

## Estudio Base de generación de niveles de ruido del Gran Santiago 1989

### Introducción

Con el propósito de evaluar y analizar el ruido comunitario exterior en una zona que cubrió cerca de 280 Km<sup>2</sup> del Gran Santiago, este estudio, encargado por la Intendencia Metropolitana, pudo detectar los sectores donde la contaminación acústica presenta altos niveles. Al mismo tiempo, permitió indentificar los posibles riesgos a los cuales está sometida la población expuesta al ruido urbano, considerando los distintos aspectos que contemplan las normativas tanto nacionales como internacionales. Esta cobertura espacial involucró aproximadamente 3 millones de personas distribuidas en 180 distritos censales con datos obtenidos del censo de población del año 1982, correspondiendo a 23 comunas de la Región Metropolitana.

Este documento es una síntesis del estudio realizado en 1989, investigación que se encuentra en poder del Sesma para su actualización y validación en el tiempo, como herramienta metodológica para medir el grado de contaminación acústica que tiene la Región Metropolitana, de modo de contar con un instrumento actualizado para adoptar políticas de control adecuadas para este tipo de contaminante.

### Descripción General

Con el objeto de evaluar el ruido ambiental en la ciudad de Santiago y su impacto en la comunidad, se realizaron recorridos sistemáticos dentro de una superficie definida como relevante, registrando el valor de determinadas variables acústicas y meteorológicas en diversos puntos previamente seleccionados.

La superficie en estudio fue dividida en 12 zonas (división primaria) y cada zona en un determinado número de distritos o celdas unitarias (división secundaria), definiendo una cobertura espacial de aproximadamente 280 Km<sup>2</sup>, constituida por un total de 180 distritos censales (ver Mapa 1).

### Objetivos

El programa de trabajo en terreno para este estudio se diseñó de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- Cubrir la mayor parte de los sectores consolidados de Santiago.
- Cubrir en primera prioridad las fuentes de ruido móviles y en segunda prioridad las fuentes fijas
- Cubrir en primera prioridad los días hábiles y en segunda prioridad los fines de semana.
- Considerar tanto situaciones diurnas como nocturnas.
- Limitar las observaciones en terreno a 6 meses.
- Representar adecuadamente las exposición al ruido de la población con el menor número de muestras.
- Incluir en las observaciones los lugares y las horas en que el nivel de ruido alcanza niveles extremos, máximos y mínimos.

### Definición de la Red de Muestreo

Si se aplica el método convencional de muestreo por barrido, se requeriría una grilla de más de 1000 celdas de 500 × 500 metros, lo que conduce a un número de muestras imposibles de cubrir en un período de 6 meses de terreno.

Por esta razón se optó por una grilla de tamaño variable, en la que cada elemento coincide con un distrito censal de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE). De este modo, las áreas de menor densidad tienen mayor espaciamiento entre muestras. Al mismo tiempo, se facilita la correlación de las mediciones acústicas con otras variables demográficas medidas por los censos pasados y futuros.

Se define la red de mediciones como los 180 distritos indicados en el Mapa 1, los que pertenecen a 23 comunas de la Región Metropolitana, de acuerdo al censo de población realizado el año 1982.

