UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Grado en Ingeniería de Sonido e Imagen en Telecomunicación

TRABAJO FIN DE GRADO

Estructuración de un catálogo de sonidos para el estudio de la relación entre molestia y contraste

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Grado en Ingeniería de Sonido e Imagen en Telecomunicación

TRABAJO FIN DE GRADO

Estructuración de un catálogo de sonidos para el estudio de la relación entre molestia y contraste

Autor: Francisco Javier Vaca Cortés

Tutor: Francisco Javier Carmona del Río

Co-Tutor: Juan Antonio Méndez Sierra

Resumen

Son numerosos los estudios que intentan hacer una evaluación objetiva de la molestia causada por un sonido. Recientemente se han realizado estudios que introducen uno o más de los muchos parámetros objetivos que pueden intervenir, el **contraste**, como segundo parámetro relevante después del **nivel sonoro continuo equivalente**. El presente trabajo es un estudio sistemático de dicha relación. Para realizar una sistemática en el estudio de la dependencia de éste y otros parámetros semejantes, se comienza clasificando un catálogo de sonidos en función de parámetros acústicos para la posterior utilización en medida de molestia sobre personas.

Abstract

Numerous studies try to make an objective evaluation of the annoyance caused by a sound. Recently there have been studies that introduce one or more of the many objective parameters that can intervene, the **acoustic contrast**, as a second relevant parameter after the **equivalent continuous sound level**. Present work indicates a systematic study of this relationship. In order to make a systematic in the study in dependence on contrast and other similar parameters, it begins by categorizing a sound catalog for its later use as measurement of annoyance in people.

