUIDO	II
31	31-01-2008	Construcción	Santiago Humberstone 125 4981	RUIDO	II
32	04-02-2008	Taller	Mexico 869	RUIDO	II
33	04-02-2008	Taller	Talca 1039	RUIDO	II
34	05-02-2008	Terminal de Buses	La Torre 3054	RUIDO	II
35	18-02-2008	Construcción	Trumao 1205 - Coviefi	RUIDO	II
36	18-02-2008	Construcción	El Atardecer N° 05020	RUIDO	II
37	20-02-2008	motores	Prat 548 depto 403	RUIDO	II
38	14-03-2008	taller mecanico	mario silva iriarte 570	RUIDO	II
39	31-03-2008	taller mecanico		RUIDO	II
40	14-04-2008	fabrica de hielo	j blumell 0532	RUIDO	II
41	14-04-2008	fabrica de hielo	j blumell 0532	RUIDO	II
42	17-04-2008	chatarra	caliche 6852	RUIDO	II
43	28-04-2008	Pub	calle 21 de mayo 1464 primer piso	RUIDO	II
44	05-05-2008	pub y otros avda grecia entre	fono 788488	RUIDO	II
45	06-05-2008	EDELNOR	Bellavista	RUIDO	II
46	09-05-2008	Pub	Aconcagua 1059	RUIDO	II
47	14-05-2008	ruido por camiones estacionados	Talca 827-1	RUIDO	II
48	24-05-2008	taller mecanico	IMA	RUIDO	II
49	24-05-2008	taller mecanico	IMA	RUIDO	II
50		Supermercado jumbo	Avda Grecia 740-162	RUIDO	II

Tabla 6.14: Denuncias de Ruido Sin Fiscalizar (2). Ordenadas por tipo de Fuente. Comuna de Antofagasta.

Se puede observar que el mayor número de denuncias proviene del ruido producto de talleres mecánicos y de ruido de construcciones. Estas últimas pueden considerarse como fuentes de ruido estacionarias, es decir, que duran un determinado tiempo y después se retiran. Los talleres mecánicos sin embargo, son fuentes de ruido que se encuentran instaladas de manera permanente.

Otro tipo de fuente importante a considerar es el de los recintos destinados a actividades de culto, ya sea iglesias o parroquias. Muchas veces se desestima este tipo de fuentes, pero pueden influir negativamente en el nivel de ruido del sector donde están instaladas. Además se observa que existen un número importante de denuncias por ruidos generados por locales nocturnos, como discoteques o pubs.

6.5.1.2 Denuncias de ruido fiscalizadas

Además de las denuncias no fiscalizadas, se analizó la información de las denuncias fiscalizadas, las cuales se ordenaron por tipo de fuente de ruido.

Las denuncias por ruido que fueron fiscalizadas se muestran en la siguiente tabla.

Fiscalización de denuncias por ruido - Denuncias fiscalizadas								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Fecha	Hora medición	Dirección Denunciante	Valor NPC Día [dB]	Valor NPC Noche [dB]	Zonificación D.S. Nº 146	Diferencia Límite máximo
1	Cabaret	14-09-2007	21:40	Sucre N° 665		61,8	II	11,8
2	construcción	28-05-2007	se constata ruido	J M Carrera N° 1725			II	
3	Construcción	04-07-2007	se constata ruido	Intendencia Regional			II	
4	Construcción, faenas de construcción de un edificio	12-06-2006	22:30	Angamos # 265	-	65,3	II	15,3
5	Construcción, faenas de construcción de un edificio	13-12-2007	14:38	Angamos N 1274	78,6		II	18,6
6	empresa elecmetal	27-02-2007	se constata ruido	pje mercurio 8019			II	
7	frigorífico	11-01-2007	se constata ruido	bellavista 4285			II	
8	Iglesia Adventista	06-06-2007	no se constata denuncia	Maipu/frente colegio Santa María			II	
9	Peladoras de Papas	10-04-2007	se hacen cambio de maquinas	Uruguay N° 1049			II	
10	Remodelación de Casas	12-07-2007	denuncia de ruidos y otros	Pasaje Lientur N° 1706			II	
11	Sociedad comercial y de servicio (Pub)	29-05-2007	21:00	Avda Croacia N° 0460		56,2	II	6,2
12	Taller mecánico	08-01-2007	se constata ruido	avda argentina 956			II	
13	taller grafico	17-05-2007	se constata ruido	Baron de la Riviere 1021-4			II	
14	Taller Mecanico	08-06-2007	denuncia de ruidos	El Roble 8794			II	
15	Taller Mecanico	16-08-2007	se constata ruido	Galleguillo Lorca 209			II	
16	Taller Mecanico	27-10-2007	no se constata denuncia	Calle Taltal N° 1030			II	
17	Taller Mecánico	19-07-2007	hay 4 talleres	Colombia N° 660 Depto 21			II	
18	Taller y Venta de Repuestos	09-08-2007	no se constata denuncia	Coquimbo N° 857 Depto N° 34 2° block			II	
19	vivienda	30-04-2007	se constata ruido	J. Ferraro 7859			II	

Tabla 6.15: Denuncias de Ruido Fiscalizadas. Ordenadas por tipo de Fuente. Comuna de Antofagasta.

De la tabla anterior se observa que al igual que en las denuncias sin fiscalizar, el mayor número de fiscalizaciones proviene por ruidos generados por talleres mecánicos y por faenas de construcción. Solo existen mediciones de ruido para 4 denuncias: para un cabaret, 2 construcciones y un pub. Todas las fiscalizaciones realizadas se encuentran ubicadas en un sector homologable a Zona II, lo que establece niveles máximos de 60 dBA en horario diurno (07:00-21:00hrs) y de 50 dBA en horario nocturno (21:00-07:00). En todas las mediciones se supera con el máximo límite permisible, ya sea para horario diurno como para horario nocturno.

En la medición realizada en la obra en construcción se observa que existe una diferencia de casi 19 decibels con el límite máximo permisible, valor que es bastante alto. Para las demás denuncias que poseen mediciones de ruido, los niveles de ruido presentan igualmente altas diferencias

6.5.2 Denuncias Comuna de Providencia

De la misma manera, para la comuna de Providencia se recopilaron las fiscalizaciones de ruido que fueron recibidas mediante dos organismos, en la Municipalidad de Providencia por el Departamento de Higiene y Control Ambiental mediante Roberto Díaz y por Seguridad Vecinal mediante Héctor Palma, y en la Seremi de Salud de la Región Metropolitana a través de Mauricio Fuentes.

La principal característica que se obtiene de estas fiscalizaciones al igual que en la comuna de Antofagasta es la dirección del denunciante, con el que se podrá realizar un mapa de denuncias de la comuna.

Debido al gran volumen de información recopilada, esta es dividida por cada organismo y ésta a su vez es catalogada por tipo de fuente emisora, de manera de realizar un análisis del tipo de fuente que posee mayor número de denuncias y los sectores en los cuales se pueden presentar mayores problemas.

Para las denuncias que son efectivamente fiscalizadas, se indica los niveles medidos y la diferencia que existe entre estos y los límites de la zona fiscalizada.

De esta manera la información dividida entregada por la Seremi de Salud de la Región Metropolitana y por la Municipalidad de Providencia es presentada a continuación.

6.5.2.1 Fiscalizaciones Seremi de Salud

La información entregada por la Seremi de Salud de la Región Metropolitana fue gestionada a través de Mauricio Fuentes. El número total de fiscalizaciones por denuncias de ruido se puede observar en la siguiente tabla.

Fiscalización de denuncias por ruido - Seremi de Salud								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Año	Fecha	Hora medición	Dirección afectado	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zonificación D.S. Nº 146
1	Edificación habitacional	2006	04-04-06	21:20 / 21:50 / 22:05	Ricardo Lyon Nº 889		46,8 / 46,6 / 49,4	Zona I
2	Otro	2006		Sin mediciones	Francisco Puelma Nº 26			
3	Construcción	2006		Sin mediciones	Las Violetas Nº 2371			
4	Actividad comercial	2006	19-07-06	0:00	Marín Nº 045			
5	Establecimiento educacional	2006		Sin mediciones	Monitor Araucano Nº 0600			
6	Edificación habitacional	2006	05-10-06	22:30	Ricardo Lyon Nº 1655		49,7	Zona I
7	Actividad comercial	2006		Sin mediciones	Antonio Bellet Nº 255			
8	Edificación habitacional	2006		Sin mediciones	Hernando de Aguirre Nº 368			
9	Actividad comercial	2006	12-04-06	20:45	Andrés de Fuenzalida Nº 17			
10	Supermercado	2006		Sin mediciones	Andrés de Fuenzalida Nº 17			
11	Construcción	2006	24-10-06	11:10	General Flores Nº 59	68,8		Zona II
12	Taller	2006		Sin mediciones	Francisco Puelma Nº 23			
13	Construcción	2006		Sin mediciones	Santa María Nº 0104			
14	Edificación habitacional	2006	28-02-06	11:15	Tomás Guevara Nº 2991			
15	Construcción	2006	09-11-06	7:15	El Comendador Nº 2291	57,3		Zona I
16	Restaurante / Fte. Soda	2006		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
17	Restaurante / Fte. Soda	2006		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
18	Edificación habitacional	2006		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
19	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2006	25-11-06	2:10	Antonia Lopez de Bello Nº 0251		51,1	Zona I
20	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2006		Sin mediciones	Marchant Pereira Nº 1931			
21	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2007	06-05-07	2:00	Antonia López de Bello Nº 0251		45,9	Zona I
22	Establecimiento educacional	2007	28-05-07	21:10	Nueva Los Leones Nº 02068		44,1	Zona II
23	Actividad comercial	2007	08-06-07	0:50	Lota Nº 2512		53,1	Zona II
24	Construcción	2007	03-08-07	14:25	El Bosque Sur Nº 565	56,8		Zona II
25	Construcción	2007	03-08-07	12:25	Tobalaba Nº 1829	71,4		Zona I
26	Taller	2007		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
27	Taller	2007	20-09-07	12:15	Italia Nº 850	64,9		Zona II
28	Actividad comercial	2007	28-12-07	0:30	Las Bellotas Nº 219			Zona II
29	Restaurante / Fte. Soda	2007	13-10-07	22:00	Eliodoro Yáñez Nº 1984		70	Zona II
30	Restaurante / Fte. Soda	2007	15-11-07	22:24	El Bosque Sur Nº 154		51,4	Zona II
31	Actividad comercial	2007	26-01-07	0:40	José Luis Aguilar Nº 1201		40,6	Zona II
32	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2007		Sin mediciones	Salvador Nº 915			
33	Construcción	2007	04-02-07	12:00	Providencia Nº 1476	73,8		Zona II
34	Edificación habitacional	2007		Sin mediciones	La Brabanzón Nº 2780			

Tabla 6.16: Fiscalizaciones de Ruido. Seremi de Salud. Comuna de Providencia.

Una vez que se obtiene el total de las fiscalizaciones de ruido recopiladas por la Seremi de Salud, se dividen por tipo de fuente emisora de ruido como se muestra a continuación.

Fiscalización de denuncias por ruido - Pub/Discotheque/Restaurant								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Año	Fecha	Hora medición	Dirección afectado	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zonificación D.S. Nº 146
1	Restaurante / Fte. Soda	2006		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
2	Restaurante / Fte. Soda	2006		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
3	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2006	06-05-06	2:00	Antonia López de Bello Nº 0251		45,9	Zona I
4	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2006		Sin mediciones	Marchant Pereira Nº 1931			
5	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2006	25-11-06	2:10	Antonia Lopez de Bello Nº 0251		51,1	Zona I
6	Restaurante / Fte. Soda	2007	15-11-07	22:24	El Bosque Sur Nº 154		51,4	Zona II
7	Restaurante / Fte. Soda	2007	13-10-07	22:00	Eliodoro Yáñez Nº 1984		70	Zona II
8	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2007		Sin mediciones	Salvador Nº 915			

Tabla 6.17: Fiscalizaciones de Ruido. Pub-Discotheque-Restaurant. Seremi Salud. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Construcción								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Año	Fecha	Hora medición	Dirección afectado	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zonificación D.S. Nº 146
1	Construcción	2006		Sin mediciones	Las Violetas Nº 2371			
2	Construcción	2006	09-11-06	7:15	El Comendador Nº 2291	57,3		Zona I
3	Construcción	2006		Sin mediciones	Santa María Nº 0104			
4	Construcción	2006	24-10-06	11:10	General Flores Nº 59	68,8		Zona II
5	Construcción	2007	04-02-07	12:00	Providencia Nº 1476	73,8		Zona II
6	Construcción	2007	03-08-07	14:25	El Bosque Sur Nº 565	56,8		Zona II
7	Construcción	2007	03-08-07	12:25	Tobalaba Nº 1829	71,4		Zona I

Tabla 6.18: Fiscalizaciones de Ruido. Construcción. Seremi Salud. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Comercio								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Año	Fecha	Hora medición	Dirección afectado	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zonificación D.S. Nº 146
1	Actividad comercial	2006	19-07-06	0:00	Marín Nº 045			
2	Actividad comercial	2006		Sin mediciones	Antonio Bellet Nº 255			
3	Actividad comercial	2006	12-04-06	20:45	Andrés de Fuenzalida Nº 17			
4	Supermercado	2006		Sin mediciones	Andrés de Fuenzalida Nº 17			
5	Actividad comercial	2007	08-06-07	0:50	Lota Nº 2512		53,1	Zona II
6	Actividad comercial	2007	28-12-07	0:30	Las Bellotas Nº 219			
7	Actividad comercial	2007	26-01-07	0:40	José Luis Aguilar Nº 1201		40,6	Zona II

Tabla 6.19: Fiscalizaciones de Ruido. Comercio. Seremi Salud. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Establecimientos Educativos/Taller								
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Año	Fecha	Hora medición	Dirección afectado	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zonificación D.S. Nº 146
1	Edificación habitacional	2006	05-10-06	22:30	Ricardo Lyon Nº 1655		49,7	Zona I
2	Otro	2006		Sin mediciones	Francisco Puelma Nº 26			
3	Establecimiento educacional	2006		Sin mediciones	Monitor Araucano Nº 0600			
4	Edificación habitacional	2006	04-04-06	21:20 / 21:50 / 22:05	Ricardo Lyon Nº 889		46,8 / 46,6 / 49,4	Zona I
5	Edificación habitacional	2006		Sin mediciones	Hernando de Aguirre Nº 368			
6	Taller	2006		Sin mediciones	Francisco Puelma Nº 23			
7	Edificación habitacional	2006	28-02-06	11:15	Tomás Guevara Nº 2991			
8	Establecimiento educacional	2006	28-05-06	21:10	Nueva Los Leones Nº 02068		44,1	Zona II
9	Edificación habitacional	2006		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
10	Taller	2007	20-09-07	12:15	Italia Nº 850	64,9		Zona II
11	Taller	2007		Sin mediciones	Nueva Los Leones Nº 02068			
12	Edificación habitacional	2007		Sin mediciones	La Brabanzón Nº 2780			

Tabla 6.20: Fiscalizaciones de Ruido. Establecimientos Educativos - Talleres. Seremi Salud. Comuna de Providencia.

