



2024

XIII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO
DE ACÚSTICA

Santiago de Chile, 2–4 diciembre 2024

Evaluación del indicador nivel de presión sonora equivalente parcial en un escenario diferente de ruido ambiental

Páez, J.¹; Helboe, D²; Pedersen, T.³

^{1,2,3} Norsonic AS, Tranby, Noruega, {jorge.paez, helboe, tpedersen}@norsonic.com.

Resumen

La medición del nivel de presión sonora equivalente de una fuente de sonido en presencia de sonidos irrelevantes es un desafío reconocido. Un estudio previo propuso el nivel de presión sonora equivalente parcial como un indicador que permite obtener estimaciones del nivel de presión sonora equivalente más precisas que las descritas en la norma ISO 1996-2. En el estudio que presentamos en este documento, se analiza la aplicación de dicho indicador a un escenario de ruido ambiental que no ha sido estudiado previamente. Se presentan resultados del nivel de presión sonora equivalente parcial de fuentes de sonido relevantes, medidos con estaciones de monitoreo de ruido no atendidas, junto con comparaciones de resultados de cinco enfoques diferentes para gestionar sonidos irrelevantes. Finalmente, se analiza el impacto que el enfoque elegido para tener en cuenta los sonidos irrelevantes, tiene en los resultados.

Palabras clave: Ruido, monitoreo, ISO1996-2, $PL_{eq,T}$, $PL_{eq,T,parcial}$

1. Introducción

La medición del ruido ambiental plantea un desafío significativo, especialmente en entornos urbanos complejos caracterizados por la operación simultánea de múltiples fuentes de ruido. Estas situaciones a menudo se centran en determinar el nivel de presión sonora de una fuente específica de interés en medio de la presencia de otros ruidos. Un escenario común surge en áreas urbanas donde se aplican directrices específicas de ruido para fuentes como obras de construcción, transporte y actividades industriales. En consecuencia, la identificación y gestión de las contribuciones de fuentes de ruido irrelevantes se vuelven imperativas, a menudo requiriendo la aplicación de metodologías delineadas en ISO 1996-2 [1] destinadas a manejar de manera efectiva los sonidos residuales y eventos no deseados.

Los protocolos delineados en ISO 1996-2 exigen una comprensión exhaustiva de las fuentes de ruido irrelevantes, abarcando parámetros como su nivel de presión sonora, características temporales relacionadas con sus contribuciones y marcas de tiempo precisas de sus ocurrencias. Si bien estos datos pueden adquirirse en parte de evaluaciones de ruido de corto plazo y supervisadas, su obtención podría resultar laboriosa y ocasionalmente poco práctica para períodos extendidos en configuraciones de monitoreo de ruido sin supervisar.

Los avances recientes en el ámbito de la identificación de fuentes de ruido urbano, como la herramienta con el nombre comercial Noise Compass, que permiten determinar el origen direccional del ruido, han generado percepciones críticas al determinar el origen direccional de ondas sonoras dominantes o también utilizar marcos analíticos avanzados como la inteligencia artificial para desglosar espectros de señales.

Esta cognición mejorada de fuentes de ruido irrelevantes facilita la adopción de estrategias innovadoras que trascienden las estipulaciones de ISO 1996-2.

El trabajo de Helboe y Pedersen [2] presentó el métrico denominado nivel de presión sonora equivalente parcial (PL_{eq}), en el cual las muestras de datos reconocidas automáticamente como sonidos residuales e instancias no deseadas son reemplazadas por valores específicos del proyecto. Al yuxtaponer los resultados derivados de esta métrica con las metodologías convencionales de ISO 1996-2, nuestro objetivo es demostrar el potencial de PL_{eq} para producir estimaciones más precisas de los niveles de presión sonora equivalentes.

En este nuevo caso, se analiza el estudio con Noise Compass de una zona de construcción ubicada en Noruega, donde alrededor se ubica un área de construcción secundaria junto a una carretera, una estación de tranvía y un helipuerto. Todos ellos ubicados en una zona exterior, pero con edificios cercanos que podrían provocar reflexiones que no son tomadas en cuenta en este trabajo y que pueden afectar a los resultados, como se observa en el caso de mediciones de Noise Compass en interiores realizadas en el estudio de Sato [3].

