



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela Ingeniería Acústica

Profesor Patrocinante:  
Hernán Varas Muñoz  
MV. MSP. UCH.

Profesor Copatrocinante:  
Antonio Marzzano Ríos  
Ingeniero Acústico.

Profesor Informante:  
Alfio Yori Fernández  
Ingeniero Acústico.

## **El ruido en la planificación territorial comuna de providencia**

*Tesis presentada para optar al grado de  
Licenciado en Acústica y al Título  
Profesional de Ingeniero Acústico*

**Roberto Claudio quezada Barrera  
Valdivia Chile 2002**

*Todo cuanto se haga en la ciudad, según el orden y la dirección de la Ley, no puede por menos producir buenos efectos, mientras lo que no está regulado, o lo está mal, agravia la mayor parte de los reglamentos, por muy sabiamente establecidos que sean.*

*Platon. "Leyes"*

A mis Padres, a Mavita y a  
Leandrito Eluney.

## Indice

1. Resumen.	8
1.1. Abstract.	9
2. Introducción.	10
2.1. Prólogo.	10
2.2. Naturaleza del ruido urbano.	12
2.3. Descriptores de ruido.	14
2.3.1. Nivel de presión sonora continuo equivalente, <i>Leq</i> .	14
2.3.2. Nivel sonoro diurno, <i>Leq-d</i> y nivel sonoro nocturno, <i>Leq-n</i> .	15
2.3.3. Nivel sonoro de 24 horas, <i>Leq 24h</i> y Nivel sonoro corregido día noche, <i>LDN</i> .	15
2.4. Efectos de la exposición al ruido.	17
2.4.1. Efectos fisiológicos.	17
2.4.1.1. Alteración temporal del umbral auditivo.	18
2.4.1.2. Alteración permanente del umbral auditivo.	18
2.4.1.3. Efectos en el sistema nervioso central.	18
2.4.1.4. Efectos vestibulares.	19
2.4.1.5. Efectos sobre el sistema cardiovascular.	19
2.4.1.6. Efectos sobre el aparato respiratorio.	19
2.4.1.7. Efectos sobre el aparato digestivo.	20
2.4.1.8. Efectos sobre la visión.	20
2.4.1.9. Los acúfenos.	20
2.4.1.10. Ruido y embarazo.	21
2.4.2. Efectos psicológicos.	21
2.4.2.1. Molestia.	21
2.4.2.2. Perturbación del sueño.	22
2.4.2.3. Enmascaramiento e interferencia en la comunicación oral	22
2.4.2.4. Estrés.	23
2.5. Marco legal.	24
2.5.1. Planificación urbana.	24
2.5.1.1. Política nacional de desarrollo urbano.	24
2.5.1.2. Plan de desarrollo regional y plan regional de desarrollo urbano.	24
2.5.1.3. Plan regulador intercomunal.	25
2.5.1.4. Plan de desarrollo urbano y plan regulador comunal.	26
2.5.2. Ley y Ordenanza general de urbanismo y construcciones.	28

2.5.3.	Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas.	30
2.6.	Descripción general de la comuna.	32
2.6.1.	Situación de la vivienda y urbanización.	33
2.6.2.	Visión de futuro.	33
2.6.3.	Medio ambiente.	33
2.7.	El ruido en la planificación territorial.	35
2.7.1.	Control de ruido.	36
2.7.2.	Planeamiento: medidas preventivas.	43
2.7.2.1.	Separación espacial.	45
2.7.2.2.	Zonificación y compatibilidad de actividades.	46
2.8.	Mapas de ruido.	50
2.9.	Criterios de protección y riesgo de la población.	52
2.9.1.	Riesgo de pérdida auditiva, EPA.	52
2.9.2.	Riesgo de interferencia con el sueño, EPA.	53
2.9.3.	Riesgo y protección HUD.	53
2.9.4.	Criterio de compatibilidad de uso de suelo residencial OCDE.	54
2.10.	Sistema de información geográfica, SIG.	55
2.10.1.	Tipos de SIG.	55
2.10.2.	Estructura de un SIG.	56
2.10.2.1.	Entrada de datos.	56
2.10.2.2.	Archivo y acceso de datos.	56
2.10.2.3.	Manejo y análisis de datos.	57
2.10.2.4.	Salida o reporte de datos.	57
2.10.3.	Visualizaciones y consultas.	57
2.10.3.1.	ARCVIEW.	57
2.10.3.1.1.	Lenguaje AVENUE de ARCVIEW.	59
2.11.	Objetivos.	61
2.11.1.	Objetivo general.	61
2.11.2.	Objetivos específicos.	61
3.	Material y métodos.	62
3.1.	Planificación del estudio.	62
3.1.1.	Selección del tipo de mapa.	62
3.1.2.	Selección de las zonas y las vías a caracterizar.	63
3.1.3.	Selección de los días y horarios de medición.	66
3.1.4.	Descriptores de ruido utilizados.	67
3.1.5.	Escala del mapa.	68

3.2. Adquisición de datos y metodología aplicada.	69
3.3. Representación gráfica de niveles de ruido sobre cartografía digital.	74
4. Presentación y discusión de los resultados.	76
4.1. Conclusiones y recomendaciones.	90
5. Literatura citada.	94
AnexoS A. Mapas de ruido.	96

**Indice de tablas y figuras.**

1. Figura 1. Molestia general producida por el ruido ambiental e interferencia del ruido en diferentes actividades.	22
2. Tabla 1. Zonificación territorial según PRC de Providencia y homologación con el D.S. 146, correspondiente a la zona de estudio.	31
3. Figura 2. Ejemplo de control de ruido en cada eslabón para ruido de carretera.	37
4. Tabla 2. Ejemplos de medidas de control de ruido en las distintas etapas.	38
5. Figura 3. Niveles de ruido medidos al borde de la vía y en el interior de los vehículos en relación con los diferentes tipos de pavimentos.	39
6. Figura 4. Esquema de la difracción ofrecida por una pantalla.	40
7. Figura 5. Ábaco de Maekawa.	41
8. Tabla 3. Actividades y sus cualidades respecto al ruido.	46
9. Figura 6. Ejemplo de ubicación de edificios con elevación gradual al alejarse de una carretera para ofrecer protección a otros edificios.	47
10. Tabla 4. Funciones de un edificio y sus cualidades respecto del ruido.	48
11. Tabla 5. Riesgos de Pérdida Auditiva en según criterio EPA.	52
12. Tabla 6. Riesgos de Interferencia con el sueño según criterio EPA.	53
13. Tabla 7. Criterio de Incompatibilidad y Aislación con el uso de suelo residencial, según criterio HUD.	54
14. Tabla 8. Criterio de compatibilidad de uso de suelo residencial, según la OCDE, a)diurno y b)nocturno.	54
15. Figura 7. Unidades vecinales de la comuna de Providencia.	64
16. Tabla 9. Vías seleccionadas para cada zona.	64
17. Figura 8. Ciclo diario semanal (días hábiles) comuna de Providencia.	67
18. Figura 9. Ciclo diario bajo flujo vehicular.	70
19. Figura 10. Ciclo diario alto flujo vehicular.	71
20. Figura 11. Ejemplo de enlace ( <i>Join</i> ).	74
21. Tabla 10. Valores obtenidos para los diferentes descriptores de ruido en la zona 1 para vías de alto (A) y bajo (B) tráfico.	76
22. Tabla 11. Valores obtenidos para los diferentes descriptores de ruido en la zona 2 para vías de alto (A) y bajo (B) tráfico.	77
23. Tabla 12. Diferencias entre el nivel proyectado y el valor real para las vías de la zona 1.	78
24. Tabla 13. Diferencias entre el nivel proyectado y el valor real para las vías de la zona 2.	79

25.Tabla 14. Evaluación de los resultados con los criterios de protección y riesgo señalados para las vías de la zona 1.	80
26.Tabla 15. Evaluación de los resultados con los criterios de protección y riesgo señalados para las vías de la zona 2.	81
27.Figura 12. Ejemplo de calle con perfil transversal en U.	86
28.Figura 13. Ejemplo de edificación en altura.	87

## 1. RESUMEN

La presente tesis corresponde a un estudio del ruido, como una variable de decisión en la planificación territorial de la Comuna de Providencia, específicamente en las unidades vecinales 2, 3 y 6.

En primer lugar se determinó realizar un mapa de ruido en dicha zona, el que se confeccionó a partir del método de caracterización de ejes viales y con la finalidad de obtener una visión general de la situación actual y, poder evaluar la compatibilidad de los niveles de ruido y el uso de suelo residencial en el área, además de incorporar gráficamente dichos niveles sobre la cartografía digital de la Municipalidad de Providencia.

Los resultados demuestran que existe una alta incompatibilidad entre los niveles de ruido existentes y el uso de suelo residencial para las vías clasificadas como de alto tráfico. Así mismo, para las vías clasificadas como de bajo tráfico se observa que en general no existen problemas de compatibilidad. No obstante, se aprecia que algunas de estas vías requieren de una aislación adicional.

Se sugiere entre otras cosas, compatibilizar las diferentes actividades en forma gradual respecto del ruido, no permitir nuevas actividades que generen niveles de ruido incompatibles con la actividad más sensible existente o proyectada y no permitir una nueva actividad que requiera un nivel de ruido incompatible con los existentes o proyectados. Así mismo, se sugiere exigir en la futura Ordenanza Municipal de Providencia, el cumplimiento de la Norma NCh 352/1 Of.2000, para las futuras edificaciones de uso habitacional.

### ***1.1 Abstract***

The present thesis corresponds to a noise variable study in the Providencia Commune, especially, in the neighbouring units 2, 3 y 6.

In first place a noise map is performed on that zone which is made taking into account the streets axes characterization method. The final objective is to have a general view of the present situation of the area and to evaluate the compatibility between noise levels and the use of residential territory, moreover the levels of the noise are included graphically on a digital cartography map belonging to the Providencia City Council.

As it is shown by the results that there is a high incompatibility between the present levels of noise and the use of the territorial area for the streets, which are classified as "high traffic". As well as it is observed that in general there are not compatibility problems with the streets which are classified as "low traffic". Not with standing it is observed that in these streets an additional insulation is required.

It is concluded among others to consider fitting porous surfaces on those streets which are nearer to vulnerable noise activities. Besides, it is suggested that in the moment to carry out the territorial district, is necessary to complement the different activities gradually according to the noise, and do not allow new activities which may generate incompatible levels of noise with most sensitive activities existent or planned an not allow new activities that required incompatible levels of noise with the existent or planned.

Finally it is suggested to demand the Providencia City Council regulations and the fulfillment of the rule NCh 352/1 Of.2000 for future edifications.

## 2. INTRODUCCION

### 2.1 Prólogo

La tendencia creciente de la población a concentrarse en centros urbanos, junto con el crecimiento exponencial de las ciudades, ha traído consigo un notable aumento de los niveles de ruido ambiental, transformando ciertas áreas de las ciudades en focos de contaminación, que extienden su influencia a zonas adyacentes al espacio público y privado, como viviendas, centros educacionales, calles, avenidas, plazas y parques, generando un ruido urbano que desciende sólo durante algunas horas de la noche.

La ciudad es una organización espacial con una concentración humana, que trabaja, se desplaza y descansa en un espacio que crece y evoluciona de acuerdo a sus necesidades y actividades. Los cambios que manifiestan las ciudades, son dinámicos en todo aspecto, tanto en lo político, económico, social, como en lo tecnológico, urbanístico y ahora medioambiental, por lo que la salud del medioambiente pasa a ser un elemento fundamental para un desarrollo urbano relativamente armónico de lo que debe ser una ciudad.

Un Plan Regulador Comunal puede definirse como una de las herramientas de desarrollo que poseen los municipios, la cual le permite encauzar el crecimiento de un determinado centro urbano hacia determinadas metas u objetivos. Es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos y, de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento.

Sus disposiciones se refieren al uso de suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamientos, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de una ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas y demás aspectos urbanísticos.<sup>13</sup>

Dentro de las variables de decisión para una zonificación territorial, en lo que se refiere al Plan Regulador Comunal, es fundamental considerar el ruido, puesto que es el momento en que se define la utilización del suelo para las diferentes

actividades consideradas y en el cual se pueden minimizar con mayor efectividad las incompatibilidades entre los distintos usos de suelo y actividades.

## ***2.2 Naturaleza del ruido urbano***

Los ruidos y sonidos están ligados al hombre, incluso desde su gestación. De hecho no existe actividad que no presente cierto nivel sonoro asociado a ella, ya sea caminar, trabajar, dormir, etc.

Sin embargo, el ruido al que nos vemos expuestos a diario depende del ambiente en que nos encontremos, así por ejemplo los ruidos en el ambiente laboral son en general distintos a los que encontramos en la ciudad.

Todos somos conscientes, sin embargo, que los entornos acústicos más agresivos y generalizados, se producen como consecuencia directa de la actividad humana y, por lo tanto, su manifestación más importante tiene lugar en donde se concentran tales actividades como es el caso de las grandes ciudades.<sup>1</sup>

Se denomina como ruido urbano, el originado por las diferentes fuentes sonoras que podemos encontrar en un área urbana y cuya propagación se produce dentro del medio urbano. Es por tanto una mezcla múltiple de ruidos que se propagan en un medio complejo y que van estrechamente unidos a la actividad urbana<sup>1</sup>. Así mismo se define contaminación acústica como la interferencia de ruidos en las actividades normales que se realizan. En consecuencia, no sólo debe existir ruido sino una población expuesta, realizando actividades incompatibles con dicho ruido para establecer la existencia de contaminación acústica<sup>2</sup>.

En la actualidad los principales focos sonoros en las zonas urbanas están relacionados con los medios de transporte de personas y mercancías, destacando ampliamente el tráfico rodado. Lo cierto es que la circulación rodada se ha convertido en poco tiempo en la fuente de polución sonora más importante en todas las grandes ciudades del mundo. Esta situación está motivada no sólo por el aumento vertiginoso que ha experimentado el parque automotriz en el curso de los últimos años, sino también por el hecho de que, en general, las ciudades por las que circulan esos vehículos no han sido concebidas para soportarlos.

El nivel básico de las emisiones sonoras del tráfico rodado viene determinado por el ruido de los motores y los dispositivos de escape. Otra fuente de ruido de los vehículos corresponde al originado por el contacto de los neumáticos con el pavimento, el que aumenta rápidamente con la velocidad. Para los vehículos ligeros los neumáticos y las superficies son las fuentes principales de ruido a velocidades

superiores a los 60 km/h. En las zonas urbanas uno de los factores más importantes que influyen en las emisiones sonoras es el comportamiento al volante. Las fuertes aceleraciones y el aumento de la rotación del motor en situaciones de tráfico denso, pueden acarrear emisiones hasta de unos 15 dB (A) por encima de los niveles normales de emisión que resultan de una conducción más sosegada<sup>3</sup>.

Al ruido de tráfico rodado se deben agregar los producidos por los ferrocarriles y los aviones que generan altos niveles de ruido pero durante un corto periodo de tiempo. Del mismo modo, se deben agregar los ruidos transmitidos desde instalaciones industriales, talleres u obras de construcción, que son focos de ruidos pero con un impacto localizado en el entorno próximo al lugar donde se encuentran emplazados.<sup>1,15</sup>

No obstante, no sólo el tráfico y las instalaciones industriales son en la actualidad los causantes de la contaminación acústica, la propia actividad humana, como consecuencia del aumento de la densidad de población es una fuente que contribuye a elevar los niveles sonoros en los núcleos urbanos, aunque en la mayoría de los casos menos molestas que las anteriores, con excepción de la situación altamente molesta que se presenta en las zonas de ambiente nocturno, especialmente durante los fines de semana.<sup>1</sup>

### 2.3 Descriptores de ruido

Los descriptores de ruido corresponden a parámetros energéticos que proporcionan una medida muy útil para caracterizar los ruidos fluctuantes. Debido a la variedad de descriptores existentes, durante el proceso evolutivo y la tendencia permanente de caracterizar el ruido, no ha existido, por lo general; un consenso acerca de cual de estos parámetros utilizar.

Sin embargo, la tendencia actual es unificar el empleo de los parámetros utilizados para la caracterización del impacto de todos los focos de ruido, de manera que los niveles sonoros sean comparables, y sea posible la obtención de niveles globales en situaciones originadas por la contribución de focos de ruido diferentes.<sup>1</sup>

Actualmente el empleo de niveles basados en la escala de ponderación A es el criterio internacionalmente aceptado y se recoge en la norma ISO 1996.<sup>9</sup>

La selección de, o los parámetros descriptores en la medición de un determinado ruido, depende de las características de éste y de los objetivos buscados. Entre los más utilizados tenemos los siguientes:

#### 2.3.1 Nivel de presión sonora continuo equivalente, $Leq$ .

El  $Leq$  se define como el nivel de presión sonora constante que, sobre un periodo de tiempo dado, tiene la misma energía total que el ruido fluctuante considerado en ese mismo intervalo de tiempo. Así, el  $Leq$  es el nivel de sonido RMS en el que la duración de la medición se usa como el tiempo de promediación<sup>4</sup>. Su expresión corresponde a:

$$\text{Ec. (1)} \quad Leq = 10 * \text{Log} \left\{ 1/T \int_0^T P^2(t) / P_0^2 dt \right\} \quad [\text{dB}]$$

Donde,

T : Tiempo de duración de la medición.

P(t): Presión sonora como función del tiempo.

P<sub>0</sub> : Presión sonora de referencia. P<sub>0</sub> = 20μPa.

En la práctica el cálculo del  $Leq$  se realiza por sumatoria de los  $n$  niveles de presión sonora  $L_i$ , registrados en el intervalo de tiempo  $t_i$  adoptando una expresión discreta:

$$\text{Ec. (2)} \quad Leq = 10 * \text{Log} \left\{ 1/T \sum_{i=1}^n 10^{(L_i(t)/10)} * t_i \right\} \quad [\text{dB}], \quad \text{donde} \quad T = \sum_{i=1}^n t_i$$

En la mayoría de las mediciones de ruido industrial y comunitario se usa el  $Leq$  ponderado en  $A$ , debido a la similitud con la respuesta del oído humano al sonido. Se denota generalmente por  $Leq(A)$  o simplemente  $Leq A^5$ .

### 2.3.2 Nivel sonoro diurno, $Leq-d$ y nivel sonoro nocturno, $Leq-n$ .

El  $Leq-d$  y  $Leq-n$  corresponden a los niveles de presión sonora continuos equivalentes medidos en los periodos diurno y nocturno, de 7 a 22 hrs y de 22 a 7 hrs respectivamente.

$$\text{Ec. (3)} \quad Leq\_d = 10 * \text{Log} \left[ (1/15) * \sum_{i=1}^{15} 10^{(0.1 * L_i)} \right] \quad [\text{dB}]$$

$$\text{Ec. (4)} \quad Leq\_n = 10 * \text{Log} \left[ (1/9) * \sum_{i=1}^9 10^{(0.1 * L_i)} \right] \quad [\text{dB}]$$

Donde  $L_i$  corresponde a los niveles sonoros continuos equivalentes, medidos durante las horas correspondientes a los periodos diurno y nocturno, según sea el caso.<sup>5</sup>

### 2.3.3 Nivel sonoro de 24 horas, $Leq_{24h}$ y Nivel sonoro corregido día noche, LDN.

El  $Leq_{24h}$  es el nivel sonoro continuo equivalente medido para las 24 horas, desde la medianoche a la medianoche, y puede determinarse a partir del seguimiento continuo de los niveles sonoros, de acuerdo con:

$$\text{Ec. (5)} \quad Leq_{24h} = 10 * \text{Log} \left[ (1/24) * \sum_{i=1}^{24} 10^{(0.1 * L_i)} \right] \quad [\text{dB}]$$

Donde  $L_i$  corresponde a los niveles sonoros continuos equivalentes, medidos para cada hora del día.

De forma equivalente, el  $Leq_{24h}$ , puede determinarse a partir del  $Leq-d$  y el  $Leq-n$ , de acuerdo con:

**Ec. (6)**

$$Leq_{24h} = 10 * \text{Log} \left\{ (1/24) * \left[ (15 * 10^{(0.1 * Leq-d)}) + (9 * 10^{(0.1 * Leq-n)}) \right] \right\} \quad [\text{dB}]$$

Del mismo modo, el LDN corresponde al nivel sonoro continuo equivalente para las 24 horas, con la corrección de 10 dB para los niveles correspondientes al periodo nocturno. Su expresión está dada por<sup>5</sup>:

**Ec. (7)**

$$LDN = 10 * \text{Log} \left\{ (1/24) * \left[ (15 * 10^{(0.1 * Leq-d)}) + (9 * 10^{(0.1 * \{Leq-n+10\})}) \right] \right\} \quad [\text{dB}]$$

## ***2.4 Efectos de la Exposición al Ruido***

El efecto del ruido en las emociones humanas va de insignificante, pasando por molestia y enojo, hasta psicológicamente perturbador. Fisiológicamente el ruido puede ser inocuo o hasta doloroso y físicamente dañino. El ruido también puede tener efectos económicos al decrecer la eficiencia de un trabajador, afectando así los márgenes de ganancia.<sup>1,5</sup>

Los efectos del ruido sobre el hombre son múltiples, debido principalmente a la variedad de espectros e historias temporales desplegados por el ruido y, la variabilidad de las respuestas fisiológicas y psicológicas no sólo entre las personas sino también para la misma persona a tiempos diferentes

Básicamente, los efectos del ruido sobre el hombre se suelen dividir en dos tipos, uno que involucra los aspectos fisiológicos y otro que involucra los de tipo psicológico.<sup>4</sup>

A continuación se enuncian algunos efectos del ruido en el hombre, a modo de dimensionar lo perjudicial que puede llegar a ser este elemento contaminante. No obstante, se debe señalar que lo perjudicial de estos efectos depende entre otras cosas, de cuan elevados sean los niveles y del periodo de exposición del individuo en cuestión frente al ruido.