Una vez que se divide las fiscalizaciones por tipo de fuente emisora de ruido, se puede observar que en número son muy similares, ya sea para denuncias de ruido de pub/discotheques, ruidos de construcción, actividades comerciales y ruidos de establecimientos educacionales.

Una tabla con los niveles de ruido registrados en las fiscalizaciones, y la diferencia de estos niveles con los límites máximos permitidos se presenta a continuación.

Fiscalización de denuncias por ruido - Seremi de Salud									
Nº	Descripción de la Principal Fuente de Ruido	Año	Fecha	Hora medición	Dirección afectado	Valor NPC Día [dBA]	Valor NPC Noche [dBA]	Zonificación D.S. Nº 146	Diferencia Límite máximo permisible
1	Edificación habitacional	2006	04-04-06	21:20 / 21:50 / 22:05	Ricardo Lyon Nº 889		46,8 / 46,6 / 49,4	Zona I	1,8 / 1,6 / 4,4
2	Edificación habitacional	2006	05-10-06	22:30	Ricardo Lyon Nº 1655		49,7	Zona I	4,7
3	Construcción	2006	24-10-06	11:10	General Flores Nº 59	68,8		Zona II	8,8
4	Construcción	2006	09-11-06	7:15	El Comendador Nº 2291	57,3		Zona I	2,3
5	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2006	25-11-06	2:10	Antonia Lopez de Bello Nº 0251		51,1	Zona I	6,1
6	Discotheque / Pub / Ctro. Eventos	2007	06-05-07	2:00	Antonia López de Bello Nº 0251		45,9	Zona I	0,9
7	Establecimiento educacional	2007	28-05-07	21:10	Nueva Los Leones Nº 02068		44,1	Zona II	-5,9
8	Actividad comercial	2007	08-06-07	0:50	Lota Nº 2512		53,1	Zona II	3,1
9	Construcción	2007	03-08-07	14:25	El Bosque Sur Nº 565	56,8		Zona II	-3,2
10	Construcción	2007	03-08-07	12:25	Tobalaba Nº 1829	71,4		Zona I	11,4
11	Taller	2007	20-09-07	12:15	Italia Nº 850	64,9		Zona II	4,9
12	Restaurante / Fte. Soda	2007	13-10-07	22:00	Eliodoro Yáñez Nº 1984		70	Zona II	20
13	Restaurante / Fte. Soda	2007	15-11-07	22:24	El Bosque Sur Nº 154		51,4	Zona II	1,4
14	Actividad comercial	2007	26-01-07	0:40	José Luis Aguilar Nº 1201		40,6	Zona II	-9,4
15	Construcción	2007	04-02-07	12:00	Providencia Nº 1476	73,8		Zona II	13,8

Tabla 6.21: Fiscalizaciones de Ruido. Niveles de ruido registrados y diferencia con límites máximos permitidos. Seremi Salud. Comuna de Providencia.

De la tabla anterior se observa que el mayor número de denuncias que poseen mediciones de ruido son las generadas por faenas de construcción. Después vienen las denuncias por ruidos de Discoteques y Restaurantes.

Al analizar los niveles de ruido de las fiscalizaciones anteriores, se observa que todos los niveles registrados se encuentran por sobre el máximo nivel permitido. Sin embargo existen tres mediciones que se encuentran bajo los límites, estas fueron realizadas el día 28 de mayo a un establecimiento educacional, el 3 de agosto a las faenas de una construcción y el día 26 de enero a una actividad comercial, todas realizadas el año 2007. En todas estas mediciones los niveles de ruido están bajo los límites permisibles por varios decibeles.

Se observa que el mayor nivel de ruido que se presenta en la denuncia obtenida de un restaurant ubicado en Av. Eliodoro Yañez. En esta fiscalización se obtuvo un nivel de 20dBA por sobre el máximo permitido, valor que sobrepasa ampliamente los niveles máximos permisibles por la norma.

Otras fiscalizaciones que presentan altos niveles de ruido son producto de faenas de construcción, ubicadas en Providencia con una diferencia de 13,8dBA y en Tobalaba con 11,4dBA, ambos valores son bastante altos y se encuentran muy por sobre los límites permisibles.

Las fiscalizaciones número 5 y 6, son realizadas al mismo establecimiento el cual es una Discotheque/ Pub. Estas mediciones fueron realizadas en dos años consecutivos y se observa que para el año 2006 el nivel registrado se encontraba 6,1dBA por sobre el límite permitido, en cambio para el año 2007 el nivel se encuentra solamente 0,9dBA por sobre el máximo. Esto quiere decir que es muy probable que se hayan tomado medidas mitigatorias para reducir los niveles de emisión del recinto.

6.5.2.2 Fiscalizaciones Municipalidad de Providencia – Departamento de Higiene y Control Ambiental

La información de las fiscalizaciones de ruido obtenidas por el Departamento de Higiene y Control Ambiental de la Municipalidad de Providencia, fueron entregadas por Roberto Díaz.

Debido al gran número total de fiscalizaciones por denuncias de ruido, estas se encuentran en el Anexo VI, el cual se encuentra en forma digital.

De esta manera se presentan las fiscalizaciones de Construcciones, Pub, Establecimientos Educativos y ruidos de equipos de ventilación, ordenadas por tipo de fuente de ruido, como se muestra a continuación.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental									
Nº	Año	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	Dpto o Local	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146
1	2006	restoran	20-01-2006	La Concepción	80	d 305			
2	2006	pub	10-02-2006	Antonio Bellet	90	d 408			
3	2006	pub	16-02-2006	Eduardo Hyatt	519			53,9	
4	2006	pub	27-02-2006	Antonia Lopez de Bello	130				
5	2006	pub	03-03-2006	Nueva Los Leones	208	d 11	55,6		
6	2006	pub	11-03-2006	Nueva Los Leones	156	d 32		60,9	
7	2006	pub	23-03-2006	Santa Isabel	161			60,6	
8	2006	pub	12-04-2006	Dardignac	42				
9	2006	pub	08-06-2006	General Salvo	252				
10	2006	pub	16-06-2006	General Holley	2326	d 304	56,5		II
11	2006	pub	18-07-2006	Miguel Claro	190	d 1104			
12	2006	restoran	07-08-2006	La Concepción	80	d 305			
13	2006	pub	14-08-2006	11 de Septiembre	2060	d 305			
14	2006	restoran	01-12-2006	General Salvo	252				
15	2006	pub	07-12-2006	Luis Montaner	471				
16	2007	pub	26-01-2007	Las Hortencias	2981				I
17	2007	restoran	02-03-2007	Seminario	39	d 405			I
18	2007	pub	12-03-2007	Manuel Montt	157	d 607			I
19	2007	pub	22-03-2007	Emilio Vaisse	510			46,2	I
20	2007	pub	03-04-2007	General Holley	2326	d 1103			I
21	2007	restoran	01-08-2007	Providencia	1150				I
22	2007	discoteca	31-08-2007	Crucero Exeter	285				I
23	2007	pub	17-10-2007	Antonio Bellet	90				I
24	2007	pub	22-10-2007	Manuel Montt	157	d 404			I
25	2007	pub	12-11-2007	Santa María	112	d Ch			I
26	2007	pub	04-12-2007	11 de Septiembre	2060	d 308			I
27	2007	pub	12-12-2007	Providencia	2250	d 5		67,6	I

Tabla 6.22: Fiscalizaciones de Ruido. Pub - Discotheques. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental										
Nº	Año	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	1619	RF1619
1	2006	construcción	11-01-2006	Providencia	1336					
2	2006	construcción	16-01-2006	Los Misioneros	2237				58,7	40
3	2006	construcción	16-01-2006	Providencia	1336					
4	2006	construcción	18-01-2006	Las Dalias	2565					
5	2006	construcción	26-01-2006	Suecia	2253					
6	2006	construcción y compresor	31-01-2006	Padre Correa	2669					
7	2006	construcción	06-02-2006	Federico Froebel	1652				58,6	35
8	2006	construcción y alarma	08-02-2006	Francisco Bilbao	3561					
9	2006	construcción	08-02-2006	Marcel Duhaut	2963					
10	2006	construcción	13-02-2006	Román Díaz	390					
11	2006	construcción	21-02-2006	Eleodoro Yañez	2050				67,4	40
12	2006	construcción	27-02-2006	Luis Thayer Ojeda	1267					
13	2006	construcción	28-02-2006	Las Violetas	2347					
14	2006	construcción	08-03-2006	Marcel Duhaut	2986					
15	2006	construcción	10-03-2006	Eleodoro Yañez	1823				62,3	40
16	2006	construcción	15-03-2006	Antonio Varas	242					
17	2006	construcción	15-03-2006	Andres Bello	1615					
18	2006	construcción	29-03-2006	Miguel Claro	385					
19	2006	construcción	29-03-2006	Silvino Hurtado	1917					
20	2006	camiones de construcción	06-04-2006	Jofré	29					
21	2006	construcción	06-04-2006	Cirujano Guzmán	67					
22	2006	construcción	07-04-2006	Ricardo Lyon	755				61,2	40
23	2006	construcción	19-04-2006	Francisco Antonio Encina	1723					
24	2006	construcción	20-04-2006	Almirante Pastene	30				57,1	40
25	2006	construcción	18-05-2006	Providencia	1336					
26	2006	construcción	18-05-2006	Andacollo	2128					
27	2006	construcción	24-05-2006	Providencia	1434				62,1	48,1
28	2006	construcción	02-06-2006	Ramón Carnicer	259					
29	2006	construcción	21-06-2006	Marín	168					
30	2006	construcción	04-07-2006	Providencia	1434					
31	2006	construcción	04-07-2006	Los Pirineos	2071				63,5	35
32	2006	construcción	05-07-2006	Cirujano Guzmán	67				63,7	40
33	2006	construcción	19-07-2006	Padre Mariano	64					
34	2006	construcción	19-07-2006	Manuel Montt	175					
35	2006	construcción	24-07-2006	General Flores	59				71,4	40
36	2006	construcción	25-07-2006	Suecia	2428					
37	2006	construcción	27-07-2006	Miguel Claro	1431					
38	2006	construcción	27-07-2006	General Flores	59					
39	2006	construcción	03-08-2006	Canadá	239					
40	2006	construcción	25-08-2006	Europa	2043					
41	2006	construcción	06-09-2006	Bellavista	374				84,5	
42	2006	construcción	07-09-2006	Andrés de Fuenzalida	34					
43	2006	construcción	12-10-2006	Europa	2043					
44	2006	construcción	24-10-2006	Amberes	1491					
45	2006	construcción	25-10-2006	Darío Urzúa	2060					

Tabla 6.23: Fiscalizaciones de Ruido (1). Construcción. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental										
Nº	Año	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	1619	RF1619
46	2006	pito de construcción	26-10-2006	Las Orquidias	1068					
47	2006	construcción	31-10-2006	Las Violetas	2336					
48	2006	construcción	07-11-2006	Manuel Maira	1129					
49	2006	construcción	09-11-2006	Seminario	130					
50	2006	construcción	10-11-2006	Los Pirineos	2071					
51	2006	construcción	22-11-2006	Ladislao Errazuriz	2056					
52	2006	construcción	22-11-2006	Eleodoro Yañez	1568					
53	2006	construcción	27-11-2006	Las Hortencias	2975					
54	2006	construcción	01-12-2006	Valenzuela Castillo	1780					
55	2006	construcción	05-12-2006	General Flores	59					
56	2006	construcción	07-12-2006	Huelén	191					
57	2006	construcción	07-12-2006	Suecia	932					
58	2006	construcción	12-12-2006	Antonio Bellet	90					
59	2006	construcción	20-12-2006	Hernando de Aguirre	1422					
60	2007	construcción	03-01-2007	Tomás Guevara	2972	82,8				
61	2007	construcción	12-01-2007	Ricardo Lyon	2196					
62	2007	construcción	15-01-2007	California	1925					
63	2007	construcción	16-01-2007	La Concepción	81					
64	2007	construcción	22-01-2007	Lo Contador	299					
65	2007	construcción	23-01-2007	Manuel Montt	50					
66	2007	construcción	30-01-2007	Willie Arthur	2209		45,3			
67	2007	construcción	12-02-2007	Lota	2512		55,5			
68	2007	construcción	14-02-2007	Providencia	2457					
69	2007	construcción	26-02-2007	Dardignac	978					
70	2007	construcción	05-03-2007	Marchant Pereira	1750					
71	2007	construcción	06-03-2007	Providencia	1150	65				
72	2007	construcción	13-03-2007	La Brabazon	2266					
73	2007	construcción	22-03-2007	Pedro de Valdivia	1965					
74	2007	construcción	26-03-2007	11 de Septiembre	2353					
75	2007	construcción	28-03-2007	Las Petunias	1774					
76	2007	construcción	12-04-2007	Román Díaz	734	67,4				
77	2007	construcción	09-05-2007	Mardoqueo Fernandez	141					
78	2007	construcción	09-05-2007	El Bosque	565					
79	2007	construcción	22-05-2007	Marcel Duhaut	2915					
80	2007	construcción	29-05-2007	Europa	2066	59,4				
81	2007	construcción	06-06-2007	Providencia	1336					
82	2007	construcción	09-07-2007	Las Petunias	1774	76				
83	2007	construcción	18-07-2007	Las Dalias	2565					
84	2007	construcción	12-09-2007	11 de Septiembre	2160					
85	2007	construcción	13-09-2007	Santa María	316					
86	2007	construcción	27-09-2007	Providencia	1979					
87	2007	construcción	27-09-2007	General Bustamante	66					
88	2007	construcción	03-10-2007	Eleodoro Yañez	2360				66,4	51,2
89	2007	construcción	08-10-2007	Manuel Montt	50					
90	2007	construcción	31-10-2007	Ricardo Lyon	2205					
91	2007	construcción	05-11-2007	Las Petunias	1774				76,2	50,2
92	2007	construcción	06-11-2007	Nueva Los Leones	167					
93	2007	construcción	30-11-2007	Fidel Oteiza	1975					
94	2007	construcción	04-12-2007	El Bosque	1113					
95	2007	construcción	06-12-2007	Eleodoro Yañez	2788					
96	2007	construcción	10-12-2007	El Bosque	1045					
97	2007	construcción	11-12-2007	Jorge Matte	1380					

Tabla 6.24: Fiscalizaciones de Ruido (2). Construcción. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental									
Nº	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	1619	RF1619
1	ruidos universidad	30-03-2006	California	2020					
2	colegio	16-05-2006	Holanda	305					
3	colegio	26-10-2006	Suecia	2253				65,3	35
4	colegio	27-10-2006	Arzobispo Larraín	120					
5	colegio	07-05-2007	Pedro de Valdivia	1961					
6	ruidos universidad	07-09-2007	Obispo Donoso	38					
7	colegio	31-10-2007	Pedro de Valdivia						
8	colegio	15-11-2007	Almirante Pastene	125					