Varios factores influyen en la precisión de las mediciones de ruido ambiental, incluidas las condiciones meteorológicas y las características del suelo, esclarecidas dentro del ámbito de ISO 1996-2 pero que van más allá de los límites de este estudio. Además, nuestro análisis se limita a valores con ponderación A singulares, omitiendo discusiones también sobre la incertidumbre.

2. Antecedentes

La tecnología empleada por Noise Compass para la localización de fuentes sonoras se basa en el principio de diferencia de tiempo de llegada TDOA (*Time difference of arrival*), de las señales captadas por los micrófonos del dispositivo [4]. Este enfoque permite determinar con precisión la dirección de los sonidos incidentes al considerar dos micrófonos separados por una distancia conocida y calcular el retraso temporal mediante la correlación de las señales. La disposición estratégica de los 8 micrófonos detallada en [4] por Helboe y Fasting en Noise Compass, facilita la distinción entre la elevación y el azimut de los sonidos detectados, ofreciendo una localización detallada y exacta en entornos específicos.

Los estudios de Noise Compass para su uso en interiores han indicado las limitaciones del método en áreas cerradas con reflexiones [3], por lo que el enfoque de nuestros estudios se centra en el ruido ambiental con fuentes, medio de propagación y receptores en exteriores.

Respecto a la gestión de sonidos irrelevantes según la norma ISO 1996-2 [1], se destaca la importancia de eliminar los datos no deseados o los sonidos residuales antes de proceder con la evaluación. Estas directrices no solo proponen métodos para mitigar la influencia de ruidos irrelevantes, sino también para corregir los datos afectados y gestionar eventos sonoros no deseados mediante verificaciones y descartes específicos.

Los resultados obtenidos en [2] invitan a realizar estudios con otra casuística para evaluar su validez y limitaciones donde la distribución del ruido por fuentes se comporte de una manera diferente.

3. Fundamentación teórica

Localización del sonido mediante el principio de diferencia de tiempo de llegada, TDOA.

Noise Compass utiliza la identificación de la dirección del sonido predominante que se logra mediante la diferencia de tiempo de llegada con sus siglas en inglés TDOA. Al aplicar TDOA, se pueden determinar las diferencias de tiempo de llegada entre múltiples micrófonos, lo cual facilita la localización de la fuente sonora dominante. Este enfoque se complementa con el uso de matrices para establecer una red de sensores, mejorando así la precisión de la dirección estimada del ruido predominante. [4].

La evaluación del impacto acústico en diferentes entornos requiere un enfoque preciso y detallado para la medición y gestión del ruido ambiental. La introducción del término Nivel de Presión Sonora Parcial ($PL_{eq,T}$) obtenido a través de Noise Compass permite una mejor representación del nivel sonoro de la fuente de interés a través de la gestión de sonidos relevantes e irrelevantes.

Nivel de Presión Sonora Parcial $PL_{eq,T}$

Propuesta de $PL_{eq,T}$

La propuesta de $PL_{eq,T}$ se basa en la capacidad de identificar y gestionar fuentes sonoras relevantes e irrelevantes. La relación entre $PL_{eq,T}$ y el nivel de presión sonora de la fuente de interés ($PL_{eq,T,fuente}$) se expresa como:

$$PL_{eq,T} \approx PL_{eq,T,fuente} , \quad (1)$$

donde $PL_{eq,T,fuente}$ representa el nivel de presión sonora equivalente de la fuente de interés durante un tiempo T.

Descomposición del Sonido Residual

La descomposición del sonido residual (L_{res}) en componentes relevantes e irrelevantes es vital para obtener una medida precisa. El sonido residual se puede dividir en dos partes:

$$L_{res} = 10 \log(10^{L_{irrelevante}/10} + 10^{L_{desconocido}/10}) \text{ dB} , \quad (2)$$

donde $L_{irrelevante}$ son componentes irrelevantes identificados con alta certeza, y $L_{desconocido}$ son componentes no clasificados claramente como relevantes o irrelevantes.