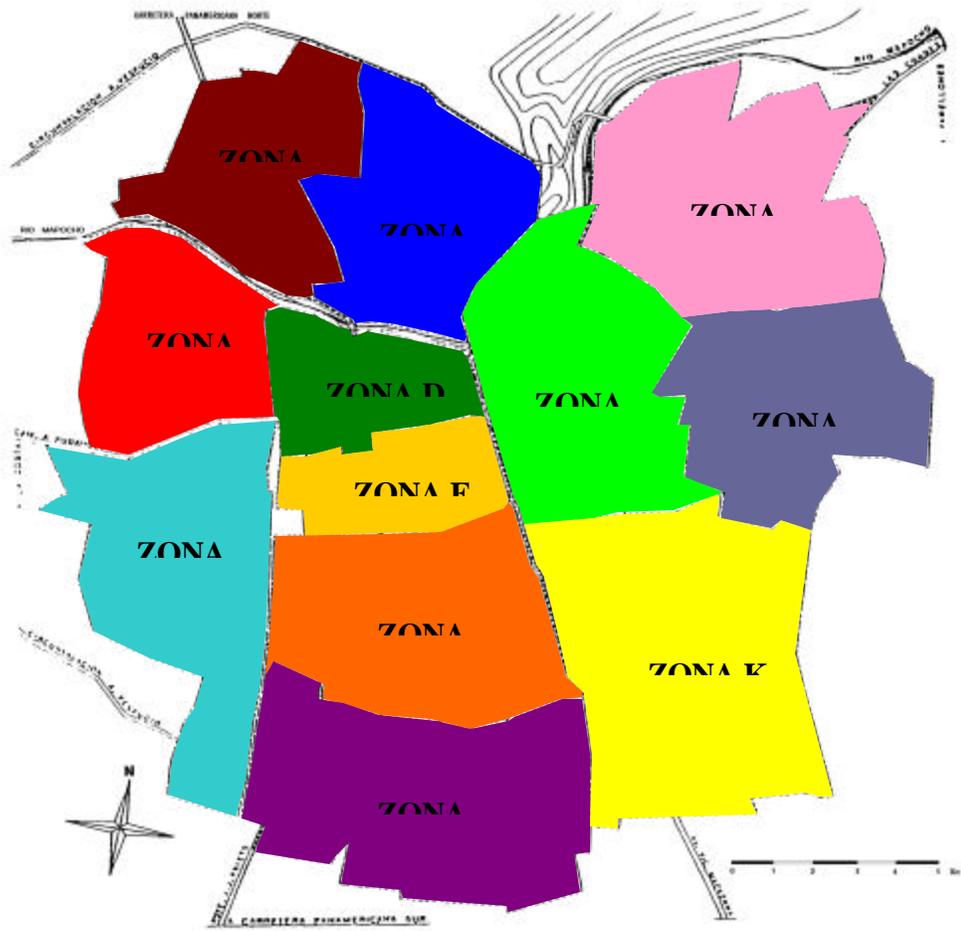
### Estrategia General de Muestreo

En el muestreo por distrito, se aplicó la hipótesis de que los ciclos diarios se repiten en días hábiles con pequeñas variaciones día a día, y que estos ciclos son similares para distritos próximos entre sí. Para este efecto, se agruparon los 180 distritos en 12 ZONAS dentro de las cuales la oscilación diaria es semejante.

Suponiendo válida esta hipótesis, es posible estructurar el muestreo en tres niveles: distrital, zonal y urbano; los cuales tienen resolución temporal creciente y resolución espacial decreciente.

---

MAPA 1  
Distribución de Distritos Censales y Zonas



A nivel de distrito, se planteó también medir las variaciones temporales y espaciales en dos series de muestras. La primera consiste en 6 muestras a distintas horas (2 en la mañana, 2 en la tarde y 2 en la noche) en un mismo lugar. La segunda consiste en 10 muestras a la misma hora a lo largo de un *perfil transversal*.

En el cuadro siguiente se resume el sistema de muestreo:

NIVEL	UBICACIÓN	Nº DE PUNTOS	PERIODO DE MUESTREO	MUESTRAS DIARIAS
DISTRITAL	Perfil	1800	1 Hora	1
	Punto Base	180	1 Día	6
ZONAL	Estación Zonal	12	1 Semana	24
URBANO	Estación Fija	1	9 Meses	24

### Programa de Mediciones

En primer lugar se efectuaron visitas a cada uno de los distritos, obteniendo las variables urbanas y definiendo la actividad propia del sector representado. Con esta información y los datos del flujo vehicular se determinó la ubicación del *punto base*, correspondiente a una situación de máxima exposición al ruido dentro del distrito. Además, quedó definido el *perfil transversal* de 250 metros de longitud, destinado a detectar la existencia de sectores protegidos de la vía principal, con bajo nivel de ruido de fondo.

La segunda fase de mediciones consiste en la obtención de 6 lecturas a diferentes horas en los puntos Base y 10 lecturas a lo largo del perfil a intervalos de 25 metros. Cada lectura consistió en la integración de la energía acústica durante un periodo variable entre 5 y 20 minutos, dependiendo del flujo vehicular.

