

RELEVANCIA DEL POSICIONAMIENTO DEL MICRÓFONO EN EL MONITORIZADO DE RUIDO AMBIENTAL EN AMBIENTES URBANOS:

Autores: Ramírez González, Andrés; Asensio Rivera, César

Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, C/ Nikola Tesla, s/n, Madrid, España, 91 06 73200,
andres.ramirezg@alumnos.upm.es, <https://www.etsist.upm.es>.

Palabras Clave: Ruido ambiental, Monitorizado, Posicionamiento del micrófono

ABSTRACT.

The location of the monitor is one of the main problems we encounter when monitoring ambient noise in cities, as we must combine the technical requirements of the measurement with the practical possibilities offered by buildings or street furniture. For this reason, it is common to come across set-ups that, a priori, are not very suitable, too close to façades, lampposts, terraces or fences, among other elements, with the result that the measurements are exposed to reflection and diffraction effects that are far from our control. This study aims to evaluate the effect that these elements have on environmental noise measurements.

The results obtained demonstrate the existence of an error associated exclusively with reflection and diffraction phenomena, which becomes random as the spectral components of sound and its direction of incidence vary constantly in an urban environment. These results allow us to present a series of recommendations that may be useful for technicians who design and execute noise monitoring campaigns, and allow us to take a first step towards determining the contribution that this phenomenon may have on the uncertainty of the measurement when the location of the microphone is far from optimal.

RESUMEN.

La localización del monitor es uno de los principales problemas con que nos encontramos al efectuar un monitorizado de ruido ambiental en ciudades, ya que debemos conjugar los requisitos técnicos que nos exige la medida con las posibilidades prácticas que nos ofrecen los edificios o el mobiliario urbano. Por este motivo, es habitual encontrarnos con montajes que, a priori, resultan poco adecuados, demasiado cerca de fachadas, farolas, terrazas o vallas entre otros elementos, con lo que las medidas quedan expuestas a efectos de reflexión y difracción que quedan lejos de nuestro control.

Mediante el presente estudio se pretende evaluar el efecto que tienen estos elementos en las mediciones de ruido ambiental.

Los resultados obtenidos demuestran la existencia de un error asociado exclusivamente a fenómenos de reflexión y difracción, que se convierte en aleatorio en tanto que las componentes espectrales del sonido y su dirección de incidencia varían constantemente en un entorno urbano. Estos resultados nos permiten presentar una serie de recomendaciones que pueden ser útiles para los técnicos que diseñan y ejecutan las campañas de monitorizado de ruido, y permiten dar un primer paso de cara a determinar la contribución que este fenómeno puede tener en la incertidumbre de la medida cuando la localización del micrófono dista de ser óptima.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el ruido se puede considerar como uno de los agentes contaminantes más importantes, y su medida, mediante monitores de ruido, se ha convertido en una de las herramientas más relevantes para su gestión en las ciudades. A la hora de llevar cabo tales mediciones se han de tener en cuenta diversos factores que pueden afectar a los resultados obtenidos, tales como la calidad y estado de la instrumentación empleada, condiciones de operación de la fuente sonora, condiciones meteorológicas o la ubicación del micrófono, aspecto sobre el cual se va a centrar este estudio.

La ubicación del micrófono se ha de escoger de tal manera que se garantice la consistencia y comparabilidad de las mediciones. Para ello, es necesario eliminar la influencia que puede provocar la alteración del campo acústico por la presencia del propio instrumento de medida, así como minimizar la variabilidad asociada a los fenómenos de reflexión y difracción existentes en el escenario de medida. De hecho, la norma ISO 1996-2 [1] recomienda medir lejos de superficies reflectantes para determinar el sonido incidente (ubicación de campo libre), y, cuando no es posible, recomienda efectuar correcciones sobre la medida para llegar a dicho valor. En concreto, la norma propone valores de corrección para dos escenarios típicos, que podemos resumir de la siguiente manera:

- Micrófono montado directamente sobre la superficie reflectante: En este caso, se aplica una corrección de +6 dB.
- Micrófono ubicado cerca de una superficie reflectante: La corrección definida por la norma ISO 1996-2 en este caso es de 3 dB.

