



paper ID: 008 /p.1

Metodología para contrastar la fiabilidad de las medidas sonométricas.

M. Medina, E. Hernández, J.M. Caballero, F. Quintero

Departamento de Señales y Comunicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN: Para la cuantificación y valoración del ruido ambiental, en la mayoría de las ordenanzas municipales consultadas se propone un muestreo del ambiente sonoro de tan solo tres o cuatro muestras de entre 15 segundos y 1 minuto, para posteriormente evaluar la molestia del nivel sonoro en la comunidad.

En este contexto, nuestro trabajo aborda el estudio del problema que surge en la medida de ruido ambiental cuando se está muy próximo al ruido de fondo (diferencia inferior a 3 dB), o si estando por debajo del límite máximo admisible éste es perceptible.

Para aproximarnos a una solución del problema, se pone de manifiesto la utilidad de algunos parámetros estadísticos a la hora de aceptar como fiables las medidas sonométricas realizadas en diferentes ambientes sonoros. Proponemos la realización de un muestreo más estricto del nivel sonoro, p.e. 100 muestras de $L_{A,eq}$ consecutivas con intervalos de 1 segundo cada una. De este modo el proceso acústico quedaría descrito con más precisión, permitiendo contrastar diferentes medidas (en diferentes instantes de tiempo o en diferentes localizaciones) y establecer la significación estadística de la similitud o diferencia entre estas medidas. Aplicando nuestra metodología sería posible establecer objetivamente el nivel de impacto de un evento sonoro respecto del ruido de fondo.

ABSTRACT: This paper addresses the quantification and evaluation of environmental noise for legal application. The most Spanish town council rules considere a small set of measures which last within fifteen to sixty seconds, and do not take into account the statistical consistency of the measures.

In this context, we specifically study the problems that arise when the noise level under consideration is close (e.g., 3 dB or less) to the background noise. We propose to determine the statistical reliability of a sample average of received active noise levels with respect to the background noise.

1. INTRODUCCIÓN.

Los procedimientos habituales para la caracterización sonométrica del impacto ambiental del ruido producido por las diferentes fuentes sonoras de nuestro entorno – ruido de tráfico, ruido de maquinaria comunitaria, ruido de maquinaria industrial, etc. – suelen emplear un procedimiento de muestreo que toma sólo 3 ó 4 muestras del nivel de presión sonora (e.g. $L_{A,eq}$) del proceso sonoro. La duración de estas muestras por lo general tienen un intervalo de tiempo prefijado de antemano por las ordenanzas municipales que regulan el ruido (15



segundos en unos casos, 1 minuto en otros, etc.) y repetidas en intervalos de tiempo también prefijados en dichas ordenanzas (3 ó más muestras tomadas cada 1 ó 2 minutos de diferencia). Este procedimiento de medida proporciona valores fiables del nivel sonoro generado por la fuente, y nos permiten valorar sus molestias, siempre que el ruido ambiente de fondo (es decir, en ausencia de actividad de la fuente sonora molesta) sea muy inferior al nivel de ruido generado por la fuente molesta. Cuando la diferencia de nivel entre el ruido de fondo y el ruido generado por la fuente molesta es del orden, o inferior, a 3 dB muchas ordenanzas municipales consideran o bien que esa diferencia no es suficiente para ser considerada como molesta o bien que se debe repetir la medida, porque no podemos discernir con qué cantidad de nivel contribuye la fuente sonora ruidosa y con cuál contribuye el ruido de fondo sobre la medida.

Nuestra propuesta en el presente trabajo consiste: 1) en realizar un muestreo exhaustivo del nivel de presión sonora producido por la fuente con el objeto de caracterizarla de una forma más precisa que con los procedimientos empleados actualmente por las ordenanzas municipales; 2) representar el histograma de los niveles sonoros obtenidos durante nuestro muestreo con el fin de determinar qué niveles se han producido con mayor frecuencia y tener una representación gráfica del suceso sonoro; 3) someter los niveles sonoros de las distintas muestras a un contraste estadístico de medias¹ con el objeto de determinar si el nivel sonoro medio emitidos por la fuente y el nivel sonoro medio del ambiente presentan diferencias estadísticamente significativas. Mediante este procedimiento no sólo caracterizaremos con precisión las emisiones sonoras de la “fuente molesta” sino que podremos repetir estos pasos para asegurar la fiabilidad estadística de la medida, es decir, obtener niveles sonoros semejantes en instantes de tiempo diferentes.

2. INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTO DE MEDIDA.

El instrumental sonométrico empleado en la realización de los ensayos de medida ha sido el sonómetro marca “Brüel & Kjaer” modelo 2231, calibrado en los laboratorios de Spectris España, SA, y verificado por el Centro Español de Metrología; junto con el calibrador sonométrico modelo 4231 del mismo fabricante y los mismos controles de calibración. Para llevar a cabo los ensayos prácticos hemos decidido realizar las medidas con un muestreo del nivel del ambiente sonoro, $L_{A,eq}$ en nuestros ensayos, utilizando la siguiente configuración: 1)ponderación frecuencial “A”; 2) ponderación temporal “Fast”; 3)tiempo de muestra y almacenamiento “Preset time” de “1 segundo”; 4) almacenamiento de 100 muestras (N=100) en la memoria del sonómetro.

El procedimiento de medida lo ilustramos en la siguiente gráfica:

¹) Por simplicidad, que es el objetivo que buscamos con el fin de hacer sistemático este procedimiento para medidas de campo, se propone el contraste de medias considerando que la frecuencia con que se producen los niveles sonoros de las muestras siguen una distribución normal. En cualquier caso, toda la discusión aquí presente puede trasladarse a un análisis estadístico más exhaustivo que incluya la bondad de ajuste a la normal de la distribución de los niveles sonoros.

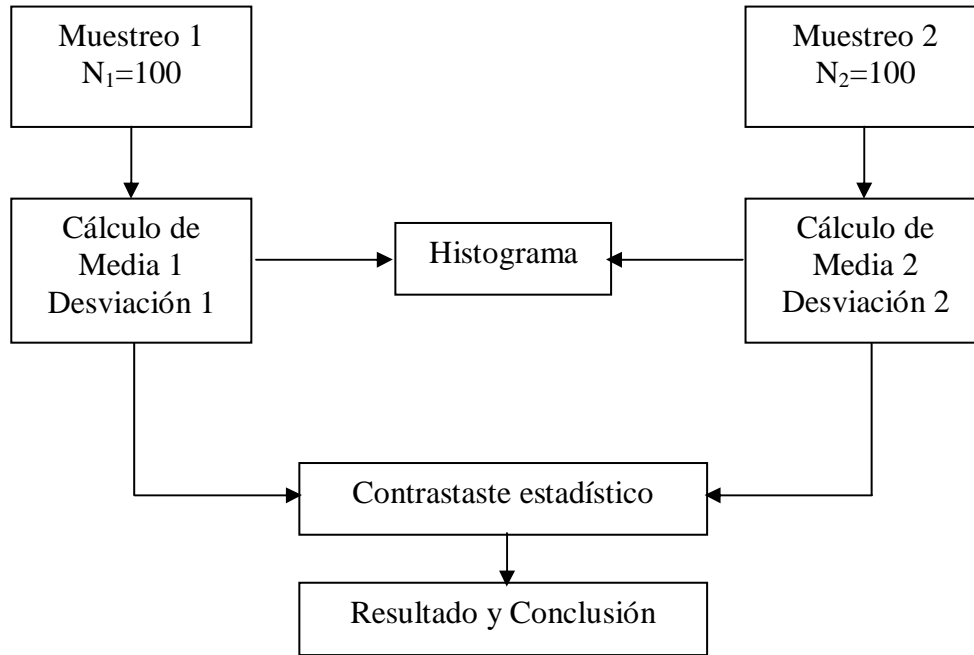


Figura 1- Procedimiento de medida y contraste estadístico.

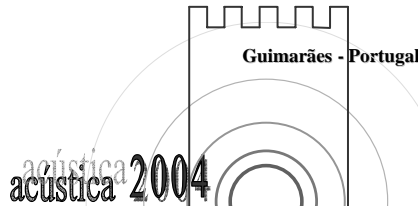
3. ENSAYOS.

Con el fin de resaltar los resultados hemos planteado 5 casos de medida: **Caso 1**: en el que medimos el ruido ambiente en dos ocasiones diferentes y en ausencia de la fuente sonora; **Caso 2, Caso 3, Caso 4 y Caso 5**: en el que realizamos una medida del nivel sonoro $L_{A,eq}$ de recepción producido por una fuente diferente en cada caso, según el procedimiento descrito en el apartado anterior, con una diferencia entre las medias entre el nivel de ambiente y el nivel recibido desde la fuente del orden, o inferior, de 3 dB.