### **2.4.1 Efectos Fisiológicos**

En el aspecto fisiológico, el ruido actúa sobre elementos del organismo tales como: audición, ritmo cardíaco, sistema circulatorio, tensión arterial, sistema respiratorio, sistema digestivo y sistema neurovegetativo, entre otros. Se puede agregar, además, que afecta de manera más aguda a personas que padecen algún tipo de enfermedad.

Entre los efectos del ruido sobre el organismo, el más conocido y estudiado es el que se produce en la audición, por ser el más directo y haber sido detectado con mayor antelación.

#### *2.4.1.1 Alteración Temporal del Umbral Auditivo.*

La alteración temporal del umbral auditivo, conocida como TTS (Temporary Threshold Shift), puede ser provocada por una exposición breve a sonidos intensos. Consiste en una disminución de la capacidad auditiva debido a la presencia de un ruido, existiendo recuperación total al cabo de un período de tiempo, siempre que no se repita la exposición. Suele producirse durante la primera hora de exposición al ruido y su amplitud depende del tipo de ruido. También se sabe que el oído puede recuperar parte de su audición en los intervalos de descanso que propicia dicha intermitencia, por lo tanto el corrimiento será mayor en el caso de la exposición a un ruido constante. Sin embargo, cuando se trata de ruidos impulsivos o de impactos es necesario tener en consideración otros factores que influyen en el TTS, cuales son, el valor máximo del impacto, los tiempos de ataque y decaimiento de la señal, la periodicidad de repetición, el espectro de frecuencias, y cuando sea necesario, las características del recinto.

#### *2.4.1.2 Alteración Permanente del Umbral Auditivo*

El desplazamiento temporal de la capacidad auditiva se va agravando con el paso del tiempo, y si la exposición al ruido continúa, la recuperación al cesar éste va siendo cada vez más lenta y parcial, llegándose al punto donde la alteración de la audición es permanente, conocida como PTS (Permanent Threshold Shift). En general los trastornos de la audición suelen alcanzar su grado máximo a los 10 años de exposición al ruido y luego se estabiliza durante treinta años. Se ha dicho que el coeficiente de la pérdida del oído debida al ruido es proporcional a la capacidad de audición que aún queda por perder.

En términos más simples, el experimentar frecuentemente cambios temporales de la audición, puede generar en el mediano plazo un desplazamiento permanente del umbral de audición. Asimismo, un ruido que no produce TTS, rara vez o quizá nunca, es causa de un PTS en la misma persona.

#### *2.4.1.3 Efectos en el Sistema Nervioso Central*

El ruido provoca modificaciones del ritmo alfa de las corrientes cerebrales y una reducción, incluso supresión, al estímulo luminoso. Ruidos del orden de 130 dB modifican las corrientes cerebrales, asemejándose a la curva encontrada en estado de shock. Los vasos sanguíneos centrales muestran tendencia a espasmos y los

periféricos a dilatación. Una exposición de 20 minutos a un ruido entre 95 y 105 dB da lugar a alteraciones de algunos factores de irrigación cerebral.<sup>4</sup>

#### *2.4.1.4 Efectos Vestibulares*

Se han llevado a cabo muchas investigaciones cuantitativas de laboratorio, sobre los efectos del ruido de alta intensidad sobre el equilibrio. Se ha observado que las tareas de equilibrio se ven alteradas por el ruido de banda ancha\* con niveles de presión sonora por encima de 100 dB, pudiéndose apreciar vértigos, pérdida del equilibrio, marcha inestable y náuseas. A niveles de presión sonora por debajo de 100 dB, estos descensos se producen sólo para exposiciones con niveles desiguales en los dos oídos. Se ha sugerido que éstos son efectos directos del ruido de intensidad elevada sobre el sistema vestibular. Experimentos similares, usando tonos puros llegaron a las mismas conclusiones.<sup>5</sup>

#### *2.4.1.5 Efectos sobre el Sistema Cardiovascular*

El ruido produce alteraciones en el ritmo cardíaco debidas al efecto de alarma que experimenta el organismo. En mayores de 40 años, con una larga exposición al ruido, hay un aumento significativo de morbilidad cardiovascular por infarto de miocardio.<sup>4</sup>

#### *2.4.1.6 Efectos sobre el Aparato Respiratorio*

El mecanismo respiratorio es un elevado sistema de control reflejo diseñado para regular el contenido gaseoso de la sangre, incluyendo las presiones gaseosas parciales de dióxido de carbono y oxígeno, y para estabilizar varios aspectos de la química sanguínea.

La respiración puede verse influida por un corto estímulo sonoro repentino. Los experimentos con sujetos humanos muestran que después de pulsaciones cortas (2s) con una frecuencia de 1 KHz, a niveles de presión sonora de 70, 90 y 120 dB, se producen movimientos respiratorios mayores y más lentos, que en algunos casos, alcanzan el máximo entre 15 y 20s después del inicio del tono. La magnitud del efecto varía directamente con los niveles de presión sonora de los estímulos. Pueden

---

\* La mayor parte del ruido consiste en una amplia mezcla de frecuencias denominado "ruido de banda ancha".<sup>1</sup>

producirse detalles, como la respuesta a los distintos niveles de los estímulos. La significación de estos efectos no está clara, salvo quizá que mejorar la respiración puede contemplarse como una adaptación precautoria, que para parecer eficaz debe persistir el tiempo suficiente para permitir que el intercambio gaseoso tenga lugar.<sup>5</sup>

#### *2.4.1.7 Efectos Sobre el Aparato Digestivo*

Se pueden encontrar alteraciones en la secreción ácida del estómago, manifestándose en una mayor incidencia de úlceras duodenales, cólicos y otros trastornos gastrointestinales. También es posible encontrar alteraciones en la motilidad del estómago e intestinos, es decir, se han observado dolores gástricos en personas sometidas a ruido e incluso se han determinado radioscópicamente espasmos intensos de píloro en gran número de personas, que no los tenían en ausencia del ruido.

#### *2.4.1.8 Efectos Sobre la Visión*

En personas expuestas a 110 dB se observa un estrechamiento del campo visual y modificaciones en la percepción del color hacia la protanomalia (déficit para el color rojo alrededor de un 10%). En otras situaciones se ha apreciado dificultad y molestia para la visión nocturna. Los aumentos de niveles de ruido disminuyen la velocidad del movimiento para ciertos ángulos de cobertura visual (afección de músculos ciliares). También ocurre una disminución de la sensibilidad a la luz: el estímulo sonoro en un oído da lugar a la disminución a la sensibilidad a la luz y a un retraimiento del campo visual en el ojo contrario al oído estimulado.<sup>15</sup>

#### *2.4.1.9 Los Acúfenos*

Se describen como ruidos que aparecen en el interior del oído por la alteración del nervio auditivo y hacen al enfermo escuchar un pitido interior constante causando ansiedad y cambio de carácter. Los acúfenos se estudian desde hace pocos años y su origen se atribuye al ruido urbano, si bien sus causas están por determinar de un modo concluyente y científico, tampoco aparece claro su tratamiento.

#### 2.4.1.10 *Ruido y Embarazo*

Entre los estímulos sensoriales a los que el feto está expuesto, el universo sonoro es uno de los más importantes (corazón, voz de la madre, sonidos del exterior). En una investigación realizada en zonas próximas a aeropuertos, se estudiaron las reacciones de los recién nacidos al ruido de los aviones y se estableció que cuando la madre ha pasado desde el principio el embarazo allí, no se presentan alteraciones, pero, cuando la madre se ha instalado después de cinco meses de gestación (que es cuando el oído del feto se hace funcional) los niños no soportan el ruido de un avión tras el parto, lloran cada vez que pasa uno y su tamaño en el nacimiento es inferior al normal.<sup>1</sup>

#### 2.4.2 **Efectos Psicológicos**

##### 2.4.2.1 *Molestia*

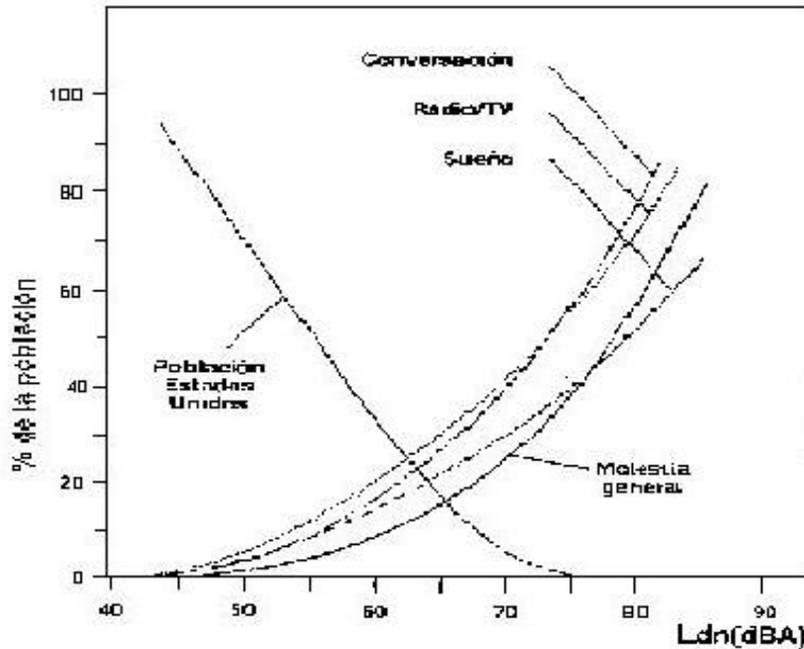
La molestia inducida por el ruido se escapa de una definición sucinta. Es una actitud: un proceso mental encubierto con determinantes tanto acústicos como no acústicos. La molestia inducida por el ruido no es una conducta, como podría serlo una queja (que puede o no estar motivada por la molestia); tampoco es una sensación simple e inmediata como la sonoridad, totalmente libre de influencias cognitivas y emocionales.

Dentro de los factores que influyen en la molestia inducida por el ruido, existen factores acústicos tales como el nivel absoluto, la duración y distribución espectral de la energía sonora, así como sus fluctuaciones. Los factores no acústicos incluyen la adaptación (habitación o sensibilización), grado de implicaciones en las actividades que se realizan en el momento de la exposición al ruido, actitudes hacia las fuentes de ruido y sus operadores entre otras cosas.<sup>5</sup>

En las décadas de los 60 y los 70, se realizaron una serie de estudios llevados a cabo en Estados Unidos y varios países de Europa, tendientes a correlacionar la respuesta de una comunidad frente a diversos niveles de ruido. La figura 1 muestra conjuntamente los resultados arrojados por dichas investigaciones, indicando el porcentaje de la población que se considera "muy molesta" por el ruido y el porcentaje de la misma población que resulta perturbada por dicha causa cuando conversa, cuando escucha radio o televisión, o cuando duerme. En el eje de las abscisas se representan los valores del nivel sonoro día-noche, LDN, expresado en

dBA y, en el de las ordenadas el porcentaje de la población que se considera "muy molesta" por el ruido. Cabe destacar que este nivel de "muy molesta" podría corresponder a las dos categorías más altas de una escala de siete puntos.<sup>14</sup>

Figura 1. Molestia general producida por el ruido ambiental e interferencia del ruido en diferentes actividades.



#### 2.4.2.2 Perturbación del Sueño

Los ruidos sufridos durante la noche inciden en la calidad del sueño de una forma que ya ha sido ampliamente comprobada, a partir del registro de la actividad eléctrica cerebral. Algunos estudios han indicado que la perturbación del sueño se manifiesta cada vez más a medida que los niveles de ruido sobrepasan los 35 dB(A) de Leq. Está ampliamente demostrado que los efectos acumulativos producen disminución en el rendimiento, baja en el nivel de vigilancia del sujeto, cansancio, cambios de humor, irritabilidad, y pueden convertir en crónico, a largo plazo, un sueño irregular.<sup>1,4</sup>

#### 2.4.2.3 Enmascaramiento e Interferencia en la Comunicación Oral

El enmascaramiento consiste en que un sonido impida por su presencia la percepción total o parcial de otros sonidos. Este efecto se convierte en nefasto

cuando perturba la percepción de señales o mensajes y en especial la comunicación hablada, al margen de sus efectos sobre el carácter y el humor de las personas, además de aumentar el riesgo de accidentes.

Se sabe que el ruido es un factor de riesgo para la salud de los niños y tiene repercusiones negativas para su aprendizaje. La hipótesis más comúnmente considerada es la que los niños criados en un ambiente ruidoso se transforman en niños menos atentos a las señales acústicas en general y se advierten perturbaciones en su capacidad de escuchar.

En los centros escolares más expuestos a los ruidos procedentes del exterior (tráfico, aeropuertos, etc.) los niños presentan un retraso en el aprendizaje de la lectura. Se cree también que el ruido que normalmente hace difícil la comunicación hablada puede favorecer un sentimiento de aislamiento, dificultar la sociabilidad de los niños y perturbar su forma de relacionarse con los demás.

#### *2.4.2.4 Estrés*

Parece probado que el ruido se integra como un elemento estresante fundamental. Y no sólo los ruidos de alta intensidad son los nocivos, ruidos incluso débiles pero repetidos pueden entrañar perturbaciones neurofisiológicas aún más importantes que los ruidos intensos.<sup>1</sup>

## **2.5 Marco Legal**

### **2.5.1 Planificación Urbana.**

Se entiende por planificación urbana el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socioeconómico. Los objetivos y metas que dicha política nacional establezca para el desarrollo urbano serán incorporados en la planificación urbana en todos sus niveles.<sup>13</sup>

La planificación territorial cuenta con un sistema de formación de desarrollo urbano, reflejada en una jerarquía equivalente a las instituciones a cargo de su seguimiento y evaluación. La ley General de Urbanismo y Construcciones establece este sistema de administración para el ordenamiento del espacio urbano y rural en los distintos niveles político administrativos o territoriales:

- ⇒ En el nivel nacional, la Política Nacional de Desarrollo Urbano
- ⇒ En el nivel regional, el Plan Regional de Desarrollo Urbano
- ⇒ En el nivel intercomunal, el Plan Regulador Intercomunal (PRI), que en aquellas regiones en que existen áreas de carácter metropolitano puede ser Plan Regulador Metropolitano.
- ⇒ En el nivel comunal, el Plan Regulador Comunal.

#### **2.5.1.1 Política Nacional de Desarrollo Urbano**

Corresponden a una serie de políticas fundidas bajo esta denominación, que traza todo lo concerniente a la planificación urbana. Dicha política tiene por objetivo orientar a través de principios generales, y también por políticas específicas que precisen objetivos y definan medios para alcanzarlos, la planificación de desarrollo urbano.<sup>11</sup>

#### **2.5.1.2 Plan de Desarrollo Regional y Plan Regional de Desarrollo Urbano**

La planificación urbana regional es aquella que orienta el desarrollo de los centros urbanos de las regiones.

La planificación urbana regional se realiza por medio de un Plan Regional de Desarrollo Urbano, que fija los roles de los centros urbanos, sus áreas de influencia recíproca, relaciones gravitacionales, metas de crecimiento, etc.

Es así como, mediante lineamientos y criterios, el Plan Regional de Desarrollo Urbano orienta el crecimiento de los asentamientos humanos y la forma en que las diversas actividades de la región ocuparán el territorio. Define a grandes rasgos las áreas de riesgo, de valores naturales e infraestructura primaria y propone las áreas posibles y necesarias para el crecimiento de los centros urbanos. Es en este nivel de planificación donde se adoptan las decisiones necesarias para poner en vigencia el plan de desarrollo, como por ejemplo incentivar el crecimiento de algunas localidades, cautelar la expansión desmedida de otras y apoyar el desarrollo de ciudades de tamaño intermedio.<sup>12</sup>

El Plan Regional de Desarrollo Urbano será confeccionado por las Secretarías Regionales del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, de acuerdo con las políticas regionales de desarrollo socioeconómico.

En tal sentido, los Planes Regionales de Desarrollo Urbano serán aprobados por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, mediante decreto supremo dictado por orden del Presidente de la República, previa autorización del Intendente respectivo, y sus disposiciones deberán incorporarse a los planes reguladores intercomunales, metropolitanos y comunales.<sup>13</sup>

### *2.5.1.3 Plan Regulador Intercomunal*

Según la Ley General de Urbanismo y Construcciones la Planificación Urbana Intercomunal es aquella que regula el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana.

Cuando esta unidad sobrepase los 500.000 habitantes, le corresponderá la categoría de área metropolitana para los efectos de su planificación.

La Planificación Urbana Intercomunal se realizará por medio del Plan Regulador Intercomunal o del Plan Regulador Metropolitano, en su caso, instrumentos constituidos por un conjunto de normas y acciones para orientar y regular el desarrollo físico del área correspondiente.

El Plan Regulador Intercomunal será confeccionado por la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo, con consulta a las Municipalidades correspondientes e Instituciones Fiscales que se estime necesario, sin perjuicio de las normas especiales que se establezcan para el Área Metropolitana.

Los principales objetivos del Plan Regulador Intercomunal son dar el mejor aprovechamiento al territorio intercomunal, en concordancia con las actividades económico-administrativas y atributos que conforman su base de sustento, evitando incompatibilidades entre ellas y en especial con el medio natural en que se inserta este territorio de planificación. Ello implica:

- ⇒ Prever las necesidades de espacio y localización más adecuados, entregando normas para la compatibilización de los distintos usos de suelo.
- ⇒ Concordar las especificaciones locales con las necesidades de desarrollo intercomunal, en términos de densidad, equipamiento, vialidad, áreas de protección, macro-infraestructura sanitaria, y otros.

#### *2.5.1.4 Plan de Desarrollo Urbano y Plan Regulador Comunal*

El Plan de Desarrollo Comunal corresponde a un documento elaborado por la respectiva municipalidad, que orienta la gestión de desarrollo local de una comuna. En él se priorizarán inversiones y acciones, y se organizarán de mejor forma los recursos financieros destinados al desarrollo de la comuna. Es por ello que su principal objetivo es darle sentido a las inversiones y acciones locales a mediano y largo plazo, considerando los diversos sectores de la comuna: social, económica espacial, infraestructura, medio ambiente, etc.

La planificación urbana comunal se realiza por medio del Plan Regulador Comunal, PRC, el cual es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento.

Sus disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos.<sup>13</sup>

El Plan Regulador Comunal será confeccionado, en calidad de función privativa, por la Municipalidad respectiva, y estará conformado por los siguientes documentos:

1. Memoria Explicativa, que contendrá los antecedentes socioeconómicos; los relativos a crecimiento demográfico, desarrollo industrial y demás antecedentes técnicos que sirvieron de base a las proposiciones, y los objetivos, metas y prioridades de las obras básicas proyectadas.
2. Estudio de Factibilidad, para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas y de aguas lluvias cuando corresponda, en relación con el crecimiento urbano proyectado, estudio que requerirá consulta previa al Servicio Sanitario correspondiente de la Región
3. Ordenanza Local, que contenga las disposiciones reglamentarias pertinentes.
4. Planos, que expresen gráficamente los contenidos de la Ordenanza Local, a escala 1:20.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.500 o a escalas adecuadas a las respectivas temáticas. Deberán también graficar con precisión los límites de los espacios públicos de la comuna y de las áreas que se propone declarar afectas a utilidad pública.<sup>18</sup>

No obstante el Plan Regulador es único en cuanto a forma y contenidos elementales, la necesidad de establecer una determinada identidad al centro poblado al cual rige, hace necesario además de la formulación propia del plan, haya una constante dinámica en cuanto a mantenerlo actualizado, lo cual hace necesario continuas modificaciones las que se pueden materializar a través de:

- ⇒ Actualización total del Plan
- ⇒ Formulación de un Plan Seccional

El Plan Seccional constituye un estudio detallado de algún sector comprendido en el Plan Regulador Comunal. Manteniendo las normas contenidas en él, el Plan Seccional plantea normas de diseño urbano referidas al espacio público y eventualmente a las edificaciones, en los casos en que estas no estuvieran previstas en el nivel superior,<sup>12</sup> (para localidades menores dentro de la comuna; o para fines de desarrollo de un área de aptitud turística, industrial, turístico-residencial, etc., generalmente fuera del límite urbano vigente).

Cabe señalar que el Plan Seccional estará conformado por los mismos documentos que un Plan Regulador Comunal.

## 2.5.2 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Esta legislación de carácter general tiene tres niveles de acción:

*La Ley General*, que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbana, urbanización y construcción.

*La Ordenanza General*, que contiene las disposiciones reglamentarias de esta ley y que regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, urbanización y construcción, y los standards técnicos de diseño y construcción exigibles en los dos últimos.