## RESULTADOS

### Variables Acústicas Medidas

Las variables acústicas consideradas en la etapa de medición en terreno fueron las siguientes:

- **NPS:** Nivel de Presión Sonora instantáneo con ponderación A. Se utilizó en la etapa de elección de los puntos de medición.
- **NPS<sub>eq</sub>:** Nivel Continuo Equivalente con ponderación A. Se utilizó como unidad básica en todo el estudio.
- **L<sub>N</sub>:** Nivel excedido el N% del intervalo de tiempo medido. En el estudio se utilizó un intervalo de 1 hora y los valores N: 1, 5, 10, 50, 90, 95 y 99.

### Criterios de Evaluación

Mediante cálculo numérico se obtuvieron los siguientes descriptores:

- **L<sub>eq24</sub>:** Nivel Continuo Equivalente en un periodo de 24 horas. Se utilizó para evaluar el riesgo de pérdida auditiva según criterios EPA y para evaluar zonas industriales exclusivas según el D.S. N°286/84.
- **L<sub>DN24</sub>:** Nivel día-noche en periodo de 24 horas. Compensa la mayor sensibilidad al ruido nocturno agregándoles 10 dB a los NPS<sub>eq</sub>. Se utiliza para establecer la aptitud residencial de un sector.
- **L<sub>eqdía</sub>:** Nivel Continuo Equivalente en el periodo de 07 a 22 horas. Se utilizó para evaluar sitios sensibles: escuelas, hospitales, bibliotecas y otros lugares de trabajo o permanencia diurna.
- **L<sub>eqnoche</sub>:** Nivel Continuo Equivalente en el periodo de 22 a 07 horas. Se utilizó para evaluar interferencia con el sueño.
- **L<sub>DC</sub>:** El Nivel Distrital Compensado es un descriptor diseñado específicamente para el Estudio. Su formulación tiene como objetivo considerar las variaciones espaciales y temporales reales del Nivel Sonoro a que están expuestos los habitantes de un distrito. Por esta razón toma en cuenta los valores en periodos de : mañana, tarde y noche, de cada Punto Base y los valores del perfil transversal hasta una distancia de 250 m. Su diseño

### Criterios de Protección y Riesgos de la Población

Riesgo y protección según EPA (Environmental Protection Agency)

El nivel máximo permisible de acuerdo al criterio de la Environmental Protection Agency (EPA), para zonas residenciales típicas, es un promedio del nivel sonoro anual expresado como 55 L<sub>dn</sub>, resguardando la salud y el bienestar público. Junto a lo anterior, estos niveles aseguran también el normal desarrollo de la comunicación hablada tanto fuera como dentro de las viviendas. El nivel identificado para proteger la comunicación hablada es de 45 dB(A) en el interior de la vivienda, lo que implica un L<sub>dn</sub> externo de 60 dB(A) para zonas residenciales. Para comunicación hablada en exteriores, el nivel L<sub>dn</sub> de 60 dB(A) permite una conversación normal a una distancia de 2 metros con un 95% de inteligibilidad de las palabras o frases. El límite de 60 dB(A) para L<sub>dn</sub> en el caso de ruido continuo en exteriores, permite una normal comunicación hablada en el interior de la casa con las ventanas parcialmente abiertas. Sin embargo, un ruido intermitente (ruido de avión, bocinas, sirenas, etc.) cuyo L<sub>dn</sub> externo sea también 60 dB(A), puede alterar el normal desarrollo del habla en el interior de la casa, esto es válido aún considerando un margen de seguridad de 55 L<sub>dn</sub>.

Criterio EPA (Environmental Protection Agency) de niveles continuos equivalentes, promedios anuales, para proteger la salud y el bienestar público con un adecuado margen de seguridad.

