

## **Estudio actualización de niveles de ruido del Gran Santiago 1989-2001**

### **Introducción**

Este documento corresponde a la actualización del "Estudio Base de generación de niveles de ruido del Gran Santiago", realizado en 1989, el cual se encuentra en poder del Sesma para su actualización y validación en el tiempo, como instrumento metodológico para medir cuál es el grado de contaminación acústica que tiene la ciudad de Santiago y su proyección temporal, de modo de contar con una herramienta actualizada para adoptar políticas de control oportunas.

El estudio preliminar de 1989 tuvo como propósito evaluar y analizar el ruido comunitario exterior en una zona que cubrió cerca de 280 Km<sup>2</sup> del Gran Santiago. En esta investigación se detectaron los sectores donde la contaminación acústica presenta niveles importantes y se proyectaron los posibles riesgos a los cuales está sometida la población desde los distintos aspectos que se contemplan en normativas tanto nacionales como internacionales. Esta cobertura espacial involucró aproximadamente una población de 2.702.315 millones de personas distribuidas en 180 distritos censales con datos obtenidos del censo de población del año 1982 (fuente INE), correspondiendo a 23 comunas de la Región Metropolitana. Actualmente, en esta misma área de estudio hay una población de 2.752.341 de acuerdo al censo de población de 1992. (fuente INE). Lo anterior quiere decir que en el área de estudio la población ha aumentado en un 1,85 %.

**Objetivo General:** Realizar una actualización del Estudio de Bases de Generación de niveles de ruido en el Gran Santiago de 1989.

### **Objetivos Específicos:**

Realizar una comparación entre los niveles de ruido medidos en los puntos distritales en 1989 y los distritales en el 2001.

Evaluar el grado de contaminación acústica al que está expuesta actualmente la población y su comparación desde hace más de diez años.

### **Parámetros, Descriptores e Índices de Medición Acústica.**

La tendencia internacional referente a los índices que definan la situación sonora en diferentes áreas está basada en el Nivel Equivalente Leq, en decibeles, ponderados con curva A denominados dB(A). Por este motivo éste debe ser el criterio que se planteen todos los apartados de un proyecto de ruido urbano a realizar.

En el caso de ruido en el medio urbano, el parámetro más adecuado para caracterizarlo es el nivel equivalente Leq durante el intervalo de tiempo que se determine en el estudio. Habitualmente este intervalo se encuentra comprendido entre 5 a 60 minutos.

En base a la utilización de este parámetro, los índices que se suelen utilizar son el Nivel Equivalente Diario medido durante el período de 24 horas, Nivel Equivalente Noche denotado Leq noche y Nivel Equivalente día-noche denotado DNL (o bien Leq día-noche).

## Definiciones de Indicadores y Descriptores Acústicos.

### a) Nivel Sonoro Continuo Equivalente Diario.

El Nivel Sonoro Continuo Equivalente Diario es el nivel en dB(A) de un ruido hipotético y constante que se corresponde con la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado durante el intervalo de tiempo de referencia T dado por 24 horas.

Se define como:

$$L_{eq24} = 10 \log \frac{1}{24} \sum_{1}^{24} 10^{\frac{Leq_{i,1H}}{10}}$$

donde :  $Leq_{i,1H}$  es el Nivel de Presión Sonora Equivalente medido durante 1 hora por un período de 24 horas.

Con este descriptor se puede determinar el **Riesgo de Pérdida Auditiva** a largo plazo en vías principales, el cual según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) este riesgo se puede manifestar a partir de un Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente en base a 24 horas  $Leq_{24}$  con valores superiores a 70 dB(A).

### b) Nivel Sonoro Continuo Equivalente Noche.

Es el Nivel de Presión Sonora Equivalente  $Leq$  en dB(A) evaluado durante el período nocturno comprendido entre las 22:00 horas y las 07:00 horas.

Se define como:

$$Leq_N = 10 \log \frac{1}{9} \sum_{1}^{9} 10^{\frac{Leq_{i,1H}}{10}}$$

donde:  $Leq_{i,1H}$  es el Nivel de Presión Sonora Equivalente medido durante 1 hora por un período de 9 horas.

Con este descriptor se puede determinar aquellos distritos que presentan el criterio **Interferencia con el Sueño**, dado por la EPA, en el cual establece que existe interferencia con el sueño en aquellos lugares en los cuales se registran Niveles de Presión Sonora Equivalentes Nocturnos  $Leq_N$  superiores a 50 dB(A).

### c) Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día-Noche.

Es el Nivel de Presión Sonora Equivalente  $Leq$  en dB(A) evaluado durante el período nocturno comprendido entre las 22:00 horas y las 07:00 horas.