*Las Normas Técnicas*, que contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización, para el cumplimiento de los standards exigidos en la Ordenanza General.<sup>13</sup>

La Ley General de Urbanismo y Construcciones señala en su Título III, Capítulo II De la Ejecución de Obras de Urbanización y de Edificación, artículo 116°: "La construcción, reconstrucción, reparación, alteración, ampliación y demolición de edificios y obras de urbanización de cualquier naturaleza, sean urbanas o rurales, requerirán permiso de la Dirección de Obras Municipales, a petición del propietario, con las excepciones que señale la Ordenanza General."

Al respecto, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones<sup>18</sup> en su Título 4, Capítulo 1 Disposiciones Comunes a los Permisos de Urbanización y Edificación, artículo 1.4.1., inciso 2°, señala que, "El Director de Obras Municipales concederá el permiso de urbanización o edificación si los antecedentes acompañados cumplen con el Instrumento de Planificación Territorial y demás disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y la presente Ordenanza..."

Dentro de las disposiciones que menciona dicha Ordenanza, en su Título 4, Capítulo 1, artículo 4.1.5. señala:

“Los locales según sus condiciones acústicas, se clasificarán en los siguientes grupos:

1. Locales que por su naturaleza deben ser totalmente aislados de las ondas sonoras exteriores y en los cuales los sonidos interiores deben extinguirse dentro de las salas en que son producidos: estudios de grabación de películas cinematográficas o de discos, salas de transmisión de radiotelefonía, salas de hospitales, de estudios de música, de escuelas, bibliotecas y audición de alta calidad.
2. Locales parcialmente aislados que pueden recibir ondas sonoras del exterior, pero en los cuales interesa que esta recepción sea limitada de modo que no tome forma inteligible, capaz de provocar desviaciones de la atención: hoteles, departamentos, casas habitación, locales destinados al culto, oficinas profesionales o comerciales y las otras salas de audición no comprendidas en la categoría anterior.
3. Locales sin exigencias acústicas en que es indiferente que se propaguen ondas sonoras en uno u otro sentido, tales como estadios, mercados, restaurantes.
4. Locales ruidosos, en que el nivel sonoro interior es superior al del exterior y que, por lo tanto, deben ser tratados en forma recíproca a los de los dos primeros grupos, tales como fábricas, estaciones de ferrocarril, centrales o subestaciones eléctricas, imprentas, salas de baile.

Los locales incluidos en el primer grupo en su totalidad y los del segundo grupo que se encuentren ubicados en barrios con alto nivel sonoro medio, de acuerdo con la clasificación que adopte la Dirección de Obras Municipales, deberán someterse a las exigencias establecidas en las Normas Oficiales sobre condiciones acústicas de los locales.

Los edificios del cuarto grupo no podrán construirse en sectores habitacionales ni a distancias menores de 100 m de los edificios del grupo uno. Cumplirán, por lo demás, con las disposiciones de las Normas Oficiales en materia de aislamiento antisonórico de los locales que dichas normas especifiquen.”<sup>18</sup>

La Norma oficial referente al tema corresponde a la NCh 352 Of. 1961 y adicionalmente la NCh 352/1 of.2000, Aislación acústica - Parte 1: Construcciones de uso habitacional - Requisitos mínimos y ensayos.<sup>24</sup>

La Nch 352/1 Of. 2000 establece los requisitos mínimos de aislación acústica que deben cumplir las construcciones de uso habitacional, para permitir a sus habitantes el descanso frente a ruidos provenientes del exterior, ruidos provenientes de otras viviendas, y ruidos provenientes de las instalaciones externas a la vivienda. Establece además los métodos de ensayo que se deben aplicar para medir, in situ, aislación acústica y transmisión de ruidos.

Cabe destacar que esta norma solamente se aplica a las construcciones de uso habitacional y a pesar de que establece sólo los requisitos mínimos de aislación acústica, incluye en el Anexo A los requisitos que, optativamente, podrían cumplir dichas construcciones que ofrezcan una aislación acústica por sobre el mínimo establecido en esta norma.<sup>24</sup>

Sin embargo, los requisitos mínimos aplicables se restringen al ruido proveniente del exterior. De este modo lo que se regula es la aislación de las fachadas, controlando el ruido en el receptor, es decir se restringe la inmisión sonora. Esta regulación se hace mediante la evaluación del nivel equivalente diurno, NED, el cual corresponde al nivel de presión sonora equivalente en dBA, medido al exterior de la fachada evaluada durante periodos de tiempo que consideran la actividad diurna característica del lugar. De acuerdo al valor del NED, obtenido mediante el método de ensayo que señala la norma, se determina el requisito de aislación mínima para dicha construcción.<sup>24</sup>

### 2.5.3 Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas

A partir del año 1998 entra en vigencia el D.S. 146/97 MINSEGPRES, Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, que establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas hacia la comunidad, tales como las actividades industriales, comerciales, recreacionales, artísticas u otras. Están sujetos a cumplir esta norma, toda actividad, proceso, operación o dispositivo, que se realice dentro de una propiedad, sea pública o privada, y que genere o pueda generar ruidos molestos hacia la

comunidad. Esto es independiente de las fuentes que involucre, sean estacionarias, móviles, esporádicas o permanentes.<sup>19</sup>

Esta norma protege a la comunidad que se ve afectada por problemas de contaminación acústica, desde el punto de vista de la salud pública, y que son originados por las molestias ocasionadas por el ruido generado por fuentes fijas. Para ello establece niveles máximos permisibles de acuerdo al tipo de zona en que se encuentre el afectado, la cual es concordante con el Plano Regulador Comunal.<sup>19</sup>

**Tabla 1. Zonificación territorial según PRC de Providencia y homologación con el D.S. 146, correspondiente a la zona de estudio.**

Zona PRC actual	Descripción Uso de Suelo	Zona D.S 146	Máximo NPC en dBA de 7 a 21 hrs.	Máximo NPC en dBA de 21 a 7 hrs.
UPR	Preferentemente Residencial, con equipamientos de oficina restringidos	I	55	45
UEE	Corresponde a equipamientos especiales	II	60	50
UPRO	Preferentemente Residencial y Oficinas	II	60	50
UPROC	Preferentemente Residencial con Oficinas y Comercio hasta nivel metropolitano	II	60	50
UPC	Preferentemente Comerciales	II	60	50
UPRO_ES	Preferentemente Residencial y Oficinas, con Equipamientos Sociales Metropolitanos	II	60	50
UR	Preferentemente Residencial y Oficinas	II	60	50
UPROCI	Preferentemente Residencial con Oficinas y Comercio hasta Nivel Metropolitano y Taller	III	65	55

Se debe tener presente que el término fuente fija, corresponde a toda fuente emisora de ruido diseñada para operar en un lugar fijo o determinado. No perdiendo su calidad de tal las fuentes que se hallen montadas sobre un vehículo transportador para facilitar su desplazamiento.<sup>9</sup>

## **2.6 Descripción general de la comuna**

La Comuna de Providencia, inserta dentro del Sector Oriente del área urbana metropolitana de Santiago, ocupa una extensión aproximada de 1.420 Há (14,2 km<sup>2</sup>). De éstas, 1.250 Há corresponden a áreas urbanas y 170 Há como parte del cerro San Cristóbal (faldeo Sur-Oriente). A su vez, el área urbana (1.250 Há.) se compone de 860 Há constituidas por predios particulares; 301 Há de calles y 89 Há de áreas verdes y cauce de río. Por su parte, las áreas verdes comprenden 63 Há. de parques y plazas y 26 Há. ocupadas por el lecho del río Mapocho.

Los límites de la Comuna de Providencia no obedecen exactamente a una delimitación natural impuesta por accidentes geográficos, ya que forman parte del Gran Santiago. Sus límites jurisdiccionales, son los siguientes:

⇒ Norte:

La línea de cumbres de los Cerros San Cristóbal y de El Salto, desde la cumbre del cerro San Cristóbal (cota 881) hasta la cota 804, y una línea recta desde la cota 804 hasta el puente Lo Saldes, sobre el río Mapocho.

⇒ Oriente:

El río Mapocho, desde el puente Lo Saldes hasta la desembocadura del Canal San Carlos; y el Canal San Carlos, desde su desembocadura en el río Mapocho hasta la calle Eliecer Parada.

⇒ Sur:

El límite recorre las calles Eliecer Parada, Jaime Guzmán E., Arzobispo Fuenzalida, Pedro Lautaro Ferrer, Diagonal Oriente, Manuel Montt, Rengo, José Manuel Infante, Caupolicán y Malaquías Concha, hasta Vicuña Mackenna.

⇒ Poniente:

Av. Vicuña Mackenna, Pío Nono hasta su intersección con la calle Dominica, una línea recta desde dicha intersección hasta el costado poniente de la línea del funicular en toda su extensión, y desde este, una línea recta hasta la cumbre del Cerro San Cristóbal (cota 881).

Con 16 Unidades Vecinales, (ver anexo) existe una división racional de las áreas poblacionales y comerciales de Providencia. Actualmente para todos los efectos de análisis interno en programas, proyectos o estudios de inversión, se utiliza el criterio de distribución por unidades vecinales, de tal manera de orientar los recursos municipales con igualdad de oportunidades a todos los vecinos residentes o usuarios.<sup>25</sup>

### 2.6.1 Situación de la vivienda y la urbanización

En concordancia con la categorización de "nivel alto" que hace el Instituto Nacional de Estadísticas, INE, respecto a los recursos y nivel socioeconómico de la Comuna, sus viviendas son mayoritariamente amplias y de construcción sólida, con moderna edificación en altura.

En diversas zonas de la Comuna se han demolido muchas casas antiguas para dar paso a nuevos edificios de departamentos o han sido refaccionadas y destinadas luego a negocios, instituciones comerciales u oficinas de servicios.<sup>25</sup>

### 2.6.2 Visión de futuro

El concepto de visión futura de la comuna se encuentra directamente relacionado con un deseo aspiracional, el que se plantea básicamente en "*que queremos ser y como deseamos que nos perciban los demás*".

De acuerdo al Plan de Desarrollo Comunal, esta visión debe conceptualizar un conjunto de variables objetivas y subjetivas que reflejen el estilo y la filosofía asociadas a la percepción de la Idea o Imagen de Providencia, aspecto relacionado con los deseos y aspiraciones de la comunidad. La visión es entonces una posición perceptiva de como se observará, catalogará y se calificará a Providencia. Los conceptos contenidos en la visión son:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| ⇒ Agradable para Vivir      | ⇒ Estilo y Elegancia en su espacio      |
| ⇒ Atractiva para Invertir   | ⇒ Moderna y Respetuosa de su Patrimonio |
| ⇒ Urbanísticamente ejemplar | ⇒ Culturalmente Activa                  |
| ⇒ Solidarios                |   |
| ⇒ Calidad de Servicios      |   |

Estos conceptos producirán el vínculo tangible de la relación Providencia con residentes y/o usuarios de la comuna.<sup>25</sup>

### 2.6.3 Medio ambiente

Respecto a los problemas ambientales de mayor importancia para la comuna, los vecinos contestaron en un estudio de percepción realizado por el municipio, que la prioridad la tiene la contaminación por ruido, en segundo lugar la contaminación

del aire, problema de toda la cuenca de Santiago; y en tercer término la infestación por roedores.

La Municipalidad actúa sobre diversos factores ambientales que inciden directamente sobre la calidad de vida de la comunidad. Respecto a la contaminación acústica, para Providencia, constituye el principal factor de contaminación ambiental. En un estudio epidemiológico se estableció que la proporción de personas molestas por el ruido es muy alta e involucra a más de un tercio de la población de la comuna, además de ir en aumento a medida que se incrementa la edad. Dicha investigación señala que, de las personas que declararon estar molestas por el ruido, el 32.5% de ellas percibe esta molestia como franca, mientras que el 20.2% la percibe como intolerable. Dentro de las principales actividades interferidas por el ruido, destacan la conciliación y mantención del sueño, la que acumula el 40% de los encuestados y, la interferencia en toda actividad, que alcanza a casi un cuarto de ellos. No obstante, la investigación también evidenció la prevalencia de este problema por barrios, donde el porcentaje de molestias por ruido subió al 57% en el sector Bellavista.<sup>7</sup>

En la actualidad está en ejecución un programa de control de ruido en la comuna, que básicamente ha consistido en mejorar la legislación local para fiscalización, la adquisición de equipos de medición, capacitación de profesionales para la inspección técnica, celebración de convenios de colaboración con otros organismos sanitarios del nivel regional, elaboración de material educativo para difusión del problema a nivel vecinal, y atención de denuncias de la comunidad.

El último trienio el programa se ha focalizado en la prevención de las emisiones sonoras desde los establecimientos nocturnos de recreación.<sup>25</sup>

### ***2.7 El Ruido en la Planificación Territorial***

El urbanismo como campo disciplinario requiere de múltiples instrumentos de planificación, para que al ser aplicados a las ciudades logren una habitabilidad humana que satisfaga las expectativas de quienes las habitan. La planificación de la ciudad como proceso dinámico, es una herramienta que requiere que estos procesos se adapten a los cambios políticos, económicos, sociales y tecnológicos, incorporando a los factores urbanos los de carácter medioambiental y dentro de ellos los acústicos. La integración disciplinaria debe ser capaz de ver como un todo los problemas y junto a la participación de la comunidad llegar a establecer soluciones de futuro.

El proceso de urbanización implica precisamente un aumento de densidad y de actividades de una comunidad. La ciudad permite la interacción de muchas personas, concentrando en un territorio reducido los puntos de encuentro e intercambio. Sin embargo, la población también realiza actividades individuales que requieren privacidad, la que debe ser creada artificialmente en un ambiente urbano.

Se plantea así el problema de compartir un mismo espacio, obviamente limitado, para lograr satisfacer diferentes actividades y necesidades. Si se sobrepasa la capacidad de dicho espacio, se presentan problemas de congestión y contaminación. Se produce congestión al exceder la disponibilidad de recursos y contaminación cuando se excede la capacidad del medio de asimilar los excedentes de las actividades urbanas.<sup>2</sup>

Recordemos que la contaminación acústica se define como la interferencia de ruidos en las actividades normales que se realizan. Por tanto, la presencia de contaminación acústica se establece no sólo por la existencia de ruido, sino que, además, debe existir una población expuesta y realizando actividades incompatibles con dicho ruido. La propia actividad urbana tiende a agrupar actividades, pero, aún así, casi siempre se producen áreas de nivel excesivo para algunos. Frecuentemente los propios afectados son también causantes de la contaminación, lo que muestra la complejidad de evaluar dicha contaminación y llegar a separar emisores y receptores.

En este sentido, es estrecha la relación entre ruido urbano y planeamiento, ya que la existencia de determinados usos de suelo es la que origina una determinada

valoración del impacto e igualmente, la presencia de un determinado nivel sonoro ambiental debe restringir la posibilidad de implantar determinados usos.

En general, la evaluación precisa del impacto ambiental producido por una determinada actuación presenta muchas dificultades y exige toda una serie de estrategias. Como es natural, las características de dichas estrategias dependen de la naturaleza concreta del problema planteado.<sup>15</sup>

### 2.7.1 Control de ruido

La lucha contra el ruido está basada en una serie de estrategias tanto técnicas como administrativas. En particular, habría que insistir en que la existencia de una legislación adecuada es fundamental (leyes, normas, ordenanzas, etc.). Así mismo, el desarrollo y apoyo de toda esa legislación sólo será posible si existe un nivel de conciencia ciudadana suficientemente alta en relación con este tema y todas sus implicaciones (hábitos sociales, costos económicos, etc.)<sup>14</sup>

El primer paso a seguir para solucionar los problemas de ruido, suele consistir en la identificación de las fuentes más importantes y la realización de mediciones de niveles de ruido, puesto que es el elemento fundamental para obtener una información adecuada sobre la situación sonora en un área determinada. Como es natural, hay que asegurar la inclusión de todas las fuentes realmente importantes en el caso considerado y, al mismo tiempo, la no inclusión de todas aquellas que, por su carácter poco relevante, sólo contribuirán a complicar innecesariamente el problema.

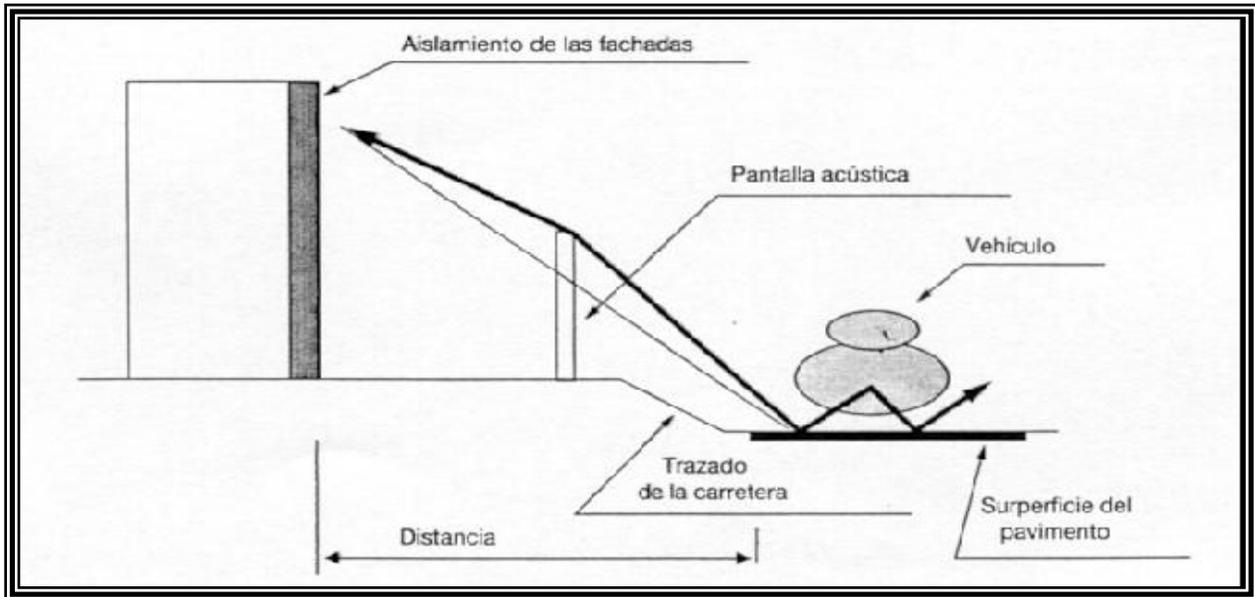
La siguiente etapa consiste en la determinación de los objetivos a alcanzar para cada caso concreto. Luego corresponde la aplicación correcta de los principios técnicos de control de ruido que resulten más adecuados para conseguir el objetivo deseado. Es importante destacar que, en la selección de las medidas a adoptar se deben considerar, además, otros factores, tales como el costo económico, las implicaciones sobre la estética, sobre la seguridad, etc.

Finalmente, el último paso corresponde a verificar si se han logrado los objetivos planteados con las medidas adoptadas.

En general las opciones de control de ruido están confinadas a una cadena con tres eslabones bien diferenciados, cuales son la fuente de ruido, el camino de

transmisión y el receptor. En consecuencia, las medidas a adoptar se pueden aplicar tanto a uno de estos tres eslabones como al conjunto de ellos.<sup>15</sup>

Figura 2. Ejemplo de control de ruido en cada eslabón para ruido de carretera.<sup>15</sup>



Sin embargo, como criterio general se puede decir que la actuación prioritaria debe dirigirse a la atenuación en la emisión, ya que presenta ventajas para todo el entorno, y posteriormente, si fuera necesario, se actuará en la propagación o en la inmisión.

Se debe agregar, además, que estas posibles soluciones, plasmadas en los proyectos o planes de la clase que sean, se han de someter a los procedimientos previstos por la legislación pertinente y que implica la participación de otras personas, municipios, autoridades administrativas, encuestas públicas, etc., que finalmente permitirán transformar aquella propuesta técnica en un instrumento legal.

Este proceso requiere que no sólo los técnicos encargados de preparar las propuestas sean capaces de elaborar documentos acústicamente conscientes, sino que aquellos que intervienen en el proceso sean sensibles a tales propuestas y a tales problemas.

La siguiente tabla señala algunas medidas de control de ruido urbano, por su acción sobre las distintas etapas de la cadena acústica

Tabla 2. Ejemplos de medidas de control de ruido urbano en las distintas etapas.<sup>2</sup>

<b>Fuente (Emisión)</b>	<b>Medio (Propagación)</b>	<b>Receptor (Inmisión)</b>
<i>Control individual de vehículos</i>	<i>Barreras acústicas</i>	<i>Distancia a emisor</i>
<i>Límites de emisión progresivos</i>	<i>Desvíos del tránsito</i>	<i>Uso del suelo limitado</i>
<i>Superficie calzadas menos ruidosas</i>	<i>Vías bajo nivel o con taludes</i>	<i>Planificación de usos compatibles</i>
<i>Inversión en máquinas menos ruidosas</i>	<i>Túneles</i>	<i>Inversión en aislación de edificios</i>
<i>Limites por tipo de equipos</i>	<i>Pantallas, obstáculos en general</i>	<i>Participación ciudadana</i>
<i>Conversión tecnológica</i>		<i>Relaciones públicas</i>
<i>Rotulación</i>		<i>Programas de control de calidad</i>
<i>Límite de velocidad</i>		

De las medidas de control de ruido señaladas en la tabla 2, es preciso hacer un alto y comentar un poco acerca del diseño y aplicación de algunas de ellas.

