

ESTUDIO DE UNA METODOLOGÍA PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ACÚSTICO EN ENTORNOS DE CARRETERAS: ETAPA LINEA DE BASE

Matías Zañartu Salas, Max Glisser Donoso
*Licenciados en Ciencias de la Ingeniería **

1.RESUMEN: Se diseñó un procedimiento para abordar la generación de una apropiada metodología de muestreo de ruido comunitario asociado al entorno de una futura carretera. Este consiste esencialmente en un diseño estadístico que involucra y reúne variables espaciales y temporales en una serie de grupos comunes que se deben analizar para relacionarse con algunas variables urbanas. Este procedimiento debe describir con fidelidad el ambiente de ruido de una zona cualquiera futuramente afectada, por lo cual la investigación se define para distintos tipos de zonas. En este artículo se presentan los avances del proyecto para una zona del barrio Pedro de Valdivia Norte de Santiago, elegida especialmente.

2.ASPECTOS GENERALES

Las zonas residenciales están expuestas a ruidos procedentes de muchas fuentes. Podemos clasificar las distintas fuentes de muchas maneras, una de ellas se asocia a la idea que estas fuentes pueden ser móviles o fijas. Este criterio es muy importante ya que determina qué entidad debe tomar la responsabilidad del agente contaminante. En Chile el control de las fuentes fijas (no solo de ruido) las realiza, prioritariamente, el Servicio de Salud y Medio Ambiente SESMA, y Municipalidades; los problemas de las fuentes móviles le atañen principalmente al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Dentro de las fuentes móviles, la mayoría del ruido suele proceder de los sistemas de transporte, tales como automóviles, camiones, motos, trenes, aviones, etc. Todos estos tienen otra estructura que los ruidos de fuentes fijas tales como industrias, fábricas, sistemas de aire acondicionado, etc. Por otro lado en zonas más tranquilas, otros tipos de ruido tales como los ruidos de las personas, perros, portazos, y otros, pueden ser contribuciones importantes también al ambiente acústico general que buscamos describir con precisión antes del inicio del proyecto de carreteras : **el ruido comunitario.**

En general, el término *ruido comunitario* hace referencia al ruido exterior en la vecindad de

las áreas habitadas. El *ruido ambiental* es el ruido envolvente asociados con una ubicación determinada de una comunidad, habitualmente compuesto por los sonidos de muchas fuentes, próximas y lejanas, sin un sonido en particular.

De este modo, el objetivo es diseñar una metodología óptima para la descripción del ruido comunitario previo al inicio del proyecto, definiendo una área de influencia donde el proyecto pueda alterar los ambientes acústicos afectando la calidad de vida y arriesgando la salud de las personas. Esta metodología debe entregar procedimientos para describir todos los entornos de carreteras, desde zonas de alta densidad de población hasta zonas de baja densidad de población.

Los estudios sobre ruido comunitario suelen incluir descripciones de las variaciones espaciales y temporales de los niveles de ruido. Tales descripciones son relevantes para conocer los efectos del ruido sobre personas que se encuentran en interiores y exteriores. Debido a la preocupación acerca de los efectos de los ruidos sobre las personas, muchos estudios se han concentrado sobre medidas exteriores en áreas residenciales, con muy pocas medidas en otros lugares. A menudo, los ambientes de ruido interiores se infieren a partir de las medidas exteriores, pero este procedimiento puede dar como resultado errores notables al ignorar el ruido generado por las actividades

interiores o por la falta de información precisa acerca de la reducción de ruido que aporta la estructura del edificio.

El ruido de la comunidad varía notablemente en magnitud y carácter entre distintas ubicaciones, desde las áreas suburbanas silenciosas que bordean zonas rurales a las calles del centro de la ciudad, expuestas al estrépito del tráfico denso. Este suela cambiar con la hora del día, siendo relativamente silencioso durante la noche, cuando las actividades alcanzan un mínimo, y más ruidoso durante la mañana y la tarde, durante los periodos punta del tráfico. Incluso dentro de un área pequeña, el ruido ambiental cambia significativamente en función de la posición seleccionada respecto de las fuentes de ruido local. Por ejemplo, en un área residencial, puede haber una diferencia notable en la magnitud y variación temporal de los niveles de ruido medidos en el bordillo de una calle y en el jardín trasero de una vivienda, protegido por las edificaciones adyacentes. En las áreas metropolitanas puede haber diferencias considerables entre los niveles sonoros existentes a nivel de suelo y en el exterior de una vivienda que esté muchas plantas por encima del suelo.