Se define como:

$$Leq_{DN} = 10 \log \left[ \frac{1}{15} \sum_7^{22} 10^{\frac{L_{i,1H}}{10}} + \frac{1}{9} \sum_{22}^7 10^{\frac{L_{i,1H} + 10}{10}} \right]$$

donde:  $Leq_{i,1H}$  es el Nivel de Presión Sonora Equivalente medido durante 1 hora por un período de 15 y 9 horas. (período diurno y nocturno respectivamente).

Con este descriptor se puede determinar el criterio **Aptitud Residencial** de acuerdo a lo que establece el Departamento de Desarrollo de Vivienda y Urbanismo de Estados Unidos (HUD). Es decir, si de acuerdo a los valores de  $Leq_{DN}$  registrados ese sector es apto o no para el desarrollo de viviendas, considerando que esta no tiene acondicionamiento acústico adicional a una vivienda normal.

### Metodología de Trabajo.

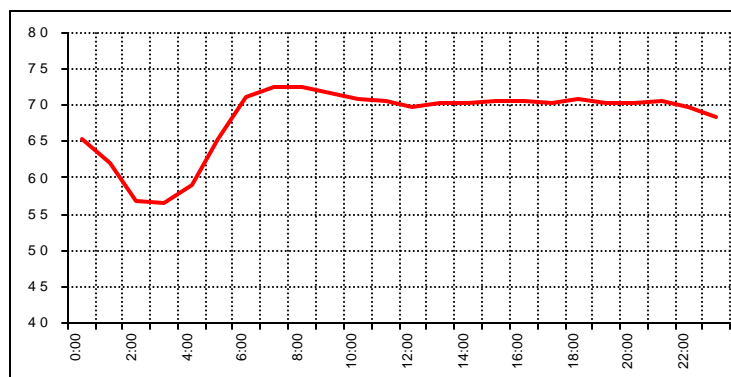
#### Estrategia General de Muestreo: Criterio Espacial y Temporal.

En el muestreo por distrito aplicado el año 1989, el cual planteaba 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, se agruparon 180 Distritos en 12 zonas dentro de las cuales la oscilación diaria es semejante.

Además, en los registros continuos de niveles de ruido en un período de 24 horas, lo que se denomina Ciclo Diario de Niveles, se puede apreciar que no existe diferencia significativa durante el período de mañana comprendido entre las 06:30 horas y las 22:00 horas, por lo que se puede medir en cualquier momento comprendido en ese período y se puede obtener el correspondiente Nivel Equivalente.

Por el contrario, en los Ciclos Diarios de Niveles se puede apreciar que en el horario nocturno existe una gran disminución de niveles dando como valor mínimo aquel comprendido aproximadamente a las 03:00 horas, situación que se repite en la mayoría de los distritos censales.

Gráfico N°1: Ciclos Diarios de Niveles típicos en Santiago. 1989 - 2001



Por lo tanto, al nivel DISTRITAL, se planteó medir las variaciones temporales en series de muestras consistentes en 4 muestras a distintas horas (2 en la mañana y 2 en la tarde) en un mismo lugar, a partir de las cuales se puede calcular el Nivel Sonoro Equivalente Día.

En esta actualización no se realizan mediciones en horario nocturno. Sin embargo, observando las mediciones de Ciclos Diarios de Niveles se ha podido comprobar que la curva es de similar comportamiento tanto en su forma como en la dinámica que presenta, por lo tanto, ante la imposibilidad de realizar mediciones en horario nocturnos, éstos se pueden calcular a partir de la curva de dichos Ciclos Diarios de Niveles en cada zona del estudio.

#### **Definición de la Red de Muestreo.**

Se aplicó el mismo criterio utilizado en el estudio original, el cual consistió en una grilla de tamaño variable, en que cada elemento coincide con un distrito censal de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas (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 N°1, los que pertenecen a 23 comunas de la Región Metropolitana, de acuerdo al censo de población realizado el año 1982 y 1992.