Índice

1. Introducción al TFG 10

2. Objetivos 12

3. Estado del Arte 13

4. Introducción Teórica 15

4.1. Parámetros relevantes para determinar la molestia 15

4.1.1. Intensidad del Sonido (I) y Nivel de Intensidad Acústica (L_I) 15

4.1.2. Nivel de Presión Sonora (L_p) 15

4.1.3. Nivel de Potencia Sonora (L_w) 16

4.1.4. Nivel Sonoro Continuo Equivalente (L_{eq}) 17

4.1.5. Nivel de Exposición Sonora (SEL) 17

4.1.6. Frecuencia (f) 18

4.1.7. Percentiles ($L_{95}, L_{90}, L_{50}, L_{10}, L_5$) 19

4.2. Contraste Acústico (C) 20

5. Metodología 23

5.1. Búsqueda de muestras de sonidos y construcción del catálogo . . 23

5.2. Medidas experimentales 24

5.2.1. Emplazamiento 24

5.2.2. Material Empleado 25

5.3. Análisis del campo C frente al L_{eq} 27

5.4. Pruebas en personas 27

5.5. Análisis de la Molestia (M) en función de C y L_{eq} 27

6. Resultados y Discusión 28

6.1. Definición del Contraste (C) 28

6.2. Relación entre C y L_{eq} 30

6.2.1. Deducción teórica 31

6.2.2. Deducción experimental 33

6.2.3. Discusión 36

6.3. Resultados Obtenidos: C vs L_{eq} 39

6.4. Medida de Molestia sobre personas 47

7. Conclusiones 53

8. Anexo 55

Referencias 71

Índice de figuras

1. Contaminación Acústica en los Hogares (Instituto Nacional de Estadística, 2011). 13
2. Escala Comparativa del Nivel de Presión Sonora en µPa y en dB (Requena Ramos I, p.5). 16
3. Nivel de presión sonora de un sonido en función del tiempo. El Nivel Sonoro Continuo Equivalente se muestra en azul (António J., p.43). 17
4. L_{eq} y cálculo del SEL (António J., p.45). 18
5. Cálculo del percentil L_{10} y L_{90} (Méndez J., p.17) 20
6. Ejemplo para el cálculo del percentil L_{10} (NTI Audio) 20
7. Cálculo del contraste a partir de la función de distribución acumulativa. Fuente propia. 22
8. Sala en donde se han realizado las medidas. Fuente propia. 24
9. Altavoces Altec Lasing VS2420. A la derecha la parte trasera de uno de ellos. Fuente propia. 26
10. Sonómetro Brüel & Kjær modelo 2250. Fuente propia. 26
11. Método empleado para calificar el grado de molestia percibida 27
12. Variación del contraste cuando éste se calcula a partir de L_5 o de L_{10}. . . 29
13. Alarma de un despertador. Fuente propia. 30
14. Variación del Contraste (C) para diferentes tipos de sonidos. 33
15. Variación del percentil L_5 en función de L_{eq}. 34
16. Regresión lineal con L_5 y L_{eq}. Todas las muestras del catálogo. 35
17. Variación del percentil L_{90} en función de L_{eq}. 35
18. Función de distribución acumulada de una señal amplificada -9dB. 37
19. Función de distribución acumulada de una señal con una amplificación negativa de -9dB y añadiendo ruido de fondo. 38
20. Contraste vs L_{eq}. Acciones Humanas. 39
21. Contraste vs L_{eq}. Agua. 40
22. Contraste vs L_{eq}. Animales. 40
23. Contraste vs L_{eq}. Ciudad. 41
24. Contraste vs L_{eq}. Comunicaciones. 41
25. Contraste vs L_{eq}. Hogar. 42
26. Contraste vs L_{eq}. Industriales. 42
27. Contraste vs L_{eq}. Oficina. 43
28. Contraste de sonidos industriales vs oficina. 44

29. C y L_{eq} de sonidos que se pueden producir en nuestros hogares 44
30. C y L_{eq} de sonidos que se pueden producir en nuestros hogares 45
31. Contraste vs L_{eq}. Todas las muestras. 46
32. Contraste vs L_{eq}. (Barti R., p.444). 46
33. Molestia media en función del nivel sonoro continuo equivalente. 48
34. Molestia media en función del contraste. 48
35. Contraste y Molestia en función del L_{eq} 49
36. Molestia media ($\bar{M}$) en función de C y del L_{eq}. En negro se muestra el error típico. 50
37. Plano z(x,y). Molestia media ($\bar{M}$) en función de C y del L_{eq}. 52

Índice de tablas

I. Variación del contraste cuando éste se calcula a partir de L_5 o de L_{10}. . . 28
II. Medidas obtenidas de un despertador a tiempos diferentes. 30
III. Ajuste lineal de la variación de C con respecto al L_{eq}. 33
IV. Ajuste lineal de la variación de L_{90} con respecto al L_{eq}. 36
V. Datos demográficos a rellenar por cada sujeto. 47
VI. Información demográfica obtenida. 47
VII. Estadísticas de la regresión múltiple I (M vs C vs L_{eq}). 50
VIII. Estadísticas de la regresión múltiple II (M vs C vs L_{eq}). 50
IX. Ruido blanco de referencia. 55
X. Catálogo de sonidos. Acciones Humanas. 56
XI. Catálogo de sonidos. Agua. 57
XII. Catálogo de sonidos. Ciudad. 58
XIII. Catálogo de sonidos. Comunicaciones. 59
XIV. Catálogo de sonidos. Hogar. 60
XV. Catálogo de sonidos. Animales. 61
XVI. Catálogo de sonidos. Oficina. 62
XVII. Catálogo de sonidos. Industrial. 63
XVIII. Relación entre C y L_{eq}. 65
XIX. Pruebas en personas. Resultados obtenidos. 69

1. Introducción al TFG

No hay duda de que la molestia causada por los sonidos es un problema ambiental relevante. Es frecuente ver noticias de sentencias y estudios sobre los problemas que causa la exposición, tanto a largo como a corto plazo, al ruido sobre la salud de las personas: hipoacusia, estrés, ansiedad, problemas de concentración, etc [1]. Principalmente por esta razón, a la molestia causada por el ruido se le puede considerar un problema de salud y éste tiene cierto peso en la legislación laboral y se reconoce la hipoacusia o pérdida de audición como accidente laboral producido por el ruido [2].

Pero el grado de molestia tiene una componente subjetiva que introduce una considerable complejidad en el intento de establecer los criterios de calidad del ambiente sonoro. Y es que no todas las personas perciben el mismo grado de molestia para un mismo sonido, porque depende de muchos factores como pueden ser el entorno físico, distintas sensibilidades auditivas, factores culturales, niveles de estrés, edad, actividad que esté realizando el receptor, etc.

Conviene destacar que el concepto de subjetividad no está reñido con un análisis científico de los problemas, por lo que existirán indicadores de ruido que estén mejor o peor correlacionados con el grado de molestia.