Para lograr descripciones concisas que expliquen las variaciones temporales se han empleado varias medidas especializadas. Con menor frecuencia se utiliza una descripción de las variaciones mediante el espectro de frecuencias. Además pueden ser importantes las variaciones espaciales y temporales lo largo plazo del ambiente sonoro. Los cambios temporales pueden ir desde las consideraciones de la variabilidad día a día hasta los cambios estacionales y a largo plazo. De esta forma notamos que la finalidad de los estudios sobre el ruido comunitario influye notablemente sobre el tipo y número de medidas que se deben realizar.

3. MÉTODOS PARA DESCRIBIR EL RUIDO COMUNITARIO

Los estudios sobre el ruido comunitario suelen dar como resultado una gran cantidad de datos que son difíciles de manejar, asimilar o comparar. Para obtener

descripciones significativas y concisas del ruido de la comunidad, suelen usarse índices de número único que son descriptos simplificados, a menudo derivado de análisis o supuestos estadísticos. Sin embargo, estas medidas sencillas son necesariamente representaciones incompletas de las condiciones reales, y a veces, pueden resultar engañosas. Se han desarrollado varias medidas especiales del ruido ambiental, cada una de ellas haciendo énfasis sobre ciertas características estadísticas de variaciones en el tiempo; todas intentan lograr una medida más significativa del modo en que el ruido afecta la respuesta de las personas expuestas a él.

Variaciones en el Espectro

Pueden haber amplias variaciones en el contenido espectral de el ruido comunitario, debido a la diversa gama de fuentes presentes. En nuestro caso, donde el ruido es esencialmente producto del ruido de tráfico de superficie, el espectro de ruido presenta una estructura relativamente definida, que no resulta muy útil a la hora de analizar los datos. Para las mediciones de ruido comunitario, las variaciones espaciales y temporales en el ambiente exterior son tan grandes que se evitan las descripciones prolijas de variaciones espectrales mínimas locales por su irrelevancia en la situación global

Es por esta razón que resulta más útil utilizar como descriptor de ruido al los niveles de presión ponderados con el filtro A, ya que evalúa en forma directa la respuesta del oído humano a niveles acústicos bajos y es el descriptor de ruido más utilizado en ruido en la comunidad.

Variaciones temporales

Los niveles de ruido comunitario muestran variaciones temporales que se relacionan con los patrones de las actividades humanas y el uso de las fuentes de ruido. De este modo es importante destacar los siguientes conceptos:

Variaciones temporales según usos de suelo:

La variabilidad en el ambiente sonoro en un área tiene relación con sus fuentes de ruido cercanas. De este modo, lugares no

próximos a autopistas o autopistas presentan mayores variaciones y desviaciones producto de la irregularidad de sus fuentes principales. Por otro lado, los lugares próximos a autopistas tienen ambientes de ruido muy definidos, condicionados esencialmente a los flujos vehiculares. Con esta misma estructura podemos estudiar las variaciones temporales de lugares próximos a aeropuertos o estaciones ferroviarias, conociendo el funcionamiento de estas fuentes

Variaciones con la hora del día:

En zonas de densidad de población baja, expuestas esencialmente al ruido de tráfico, los niveles sonoros máximos se distribuyen generalmente en horas vespertinas, donde notamos que la diferencia entre un Leq diurno y nocturno oscila entre 8 y 10 dB. Por otro lado, en zonas de alta densidad de población (también expuestas esencialmente al ruido de tráfico de rodado) se muestran menos variaciones entre las horas diurnas y nocturnas, ocurriendo los niveles sonoros máximos durante las horas de tráfico punta en la mañana y en la tarde (ésta en un menor grado). La diferencia entre el Leq diurno y nocturno para este caso oscila entre 4 y 5 dB.