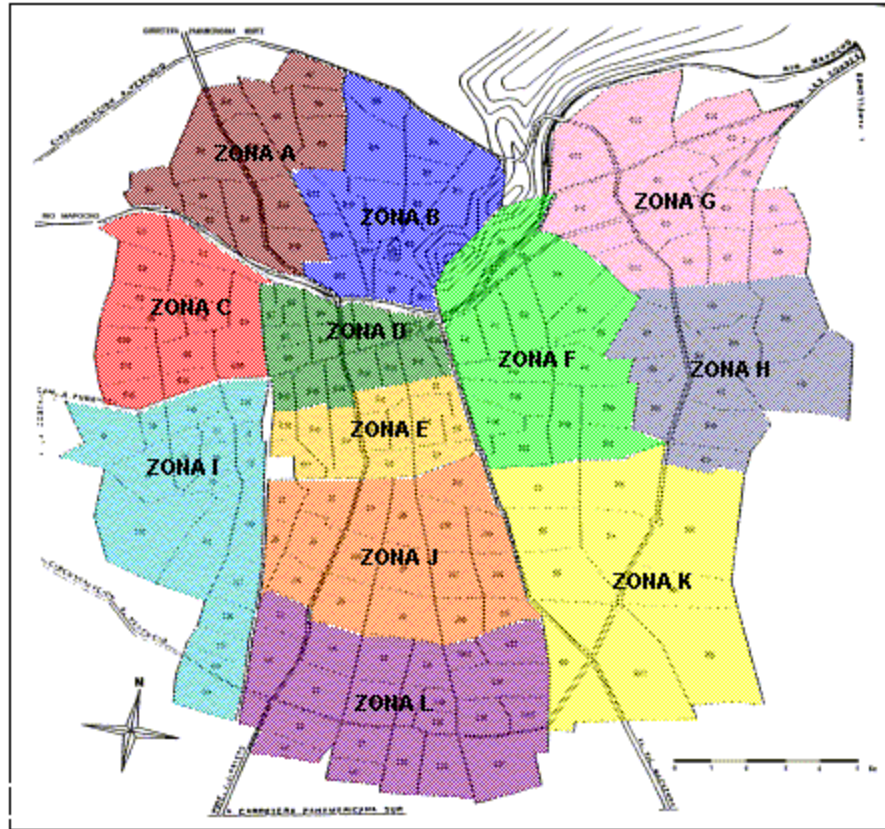
#### **Programa de Mediciones.**

Las mediciones se realizan entre junio del 2000 y octubre del 2001. En primer lugar, se efectuaron visitas a cada uno de los distritos, para la localización de los puntos definidos en el estudio inicial, con esta información se determinó la ubicación del *punto distrital*, correspondiente a una situación de máxima exposición al ruido dentro del distrito además del *punto zonal*, el cual determina cómo se comporta acústicamente una zona que contiene varios distritos.

La segunda fase de mediciones consiste en la obtención de 4 lecturas a diferentes horas, tanto en la mañana como en la tarde, en los *puntos distritales*. Cada lectura consistió en la integración de la energía acústica durante un periodo de 5 minutos.

Cada muestra registrada fue anotada en una ficha especialmente diseñada para la actualización. En esta se anotó la hora de inicio de las mediciones, el valor de las mediciones, observaciones del punto de medición y un croquis para identificar gráficamente el lugar.

MAPA N°1  
Distribución de Distritos Censales y Zonas



**Equipamiento de Medición.**

Para la elaboración del presente estudio se contó con la siguiente instrumentación:

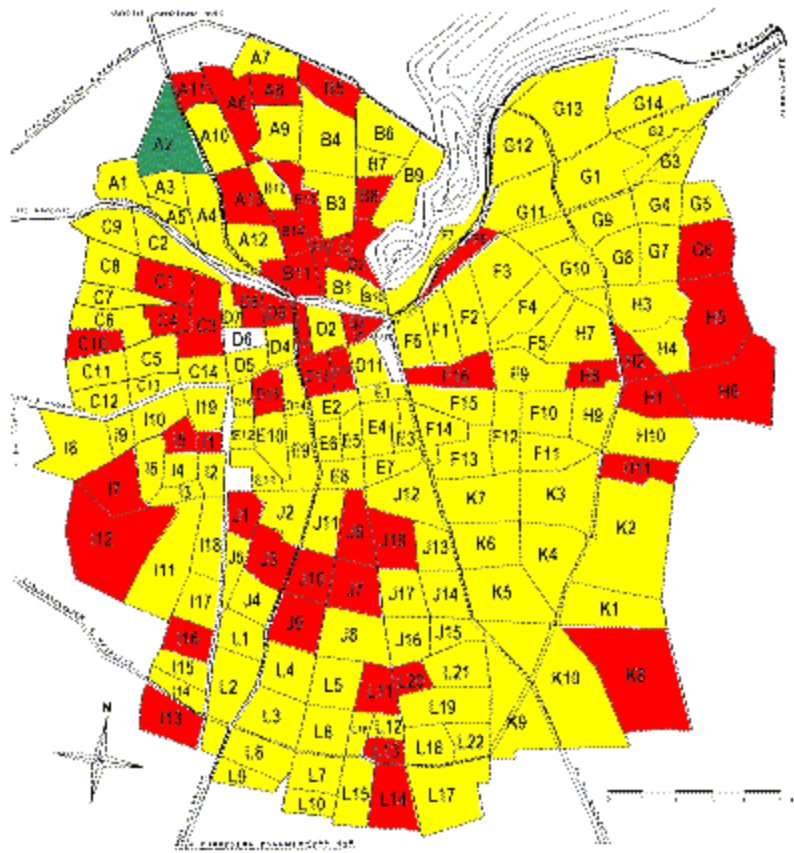
- Analizador de Ruido Ambiental Norsonic modelo NOR 121.
- Sonómetro Brüel & Kjaer modelo 2230.
- Sonómetro Quest modelo 2800.
- Sonómetro Cirrus modelo 222-A.
- Accesorios de Calibración, Pistófonos.