Tabla 6.25: Fiscalizaciones de Ruido. Establecimientos Educativos. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental									
Nº	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	1619	RF1619
1	aire acondicionado	08-01-2006	Alfredo Lecanelier	1945	63,8		II		
2	aire acondicionado	10-01-2006	Providencia	2198					
3	equipos de ventilación	19-01-2006	Condell	535					
4	aire acondicionado	06-02-2006	La Concepción	174					
5	aire acondicionado	17-02-2006	Arzobispo Vicuña	39		60,5	II		
6	aire acondicionado	21-02-2006	Santa Beatriz	293					
7	aire acondicionado	21-08-2006	Antonio Bellet	90		52,8			
8	aire acondicionado	31-10-2006	Marchant Pereira	1921					
9	extractor	14-11-2006	Miguel Claro	33					
10	aire acondicionado	14-12-2006	Miguel Claro	70	62		II		
11	extractor	10-01-2007	Providencia	2601			I		
12	aire acondicionado	12-01-2007	Mardoqueo Fernandez	15	63,4		I		
13	aire acondicionado	18-01-2007	Mar del Plata	1937	58,6		I		
14	aire acondicionado	05-02-2007	Providencia	2601			I		
15	aire acondicionado	12-02-2007	Los Colonos	235			I		
16	aire acondicionado	12-02-2007	José Manuel Infante	125			I		
17	aire acondicionado	24-02-2007	Los Colonos	351			I		
18	aire acondicionado	12-03-2007	Los Españoles	2393		48,7	I		
19	extractor	12-03-2007	Mallinkrodt	190		69,4	I		
20	aire acondicionado	20-03-2007	Andrés de Fuenzalida	17			I		
21	aire acondicionado	10-04-2007	Francisco Bilbao	2340		47,2	I		
22	aire acondicionado	25-04-2007	El Bosque	154				49	42,3
23	extractor	06-07-2007	Providencia	2318			I		
24	aire acondicionado	06-09-2007	Europa	2066	61,7		I		
25	extractor	01-10-2007	El Vergel	2648			I		
26	extractor	30-10-2007	Josué Smith	467			I		
27	aire acondicionado	26-11-2007	Padre Mariano	336			I		
28	aire acondicionado	30-11-2007	Holanda	280			I		
29	extractor	05-12-2007	Santa Beatriz	269		55,6	I		
30	aire acondicionado	21-12-2007	Holanda	280				42	29
31	extractor	24-03-2006	Cirujano Guzmán	67					

Tabla 6.26: Fiscalizaciones de Ruido. Equipos de aire acondicionado. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental										
Nº	Año	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	1619	RF1619
1	2006	G.E.	19-07-2006	Carlos Antúnez	2454	56,1				
2	2006	G.E.	24-10-2006	Los Capitanes	1385					
3	2007	G.E.	19-03-2007	Francisco Puelma	20					
4	2007	G.E.	23-04-2007	Marcel Duhaut	2890					
5	2007	G.E.	25-04-2007	Las Petunias	1812	69,3				
6	2007	G.E.	05-07-2007	José Manuel Infante	1583					
7	2007	G.E.	09-07-2007	Las Petunias	1653	68,3				
8	2007	G.E.	01-08-2007	Europa	2172	73,4				
9	2007	G.E.	08-11-2007	Manuel Montt	99	66,8				

Tabla 6.27: Fiscalizaciones de Ruido. Grupos Electrónicos. Comuna de Providencia.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental										
Nº	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	1619	RF1619	
1	estudio televisión	27-02-2006	Antonia Lopez de Bello	130						
2	ascensor	21-03-2006	Ricardo Lyon	1655						
3	academia de baile	24-04-2006	Arturo Burhle	23						
4	academia de música	19-06-2006	Francisco Bilbao	3469						
5	automotora	23-06-2006	Julio Prado	888						
6	servicentro	03-07-2006	Eleodoro Yañez	1978						
7	estación radio taxi	21-08-2006	Arzobispo Vicuña	39						
8	servicentro	30-08-2006	Eleodoro Yañez	1952						
9	academia de baile	25-09-2006	Vicuña Mackenna	40						
10	taller	14-11-2006	Miguel Claro	1356						
11	taller	15-11-2006	Suecia	1958						
12	academia de música	27-12-2006	General Parra	685						
13	gimnasio	02-05-2007	Los Jesuitas	795						
14	gimnasio	27-08-2007	Ramón Carnicer	5						
15	bomba de agua	25-10-2007	Gath y Chávez	2485				35,8	26	

Tabla 6.28: Fiscalizaciones de Ruido. Distintas Fuentes Fijas. Comuna de Providencia.

De las tablas anteriores se observa que la mayor cantidad de denuncias provienen de faenas de construcción. Después vienen las denuncias provocadas por ruidos de equipos de ventilación y aire acondicionado, a la que le siguen las denuncias por ruidos de pub y restaurantes.

El menor número de denuncias se presentan en ruidos producto del funcionamiento de colegios y de establecimientos educacionales, y por el funcionamiento de grupos electrónicos.

Se ordenaron las mediciones en las cuales se realizaron mediciones de los niveles de ruido, y el resultado se muestra a continuación.

Fiscalización de denuncias por ruido - Higiene y Control Ambiental												
Nº	Año	Descripción	Fecha	Dirección Receptor	Nº	NPC Día [dBA]	NPC Noche [dBA]	Zona D.S. Nº 146	NCh 1619	RF1619	Diferencia límite D.S. 146	Diferencia NCh1619
1	2006	construcción	16-01-2006	Los Misioneros	2237				58,7	40		18,7
2	2006	construcción	06-02-2006	Federico Froebel	1652				58,6	35		23,6
3	2006	construcción	21-02-2006	Eleodoro Yañez	2050				67,4	40		27,4
4	2006	construcción	10-03-2006	Eleodoro Yañez	1823				62,3	40		22,3
5	2006	construcción	07-04-2006	Ricardo Lyon	755				61,2	40		21,2
6	2006	construcción	20-04-2006	Almirante Pastene	30				57,1	40		17,1
7	2006	construcción	24-05-2006	Providencia	1434				62,1	48,1		14,0
8	2006	construcción	04-07-2006	Los Pirineos	2071				63,5	35		28,5
9	2006	construcción	05-07-2006	Cirujano Guzmán	67				63,7	40		23,7
10	2006	construcción	24-07-2006	General Flores	59				71,4	40		31,4
12	2007	construcción	03-01-2007	Tomás Guevara	2972	82,8		I			27,8	
13	2007	construcción	30-01-2007	Willie Arthur	2209		45,3	I			0,3	
14	2007	construcción	12-02-2007	Lota	2512		55,5	I			10,5	
15	2007	construcción	06-03-2007	Providencia	1150	65		I			10	
16	2007	construcción	12-04-2007	Román Díaz	734	67,4		I			12,4	
17	2007	construcción	29-05-2007	Europa	2066	59,4		I			4,4	
18	2007	construcción	09-07-2007	Las Petunias	1774	76		I			21	
19	2007	construcción	03-10-2007	Eleodoro Yañez	2360				66,4	51,2		15,2
20	2007	construcción	05-11-2007	Las Petunias	1774				76,2	50,2		26
21	2006	pub	16-02-2006	Eduardo Hyatt	519		53,9				8,9	
22	2006	pub	03-03-2006	Nueva Los Leones	208	55,6					0,6	
23	2006	pub	11-03-2006	Nueva Los Leones	156		60,9				15,9	
24	2006	pub	23-03-2006	Santa Isabel	161		60,6				15,6	
25	2006	pub	16-06-2006	General Holley	2326	56,5		II			1,5	
26	2007	pub	22-03-2007	Emilio Vaisse	510		46,2	I			1,2	
27	2007	pub	12-12-2007	Providencia	2250		67,6	I			22,6	
28	2006	colegio	26-10-2006	Suecia	2253				65,3	35		30,3
29	2006	aire acondicionado	08-01-2006	Alfredo Lecanelier	1945	63,8		II			3,8	
30	2006	aire acondicionado	17-02-2006	Arzobispo Vicuña	39		60,5	II			10,5	
31	2006	aire acondicionado	21-08-2006	Antonio Bellet	90		52,8				7,8	
32	2006	aire acondicionado	14-12-2006	Miguel Claro	70	62		II			7	
33	2007	aire acondicionado	12-01-2007	Mardoqueo Fernandez	15	63,4		I			8,4	
34	2007	aire acondicionado	18-01-2007	Mar del Plata	1937	58,6		I			3,6	
35	2007	aire acondicionado	12-03-2007	Los Españoles	2393		48,7	I			3,7	
36	2007	extractor	12-03-2007	Mallinkrodt	190		69,4	I			24,4	
37	2007	aire acondicionado	10-04-2007	Francisco Bilbao	2340		47,2	I			2,2	
38	2007	aire acondicionado	06-09-2007	Europa	2066	61,7		I			6,7	
39	2007	extractor	05-12-2007	Santa Beatriz	269		55,6	I			10,6	
40	2007	aire acondicionado	21-12-2007	Holanda	280				42	29		13
41	2007	bomba de agua	25-10-2007	Gath y Chávez	2485				35,8	26		9,8
42	2006	G.E.	19-07-2006	Carlos Antúnez	2454	56,1					1,1	
46	2007	G.E.	25-04-2007	Las Petunias	1812	69,3		I			14,3	
48	2007	G.E.	09-07-2007	Las Petunias	1653	68,3		I			13,3	
49	2007	G.E.	01-08-2007	Europa	2172	73,4		I			18,4	
50	2007	G.E.	08-11-2007	Manuel Montt	99	66,8		I			11,8	

Tabla 6.29: Fiscalizaciones de Ruido. Mediciones de Niveles de Ruido. Comuna de Providencia.

Al realizar un análisis de las denuncias en las cuales se realizaron mediciones de ruido, se puede observar que todas las mediciones que se evaluaron con el D.S. Nº146 se encuentra por sobre los límites permitidos.

Las denuncias que presentan los mayores niveles de ruido se presentan en mediciones a las faenas de trabajo de una construcción con una diferencia de 27,8dBA con el límite máximo permitido por la norma, luego el nivel de ruido de un extractor de aire con una diferencia de 24,4dBA, y el nivel de ruido generado por el funcionamiento de un Pub con 22,6dBA de diferencia con los límites expuestos en la norma.

Por otra parte existen también denuncias que se encuentran por sobre la norma en solo unos decibeles. En las mediciones realizadas a un Pub por una denuncia en la calle Nueva Los Leones solo

se observa un diferencia de 0,6dBA con el límite máximo, al igual que en una denuncia en calle Willie Arthur donde se realizan mediciones a las faenas de trabajo de una construcción en la cual se obtienen niveles de 0,3dBA por sobre el máximo. De la misma manera se observa que para denuncias realizadas a algunos pubs en el año 2006 y 2007 se obtienen niveles que superan los máximos permitidos por la norma entre 1dBA y 2dBA.

En las denuncias en las cuales se realizó la evaluación de los niveles de ruido a través de la NCh1619, se observa que al realizar la evaluación, se obtienen diferencias bastante altas cuando se comparan los resultados de las mediciones realizadas con el nivel patrón utilizado por esta norma. En la mayoría de las fiscalizaciones la diferencia entre el nivel obtenido de las mediciones y el nivel patrón, excede en varios decibeles lo estipulado por la norma (varía entre 0dBA y 20dBA), lo que deja en evidencia que los niveles de ruido se encuentran en un rango bastante elevado causando una reacción molesta en los afectados. Las mayores diferencias se presentan en ruidos producto de faenas de construcción y el funcionamiento de un colegio.

Al observar las denuncias en las que la variación se encuentra dentro de lo descrito en la norma, lo que sucede solamente en 6 denuncias, se ve que de igual manera los resultados obtenidos se encuentran con niveles de diferencia bastante altos.

Al analizar la respuesta de la comunidad en todas las denuncias en las cuales se realizó la evaluación con esta norma, se observa que la reacción de la comunidad va desde "Quejas esporádicas" hasta "Acción enérgica de la comunidad", lo que queda demostrado al observar las diferencias de los niveles con el patrón de ruido. En las denuncias en las cuales las variaciones se salen fuera del rango estipulado por la norma, el nivel de reacción de la comunidad sobrepasa el nivel más alto de molestia.

6.5.2.3 Fiscalizaciones Municipalidad de Providencia – Seguridad Vecinal

La información de las fiscalizaciones al ruido entregadas por Seguridad Vecinal de la Municipalidad de Providencia, fueron entregadas por Héctor Palma.

Todos los reclamos y denuncias de ruido entran por esta vía, de manera que el volumen de información es demasiado extenso. Aquí llegan las denuncias de ruido las cuales son derivadas posteriormente al departamento de Higiene y Control Ambiental para la fiscalización mediante medición de niveles de ruido en algunos casos.

Todas las denuncias de ruido que posee Seguridad Vecinal son los reclamos que entran vía telefónica, a los cuales debe hacer acto de presencia el inspector respectivo. Cabe destacar que la mayoría de estas denuncias son de fiestas, ladrido de perros, ruidos esporádicos, música fuerte de autos, etc. Estos eventos son solamente temporales y no pueden considerarse como una fuente fija de ruido.

Además de todo el volumen de denuncias por ruidos esporádicos, también existen denuncias por ruidos producto de fuentes de ruido que se encuentren fijas en el sector y que no se comporten esporádicamente, como Pubs, Restaurantes, construcciones e Iglesias.

Se obtienen en total 13.978 denuncias entre los años 2006 y 2007, de las cuales 1.223 denuncias están referidas a ruidos molestos provenientes de Pub o discoteques, 798 están referidas a ruidos por construcciones, 312 a ruidos de restaurantes y 32 por ruidos provenientes de Iglesias y lugares de culto. Todas las demás denuncias son producto de eventos esporádicos. Debido al gran volumen de información, estas se encuentran en el Anexo VI, el cual se encuentra en forma digital.

Realizando un análisis de la información recopilada de las denuncias de ruido, se observa que el mayor número de denuncias proviene de los ruidos emitidos por el funcionamiento de Pubs o discoteques y luego por las denuncias de ruidos de Construcciones.

6.5.3 Mapa de Denuncias de Ruido

Una vez que se obtienen y ordenan las denuncias de ruido obtenidas de las comunas de Antofagasta y Providencia, se procede a ingresarlas en un mapa digital de manera de tener una visión más amplia de los sectores en los cuales existen más fiscalizaciones y el tipo de cada una de ellas.

Para esto se utiliza el software ArcGis, con el cual se ingresan cada una de las fiscalizaciones de ruido divididas por cada una de las clasificaciones mencionadas en puntos anteriores.

Las denuncias que se tomarán en consideración al momento de ingresarlas en el mapa, serán las que representen a una fuente de ruido que no sea temporal ni ocasional, sino que corresponda a una fuente que se encuentre fija en un sector o área determinada. Una vez que se obtiene toda la información, se procede filtrar algunas denuncias que no se aplican para el fin de este estudio ni para la realización del mapa.

Para filtrar las denuncias de ruido se realiza un análisis tomando en consideración varios puntos como se muestra a continuación.

6.5.3.1 Filtraje de denuncias

Los filtros de la información de las denuncias, en el cual se descartan denuncias de ruido, se realizan principalmente para privilegiar el mapa y se efectúan tomando varias características. De esta manera se realizan tres filtros de descarte como se muestra a continuación.