En cualquier caso, para poder abordar el problema del ruido, es necesario el establecimiento de un indicador que explique adecuadamente este grado de molestia. Algunos ejemplos de indicadores a destacar son: la frecuencia, ya que hay determinadas frecuencias que suelen ser más molestas que otras; nivel sonoro continuo equivalente, nivel de presión que contiene la energía promedio de un ruido fluctuante para el mismo periodo de tiempo; SEL, se utiliza para medir el número de ocasiones en que se superan los niveles de ruido tolerado en sitios específicos como en barrios residenciales, hospitales, escuelas, etc. Estos son sólo algunos de los parámetros o indicadores que son de gran utilidad para determinar si un ruido puede llegar a resultar molesto.

En lo personal, se me ha ofrecido la oportunidad de estudiar otro parámetro de importancia relevante y del que en la actualidad se están empezando a realizar estudios: el contraste o emersión acústica, que es la diferencia entre los percentiles más altos y más bajos de la señal. Es también de gran interés y motivación para mi que se me ofrezca

esta oportunidad para profundizar en un área de trabajo relacionado a lo estudiado, como es el ruido y la molestia, a partir de este nuevo parámetro hasta ahora desconocido para mi, y de poder enfrentarme a casos reales de molestia producido por sonidos cotidianos.

2. Objetivos

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Construcción de un catálogo de sonidos que cubra en la mayor medida posible el espacio **contraste acústico** versus **nivel sonoro continuo equivalente**.

- Búsqueda de los sonidos atendiendo a los siguientes criterios:

  - Duración. Las muestras deben de tener una duración de entre 15 y 30 segundos. No interesa que tengan una duración excesiva porque un objetivo futuro de dicho catálogo es que pueda ser escuchado por voluntarios que intenten evaluar el nivel de molestia de cada muestra, y un catálogo amplio con muestras de sonido muy largas puede resultar agotador y consecuentemente influir en el resultado de las pruebas debido a la subjetividad de la molestia. Por otro lado tampoco interesa que tengan una duración muy corta, pues como se estudiará en el presente trabajo, el contraste puede variar significativamente si la muestra es muy corta.

  - Según su procedencia: acciones humanas, agua, animales, ciudad, comunicaciones, hogar, industriales, oficina. Para estudiar los sonidos según la procedencia de éstos.

  - Parecido a sonidos reales.

- Evaluación objetiva en laboratorio del contraste acústico en función del nivel sonoro continuo equivalente. Se llevará a cabo un estudio de cómo se comporta el contraste para diferentes valores del nivel sonoro continuo equivalente.

- Intento de evaluación lo más objetiva posible de la molestia en personas. Se realizarán algunas pruebas en personas para intentar evaluar la molestia de algunas muestras del catálogo de sonidos construido.

- Estudio de la relación entre molestia y contraste.

3. Estado del Arte

En España hasta la publicación de la Ley de Ruido en 2003 [3], no existía una normativa de carácter integral sobre el problema del ruido. Había normas sectoriales, ordenanzas municipales y autonómicas, la mayoría de las veces no uniformes.

En la actualidad el ruido es uno de los contaminantes más invasivos, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS), España es uno de los países con mayor índice de población expuesta a altos niveles de ruido. Concretamente a niveles que superan los 65 dBA diarios que establece la OMS como nivel máximo recomendado [4]. De hecho seis de cada diez españoles pasamos más de dos horas al día expuestos a niveles niveles superiores a los 65 dBA [5]. Una sobreexposición que, tal y como se recoge en la citada publicación sobre el nivel de ruido y el medio ambiente en España, puede llegar a derivar problemas de salud.

En nuestros hogares el problema de la molestia ocasionada por el ruido es relevante. En el año 2011 según una publicación del Instituto Nacional de Estadística [6] y tal y como se muestra en mapa de la figura 1, el 15,5 % de los hogares sufre molestias por ruido. Pero lo positivo según esta misma publicación es que parece que cada vez hay más concienciación sobre el problema de la molestia ocasionada por el ruido, pues en 2009, la tasa de hogares afectados era del 22,8 % y en 2007 del 25,7 %, claramente una tendencia descendente.