En primer lugar, si pensamos que las vías con características de autopista o eje principal se diseñan con el objeto de canalizar grandes flujos de tráfico para reducir la circulación por otros tipos de vías y evitar la travesía por sectores vulnerables, no es viable en este tipo de vías actuar sobre los parámetros de la circulación que fundamentalmente inciden en la emisión sonora: flujo de vehículos, velocidad de circulación y porcentaje de vehículos pesados.

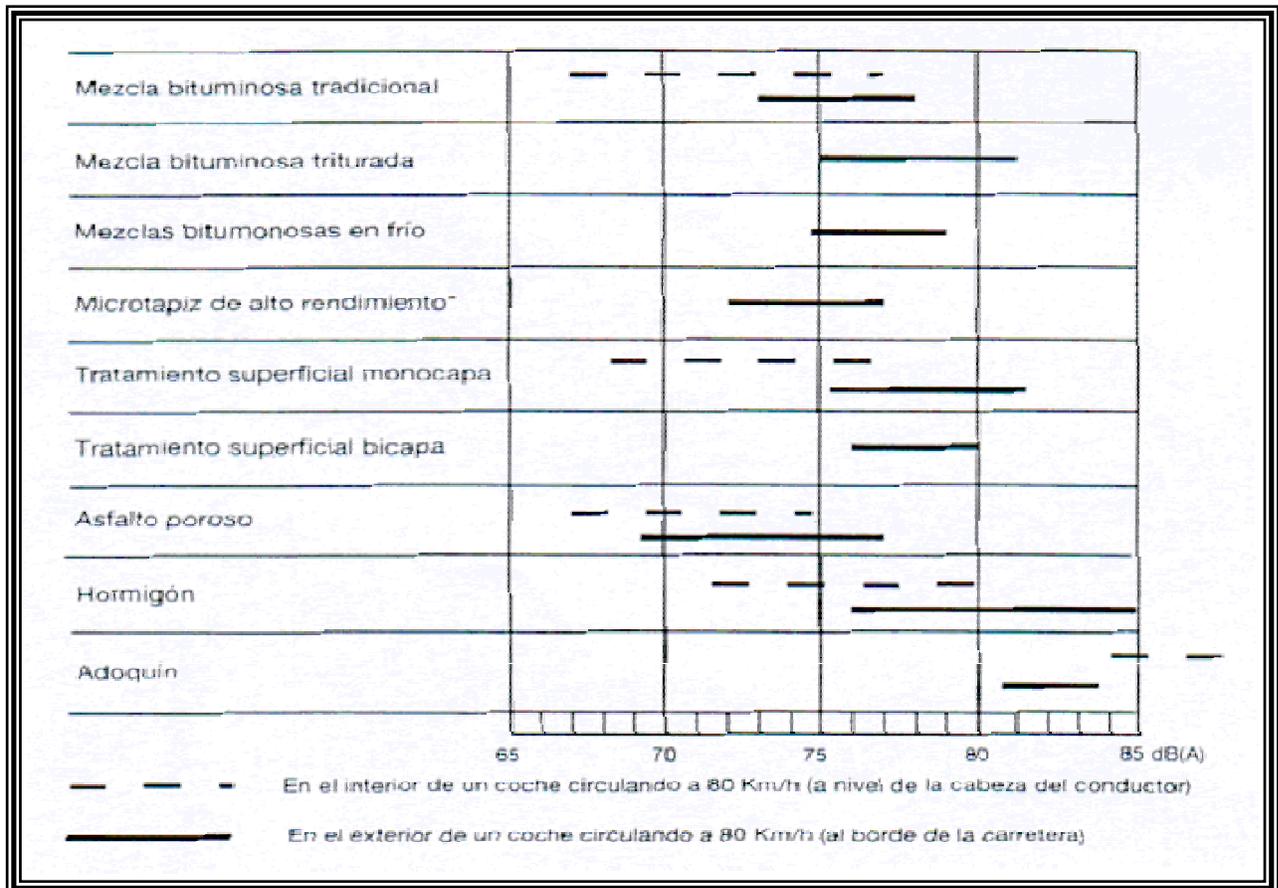
En estas situaciones, una alternativa de acción internacionalmente aceptada para controlar el impacto de carreteras corresponde a la selección de pavimentos silenciosos o porosos.

Por supuesto, esto es válido siempre que nos referimos a vías ya existentes, ya que para las nuevas, el estudio de impacto sonoro se debe plantear desde las primeras fases del proyecto, ya que la elección de un trazado adecuado puede reducir en forma considerable las necesidades de actuación contra el ruido en la obra final y, por ende, sus costos.<sup>16</sup>

La figura 3 muestra los niveles medidos al borde de la vía y en el interior de los vehículos en relación con los diferentes tipos de pavimentos analizados.

Los pavimentos porosos surgieron para aumentar la seguridad en días de lluvia, al disminuir el riesgo de hidroplaneo y mejorar la visibilidad, ya que sus características drenantes evitan que se forme una película de agua sobre la calzada. Sin embargo, la importante reducción de la emisión sonora que se obtiene con su colocación, ha convertido a estos pavimentos en tratamiento antirruído.<sup>16</sup>

Figura 3. Niveles de ruido medidos al borde de la vía y en el interior de los vehículos en relación con los diferentes tipos de pavimentos.<sup>15</sup>



Numerosos estudios demuestran la ventaja que los pavimentos porosos presentan para la reducción de la emisión sonora, por lo que en zonas sensibles al ruido este pavimento se presenta como una alternativa interesante. Resultados de diversos estudios presentan una eliminación de 2 a 5 dBA frente a pavimentos

convencionales de asfalto y hormigón, y superior para superficies especialmente ruidosas (como el adoquín), reducción que hay que considerar importante, ya que con una pantalla acústica es difícil superar atenuaciones del orden de 12 dBA.<sup>16</sup>

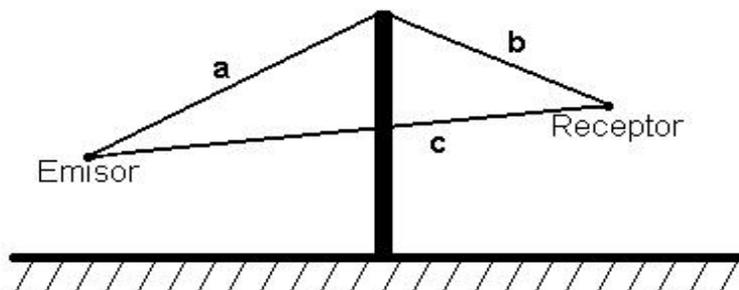
Es importante señalar que, lógicamente, antes de aplicar esta medida se debe considerar la viabilidad económica frente a los costos de construcción y mantención asociados (planes de limpieza), que se encuentran fuera del alcance de este estudio.

En general, cuando la actuación sobre la emisión está agotada o en aquellas situaciones en que el costo sea elevado, se debe analizar la actuación en la propagación.

Cabe señalar, que la atenuación durante la propagación del sonido entre emisor y receptor, está condicionada por los diferentes parámetros que definen esta propagación en exteriores, que fundamentalmente son: la divergencia geométrica; la absorción del aire; efectos del suelo y efectos meteorológicos.<sup>16</sup>

Una de las medidas de control de ruido comúnmente utilizadas en la propagación, corresponde a la implantación de barreras. Una barrera, natural o artificial, es un cuerpo sólido, relativamente opaco al sonido, que bloquea la línea de visión entre la fuente sonora y el receptor. Una barrera también aparece cuando el nivel de la tierra cambia, como por ejemplo cuando una carretera se construye talando un cerro.

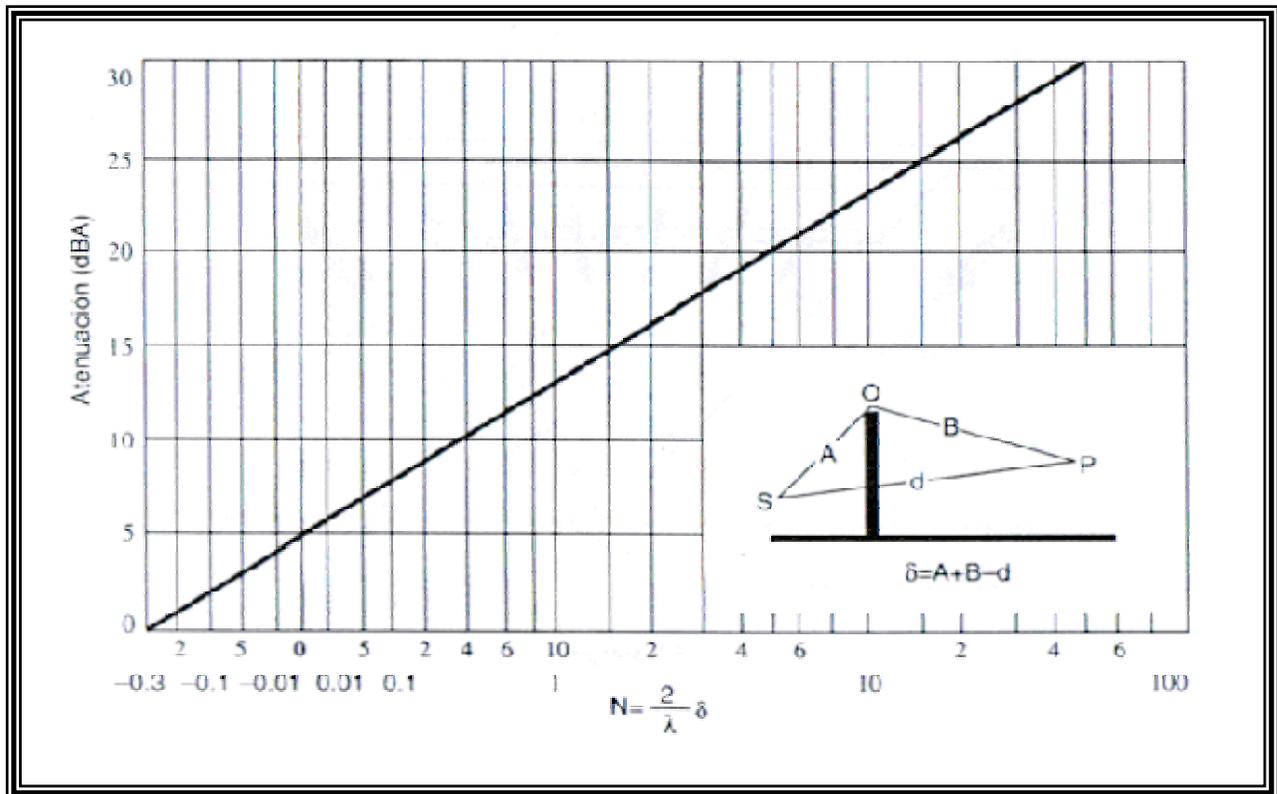
Figura 4. Esquema de la difracción ofrecida por una pantalla.



La atenuación de una barrera se basa en el fenómeno de difracción del sonido y es función, principalmente, del aumento de recorrido originado en la propagación del sonido, como consecuencia de la interposición de la barrera, y del espectro en frecuencia de la fuente emisora.<sup>1</sup>

Los cálculos de atenuación por barreras se basan en el ábaco de Maekawa, que se muestra en la figura 5, y representa la atenuación en dBA ofrecida por una pantalla acústica para una fuente puntual en función del número de Fresnel, considerando que el único camino de transmisión del sonido a la zona de sombra de la pantalla es la difracción producida por ésta.<sup>16</sup>

Figura 5. Ábaco de Maekawa.<sup>16</sup>



Se debe indicar que el ábaco de Maekawa es la referencia en la que se basan la mayor parte de los métodos de cálculo de la atenuación por difracción de una barrera, pero no es en sí mismo el método de cálculo. Algunos de los métodos de cálculo más conocidos corresponden a los proporcionados por Keller y Kurze-Anderson.<sup>17</sup>

El número de Fresnel,  $N$ , es función del aumento de recorrido del sonido y de la longitud de onda (ver figuras 4 y 5). Esto implica que el cálculo debe efectuarse de forma independiente para cada banda de frecuencia. Una barrera atenúa más las altas frecuencias que las bajas, por tanto cambia la forma del espectro de ruido.

$$\text{Ec. (8)} \quad N = (a + b - c) \frac{2}{\lambda}$$

Donde  $\lambda$  : longitud de onda y a, b, c los segmentos señalados en la figura 4.

Las cualidades de atenuación del ruido, es decir, la eficacia acústica de la pantalla en términos de reducción de ruido son:

- ⇒ Una pantalla anti-ruido reduce generalmente los niveles de ruido de 10 a 15 dBA en la zona de sombra.
- ⇒ Una pantalla anti-ruido proporciona una reducción de ruido insignificante cuando ésta no es lo suficientemente alta para cortar la línea visual entre el foco y el receptor.
- ⇒ La longitud de una pantalla anti-ruido debe ser aproximadamente cuatro veces la distancia entre el receptor y la pantalla (para receptores ubicados a menos de 100 metros).
- ⇒ El sonido transmitido a través de la pantalla debe ser despreciable (densidad superficial mayor a 20 kg/m<sup>2</sup>).<sup>15</sup>

Además de las consideraciones técnicas señaladas, es necesario tener en cuenta la estética que debe estar en concordancia con su entorno, la seguridad, una buena visibilidad para los automovilistas, resistencia a choques vehiculares, mantenimiento, costos de construcción y durabilidad entre otros aspectos.<sup>14,15,16</sup>

Cuando la reducción de ruido no puede ser efectuada en la fuente sonora o en el medio de propagación o simplemente cuando las medidas aplicadas aún son insuficientes, será necesario actuar en la aislación de las fachadas de las viviendas de los receptores.

Básicamente, esta medida contempla la sustitución de ventanas normales por ventanas aislantes, aislar los muros y mejorar las características físicas de las paredes, techos, etc. de modo de proporcionar un aislamiento acústico mayor. Lógicamente esta medida es, en general, de muy alto costo, por lo que se debe considerar como una última medida. La reticencia hacia este tipo de actuaciones se debe a que son soluciones que sólo producen beneficio en el interior del local tratado y sólo mientras las ventanas permanezcan cerradas, por lo que es una solución poco adecuada para lugares con periodos del año calurosos.

Naturalmente que lo anterior se debe considerar para construcciones ya existentes, ya que para las nuevas construcciones el estudio de impacto sonoro se debe contemplar desde las primeras fases del proyecto, considerando en la edificación requisitos mínimos de aislación para los ruidos externos, a modo de minimizar la intromisión de estos en las actividades que se proyectan.

Cabe señalar que no es objeto del presente estudio profundizar en las diferentes medidas de control de ruido y las consideraciones técnicas de diseño de cada una de ellas, sino comentar algunos factores a considerar en la implementación de algunas, dando por hecho que tanto la elección de la medida de reducción de ruido más conveniente, así como los cálculos necesarios para su diseño, serán efectuados en su momento por especialistas en la materia.

Por último, es de notar que al tratar el tema del ruido en la planificación urbana, nos hallamos, en general, ante uno de los más importantes condicionantes que hacen que las ciudades sean o no habitables. Esto significa que en manos del equipo de urbanistas (o planificadores) se encuentran las opciones que permitirán que las ciudades sean "silenciosas" o "ruidosas".

### 2.7.2 Planeamiento: Medidas preventivas

La adopción de medidas en la lucha contra el ruido puede ser mejorada si en los lugares en los que hay que actuar, se ha realizado previamente un estudio de las condiciones acústicas existentes. En los informes de numerosos países como España Suiza, Holanda y Noruega, se afirma que la existencia de estos estudios evitará la generación, en el futuro, de nuevos problemas ambientales asociados al ruido y, asegurará la correcta adopción de las medidas a tomar para reducir el número de personas afectadas.<sup>15</sup>

A nivel de municipios, cualquier programa de acción para disminuir los niveles de ruido, debe contemplar la planificación y zonificación de la comuna con sus áreas de amortiguamiento, la prevención a través del otorgamiento de permisos de instalación y apertura, el establecimiento de medidas correctoras y la aislación acústica en las viviendas. Toda esta serie de acciones deben estar coordinadas con normativas adecuadas, servicios de inspección y control, personal calificado con conocimientos técnicos en la materia, además de la coordinación entre las diferentes entidades involucradas.

No obstante, para decidir apropiadamente, el equipo responsable de la planificación necesita disponer de información real y completa de los niveles sonoros que se producen en la comuna, en la que se indique su distribución y que contemple especialmente:

- ⇒ Las zonas con los niveles elevados, con identificación de las fuentes que lo producen, niveles de presión sonora, variabilidad horaria y duración de la misma.
- ⇒ Las zonas que por sus características es preciso mantener niveles de ruido tan bajos como sea posible (proximidad de hospitales, etc.)
- ⇒ Las zonas en que por su desarrollo urbanístico se prevea un aumento de los niveles de ruido (zonas potencialmente turísticas, etc.)
- ⇒ Las zonas que aún manteniendo un clima confortable, debido a actividades de ocio (proximidades a campos deportivos por ejemplo) puedan ocasionar transitoriamente una pérdida de confort acústico.
- ⇒ Actividades que producen mayores niveles de molestia y que están distribuidas por la comuna.
- ⇒ Las actividades singulares, que afectan a determinadas comunidades en la comuna con elevados niveles sonoros.
- ⇒ La respuesta de la comunidad frente al ruido, tanto a nivel comunal como por zonas o debido a situaciones especiales.<sup>14</sup>

Para disponer de esta información es imprescindible elaborar mapas de ruido, realizar un inventario de fuentes sonoras generadoras de molestias, identificando actividades con mayor índices de protestas por ruido y encuestas a la población acerca de los niveles de molestia producidos por éstas.<sup>14,15</sup>

Al contar con lo anteriormente señalado, se tiene la base para la evaluación del ruido y conocer con detalle cuáles son los déficits ambientales de la comuna en materia de ruido. No obstante, para realizar programas de actuación eficaz de lucha contra el ruido es imprescindible introducir criterios preventivos.

Es evidente que el diseño de la comuna no debe estar condicionado por criterios exclusivamente acústicos, pero es necesario que se contemple la problemática ambiental en el plan regulador comunal y las sucesivas modificaciones a éste.

El problema más importante que se debe afrontar tiene dos facetas primordiales, cuales son, clasificar los distintos factores productores de ruidos y

agrupar las zonas de niveles similares según un orden gradual de intensidad, es decir, en orden creciente o decreciente.

Es importante destacar, además, que es indispensable la interacción entre la disminución del ruido en los ambientes exteriores y la protección de los ambientes interiores frente a los primeros. Sin una adecuada previsión del espacio interior, la labor de aislación acústica del espacio exterior será menor. La labor de diseño conjunto, por tanto, es imprescindible.<sup>1,16</sup>

Cuando se proyecta una fuente de ruido como una carretera, una industria, etc., cerca de una zona construida, el diseño y localización de la fuente de ruido es crucial para reducir el impacto de ruido. Ahora, cuando se proyecta una fuente de ruido en un área de futura construcción, el control del impacto acústico se deberá efectuar mediante una política de planeamiento que considere este aspecto en el uso de suelo. Las oportunidades para optimizar la planificación territorial dependerán del espacio disponible y las restricciones de las zonas aplicadas.<sup>1</sup>

Las técnicas apropiadas incluyen:

- ⇒ Dejar la mayor distancia posible entre la fuente de ruido y la zona a proteger.
- ⇒ Emplazar actividades compatibles entre el foco y la zona a proteger.
- ⇒ Utilizar la forma de la construcción y vegetación como barreras de las zonas sensibles.

#### *2.7.2.1 Separación espacial*

Las edificaciones se pueden proteger del ruido alejándolos de la fuente sonora. Sin embargo, aún cuando esta medida parece sencilla, a menudo no se tiene en cuenta por los diseñadores por considerarla antieconómica. A pesar de que por lo general es cierto, en circunstancias especiales, a veces es la única solución posible. Esto ocurre especialmente en zonas mixtas donde las edificaciones altas no pueden ser apantalladas por barreras y, por ende, deben alejarse tanto como sea posible de la fuente de ruido.

Una de las formas de asegurar la separación espacial, es imponer una política de zonificación cerca de las áreas destinadas a actividades generadoras de ruido. A modo de ejemplo, en Francia los planes establecen que no deben construirse

viviendas a menos de 50 metros de autopistas y de 35 metros de vías principales. Así mismo, en Holanda las zonas de protección a lo largo de las vías dependen del número de pistas. Así las distancias mínimas son de 100, 200 y 350 metros para vías de 2, 3 o más pistas por sentido respectivamente.<sup>2</sup>

### 2.7.2.2 Zonificación y compatibilidad de actividades.

En general, parece lógico que la zonificación se plantee en atención a la generación o no de ruido y a la necesidad o no de silencio de las distintas funciones urbanas. De este modo, respecto a los diferentes usos de suelo y en relación con este aspecto acústico, se pueden establecer las funciones que se señalan en la tabla 3.

Dicha tabla muestra algunas de las actividades que generan o no ruido y si precisan silencio, con lo cual podemos vislumbrar perfectamente que las áreas que no producen ruido y no requieren silencio, pueden aislar las que los requieran de las que lo producen.