Sin embargo, las anteriores ubicaciones del micrófono propuestas por la norma exigen una serie de requisitos técnicos difícilmente conjugables con las posibilidades prácticas que ofrece el entorno real en el cual se pretenden realizar las medidas, especialmente en ciudades, en las cuales abundan elementos como edificios o mobiliario urbano. Por este motivo, resulta relativamente habitual la realización de campañas de medición en las cuales el montaje del monitor resulta, a priori, resulta poco adecuado, situando el micrófono demasiado cerca de fachadas, farolas, terrazas o vallas entre otros elementos, siendo en estos casos las medidas susceptibles de verse afectadas por diversos efectos de reflexión y difracción que no son controlables [2].

2. OBJETIVO Y METODOLOGÍA

Mediante el presente proyecto se pretende evaluar el efecto que puede tener en la medida la presencia de elementos que pueden producir de forma arbitraria fenómenos de reflexión o difracción, cuantificando dicho efecto para determinados escenarios.

Se han establecido tres categorías de montajes de uso común, y, a priori, poco adecuados, de acuerdo con los requisitos expuestos en la norma ISO 1996-2:

- Micrófonos demasiado cerca del cuerpo del equipo.
- Micrófonos demasiado cerca de la fachada.
- Micrófonos demasiado cerca del mástil de una farola.

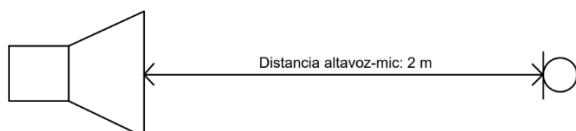
Para cada una de las categorías definidas se ha creado una metodología particular para evaluar el efecto de cada elemento sobre las mediciones. Sin embargo, las tres metodologías se basan

en un método de comparación de resultados entre medidas en las cuales el micrófono se encuentra situado a distintas distancias más o menos cercanas al objeto en cuestión, y medidas de referencia, cuya variabilidad no se ve comprometida por la presencia de dicho objeto.

2.1. Distancia al cuerpo del equipo

Así, en el caso de los monitores cuyo micrófono se encuentra demasiado cerca del cuerpo del equipo las medidas se han llevado a cabo en cámara anecoica, realizando mediciones en dos escenarios idénticos, donde sólo varía la presencia o ausencia del cuerpo del micrófono (ver Figura 1). Se consideraron dos tamaños de cuerpo, por un lado, una caja de dimensiones 30,5 cm x 25,5 cm x 15,5 cm, a la cual en lo sucesivo el presente documento se referirá como “cuerpo grande”; y una de caja de dimensiones 16,9 cm x 10,1 cm x 5,6 cm, a la cual se referirá como “cuerpo pequeño”. La distancia entre el micrófono y el cuerpo fue otro de los parámetros del estudio.

Configuración 1:



Configuración 2:

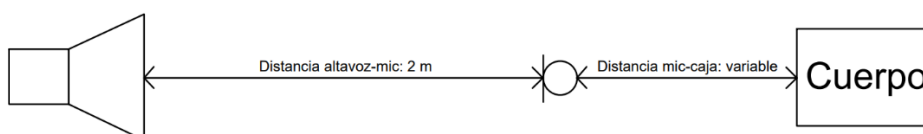


Figura 1.- Esquema de los montajes de las configuraciones empleadas en el montaje del modelo del micrófono demasiado próximo al cuerpo del equipo. Arriba: Configuración 1 (medida de referencia en condiciones de campo libre). Abajo: Configuración 2: (medidas tomadas con la presencia del equipo de monitoreo a distintas distancias entre el micrófono y la caja).



Figura 2.- Izquierda: Medida de referencia para el montaje del modelo del micrófono demasiado próximo al cuerpo del equipo con la primera configuración (sin la presencia de la caja). Derecha: Medida con la presencia de la caja grande a 15 cm del micrófono.

2.2. Distancia a la fachada

En el caso de los monitores ubicados en fachadas las medidas se han llevado a cabo in situ en una fachada real de grandes dimensiones, que se encuentra a una distancia de 87,5 m de la fuente de tráfico rodado M-40, la cual constituye la principal fuente de ruido en la ubicación empleada. Se ha utilizado una única configuración en la cual se han tomado medidas simultáneamente con dos micrófonos, uno de ellos a una distancia fija de la fachada de 2 m y otro a distintas distancias de la fachada inferiores a 2 m, comparando en este caso el nivel de presión medido por cada micrófono en cada una de las medidas realizadas. Debe indicarse que, en este caso, la presencia de la fachada provoca que en la posición de referencia deba aplicarse una corrección de -3dB.