1. Se descartan las fuentes de ruido que son temporales y que solamente reflejan un caso puntual. Dentro de este grupo de fuentes y eventos temporales se clasifican fiestas, música fuerte en casas, ruidos de gente en la calle, ladridos de perros, ruidos molestos que provienen desde la calle, música en autos y gente hablando a alto nivel. Estas fuentes no aparecen en el mapa de denuncia pero si están en el Anexo VI en formato digital.
2. Además se descartan las denuncias en las cuales se repite la dirección del denunciante, es decir, las denuncias que se repiten. Esto se debe principalmente a que el afectado realiza varias veces la denuncia por la misma fuente de ruido y no saldría representado gráficamente en el mapa.
3. Se descartan las denuncias que se encuentren fuera del área de estudio para cada comuna. Si bien en Providencia el área de análisis utilizado corresponde a toda la comuna, la comuna de Antofagasta presenta un área de análisis delimitado.

Una vez que se descartan las fuentes tomando en consideración los puntos anteriormente mencionados, se tiene una cantidad razonable de denuncias las cuales se pueden ingresar al mapa de mejor forma.

La forma de introducirlas en el mapa y la manera en que fueron filtradas las denuncias en cada comuna se muestra a continuación.

6.5.3.2 Mapa de Denuncias de Ruido – Comuna de Providencia

En la comuna de Providencia se obtienen las denuncias mediante dos organismos, la Municipalidad de Providencia, a través del departamento de Higiene y Control Ambiental y el departamento de Seguridad Vecinal; y mediante la Seremi de Salud de Santiago.

Las denuncias entregadas por cada uno de los organismos son ordenadas por tipo, de esta manera se puede observar en el mapa cada tipo de fuente de ruido y poder realizar un análisis comparativo con las fuentes más denunciadas y los sectores en que se encuentran.

La clasificación de las denuncias obtenidas en la comuna de Providencia se muestra en la tabla a continuación.

Fiscalización de denuncias por ruido Comuna de Providencia		
Clasificación por tipo de denuncia		
Seremi Salud	Higiene y Control Ambiental	Seguridad Vecinal
Comercio	Construcción	Pub/Discotheques
Construcción	Pub/Discotheques	Construcción
Pub/Discotheques	Establecimientos Educativos	Iglesias
Otras fuentes	Equipos ventilación	Restaurantes
	Alarmas	Fiestas
	Ruidos	Música Fuerte
	Generadores	Ruidos
	Otras fuentes	Ruidos de la Calle
		Otras denuncias
		Perros

Tabla 6.30: Fiscalizaciones de Ruido. Clasificación por tipo de denuncia. Comuna de Providencia.

Número de Denuncias		
Seremi Salud	Higiene y Control Ambiental	Seguridad Vecinal
34	242	13.978

Tabla 6.31: Fiscalizaciones de Ruido. Número de denuncias. Comuna de Providencia.

De la tabla anterior se observa la gran cantidad de denuncias que son recepcionadas por el departamento de Seguridad Vecinal. Como se menciona en un punto anterior, este departamento recibe todas las denuncias que son recepcionadas por vía telefónica, de esta manera el volumen de denuncias es bastante alto. Aplicando las características anteriormente descritas para filtrar la información, se eliminan algunas denuncias con el fin de mejorar el análisis y eliminar la información que no sirva para la realización del mapa de denuncias.

Una vez que se realiza el filtraje de datos de las denuncias que no sirven para la realización del mapa de la comuna de Providencia, se procede a ingresar cada denuncia por separado y tomando en cuenta la clasificación que corresponda. En Providencia se ingresaron un total de 1.157 denuncias para los dos años.

De esta manera se busca la dirección de cada denuncia y se procede a ingresarla en el mapa. Al ingresarla se diferencia el tipo de denuncia y el año en que se realizó, esta distinción se realiza utilizando distintos colores para todos los tipos de clasificación.

Las denuncias de ruido se agregan en el plano de formato ArcGIS, en este plano se encuentran georreferenciadas las fotos satelitales del sector. El resultado final del mapa de denuncias para la comuna de Providencia y la secuencia para agregarlas se observa en las siguientes figuras.



Figura 6.22: Plano en formato ArcGIS. Comuna de Providencia.



Figura 6.23: Foto satelital georreferenciada en plano de ArcGIS. Comuna de Providencia.



Figura 6.24: Denuncias de ruido clasificadas por tipo agregadas en ArcGIS. Comuna de Providencia.



Figura 6.25: Mapa resultante con foto satelital georreferenciada y denuncias de ruido. Comuna de Providencia.

De las figuras anteriores se observa el gran número de denuncias que posee la comuna de Providencia. En este caso el sector analizado es el de Suecia con Providencia donde se observa la gran cantidad de denuncias de todos los tipos.

En color rojo se observan las denuncias a los pubs o discoteques lo cuales poseen mayor número de denuncias, luego vienen en color naranja las denuncias efectuadas a las actividades de construcción y en azul las denuncias de los ruidos generados por restaurantes. Este sector se caracteriza por la gran cantidad de pubs y restaurantes que existen en el sector, lo que coincide con la gran cantidad de denuncias realizadas por ruidos de estas fuentes.

Además de pubs, en el sector existe gran cantidad de faenas de construcción lo que se deja en evidencia en el sector del mapa de denuncias.

La comuna de Providencia posee varias calles y avenidas en las cuales existe una gran cantidad de flujo de vehículos y de locomoción colectiva, pero pese a esto no se registra denuncias debido a esta fuente de ruido. El mapa de denuncias para la comuna de Providencia, se presenta en forma completa en el Anexo X el cual se está en formato digital.

6.5.3.3 Mapa de Denuncias de Ruido – Comuna de Antofagasta

En la comuna de Antofagasta se obtienen las denuncias mediante dos organismos, a través de la Seremi de Salud de Antofagasta, y mediante la Conama de Antofagasta.

Al igual que para Providencia, las denuncias son ordenadas por tipo, de esta manera se puede observar en el mapa cada tipo de fuente de ruido y poder realizar un análisis comparativo con las fuentes más denunciadas y los sectores en que se encuentran.

La clasificación de las denuncias obtenidas en la comuna de Antofagasta se muestra en la tabla a continuación.

Fiscalización de denuncias por ruido Comuna de Antofagasta	
Clasificación por tipo de denuncia	
Denuncias fiscalizadas	Denuncias Sin fiscalizar
Construcción	Construcción
Iglesia	Iglesia
Taller	Panadería
Otras fuentes	Pub
	Taller
	Supermercado
	Otras fuentes

Tabla 6.32: Fiscalizaciones de Ruido. Clasificación por tipo de denuncia. Comuna de Antofagasta.

Número de Denuncias	
Denuncias fiscalizadas	Denuncias Sin fiscalizar
19	51

Tabla 6.33: Fiscalizaciones de Ruido. Número de denuncias. Comuna de Antofagasta.

De las tablas anteriores se puede observar que el número de denuncias efectuadas en la comuna de Antofagasta es de una magnitud mucho menor en comparación con la comuna de Providencia.

Una vez que se tiene la información de todas las fiscalizaciones existentes en la comuna, se procede a realizar el filtraje de información. Este filtraje se realiza tomando los mismos parámetros que se le

aplico a la información de las denuncias de ruido en Providencia. En el mapa de denuncias de Antofagasta se ingresaron un total de 27 denuncias.

Una vez que se obtiene la información de las denuncias filtrada, se procede de la misma manera que en Providencia para ingresar las denuncias en el mapa. El resultado se observa a continuación.



Figura 6.26: Plano en formato ArcGIS. Comuna de Antofagasta.



Figura 6.27: Foto satelital georreferenciada en plano de ArcGIS. Comuna de Antofagasta.



Figura 6.28: Denuncias de ruido clasificadas por tipo agregadas en ArcGIS. Comuna de Antofagasta.

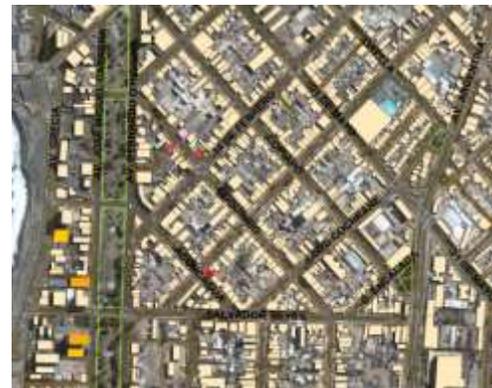


Figura 6.29: Mapa resultante con foto satelital georreferenciada y denuncias de ruido. Comuna de Antofagasta.

La Figura 6.29 muestra una sección del mapa de denuncias obtenido para la comuna de Antofagasta, si bien solo es una sección de toda el área de estudio, se puede observar que el número de denuncias posee un volumen bastante menor que el de la comuna de Providencia.

Este sector se encuentra ubicado entre Av. Grecia y Av. Argentina. Como se observa en la figura, y al igual que para Providencia, en color rojo se muestran las denuncias que corresponden a ruidos provenientes de pubs, en color naranja las denuncias de los ruidos emitidos por faenas de trabajos de construcción, y en color rosado las denuncias debido a ruidos de talleres en el sector.

El sector ubicado al frente de Av. Grecia posee la concentración de denuncias por ruidos provocados por faenas de construcción. Esto se debe a que este sector se encuentra frente al borde costero, y por lo tanto presenta varias construcciones de edificios habitacionales.

Este sector posee un gran flujo de vehículos y locomoción colectiva, pero no se ve reflejado en ninguna denuncia efectuada.

El mapa de denuncias para la comuna de Antofagasta, se presenta en forma completa en el Anexo X el cual se está en formato digital.

6.6 Distribución y Características de la Población, Censo 2002 INE.

En este capítulo se definen los conceptos geográficos censales y se detalla información de distribución y características de la población chilena obtenidas del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) con el fin de contrastar las denuncias, encuestas y mapas de ruido con las características de la población de cada región. Además se realiza un análisis más exhaustivo con áreas urbanas superiores a 150.000 habitantes ya que en éstas se realizarán en un futuro próximo los principales mapas de ruidos del país.

Para comprender con mayor facilidad cómo se elaboraron las estimaciones y proyecciones de población de Chile para los años posteriores al último censo del año 2002, se hace una breve descripción de los algoritmos y conceptos que se utilizan en el INE para elaborar proyecciones con el método de los componentes.

6.6.1 Conceptos Geográficos Censales (40)

- *Entidad Urbana*: Conjunto de viviendas concentradas con más de 2.000 habitantes, o entre 1.001 y 2.000 habitantes, con el 50% o más de su población económicamente activa, dedicada a actividades secundarias y/o terciarias. Excepcionalmente, los centros poblados que cumplen funciones de turismo y recreación con más de 250 viviendas concentradas y que no alcanzan el requisito de población se consideran urbanos.
- *Metrópolis*: Es la mayor representación urbana que tiene un país; concentra más de un millón de habitantes que corresponden a un elevado porcentaje de la población total nacional.
- *Grandes Áreas Urbanas*: Son áreas macrourbanas, que aúnan entidades de diversas comunas y que por procesos de conurbación han conformado una gran área urbana, sin apreciarse límites de separación entre ellas. El monto poblacional de estas áreas en su conjunto, supera los 500.000 hasta 1.000.000 de habitantes.
- *Ciudades Mayores*: Son ciudades capitales regionales o provinciales, que cuentan con una población entre 100.001 y 500.000 habitantes.
- *Ciudad (Cd)*: Entidad urbana que posee más de 5.000 habitantes.
- *Pueblo (Pb)*: Entidad urbana con una población que fluctúa entre 2.001 y 5.000 habitantes, o entre 1.001 y 2.000 habitantes y cumple el requisito de actividad económica.
- *Aldea (Al)*: Asentamiento humano, concentrado con una población que fluctúa entre 301 y 1.000 habitantes; excepcionalmente se asimilan a Aldeas, los centros de turismo y recreación entre 75 y 250 viviendas concentradas, que no alcanzan el requisito para ser considerados como pueblo.
- *Caserío (Cs)*: Asentamiento humano con nombre propio que posee 3 viviendas o más cercanas entre sí, con menos de 301 habitantes y que no forma parte de otra entidad.
- *Conurbación*: Es la unión física de dos o más centros urbanos de origen y desarrollo relativamente independiente, producto de la expansión territorial urbana de uno de ellos o de ambos a la vez. En los casos de conurbaciones de grandes ciudades, con identidad propia y tradición, resulta difícil asignar el nombre del centro conurbador. Por esta razón, a estos complejos urbanos se les denomina por ejemplo Metrópoli de Santiago, Gran Valparaíso, Gran Concepción, etc., manteniendo cada ciudad su identidad y categoría censal. La conurbación esta referida sólo a la unión entre entidades urbanas, es decir, se pueden dar las siguientes alternativas:

Ciudad + Ciudad

Ciudad + Pueblo

Pueblo + Pueblo

- Absorción: Es la unión física de un centro urbano Ciudad o Pueblo con una entidad rural Aldea o Caserío.
- Fusión: Es la unión física entre entidades rurales Aldeas y/con Caseríos.

6.6.2 Antecedentes Metodológicos (41) (42)

Tal como fuera mencionado, el método utilizado para proyectar la población del país es un método demográfico denominado “*método de los componentes*”. Este procedimiento expuesto detalladamente por Naciones Unidas (43)³, permite proyectar la población por sexo y edad considerando los cambios experimentados por los “componentes” del crecimiento demográfico, es decir, la fecundidad, la mortalidad y las migraciones.

La ecuación fundamental que describe el volumen, la composición y la distribución de la población para un momento y un espacio geográfico definido, es la “*ecuación compensadora*”. Si utilizáramos esta expresión para conocer, por ejemplo, la población total de Chile en el año 2005, a partir del 2000, el algoritmo de “estimación” a resolver sería el siguiente.

$$N^{2005} = N^{2000} + B^{2000-05} - D^{2000-05} + I^{2000-05} + E^{2000-05}$$

En esta ecuación compensadora, la población en el año 2005 (N^{2005}) es el resultado de sumar a la población inicial (N^{2000}) dos saldos: uno natural o vegetativo obtenido de la diferencia entre los nacimientos ($B^{2000-05}$) y las defunciones ($D^{2000-05}$) ocurridas en el quinquenio 2000-2005 y otro migratorio neto, que es la diferencia entre el número de inmigrantes y el de emigrantes del período 2000-2005 y que sobreviven al final de éste.

³ Para otras explicaciones sobre el “*método de los componentes*” y consideraciones metodológicas para elaborar las proyecciones de los países de América Latina consultar: CELADE, *Método para proyecciones demográficas, LC/DEM/CR/G.5, Serie E No 1003, San José – Costa Rica, Noviembre 1984.*

Ahora, cuando este algoritmo se utiliza para calcular la población por sexo y edad, en diferentes momentos futuros de un período de tiempo (plazo)⁴, estas elaboraciones se denominan “proyecciones de población”. A diferencia de las estimaciones, por cuestiones metodológicas en las proyecciones de población generalmente se identifican momentos bien específicos como se muestra a continuación.