Tabla 3. Actividades y sus cualidades respecto al ruido.<sup>4</sup>

<i>Actividades</i>	<i>Cualidades</i>
Industrial ruidosa	Genera ruido pero no precisa silencio.
Industrial inofensiva	No genera ruido y no precisa silencio.
Residencial	No genera ruido y precisa silencio.
Comercial y oficinas	No genera ruido, puede no precisar silencio.
Viario	Transportes de superficie generan ruido y no precisan silencio. Transportes subterráneos no generan ruido y no precisan silencio.
Recreativo	Parque de atracciones genera ruido y puede o no requerir silencio. Campo de fútbol, deportes, etc, genera ruido y no precisa silencio.
Cultural	Teatro, auditorio, etc, genera ruido y precisa silencio.
Religioso	No genera ruido y precisa silencio.
Hospitalario	No genera ruido y precisa silencio.
Aeropuerto	Genera ruido y no precisa silencio.

Esta es la dirección que debe llevar el urbanismo desde el punto de vista del ruido, es decir, compatibilizar las distintas actividades en forma gradual, de modo que la sensibilidad de una actividad frente al ruido no se vea vulnerada por la presencia de otra. De este modo, es crucial clasificar las distintas actividades

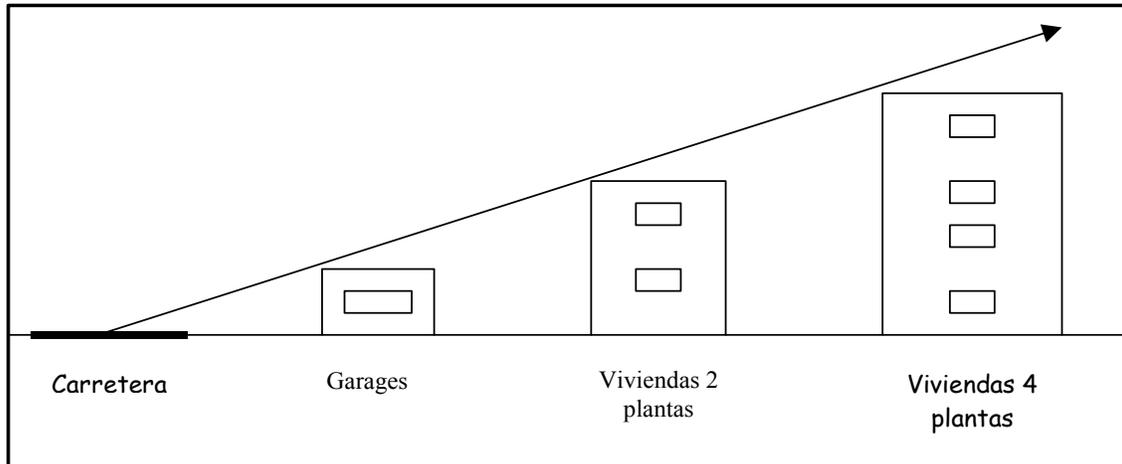
generadoras de ruidos y agrupar las zonas de niveles similares según un orden gradual de intensidad.

Se debe agregar que además de lo señalado en el párrafo anterior, se puede obtener una protección adicional si la disposición de los diferentes edificios se encuentran emplazados de manera apropiada, como por ejemplo, actuando como barrera frente al ruido y protegiendo a otras edificaciones de usos más sensibles.

Un edificio largo o una fila de edificios paralelos a una carretera pueden reducir el ruido del orden de 13 dBA en edificios apantallados<sup>1</sup>

Por lo que respecta a edificios pantalla, lógicamente deben colocarse las funciones que puedan asumir la presencia de ruidos hacia los mismos, para aislar así las restantes funciones que requieren silencio, o bien realizar un cierre muy hermético en la fachada expuesta al ruido.

**Figura 6. Ejemplo de ubicación de edificios con elevación gradual al alejarse de una carretera para ofrecer protección a otros edificios.**



Por ende, un emplazamiento de filas de edificios no proporciona necesariamente una protección real, ya que todo el impacto se localiza en la primera fila de viviendas. Ahora, si se construyen los edificios menos sensibles, como los destinados a uso comercial o actividades similares que no precisen silencio, próximos a la fuente de ruido, se puede conseguir un ambiente aceptable tanto en los edificios protegidos como en la zona intermedia que actúa de protección

Como es de notar, la necesidad de aislación de los edificios se puede minimizar si se planifica adecuadamente su forma y orientación, teniendo en cuenta los focos de ruido existentes. El objetivo es evitar reflexiones dirigidas a habitaciones sensibles al ruido, razón por la cual, la orientación se debe diseñar de manera que el edificio actúe, en la medida de lo posible, proporcionando protección a los espacios situados detrás de él.

A través de una adecuada planificación de los sectores y funciones de un edificio puede lograrse una reducción del ruido exterior. De forma análoga a la zonificación por actividades, las áreas donde el ruido no causa molestia deben ubicarse entre el ruido y las áreas en las cuales sí causa molestia, logrando de esta forma que las propias funciones del edificio aislen unas de otras.

Tabla 4. Funciones de un edificio y sus cualidades respecto del ruido.<sup>14</sup>

<i>Función</i>	<i>Cualidad</i>	<i>Ejemplos</i>
Aislantes	No producen ruido No requieren silencio	Los armarios, locales de archivos, etc.
Colchón	No producen ruido Requieren silencio	Dormitorios salas de descanso, estudios, etc.
Ruidosas	Producen ruido No requieren silencio	Baños, cocinas, pasillos y escaleras en algunos casos, ascensores, salas de máquinas, estacionamientos
Críticas	Producen ruido Requieren silencio	Salas de música, de estar con TV o equipo de música, salas de reuniones, de conferencias

Bajo estas premisas, parece lógico que para cada edificio, y como ayuda a su planeamiento, se estudie la compatibilidad de funciones.

Por otro lado, se debe tener presente que las partes más acristaladas del edificio acostumbran a ser los elementos más débiles por lo que respecta a la aislación sonora, razón por la cual se debe intentar que las aberturas principales no se dispongan hacia las orientaciones ruidosas. Así mismo, la forma del edificio se puede diseñar de modo que los balcones, cornisas u otras partes brinden protección, donde sólo la primera planta este expuesta al ruido.<sup>15</sup>

El implantar vegetación entre la fuente y el receptor es otro punto de interés. A decir verdad, los árboles y los arbustos ofrecen muy poca atenuación como barrera, sin embargo, proporcionan un efecto psicológico que se crea cuando se elimina la visión directa del foco de ruido, produciendo a veces una impresión de menor molestia en la persona.<sup>1</sup>

## 2.8 Mapas de ruido

Un mapa de ruido es una representación gráfica, sobre planos o esquemas, de los niveles de ruido existentes en una determinada zona, obtenidos a partir de los resultados de mediciones realizadas en diferentes puntos del área de estudio.

Para la confección de un mapa de ruido básicamente existen dos métodos, llamados genéricamente el de la *retícula* y el de *viales*. El *método de la retícula* consiste en definir los puntos de forma aleatoria, mediante la superposición sobre un plano de una retícula cuyas cuadrículas tienen dimensiones proporcionales a la superficie del área, con intervalos que son función de la resolución que se pretende conseguir. Los puntos de medida se establecen en el lugar más próximo accesible a los puntos de intersección que establece la malla seleccionada.<sup>6</sup>

El objetivo de este método es efectuar un muestreo aleatorio de la situación en el punto, repartido de forma uniforme por todo el área de estudio. Considera por lo tanto, el ruido total existente en un punto sin diferenciar la contribución de los diferentes focos. Por otro lado, con el fin de obtener una información representativa de la situación en cada punto se suelen efectuar varios muestreos de corta duración, en distintos y diferentes períodos del día.

El resultado global obtenido por este método, es un análisis estadístico de la situación en el núcleo, basado en la información obtenida en los puntos de muestreo antes seleccionados, que será más o menos representativa de la situación global en función de la homogeneidad existente en la zona de estudio. Si la situación sonora es heterogénea, los puntos medidos corresponderán a la situación sonora en lugares puntuales y, por ende, tendrán escasa representatividad sobre las zonas no medidas<sup>1</sup>.

El *método de viales o calles*, trata de representar la situación en las vías del área de estudio, asociando el nivel sonoro a las características del tráfico y del entorno. Es por tanto un método que no se aplica sólo en base a mediciones, sino que el análisis de las características de la ciudad es un paso previo y que se reduce al impacto de tráfico rodado. Este método consiste en medir directamente sobre vías previamente seleccionadas, por lo que entra aquí la influencia del o los profesionales a cargo del estudio, dejando de lado la aleatoriedad que presenta el método anterior. En un caso general se mediría sobre toda la trama circulatoria.<sup>6</sup>

Las ventajas que presenta este método, en comparación al anterior, es que al obtener los resultados asociados a las características del foco y del entorno, es posible seguir la evolución de la situación, ya que se conoce el efecto, al menos de los parámetros fundamentales, mientras que con el método por retícula sería necesario repetir las mediciones realizadas para observar las modificaciones obtenidas.<sup>1,6</sup>

A pesar de las diferencias planteadas en los métodos anteriormente señalados, las cuales se fundan principalmente en los criterios de elección de los puntos de medición, ambos métodos son igualmente válidos si el procedimiento seguido es correcto.

## 2.9 Criterios de Protección y Riesgo de la Población

El propósito de establecer criterios de protección y riesgos acústicos ambientales, es determinar "niveles" permisibles para lograr mantener un nivel de ruido en zonas adecuadas y bajo distintas condiciones, de manera que aquellos sitios que cumplen con dichos requisitos se preserven y los que no, se genere un plan de manejo ambiental que tienda a la disminución de los niveles de ruido, con la finalidad de que cualquier lugar de la comuna, bajo cualquier condición, proporcione salud y bienestar a la población sin considerar el costo que ello signifique.

Esto hace necesario precisar lo que se entiende por "salud y bienestar", según la definición de salud proporcionada por la Organización Mundial de la Salud, la frase "salud y bienestar" se define como: completo bienestar físico, mental y social. Por tanto, esta definición incluye respuestas subclínicas y subjetivas como la molestia y otros factores adversos, lo que establece una igualdad, en cuanto a los efectos auditivos y no auditivos, de la contaminación acústica ambiental sobre la salud de las personas.<sup>10</sup>

Para poder establecer criterios de protección y riesgo, se requiere analizar lo aportado por otros países que han desarrollado de manera más profunda el tema.

### 2.9.1 Riesgo de Pérdida Auditiva EPA.

La Agencia de Protección Ambiental EPA de los EEUU. establece límites peligrosos a partir de un nivel continuo equivalente de 24 horas,  $Leq_{24h}$ , con valores superiores a 70 dB(A).

Tabla 5. Riesgos de Pérdida Auditiva según criterio EPA.<sup>10</sup>

<i>Intervalos</i>	<i>Riesgos</i>
$Leq_{24} \leq 70$ dB(A)	Sin Riesgo Potencial
$70$ dB (A) < $Leq_{24} \leq 75$ dB (A)	Riesgo Potencial Leve
$75$ dB (A) < $Leq_{24} \leq 80$ dB (A)	Riesgo Potencial Medio
$Leq_{24} > 80$ dB (A)	Riesgo Potencial Alto

### 2.9.2 Riesgo de Interferencia con el Sueño, EPA.

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental, existe riesgo de interferencia con el sueño a partir de un nivel de presión sonora continuo equivalente nocturno de 50 dB(A).

Tabla 6. Riesgos de Interferencia con el sueño según criterio EPA.<sup>10</sup>

<i>Intervalos</i>	<i>Riesgo Potencial de Interferencia con el Sueño</i>
$Leq_n \leq 50 \text{ dB(A)}$	Nulo
$50 \text{ dB(A)} < Leq_n \leq 60 \text{ dB(A)}$	Leve
$60 \text{ dB(A)} < Leq_n \leq 70 \text{ dBA(A)}$	Medio
$Leq_n > 70 \text{ dBA(A)}$	Alto

### 2.9.3 Riesgo y Protección H.U.D.

El criterio H.U.D., (U.S. Department of Housing and Urban Development) establece el grado de aceptabilidad para la construcción de nuevas viviendas en función del ruido ambiente de un sector, como se detalla a continuación.

⇒ Inaceptable

*Nivel Sonoro > 80 dB(A) para un tiempo t= 60 minutos*

*Nivel Sonoro > 75 dB(A) para un tiempo t= 8 horas.*

⇒ Discrecional (normalmente inaceptable)

Nivel Sonoro > 65 dB(A) para un tiempo t= 60 minutos. En un intervalo de tiempo de 24 horas.

⇒ Discrecional (normalmente aceptable)

Nivel Sonoro < 65 dB(A) para un tiempo t= 60 minutos.

⇒ Aceptable

Nivel Sonoro < 45 dB(A) para un tiempo t= 30 minutos. En un intervalo de 24 horas.

Los sectores en los cuales las viviendas requieren sólo de la aislación que contemplan las normas de construcción vigentes en los Estados Unidos, son aquellos en que el nivel de presión sonora continuo equivalente día noche es menor a 65

dB(A). Para niveles superiores a 65 dB(A), se requiere una aislación adicional como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 7. Criterio de Incompatibilidad y Aislación con el uso de suelo residencial, según criterio HUD.<sup>10</sup>

<i>Intervalo</i>	<i>Aptitud - Aislación Adicional</i>
$LDN \leq 65 \text{ dB(A)}$	Apto Uso Residencial
$65 \text{ dB(A)} < LDN \leq 70 \text{ dB(A)}$	Aislación Adicional de 5 dB(A)
$70 \text{ dB(A)} < LDN \leq 75 \text{ dB(A)}$	Aislación Adicional de 10 dB(A)
$LDN > 75 \text{ dB(A)}$	No Aptos para Viviendas

#### 2.9.4 Criterio de Compatibilidad de Uso de Suelo Residencial O.C.D.E.

La Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (O.C.D.E.), establece un criterio para determinar la compatibilidad del uso de suelo residencial y los niveles de ruido ambientales, a través del nivel de presión sonora continuo equivalente, fijando un nivel máximo registrado al exterior de una vivienda de 65 dB(A) diurno y 55 dB(A) nocturno.

Tabla 8. Criterio de compatibilidad de uso de suelo residencial, según la OCDE, a)diurno y b)nocturno.

<b>Nivel Máximo Diurno</b>	<b>Nivel</b>
$Leq\_d \leq a 65 \text{ dB(A)}$	Aceptable
$65 \text{ dB(A)} < Leq\_d \leq 75 \text{ dB(A)}$	Inaceptable
$Leq\_d > a 75 \text{ dB(A)}$	Peligroso

a)

<b>Nivel Máximo Nocturno</b>	<b>Nivel</b>
$Leq\_n \leq a 55 \text{ dB(A)}$	Aceptable
$Leq\_n > a 55 \text{ dB(A)}$	Inaceptable

b)

## ***2.10 Sistema de Información Geográfica, SIG.***

El SIG es un sistema de gestión de bases de datos especializado en el manejo de información espacial compuesto por un sistema de hardware, software y procedimientos, diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión.<sup>26</sup>

De manera más simple, un sistema de información geográfica se puede contemplar como un conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información geográfico. Es una herramienta de análisis cuyo propósito último es servir de soporte objetivo para la toma de decisiones basada en la información espacial (datos territoriales).

El desarrollo de esta tecnología, si bien tiene antecedentes desde la década de los 60s, recibe un impulso definitivo en la década de los 80s y se consolida en la última década, como una de las herramientas más importantes de apoyo al análisis geográfico.<sup>26</sup>

La capacidad de análisis conjunto derivado de la combinación de información geográfica representada en forma de elementos gráficos digitales (información espacial) y atributos asociados (información no espacial) dan a los SIG su particular potencial de aplicación

### **2.10.1 Tipos de SIG**

Los Sistemas de Información Geográfica se pueden dividir en dos tipos principales:

- ⇒ SIG. raster: en ellos la información se divide en celdillas individuales, cada una de las cuales tiene un valor discreto. Una analogía sería analizar una calle mirando cada uno de sus adoquines. El tamaño de las celdillas depende de la escala a que se trabaje, teniéndose en cuenta que se necesitará una resolución mínima de celdillas; es evidente que si usamos una sola celdilla, o dos, para representar la calle de la que hablamos, el SIG será completamente inútil. Idrisi es el SIG raster más importante, aunque su uso está restringido, por razones legales, a la investigación universitaria.

⇒ SIG. vectoriales: la información se basa en puntos, líneas y polígonos. Usando la analogía de la calle, analizaríamos ésta basándonos en su punto inicial, su punto final y con qué limita a los dos lados. ArcInfo es el SIG vectorial más importante, aunque la mayoría de SIG vectoriales admiten datos raster y viceversa.

La diferencia entre ambos es clara, mientras que en los tipo vectorial se trabaja con líneas que crean polígonos, con el tipo raster se trabaja con una matriz para representar el terreno. En cada celda de esta matriz se contendrá la información para ese espacio de terreno.<sup>26</sup>

## 2.10.2 Estructura de un SIG.

La estructura, funcionamiento y operación de todo sistema de información geográfica gira alrededor de cuatro funciones principales; cada una de ellas constituye un subsistema del SIG.

### 2.10.2.1 *Entrada de Datos.*

Donde se realiza la captura y procesamiento de los datos provenientes de diversas fuentes que sirvan para el SIG, tales como aero-restituciones, levantamientos topográficos, Ortofotos, imágenes de satélite, fotografías aéreas, etc.

Esta función se apoya en el empleo de software y dispositivos de entrada tales como digitalizadores, escaners, sistemas de georreferenciación (GPS o Estaciones Totales topográficas) y programas de CAD y SIG como AutoCad, ArcInfo y ArcView.

### 2.10.2.2 *Archivo y acceso de datos.*

Se organiza para permitir un acceso rápido a las bases de datos, así como su eficiente utilización y corrección. Ello se facilita por la posibilidad de almacenamiento temporal o permanente de la información que ofrece el sistema. Para esto se emplea una interfaz con Manejadores de Bases de Datos (Oracle, SQL Server, Access etc.) y su correspondiente interfaz con los usuarios encargados del manejo de los datos (scripts, Lenguajes de Programación etc.)<sup>26</sup>

### *2.10.2.3 Manejo y análisis de Datos.*

Para realizar gran variedad de tareas tales como cambiar los niveles de agregación de la información, estimar parámetros para la estimación de modelos de simulación espacio temporales, analizar redes, sobreponer vistas y datos, cambiar escalas, consultas, etc. Donde interviene Programas que manejen directamente los datos geográficos con las bases de datos y permitan un nivel de interfaz con el usuario.

### *2.10.2.4 Salida o Reporte de Datos.*

Donde presenta toda o parte de la base de datos original o procesada a través de visualizaciones y consultas, expresadas de diversas formas de acuerdo al requerimiento de información del usuario en forma de diagramas, gráficas, tablas, mapas, textos, etc.<sup>26</sup>

## 2.10.3 Visualizaciones y consultas

### *2.10.3.1 Arcview*

Este programa permite realizar visualizaciones y consultas sobre coberturas generadas por ArcInfo, o cartografía generada por algún software de Cad como AutoCad, integrando herramientas de análisis tradicional con información geográfica contenida en mapas digitales.

La geocodificación por su parte, permite relacionar la parte gráfica y la alfanumérica, situación que facilita la detección de errores.

Los mapas pueden ser instantáneamente actualizados gracias a un intuitivo interface gráfico que proporciona Arcview. Además permite añadir imágenes, sonidos y videos a los mapas.

Arcview permite analizar la información de múltiples modos. Se pueden combinar información de diferentes capas o niveles de información gráfica, para realizar consultas desde los datos a la gráfica o de la gráfica a los datos.

Este programa tiene un completo entorno de edición y consulta, con lo cual fácilmente se puede confeccionar cartografía digital de carácter temático. El

programa además proporciona una completa colección de tipos de letra y símbolos, clasificando automáticamente la información, lo que facilita la generación de mapas.

Arcview permite actualizar o crear cartografía digital, digitalizándolos o escaneándolos. Además acepta la lectura de los mapas de datos de múltiples formatos como los procedentes de ARC/INFO, AutoCad ( DXF y DWG ) o MicroStation ( DGN ). Además puede abrir imágenes con extensión TIFF, JPEG, EPS, BMP, GIF y muchas otras. Puede usar directamente las tablas de datos en formato ASCII, Oracle, dBASE, INFO, ACCESS, FoxBase, SQL Server, y muchos otros.