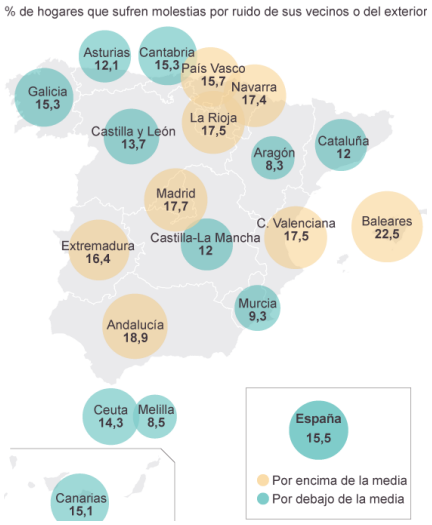

Figura 1. Contaminación Acústica en los Hogares (Instituto Nacional de Estadística, 2011).

Otro estudio del departamento de Física Aplicada de la Escuela Politécnica de Cáceres [7] concluye que incluso en zonas que normalmente utilizamos para la relajación y el descanso, como son los parques y jardines de las ciudades españolas, en algunos de estos lugares se superan los niveles diarios recomendados que establece la OMS, lo que implica niveles sonoros inadecuados para el uso indicado.

El tráfico, aviones, trenes, fábricas, conciertos, obras, son sólo algunos de los sonidos no deseados que podemos mencionar y nos pueden a llegar a causar molestia. De hecho, a la hora de examinar una casa antes de comprarla es habitual valorar aspectos como el tráfico, el ruido de ambiente, si es una zona de ocio, etc. Por lo que el ruido es un aspecto que nos preocupa bastante y de ahí la gran cantidad de estudios que intentan valorar la molestia ocasionada por el ruido, como en una publicación reciente para la Sociedad Española de Acústica en el 46º Congreso Español de Acústica [8], que define el **contraste** como un indicador que permite valorar el grado de molestia basándose en la teoría de que generalmente un ruido con mucho desniveles es por lo general más molesto que un ruido con un nivel casi constante.

4. Introducción Teórica

4.1. Parámetros relevantes para determinar la molestia

Para valorar la molestia de un sonido se suelen utilizar ciertos indicadores o parámetros y dependiendo del valor de éstos se puede determinar si un sonido es más o menos molesto. Es probable que hayamos oído alguna vez que los sonidos más agudos son generalmente más molestos o que cuanto más decibelios tiene un determinado sonido más molesto es, pues bien, ésto está relacionado con dos parámetros muy importantes, la frecuencia y el nivel de presión sonora respectivamente. Éstos son tan sólo dos de los parámetros esenciales utilizados para determinar la molestia de un sonido, pero hay muchos más, entre los que destacan [9]:

4.1.1. Intensidad del Sonido (I) y Nivel de Intensidad Acústica (L_I)

La intensidad del sonido es la potencia media del sonido (W) por unidad de área normal (A) a la dirección de propagación (véase la ecuación (1)). También se suele medir en dB y en este caso se le denomina Nivel de Intensidad Acústica (L_I), que es definida por la ecuación (2).

$$I[W/m^2] = \frac{W}{A} \tag{1}$$

$$L_I[dB] = 10 \cdot log\left(\frac{I}{I_0}\right) \tag{2}$$

Siendo $I_0 = 10^{-12} \quad W/m^2$

4.1.2. Nivel de Presión Sonora (L_p)

Cuando se produce un sonido, la presión del aire que nos rodea cambia levemente según avanza la onda de propagación, aumentando y disminuyendo en pequeñas fracciones de segundo. Esta diferencia instantánea de presión debida a la onda sonora se llama presión sonora. La unidad en el sistema internacional de la presión sonora es el Pascal (Pa), pero no se suele utilizar, porque el oído humano es capaz de detectar variaciones de presión acústica comprendidas entre 200 Pa y 20 μPa aproximadamente, un margen

muy amplio, por lo que se adopta una escala logarítmica y se utiliza como unidad el decibelio (véase figura 2) y se le denomina **nivel de presión sonora**.

$$L_p = 10 \cdot log\left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) \tag{3}$$

Siendo:

- P, presión sonora.
- P_0, valor umbral de presión sonora. $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$