Variaciones diarias:

La variabilidad del ruido comunitario está condicionada a la naturaleza de sus actividades. Para el caso de ruido de tráfico de rodado, es fundamental identificar las variaciones de los flujos vehiculares dentro de un ciclo semanal tipo, identificando sus patrones o características de funcionamiento. Esencialmente éste se puede clasificar por sus flujos tipo en días hábiles y festivos.

Variación estacional:

Existen variaciones en los ambientes sonoros de una estación a otra, dado principalmente por la variación de las condiciones climáticas (que influyen en la distribución de los niveles), la variación de las actividades de las fuentes y sus receptores.

Variaciones a largo plazo:

Es vital tener en consideración la evolución que presentan las fuentes de ruido con el transcurso del tiempo. Esto se puede evaluar para el ruido de tráfico considerando el incremento en el flujo vehicular debido al aumento del parque automotriz. Para fuentes

estacionarias se deben evaluar posibles nuevas construcciones o nuevas fuentes de ruido.

El patrón temporal de los niveles sonoros en un punto determinado se analiza mediante registros continuos de nivel. Esto aporta mucha información, sin embargo, para una comparación cómoda de las situaciones de ruido, es necesario eliminar los detalles temporales y evaluar la situación con mejores descriptores, tales como el Nivel continuo equivalente (Leq), Niveles percentiles (Ln), Nivel sonoro corregido día-noche (Ldn), Nivel equivalente del ruido en la comunidad (CNEL), Nivel de contaminación de ruido (NPL), Índice de ruido de tráfico (TNI), Nivel de exposición de ruido (SNEL), etc.

La distribución estadística de los niveles sonoros muestra patrones bien definidos que se relacionan con las fuentes de ruido principal. El ruido debido al tráfico ligero moderado o alto (donde no hay presencia de otras fuentes principales) tiene una distribución aproximada a la Gaussiana.

Variaciones Espaciales

Se pueden agrupar estadísticamente las variaciones espaciales de algunos descriptores de ruido, presentándolos generalmente mediante líneas isofónicas. Para realizar esto es importante considerar:

Variaciones de los niveles con la altura:

En áreas metropolitanas el ambiente sonoro puede considerarse como una función de la altura y la horizontalidad. Diversos estudios indican que el nivel de ruido ambiental (excluyendo fuentes locales fuertes) desciende lentamente con la altura. Sin embargo, para las fuentes locales fuertes el ruido puede llegar a decrecer más lentamente o incluso aumentar, debido a las reflexiones múltiples a las cuales pueden estar sometidos (pavimento, edificios vecinos, obstáculos, etc). Dada estas diferencias, los valores del nivel sonoro percentil L90 descienden lentamente con la altura, en tanto que los niveles de menores percentiles como L10 descienden más rápidamente. Esto da como importante resultado el hecho que se producen entonces pequeñas fluctuaciones de los niveles de ruido al aumentar la altura.

Variaciones de niveles interiores y exteriores:

Los estudios sobre ruido comunitario se basan sobre medidas exteriores, ya que su realización es más cómoda y se relacionan directamente con las fuentes externas. Sin embargo es importante notar que muchas veces esto no tiene relación con los ambientes reales de exposición al ruido, ya que para esto se deben estimar los niveles interiores. Esto resulta inaplicable debido a la dificultad de estimar la aislación acústica de las fachadas de las viviendas y la complejidad para analizar las fuentes internas del hogar producto del ruido de las personas.

4. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA ABORDAR LA LÍNEA DE BASE

Basándonos en éstos criterios básicos para realizar mediciones de ruido comunitario, diseñamos un procedimiento que tiene en la siguiente estructura:

- Se definen los tipos de escenarios que pueden ser áreas afectadas por un proyecto de carretera. Esto puede dividirse inicialmente en un escenario de alta población y otro de más baja población.
- Se definió el área de influencia del proyecto con un criterio propuesto a priori, el cual debe verificarse con mediciones en terreno. La variación de este criterio no modifica la esencia de la metodología usada. En un caso muy desfavorable una carretera es considerada como una fuente lineal, la cual genera un nivel que en condiciones de campo libre disminuye 3 dB al doblar su distancia del receptor a la fuente. Para definir una cota consideramos este peor caso definiendo un nivel que sea subjetivamente cuatro veces menos sonoro desde el borde de la carretera hasta el límite del área de influencia (aproximadamente 20 dB menos de su L_p o L_l). Esto nos da una distancia de 300 mts desde los bordes de la carretera hacia cada lado.
- Luego así se diseñan para cada escenario un procedimiento que reúna variables tanto urbanas como acústicas. La descripción en detalle de estas

variables es fundamental para la instalación de puntos base que deben definir la evolución temporal del ambiente sonoro, debiendo ser éstos representativos de alguna parte del escenario (en este caso se instala más de uno) o del escenario completo. Estos puntos base serán vitales para luego proceder a una descripción espacial de los ambientes de ruido en los horarios y días más estables o apropiados (obtenidos estadísticamente).

- Para describir las variaciones espaciales, reticulamos el escenario en cuadrados de 100 mts de lado a través de planos, con sus coordenadas GPS. Dentro de cada retícula se fijan dos o tres puntos de medición dependiendo de las condiciones específicas. Estas mediciones deben ser realizadas en un horario estable dado por el análisis de los datos de los puntos base. Estas mediciones además, deben coincidir con algunos puntos sensibles especiales tales como Iglesias, Hospitales, Colegios, etc.
- Luego se deben identificar los grupos comunes (clusters) tanto de variaciones espaciales como temporales y asociarlos con variables urbanas y/o acústicas para luego diseñar un procedimiento simplificado.
- En base del análisis estadístico de las variables pertinentes se proyecta una segunda campaña de verificación de resultados.

Como un primer escenario surgió el área residencial altamente poblada del sector Pedro de Valdivia Norte en la Comuna de Providencia. Para abordar el problema, se eligió el sector comprendido entre las calles Los Navegantes y Carlos Casanueva (5 cuadras), bordeando el cerro a un costado de donde se proyectó inicialmente el proyecto de carretera *Costanera Norte*. De esta forma se definió un área de influencia considerable de 300 metros hacia el costado Sur del trazado de la futura carretera, donde existe una población afectada. Esta zona elegida es muy interesante ya que aparte de ser una zona que vive actualmente este problema de ruido, tiene algunos puntos sensibles que

deberán ser considerados obligatoriamente por su relevancia Urbana (una Iglesia y una Escuela de Educación Superior), dándole mayor riqueza a nuestro estudio.

Nuestro desarrollo metodológico comienza con la instalación de dos puntos bases que evalúen la evolución temporal en un período semanal tipo, en dos flujos distintos de esta pequeña zona : Av. El Cerro (casi esquina Pedro de Valdivia), Av. Pedro de Valdivia Norte (esquina Los Misioneros). En base al análisis de estos se pretende encontrar un período estable dentro de los días de la semana, para desarrollar el programa de evolución espacial del ruido.

Las siguientes figuras muestran la Evolución temporal del Leq de 10 minutos, y muestran también el Clima de Ruido ($CR=L_{10}-L_{90}$), que representa la desviación tipo de los datos dentro de los diez minutos de medición. Estas curvas están suavizadas mediante una media móvil de seis períodos, donde se aprecia la clara y regular estructura que se define para los días de Semana y como se torna más irregular en períodos de Fin de Semana. Además se presentan histogramas que muestran las estadísticas asociadas con la evolución de los niveles.

Finalmente este desarrollo metodológico aun esta en período de investigación.

5. GRAFICOS

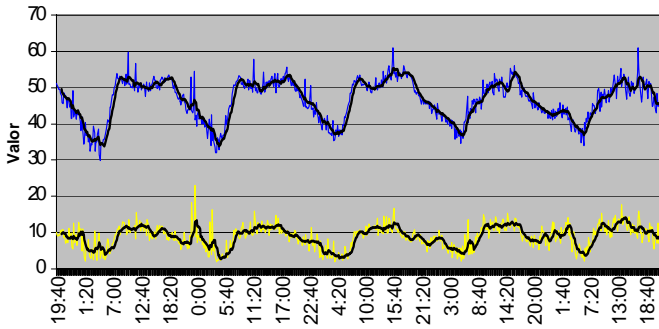
Los gráficos con los resultados obtenidos se presentan en la última página del artículo.