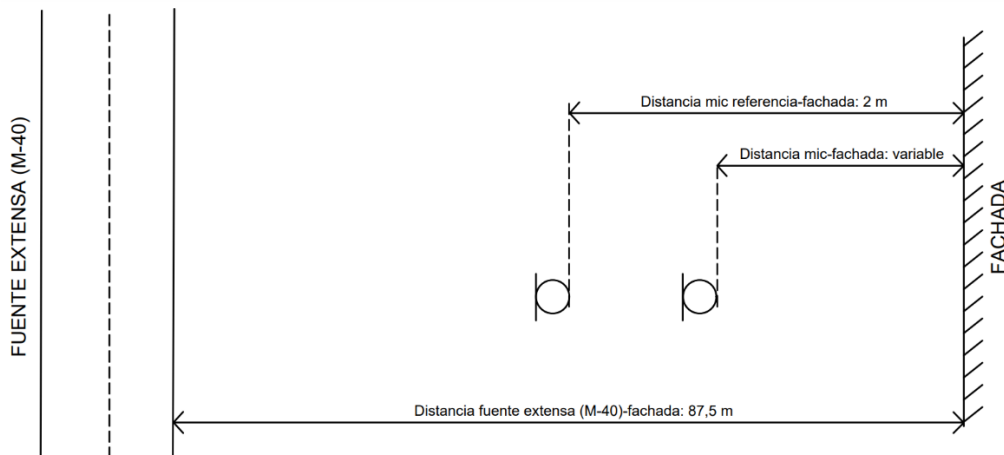


Figura 3.- Esquema de la configuración de micrófonos diseñada para el modelo de monitores ubicados en fachadas, donde el micrófono de referencia se encuentra a 2 m de la fachada y el segundo micrófono se encuentra a una distancia menor y variable.

2.3. Distancia al mástil

Por último, en el caso de los monitores ubicados en farolas las medidas también se han llevado a cabo in situ en una farola real alejada de otras superficies reflectantes, la cual se encuentra a 177 m de la misma fuente de tráfico rodado M-40.

Se ha empleado una única configuración en la cual se han tomado medidas simultáneamente con dos micrófonos, el micrófono de referencia a una distancia fija de la farola de 2 m y otro a distintas distancias del mástil. En este caso, se han tomado medidas para dos ángulos de incidencia de las ondas sonoras sobre el conjunto farola-micrófono distintos, uno de ellos de manera que la dirección en la cual se acerca o se aleja el segundo micrófono de la farola es perpendicular a la fuente de ruido tráfico rodado y otro de manera que dicha dirección es paralela a la fuente de ruido de tráfico rodado.