Medición del Nivel de Presión Sonora

El nivel de presión sonora medido se puede expresar mediante:

$$L_{eq,T} = 10 \log(10^{L_{eq,T,fuente}/10} + 10^{L_{eq,T,irrelevante}/10} + 10^{L_{eq,T,desconocido}/10}) \text{ dB} . \quad (3)$$

Como expresaron Helboe y Pedersen en [2], si calculamos el nivel parcial de sonido de la fuente bajo estudio eliminando la componente de ruido irrelevante, asumimos que la fuente de interés no estuvo activa durante todo el tiempo que no fue dominante o tuvo un nivel bajo que no contribuyó al resultado de $L_{eq,T}$. Para ofrecer una aproximación más conservadora, asumiremos un valor de irrelevante cuando su sonido no sea el dominante en el paisaje sonoro. La clave para $PL_{eq,T}$ reside en seleccionar cual es el nuevo valor de irrelevante para cumplir (1). Así mismo se mantiene la componente desconocida intacta en la ecuación al contener en ella componentes de la fuente bajo estudio.

Por tanto, para una mejor aproximación del nivel presión sonora parcial tomando en cuenta el valor de la fuente bajo estudio incluso cuando esta no era dominante, se introduce ($L'_{eq,T,irrelevante}$), asignando un valor representativo a las componentes irrelevantes y adaptando de (1):

$$PL_{eq,T} = 10 \log \left(10^{L_{eq,T,fuente}/10} + 10^{L'_{eq,T,irrelevante}/10} + 10^{L_{eq,T,desconocido}/10} \right) \text{ dB} . \quad (4)$$

De acuerdo a las características de Noise Compass, los valores de medición no se pueden asignar a una fuente concreta en presencia de multitud de fuentes actuando de forma simultánea siendo que en la posición del micrófono las ondas tengan un nivel de presión igual o muy similar, o por reflexiones [3]. Debido a las características de nuestro estudio, se ha omitido un análisis de las posibles reflexiones en las fachadas de edificios aledaños. Se presupone que el ruido de desconocido es debido a la contribución de al menos dos fuentes de forma simultánea. En los casos conservadores, suponemos que parte del valor desconocido proviene de la fuente bajo estudio.

Por ello, se propone un valor de desconocido parcial aportado por la fuente de ruido bajo estudio de 2 dB por debajo del valor desconocido obtenido. Se ha optado por 2 dB en lugar de 3dB para aportar un caso más conservador de fuentes simultaneas a diferentes niveles. No se profundiza en este estudio la elección exacta de 2 dB como valor seleccionado.

$$L'_{eq,T,desconocido} = L_{eq,T,desconocido} - 2 \text{ dB} . \quad (5)$$

$$PL_{eq,T} = 10 \log \left(10^{L_{eq,T,fuente}/10} + 10^{L'_{eq,T,irrelevante}/10} + 10^{L'_{eq,T,desconocido}/10} \right) \text{ dB} . \quad (6)$$

Métodos para determinar $L'_{eq,T,irrelevante}$

a) Eliminación del término irrelevante

Omitiendo $L'_{eq,T,irrelevante}$:

$$PL_{eq,T} = 10 \log \left(10^{L_{eq,T,fuente}/10} + 10^{L_{eq,T,desconocido}/10} \right) \text{ dB} . \quad (7)$$

Este método asume que la fuente de interés no estaba activa o tenía un nivel muy bajo que no contribuyó al nivel total cuando los sonidos irrelevantes eran predominantes. [2].

b) Igualar a $L'_{eq,T,desconocido}$

Emparejar $L'_{eq,T,irrelevante}$ con $L'_{eq,T,desconocido}$ representa un enfoque no tan conservador como el propuesto en [2], ya que el componente desconocido ha sido corregido de acuerdo a la ecuación (5).

$$L'_{eq,T,irrelevante} = L'_{eq,T,desconocido} . \quad (8)$$

c) Utilización de percentil 50 (L_{50})

Este método emplea los niveles de superación porcentual L_{50} para establecer $L'_{eq,T,irrelevante}$. [2].

$$L'_{eq,T,irrelevante} = L_{50} . \quad (9)$$

d) Ajustes según la Norma ISO 1996-2

Las normativas sugieren usar medidas como (L_{50}) y (L_{90}) para determinar $L'_{eq,T,irrelevante}$. [2].

e) Valor fijo representativo

Asignar un valor fijo a $L'_{eq,T,irrelevante}$ que sea representativo de los períodos cuando la fuente de interés está activa, pero no es dominante. [2].