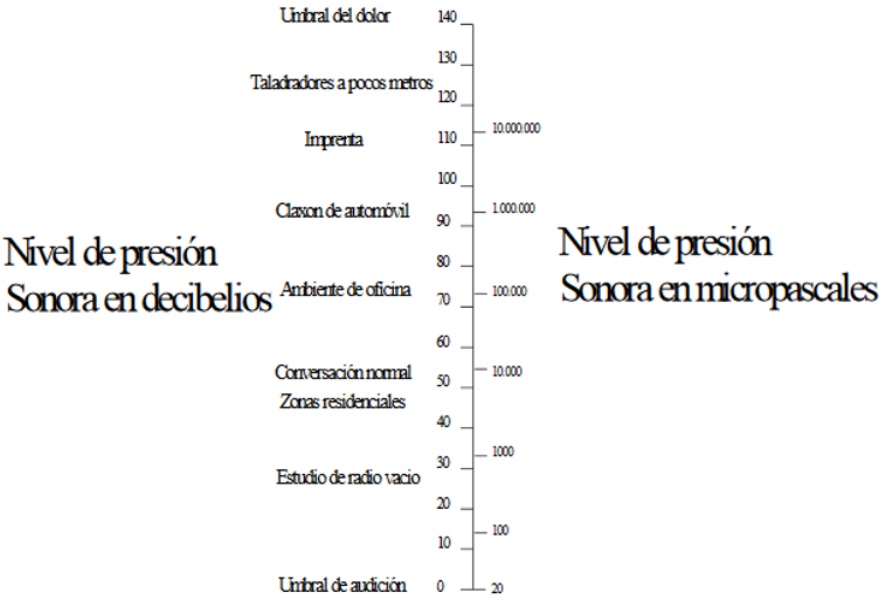

Figura 2. Escala Comparativa del Nivel de Presión Sonora en µPa y en dB (Requena Ramos I, p.5).

4.1.3. Nivel de Potencia Sonora (L_w)

El nivel de potencia sonora es un parámetro que mide la forma en que es percibida la potencia acústica. A diferencia del L_p, que relaciona las presiones en pascales, el L_w relaciona las potencias en vatios (W). La unidad de medida es el decibelio.

$$L_W = 10 \cdot log\left(\frac{W}{W_0}\right) \tag{4}$$

Siendo:

- W, potencia acústica.
- W_0, valor umbral de potencia. $W_0 = 10^{-12}\ vatios$

4.1.4. *Nivel Sonoro Continuo Equivalente (L_{eq})*

Está relacionado con la energía sonora a lo largo del tiempo, integra los niveles sonoros fluctuantes a lo largo de un período de tiempo y exprime estas variaciones como un nivel sonoro de un ruido uniforme.

$$L_{eq} = 10 \cdot log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] \tag{5}$$

$$L_{eq} = 10 \cdot log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} 10^{L_i/10} \cdot \Delta t_i \right) \tag{6}$$

Siendo:

- L_{eq}, Nivel Sonoro Continuo Equivalente en dB
- T, Período de observación en segundos.
- $P(t)$, Presión sonora adquirida en función del tiempo
- P_0, Presión sonora de referencia ($2 \cdot 10^{-5} \quad Pa$)

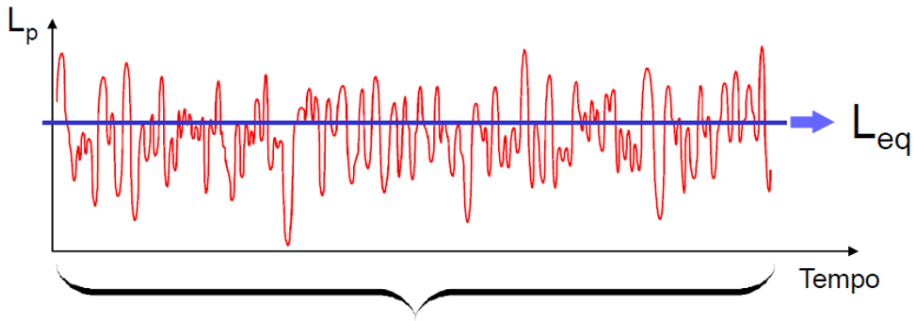

Figura 3. Nivel de presión sonora de un sonido en función del tiempo. El Nivel Sonoro Continuo Equivalente se muestra en azul (António J., p.43).