---

I N T E R I O R E S				
ZONA	ÍNDICE	LÍMITES PARA INTERFERENCIAS C/ ACTIVIDADES	PROTECCIÓN DE: PÉRDIDA AUDITIVA	PROTECCIÓN AMBOS RIEGOS
RESIDENCIAL	$L_{DN}$ $L_{eq(24)}$	45	70	45
COMERCIAL	$L_{eq(24)}$	(a)	70	70 (c)
DENTRO DEL TRANSPORTE	$L_{eq(24)}$	(a)	70	(a)
INDUSTRIAL	$L_{eq(24)}$ (d)	(a)	70	70 (c)
HOSPITALES	$L_{DN}$ $L_{eq(24)}$ (d)	45	70	45
EDUCACIONAL	$L_{eq}$ $L_{eq(24)}$ (d)	45	70	45
RECREACIÓN	$L_{eq(24)}$	(a)	70	70 (c)

E X T E R I O R E S				
ZONA	ÍNDICE	LÍMITES PARA INTERFERENCIAS C/ACTIVIDADES	PROTECCIÓN DE: PÉRDIDA AUDITIVA	PROTECCIÓN AMBOS RIEGOS
RESIDENCIAL	$L_{DN}$ $L_{eq(24)}$	55	70	55
COMERCIAL	$L_{eq(24)}$	(a)	70	70 (c)
DENTRO DEL TRANSPORTE	$L_{eq(24)}$			
INDUSTRIAL	$L_{eq(24)}$		70	70 (c)
HOSPITALES	$L_{DN}$ $L_{eq(24)}$	55	70	55
EDUCACIONAL	$L_{eq}$ $L_{eq(24)}$ (d)	55	70	55
RECREACIÓN	$L_{eq(24)}$	(a)	70	70 (c)

- (a) Como diferentes tipos de actividades parecen estar asociadas con diferentes niveles, la identificación de un nivel máximo que interfiera con alguna actividad puede ser difícil, excepto en aquellas circunstancias en que la actividad crítica es la comunicación hablada.
- (b) Basado en el nivel más bajo.
- (c) Basado en la pérdida auditiva.
- (d) Un  $L_{eq}$  de 75 dB(A) puede ser identificado en estas situaciones como muy largo si la exposición en las 16 horas restantes por día es suficientemente pequeña, resultando en una contribución despreciable al promedio de las 24 horas. Por ejemplo, no mayor que un  $L_{eq}$  de 60 dB(A).
- (e) Explicación para la identificación del nivel para pérdida auditiva: el periodo de exposición que resulta en una pérdida auditiva al nivel identificado es para un periodo de 40 años.

## CONCLUSIONES

### Niveles de Riesgo y Población Expuesta

Los distintos niveles de riesgo según criterios, tanto nacionales como internacionales.

Es importante tener en cuenta que los criterios aplicados han sido obtenidos de mediciones sobre otras poblaciones y, por lo tanto, sus valores absolutos no son estrictamente válidos. Sin embargo, su aplicación a los diferentes distritos ha sido rigurosamente homogénea, por lo que la comparación entre distritos es completamente válida.

**Riesgo de pérdida auditiva** en vías principales según EPA (Environmental Protection Agency). De acuerdo al criterio EPA este riesgo se puede manifestar a partir de un Nivel Continuo Equivalente en base a 24 horas con valores superiores a 70 dB(A). Se presenta este riesgo a tres niveles tal como se muestra en el Mapa 2:

PRIMER NIVEL	$L_{eq24}$ mayor que 70 dB(A)
SEGUNDO NIVEL	$L_{eq24}$ mayor que 75 dB(A) (excede en 5 dB(A) el criterio)
TERCER NIVEL	$L_{eq24}$ mayor que 80 dB(A) (excede en 10 dB(A) el criterio)

Sólo un 20% de la población no está expuesta a ningún riesgo de pérdida auditiva. El resto de la población se distribuye en tres categorías de riesgo denominadas *leve*, *mediano* y *alto*, correspondiente a los tres niveles coloreados en el mapa, exceptuando el azul.

Un 57% de la población se encuentra expuesta a niveles que exceden entre 0 y 5 dB el criterio EPA y, por lo tanto, tienen un riesgo *leve* de pérdida auditiva.

Un 21% de la población se encuentra expuesta a niveles que exceden entre 5 y 10 dB el criterio EPA y por lo tanto, tienen un riesgo *mediano* de pérdida auditiva.