**Resultados de las Mediciones.**

Con la obtención de cuatro lecturas a distintos horarios, tanto mañana como tarde, se generó una curva de niveles diarios llamados *ciclos* de niveles de ruido de cada uno de los puntos distritales.

Como resultado de esta mediciones se puede decir que de acuerdo a los Mapas de cada criterio se tiene lo siguiente:

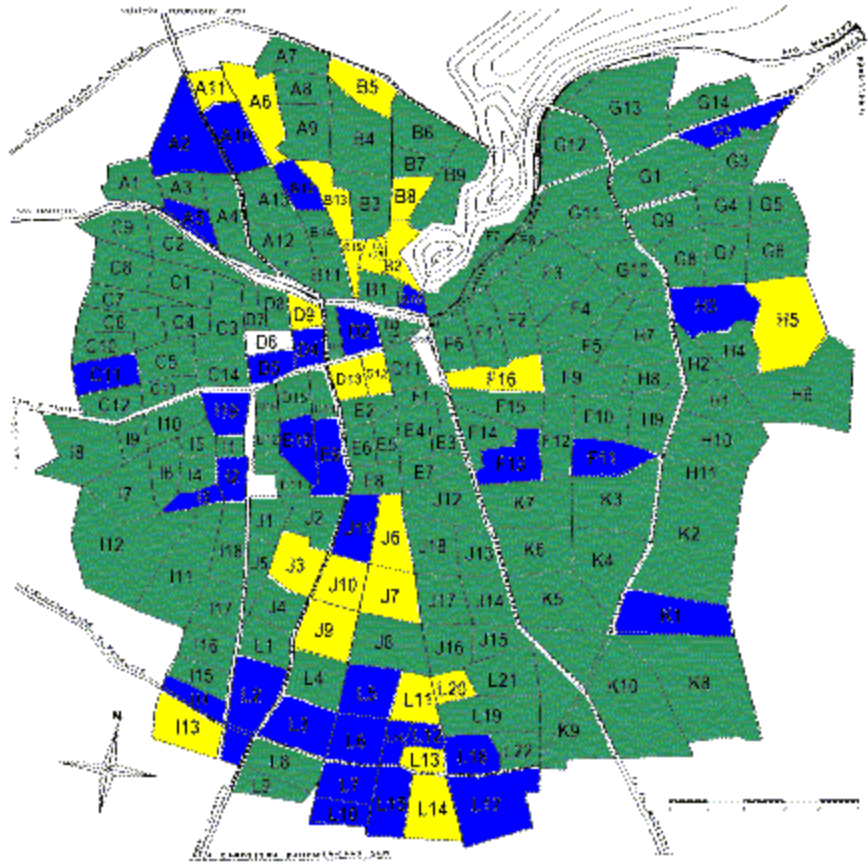
Mapa N° 2.  
 Criterio de Interferencia con el Sueño según USEPA.



	Bajo el Criterio: Leq Noche menor a 50 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq Noche entre 50 dB(A) y 60 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq Noche entre 60 dB(A) y 70 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq Noche mayor a 70 dB(A).

Según el Mapa anterior, el 0,7 % de la población (18.691 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 10 dB(A). Un 72,9 % de la población (2.005.761 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 20 dB(A). Un 25,8 % (710.265 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado en más de 20 dB(A).