Por último ArcvIew permite un avanzado análisis espacial con el cual se puede realizar múltiples estudios. Se pueden crear buffers o zonas de influencia, basados en una distancia especificada o en un atributo, se puede unir información de un nivel a otro, se puede seleccionar información interactivamente o explícitamente basado en el criterio del usuario, superponer niveles de información para crear una nueva información, etc.<sup>26</sup>

Otros datos que pueden añadirse a mapas en Arcview

- ⇒ Datos de imagen. Puede añadir a sus mapas de Arcview imágenes de satélite y fotografías aéreas.
- ⇒ Dibujos de CAD (Diseño asistido por computador). A fin de añadir cartografía digital generada con algún software de Cad como AutoCad a una vista, se debe utilizar la extensión Lector de Cad que viene con Arcview.
- ⇒ Datos en forma de tablas. Arcview soporta datos en forma de tablas almacenados en los formatos de dBase, texto delimitado e INFO (formato de base de datos utilizado por ARC/INFO para datos en forma de tablas). Utilizando la función de conexión con SQL de Arcview, se puede también conectar a un servidor de base de datos, tal como Oracle o Sybase, y ejecutar una consulta SQL para recuperar del mismo, datos en forma de tablas.
- ⇒ Formato de intercambio de MapInfo (MIF). La utilidad MIFSHAPE de Arcview permite importar datos en formato MIF (formato de intercambio de MapInfo) a archivos de formas de Arcview.<sup>26</sup>

Añadir tablas sobre elementos a los mapas. Puede ingresar la información en estas formas:

- ⇒ Introducir datos en Arcview tecleándolos directamente.
- ⇒ Cargar datos en forma de tablas que están en ficheros.
- ⇒ Cargar datos en forma de tablas que están en una base de datos, mediante las capacidades de conexión SQL de Arcview.
- ⇒ Unir datos en forma de tablas a los elementos que se ven en un mapa.

Puede obtener resúmenes estadísticos de los datos en forma de tablas y añadirlos a los mapas.<sup>26</sup>

#### 2.10.3.1.1 Lenguaje Avenue del Arcview

Una de las bondades que trae el Arcview es la incorporación de un lenguaje de programación que permite desarrollar algunas interfaces de control para el SIG sobre el cual se este trabajando.

Este lenguaje de programación es el Avenue, cuyas características son:

- ⇒ Personaliza las vistas de Arcview.
- ⇒ Modifica las herramientas estándar del Arcview.
- ⇒ Crea nuevas herramientas.
- ⇒ Integra el Arcview con otras aplicaciones.
- ⇒ Desarrolla y distribuir aplicaciones personalizadas del Arcview.

Este lenguaje de programación viene incorporado en Arcview.<sup>26</sup>

#### Consultas de SQL.

El motor de base de datos Espaciales de ESRI incluido en el Arcview permite almacenar los elementos geográficos y sus atributos en base de datos relacionales y proporciona herramientas para consultar y analizar dichos datos.

### Datos DDE. (Dynamic Data Exchange)

Microsoft soporta mecanismos especiales de cliente servidor llamado Intercambio Dinámico de Datos (DDE) soportado por el sistema operativo Microsoft Windows, el DDE habilita que dos aplicaciones conversen una con otra en forma continua y automática intercambiando datos. Arcview soporta los DDE y puede comunicarse con cualquier aplicación que soporte DDE tales como Visual Basic, Excel, Access y Lotus.

DDE tiene una limitación: las aplicaciones que intercambian datos deben correr en la misma máquina, pues el DDE no soporta redes de trabajo. Cuando dos aplicaciones interactúan, se denomina una conversación; una de éstas actúa como servidor y la otra como cliente. La conversación es identificada por dos componentes de la información: el nombre de la aplicación del servidor y el nombre del tópico. Por ejemplo, si se establece una conversación con el Arcview, se tiene que especificar como nombre de la aplicación: *Arcview* y como nombre del tópico: *System*.<sup>26</sup>

### Otras interfaces.

Arcview permite trabajar con diferentes interfaces mediante el uso de scripts (denominación de los programas desarrollados en Avenue) que proporciona el Avenue y el establecimiento de conversaciones con aplicaciones tales como Excel y Visual Basic con los DDE. Pero mediante enlaces en forma manual es decir que en ambas aplicaciones tanto cliente y servidor se deberán especificar los parámetros a usar.

### Arcview y Excel.

Arcview implementa la utilización de Excel como cliente en una sola conversación mediante la utilización de un *systemClient* en un Script que tenga como parámetros al nombre de la aplicación: Excel y el nombre del tópico: System.

### Arcview y Visual Basic.

Visual Basic es una herramienta empleada para personalizar cajas de diálogo o formularios y permite enlazarlos con el Arcview mediante la utilización de DDE.<sup>26</sup>

## **2.11 Objetivos**

De acuerdo a los antecedentes señalados, esta investigación se propuso los siguientes objetivos:

### 2.11.1 Objetivo General

& Estudiar el ruido como una variable de decisión en la Planificación Territorial de la Comuna de Providencia.

### 2.11.2 Objetivos Específicos

& Evaluar la compatibilidad de los niveles de ruido y el uso de suelo residencial en el área comprendida por las unidades vecinales 2, 3 y 6 de la Comuna de Providencia.

& Incorporar gráficamente los niveles de ruido de dicha zona, sobre la cartografía digital de la municipalidad de Providencia.

& Proponer directrices en la zonificación futura de dicha zona desde el punto de vista del ruido.

### 3. MATERIAL Y METODOS

#### 3.1 Planificación del estudio

La realización de mediciones de niveles de ruido, es el elemento fundamental para obtener una información adecuada sobre la situación sonora en un área determinada. Por ello, como una primera medida para lograr cumplir los objetivos planteados, se determinó confeccionar un mapa de ruido a partir de los resultados de mediciones de niveles de presión sonora realizadas en diferentes puntos del área de estudio.

De este modo, se implementó una base de datos de diversos descriptores de ruido la que se georeferenció gráficamente sobre la base cartográfica digital de la municipalidad de Providencia. Así mismo, por medio de los criterios señalados anteriormente, se logró evaluar algunos riesgos potenciales y la compatibilidad del uso de suelo residencial.

Para el diseño del mapa de ruido, entre otras cosas, se consideraron los siguientes aspectos:

- ⇒ Selección del tipo de mapa de ruido.
- ⇒ Selección de las superficies o vías a caracterizar de forma que sean representativas de la situación que el mapa pretende reflejar.
- ⇒ Selección de los días de medición.
- ⇒ Selección de los horarios de medición.
- ⇒ Selección de los descriptores e índices de ruido significativos para valorar la situación.
- ⇒ Selección de una escala adecuada a los objetivos del estudio.

#### 3.1.1 Selección del tipo de mapa

Dentro de los ruidos que encontramos comúnmente en la zona de estudio, se distinguen los debido al tráfico rodado, el originado por obras de construcción y el asociado con la actividad urbana comunitaria propio de la concentración de personas por diversas causas (zonas comerciales, centros médicos, colegios, universidades, etc.). Sin embargo, de todos estos focos hay uno que destaca claramente de los demás, debido a su presencia generalizada en toda el área de estudio, cual es el ruido de tráfico.

Por lo tanto, la caracterización del tráfico rodado en la zona de estudio al ser éste preponderante, permitió describir la situación acústica existente en el área de interés, ya que la contribución de otros focos siempre estuvo compartida con la debida al tráfico vehicular y en general superada por éste.

Por consiguiente, luego de recopilar todo tipo de antecedentes y realizar un amplio pilotaje en la zona de estudio y por significar una menor cantidad de puntos de muestreo, se optó por confeccionar el mapa de ruido basado en el método de viales. Además, debido a la variabilidad del nivel sonoro en el medio urbano, se decidió caracterizar los niveles de ruido en intervalos de 5 dBA.

### 3.1.2 Selección de la zona y las vías a caracterizar

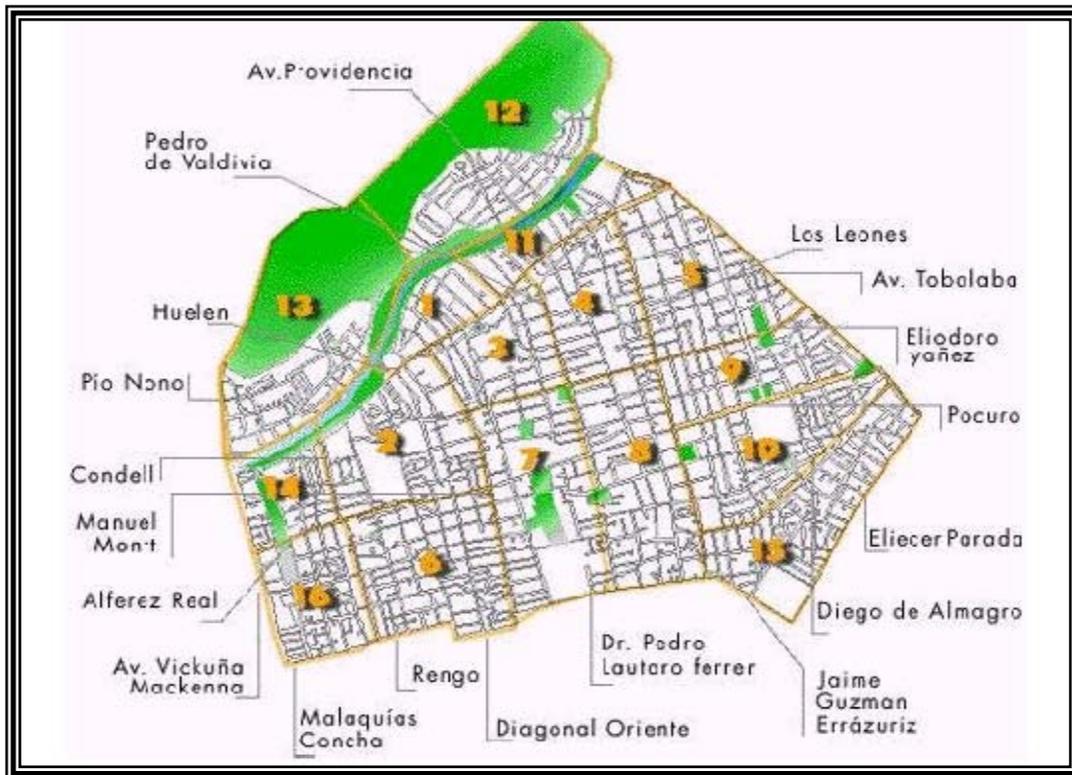
La selección del área de estudio se proyectó en un principio a las unidades vecinales dos y tres, debido a la inquietud del Departamento de Higiene y Control Ambiental por este sector, puesto que en él se ubican numerosos centros médicos y hospitalarios. A lo anterior se debe agregar que al igual que en una gran porción de la comuna, se desconocía su situación respecto a este tema. No obstante la zona de estudio se extendió a la unidad vecinal número seis, dada la disponibilidad de recursos técnicos y humanos.

La comuna de Providencia se encuentra emplazada en la zona céntrica de la ciudad, limitando con las comunas de Recoleta, Vitacura, Las Condes, La Reina, Ñuñoa y Santiago. Por ende, Providencia corresponde a un área intermedia dentro de la ciudad de Santiago, motivo por el cual es utilizada como una zona de paso, tanto por la locomoción colectiva como particular, uniendo diversos sectores de la ciudad.

Por consiguiente, se determinó seleccionar todas aquellas vías de entrada salida a la zona, de manera de caracterizar las que son utilizadas como de paso por el tráfico rodado.

Como se puede observar en la tabla 9, el estudio se dividió en dos zonas, debido a que cuando se decidió añadir la unidad vecinal número seis, la campaña de mediciones ya estaba en curso para el primer tramo (Zona 1), por lo que se confeccionó el mapa del nuevo sector (Zona 2) en forma paralela y desfasada, bajo las mismas condiciones y de forma equivalente al de la zona 1 y luego se añadió al resultado final.

Figura 7. Unidades vecinales de la comuna de Providencia.



La selección de las vías de estudio quedó confinada a las señaladas en la siguiente tabla:

Tabla 9. Vías seleccionadas para cada zona.

Zona 1	Zona 2 ☒
Condell	Condell
Salvador	Salvador
José Manuel Infante	José Manuel Infante
Miguel Claro	Miguel Claro
Manuel Montt	Manuel Montt
Antonio Varas	Francisco Bilbao
Pedro de Valdivia	Santa Isabel
Providencia- Once de Septiembre	Clemente Fabres
Eleodoro Yáñez	Dalmacia
Rancagua - Alférez Real	
María Luisa Santander	
Cano y Aponte	
Matilde Salamanca	

☒ Zona 1: u.v. 2 y 3 Zona 2: u.v. 6

Las últimas tres vías de la columna Zona 1 y las últimas dos de la Zona 2 no corresponden a vías de entrada y salida, sino a calles más bien locales, ubicadas en zonas preferentemente residenciales o mixtas con equipamiento restringido. Estas fueron escogidas justamente con esa finalidad, de manera de estudiar diferentes situaciones y condiciones en el sector de interés.

De acuerdo a lo señalado anteriormente, la cantidad de puntos de medición se redujo debido a que al caracterizar las vías, se supuso un flujo vehicular relativamente homogéneo con comportamientos semejantes, por lo que bastó con tomar un punto representativo de éste para caracterizarlo completo.

Se realizó una validación del supuesto en todas las vías seleccionadas para corroborarlo en terreno. Esto consistió en realizar mediciones a lo largo del eje, bajo las mismas condiciones de medición utilizadas en la recolección de datos del mapa de ruido, distantes en lo posible, 300 m aproximadamente entre ellas y a 100 m de semáforos y/o cruces de vías principales.

El criterio para decidir en que circunstancias era posible caracterizar un eje con un solo punto y cuando no, fue el siguiente: "Si las mediciones registradas en los puntos de la vía no diferían en más de 5 dBA, para los mismos periodos, se consideraba válido el caracterizar el eje con sólo un punto de medición. En caso contrario sería necesario incluir uno o más puntos de muestreo en dicha vía, según fuera el caso".

Lo anterior se aplicó durante una semana, realizando mediciones en jornadas de mañana y tarde, comprendidas entre las 8:30 a 13:30 hrs. y entre las 14:30 a 20:30 hrs, respectivamente.

Finalmente se obtuvo que las diferencias en ningún caso superaron los 5 decibeles, por lo que de acuerdo al criterio señalado solo se consideró un punto para cada vía seleccionada. No obstante, se eligió el punto que se encontraba en la situación intermedia o aquel que tenía un comportamiento más cercano a la media, de modo de minimizar posibles errores de aproximación.

### 3.1.3 Selección de los días y horarios de medición

A partir de los resultados obtenidos en el estudio Epidemiología del Ruido Comunitario en la Comuna de Providencia<sup>7</sup>, es sabido que la población de la comuna considera que el ruido es más molesto durante aquellos días de mayor actividad, vale decir los días hábiles. Así mismo los horarios en que el ruido se ha señalado como más molesto corresponden a los del periodo nocturno.

En la figura 8 se observa un ciclo diario semanal, el cual corresponde a un registro continuo de los niveles de ruido emitidos por una ciudad o área urbana, durante cada uno de los días de la semana de funcionamiento típico del lugar. Dicho ciclo semanal se registró para el estudio anteriormente señalado y a pocos metros de nuestra zona de interés. Nótese que en dicha figura sólo se han incluido los días hábiles dejando fuera el fin de semana, ya que basados en los resultados antes mencionados, se determinó realizar el monitoreo durante esos días, con la finalidad de registrar aquellos de mayor molestia para la comunidad.

A partir del ciclo diario semanal, se observó que la variación de los niveles de presión sonora continuos equivalentes a lo largo de la semana, tienen un comportamiento cíclico con pequeñas variaciones día a día. Esto da lugar a concluir que los registros de un día son representativos del resto de la semana.

Por esta razón se estableció construir el ciclo diario de un día típico de funcionamiento, a partir de datos adquiridos durante distintos días de la semana. Por consiguiente, se determinó descartar de las mediciones los lunes en la mañana, viernes en la tarde y aquellos días previos a un feriado o a un fin de semana largo, con el objeto de no realizar registros poco representativos o que se alejaran del comportamiento habitual en el área de interés.

Figura 8. Ciclo diario semanal (días hábiles) comuna de Providencia.<sup>7</sup>



Dado que los horarios considerados como más molestos correspondían al periodo nocturno, fue fundamental el considerar este periodo durante la campaña de adquisición de datos. De este modo los horarios de medición tuvieron que comprender las 24 horas, las cuales se dividieron en diferentes jornadas como se detalla más adelante.

### 3.1.4 Descriptores de Ruido Utilizados

Para el presente estudio se utilizaron los descriptores con ponderación de frecuencias A, señalados a continuación:

- ⇒ Leq-n: Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente Nocturno, el que se utilizó para estimar el riesgo potencial de interferencia con el sueño, EPA, y la compatibilidad de uso de suelo residencial nocturna, OCDE.
- ⇒ Leq-d: Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente Diurno. Se empleó para evaluar la compatibilidad de uso de suelo residencial diurna, OCDE.
- ⇒ LDN : Nivel sonoro corregido día-noche. Se utilizó para evaluar el criterio de incompatibilidad y aislamiento con el uso de suelo, HUD.

- ⇒ Leq24h: Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente para las 24 horas del día, el que se empleó para evaluar el riesgo de pérdida auditiva según el criterio EPA.

### 3.1.5 Escala del mapa

Debido a que la información de los distintos descriptores de ruido se encuentra en el sistema de información geográfica de la municipalidad, se puede trabajar en la escala que uno desee y por tanto imprimirla en la que se considere más apropiada. Para el presente informe se ha impreso un mapa para cada parámetro y con algunas capas de información, a modo de ejemplificar los resultados (ver anexo).

### ***3.2 Adquisición de datos y metodología aplicada***

El proceso de adquisición de datos se llevó a cabo entre el mes de octubre, noviembre y la primera quincena de diciembre de 2001. Cabe destacar que todas las mediciones fueron realizadas por un solo operador correspondiente al autor del presente estudio.

Basados en la metodología empleada en el Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido <sup>10</sup>, se aplica la hipótesis de que los registros continuos de niveles de ruido de un día de funcionamiento típico de la semana, vale decir los ciclos diarios, son similares dentro de la zona de estudio (ver figura 8). Esto implica que tanto calles altamente transitadas como aquellas que no lo son, residenciales por ejemplo, tendrían un comportamiento idéntico pero con niveles distintos, lo cual es una aproximación un tanto tajante, debido a que, por ejemplo, para calles menos transitadas los niveles durante el periodo nocturno disminuirán más, en relación al periodo diurno, y probablemente antes que para calles con alto tráfico vehicular.

Para mejorar la hipótesis, se propuso confeccionar dos ciclos diarios correspondientes a calles de bajo y alto flujo vehicular. De este modo, a partir de la cualidad de baja o altamente transitada, la calle se asoció al ciclo diario correspondiente. Luego, con los datos registrados durante el periodo diurno, una medición en el periodo nocturno y un sencillo algoritmo matemático, que incluye tanto las mediciones como el ciclo diario correspondiente, se obtuvo los parámetros requeridos para cada punto seleccionado.

Las figuras 9 y 10 corresponden a los ciclos diarios característicos, obtenidos para calles de bajo y alto flujo vehicular respectivamente. El primero de ellos fue registrado en la calle Cano y Aponte entre Noviembre y la primera quincena de Diciembre de 2001, mientras que el segundo fue registrado por el SESMA<sup>21</sup> en el interior de un recinto ubicado en calle Pedro de Valdivia, en Diciembre de 2000.

Figura 9. Ciclo diario bajo flujo vehicular.



La calle Cano y Aponte actualmente corresponde a un uso de suelo residencial, con equipamientos vecinales restringidos. Se encuentra emplazada en la unidad vecinal número dos, entre las calles José Manuel Infante y Miguel Claro. Posee dos pistas, tiene doble sentido y una carpeta de pavimento.

Como se observa en la figura 9, la diferencia entre el nivel máximo y mínimo registrado corresponde a aproximadamente 20 dBA, se mantiene estable entre las 8 y las 18 hrs, cuando comienza a decaer hasta el mínimo que ocurre entre las 3 y las 4 AM.

Cabe destacar que si bien los niveles de ruido son importantes lo que realmente interesa es el comportamiento que refleja la curva de niveles durante las horas del día, puesto que este comportamiento se asumirá como el correspondiente para los diferentes puntos de muestreo.

Al igual que antes, se observa en la figura 10 que la diferencia entre el nivel máximo y mínimo registrado, corresponde a aproximadamente 14 dBA, se mantiene estable entre las 7 y las 18 hrs, sufre una muy pequeña disminución entre las 18 y las 24 hrs, cuando comienza a decaer hasta el mínimo que ocurre alrededor de las 4 AM.

Figura 10. Ciclo diario alto flujo vehicular.



Para determinar la cualidad de alto o bajo tráfico, se realizó un conteo de vehículos en los mismos lugares de medición, en periodos de mañana y tarde durante dos días y, se contrastó este resultado con el obtenido para la calle Cano y Aponte, lugar donde se registró el ciclo diario bajo flujo vehicular. Si la cantidad de vehículos era mayor, se consideró de alto tráfico y de lo contrario de bajo flujo vehicular. Como se puede observar la cualidad de bajo o alto tráfico está referida básicamente al comportamiento de la calle Cano y Aponte.