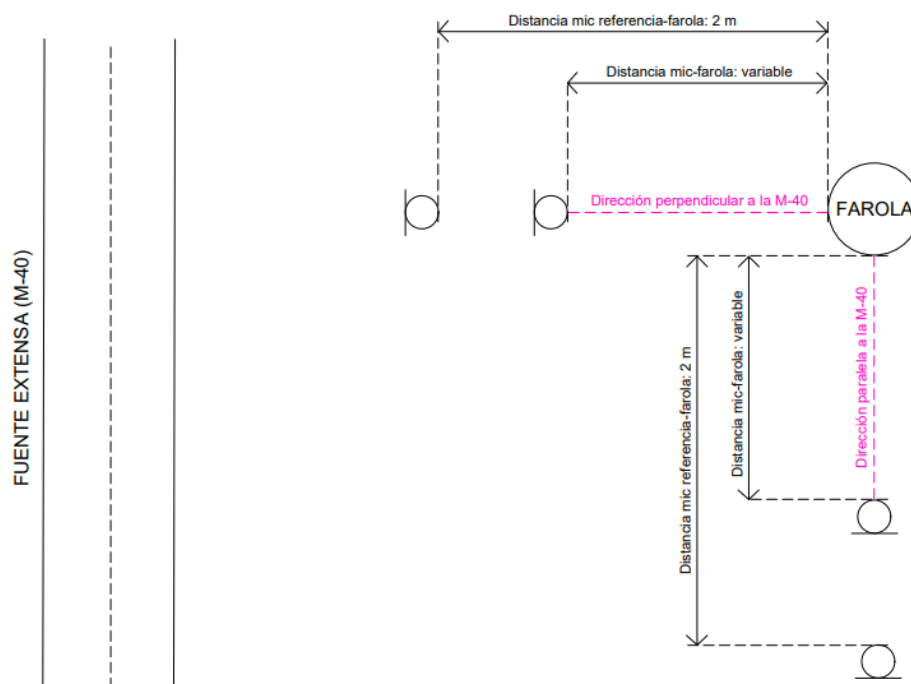


Figura 4.- Esquema de la configuración de micrófonos diseñada para el modelo de monitores ubicados en farolas, donde el micrófono de referencia se encuentra a 2 m de la farola y el segundo micrófono se encuentra a una distancia menor y variable.

3. RESULTADOS

Dado que, como se ha explicado, las metodologías empleadas para cada uno de los casos de estudio definidos se basan en métodos comparativos, a partir de los resultados obtenidos se han analizado las diferencias de nivel entre las medidas tomadas con el micrófono demasiado próximo al elemento bajo estudio y sus correspondientes medidas de referencia. Así, a la hora de evaluar si las diferencias resultantes entre las medidas realizadas son relevantes, se ha considerado un rango de confianza de diferencia entre estas de ± 1 dB, de manera que las medidas cuyas diferencias se encuentren por debajo de tal rango serán consideradas como válidas, ya que se trata de una diferencia suficientemente pequeña.

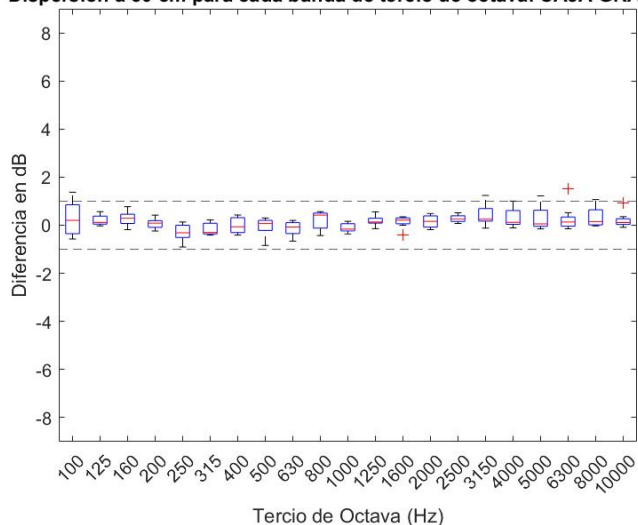
3.1. Distancia al cuerpo del equipo

Cuando el micrófono se encuentra ubicado a más de 50 cm del cuerpo grande las diferencias con la ubicación de referencia son inferiores a 1 dB en prácticamente todo el rango de frecuencias comprendido entre 100 Hz y 10000 Hz, por lo que el efecto del cuerpo de un monitor del tamaño de la caja grande a esta distancia del micrófono no resulta relevante.

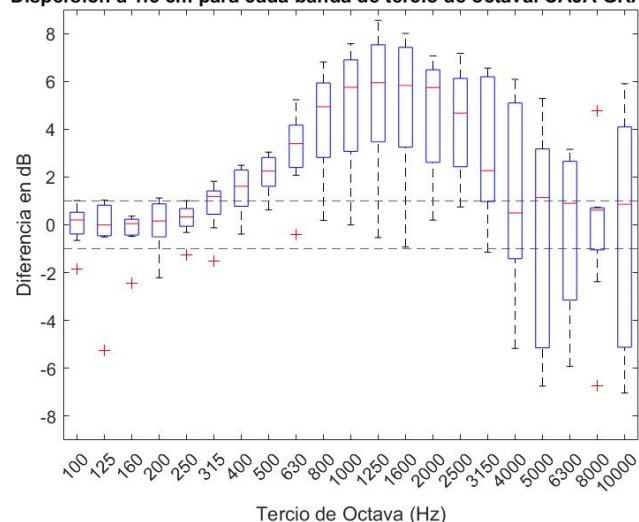
Al colocar el micrófono a una distancia inferior a 50 cm del cuerpo grande, se empiezan a observar importantes desviaciones el valor de referencia. Además, estas desviaciones dependen sumamente de la frecuencia del sonido y de su ángulo de incidencia, produciendo una importante degradación tanto en la exactitud, como en la precisión del equipo. Esto puede suponer un importante deterioro de la incertidumbre de la medida, dado que, en un entorno urbano, se encuentran múltiples fuentes de ruido, emitiendo sonidos de contenido espectral diverso, y emitiendo en direcciones muy diversas. Así, por ejemplo, un instrumento de medida de tipo 1,

pasaría a ofrecer incertidumbres de medida de 4 dBA o más, por el mero hecho de colocar el micrófono demasiado cerca de un elemento reflectante, como puede ser la caja que lo aloja.