4. Metodología

En esta nueva investigación, se ha utilizado la metodología propuesta anteriormente por Helboe y Pedersen [2], la cual implica el uso de la métrica PL_{eq} . Se utilizaron nuevas mediciones que originalmente fueron realizadas por Ejdfors [5] para un estudio de reconocimiento de eventos mediante inteligencia artificial. La efectividad de esta métrica se evaluó mediante mediciones reales, las cuales se describen en esta sección junto con las métricas generales del conjunto de datos utilizado. Los resultados obtenidos para la métrica PL_{eq} , empleando los valores de $L'_{eq,T,irrelevante}$ y $L'_{eq,T,desconocido}$ descritos anteriormente, se presentan en la siguiente sección.

Las mediciones reales se tomaron a partir de un estudio de caso previamente realizado, en el cual se clasificaron las fuentes sonoras como relevantes o irrelevantes en función de su ubicación en el espacio tridimensional. Utilizando un dispositivo con múltiples micrófonos y un algoritmo de diferencia de tiempo de llegada TDOA, se identificó automáticamente la dirección de llegada del sonido dominante. En los casos donde las fuentes sonoras podían asociarse a ubicaciones específicas en azimut y elevación con un alto grado de plausibilidad, conocer la dirección de llegada permitió clasificar automáticamente las muestras en sectores predefinidos que describen las fuentes sonoras contribuyentes.

Como nuevo ejemplo de la clasificación de sonidos entrantes según su ubicación en el espacio tridimensional, se consideró un punto de medición que monitorizaba el ruido proveniente de una zona de construcción con actividades diversas en un área amplia. Dicha zona bajo estudio limita en tres partes de su perímetro con un edificio cercano que hace de pantalla sobre las reflexiones producidas de la propia construcción. Al mismo tiempo no existen fuentes de ruido reseñables tras el edificio.

Sin embargo, en lateral libre sin pantalla se ubica el Noise Compass. Gran parte de ese lateral colinda con una zona de construcción secundaria independiente de la zona bajo estudio; tras ella se ubica una carretera. La otra zona libre de ese mismo lateral se ubica una estación de tranvía que realizaba el funcionamiento de forma regular. Finalmente se encontraba un helipuerto junto a la zona bajo estudio. Sin embargo, dicha actividad fue tan baja que no se tiene en cuenta para este trabajo.

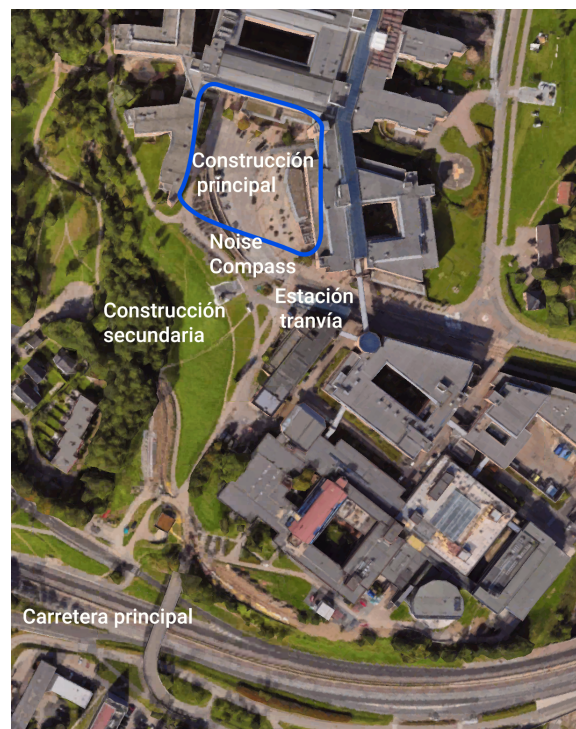


Figura 1: Vista aérea de la localización de las fuentes de ruido principales, el área que ocupa la construcción principal delimitado en azul y la ubicación del sensor Noise Compass. Google (s.f.) Recuperado el 18 de agosto de 2024 de <https://goo.gl/maps>

Las muestras se asociaron con diferentes sectores espaciales, correspondientes a tráfico vial, actividad industrial y resto. La categoría "desconocido" incluyen componentes que no pudieron asignarse a una fuente específica con un alto grado de probabilidad. Todas las mediciones se han realizado con un único sensor Noise Compass en una misma posición para todo el periodo de medición.