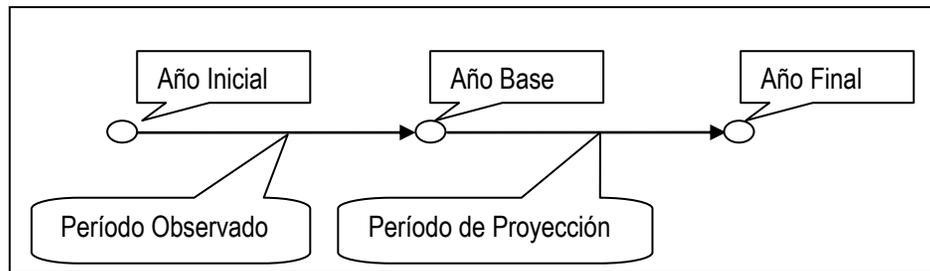


Figura 6.30: Esquema de proyección de población.

Aquí, el *año inicial* es un momento puntual del pasado que indica el comienzo del período total de proyección. La determinación o selección de dicho momento, tiene mucho que ver con aquel a partir del cual la calidad de las estadísticas por sexo y edad se hacen “confiables” (en el caso de Chile es 1950)⁵.

El *año base*, es la fecha más próxima, habitualmente terminada en 0 ó 5, para la que se dispone de recuentos completos de la composición de la población por sexo y edad, datos que a su vez, son coherentes con la evolución observada de la fecundidad, la mortalidad y las migraciones desde el año inicial (hasta este momento).

⁴ Diversos autores utilizan la denominación de “estimación” ya sea cuando los resultados se refieren a momentos puntuales en el tiempo, cuando cubren un período de tiempo relativamente corto o cuando no contemplan desagregaciones (por sexo y edad, por ejemplo). En este trabajo se habla de “proyección”, cuando la estimación es hacia el futuro. A diferencia de las estimaciones, las “proyecciones de población” son elaboraciones algo más complejas y extensas que describen la dinámica y variaciones de un conjunto de cohortes por sexo para uno o más espacios geográficos. Según el período que contemplan, se clasifican entre “proyecciones de largo plazo” (como las de este documento que describen la evolución de la población en un siglo), de “mediano plazo” (como lo son las proyecciones de Chile a nivel regional que cubren un período de 20 años) y las de “corto plazo” (como lo es para el caso de divisiones administrativas menores).

⁵ También se puede determinar el año inicial cuando se desea disponer de series homogéneas de información para distintas áreas geográficas. Procede así, por ejemplo, la División de Población de las Naciones Unidas en el sentido de que, a pesar que en muchos países del Mundo aún las estadísticas resultan muy incompletas y/o deficientes, todas las proyecciones se inician a partir de 1950.

De este modo, el *período observado* (tiempo transcurrido entre el año inicial y el año base) es aquel lapso para el que se dispone de datos estadísticos recopilados. En las estimaciones de población durante este período los cambios ya experimentados por la fecundidad, la mortalidad y las migraciones, deben ser coherentes con la población por sexo y edades de los censos lo que habitualmente se logra mediante el procedimiento denominado "*conciliación censal*".

El *período proyectado* (que va desde el año base hasta el año final de la proyección) comprende la población por sexo y edad que se obtiene aplicando, a partir del año (o población) base, diferentes hipótesis de evolución futura para cada uno de los "componentes" del crecimiento demográfico.

Considerando que la fecundidad es el "componente" que más incide en el tamaño, distribución y composición de la población, generalmente las proyecciones contemplan 4 hipótesis de evolución probable de su nivel (constante, alta, media y baja). De ellas, la hipótesis constante se elabora sólo con fines teóricos⁶, las hipótesis alta y baja contemplan situaciones extremas del número medio de hijos por mujer hacia el año final de la proyección y la *hipótesis media* o recomendada, es la que considera la evolución más probable de la fecundidad.

Para proyectar la población por sexo y edad del área urbana-rural de todas las regiones y comunas del país se ha utilizado el método denominado "Método de Relación de Cohortes" (44). En el caso de las regiones, tal como se hiciera para el país en su conjunto, se ha proyectado la población rural obteniéndose por diferencia, en todos los casos, la población del área urbana. Con esta técnica que debe su nombre al hecho de seguir la lógica demográfica del estudio de cohortes, las proyecciones de la población del área rural de una región se elaboran por quinquenios, sexo y grupos quinquenales de edad.

⁶ Esto en ningún caso invalida la posibilidad de elaborar proyecciones en las que se contemplen ya sea, hipótesis sobre la evolución de los otros "componentes" u otros niveles esperados de la fecundidad. Se ha observado el caso de países en los que al momento de elaborar las proyecciones o poco antes, se han introducido políticas (de inmigración, sobre los niveles de fecundidad, etc.) y para las que se tiene seguridad que sus resultados afectarán –durante todo el período de proyección o en parte de él- las hipótesis recomendadas. Para dichos países, suele elaborarse al menos una hipótesis más de evolución futura de la población y cuyos resultados se conocen como "proyecciones programáticas".

6.6.3 Población Rural y Urbana (40)

La cantidad y porcentaje de población en sector rural y urbano se especifica en las siguientes tablas, tanto para el año 2002 según Censo de 2002 como para el año de 2008 de acuerdo a la estimación realizada por el INE.

Región	Nº Rural	% Rural	Nº Urbana	% Urbana	Total
I	25.456	5,9	403.138	94,1	428.594
II	11.438	2,3	482.546	97,7	493.984
III	21.717	8,5	232.619	91,5	254.336
IV	132.288	21,9	470.922	78,1	603.210
V	129.950	8,4	1.409.902	91,6	1.539.852
VI	232.043	29,7	548.584	70,3	780.627
VII	305.077	33,6	603.020	66,4	908.097
VIII	333.256	17,9	1.528.306	82,1	1.861.562
IX	281.127	32,3	588.408	67,7	869.535
X	338.756	31,6	734.379	68,4	1.073.135
XI	17.885	19,5	73.607	80,5	91.492
XII	11.157	7,4	139.669	92,6	150.826
M	186.172	3,1	5.875.013	96,9	6.061.185

Tabla 6.34: Población Urbana-Rural, INE Censo 2002.

Región	Nº Rural	% Rural	Nº Urbana	% Urbana	Total
I	35.468	7,3	452.181	92,7	487.649
II	13.847	2,5	547.757	97,5	561.604
III	24.977	9,0	251.503	91,0	276.480
IV	139.262	20,0	558.756	80,0	698.018
V	145.576	8,5	1.575.012	91,5	1.720.588
VI	252.829	29,2	613.420	70,8	866.249
VII	327.156	33,0	664.386	67,0	991.542
VIII	337.260	16,8	1.672.289	83,2	2.009.549
IX	306.118	32,1	647.717	67,9	953.835
X	362.764	30,4	829.335	69,6	1.192.099
XI	16.813	16,4	85.819	83,6	102.632
XII	11.228	7,1	146.346	92,9	157.574
M	219.861	3,3	6.525.790	96,7	6.745.651

Tabla 6.35: Población Urbana-Rural. Estimación INE al 30 de junio de 2008.

6.6.4 Migraciones Internas Regionales (45)

La migración es un movimiento de población que cruza un límite geográfico definitorio, implicando un cambio de residencia habitual. Este límite geográfico se puede definir entre países (migración internacional) o al interior de un mismo país (migración interna). Por ejemplo, el movimiento o cambio residencial entre regiones del país se asocia a la migración regional. En la siguiente tabla, se muestra la tasa de migración neta que expresa el número medio de personas de 5 años o más de edad, que se quedan a vivir en la región de destino (inmigración), o se van de la región de origen (emigración), en cada uno de los 5 años anteriores al censo respectivo, por cada mil habitantes de 5 años o más de la región. Puede resultar con saldo positivo (hay más gente que llega de la que sale), o con saldo negativo (hay menos gente que llega que la que sale) o, finalmente, con saldo cero (igual número de llegadas y de salidas)

$$TMN = TI - TE$$

Donde: TMN: Tasa de Migración Neta, TI: Tasa de inmigración y TE: Tasa de emigración.

Región	TI	TE	TMN
I	22,3	21,7	0,6
II	19,7	18,5	1,3
III	17,5	22,6	-5,2
IV	17,8	13,3	4,6
V	14,7	11,5	3,1
VI	13,4	12,2	1,3
VII	11,3	11,7	-0,4
VIII	9,3	11,5	-2,2
IX	13,7	14,2	-0,5
X	12,7	12	0,8
XI	21,9	22,5	-0,6
XII	23,6	30,3	-6,7
M	8,3	8,7	-0,5

Tabla 6.36: TMN, TI y TE por mil personas. INE Censo 2002.

6.6.5 Estimación de Población País Futuro (46)

Las proyecciones de población de las áreas urbana-rural, fueron elaboradas por el Departamento de Demografía del INE para los años 1990 al 2020.

Año	Total	Urbana	Rural	Hombres	Mujeres
1990	13.178.782	10.999.028	2.179.754	6.511.708	6.667.074
1991	13.422.010	11.236.167	2.185.843	6.633.582	6.788.428
1992	13.665.241	11.473.309	2.191.932	6.755.455	6.909.786
1993	13.908.473	11.710.456	2.198.017	6.877.330	7.031.143
1994	14.151.708	11.947.604	2.204.104	6.999.206	7.152.502
1995	14.394.940	12.184.755	2.210.185	7.121.081	7.273.859
1996	14.595.504	12.415.178	2.180.326	7.220.924	7.374.580
1997	14.796.076	12.645.610	2.150.466	7.320.768	7.475.308
1998	14.996.647	12.876.051	2.120.596	7.420.612	7.576.035
1999	15.197.213	13.106.477	2.090.736	7.520.454	7.676.759
2000	15.397.784	13.336.913	2.060.871	7.620.300	7.777.484
2001	15.571.679	13.494.230	2.077.449	7.706.752	7.864.927
2002	15.745.583	13.651.558	2.094.025	7.793.208	7.952.375
2003	15.919.479	13.808.880	2.110.599	7.879.658	8.039.821
2004	16.093.378	13.966.203	2.127.175	7.966.110	8.127.268
2005	16.267.278	14.123.527	2.143.751	8.052.564	8.214.714
2006	16.432.674	14.272.454	2.160.220	8.134.314	8.298.360
2007	16.598.074	14.421.386	2.176.688	8.216.068	8.382.006
2008	16.763.470	14.570.311	2.193.159	8.297.819	8.465.651
2009	16.928.873	14.719.246	2.209.627	8.379.571	8.549.302
2010	17.094.270	14.868.171	2.226.099	8.461.322	8.632.948
2011	17.248.450	15.006.226	2.242.224	8.536.904	8.711.546
2012	17.402.630	15.144.277	2.258.353	8.612.483	8.790.147
2013	17.556.815	15.282.334	2.274.481	8.688.067	8.868.748
2014	17.711.004	15.420.393	2.290.611	8.763.652	8.947.352
2015	17.865.185	15.558.447	2.306.738	8.839.232	9.025.953
2016	18.001.964	15.680.891	2.321.073	8.905.405	9.096.559
2017	18.138.749	15.803.336	2.335.413	8.971.580	9.167.169
2018	18.275.530	15.925.781	2.349.749	9.037.752	9.237.778
2019	18.412.316	16.048.230	2.364.086	9.103.928	9.308.388
2020	18.549.095	16.170.670	2.378.425	9.170.100	9.378.995

Tabla 6.37: Población Total Estimada 1990-2020. Área urbana-rural y Género. Fuente INE.

6.6.6 Análisis e Identificación de Ciudades en Base al Número de Habitantes (42) (40)

De acuerdo a la información obtenida en el INE en la siguiente tabla se muestran las Capitales Regionales y Ciudades Mayores de Chile ordenadas por cantidad de habitantes de acuerdo al Censo 2002 y además su proyección al año 2008.

Nº	Región	Ciudad	Censo 2002	Proyección 2008	Superficie Km²	Densidad Poblacional 2002	Densidad Poblacional Proyectada al 2008
1	M	Puente Alto	492.603	670.238	63,7	7.729,5	10.516,8
2	M	Maipú	463.103	734.494	54,9	8.436,9	13.381,2
3	M	La Florida	365.563	397.456	39,1	9.356,6	10.172,9
4	V	Viña del mar	286.931	291.901	87,3	3.285,6	3.342,5
5	II	Antofagasta	285.255	354.461	43,5	6.551,6	8.141,0
6	V	Valparaíso	263.499	274.447	47,3	5.567,3	5.798,6
7	M	Las Condes	249.893	280.148	99,2	2.519,8	2.824,9
8	M	San Bernardo	237.708	296.509	51,6	4.605,9	5.745,2
9	IX	Temuco	227.086	293.169	46,1	4.925,9	6.359,4
10	M	Peñalolén	216.060	242.664	54,4	3.971,0	4.459,9
11	VIII	Concepción	212.003	226.897	56,0	3.789,2	4.055,4
12	VI	Rancagua	206.971	240.126	50,4	4.109,8	4.768,2
13	M	Santiago	200.792	175.213	23,2	8.654,8	7.552,3
14	M	Pudahuel	192.258	250.311	17,9	10.728,7	13.968,2
15	M	La Pintana	190.085	202.085	30,7	6.189,7	6.580,4
16	VII	Talca	189.505	235.089	46,0	4.116,1	5.106,2
17	M	El Bosque	175.594	172.423	14,3	12.270,7	12.049,1
18	I	Arica	175.441	183.120	41,9	4.188,1	4.371,4
19	I	Iquique	164.396	183.730	22,1	7.432,0	8.306,1
20	M	Ñuñoa	163.511	151.045	16,9	9.680,9	8.942,9
21	VIII	Talcahuano	161.692	171.584	50,7	3.192,3	3.387,6
22	X	Puerto Montt	153.118	225.008	39,6	3.868,6	5.684,9
23	IV	Coquimbo	148.438	201.601	41,8	3.549,5	4.820,7
24	M	Cerro Navia	148.312	139.531	11,0	13.482,9	12.684,6
25	M	Recoleta	148.220	132.165	15,8	9.357,3	8.343,8
26	IV	La Serena	147.815	200.244	65,6	2.253,6	3.053,0
27	VIII	Chillán	146.701	174.459	33,4	4.390,9	5.221,8
28	M	Renca	133.518	133.329	24,0	5.563,3	5.555,4
29	M	Conchalí	133.256	114.997	11,0	12.070,3	10.416,4
30	M	La Granja	132.520	127.332	10,0	13.212,4	12.695,1
31	X	Osorno	132.245	160.447	31,8	4.156,0	5.042,3
32	M	Estación Central	130.394	117.552	14,4	9.036,3	8.146,4
33	X	Valdivia	127.750	156.932	42,4	3.013,7	3.702,1
34	V	Quilpué	126.893	152.449	38,1	3.334,0	4.005,5
35	II	Calama	126.135	147.605	18,2	6.926,7	8.105,7
36	M	Quilicura	125.999	189.281	38,7	3.254,1	4.888,5
37	III	Copiapó	125.983	155.208	47,8	2.637,3	3.249,1
38	M	Providencia	120.874	126.016	14,3	8.429,1	8.787,7
39	VIII	Los Ángeles	117.972	192.962	27,4	4.313,4	7.055,3
40	XII	Punta Arenas	116.005	124.273	39,0	2.972,2	3.184,0
41	M	Pedro Aguirre Cerda	114.560	99.132	8,9	12.857,5	11.125,9
42	M	Lo Espejo	112.800	103.794	8,5	13.349,1	12.283,3
43	M	Macul	112.535	102.504	12,9	8.757,6	7.977,0
44	M	Lo Prado	104.316	96.165	6,6	15.926,1	14.681,7
45	M	Quinta Normal	104.012	92.185	11,9	8.762,6	7.766,2
46	XI	Coyhaique	44.850	56.669	18,3	2.454,8	3.101,8

Tabla 6.38: Ciudades de Chile ordenadas por población, INE Censo 2002. (Capitales regionales están en negrita).