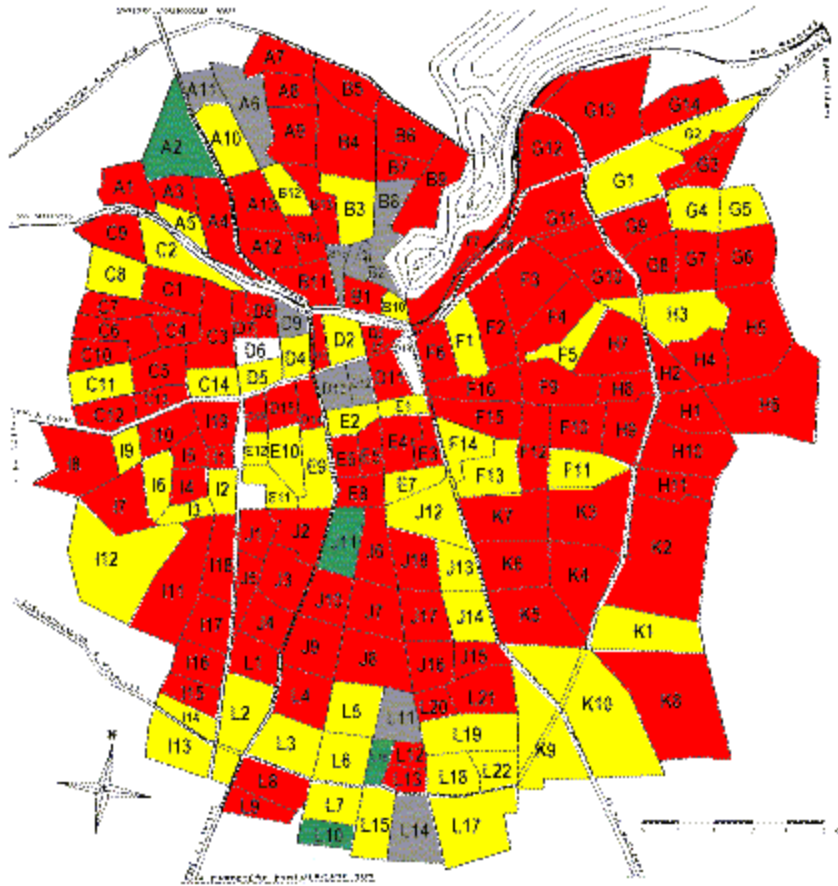
Mapa N° 3.  
Riesgo de Pérdida Auditiva a Largo Plazo según USEPA.



	Bajo el Criterio: Leq 24 menor a 70 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq 24 entre 70 dB(A) y 75 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq 24 entre 75 dB(A) y 80 dB(A)
	Sobre el Criterio: Leq 24 mayor a 80 dB(A).

Según el Mapa anterior, el 16,3 % de la población (448.524 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio dice que no existe riesgo de pérdida auditiva. Un 72,1 % de la población (1.985.059 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 5 dB(A). Un 10,9 % (301.134 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 10 dB(A).

Mapa N° 4.  
Criterio de Aptitud Residencial según USHUD.



	Bajo el Criterio: Leq DN menor a 65 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq DN entre 65 dB(A) y 70 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq DN entre 70 dB(A) y 75 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq DN entre 75 dB(A) y 80 dB(A).
	Sobre el Criterio: Leq DN mayor a 80 dB(A).

Según el Mapa anterior, el 1,7 % de la población (46.758 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 5 dB(A). Un 27,9 % de la población (768.361 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 10 dB(A). Un 65,3 % (1.798.383 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado hasta en 15 dB(A). Un 4,4 % (121.225 personas) se encuentra en lugares en donde el criterio es superado en más de 15 dB(A).

#### Análisis de Tendencias Comparadas con los Datos de 1989.

A continuación se realiza un análisis de las tendencias de los resultados comparados con la información obtenida en ambos estudios. De esta forma, se comparan los mismos distritos censales utilizados en el estudio anterior lo que permite tener una tendencia del comportamiento del grado de la contaminación acústica en los últimos 10 años.

Es importante resaltar que si bien la Región Metropolitana ha experimentado un aumento considerable de población en los últimos años, esto no se refleja así al comparar las poblaciones dentro del área de estudio ya que fundamentalmente este aumento se expresa en sectores periféricos de la región, es decir, fuera del área estudiada. Al comparar las poblaciones sólo se observa un aumento de un 1,85 % equivalente a un total de 50.029 personas. (Fuente INE).