Este enfoque permitió medir las contribuciones a una medición total de ruido en un período de 8 horas, presentando los niveles de presión sonora que abarcan una hora como $L_{Aeq,N}$ para el tiempo N en el que el sonido fue dominante, expresado en porcentaje. Al tratarse de un trabajo independiente de requisitos normativos para el tiempo de medición, se utilizó las 8 horas de tiempo de trabajo que duraba la jornada de actividad de la construcción bajo estudio.

Tabla 1: Ejemplo que muestra las contribuciones medidas a una medición total de ruido en un periodo de 8 horas desde las 08 - 16 horas. Todos los niveles de presión sonora correspondientes a una hora se indican como el $L_{Aeq,N}$ durante el tiempo N en que el sonido fue dominante. Este tiempo se da como porcentaje.

Time	Tranvía		Construcción secundaria y carretera		Construcción		Desconocido		
	$L_{Aeq,irrelevante\ 1}$		$L_{Aeq,irrelevante\ 2}$		$L_{Aeq,fuente}$		$L_{Aeq,desconocido}$		
	Tiempo (%)	$L_{Aeq}(dB)$	Tiempo (%)	$L_{Aeq}(dB)$	Tiempo (%)	$L_{Aeq}(dB)$	Tiempo (%)	$L_{Aeq}(dB)$	
08-09	0,5	59,7	5,3	63,5	56,0	65,4	38,2	64,7	
09-10	8,3	66,6	10,4	66,9	38,9	66,7	42,4	65,8	
10-11	14,2	67,7	2,1	64,8	31,8	68,3	51,9	66,3	
11-12	3,9	62,9	13,6	59,7	44,0	65,9	38,5	61,3	
12-13	2,2	64,6	6,7	64,1	42,7	67,5	48,5	64,3	
13-14	10,0	64,6	9,7	64,7	47,5	67,2	32,8	64,7	
14-15	14,2	67,3	4,9	68,0	28,7	68,9	52,2	65,9	
15-16	10,7	62,4	6,5	65,1	20,2	66,3	62,7	64,6	
08-16						$L_{Aeq,8h} =$	66,0		

Los valores calculados para el periodo de tiempo de 08 - 16 para cada sector o fuente sonora se muestran en la tabla 2. Los cálculos se han realizado para el tiempo en el que la fuente sonora fue dominante. El proceso de promedio se realizó solo sobre las horas para los que los datos eran válidos. T equivale a la suma de N, para cada fuente, en la tabla 1.

Tabla 2: Valor $L_{Aeq,T}$ de cada una de las fuentes durante el tiempo que fueron dominantes durante el tiempo T.

$L_{Aeq,T}$	Tranvía		Construcción secundaria y carretera		Construcción		Desconocido	
	$L_{Aeq,irrelevante\ 1}$		$L_{Aeq,irrelevante\ 2}$		$L_{Aeq,fuente}$		$L_{Aeq,desconocido}$	
	66,1 dB		64,8 dB		67,0 dB		65,0 dB	
T	0,64 horas		0,59 horas		3,10 horas		3,67 horas	

La tabla 3, muestra los niveles calculados por fuente promediado a lo largo de 8 horas.

Tabla 3: Resultado de $L_{Aeq,8h}$ para cada una de las fuentes

	Tranvía	Construcción secundaria y carretera	Construcción	Desconocido
	$L_{Aeq,irrelevante 1}$	$L_{Aeq,irrelevante 2}$	$L_{Aeq,fuente}$	$L_{Aeq,desconocido}$
$L_{Aeq,8h}$	55,1 dB	53,5 dB	62,9 dB	61,6 dB

Para proceder con el análisis avanzado se computan las fuentes irrelevantes (tranvía y construcción secundaria y carretera) en un solo grupo.

Tabla 4: Resultado de $L_{Aeq,8h}$ procesado de la tabla 3, tras computar todas las fuentes irrelevantes como una sola, manteniendo fuente y desconocido de forma independiente.