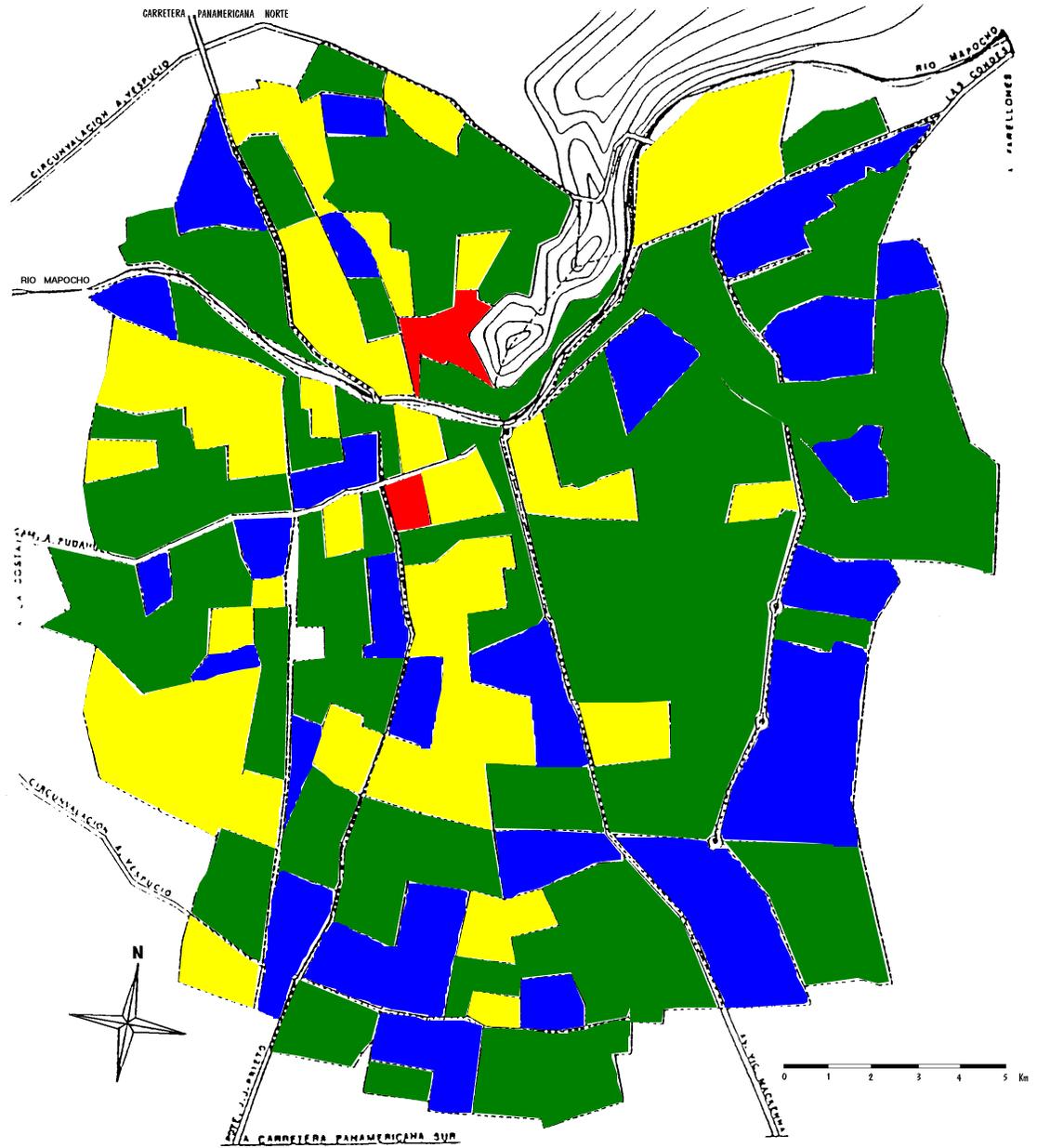
Un 0,84% de la población se encuentra expuesta a niveles que exceden más de 10 dB el criterio EPA y, por lo tanto, tienen un riesgo *alto* de pérdida auditiva.