6.6.7 Áreas Urbanas con más de 150.000 Habitantes o Capitales Regionales (40) (47)

Para definir el área de estudio que abarcarán los futuros mapas de ruido podemos agrupar las entidades urbanas en áreas urbanas de acuerdo a su cantidad de población y densidad. Para nuestro caso podemos diferenciar las áreas urbanas en ciudades mayores, conurbaciones que forman una metrópoli o grandes ciudades, y ciudades capitales regionales. En las siguientes tablas se especifican las entidades urbanas que conforman cada una de las áreas urbanas contenidas en el estudio. Además, se considera la regionalización vigente que incorpora dos nuevas regiones (XIV Región de los Ríos y XV Región de Arica y Parinacota).

	Denominación	Región	Habitantes	Superficie km ²	Densidad
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	M	5.428.590	867,75	6.256
2	Conurbación Gran Valparaíso	V	803.683	229,98	3.495
3	Conurbación Gran Concepción	VIII	666.381	221,15	3.013
4	Conurbación La Serena	IV	296.253	107,41	2.758
5	Antofagasta	II	285.255	43,54	6.552
6	Conurbación Temuco	IX	260.783	53,23	4.899
7	Conurbación Rancagua	VI	236.363	69,84	3.384
8	Talca	VII	189.505	46,04	4.116
9	Arica	XV	175.441	41,89	4.188
10	Conurbación Chillán	VIII	165.528	41,03	4.034
11	Iquique	I	164.396	22,12	7.432
12	Puerto Montt	X	153.118	39,58	3.869
13	Valdivia	XIV	127.750	42,40	3.013
14	Copiapó	III	125.983	47,77	2.637
15	Punta Arenas	XII	116.005	39,03	2.972
16	Coyhaique	XI	44.850	18,27	2.455

Tabla 6.39: Áreas urbanas más pobladas de Chile, INE Censo 2002.

A continuación se especificarán las entidades que contienen cada una de las áreas urbanas en estudio.

	Denominación	Región	Habitantes	Superficie km ²	Densidad
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	M	5.428.590	867,75	6.256
	Santiago	M	200.792	23,20	8.655
	Cerrillos	M	71.906	16,61	4.329
	Cerro Navía	M	148.312	11,00	13.483

	Denominación	Región	Habitantes	Superficie km ²	Densidad
	Conchalí	M	133.256	11,04	12.070
	El Bosque	M	175.594	14,31	12.271
	Estación Central	M	130.394	14,43	9.036
	Huechuraba	M	74.070	21,20	3.494
	Independencia	M	65.479	7,42	8.825
	La Cisterna	M	85.118	10,04	8.478
	La Florida	M	365.563	39,07	9.357
	La Granja	M	132.520	10,03	13.212
	La Pintana	M	190.085	30,71	6.190
	La Reina	M	96.762	23,73	4.078
	Las Condes	M	249.893	99,17	2.520
	Lo Barnechea	M	72.278	54,83	1.318
	Lo Espejo	M	112.800	8,45	13.349
	Lo Prado	M	104.316	6,55	15.926
	Macul	M	112.535	12,85	8.758
	Maipú	M	463.103	54,89	8.437
	Ñuñoa	M	163.511	16,86	9.698
	Pedro Aguirre Cerda	M	114.560	8,91	12.857
	Peñalolén	M	216.060	54,41	3.971
	Providencia	M	120.874	14,34	8.429
	Pudahuel	M	192.258	17,92	10.729
	Quilicura	M	125.999	38,72	3.254
	Quinta Normal	M	104.012	11,87	8.763
	Recoleta	M	148.220	15,84	9.357
	Renca	M	133.518	24,00	5.563
	San Joaquín	M	97.625	9,89	9.871
	San Miguel	M	78.872	9,71	8.123
	San Ramón	M	94.906	6,37	14.899
	Vitacura	M	81.499	28,63	2.847
	Puente Alto	M	492.603	63,73	7.730
	Pirque	M	4.855	12,22	397
	La Obra-Las Vertientes	M	2.477	5,77	429
	San Bernardo	M	237.708	51,61	4.606
	Padre Hurtado	M	34.257	7,42	4.617

Tabla 6.40: Entidades urbanas que conforman la conurbación de la metrópoli de Santiago.

	Denominación	Región	Habitantes	Superficie km ²	Densidad
2	Conurbación Gran Valparaíso	V	803.683	229,98	3.495
	Valparaíso	V	263.499	47,33	5.567
	Concón	V	31.558	26,00	1.214
	Quilpué	V	126.893	38,06	3.334
	Villa Alemana	V	94.802	31,26	3.033
	Viña del mar	V	286.931	87,33	3.286
3	Conurbación Gran Concepción	VIII	666.381	221,15	3.013
	Concepción	VIII	212.003	55,95	3.789
	Chiguayante	VIII	81.238	33,97	2.391
	Penco	VIII	45.361	12,01	3.777
	San Pedro de la Paz	VIII	80.159	49,09	1.633
	Talcahuano	VIII	161.692	50,65	3.192
	Hualpén	VIII	85.928	19,48	4.411
4	Conurbación La Serena	IV	296.253	107,41	2.758
	La Serena	IV	147.815	65,59	2.254
	Coquimbo	IV	148.438	41,82	3.549
5	Antofagasta	II	285.255	43,54	6.552
	Antofagasta	II	285.255	43,54	6.552
6	Conurbación Temuco	IX	260.783	53,23	4.899
	Temuco	IX	227.086	46,10	4.926
	Padre las Casas	IX	33.697	7,13	4.726
7	Conurbación Rancagua	VI	236.363	69,84	3.384
	Rancagua	VI	206.971	50,36	4.110
	Machalí	VI	23.920	16,19	1.477
	Gultra	VI	5.472	3,29	1.663
8	Talca	VII	189.505	46,04	4.116
	Talca	VII	189.505	46,04	4.116
9	Arica	XV	175.441	41,89	4.188
	Arica	XV	175.441	41,89	4.188
10	Conurbación Chillán	VIII	165.528	41,03	4.034
	Chillán	VIII	146.701	33,41	4.391
	Chillán Viejo	VIII	18.827	7,62	2.471
11	Iquique	I	164.396	22,12	7.432
	Iquique	I	164.396	22,12	7.432
12	Puerto Montt	X	153.118	39,58	3.869
	Puerto Montt	X	153.118	39,58	3.869
13	Valdivia	XIV	127.750	42,40	3.013
	Valdivia	XIV	127.750	42,40	3.013
14	Copiapó	III	125.983	47,77	2.637
	Copiapó	III	125.983	47,77	2.637
15	Punta Arenas	XII	116.005	39,03	2.972
	Punta Arenas	XII	116.005	39,03	2.972
16	Coyhaique	XI	44.850	18,27	2.455
	Coyhaique	XI	44.850	18,27	2.455

Tabla 6.41: Conurbaciones, ciudades y capitales regionales ordenadas por cantidad de población.

6.6.8 Crecimiento Poblacional de Áreas Urbanas en Estudio (42)

La tasa de crecimiento de la población (TCP) indica la tendencia de la población a crecer o a decrecer en el tiempo, y se define como la suma aritmética entre la Tasa de Crecimiento Natural (TCN) y la Tasa de Migración Neta (TMN) vista anteriormente. A su vez, la Tasa de Crecimiento Natural es la diferencia entre la Tasa Bruta de Natalidad (TBN) y la Tasa de Bruta de Mortalidad (TBM).

$$TCP = TCN + TMN$$

$$TCN = TBN - TBM$$

En el INE se cuenta con información directa de TCP proyectado por quinquenio para cada entidad, por lo que podemos calcular el promedio de las entidades asociadas a cada área urbana en estudio como se puede ver en la siguiente tabla.

	Denominación	TCP %
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	0,3
2	Conurbación Gran Valparaíso	2,1
3	Conurbación Gran Concepción	-0,2
4	Conurbación La Serena	2,5
5	Antofagasta	2,0
6	Conurbación Temuco	2,1
7	Conurbación Rancagua	1,3
8	Talca	1,7
9	Arica	-0,3
10	Conurbación Chillán	1,9
11	Iquique	-4,1
12	Puerto Montt	2,8
13	Valdivia	1,2
14	Copiapó	2,1
15	Punta Arenas	0,3
16	Coyhaique	1,3

Tabla 6.42: Tasa de crecimiento de la población promedio de las entidades urbanas indicadas, del quinquenio 2000-2005, fuente INE Censo 2002.

	Denominación	TCP %
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	0,3
	Santiago	-1,6
	Cerrillos	-0,7
	Cerro Navia	-0,9
	Conchalí	-1,9
	El Bosque	-0,3
	Estación Central	-1,3
	Huechuraba	1,4
	Independencia	-2,0
	La Cisterna	-1,4
	La Florida	0,6
	La Granja	-0,6
	La Pintana	0,6
	La Reina	0,1
	Las Condes	1,5
	Lo Barnechea	3,5
	Lo Espejo	-1,1
	Lo Prado	-1,1
	Macul	-1,1
	Maipú	5,4
	Ñuñoa	-0,8
	Pedro Aguirre Cerda	-1,8
	Peñalolén	1,3
	Providencia	0,8
	Pudahuel	2,9
	Quilicura	4,8
	Quinta Normal	-1,5
	Recoleta	-1,4
	Renca	-0,1
	San Joaquín	-2,0
	San Miguel	-0,7
	San Ramón	-1,0
	Vitacura	0,0
	Puente Alto	3,6
	Pirque	3,3
	La Obra-Las Vertientes ⁷	0,8
	San Bernardo ¹⁴	2,2
	Padre Hurtado	2,4

Tabla 6.43: Tasa de crecimiento de la población promedio de las entidades urbanas de la conurbación de la metrópoli de Santiago, del quinquenio 2000-2005, fuente INE Censo 2002.

	Denominación	TCP %
2	Conurbación Gran Valparaíso	2,1
	Valparaíso	-0,1
	Concón	5,5
	Quilpué	2,0

⁷ Se considera datos pertenecientes a la comuna de esta ciudad.

	Denominación	TCP %
	Villa Alemana	2,9
	Viña del mar	0,2
3	Conurbación Gran Concepción	-0,2
	Concepción	0,5
	Chiguayante	3,7
	Penco	1,3
	San Pedro de la Paz	1,7
	Talcahuano	-8,4
	Hualpén ⁸	-
4	Conurbación La Serena	2,5
	La Serena	2,6
	Coquimbo	2,4
5	Antofagasta	2,0
	Antofagasta	2,0
6	Conurbación Temuco	2,1
	Temuco	2,0
	Padre las Casas	2,1
7	Conurbación Rancagua	1,3
	Rancagua	1,3
	Machali	1,7
	Gultró ¹⁴	0,9
8	Talca	1,7
	Talca	1,7
9	Arica	-0,3
	Arica	-0,3
10	Conurbación Chillán	1,9
	Chillán ¹⁴	0,8
	Chillán Viejo	3,0
11	Iquique	-4,1
	Iquique	-4,1
12	Puerto Montt	2,8
	Puerto Montt	2,8
13	Valdivia	1,2
	Valdivia	1,2
14	Copiapó	2,1
	Copiapó	2,1
15	Punta Arenas	0,3
	Punta Arenas	0,3
16	Coyhaique	1,3
	Coyhaique	1,3

Tabla 6.44: Proyección de tasas de crecimiento de la población promedio de las entidades urbanas de conurbaciones, ciudades y capitales regionales, quinquenio 2000-2005, fuente INE Censo 2002.

⁸ Ciudad creada el 13 de marzo de 2008, falta información.

6.6.9 Otras Características de la Población

Las siguientes tablas definen características más específicas de la población de las áreas urbanas en estudio, destacando grupos etarios, géneros, niveles socioeconómicos, escolaridad y etnias.

	Denominación	Total	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80+
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	5.445.647	854.219	930.411	901.280	892.770	749.533	505.895	316.890	202.547	92.102
2	Conurbación Gran Valparaíso	815.325	117.794	139.896	132.567	120.562	110.696	78.597	57.138	40.504	17.571
3	Conurbación Gran Concepción	667.725	103.495	120.511	113.356	106.760	91.772	61.564	38.288	22.450	9.529
4	Conurbación La Serena	302.131	51.200	56.300	49.563	47.371	39.763	25.653	17.141	10.582	4.558
5	Antofagasta	295.792	50.446	51.689	52.785	48.063	40.442	24.814	14.942	9.247	3.364
6	Conurbación Temuco	266.225	43.272	49.446	49.004	42.701	33.529	21.798	13.927	8.500	4.048
7	Conurbación Rancagua	241.721	41.458	42.428	37.057	39.693	34.317	22.603	13.120	7.894	3.151
8	Talca	193.755	31.759	35.650	32.174	30.278	25.960	17.765	10.668	6.573	2.928
9	Arica	175.441	29.384	33.297	27.923	26.502	23.385	16.697	10.259	5.808	2.186
10	Conurbación Chillán	166.842	26.844	30.476	26.252	27.315	22.443	15.141	9.878	5.842	2.651
11	Iquique	214.586	39.651	38.266	35.797	35.283	30.449	17.631	9.605	5.777	2.127
12	Puerto Montt	155.895	27.291	28.034	27.144	28.582	19.840	11.990	7.271	3.936	1.807
13	Valdivia	129.952	19.773	23.901	22.364	20.466	17.073	11.426	7.696	4.989	2.264
14	Copiapó	125.983	22.964	23.807	19.756	20.906	16.770	10.038	6.447	3.796	1.499
15	Punta Arenas	116.005	17.699	20.582	17.605	18.513	18.016	10.567	6.908	4.202	1.913
16	Coyhaique	44.850	8.269	9.612	6.558	7.342	6.335	3.402	1.892	982	458

Tabla 6.45: Grupos etarios, fuente INE Censo 2002. (48)

	Denominación	Total	Hombres	Mujeres
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	5.428.590	2.615.486	2.813.155
2	Conurbación Gran Valparaíso	803.683	386.446	417.237
3	Conurbación Gran Concepción	666.381	321.039	345.342
4	Conurbación La Serena	296.253	143.135	153.118
5	Antofagasta	285.255	142.686	142.569
6	Conurbación Temuco	260.783	124.077	136.706

	Denominación	Total	Hombres	Mujeres
7	Conurbación Rancagua	236.363	115.584	120.779
8	Talca	189.505	90.581	98.924
9	Arica	175.441	85.815	89.626
10	Conurbación Chillán	165.528	78.313	87.215
11	Iquique	164.396	82.403	81.993
12	Puerto Montt	153.118	75.746	77.372
13	Valdivia	127.750	61.948	65.802
14	Copiapó	125.983	62.762	63.221
15	Punta Arenas	116.005	58.160	57.845
16	Coyhaique	44.850	22.301	22.549

Tabla 6.46: Población por género, fuente INE Censo 2002. (40)

	Denominación	ABC1	C2	C3	D	E
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	11,8	18,6	24,7	35,7	9,2
2	Conurbación Gran Valparaíso	9,8	20,3	26,5	34,3	9,2
3	Conurbación Gran Concepción	8,3	19,1	25,6	32,6	14,6
4	Conurbación La Serena	6,8	17,9	24,9	35,6	15,0
5	Antofagasta	10,3	21,0	27,0	32,6	9,2
6	Conurbación Temuco	9,3	19,0	24,9	30,5	16,4
7	Conurbación Rancagua	7,8	20,0	27,8	33,6	10,9
8	Talca	5,6	15,4	26,4	35,9	16,7
9	Arica	5,5	16,7	26,9	36,5	14,4
10	Conurbación Chillán	5,8	14,5	24,0	34,1	21,5
11	Iquique	8,3	19,6	26,4	34,8	11,0
12	Puerto Montt	5,8	15,4	20,3	33,8	24,7
13	Valdivia	7,8	16,0	24,0	32,9	19,3
14	Copiapó	6,8	16,6	24,7	36,2	15,7
15	Punta Arenas	7,0	19,5	27,0	34,8	11,8
16	Coyhaique ⁹	4,7	12,5	17,9	33,3	31,6

Tabla 6.47: Distribución de Nivel socioeconómico en hogares, realizado por Adimark según fuente INE Censo 2002. (49)

	Denominación	Escolaridad Promedio
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	10,9
2	Conurbación Gran Valparaíso	11,1
3	Conurbación Gran Concepción	10,9
4	Conurbación La Serena	10,3
5	Antofagasta	10,7
6	Conurbación Temuco	10,3

⁹ Falta información, por lo tanto se considera el dato a nivel regional.