4.1.5. *Nivel de Exposición Sonora (SEL)*

Nivel de un sonido constante medido en dB(A) que disipa la misma energía durante un segundo que el ruido medido durante el tiempo de medición (véase figura 4). Se utiliza

para medir el número de ocasiones en que se superan los niveles de ruido tolerado en sitios específicos: barrios residenciales, hospitales, escuelas, etc.

$$SEL = L_{eq} + 10 \cdot log\left(\frac{t}{t_0}\right) \tag{7}$$

Siendo:

- SEL, Nivel de exposición sonora en dB
- L_{eq}, Nivel Sonoro Continuo Equivalente en dB
- t, tiempo final en segundos
- $t_0 = 1$ segundo

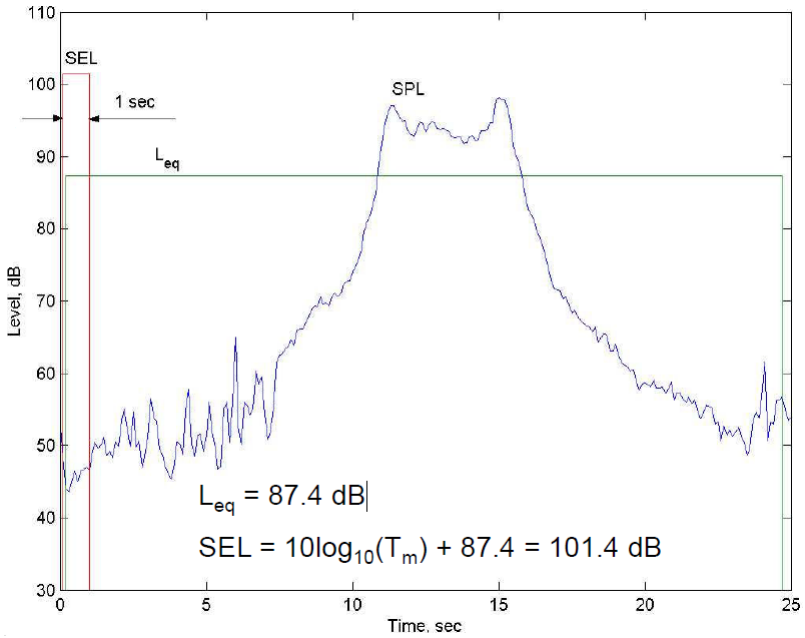

Figura 4. L_{eq} y cálculo del SEL (António J., p.45).

4.1.6. Frecuencia (f)

Las ondas sonoras se producen cuando un cuerpo vibra rápidamente. La frecuencia es el número de vibraciones u oscilaciones completas que efectúan por segundo, midiéndose en ciclos por segundo o Hercios (Hz). El espectro audible, intervalo de frecuencias que el hombre es capaz de escuchar, varía según cada persona y se altera con la edad. La banda de frecuencias audibles se descompone en tres regiones:

- Tonos graves : de 20 Hz a 250 Hz.
- Tonos medios : de 250 Hz a 2000 Hz.
- Tonos agudos : de 2000 Hz a 20000 Hz.

4.1.7. Percentiles ($L_{95}, L_{90}, L_{50}, L_{10}, L_5$)

Se utilizan como índices de valoración del ruido. Expresan los niveles de ruido lineal o ponderado A, que han sido alcanzados o sobrepasados en N % del tiempo:

- $\boldsymbol{L_{95}}$: Se corresponde con el ruido ambiente o ruido de fondo, concretamente describe el nivel que se excede durante el 95 % del tiempo, es decir, que durante el 95 % del tiempo, el nivel de ruido está por encima de L_{95}.

- $\boldsymbol{L_{90}}$: También se corresponde con el ruido ambiente o ruido de fondo, describe el nivel que se excede durante el 90 % del tiempo, es decir, que durante el 90 % del tiempo, el nivel de ruido está por encima de L_{90}.

- $\boldsymbol{L_{50}}$: Es el nivel de ruido que se sobrepasa durante el 50 % del tiempo de observación, también denominado nivel medio.

- $\boldsymbol{L_{10}}$: Se corresponde con los máximos de la señal, describe el nivel que se excede durante el 10 % del tiempo, es decir, que durante el 10 % del tiempo, el nivel de ruido está por encima de L_{10}.

- $\boldsymbol{L_5}$: También se corresponde con los máximos de la señal. Es el nivel sonoro que se sobrepasa durante el 5 % del tiempo de observación.

En la figura 6 se observa un ejemplo del cálculo del percentil L_{10} de una muestra de sonido cualquiera.