Por cada punto de monitoreo se realizó una medición en el periodo nocturno y cinco mediciones en el horario diurno. En este último periodo las dos primeras mediciones se realizaron entre las 7 y las 13 hrs y las otras tres en el horario comprendido entre las 13 y las 22 hrs, considerando los siguientes pasos para el periodo diurno:

- i. Antes de comenzar la medición en cada punto, se debió calibrar y resetear el instrumento con el objeto de asegurar que los valores medidos fuesen los correctos, evitando de este modo las señales remanentes. Además, debido a que las mediciones se realizaron en ambientes exteriores, fue necesario utilizar protector de viento para el micrófono del instrumento.
- ii. El instrumento de medición se ubicó aproximadamente a dos metros y medio de la vía, apuntando hacia el eje de la calzada y, de acuerdo a la Norma ISO 1996<sup>9</sup>,

- en caso de ser posible, a 3.5 m de cualquier superficie reflectante y a una altura de 1.2 a 1.5 m del suelo.
- iii. Se midió el  $Leq(A)$  o Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente, por un lapso no superior a 10 minutos, con ponderación de frecuencias A y con respuesta lenta, registrándose además los niveles de presión sonora máximos y mínimos asociados a cada medición.
  - iv. Se observaron los valores del  $Leq(A)$  que indica la pantalla del instrumento cada 1 minuto, sin resetearlo (sin borrar la información) considerando estabilizada la medición cuando la diferencia entre dos lecturas consecutivas fue menor o igual a 2 dB(A). En ningún caso se midió menos de 5 minutos.
  - v. El operador debió estar atento durante todo el periodo de medición, ante la aparición de ruidos ocasionales, debiendo descartar dicha medición.

Para las mediciones del periodo nocturno las consideraciones fueron similares, salvo que el periodo de medición no debía exceder los 30 minutos. Además en el punto iv los valores del  $Leq(A)$  se observaron cada 5 minutos y en ningún caso se debía medir menos de 20 minutos. Sin embargo pese a que las mediciones se estabilizaban antes, las mediciones bordearon en la mayoría de los casos los 30 minutos.

El  $Leq$  registrado con el procedimiento anterior se asignó al periodo horario en el cual fue medido, es decir, si la medición se realizó a las 15:20 hrs. ésta representó al periodo horario entre las 15 y las 16 hrs.

Una vez que se dispuso de las 6 mediciones para cada punto, se estimaron los niveles para cada hora del día de ese punto, con el siguiente algoritmo:

- i. Se calcula el promedio de los niveles medidos (promedio 6 mediciones).
- ii. Se calcula el promedio de los niveles correspondientes a la misma hora del ciclo diario respectivo. Es decir, si los valores medidos corresponden a los periodos horarios de las 2, 9, 11, 15, 18 y a las 21 hrs., entonces se calcula el promedio de los niveles del ciclo diario respectivo, correspondiente a los periodos horarios de las 2, 9, 11, 15, 18 y a las 21 hrs.
- iii. Al resultado obtenido en el punto i se resta el obtenido en el punto ii, es decir, se obtiene la diferencia de los promedios.
- iv. El resultado obtenido en el punto anterior se suma a cada valor del ciclo diario respectivo, obteniendo un valor de  $Leq$  para cada hora del día.

- v. En los horarios en los cuales se conoce el valor real del  $L_{eq}$ , se reemplaza el valor obtenido en el punto anterior por el registrado en las mediciones de terreno.

De esta forma es posible construir el ciclo diario para cada punto de muestreo, basados en la hipótesis de que éstos sean semejantes dentro de la zona de estudio. A partir de los datos obtenidos con esta metodología, fue posible calcular los descriptores de ruido necesarios para el presente estudio, los cuales fueron graficados de acuerdo a la tabla de colores de la norma DIN 18005.<sup>20</sup>

Cabe señalar que, con el objeto de evaluar la confiabilidad de los datos se realizó una serie de mediciones de verificación, correspondientes al 20% de las mediciones diurnas, en horarios en los cuales los valores fueron proyectados con la metodología señalada.

El equipo utilizado en el proceso de adquisición de datos corresponde a:

- ⇒ Sonómetro Integrador tipo 2, Quest Modelo 2900
- ⇒ Calibrador Quest, 1 KHz 114 dB.
- ⇒ Trípode Canon CPV - 180.
- ⇒ Vehículo de transporte.

Cabe destacar que, tanto el sonómetro como el calibrador están debidamente certificados bajo especificaciones técnicas de las normas establecidas por la Comisión Electrónica Internacional (IEC), contenidas en las publicaciones IEC N° 651, IEC N° 804, IEC N° 942 y ANSI S1.4.<sup>22</sup>

### 3.3 Representación gráfica de niveles de ruido sobre cartografía digital

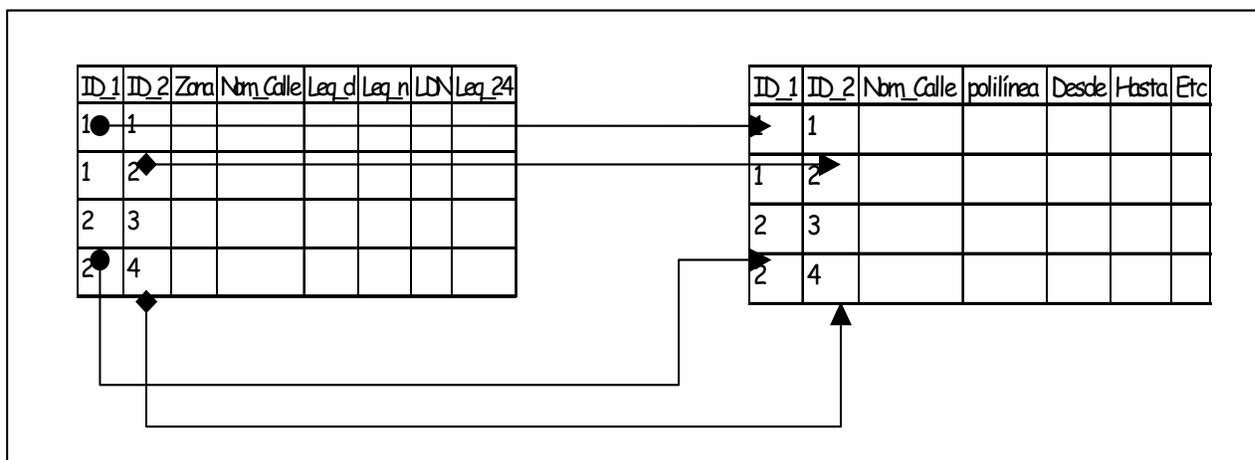
A partir de los descriptores de ruido señalados, se generó una tabla de datos alfanuméricos en formato excel.

En primer lugar se comenzó por un análisis de dichos datos, que tuvo como finalidad procesar la información realmente necesaria y atributarlos con una dirección normalizada, la cual correspondió al nombre de las calles según el formato utilizado en la municipalidad. Luego se agruparon los datos de acuerdo a zonas y calles y se estructuraron de acuerdo a la consulta y visualización geográfica deseada. Este conjunto de datos se creó en formato Excel.

Por otro lado, se dispuso de los mapas digitales de la municipalidad, los cuales estaban en formatos DWG y DXF de Autocad y SHP de Arcview. A partir de dichos mapas se obtuvo un plano base con la información necesaria para el estudio. A modo de referencia, el plano SIG de la comuna posee 57 niveles o capas de información (*layers*), de las cuales se utilizaron las siguientes:

- i. Polígonos Usos de Suelo
- ii. Soleras.
- iii. Manzanas
- iv. Texto Calles
- v. Tramos de las Calles
- vi. Curvas de Niveles

Figura 11. Ejemplo de enlace (*Join*).



Es importante destacar que la base de datos disponible en el programa Arcview posee tanto elementos gráficos como datos relacionados a estos elementos, llamados también atributos, de manera que nos podemos trasladar desde la parte gráfica a los datos o atributos, o viceversa.

Para cada vía en estudio se seleccionaron los tramos en forma gráfica y se agregaron dos identificadores comunes (ID). Uno para cada zona y otro para cada tramo, tanto en las tablas de atributos de Arcview como en la tabla Excel.

Luego en el programa Arcview, se enlazaron los registros de datos provenientes de la tabla Excel (*Join*) con los atributos y posteriormente se definió y asoció una tabla de colores de acuerdo a la norma DIN 18005.

Con los pasos anteriormente señalados, se creó entonces un nuevo nivel de información, correspondiente a distintos descriptores de ruido para el área de estudio. Con esta información disponible en Arcview, es posible generar mapas temáticos de acuerdo a la consulta deseada, en la que se pueden mezclar las distintas capas de información disponibles en la cartografía digital de la municipalidad de Providencia.

#### 4. PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En las tablas 10 y 11 se resumen los parámetros obtenidos con la metodología descrita, para cada vía de las zonas evaluadas.

Tabla 10. Valores obtenidos para los diferentes descriptores de ruido en la zona 1 para vías de alto (A) y bajo (B) tráfico.

VÍA	Leq_d dB(A)	Leq_n dB(A)	Leq_24h dB(A)	LDN dB(A)	Categoría
PROVIDENCIA-ONCE DE SEPTIEMBRE	79,9	74,5	78,5	82,2	A
PEDRO DE VALDIVIA	76,6	71,6	75,3	79,2	A
ELIODORO YANEZ	72,7	67,2	71,4	74,9	A
RANCAGUA-A. REAL	75,5	70,5	74,2	78,1	A
ANTONIO VARAS	67,7	61,8	66,3	69,7	A
MANUEL MONTT	74,7	69,4	73,4	77,1	A
SALVADOR	75,3	69,8	73,9	77,6	A
MIGUEL CLARO	66,3	60,5	64,9	68,4	A
JOSE MANUEL INFANTE	71,1	66,1	69,8	73,7	A
CONDELL	66,8	57,9	65,1	67,3	B
MARIA LUISA SANTANDER	62,4	52,7	60,7	62,5	B
MATILDE SALAMANCA	59,3	49,5	57,5	59,3	B
CANO Y APONTE	63,4	54,1	61,6	63,6	B

Tabla 11. Valores obtenidos para los diferentes descriptores de ruido en la zona 2 para vías de alto (A) y bajo (B) tráfico.

VÍA	Leq_d dB(A)	Leq_n dB(A)	Leq_24h dB(A)	LDN dB(A)	Categoría
FRANCISCO BILBAO	74,3	69,3	73	76,9	A
MANUEL MONTT	76,3	70,9	74,9	78,6	A
SALVADOR	74,8	69,2	73,4	77	A
MIGUEL CLARO	69	62,2	67,5	70,5	A
JOSE MANUEL INFANTE	69,6	64,4	68,3	72	A
SANTA ISABEL	72,5	67,3	71,2	75	A
CONDELL	59,4	49,2	57,6	59,3	B
CLEMENTE FABRES	65,6	55,9	63,8	65,7	B
DALMACIA	58	49,3	56,3	58,5	B

Es importante señalar que, al proyectar el Leq con el método descrito, para un punto y una hora en particular, se asumió que los ciclos diarios de los diferentes puntos de muestreo de la zona de estudio son idénticos. No obstante, se debe tener presente que obviamente deben existir variaciones entre el "ciclo base" y el ciclo diario de cada punto en cuestión.

Estas diferencias podrían corresponder a los horarios donde ocurren los niveles de ruido máximo y mínimo, el rango de variación de los niveles tanto para el periodo diurno como para el nocturno, la diferencia entre el nivel máximo y el mínimo, los horarios en los cuales los niveles aumentan o disminuyen y la pendiente de la curva para dichos períodos.

Esto significa que los resultados obtenidos por el método descrito presentan un error, el cual no ha sido estimado, puesto que hacerlo significa una profunda investigación destinada sólo a este fin, ya que se deben considerar los ciclos diarios de los diferentes puntos de muestreo de la zona, de manera de conocer las

diferencias entre el correspondiente a cada punto y el ciclo base, lo cual estuvo fuera de los objetivos de este estudio.

No obstante, como una manera de evaluar en forma preliminar los datos obtenidos, se realizó una serie de mediciones en horarios en que los Leq fueron proyectados. Las tablas 12 y 13 muestran las diferencias obtenidas entre el valor proyectado y el valor medido para el periodo diurno.

**Tabla 12. Diferencias entre el nivel proyectado y el valor real para las vías de la zona 1.**

VIA	Diferencia en dBA
PROVIDENCIA-ONCE DE SEPTIEMBRE	-0,9
PEDRO DE VALDIVIA	2,1
ELIODORO YANEZ	1,3
RANCAGUA-A. REAL	-0,7
ANTONIO VARAS	1,9
MANUEL MONTT	2,3
SALVADOR	-2,1
MIGUEL CLARO	1,4
JOSE MANUEL INFANTE	-1,5
CONDELL	0,9
MARIA LUISA SANTANDER	1,2
MATILDE SALAMANCA	-2,6
CANO Y APONTE	-0,2

Tabla 13. Diferencias entre el nivel proyectado y el valor real para las vías de la zona 2.

VIA	Diferencia en dBA
FRANCISCO BILBAO	1,9
MANUEL MONTT	0,8
SALVADOR	-0,8
MIGUEL CLARO	2,1
JOSE MANUEL INFANTE	-0,6
CONDELL	1,6
SANTA ISABEL	-1,3
CLEMENTE FABRES	1,6
DALMACIA	-2,1

Estas diferencias no corresponden al error, puesto que la medición representa un momento particular del día y no reflejan necesariamente la diferencia entre el ciclo diario base y el del punto en cuestión.

Las siguientes tablas corresponden a la evaluación de los resultados con los criterios de protección y riesgos señalados.

**Tabla 14. Evaluación de los resultados con los criterios de protección y riesgo señalados para las vías de la zona 1.**

VIA	Riesgo Potencial de Pérdida Auditiva EPA	Riesgo de Interferencia con el Sueño EPA	Incompatibilidad y Aislación con el Uso de Suelo HUD	Compatibilidad Uso de Suelo Residencial Diurno OCDE.	Compatibilidad Uso de Suelo Residencial Nocturno OCDE.
PROVIDENCIA-ONCE DE SEPTIEMBRE	Riesgo Potencial Medio	Alto	No Apto	Peligroso	Inaceptable
PEDRO DE VALDIVIA	Riesgo Potencial Medio	Alto	No Apto	Peligroso	Inaceptable
ELIODORO YANEZ	Riesgo Potencial Leve	Medio	10 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
RANCAGUA-A-REAL	Riesgo Potencial Leve	Alto	No Apto	Peligroso	Inaceptable
ANTONIO VARAS	Sin Riesgo Potencial	Medio	5 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
MANUEL MONTT	Riesgo Potencial Leve	Medio	No Apto	Inaceptable	Inaceptable
SALVADOR	Riesgo Potencial Leve	Medio	No Apto	Peligroso	Inaceptable
MIGUEL CLARO	Sin Riesgo Potencial	Medio	5 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
JOSE MANUEL INFANTE	Sin Riesgo Potencial	Medio	10 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
CONDELL	Sin Riesgo Potencial	Leve	5 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
MARIA LUISA SANTANDER	Sin Riesgo Potencial	Leve	Apto	Aceptable	Aceptable
MATILDE SALAMANCA	Sin Riesgo Potencial	Nulo	Apto	Aceptable	Aceptable
CANO Y APONTE	Sin Riesgo Potencial	Leve	Apto	Aceptable	Aceptable

**Tabla 15. Evaluación de los resultados con los criterios de protección y riesgo señalados para las vías de la zona 2.**

VIA	Riesgo Potencial de Pérdida Auditiva EPA	Riesgo de Interferencia con el Sueño EPA	Incompatibilidad y Aislación con el Uso de Suelo HUD	Compatibilidad Uso de Suelo Residencial Diurno OCDE.	Compatibilidad Uso de Suelo Residencial Nocturno OCDE.
FRANCISCO BILBAO	Riesgo Potencial Leve	Medio	No Apto	Inaceptable	Inaceptable
MANUEL MONTT	Riesgo Potencial Leve	Alto	No Apto	Peligroso	Inaceptable
SALVADOR	Riesgo Potencial Leve	Medio	No Apto	Inaceptable	Inaceptable
MIGUEL CLARO	Sin Riesgo Potencial	Medio	10 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
JOSE MANUEL INFANTE	Sin Riesgo Potencial	Medio	10 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
CONDELL	Sin Riesgo Potencial	Nulo	Apto	Aceptable	Aceptable
SANTA ISABEL	Riesgo Potencial Leve	Medio	10 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
CLEMENTE FABRES	Sin Riesgo Potencial	Leve	5 dB Adicional	Inaceptable	Inaceptable
DALMACIA	Sin Riesgo Potencial	Nulo	Apto	Aceptable	Aceptable

Se debe tener presente que el riesgo de pérdida auditiva es aplicable a personas que permanecen habitualmente en las cercanías de las vías. Por ende, el riesgo real dependerá del tiempo de permanencia de cada individuo.

Del mismo modo, los criterios señalados en torno a la aceptabilidad del uso de suelo residencial, consideran implícitamente que las construcciones son diseñadas de acuerdo a los requisitos mínimos de aislación acústica para esta actividad, según la

normativa vigente en los Estados Unidos o en los países miembros de la Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica.

En nuestro país las normativas referentes a aislación acústica son muy recientes, lo que se traduce en que las construcciones no han considerado esta variable en sus diseños, por lo que lógicamente la evaluación de los resultados con los criterios respectivos en esta materia, son de carácter referencial.

Así mismo, es necesario tener presente que los resultados de este estudio, representados en los mapas del anexo A, se deben actualizar y complementar con otro tipo de información de manera de poder cruzar más estratos temáticos al momento de tomar decisiones. En general, es importante que estos estudios se actualicen en lapsos de cinco o diez años, pero fundamentalmente cuando se constatan cambios urbanísticos en la ciudad, como nuevos sectores habitacionales, crecimientos de la población, modificaciones de la red vial, un nuevo hospital, etc.

Un punto de interés, corresponde a destacar que la comuna de Providencia se encuentra emplazada en un área intermedia dentro de la ciudad de Santiago, motivo por el cual es utilizada como una zona de paso, tanto por la locomoción colectiva como particular, uniendo el sector Poniente con el Oriente, así como parte del sector Sur con el Norte de la ciudad.

Además, Providencia es una comuna que se caracteriza por poseer, entre otras cosas, gran cantidad de locales comerciales, numerosos centros médicos, oficinas comerciales y consultorías profesionales, así como restaurantes, locales de actividad nocturna y empresas distribuidoras de toda índole.<sup>8</sup>

Estas características significan una afluencia de público de otras comunas, lo que conlleva a una mayor concentración de locomoción colectiva, que se conjuga, además, con el tráfico de paso y el desplazamiento propio de quienes residen o trabajan en la comuna, lo que explica los elevados niveles de ruido registrados.

Por otra parte, como ya se ha mencionado, la realización de mediciones de niveles de ruido en las zonas urbanas, es el elemento fundamental para obtener una información adecuada sobre el impacto sonoro ambiental, sin embargo, es de especial atención la relación existente entre los niveles de ruido a los que se ve expuesta la comunidad residente y los índices de molestia subjetivos que produce ese factor ambiental.

En general es muy difícil obtener resultados totalmente concluyentes, en relación con la respuesta global de una comunidad frente al ruido ambiental. La justificación de este hecho es compleja, cabría recordar que la reacción frente al ruido, de cada persona que integra la comunidad en cuestión, está fuertemente influenciada por determinadas circunstancias y actitudes individuales. Por ejemplo, la exposición de un individuo al ruido de tráfico depende de varios factores físicos, como la distancia a la vía por donde fluye el tráfico vehicular, como se compone éste, mayor o menor aislamiento acústico de su vivienda, etc., los cuales resultan muy difíciles de evaluar en la práctica.

Al observar la figura 1, es importante notar la relación de la curva de "molestia general" con los niveles de ruido, LDN. Por ejemplo, para un nivel sonoro día-noche igual a 60 dBA, tan solo un 8% de la población se considera gravemente perturbada por el ruido. Sin embargo, este porcentaje aumenta al 24% para 70 dBA y llega hasta el 60% para un nivel sonoro día-noche de 80 dBA. Si tenemos presente que en la zona 1 de nuestro estudio el 77.8 % de las vías calificadas con alto flujo vehicular supera los 70 dBA, el 55.6 % los 75 dBA y el 11.1 % los 80 dBA, podremos imaginar la gravedad que reviste la situación en que se encuentran muchos de sus habitantes.

Del mismo modo, de acuerdo con esta curva, para un nivel de presión sonora corregido día-noche, LDN, de 70 dBA, aproximadamente un 30% de la población declara que el ruido les interfiere el sueño, un 37% mientras conversa y un 40 % mientras escucha radio o televisión. Lógicamente, para niveles superiores la interferencia para cada actividad aumenta.

Como ya se ha señalado, en la comuna de Providencia la proporción de personas molestas por el ruido es muy alta e involucra a más de un tercio de la población, además de ir en aumento a medida que se incrementa la edad. Dentro de las principales actividades interferidas por el ruido, destacan la conciliación y mantención del sueño, la que acumula el 40% de los encuestados y, la interferencia en toda actividad, que alcanza a casi un cuarto de ellos.

A lo anterior se debe agregar que de acuerdo a información del Comité del Adulto Mayor<sup>23</sup>, en la Región Metropolitana la comuna con una mayor presencia porcentual de adultos mayores es Providencia, con el 22.3% de su población, es decir cerca de 24000 personas, lo cual, dado lo anterior, se puede traducir en un porcentaje significativo de individuos que se encuentran más propensos a sufrir

molestias por el ruido, dada su situación de vulnerabilidad frente a este elemento contaminante. Cabe destacar que el porcentaje de personas molestas tenderá, por tanto, a ser mayor en aquellas vías o sectores en que residan más adultos mayores.