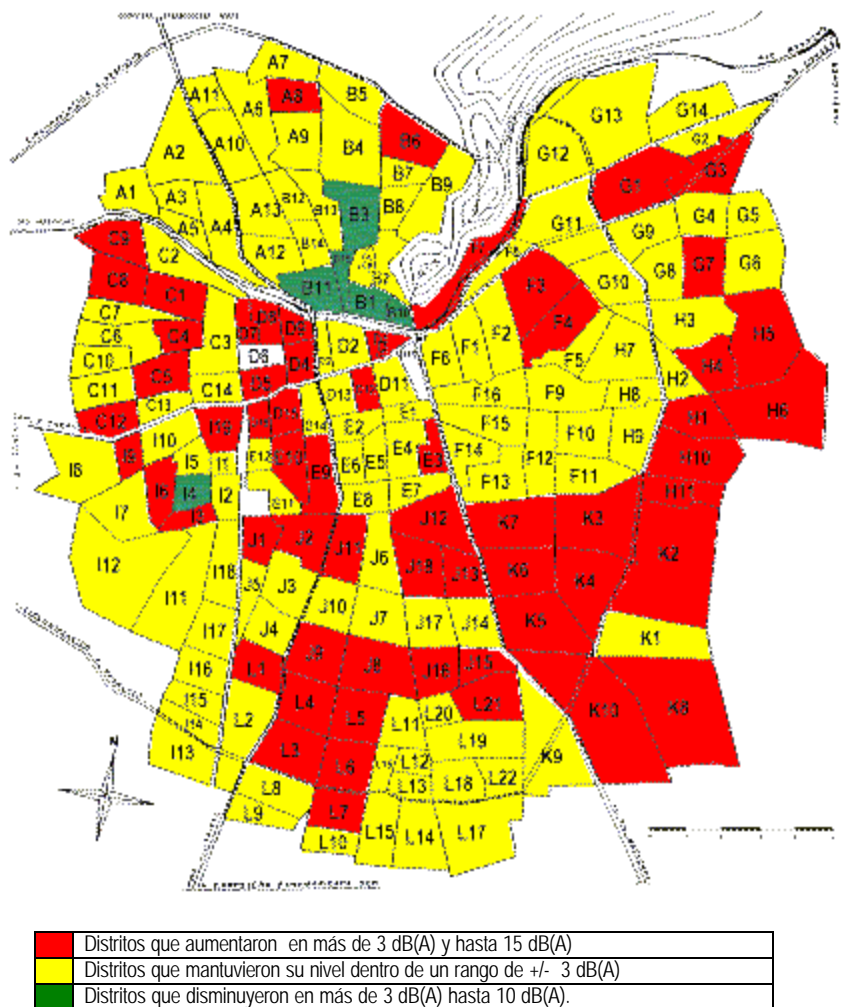
El análisis de las tendencias se realiza en base a los 3 criterios presentados anteriormente, es decir, para el criterio Pérdida Auditiva a Largo Plazo (Leq 24), Interferencia con el Sueño (LeqNoche) y Aptitud de Uso Residencial (L DN).

Del resultado de estas comparaciones de tendencias, se puede decir que, si bien, el año 1989 se caracterizaba por contener un parque vehicular de locomoción colectiva mucho más ruidoso, con vehículos de condiciones mecánicas deficientes y tecnología antigua, éste era el principal aporte de niveles de ruido ambientales en la región. Sin embargo, hoy se aprecia un cambio tecnológico importante.

No obstante, los resultados alcanzados con la actualización del estudio de 1989 confirman una constante a lo largo de 10 años en la contaminación acústica del Gran Santiago, que se traduce en niveles altos de interferencia del sueño, de riesgo de pérdida auditiva y de escasa aptitud residencial del uso de suelo analizado. Estos resultados, que describen el entorno acústico de la población expuesta, son determinantes para poder influir en la toma de decisiones de quien corresponda en la planificación urbana, el diseño de los sistemas de transporte, los planes reguladores, entre otros factores de riesgo.

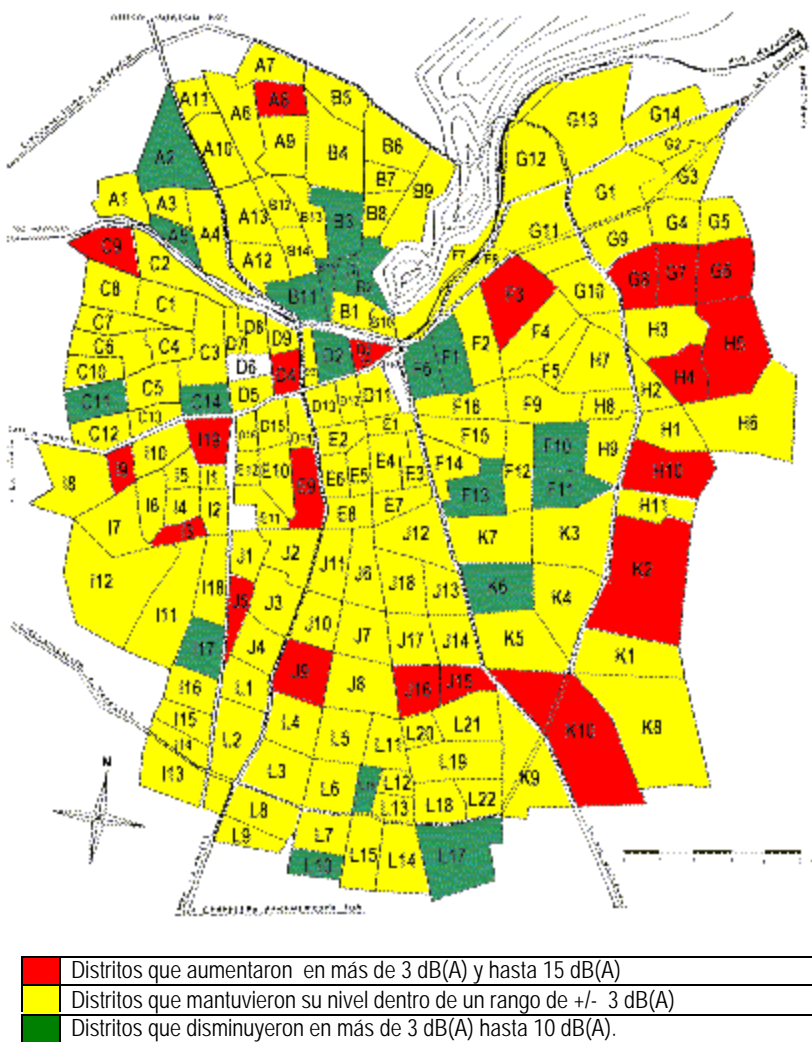
A continuación se presenta el diagnóstico de las tendencias registradas al comparar los niveles de ruido y la población expuesta del área estudiada durante los años 1989 y 2001.