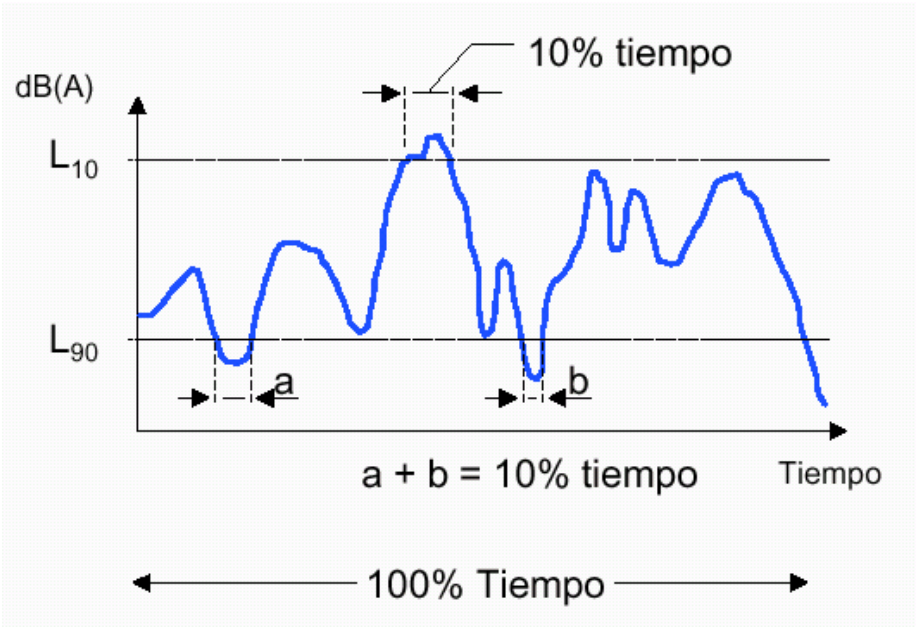

Figura 5. Cálculo del percentil L_{10} y L_{90} (Méndez J., p.17)

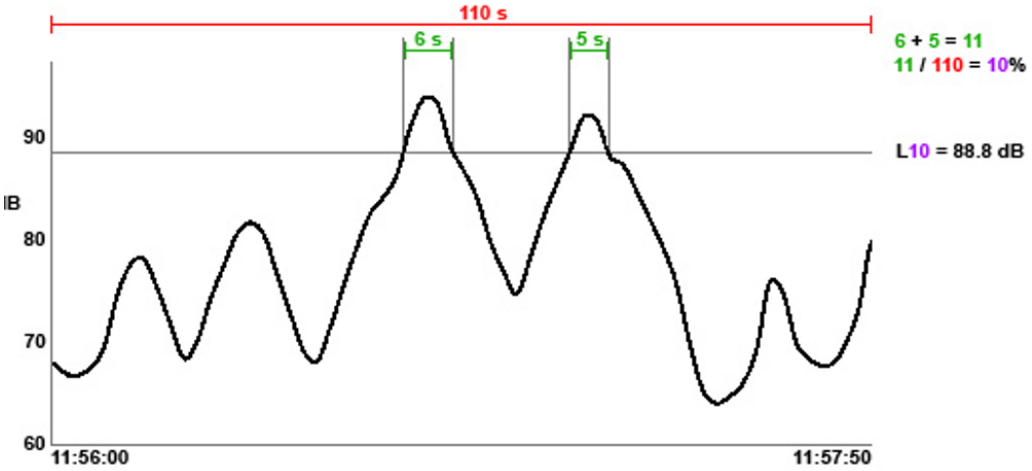

Figura 6. Ejemplo para el cálculo del percentil L_{10} (NTI Audio)

4.2. *Contraste Acústico (C)*

Por lo general, se considera que un sonido con muchos desniveles es más molesto que otro casi constante. De ello se encarga otro parámetro relevante, el **contraste acústico**

(C), del que existe algunos estudios recientes. Una publicación de la Sociedad Española de Acústica en el 46º Congreso Español de Acústica [8], define al contraste como un parámetro que trata de cuantificar los desniveles sonoros entre el ruido producido por una fuente sonora y el ruido ambiente, por lo que el contraste nos permitirá señalar el grado de molestia percibida por las personas.