	Tranvía, construcción secundaria y carretera	Construcción	Desconocido
	$L_{Aeq,irrelevante}$	$L_{Aeq,fuente}$	$L_{Aeq,desconocido}$
$L_{Aeq,8h}$	57,4 dB	62,9 dB	61,6 dB

Los niveles de la tabla 4 pueden sustituirse en la ecuación (3), donde seguimos obteniendo el mismo valor $L_{Aeq,8h} = 66,0$ dB.

Con los datos agrupados en las tres categorías de irrelevante, fuente y desconocido, aplicaremos la ecuación (6) para obtener el nivel parcial de la fuente $PL_{eq,T}$ para cada una de las variantes propuestas.

5. Análisis de resultados

Se procede a analizar los resultados para cada una de las variantes propuestas en el apartado 3. Tomando en cuenta que para aplicar (6) en cada caso, utilizamos el nuevo valor de desconocido (5) $L'_{eq,T,desconocido} = L_{eq,T,desconocido} - 2$ dB = 59,6 dB.

5.1 Descartar el sonido irrelevante.

En este primer supuesto, en el que se introduce en este trabajo un nuevo parámetro no contemplado en [2], suponiendo que valor desconocido sea la componente de la fuente bajo estudio y otra u otras fuentes que actúan en ese mismo instante. De esa forma aplicamos (7).

Aplicando este caso menos conservador obtenemos $PL_{Aeq,8h} = 64,6$ dB. Los resultados obtenidos de las fuentes irrelevantes son muy inferiores comparados con los niveles de la fuente relevante, por lo que la diferencia de restar parte del valor desconocido y descartar irrelevante o no es de 1,4 dB.

Obtenemos que la fuente de construcción no estuvo activa durante 1 hora dentro de la jornada laboral de 8 horas en este caso, o tuvo un nivel bajo que no contribuyó al resultado.

5.2 Irrelevante igual a $L'_{eq,T,desconocido}$, L_{50} o Correcciones del Anexo I ISO 1996-2

Las particularidades de estudio, donde la fuente relevante ha generado un mayor nivel de ruido que las fuentes irrelevantes, pero principalmente, el tiempo en el que fueron la actividad principal fue muy inferior a la fuente bajo estudio, desemboca en el resto de los supuestos propuestos en el trabajo anterior no sean aplicables en este trabajo tal como se aplicaron en [2].

El nivel total aplicando cualquiera de las opciones: $L'_{Aeq,8h,irrelevante} = L'_{Aeq,8h,desconocido}$, $L'_{Aeq,8h,irrelevante} = L_{50}$, correcciones del anexo I ISO 1996-2, implicaría un nivel parcial superior al nivel total $PL_{Aeq,8h} > L_{Aeq,8h}$. Por lo que esas opciones no pueden ser válidas para este caso.

5.3 $L'_{Aeq,8h,irrelevante}$ a un valor fijo

Partiendo como se realizó en [2] fijando $L'_{Aeq,8h,irrelevante}$ a un valor fijo a partir de promedio aritmético de valores de desconocido de tres días durante el mismo periodo cada día, pero aplicando en este caso en este estudio la variante menos conservadora de $L'_{eq,T,desconocido}$ en lugar de $L_{eq,T,desconocido}$, obtenemos sin embargo de nuevo no válido de $PL_{Aeq,8h} > L_{Aeq,8h}$.

Sin embargo, mostrando los resultados en un rango de valores propuesto en [2] donde $L'_{Aeq,8h,irrelevante} = L_{Aeq,8h,fuente} - 1$ dB a $L'_{Aeq,8h,irrelevante} = L_{Aeq,8h,fuente} - 15$ dB obtenemos resultados interesantes donde si hay valores que se cumple $PL_{Aeq,8h} \leq L_{Aeq,8h}$.

En la siguiente figura 2 podemos observar la tendencia de resultados de valor parcial tomando en cuenta los valores asignados fijos de componente irrelevante que contribuye al valor total de la fuente bajo estudio. Aplicando (6) en este caso, la tendencia lleva a que el resultado menos conservador es de $PL_{Aeq,8h} = 64,7$ dB.