	Denominación	Escolaridad Promedio
7	Conurbación Rancagua	9,7
8	Talca	10,4
9	Arica	10,6
10	Conurbación Chillán	10,3
11	Iquique	10,8
12	Puerto Montt	9,9
13	Valdivia	10,3
14	Copiapó	11,0
15	Punta Arenas	10,5
16	Coyhaique	9,7

Tabla 6.48: Años de escolaridad cursados por una persona de 15 o más años de edad, CASEN 2006 MIDEPLAN, Fuente INE. (50)

	Denominación	Pertenecientes a Grupos Étnicos
1	Conurbación Metrópoli de Santiago	180.576
2	Conurbación Gran Valparaíso	9.322
3	Conurbación Gran Concepción	15.412
4	Conurbación La Serena	3.364
5	Antofagasta	5.104
6	Conurbación Temuco	56.440
7	Conurbación Rancagua	4.189
8	Talca	1.753
9	Arica	26.768
10	Conurbación Chillán	1.957
11	Iquique	12.832
12	Puerto Montt	8.194
13	Valdivia	6.992
14	Copiapó	3.689
15	Punta Arenas	6.767
16	Coyhaique	4.055

Tabla 6.49: Cantidad de habitantes pertenecientes a grupos étnicos, INE Censo 2002. (48)

6.6.10 Casos en Estudio

Para los casos en estudio se considera la comuna de Providencia y parte de la comuna de Antofagasta. La división geográfica censal adoptada es a nivel de Distrito Censal (DC) para Providencia y de Zona Censal (ZC) para Antofagasta.

Antofagasta	Superficie Km ²	Población Total	Densidad
Área Estudio	5,07	52.062	10.266
DC- 9 ZC-1	0,49	5.070	10.446
DC-9 ZC-2	0,21	3.381	15.841
DC-8 ZC-1	0,41	3.185	7.720
DC-8 ZC-2	0,58	4.453	7.697
DC-8 ZC-3	0,45	5.259	11.756
DC-7 ZC-1	0,36	5.494	15.122
DC-7 ZC-4	0,38	4.592	12.185
DC-6 ZC-1	0,68	2.921	4.277
DC-6 ZC-2	0,55	5.650	10.289
DC-3 ZC-3	0,34	5.858	17.101
DC-3 ZC-4	0,24	3.091	12.973
DC-3 ZC-5	0,38	3.108	8.156

Tabla 6.50: Densidad de Población de Antofagasta, INE Censo 2002.

Providencia	Superficie Km ²	Población Total	Densidad Total
Área Estudio	14,4	120.874	8.394
DC-01 Condell	2,1	15.977	7.608
DC-02 Pedro de Valdivia	1,7	19.896	11.704
DC-03 Los Leones	1,7	22.985	13.521
DC-04 Pucuro	2,8	29.934	10.691
DC-05 Diego de Almagro	1,0	8.606	8.606
DC-06 Parque Bustamante	1,1	10.505	9.550
DC-07 Pedro de Valdivia Norte	3,2	7.432	2.323
DC-08 Hospital Militar	0,8	5.518	6.898
DC-99 Rezagados	-	21	-

Tabla 6.51: Densidad de Población de Providencia, INE Censo 2002.

6.6.11 Análisis

Una forma de poder delimitar geográficamente los mapas de ruido es de acuerdo a distritos y zonas censales, ya que es posible solicitar información demográfica en los respectivos INE regionales para cada una de las áreas en estudio.

Luego de levantar información referente a población y variables demográficas de las posibles zonas en que se construirán mapas de ruidos, se puede decir que hay múltiples factores relacionados que sirven

para distinguir que áreas territoriales requieren un mapa de ruido. Por ejemplo, si observamos el caso de entidades urbanas con una alta densidad poblacional tal como la ciudad de Lo Prado que posee según censo 2002 unos 15.926 habitantes por kilómetro cuadrado, es muy probable que para una fuente fija de ruido ubicada en cualquier parte de la ciudad afecte a una mayor cantidad de personas por unidad de superficie que si ponemos esta misma fuente de ruido en una ciudad con menor densidad poblacional, principalmente porque la cantidad de habitantes puede estar más espaciada y mejor distribuida en su territorio ya que recordemos que el ruido se atenúa a medida que aumenta la distancia y sí en ese radio de expansión existe una alta densidad de población es muy probable que afecte a una mayor cantidad de personas.

Los niveles socioeconómicos son importantes a la hora de evaluar el grado de la molestia del ruido, esto principalmente porque hay diferencias notorias en cuanto al confort y calidad de vida, por ejemplo, una persona que toda su vida ha pertenecido a un Nivel Socioeconómico ABC1 es mucho más probable que sea más sensible al ruido que una persona que ha pertenecido siempre a un Nivel Socioeconómico E, esto principalmente se debe a que la gente a lo largo de su vida se acostumbra a un entorno acústico determinado y que sí se cambia a un entorno acústico más hostil es muy probable que se sienta afectado por el ruido, deteriorando su salud y calidad de vida.

El nivel de escolaridad tiene relación con aspectos culturales y económicos, principalmente por las oportunidades que esto involucra, como por ejemplo, en el caso básico de escolaridad como lo es el saber leer y escribir, abre oportunidades de trabajo, lo que a su vez permite tener un ingreso económico, y mientras más años de escolaridad tenga una persona, más herramientas y posibilidades tendrá esa persona para escalar de nivel socioeconómico y como se explicó anteriormente esto se relaciona con el grado de las molestias que las personas experimenten por el ruido.

En los grupos etarios existen claras diferencias con respecto a la sensibilidad del ruido, por ejemplo, en personas de avanzada edad es muy posible que sean mucho más sensibles al ruido y les moleste cualquier ruido que perturbe su tranquilidad, como también es natural que a medida que las personas van envejeciendo padezcan de presbiacusia que es la disminución fisiológica y paulatina de la capacidad auditiva para oír principalmente frecuencias agudas. También existe un debate respecto a que esto también está relacionado con el tipo género ya que la presbiacusia afecta naturalmente tanto

a hombres como a mujeres, pero en general es más predominante sobre hombres ya que la sociedad a través de los años ha influenciado a que los hombres estén más expuestos a lo largo de su vida a múltiples actividades ruidosas que las mujeres, principalmente por ambientes laborales ruidosos o actividades perjudiciales para la audición como lo son la utilización de armas de fuego para la caza o la guerra que históricamente han sido utilizadas por el género masculino. En las culturas preindustriales la gente no estaba expuesta a los ruidos característicos de la industrialización, ni ingería fármacos que pudieran lesionar al oído, y no presentaban debilitamiento auditivo en frecuencias agudas en la vejez como en la actualidad. Dado que esto se relaciona con condiciones ambientales, el fenómeno recibe el nombre de Socioacusia. Se han realizado múltiples estudios de presbiacusia a grupos étnicos que han vivido toda su vida alejados de la civilización y los resultados siempre delatan una disminución auditiva pareja entre géneros del mismo grupo étnico, pero sí se compara estos grupos étnicos con gente que ha vivido toda su vida en una ciudad, se puede afirmar que la presbiacusia afecta en mayor grado a las personas que viven toda su vida en la ciudad.

Con respecto a las etnias es muy subjetivo analizar como afecta el ruido a cada una de estas, ya que todas poseen costumbres totalmente distintas, por ejemplo, algunos grupos étnicos pueden tener costumbres en que su entorno natural este rodeado de ruido generado en rituales u otro tipo de eventos, de tal modo que el ruido no les afecte tanto como a otros grupos étnicos más pacíficos en que su entorno natural siempre ha sido tranquilo y que al emigrar hacia las ciudades se han puesto mucho más sensibles al ruido.

El crecimiento de la población es un indicador muy importante ya que ayuda a dimensionar el crecimiento de las áreas urbanas producto de los procesos de transformación que son parte de la vida cotidiana que generan múltiples formas de polución como el tráfico terrestre y aéreo, la actividad industrial y otros agentes contaminantes que aceleran día a día el incremento del ruido con el consecuente deterioro de la calidad de vida y de la salud humana. El ruido causa más trastornos de los que nos podemos imaginar ya que la mayoría de las personas ignora sus efectos, de aquí viene la urgencia de confeccionar mapas de ruidos que nos ayuden a visualizar entornos ruidosos para poder proteger el medio ambiente y aportar soluciones mitigatorias en los sectores poblados más afectados por la contaminación acústica.

7 Discusión

A raíz del desarrollo de este estudio se propone debatir o discutir ciertos temas que, a nuestro juicio, son de gran importancia para futuros estudios que se deseen relacionar con este.

Aspectos generales del estudio.

- Respecto a la generación de mapas de ruido a nivel nacional, se hace necesario indicar o proponer una metodología de desarrollo clara para homogeneizar los nuevos estudios que se realicen en ciudades de Chile y tener la posibilidad de comparar ciudades en torno a estos estudios. Revisando antecedentes nacionales, nos hemos encontrado con diversas metodologías, que sin ser mejor una que otra, son distintas y por lo mismo no comparables. Existen mapas de ruido que se realizan de forma similar pero con distintos modelos de predicción. Esto puede resultar en mapas distintos y zonas con mayor o menor nivel de ruido, dependiendo sólo del modelo utilizado. Se hace necesario, al menos, un reglamento que sea aplicable y sirva de referencia para los consultores que realizan estos mapeos. El trabajo desarrollado en este estudio pudiese tomarse como base para generar dicho reglamento.
- Respecto al levantamiento de información, a nuestro entender, es necesario replantearse la metodología para obtener la información. Existiendo diversos problemas para acceder a ella de forma libre, creemos que el levantamiento de información, principalmente de las variables urbanísticas, debe realizarse por especialistas en el área, y ser considerados estos (o una empresa que se vincule a esta área) desde el comienzo del proyecto. Se ha trabajado con aglomeraciones urbanas como Providencia y Antofagasta en que su nivel de infraestructura y recursos pueden suponer una buena cantidad y calidad de información. Sin embargo, parte de esta información no existe y la que existe tiene un costo muy elevado para que pueda ser absorbido por el presupuesto de este estudio. Creemos que dentro del presupuesto para un levantamiento de información debiese considerarse la alternativa de incluir el costo de comprarla directamente a quien ya la ha levantado y sea de buena calidad.

- Por otro lado, si a futuro se trabaja con otras ciudades que no posean ningún tipo de información, en papel o digital, o sea muy escasa, el levantamiento y/o análisis de la información debe ser lo más riguroso y especializado posible, a cargo de especialistas en cada área, tal como es recomendado, además, por la Comisión Europea en su documento “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”. En conjunto con lo anteriormente citado, se debe realizar un catastro con lo que cuenta cada ciudad, conurbación o aglomeración urbana, a la que se le pretenda realizar un mapa de ruido, en el sentido de saber de antemano que información se tiene, que información sirve y que información se debe costear, ya sea en base a un levantamiento o directamente con una adquisición de ella. Si a futuro la realización de mapas de ruido en Chile se trabaja como una política de Estado, deberán existir las facilidades en las instituciones públicas para entregar la información digital que se requiera para llevar a buen término cada proyecto.
- Independiente de las limitaciones económicas para adquirir información ya levantada por otras entidades en este estudio, las gestiones realizadas en gran parte de las reparticiones públicas han resultado extremadamente lentas, aumentando considerablemente el tiempo disponible para desarrollar este estudio. A modo de ejemplo, considerando las gestiones realizadas en la I. Municipalidad de Antofagasta para obtener información de alguno de sus departamentos, recién en el penúltimo mes de este estudio se informó, de forma oficial, que la información que ellos disponen, y que es necesaria para este estudio, tiene un costo elevadísimo que no es posible de absorber, aun cuando se había indicado que no tendría costo. Esto reafirma la idea de disponer de recursos para adquirir inicialmente información que sea relevante y con ello, destinar gran cantidad de tiempo a otras tareas. Hay que recalcar que este estudio tiene directo beneficio en ambas comunas y los resultados de éste serán entregados en forma gratuita en ambos municipios, generando una herramienta de trabajo que puede utilizar la comuna a su entera disposición.

Aspectos técnicos del estudio.