De acuerdo con el D.S. 146/97 y según la homologación zonal con el PRC actual, en nuestra zona, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrán exceder los valores que se señalan en la tabla 1.

Se debe recordar que el término fuente fija, corresponde a toda fuente emisora de ruido diseñada para operar en un lugar fijo o determinado. No perdiendo su calidad de tal las fuentes que se hallen montadas sobre un vehículo transportador para facilitar su desplazamiento<sup>19</sup>. Por tanto, los resultados obtenidos en el mapa de ruido no son comparables con los límites señalados en la tabla 1, dado a que la fuente caracterizada fue el tráfico rodado, el cual corresponde a un conjunto de diversas fuentes móviles.

Sin embargo, debido a que esta norma limita los niveles máximos de acuerdo a la zona en que se encuentra el receptor, nos ofrece una línea a seguir en la planificación territorial. Esto consiste en seguir un ordenamiento paulatino de las zonas definidas en ella, de manera que éstas se sitúen en forma gradual, vale decir de la forma I-II-III o viceversa.

Por ejemplo, si existe una zona I contigua a una Zona III, ocurre que durante el periodo diurno, mientras para la primera se permite un nivel de presión sonora corregido, NPC, de 55 dBA, para la segunda se permite un NPC de 65 dBA, por lo cual será más probable que existan fuentes de ruido de la zona III que se encuentren sobre la norma en algún lugar de la zona I, principalmente en las cercanías entre ambas zonas.

Actualmente, dentro de la zona de estudio nos encontramos con varios sectores como el del ejemplo, básicamente en las calles Manuel Montt, Francisco Bilbao y Santa Isabel, donde existen zonas UPROCI, correspondiente a usos de suelos preferentemente residenciales y equipamiento institucionales, de oficinas y comercio de nivel metropolitano e industria inofensiva, que se encuentran junta a zonas UPR, de usos de suelo preferentemente residenciales y equipamientos de oficinas restringidos. Esta desordenada mixtura, significa que en dichas localidades pueda o puedan coexistir actividades tan diversas como incompatibles, como por

ejemplo universidades, centros comerciales, supermercados, discotecas y hoteles junto a un sector habitacional, jardines infantiles, capillas, etc.

Al parecer es claro la incompatibilidad entre zonas y la vulnerabilidad de una respecto a la otra, dada la sensibilidad que presenta frente a ciertas actividades. Por esto, al momento de modificar la zonificación se debe tener especial cuidado, de manera de evitar que se creen discontinuidades como las señaladas y seguir una zonificación gradual de acuerdo al D. S. 146. Para ello es crucial clasificar las distintas actividades generadoras de ruido y agrupar las zonas de niveles similares como se ha señalado.

Del mismo modo, se debe tener especial cuidado al momento de otorgar permisos de instalación y apertura, de manera que la actividad que se va a emplazar en un determinado uso de suelo genere un impacto mínimo en el entorno. Por ejemplo, al otorgar los permisos necesarios para la instalación de un supermercado se debe tener en cuenta entre otras cosas, el flujo vehicular asociado al supermercado tanto de los clientes como de quienes lo abastecen, horarios de abastecimientos, capacidad vial de las calles aledañas, vías de acceso, estacionamientos, etc, que pueden traer consigo serios trastornos en las inmediaciones de este lugar, que se pueden traducir, por ejemplo, en un aumento de los niveles de ruido tanto en el sector de emplazamiento como en las rutas de acceso.

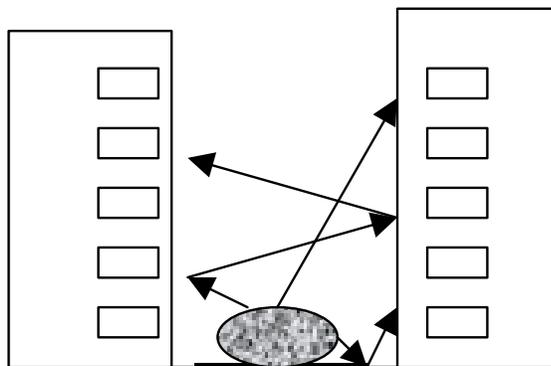
Si bien es cierto que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones señala que los edificios clasificados en el cuarto grupo, locales ruidosos, se deben emplazar a no menos de 100m de los edificios del grupo uno, no menciona nada referente al impacto asociado con la actividad que se construirá.

Así mismo, la Norma NCh 352/1 Of. 2000 citada por la Ordenanza, establece los requisitos mínimos de aislación acústica, aplicable solo para las construcciones de uso habitacional y para ruidos provenientes del exterior, lo cual significa que no basta con prever una aislación de fachada apropiada de acuerdo al ambiente externo, sino que también se deben preservar los niveles de ruido en el exterior o, mejor aún, disminuirlos. Esto producto de que si los niveles aumentan, la aislación determinada por esta norma no será suficiente, debido a que la inmisión también aumentará y por ende, probablemente las molestias.

Como una última observación respecto al tema, se debe tener en cuenta que aplicar esta normativa significa elevar la calidad de las edificaciones habitacionales, promoviendo de este modo a una mejor calidad de vida en la comuna y a una mejor armonización entre actividades residenciales y comerciales, entre otros aspectos. Es decir, converge directamente con la visión futura de lo que se pretende de la Comuna, agradable para vivir y urbanísticamente ejemplar.

Por otra parte, es habitual que en las zonas céntricas de las ciudades se observen edificaciones intensivas, lo que se puede justificar por la necesidad de concentrar oficinas, comercio, etc., donde el costo del suelo requiere su máximo aprovechamiento. En el caso de la comuna de Providencia y obviamente en nuestra zona de estudio, existe un vasto sector donde esta situación se ve reflejada, lo que ha generado la aparición de calles en U, debido a la edificación en altura en las proximidades de las calles. Este tipo de perfil transversal de las calles, se deben de evitar desde el punto de vista del ruido, ya que basa su problema en las múltiples reflexiones sonoras, existentes entre las fachadas de los edificios que conforman esta sección transversal. De hecho, es sabido que para una densidad de tráfico constante, cuanto más ancha es una calle tanto mayor es la disminución de ruido y cuanto más altas sean las fachadas de sus edificios, tanto menor será esta disminución.<sup>14</sup>

Figura 12. Ejemplo de calle con perfil transversal en U.



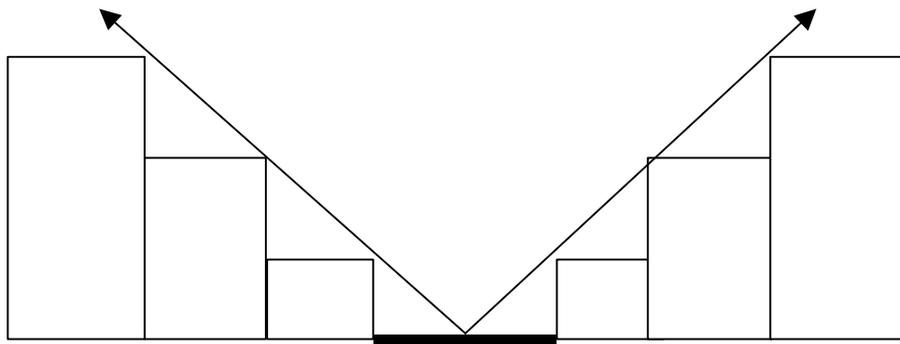
Dado lo anterior se hace necesario regular las edificaciones en altura, de manera de evitar la aparición de este tipo de calles y al mismo tiempo permitir un máximo aprovechamiento del suelo. Una alternativa corresponde a dejar un perfil transversal en forma de L, donde por un costado de la calle no existe mayor restricción en cuanto su altura mientras que por el otro es netamente restrictivo.

Esta opción evitaría la aparición de calles en U pero no permitiría una utilización máxima del suelo, por lo que es una medida poco viable desde el punto económico.

Recordemos que al ubicar una serie de edificios con una elevación gradual al alejarse de una vía, se obtiene una protección adicional por el apantallamiento que proporcionan los edificios de la primera fila a los posteriores a ésta (ver figura 6). Así, podemos vislumbrar que los sectores próximos a las vías que soportan altos flujos vehiculares, debieran tener una sección transversal como la señalada en la figura 6. De este modo se permitiría un mejor aprovechamiento del suelo y se evitaría en parte las calles en U. No obstante, debemos recordar que las actividades emplazadas en los edificios más próximos a la vía, deben ser aquellas que puedan asumir la presencia de ruidos. (ver tabla 3).

Al observar y pensar en una planificación territorial desde el punto de vista del ruido, es común encontrarse con una medida ya clásica de trasladar el emplazamiento de industrias a sectores periféricos, donde lo que se logra no es otra cosa que dilatar el inicio del problema en otro lugar, el que sucederá de todas maneras y probablemente cuando controlarlo es demasiado tarde. Además, esta medida supone implícitamente, que las industrias ubicadas en la periferia no contaminan el área central, que en la nueva zona de emplazamiento no existen o no existirán habitantes afectados y, por último, que las industrias producen más contaminación que otras actividades.

Figura 13. Ejemplo de edificación en altura.



Debemos tener presente que la principal actividad contaminante en las grandes ciudades corresponde al tráfico rodado, por lo que dicha medida, además de no solucionar el problema genera un flujo de transportes de mercancías y personas asociado a este sector industrial, utilizando como paso sectores que se pretendían

proteger o que simplemente no se encontraban afectados. Así mismo, con el transcurso del tiempo y el crecimiento substancial de nuestra ciudad, hemos podido apreciar que estos sectores industriales se han visto rodeados de variados proyectos inmobiliarios, lo que ha generado y seguirá generando habitantes afectados.

Así mismo, durante el proceso de planificación del estudio, específicamente mientras se realizó el trabajo preliminar de terreno, el que abarco sectores externos a la zona de interés pero contiguas al mismo, se pudo observar que la reversibilidad de algunas vías de la comuna, afecta de manera significativa las características del tráfico vehicular en otras vías ajenas a nuestra zona, lo que conlleva a un aumento substancial de los niveles de ruido en esas vías, durante el periodo en que se aplique esta medida. Esto se puede traducir en que sectores que tal vez poseían niveles de ruido aceptables se vean en desmedro por esta razón. Esta es una situación que debe ser estudiada con mayor profundidad y que por estar fuera de los objetivos del presente estudio no se abordó. De igual forma, el presente estudio sólo consideró el ruido quedando fuera las vibraciones, de la cual se sabe muy poco en este aspecto. Es de esperar que ya planteadas las inquietudes, en el futuro se generen investigaciones tendientes a conocer un poco más acerca de estos fenómenos.

Por último es sabido que, a partir del aumento de la industrialización así como el crecimiento demográfico de nuestra ciudad, se han originado situaciones nuevas en los municipios, en la mayoría de los casos por una falta de previsión urbanística inicial, motivados por la modificación de hábitos y modelos culturales de los ciudadanos, siendo el ruido producto de las situaciones descritas, como uno de los problemas actuales que tiene nuestra ciudad y que los gestores municipales se ven obligados a afrontar.

En general todas las comunas tienen problemas comunes: dificultades en el tráfico rodado, falta de zonas intermedias amortiguadoras, niveles de ruido muy elevados, etc. que realmente se han motivado porque la planificación en la ciudad no responde a su desarrollo funcional.

Se pueden encontrar soluciones para reducir problemas específicos de ruido, pero en casi todos los casos hubiese sido mucho mejor y más económico prevenir el problema desde el principio. Desgraciadamente el problema del ruido ya existe y es necesario encontrar los métodos para evitarlo o, al menos, reducir sus efectos.

Es durante la etapa de diseño o planeamiento urbano, cuando se puede tratar con mayor efectividad el problema, especialmente cuando se incluye el principio de la evaluación ambiental estratégica al proyecto, el cual corresponde al proceso sistemático de estudiar y anticipar las consecuencias ambientales de las iniciativas propuestas en los altos niveles de toma de decisión. Este proceso tiene por objeto incorporar el criterio ambiental desde el primer momento, como elemento de decisión en todos los sectores y grados de la planificación al mismo nivel que los criterios económicos y sociales.

De este modo, es necesario introducir en la elaboración del Plan Regulador Comunal los criterios ambientales, pero no como un añadido más al proceso de planificación, sino como parte integral o esencial del mismo, es decir, elaborar un Plan Regulador con un contenido ambiental y dentro de los criterios ambientales, considerar el ruido como un factor fundamental.

#### **4.1 Conclusiones y recomendaciones**

- Existe una alta incompatibilidad entre los niveles de ruido existentes y el uso de suelo residencial para vías clasificadas como de alto tráfico. Así mismo, para las vías clasificadas como de bajo tráfico, se observa que en general no existen problemas de compatibilidad. No obstante, se aprecia que algunas de estas vías requieren de una aislación adicional de 5 dB.
- Se propone sostener y ampliar los programas que incluyen la educación ciudadana, tanto a nivel de los residentes como en los centros educacionales de la comuna, en lo referente a ruido.
- Se aconseja evitar la aparición de calles cuyo perfil transversal corresponda al de una U. Para ello se recomienda que las alturas de los edificios contiguos a las calles sean reguladas, de manera que la cota permitida sea gradual y en aumento a medida que la edificación se aleja de la calle.
- En lo posible, se recomienda dejar la mayor distancia admisible entre la zona a proteger y la fuente de ruido. Para ello se sugiere imponer una política de zonificación cerca de las áreas destinadas a actividades generadoras de ruido.
- Se sugiere emplazar actividades compatibles entre la fuente de ruido y la zona a proteger, de manera que las actividades que puedan asumir la presencia de ruidos protejan a las actividades más vulnerables.
- Se recomienda zonificar de manera gradual, en términos de las zonas definidas en el D.S. 146, teniendo presente la compatibilidad de las actividades contenidas en las distintas zonas correspondientes a la homologación señalada en la tabla 1.
- Para lograr una mayor compatibilidad entre las diferentes actividades en un determinado lugar, se propone seguir las siguientes condiciones:
  - i. No permitir nuevas actividades que generen niveles de ruido incompatibles con la actividad más sensible existente o proyectada.
  - ii. No permitir una nueva actividad que requiera un nivel de ruido incompatible con los existentes o proyectados.

- Del mismo modo, se sugiere utilizar la forma de las construcciones de manera que balcones, cornisas u otras partes brinden protección. Así mismo, las construcciones se deben orientar de manera que las partes más débiles en términos de aislación acústica, se encuentren al lado opuesto de la fuente de ruido existente o proyectada.
- Es recomendable que los planes reguladores se respeten y no sean modificados, con el propósito de permitir nuevas actividades, que puedan generar efectos negativos para la comunidad desde el punto de vista del ruido.
- Pese a que la vegetación ofrece muy poca atenuación como barrera, se sugiere la existencia de ella entre la fuente y el receptor, dada la impresión de menor molestia en los afectados.
- Es de vital importancia que los responsables en la elaboración del Plan Regulador, dispongan de información real y completa de los niveles de ruido que se producen en la comuna, para lo cual es imprescindible elaborar un trabajo más amplio respecto a los niveles de ruido existentes y como se distribuyen estos, tanto a nivel espacial como temporal, en las zonas de la comuna donde no se han realizado estos estudios.
- Se debe tener en cuenta que el presente estudio solo abarcó la variable ruido y que aún es necesario estudiar las vibraciones como otra variable de decisión en la Planificación Territorial de la Comuna de Providencia.
- De igual forma, es importante considerar el efecto de la reversibilidad de las calles, por lo que se sugiere realizar estudios al respecto en la Comuna de Providencia.
- Se sugiere exigir explícitamente el cumplimiento de la norma NCh 352/1 Of2000 en las disposiciones de la futura Ordenanza Municipal. Para ello se recomienda exigir, dentro de las especificaciones técnicas que se declaren al momento de solicitar el permiso de edificación, la aislación acústica requerida y considerada para aquellas edificaciones de uso habitacional. Así mismo, exigir al momento de la recepción de la obra, el informe correspondiente al ensayo señalado en dicha norma, el que deberá contener al menos los siguientes datos:
  - i. Identificación y características de la vivienda ensayada.

- ii. Condiciones de uso y amoblamiento de la vivienda.
  - iii. Croquis con identificación de los recintos ensayados y la descripción del entorno para las mediciones externas.
  - iv. Fecha, día de la semana y condiciones meteorológicas existentes que pudieran influir sobre los ensayos (por ejemplo, temperatura, humedad, velocidad del viento y otras condiciones asociadas a las mediciones externas).
  - v. Resultados obtenidos y normas empleadas.
  - vi. Identificación del equipo utilizado (Marca, modelo, tipo, etc.).
  - vii. Identificación del laboratorio o persona responsable de los resultados.
- Se recomienda disponer de personal idóneo para evaluar lo anteriormente señalado.

## **Agradecimientos**

A mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mis padres que me han tolerado todos estos años. Gracias por la tremenda paciencia.

A mis suegros por su apoyo y ayuda constante durante todos estos años.

A Mavita, por su entrega inmensurable de amor y por caminar juntos entre temporales y primaveras desde ayer hasta los sueños. Gracias.

A Leandrito Eluney por la inmensa motivación que me has entregado desde siempre.

A todos mis amigos, que en buenas, malas y no tanto estuvieron conmigo, especialmente a Freddy.

Quisiera agradecer a todos quienes de alguna manera hicieron posible que el presente estudio llegara a buen puerto, especialmente a todo el personal del Departamento de Higiene y Control Ambiental de la I. Municipalidad de Providencia.

Por último, quisiera agradecer al Sr. José Imperatore por su inmensa voluntad y ayuda en el proceso de georeferenciar los diferentes datos en el sistema de información geográfica de la I. Municipalidad de Providencia.

## 5. LITERATURA CITADA

1. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); 1997. Talleres de Entrenamiento para el Manejo de la Contaminación Ambiental, Taller de Acústica, Tomos I, II y IV, Santiago de Chile.
2. Collados E., 1995, Contaminación acústica y desarrollo urbano, Seminario taller contaminación acústica y control de ruido urbano: Desafíos y perspectivas. USACH.
3. Comisión de las comunidades europeas. 1996. Libro verde de la comisión europea, política futura de acción contra el ruido. Bruselas, Bélgica.
4. Muñoz, Rodrigo; 1995. Ruido: Principios - Clasificación - Control, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Acústica.
5. Harris, Ciry; 1995. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido, Volúmenes I y II, Traducido de la 3ª Edición en Ingles, Editorial McGra W-Hill/Interamericana de España S.A.
6. Sánchez, J., 1995, Curso de contaminación atmosférica. Seminario taller contaminación acústica y control de ruido urbano: Desafíos y perspectivas. USACH.
7. Varas H. y Cols.; 1994. Epidemiología del Ruido Comunitario en la Comuna de Providencia, Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Salud Pública.
8. Municipalidad de Providencia. Departamento de Rentas; 2001. Indice por Giro Julio a Diciembre.
9. International Standard Organization, (ISO); 1982. Norma 1996/1, Acoustics- Description and measurement of enviromental noise - Part 1: Basic Quantities and Procedures; Part 2: Adquisition of data pertinent to land use; Part 3: Application to noise limits.
10. Universidad de Santiago de Chile (USACH); 1989. Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido, Facultad de Ciencias, Departamento de Física.
11. Leiva, C.; 1999. Fundamentos para el Estudio de un Plan Regulador Comunal, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil.
12. Silva, J.; Betsabel, M.; 1996. Desarrollo Urbano Territorial, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División de Desarrollo Urbano, DDU.
13. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU); 2002. Ley General de Urbanismo y Construcciones.

14. Sociedad Española de Acústica (SEA); 1991. *El Ruido en la Ciudad Gestión y Control*. Primera edición.
15. Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OCDE); 1995. Programa de Investigación en Carreteras y transportes. *Reducción del Ruido en el Entorno de Carreteras*.
16. Gobierno Vasco; 1993. *Medios de Control Del Impacto Sonoro de Carreteras*, Departamento de Transportes y Obras Públicas.
17. Arenas, J.; 1996. *Estudio Sobre la Difracción y Atenuación Introducida por las Barreras Acústicas*, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Escuela de Graduados.
18. MINVU; 2002. *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*.
19. CONAMA; 1997. *Manual de Aplicación "Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas."* D.S. N° 146/97, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Departamento de Descontaminación, Planes y Normas.
20. Deutsches Institut für Normung (DIN); 1987. *Norma 18005, Schallschutz im Städtebau Berchnungsverfahren Schalltechnisch Orientierungswerte für die städtebauliche Planung*.
21. Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA); 2001, *Estudio de actualización de niveles de ruido del Gran Santiago 1989-2001*. Unidad de Acústica Ambiental.
22. Quest. *Manual de instrucciones para el sonómetro integrador y almacenador, modelo 1900-2900*.
23. Suárez M, 14 de octubre de 2002. *La ciudad y los mayores, municipios apoyan a sus mayores*. El Mercurio, páginas F1 y F24.
24. INN; 2000. *NCh 352, Aislación acústica - Parte 1: Construcciones de uso habitacional - Requisitos mínimos y ensayos*. Primera edición.
25. Municipalidad de Providencia; 2001. *Plan de Desarrollo Comunal, PLADECO*.
26. Bosque, J., 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp, S.A. Primera edición, España.

## **ANEXOS.**

**Mapas de Ruido. (Ver anexos 1 - 2 - 3 - 4)**