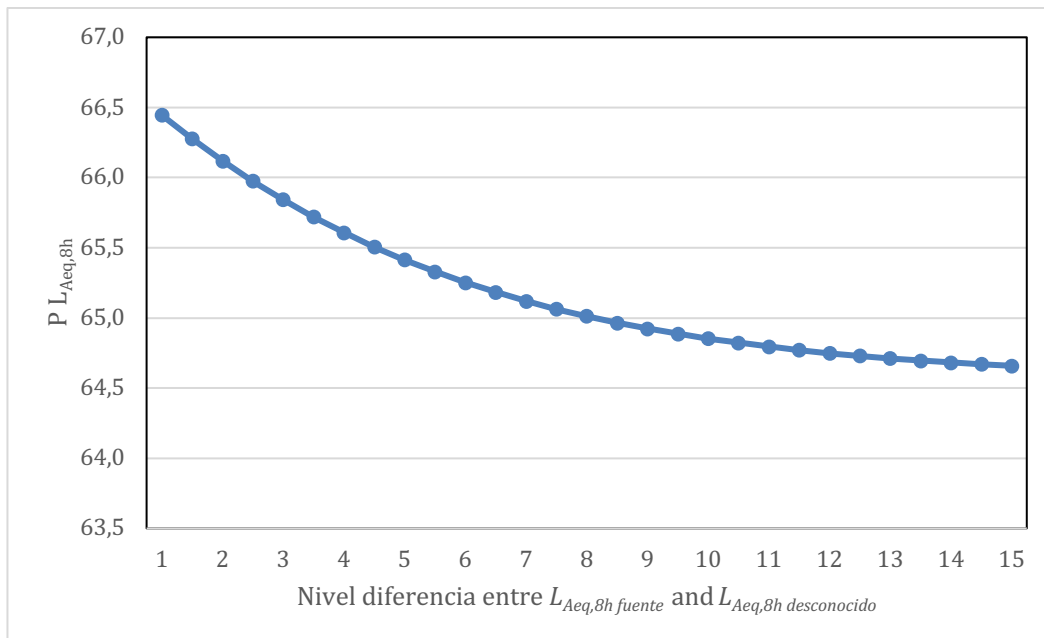


Figura 2: Resultados obtenidos de valor $PL_{Aeq,8h}$ asignando como $L'_{Aeq,8h,irrelevante}$ valores de $L_{Aeq,8h,fuente} - 1$ dB a $L_{Aeq,8h,fuente} - 15$ dB

6. Discusión

El apartado de la incertidumbre se deja fuera de los análisis de este trabajo y se abre la puerta a futuros trabajos tomando en cuenta dicho aspecto.

Debido a la diferencia de valores entre las distintas fuentes de ruido obteniendo valores mucho menores en las fuentes irrelevantes que en la fuente bajo estudio, no existen grandes diferencias entre los casos más o menos conservadores.

Recordemos que en la tabla 1 partíamos de un nivel total de todas las contribuciones $L_{Aeq,8h} = 66,0$ dB. Valor que comparamos con la siguiente tabla 5 para estudiar las diferencias obtenidas calculando el nivel parcial para las diferentes alternativas propuestas.

Tabla 5: Valores en dB para las diferentes alternativas propuestas en este estudio.

Subsección	5.1	5.2	5.3
$L'_{Aeq,8h,irrelevante}$	-	-	47,9
$PL_{Aeq,8h}$	64,6	-	64,7

No son comparables de forma directa las alternativas de los resultados ofrecidos en este trabajo, con los realizados en [2] ya que por los resultados obtenidos y limitaciones que provocan los mismos en este caso, además de la propuesta de uso de $L'_{eq,T,desconocido}$, las variantes son diferentes.

El caso menos conservador, asumiendo que parte de la fuente desconocida tiene componentes de varias fuentes, obtendríamos la variante de 5.1. Esta hipótesis es posible por los niveles $L_{Aeq,T}$ que se registran en todas las fuentes bajo estudio cuando son fuentes dominantes.

Además, en la primera de ellas asumimos que únicamente la fuente estaba activa o tenía nivel reseñable cuando era dominante la fuente bajo estudio o la componente desconocida. De esa forma, durante un total sumado de una hora entre las ocho horas de estudio, no se encontraban en funcionamiento las fuentes de ruido de construcción o tenían un nivel bajo frente a otras fuentes. Una hipótesis que puede ser posible, pero no demostrable con los datos actuales. En dicho caso asumimos que la componente desconocida estaba formada por al menos dos o más fuentes de niveles similares. Dentro de esta hipótesis, se ha asumido un valor conservador de restar 2 dB al valor desconocido al estar compuesto por dos o más fuentes. El resultado final de 64,6 dB supone el valor con mayor diferencia de entre todas las alternativas propuestas con 1,4 dB por debajo del valor medido.