- Para el ingreso de datos en el módulo de aeropuertos de los softwares de modelación se requiere, entre otras cosas, ingresar el nivel de potencia acústica de cada avión. Esto significa que si no se dispone de una base de datos de niveles de potencia acústica de los aviones utilizados en Chile, se debe llevar a cabo mediciones en terreno de cada avión, lo que es sumamente complicado de realizar. A diferencia de esto, existe otro software, bastante utilizado a nivel nacional, dedicado exclusivamente a modelar ruido de aeronaves. Este es el Integrated Noise Model (INM). La ventaja de este software es que trabaja con una base de datos bastante grande de los tipos de aeronaves existentes a nivel mundial. De esta forma, se selecciona la aeronave, se ingresan las características técnicas y se puede evaluar el impacto potencial del ruido de las aeronaves en la comunidad. En otras palabras, la modelación de aeropuertos resulta mucho más simple y aplicable. El gran problema surge cuando se requiera incorporar en un mismo modelo las simulaciones de ruido de aeropuertos y de otras fuentes de ruido, como tránsito vehicular, trenes e industrias. Al parecer, según lo revisado, no serían compatibles las modelaciones, en el sentido de que no sería posible incorporar la modelación del INM a CadnaA o SoundPlan. Esto genera la necesidad entonces de evaluar como se realizará en definitiva la modelación de aeropuertos.
- Respecto al flujo mínimo de trenes necesarios para realizar una modelación, en Chile son pocos los lugares en que se cumple el criterio establecido en la Directiva 2002/49/CE para el ruido de trenes. Es necesario replantearse el criterio a utilizar (transito de 30.000 trenes al año mínimo, o lo mismo que un promedio de 82 trenes diarios) ya que, por ejemplo, la Empresa de Ferrocarriles del Estado EFE, en sus vías férreas principales está muy lejos de alcanzar dicha cantidad de flujos anuales, a diferencia de otras vías como las del Metro que sí puede cumplir con ésta. En este caso se requiere evaluar un nuevo criterio de corte para modelar vías férreas, determinando desde que cantidad de tránsito de trenes se considera que produce impacto en la comunidad, tanto de día como de noche.
- Respecto a la información existente en el INE en el aspecto demográfico, si bien la conformación de las zonas urbanas en estudio están compuestas por aglomeraciones de

entidades urbanas, la mayor parte de la información está disponible a nivel comunal, por lo que disminuye la exactitud de los datos. A veces, dentro de una conurbación existe un sector de la comuna que pertenece a ella y otro que no (las comunas tienen sectores urbanos y sectores rurales). Si bien se puede delimitar físicamente la conurbación en su totalidad, la información demográfica de cada distrito censal o zonas censales no está disponible para uso público de forma gratuita y se debe solicitar al INE la entrega de este detalle para lograr una mayor exactitud.

Por último, se quiere destacar que si bien se presentó un equipo de trabajo conformado por 6 profesionales, la envergadura de este estudio requirió del trabajo conjunto de más de 35 personas, por parte de dBA Ingeniería, en las distintas fases del estudio.

8 Conclusiones

Del análisis de los softwares de modelación para la en base a los distintos trabajos realizados se concluye que:

- De los softwares analizados se descartan 4 de ellos debido a que no cumplen con los requerimientos mínimos para llevar a cabo la modelación de una ciudad en la actualidad. En otros dos softwares no fue posible llevar a cabo un estudio más detallado, debido a que no se tenían las copias de evaluación necesarias. Los restantes 3 softwares se estudiaron, abordando distintos aspectos, tales como características técnicas, evaluaciones de usuarios expertos, prueba mediante modelación de un escenario tipo y consideraciones prácticas como costos y servicio postventa, entre otros.
- En general, todos los softwares analizados entregarán buenos resultados y son apropiados para realizar mapas de ruido de grandes aglomeraciones. Sin embargo, existen diferencia en la facilidad de uso, uso de modelos de predicción, detalle del resultado entregado y rapidez de cálculo.
- De los softwares que se pudieron testear, el más apropiado parece ser el software CadnaA, seguido de SoundPlan. Sin embargo, quedaron fuera de esta prueba los softwares Lima e IMMI que, de todos modos, tienen buen prestigio a nivel internacional. Para estos dos últimos softwares no fue posible tener una copia abierta de evaluación.
- Se investigó acerca de la metodología de creación de mapas de ruido en Europa, y se ha obtenido valiosa información que servirá de antecedente para la creación de mapas de ruido a nivel nacional. Esto, considerando que la Unión Europea ha invertido bastante tiempo y recursos en el desarrollo de una metodología común para sus países miembros, para crear mapas de ruido de aglomeraciones, estando a la vanguardia en este sentido.

- Considerando los aspectos analizados en este estudio, es posible indicar que los softwares más apropiados son CadnaA de la empresa DataKustik GmbH y SoundPlan de la empresa Braunstein + Berndt GmbH Company.
- La comparación realizada entre el escenario tipo modelado y los datos obtenidos de la estación de monitoreo, utilizando el valor L_{eq} hora, entrega un grado de exactitud bastante aceptable, existiendo una desviación de no más de 2 dB.

Del levantamiento de información se concluye que:

- En general, la recopilación de información existente en diversas instituciones públicas ha sido extremadamente complicada, debido a la lentitud en que se tramitan los permisos y autorizaciones oficiales para acceder a la información.
- En el caso de Antofagasta, no se pudo conseguir información en formato digital de dicha municipalidad, debido al costo extremadamente alto para este estudio. La información necesaria para este estudio que se ha conseguido, ha sido gracias a instituciones como UOCT, Seremi de Salud, Seremi de Transporte, Conama Región Antofagasta y Serviu. La información que no se ha obtenido de estas fuentes ha sido levantada en terreno.
- En el caso de Providencia, se han mantenido conversaciones y excelentes relaciones con el personal del Departamento de Higiene y Medio Ambiente de esta municipalidad. Si bien en un principio se respaldó la entrega de información por parte de la máxima autoridad municipal, hasta la fecha no es posible conseguir la información en formato digital, que es la información necesaria para ser ingresada al modelo de generación del mapa de ruido. Gran parte de esta información existe en dicha repartición y se entregará a Conama una vez sea liberada..
- Toda la información de las variables urbanísticas y meteorológicas son entregadas en formato digital para su posterior uso. Así mismo, la información en SIG, Sistema de Información Geográfica, de Antofagasta se entrega en formato digital. La información de Providencia

existe en la Municipalidad y no ha sido entregada, pese a haberse realizado las gestiones pertinentes y existir la disposición de la Municipalidad a entregar dicha información.

Del levantamiento de información de apoyo para el análisis se indica qué:

- Se presenta los criterios de selección del punto base de monitoreo, en base a criterios técnicos, principalmente acústicos. Además se presenta la selección de los puntos para realizar el monitoreo de ruido. Los registros realizados en cada estación son analizados y se entrega un análisis de las fluctuaciones en base a una semana promedio.
- Se presenta una encuesta validada, la cual se aplicó en las comunas de Providencia y Antofagasta, basada en la encuesta tipo entregada por la contraparte técnica. Esta encuesta esta realizada para que cumpla los requerimientos de la ISO15666 y se evalúe principalmente la percepción del ruido por parte de la población.
- Se presenta el mapa de denuncias, elaborado con las denuncias por ruido en las comunas de Antofagasta y Providencia, tanto de la Autoridad Sanitaria o Seremi de Salud y la información entregada por cada Municipalidad. Se entrega esta información en formato SIG.

Se destaca finalmente el capítulo de discusiones, en el cual se dejan planteados diversos problemas o inquietudes que se detectaron en el transcurso del estudio, de forma de poder calorarlos y tomarlos en cuenta para futuros trabajos de este tipo.

EDUARDO A. FUENTES P.
Ingeniero Jefe de Proyecto
dBA Ingeniería

9 Bibliografía

1. **OECD.** Road map for the Accession of Chile to the OECD Convention. 2007.
2. **Instituto Mexicano del Transporte.** *El impacto ambiental de ruido por el transporte carretero y su valorización hacia un transporte sustentable.*
3. **Huet, M.** *Prevision des Niveaux Sonores. Guide du Bruit des Transports Terrestres.* Paris : Ministère des Transports et Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 1980.
4. **European Civil Aviation Conference.** *ECAC/CEAC Doc 29: Report on Standard Method of Computing.* 1997.
5. **Wölfel Meßsysteme. Software GmbH & Co.** *Adaptation and Revision of the Interim Noise Computation Methods for the Purpose of Strategic Noise Mapping.*
6. **Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Parlamento Europeo y del Consejo.** 2002.
7. **Diario Oficial de la Comunidad Europea.** *Recomendación de la comisión relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, de tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes.* s.l.: Comunidad Europea, 2003.
8. **Ministerio de Justicia.** *Ley N° 18.290 - Ley de Tránsito.* Santiago : s.n., 1984.
9. **Ministerio de Planificación y Cooperación MIDEPLAN.** *Estudio de Mantenimiento Vial Urbano (MANVU).*
10. **Furet, Ronald.** *Evaluación de vibraciones provocadas por trenes hacia la comunidad.* Santiago : s.n., 2007.
11. **EFE.** *Página de Ferrocarriles del Estado.* [En línea] www.efe.cl.
12. **METRO.** *Metro de Santiago S.A.* [En línea] www.metrosantiago.cl.
13. **EFE.** *Red Regional Bío Bío.* [En línea] www.biotren.cl.
14. **FEPASA.** *Ferrocarriles del Pacífico.* [En línea] www.fepasa.cl.
15. **FERRONOR.** *Ferrocarriles del Norte.* [En línea] www.ferronor.cl.
16. **FCAB.** *Página del Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia .* [En línea] www.fcab.cl.
17. **Amigos del tren.** *Amigos del tren.* [En línea] www.amigosdeltren.cl.
18. **EFE.** *Bases técnicas. Licitación pública. Contrato de acceso operador tren turístico.* s.l. : Empresa de Ferrocarriles del Estado, 2008.

19. **Federal Transit Administration.** *Transit Noise and Vibration Impact Assessment Guidance Manual.* 2006.
20. **Morales, Lorenzo y Rocha, Camilo.** *Recopilación y estudio de antecedentes para la elaboración de la futura norma ambiental de ruido para aeropuertos.* Santiago : s.n., 2007.
21. **SCAT Antofagasta.** Estaciones de Conteo. SCAT-Antofagasta. [En línea] www.scat-antofagasta.cl/04-03.html.
22. **Kinsler, Lawrence E., y otros.** *Fundamentos de Acústica.* [ed.] Grupo Noriega Editores. [trad.] Ricardo Ruiz Boullosa. 4ta edición. México D. F. : Limusa S.A., 1995. pág. 152. 968-18-226-6.
23. **Harris, Cyril M.** Manual de medidas acústicas y control del ruido. [aut. libro] J. E. Piercy y G.A. Daigle. [trad.] Aurora Suengas Goenexea y Juan José Rodríguez. *Propagación del sonido al aire libre.* Tercera Edición. Madrid : McGraw Hill/Interamericana de España S.A., 1995, pág. 3.12.
24. **Beranek, Leo Leroy y Ver, István L.** *Noise & Vibration Engineering: Principles and Applications.* 5ta edición. s.l. : John Wiley & Sons, 1992. pág. 135. 0-471-61751-2.
25. **Davis, Gary y Jones, Ralph.** *Sound Reinforcement Handbook.* 2da. s.l. : Yamaha Corporation of America, 1990. pág. 46. 0-88188-900-8.
26. **Universidad de Chile.** Laboratorio de Meteorología. *Pregrado en Ciencias de la Tierra.* [En línea] http://mct.dgf.uchile.cl/LABORATORIOS/lab_meteorologia.html.
27. **University of Wyoming.** Atmospheric Soundings. *Wyoming Weather Web.* [En línea] [Citado el: 16 de Julio de 2008.] <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.
28. **De la Puente Crespo, Javier y Rodríguez Rodríguez, Francisco Javier.** *El ruido derivado del Tráfico Rodado Urbano: Relación entre L10 y Laeq a partir de mediciones reales, para horarios diurnos y nocturnos.* s.l. : TecniAcústica, 2003.
29. **Kryter, K.** *The Effect of Noise On Human.* 2nd Edition. London : Academic Press, 1985.
30. **Berglund, B. y Lindvall, T.** *Community Noise.* Estocolmo : Center for Sensory Research, 1995. Document Prepared for the World Health Organization (WHO).
31. **Suárez.** *Metodologías Simplificadas para Estudios en Acústica Ambiental: Aplicación en la Isla de Menorca.* Madrid : s.n., 2002. Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid.
32. **Anderson, C. M.** *The Measurement of Attitudes to noise and noises.* Teddington : National Physical Laboratory Aero Repor, 1971. Vol. 52.
33. **Fields, J. M., y otros.** *Guidelines for Reporting Core Information from Community Noise Reaction Surveys.* s.l. : Academic Press, 1997.

34. **Lindvall, T. y Radford, E. P.** *Measurement of Annoyance due to Exposure to environmental factors.* s.l. : Environmental Research, 1973. págs. 1-36.
35. *Effect of Personal and Situational Variables on Noise Annoyance in Residential Areas.* **Fields, J. M.** 5, s.l. : The Journal of the Acoustical Society of America, Mayo de 1993, Vol. 93, págs. 2753-2763.
36. **ISO/TS 15666 2003.** *Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.* s.l. : ISO/TC 73/SC 1 N 1284, 2003.
37. **Aiken, Lewis.** *Test Psicológicos y Evaluación.* México : Prentice Hall, 1966.
38. **Lyons, R. A., y otros.** *SF-36 Scores May Vary by Method of Administration: Implications for Study Design.* s.l. : J Public Health Med, 1999.
39. *Comparison between telephone and self-administration of Short Form Health Survey Questionnaire (SF-36).* **Masiá, Rafael, y otros.** 6, s.l. : Gaceta sanitaria: Organo oficial de la Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria, Diciembre de 2005, Vol. 19, págs. 433-439. ISSN 0213-9111.
40. **Instituto Nacional de Estadísticas (INE).** *Chile: Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos. 2005.* Santiago : INE, 2005.
41. —. *Chile: Proyecciones y estimaciones de población por sexo y edad. Regiones 1990-2020.*
42. —. *Chile: Proyecciones y estimaciones de población por sexo y edad. Comunas 1990-2020.*
43. **Naciones Unidas.** *Manual III: Métodos para reparar proyecciones de población por sexo y edad.* Nueva York : s.n., 1956.
44. **Duchense, Louis.** *Proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores, método de relación de cohortes.* Santiago : Agencia Canadiense para el desarrollo internacional, 1987.
45. **Instituto Nacional de Estadísticas (INE).** *Migraciones internas regionales. 1992-2002.* 2007.
46. —. *Chile: Proyecciones y estimaciones de población. Total País 1950-2050.* s.l. : INE.
47. —. *División política-administrativa y censal 2007.* 2008.
48. —. Base de datos de censo de población 2002 en formato Excel. *Sitio Web del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).* [En línea] [Citado el: 21 de Agosto de 2008.] http://espino.ine.cl/CuadrosCensales/apli_excel.asp..
49. **Adimark.** *Mapa socioeconómico de Chile, nivel socioeconómico de los hogares del país basados en datos del censo.* 2004.
50. **Ministerio de Planificación (MIDEPLAN).** *Promedio de escolaridad y tasa de analfabetismo de la población de 15 y más años.* 2006.
51. **Braunstein + Berndt GmbH.** *SoundPlan User's Manual.*

52. **Datakustic GmbH.** *Manual CadnaA.* Greifenberg : s.n., 2007.

Índice de Anexos

Anexo I. Actividades productivas (formato digital)

Anexo II. Tránsito Antofagasta (formato digital)

Anexo III. Tránsito Providencia (formato digital)

Anexo IV. Variables Meteorológicas (formato digital)

Anexo V. Encuesta Mejorada e Instructivo (formato papel)

Anexo VI. Fiscalizaciones de Ruido (formato digital)

Anexo VII. Resumen Características de Software (formato papel)

Anexo VIII. Check List Estación de Monitoreo (formato digital)

Anexo IX. Topografía (formato digital)

Anexo X. Mapa de denuncias (formato digital)

Anexo V. Encuesta mejorada e Instructivo

Anexo VII. Resumen Características de Software