Dispersión a 50 cm para cada banda de tercio de octava. CAJA GRANDE.



Dispersión a 1.5 cm para cada banda de tercio de octava. CAJA GRANDE.



Dispersión a 12 cm para cada banda de tercio de octava. CAJA GRANDE.

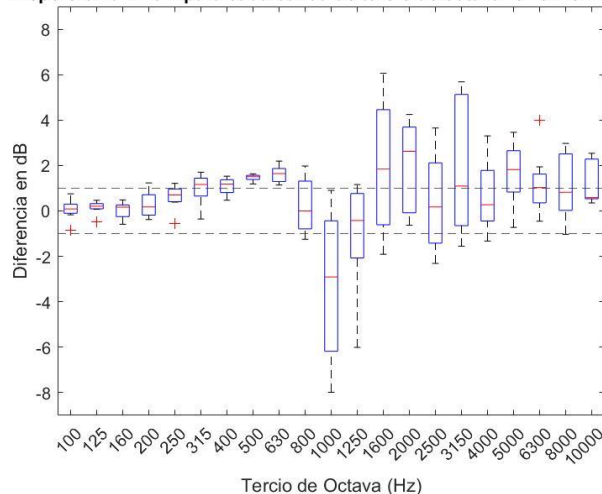


Figura 5.- Diagramas de cajas y bigotes para cada tercio de octava entre 100 Hz y 10000 Hz obtenidos a partir de las diferencias entre medidas tomadas con y sin la presencia de la caja grande, a los distintos ángulos de incidencia de la fuente para una distancia caja grande-micrófono de 50 cm (arriba izquierda), 1,5 cm (arriba derecha) y 12 cm (abajo). Las líneas discontinuas marcan el límite establecido de ± 1 dB.

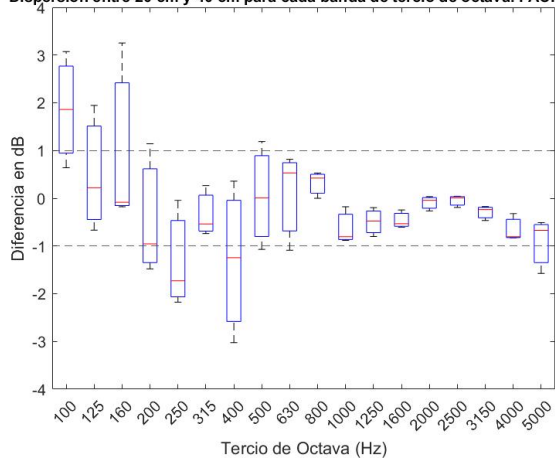
Los resultados obtenidos al emplear el cuerpo pequeño son equivalentes al mostrado en el caso anterior, aunque la distancia que es necesario alejar el micrófono es menor (aproximadamente 15 cm).

3.2. Distancia a la fachada

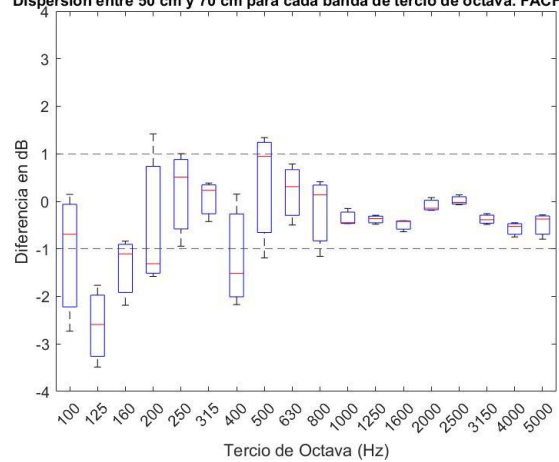
En este caso se han comparado las mediciones efectuadas a distintas distancias, con una posición de referencia, ubicada a 2 m de fachada. Se observa, que el efecto de la proximidad a la fachada, en este caso, se visibiliza principalmente en el rango de baja frecuencia, por debajo de 500 Hz. Cuanto más cerca de la fachada se coloca el micrófono, mayores son la desviación y la variabilidad observadas, y mayor es el rango de frecuencias al que se extiende. En el caso de tener una presencia importante de bajas frecuencias, el efecto sobre la incertidumbre total