En el presente estudio, los resultados indican que el $PL_{Aeq,8h}$ se encuentra en un rango de 0 a 1,4 dB por debajo del $L_{Aeq,8h}$ medido. Es importante señalar que estas mediciones se realizaron en un entorno diferente al estudio [2], en el cual el ruido irrelevante proviene de una zona de construcción secundaria, tranvía y carretera. Esta menor diferencia y la obtención de $PL_{Aeq,8h} > L_{Aeq,8h}$ en varias propuestas podría implicar una limitación metodología actual en términos de precisión y consistencia para estimar el $PL_{Aeq,8h}$ de la fuente de interés en este nuevo entorno.

Las diferencias obtenidas son pequeñas, pero potencialmente sustanciales para ser determinantes en el cumplimiento o no de una normativa de ruido, con todas las consecuencias que ello tiene en la sociedad.

No es posible realizar un análisis opuesto, donde la fuente bajo estudio sea una de las fuentes secundarias debido a la ubicación del sensor, puesto que el posicionamiento de Noise Compass indica una misma dirección para la construcción secundaria y la carretera.

7. Conclusiones

Las particularidades de este estudio, donde los niveles de sonidos irrelevantes son sustancialmente menores a los niveles del área bajo estudio, condicionan las hipótesis del estudio y limitan el uso de las propuestas planteadas en el trabajo anterior.

Se destaca la importancia de desarrollar métodos o mecanismos para desambiguar la componente de nivel desconocido y aproximar al valor contribuido por parte de la fuente relevante.

Se propone un análisis donde la fuente bajo estudio ofrezca un valor final promedio muy inferior a las fuentes irrelevantes, pudiendo obtener grandes diferencias entre el nivel total y el parcial total respecto a los cosechados en este estudio y el estudio previo. Estudios donde el nivel de ruido parcial promediado a horas en la fuente bajo estudio de ruido sea inferior a las fuentes irrelevantes, podría arrojar unas diferencias mayores.

Así mismo, se destaca la importancia de realizar un estudio de las reflexiones exteriores con las posibles limitaciones provocadas en Noise Compass, así como el uso de diversos sensores de Noise Compass repartidos en diversas ubicaciones de la zona bajo estudio para poder realizar un análisis con más datos simultáneos.

Noise Compass, concebido como un complemento a los sonómetros normados facilitó la identificación de la dirección del sonido predominante. Sin embargo, al igual que en el anterior trabajo, las diferencias de los resultados obtenidos entre los enfoques elegidos son pequeños, por lo se recomienda seguir explorando otros casos con otros escenarios de ruido. Esas pequeñas diferencias sin embargo pueden marcar la diferencia al tratarse de cumplir requisitos reglamentarios.

Referencias

1. ISO 1996-2:2017. Description, measurement and assessment of environmental noise – Determination of sound pressure levels. International Organization for Standardization, 2017.
2. Helboe, Daniela Toledo y Pedersen, Trond Iver. *Partial equivalent sound pressure level as an approach to manage irrelevant sound in environmental noise measurements*. En Proceedings of INTER-NOISE 24. Nantes, Francia, agosto 2024.
3. Sato, Naru; Ejdfors, Karl Henrik; Nakaichi, Takeshi; Fasting, Erlend y Sæle, Lars Andreas. *Consideration and case study using a time-difference-of-arrival directional device for occupational noise measurement*. En Proceedings of INTER-NOISE 24. Nantes, Francia, agosto 2024.
4. Helboe, Daniela Toledo y Fasting, Erlend. *Automatic detection of source direction and exclusion of irrelevant sounds in unattended noise monitoring systems*. En Proceedings of INTER-NOISE 23, páginas 1131-1142. Chiba, Japón, agosto 2023. doi: 10.3397/IN_2023_0172.
5. Ejdfors, Karl Henrik; Sato, Naru y Sæle, Lars Andreas. *A comparative study of noise event identification using AI in unattended monitoring*. En Proceedings of INTER-NOISE 24. Nantes, Francia, agosto 2024.