**MAPA N°5.**  
**Tendencia de Grados de Contaminación 1989-2001 para el criterio**  
**Interferencia con el Sueño según USEPA.**



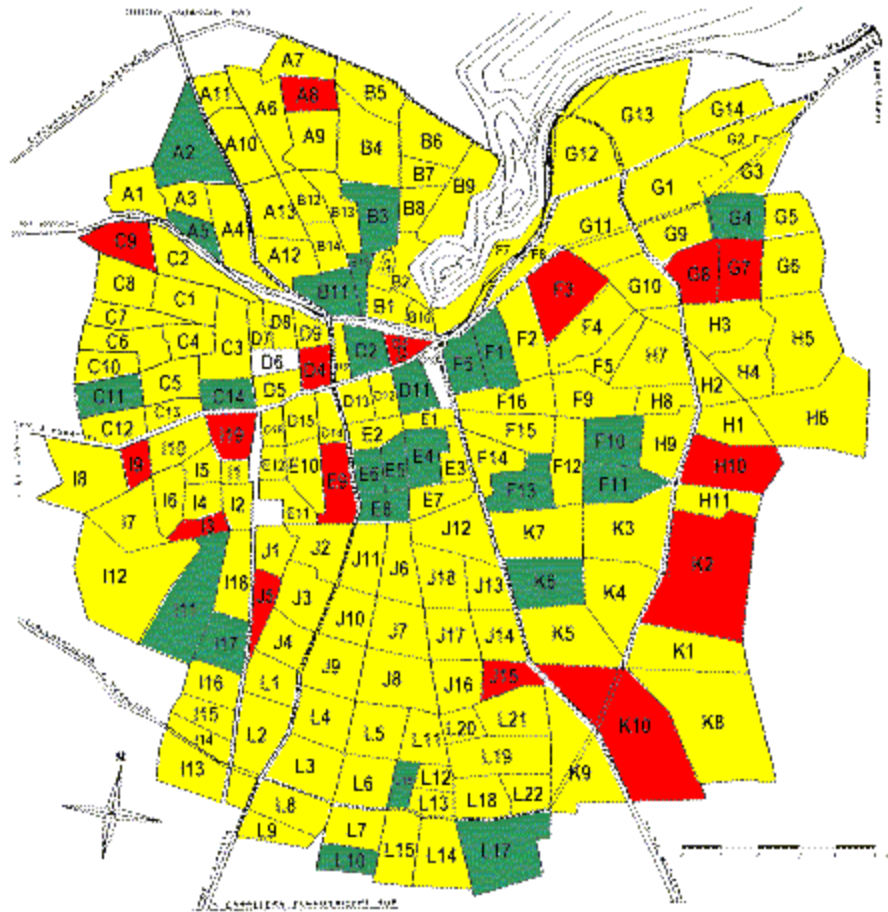
Del Mapa anterior se puede apreciar que 61 Distritos Censales aumentaron su grado de contaminación para el criterio Interferencia con el Sueño Plazo, considerando una población de 1.029.310 personas (37,4 % de la población). También se tiene que 111 Distritos Censales mantuvieron su grado de contaminación lo que involucra un total de 1.662.805 personas (60,4 % de la población) y finalmente sólo 6 Distritos Censales disminuyeron su grado de contaminación lo que benefició a un total de 42.602 personas (1,5 % de la población).

**MAPA N°6.**  
**Tendencia de Grados de Contaminación 1989-2001 para el criterio**  
**Aptitud de Uso Residencial del Suelo según USHUD.**



Del Mapa anterior se puede apreciar que 21 Distritos Censales aumentaron su grado de contaminación para el criterio Aptitud de Uso Residencial del Suelo, considerando una población de 359.648 personas (13 % de la población). También se tiene que 138 Distritos Censales mantuvieron su grado de contaminación lo que involucra un total de 2.100.786 personas (76,3 % de la población) y finalmente 19 Distritos Censales disminuyeron su grado de contaminación lo que benefició a un total de 274.283 personas (10 % de la población).