de la medida podrá alcanzar fácilmente lo 3-4 dBA. Sin embargo, cuando el micrófono se aleja alrededor de 150 cm, nos encontraremos con desviaciones y dispersiones inferiores a 1 dBA.

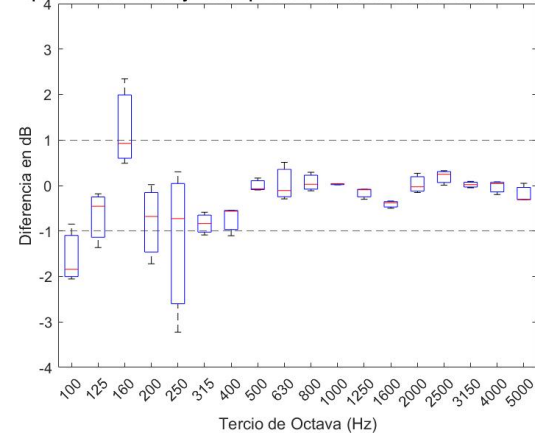
Dispersión entre 20 cm y 40 cm para cada banda de tercio de octava. FACHADA.



Dispersión entre 50 cm y 70 cm para cada banda de tercio de octava. FACHADA.



Dispersión entre 110 cm y 130 cm para cada banda de tercio de octava. FACHADA.



Dispersión entre 140 cm y 160 cm para cada banda de tercio de octava. FACHADA.

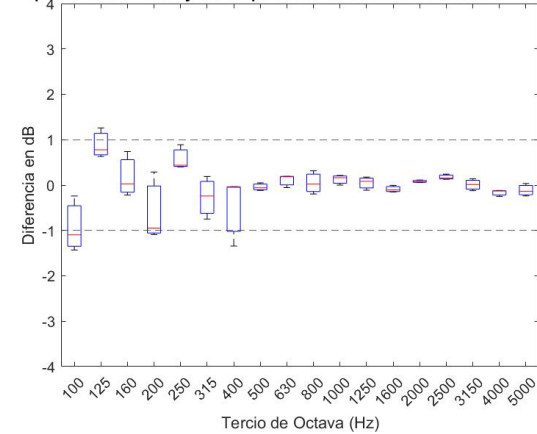


Figura 6.- Diagramas de cajas y bigotes para cada tercio de octava entre 100 Hz y 5000 Hz obtenidos a partir de las diferencias entre medidas tomadas 2 m de la fachada y sus correspondientes medidas más próximas a la fachada, para un rango de distancias micrófono-fachada comprendido entre: 20 cm y 40 cm (arriba izquierda); 50 cm y 70 cm (arriba derecha); 110 cm y 130 cm (abajo izquierda); y entre 140 cm y 160 cm (abajo derecha).

3.3. Distancia al mástil

Como se puede observar en la figura 7, la presencia del mástil tiene una influencia en la medida menor que en los casos anteriores, dejando este de producir desviaciones y dispersiones relevantes a distancias mucho inferiores. Así, tales efectos producidos por la presencia de este elemento han resultado más destacables a distancias del mástil inferiores a 15 cm, pudiendo obtenerse desviaciones de las mediciones sobre el valor de referencia entre 1 dB y 3 dB, siendo estas prácticamente despreciables al alejarse alrededor de 40 cm del mástil. Además, se observa que el efecto de la distancia sobre la dispersión se elimina a partir de una distancia del mástil alrededor de 1 m. Por otro lado, como se muestra en la figura 8, a distancias pequeñas del mástil resultan diferencias importantes entre los resultados obtenidos en función de la orientación del micrófono con respecto a la fuente, de manera que el espectro de frecuencias más afectado en cada caso varía considerablemente, destacando esto una cierta variabilidad de las medidas cuando la distancia entre el micrófono y el mástil es demasiado pequeña, lo cual puede disminuir a la precisión del equipo en ambientes poco controlados como las ciudades.