Cabe destacar que el nivel observado corresponde al existente en vías principales y que el criterio EPA no establece diferencias entre ruido interior o ruido exterior. Los riesgos indicados son aplicables a habitantes con permanencia preponderante en zonas próximas a vías principales. Por lo tanto el riesgo real dependerá del tiempo de permanencia individual.

---

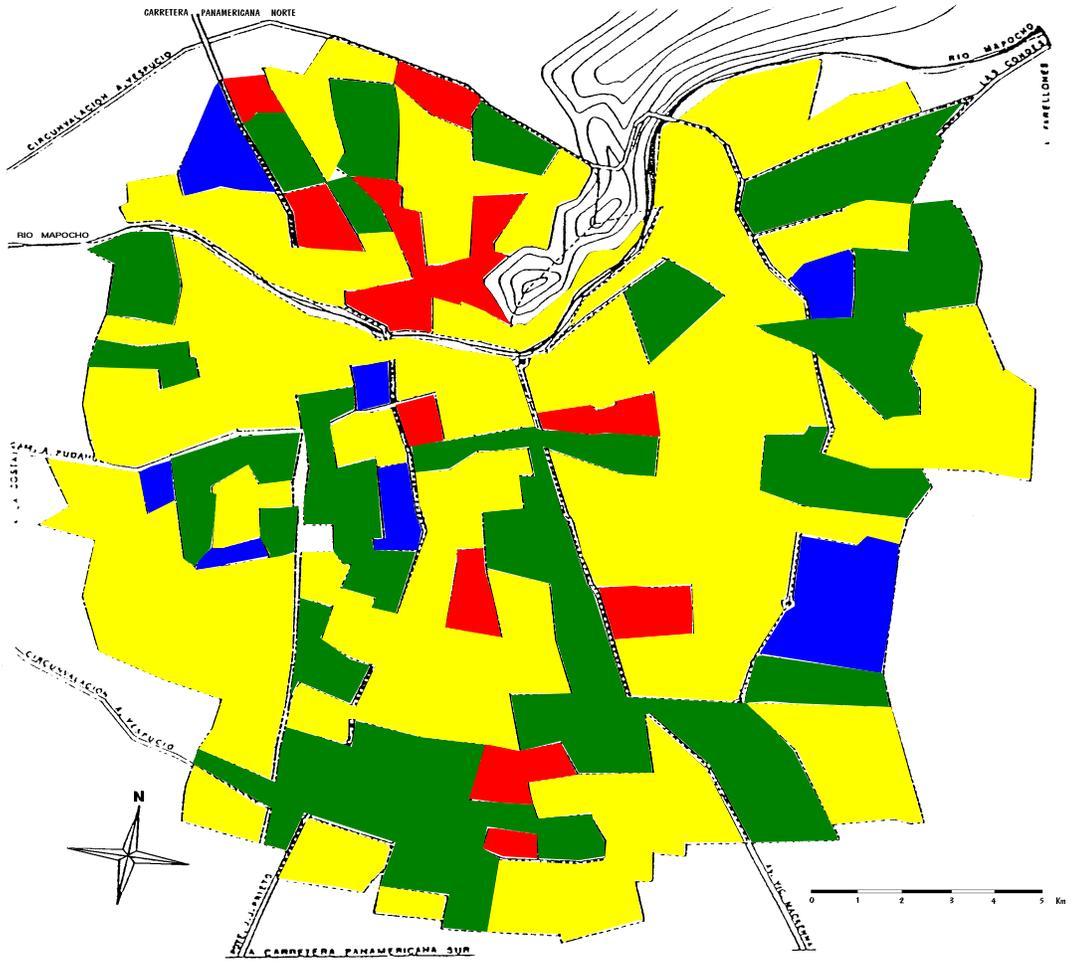
### MAPA 2

Riesgo de Pérdida Auditiva a Largo Plazo





### MAPA 3 Incompatibilidad con Uso residencial



- L<sub>dn</sub> mayor a 65 dB(A)
- L<sub>dn</sub> mayor a 70 dB(A)
- L<sub>dn</sub> mayor a 75 dB(A)
- L<sub>dn</sub> mayor a 80 dB(A)

Aplicando este criterio se encuentra que no existe ningún distrito cuyas vías principales sean aptas para uso residencial en viviendas de construcción normal (sin tratamiento acústico especial).