A continuación en la tabla 1 detallamos los tipos de ruido utilizados en cada caso:

Tabla 1 – tipos de ruido empleados

	Tipo de ruido
Caso 2	Secador de pelo
Caso 3	Martillo neumático (no continuo)
Caso 4	Imprenta
Caso 5	Barrena



4. HIPÓTESIS.

Las hipótesis formuladas son: en el **Caso 1** tanto la representación del histograma como el contraste estadístico de las medias no deberán mostrar diferencia estadísticamente significativa, pues la fuente sonora ha permanecido apagada en todo momento y contrastamos el ruido ambiente estable consigo mismo. En los **Casos 2, 3, 4 y 5** la representación del histograma deberá mostrar de forma gráfica las diferencias entre las distribuciones estadísticas de niveles sonoros de los muestreos del ambiente y de la emisión de la fuente sonora; al mismo tiempo el contraste estadístico nos debe permitir determinar la diferencia significativa entre ambas distribuciones, siempre que esta diferencia se produzca.

El contraste estadístico de la diferencia entre las medias de las distribuciones se llevará a cabo con el estadístico “T” que se distribuye como una “t de student” con n_1+n_2-2 grados de libertad, [1]:

$$T = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)\hat{S}_1^2 + (n_2 - 1)\hat{S}_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

donde :

n_1 número de muestras muestreo 1

n_2 número de muestras muestreo 2

\overline{X}_1 valor medio $L_{A,eq}$ del muestreo 1

\overline{X}_2 valor medio $L_{A,eq}$ del muestreo 2

\hat{S}_1 desviación insesgada muestra 1

\hat{S}_2 desviación insesgada muestra 2

Como el número de muestras en ambos casos es $n_1=n_2=100$, la expresión del estadístico puede quedar simplificada de la siguiente forma:

$$T = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{\hat{S}_1^2 + \hat{S}_2^2}{N}}}$$

donde en este caso “N” es el número de muestras igual en ambos muestreos. Al ser el número de muestras igual a 100 en ambos casos, consideremos razonable una aproximación a la distribución normal, [1] y [2].

5. RESULTADOS PRÁCTICOS.

Después de los ensayos realizados, y considerando una significación estadística de “ $\alpha=0,001$ ”, los resultados para el *Caso 1* son:

Tabla 2 – *contraste de dos muestras de ruido de fondo*

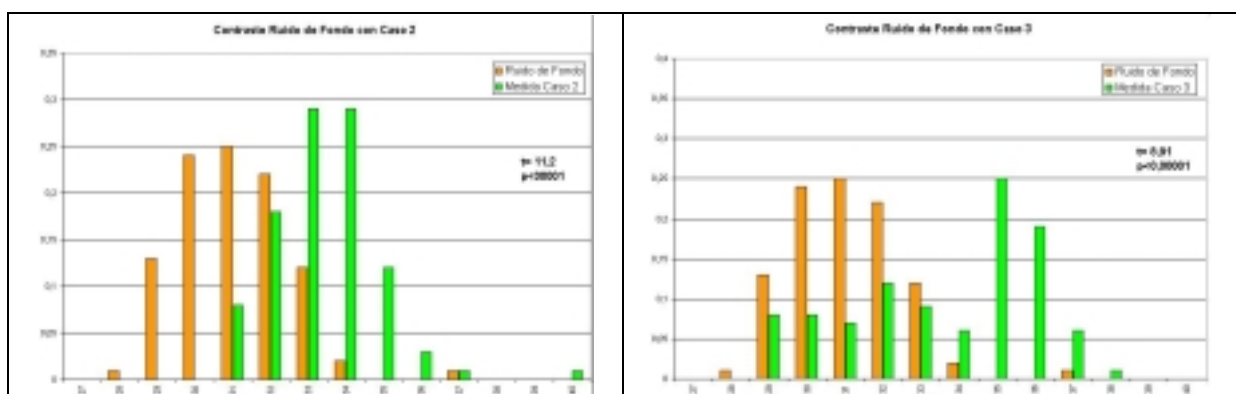
	Media	Des.	t	p	
Ruido de Fondo 1	30,0	1,9	2,47	0,01	n.s. ²
Ruido de Fondo 2	30,6	1,5			

En el resto de los casos, y contrastando siempre con la distribución “Ruido de Fondo 2” que es la que hemos considerado de referencia por su mayor bondad de ajuste, los valores obtenidos son los siguientes:

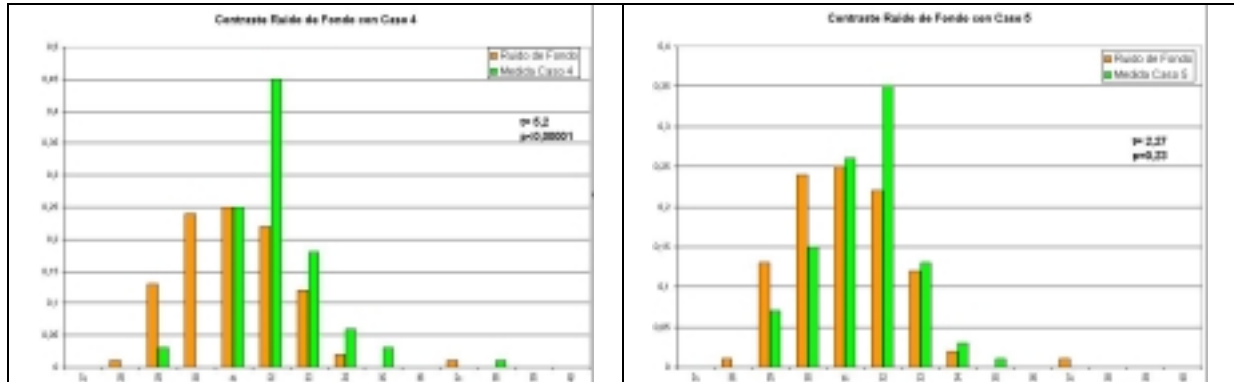
Tabla 3 – *contraste de los diferentes casos con el ruido de fondo*

	Media	Des.	t	p
Caso 2	32,9	1,4	11,2	$4 \cdot 10^{-29}$
Caso 3	32,3	2,6	5,66	$1,51 \cdot 10^{-8}$
Caso 4	31,6	1,2	5,2	$1,99 \cdot 10^{-7}$
Caso 5	31,1	1,6	2,27	0,23 n.s.

Cada caso de la tabla anterior se ha simulado con los tipos de ruido expresados en la tabla 1. La comparación de los histogramas de estos casos con el ruido de fondo son los siguientes:



² n.s. = no significación estadística



Figuras 2- ilustraciones de los histogramas de los casos 2, 3, 4 y 5

Tal como habíamos avanzado en la hipótesis, el contraste de la diferencia de las medias entre los dos muestreos de ruido de fondo, **Caso 1**, no alcanzan la significación estadística que nos hemos impuesto ($\alpha=0,001$).

En la gráfica 2, comparación de los histogramas de estos casos y el ruido de fondo, se puede observar que las distribuciones que se comparan están suficientemente diferenciadas, a pesar de que la diferencia entre los valores de las medias no supera en ningún caso los 2,5 dB. Queremos hacer constar la representación gráfica del contraste del **Caso 3**, en el que la señal de prueba empleada fue un martillo neumático, ya que nos permite identificar la presencia de los niveles del martillo a pesar de que su actuación no fue constante a lo largo de todo el tiempo. Es decir, el martillo actuaba de forma esporádica con niveles de hasta 35 dBA durante el 25% del tiempo, y es por lo que aparece una distribución bastante abierta (desviación de valor 5,6).

En el **Caso 5** no se aprecia diferencia significativa. La fuente que empleamos en la simulación fue un taladro barrenando caracterizado por sus componentes de baja frecuencia. Se puede observar en este caso cómo la distribución de los niveles del ruido de fondo y la distribución de niveles de la máquina están casi solapadas.

6. CONCLUSIONES.

Las conclusiones que podemos sacar son las siguientes:

- 1) Cuando las muestras de los niveles de ruido de fondo son ciertamente similares nuestro método no aprecia diferencias. Esto es importante porque nos permite evitar falsas alarmas dando así una idea fiable acerca de si hay fuentes de ruido activas.
- 2) En los **casos 2, 3 y 4**, se alcanza la significación estadística de la diferencia entre medias. Demostramos así que nuestro método de medida es fiable resaltando la presencia y nivel de las fuentes ruidosas.
- 3) Cuando el ruido es muy impulsivo (e.g. **caso 3**) nuestro método es capaz de resaltar la presencia del mismo aun cuando las medias en intervalos de 15 segundos, o más, de integración sólo proporcionan niveles bajos de medida (procedimiento habitual).
- 4) Cuando la fuentes son constantes (e.g. **caso 5**) y la diferencia de niveles es baja (e.g. 0,5 dB) es más difícil apreciar diferencias significativas.



paper ID: 008 /p.7

En trabajos futuros nos planteamos completar nuestro método mejorando la representación del histograma, estudiando nuevos modelos de contraste estadístico, aumentando la variedad de fuentes diferentes y las combinaciones entre ellas. Es nuestra intención también evaluar con nuestro método qué índice sonométrico (L_{Max} , L_{10} , etc.) nos permite caracterizar mejor la contaminación acústica comunitaria.

7. REFERENCIAS.

- [1] Lubin, Maciá, Rubio. (2000). Psicología Matemática II. *UNED*. I.S.B.N.: 84-362-4102-9
- [2] Peña Sánchez de Rivera, D. (1988). Estadística: Modelos y Fundamentos. *Alianza Universidad Textos*. I.S:B.N.: 84-206-8109-1