6. REFERENCIAS

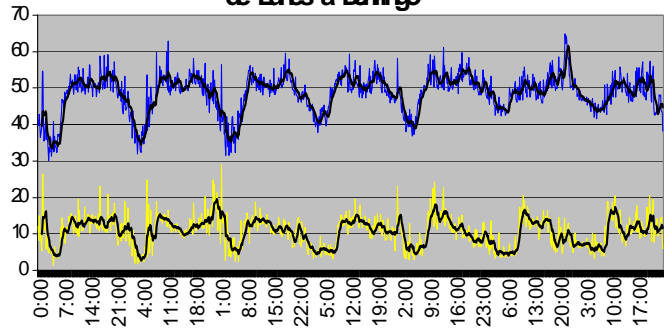
- Handbook of Acoustical measurements and Noise Control, Cyril Harris
- Engineering Noise Control, Bies and Hansen
- Acoustics, Pierce
- Tratamiento estadístico de datos científicos y diseño de experimentos, Reinaldo López
- Taller de Acústica, Centro de Investigación Labein.
- Estudio de Base de Generación de Niveles de Ruido, Intendencia Regional Metropolitana, Universidad de Santiago de Chile.
- El Ruido de Tráfico en Valladolid, José Ignacio Sánchez
- Strategies for the Control of Road Traffic Noise Using Non-Vehicle Based Methods.
- Metodología para realizar un Estudio de Impacto Ambiental en entornos de Carreteras, Revista Sonido y Acústica UTVPR, Matías Zañartu, Max Glisser

Las figuras muestran la evolución semanal de cada punto de base, graficando el Nivel Equivalente Continuo (Leq) y el Clima de Ruido (CR)

Av. El Cerro de Mirtes a Domingo

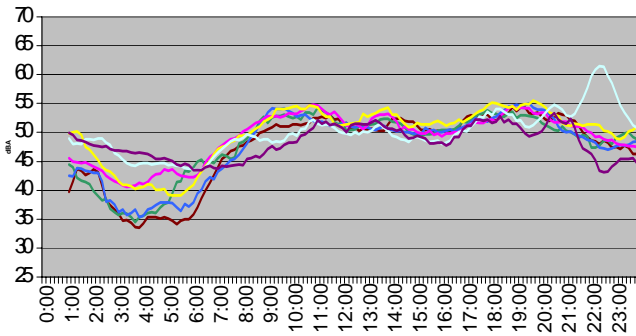


Av. Pedro de Valdivia Norte de Luras a Domingo

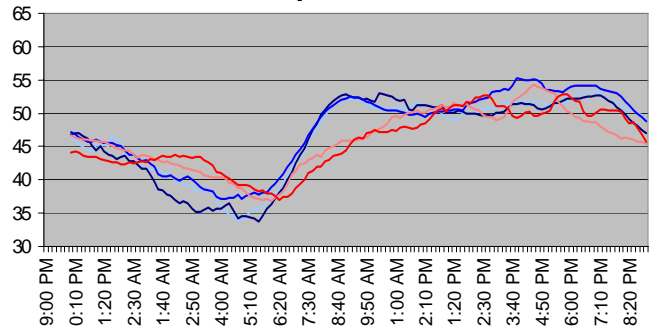


Las figuras muestran la superposición de los días de la semana, para conocer la evolución horaria de cada punto base

Evolución Semanal



Leq Semana



Las figuras representan las distribuciones estadísticas de los niveles durante todo el período de mediciones en cada punto base, notando la clara distribución Gaussiana para ambos casos. Además se grafican los porcentajes de niveles acumulados en el tiempo que tienen una estructura muy regular. Todo esto indica que las principales fuentes de ruido se deben al tráfico y no hay presencia de otras fuentes fuertes

Frecuencia