Existen 6 distritos en los cuales L<sub>dn</sub> excede 65 dB(A), pero no excede 70 dB(A) y son aptos para uso residencial condicionado a un refuerzo en la aislación acústica de 5 dB(A) sobre lo normal.

Existen 41 distritos en los cuales L<sub>dn</sub> excede 70 dB(A), pero no excede 75 dB(A) y son aptos para uso residencial condicionado a un refuerzo en la aislación acústica de 10 dB(A) sobre lo normal.

Existen 87 distritos (65%) de los 134 distritos cuyo uso de suelo efectivo es Residencial exclusivo o residencial con comercio que son definitivamente *no aptos* para viviendas de acuerdo al criterio HUD.

Identificación de Distritos con Riesgo de:  
Incompatibilidad con Uso Residencial

DISTRITO	ZONA											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
13	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
15	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
16	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
17	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
18	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
19	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
20	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
21	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
22	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

- Riesgo Nulo
- Riesgo Leve
- Riesgo Medio
- Riesgo Alto
- Riesgo Muy Alto

### **Distritos residenciales contaminados**

Se utiliza en este caso un descriptor utilizado específicamente para este estudio, el cual se ha denominado *Nivel Distrital Compensado* ( $L_{dc}$ ), el cual toma en cuenta los sectores alejados de las vías principales.

Para zonas residenciales se indican dos niveles en el Mapa 4:

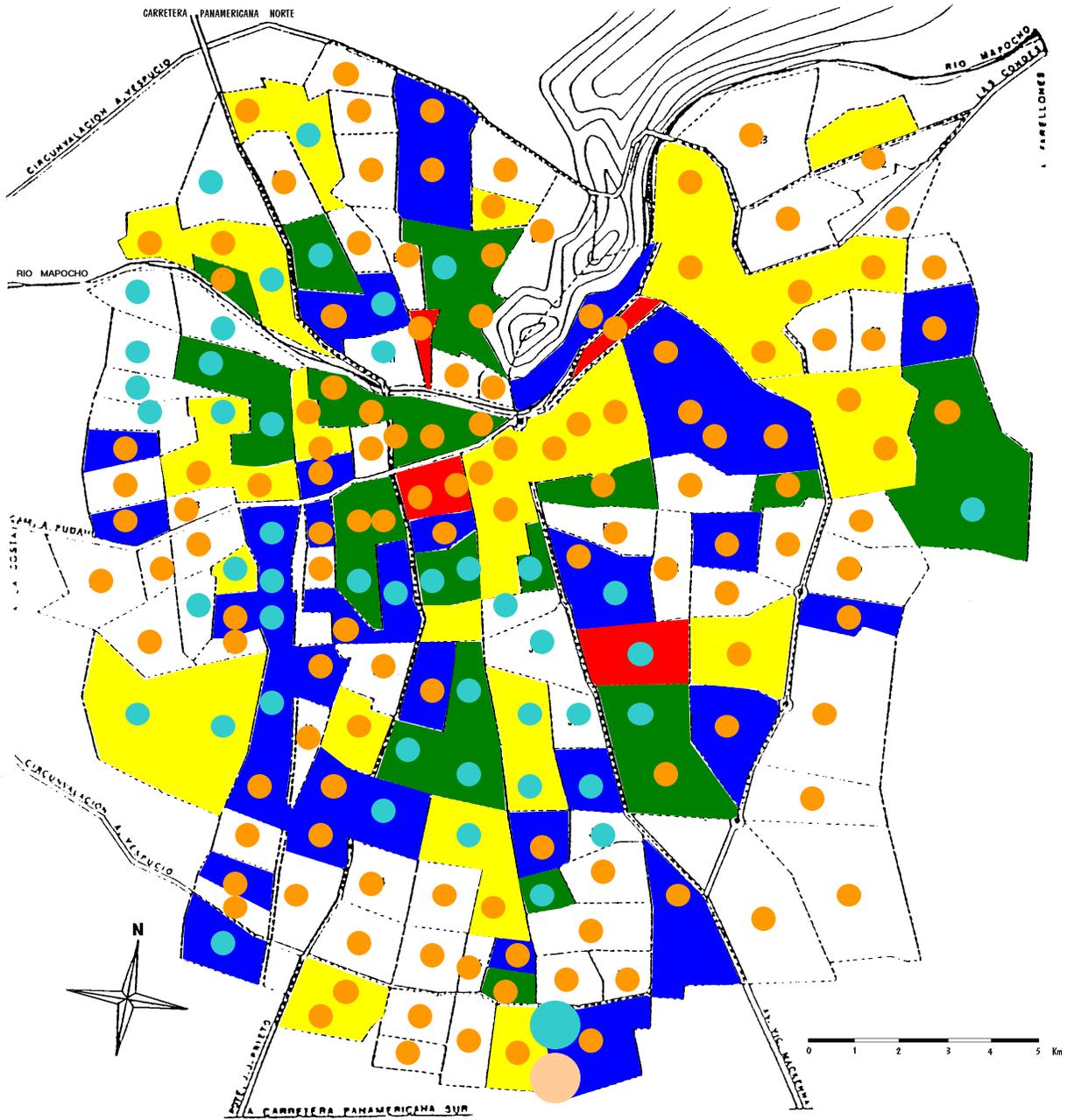
PRIMER NIVEL	$L_{dc}$ mayor que 65 dB(A)
SEGUNDO NIVEL	$L_{dc}$ mayor que 70 dB(A)
TERCER NIVEL	$L_{dc}$ mayor que 75 dB(A)
CUARTO NIVEL	$L_{dc}$ mayor que 80 dB(A)
BASE	Plano de distritos de uso de suelo efectivo de tipo residencial y tipo mixto.