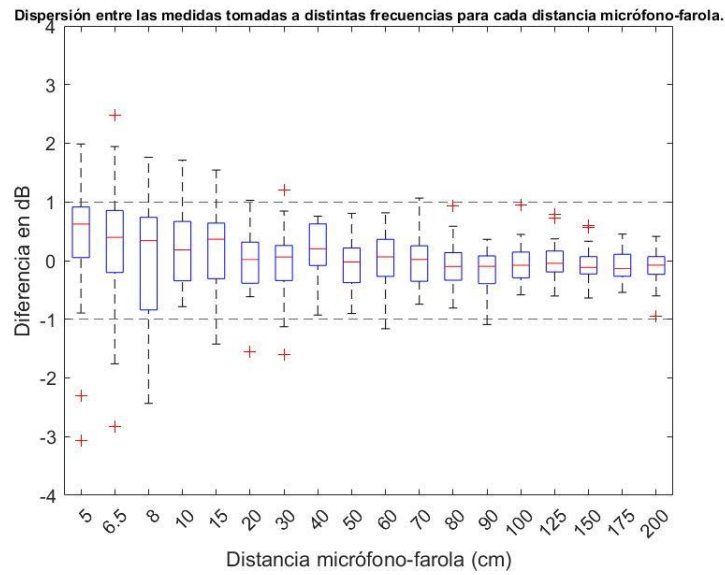


Figura 7.- Diagramas de cajas y bigotes para cada distancia micrófono-farola evaluada entre 5 cm y 2 m obtenidos a partir de las diferencias entre medidas tomadas 2 m de la farola y sus correspondientes medidas más próximas a esta para distintas frecuencias entre 100 Hz y 3150 Hz.

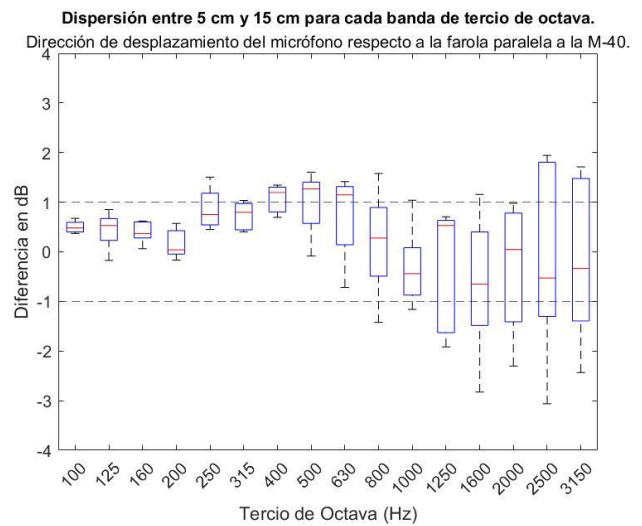
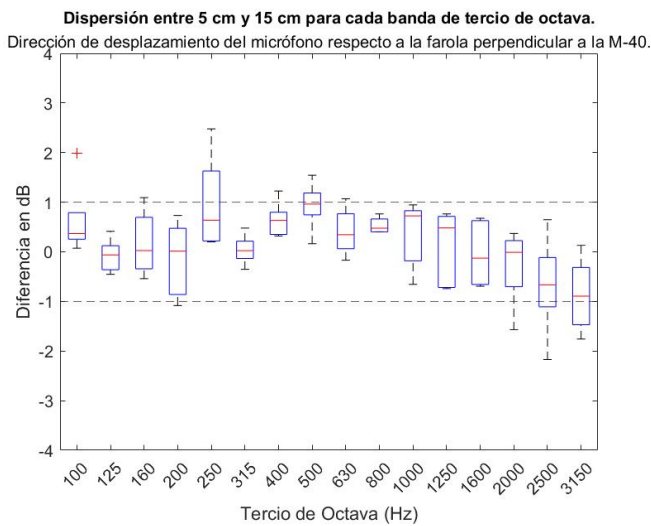


Figura 8.- Diagramas de cajas y bigotes para cada tercio de octava entre 100 Hz y 3150 Hz obtenidos a partir de las diferencias entre medidas tomadas 2 m de la farola y sus correspondientes medidas más próximas a esta, para un rango de distancias micrófono-farola comprendido entre 5 cm y 15 cm; cuando la dirección de desplazamiento del micrófono respecto a la farola es perpendicular a la M-40 (izquierda) y); cuando la dirección de desplazamiento del micrófono respecto a la farola es perpendicular a la M-40 (derecha).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A la vista de los resultados expuestos en el apartado anterior, es posible obtener las siguientes conclusiones:

4.1. Distancia al cuerpo del equipo

- La presencia de objetos en las proximidades del micrófono provoca fenómenos acústicos que conducen a una desviación y dispersión de los resultados.
- Cuanto mayor es el tamaño del objeto, mayor es la distancia que hay que alejarse de dicho elemento para evitar ese fenómeno. Por ejemplo, alejar el micrófono una distancia de 50 cm

puede ser suficiente para eliminar la pérdida de precisión y exactitud que provoca la presencia de una caja de dimensiones 30,5 cm x 25,5 cm x 15,5 cm.

- En los casos en los que la dirección de procedencia del sonido y su composición espectral sean completamente conocidas, los efectos relatados podrían eliminarse aplicando una corrección. Sin embargo, en un entorno urbano, dichos factores varían a lo largo del tiempo de una forma impredecible, por lo que la aplicación de factores de corrección sólo es factible mediante estudios detallados en cada caso.
- La aportación de este fenómeno a la incertidumbre de la medida podría alcanzar fácilmente los ± 4 dBA o más, independientemente del grado de precisión del instrumento de medida.

4.2. Distancia a la fachada

- Los niveles de ruido ambiental medidos se pueden ver afectados de manera no homogénea cuando el micrófono se sitúa a una distancia inferior a 2 m de una fachada, especialmente para frecuencias inferiores a 500 Hz y distancias inferiores a 1,5 m.
- Cuanto más cerca de la fachada se coloca el micrófono, mayores son la desviación y la variabilidad observadas, y mayor es el rango de frecuencias al que se extiende.
- En el caso de tener una presencia importante de bajas frecuencias, el efecto sobre la incertidumbre total de la medida podrá superar fácilmente 3 dBA.

4.3. Distancia al mástil de una farola

- En el caso de fuentes extendidas lejanas, la presencia de un obstáculo, como es el mástil de una farola tiene una influencia limitada, del orden de ± 1 dB, cuando la distancia a dicho obstáculo es inferior a 20 cm.
- Una distancia de 40 cm al mástil de la farola eliminará prácticamente la aportación de este fenómeno a la incertidumbre.
- El efecto de la distancia sobre la dispersión se reduce significativamente al alejarnos de la farola aproximadamente 1 m, obteniéndose resultados similares en las mediciones realizadas a distancias superiores entre el micrófono y el mástil.
- A distancias pequeñas del mástil de la farola, especialmente por debajo de 20 cm, en un entorno no controlado como puede ser una ciudad en la cual el sonido puede llegar al micrófono desde múltiples orientaciones, los resultados obtenidos pueden variar significativamente en función del ángulo de incidencia de las ondas sonoras.

A raíz de los resultados mostrados, debemos concluir que cualquier equipo de medida, por muy preciso y exacto que sea, puede ofrecer resultados de media poco confiables por el mero hecho de no prestar atención a su posicionamiento. La aplicación de factores de corrección no es una solución en la mayoría de los casos, debido a que las fuentes sonoras en un entorno urbano entran y salen continuamente de escena, cambian de localización y con ellas cambia su composición espectral, y su ángulo de llegada.

Además, especialmente con la llegada de equipos low-cost, nos encontramos montajes en los que el micrófono se encuentra a la vez: a) cerca de una caja que protege su electrónica y batería, b) instalado en una farola, c) que está demasiado cerca de una fachada. Evidentemente, la composición de estos fenómenos convertirá al instrumento en un generador de números aleatorios, cuyos resultados no pueden dar soporte a ningún tipo de actuación.

Con esta publicación, los autores queremos recalcar la importancia del fenómeno que en muchas ocasiones pasa desapercibido, y hacer una recomendación relativa a un cumplimiento más

estricto de los requisitos que figuran en las normas de medida, ya que, en muchas ocasiones, una medida mal hecha es una medida injusta.

REFERENCIAS

- [1] Norma ISO 1996 Parte 2. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de presión acústica.
- [2] Ramírez, A.; Asensio, C. “Estudio de la incertidumbre inducida por la ubicación del micrófono en un monitor de ruido”, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (España), 2022.