**MAPA N°7.**  
**Tendencia de Grados de Contaminación 1989-2001 para el criterio**  
**Riesgo de Pérdida Auditiva a Largo Plazo según USEPA.**



	Distritos que aumentaron en más de 3 dB(A) y hasta 15 dB(A)
	Distritos que mantuvieron su nivel dentro de un rango de +/- 3 dB(A)
	Distritos que disminuyeron en más de 3 dB(A) hasta 10 dB(A).

Del Mapa anterior se puede apreciar que 10 Distritos Censales aumentaron su grado de contaminación para el criterio Pérdida Auditiva a Largo Plazo, considerando una población de 230.678 personas (8,4 % de la población). También se tiene que 143 Distritos Censales mantuvieron su grado de contaminación lo que involucra un total de 2.168.955 personas (78,8 % de la población) y finalmente 25 Distritos Censales disminuyeron su grado de contaminación lo que benefició a un total de 335.084 personas (12,2 % de la población).

**Resultados.**

Analizando los datos proporcionados por el estudio realizado entre 2000-2001 y luego de comparar los datos con los resultados del estudio 1989, se puede inferir que los grados de contaminación han tenido el siguiente comportamiento en los últimos 11 años para cada uno de los tres criterios presentados:

### Criterio Interferencia con el Sueño:

Tabla N° 1: Porcentaje de Población Expuesta por rangos por sobre el criterio años 1989-2000.

Leq Noche	% de población	
	1989	2001
Menor a 50 dB(A)	0	0
50 y 60	6.8	0.7
60 y 70	80.4	73.3
Mas de 70	12.7	26

De la Tabla anterior, se puede decir que **no existe** población en el área de estudio que no esté expuesta a Interferencia con el Sueño tal como sucedió para el año 1989. Además, para el rango que puede considerarse un nivel medio bajo de contaminación (para Leq Noche entre 50 y 60 dB(A)) la población expuesta es pequeña para el año 1989 viéndose disminuida en forma considerable en la actualidad. Para el rango considerado medio alto de contaminación (para Leq Noche entre 60 y 70 dB(A)) se experimenta una disminución comparado con el año 1989, pero aún existe un gran porcentaje de población expuesta a este criterio. Para el rango considerado de alta contaminación (Leq Noche superior a 70 dB(A)) el porcentaje de población expuesta ha aumentado al doble.

Por lo tanto, se puede decir que el grado de contaminación acústica para el criterio Interferencia con el Sueño en los últimos 11 años **ha aumentado**.

### Criterio Aptitud Uso Residencial del Suelo.

Tabla N° 2: Porcentaje de Población Expuesta por rangos por sobre el criterio años 1989-2000.

Leq DN	% de población	
	1989	2001
Menor a 65 dB(A)	0	0
65 y 70	2	1.7
70 y 75	32.3	28.1
75 y 80	57.8	65.8
Mas de 80	7.8	4.4

De la Tabla anterior, se puede decir que **no existe** población en el área de estudio cuya vivienda se encuentre en un sector apto para ella de acuerdo a los niveles de ruido registrados, tal como sucedió para el año 1989. Además, para el rango comprendido para un Leq DN entre 65 y 70 dB(A) la población cuya vivienda se encuentra en esos sectores ha disminuido. Para el rango comprendido para un Leq DN entre 70 y 75 dB(A) también se experimenta una disminución comparado con el año 1989, pero aún existe un gran porcentaje de población expuesta a este criterio. Para el rango comprendido para un Leq DN entre 75 a 80 dB(A) el porcentaje de población expuesta ha aumentado en una cantidad importante cercana al 12 %. Para el rango que supera los 80 dB(A) de Leq DN también ha experimentado un leve descenso, aunque por el grado de contaminación que presenta esta cantidad debiera ser cada vez más la mínima posible.

Por lo tanto, se puede decir que el grado de contaminación acústica para el criterio Aptitud de Uso Residencial del Suelo en los últimos 11 años **ha aumentado**.

### Criterio Riesgo de Pérdida Auditiva a Largo Plazo.

Tabla N° 3: Porcentaje de Población Expuesta por rangos por sobre el criterio años 1989-2000.

Leq 24	% de población	
	1989	2001
Menor a 70 dB(A)	18.5	16.4
70 y 75	57.7	72.6
75 y 80	22.3	11
Mas de 80	1.4	0

De la Tabla anterior, se puede decir que la población que no se encuentra expuesta a este criterio a disminuido, es decir, existe más población expuesta comparado con el año 1989. Pero si se analizan los datos de los rangos contaminados, se puede observar que existe menos población expuesta a niveles altos de contaminación, viéndose un aumento importante hacia rangos de contaminación menor.

Por lo tanto, se puede decir que el grado de contaminación acústica para el criterio Pérdida Auditiva a Largo Plazo en los últimos 11 años **ha disminuido aunque supera el criterio.**