Existen 48 distritos que exceden el criterio de 65 dB(A), lo que corresponde a un 53% de los 90 distritos con uso de suelo efectivo de tipo residencial. De estos distritos, 6 exceden en más de 10 dB(A) el criterio, lo que alcanza un 6,6 %.

Existen 26 distritos que exceden el criterio de 70 dB(A), lo que corresponde a un 56% de los 46 distritos con uso de suelo mixto residencial con industria. De estos distritos, 1 excede en más de 10 dB(A) el criterio, lo que alcanza un 2%.

---

### MAPA 4 Distritos Residenciales Contaminados



Identificación de Distritos con Riesgo de:  
Contaminación Acústica

DISTRITO	ZONA											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
13	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
15	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
16	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
17	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
18	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
19	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
20	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
21	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
22	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

- Riesgo Nulo
- Riesgo Leve
- Riesgo Medio
- Riesgo Alto

**Interferencia con el sueño**

Considerando el criterio EPA respecto de interferencia con actividades y el nivel equivalente nocturno observado en vías principales, se presentan en el Mapa 5 tres niveles de interferencia con el sueño:

- PRIMER NIVEL                     $L_{eqnoche}$  mayor que 50 dB(A)
- SEGUNDO NIVEL                 $L_{eqnoche}$  mayor que 60 dB(A)
- TERCER NIVEL                   $L_{eqnoche}$  mayor que 70 dB(A)

Todos los distritos presentan en sus vías principales niveles que exceden el criterio de interferencia con el sueño ( $L_{eqnoche} > 50$  dB(A)).

Un 91% de la población está expuesta a niveles  $L_{eqnoche}$  mayores que 60 dB(A), excediendo en más de 10 dB el criterio.

Un 70% de la población está expuesta a niveles  $L_{eqnoche}$  mayores que 65 dB(A), excediendo en más de 15 dB el criterio.

Un 13% de la población está expuesta a niveles  $L_{eqnoche}$  mayores que 70 dB(A), excediendo en más de 20 dB el criterio.



12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
13	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
15		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
16				●	●	●	●	●	●	●	●	●
17								●	●	●	●	●
18								●	●	●	●	●
19								●		●	●	●
20											●	●
21											●	●
22											●	●

- Riesgo Nulo
- Riesgo Leve
- Riesgo Medio
- Riesgo Alto
- Riesgo Muy Alto