Para cuantificar dichos desniveles se recurre a los **percentiles** ($\boldsymbol{L_{95}}$, $\boldsymbol{L_{90}}$, $\boldsymbol{L_{10}}$ y $\boldsymbol{L_5}$) porque los percentiles están relacionado con los máximos y mínimos de la señal, es decir, con su amplitud de desniveles.

En consecuencia, se definirá el **contraste** como la diferencia entre un percentil relacionado con el máximo de la señal y otro correspondiente al ruido ambiente, es decir, cualquiera de las siguientes ecuaciones podría servir para el calculo del contraste.

$$C_1[dB] = L_{10} - L_{90} \tag{8}$$

$$C_2[dB] = L_5 - L_{90} \tag{9}$$

$$C_3[dB] = L_5 - L_{95} \tag{10}$$

$$C_4[dB] = L_{10} - L_{95} \tag{11}$$

La figura 7 muestra un ejemplo de cómo calcular el contraste C_2 con una función de distribución acumulativa, en la que se observa como para 90 % del tiempo, el sonido se mantiene con unos niveles de presión sonora por encima de los 47,77 dBA, mientras que tan sólo el 5 % del tiempo el nivel se mantiene por encima de los 74,81 dBA, y con de estos datos se calcula C_2 a partir de la ecuación (9).

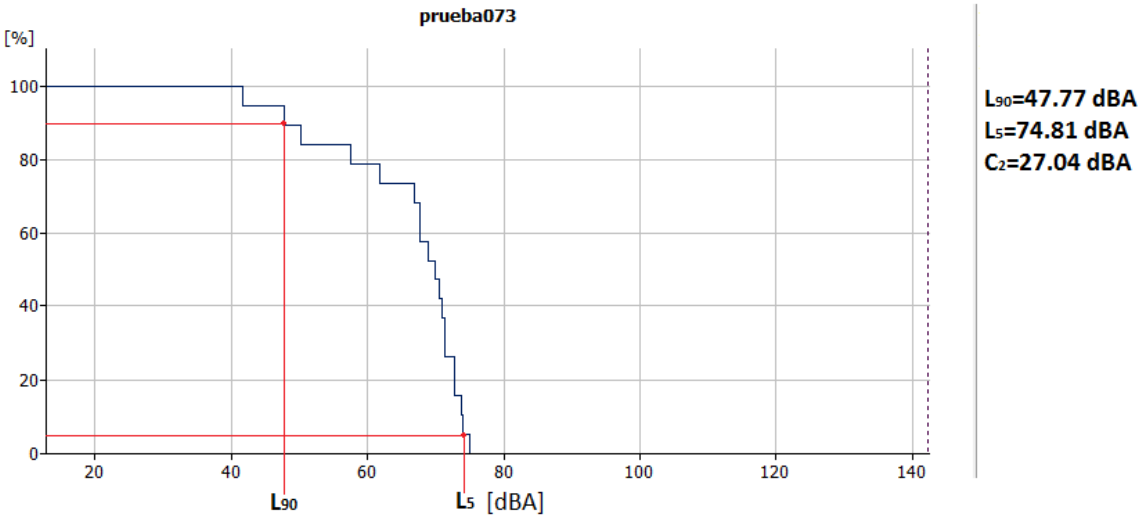

Figura 7. Cálculo del contraste a partir de la función de distribución acumulativa. Fuente propia.

5. Metodología

La metodología que se ha seguido en el presente trabajo ha sido la siguiente:

- Búsqueda de sonidos y construcción del catálogo.
- Medidas experimentales de todas las muestras del catálogo.
- Análisis del campo C vs L_{eq}.
- Pruebas en personas.
- Análisis de la Molestia (M) frente a C y L_{eq}.

A continuación se explica detalladamente:

5.1. Búsqueda de muestras de sonidos y construcción del catálogo

Se han buscado sonidos de distinta procedencia con el objetivo construir un catálogo de sonidos que cubra el mayor campo posible del espacio matemático que relaciona las variables contraste (C) y nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}), buscando a su vez completar y sistematizar los grupos de procedencia (sonidos industriales, urbanos, naturales, etc).

Dicho catálogo de sonidos se ha obtenido a partir de los recursos de la página web del INTEF (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado), concretamente del Banco de Imágenes y Sonidos [10], en la que hay un extenso catálogo de sonidos de distinta procedencia (acciones humanas, naturaleza, animales, ciudad, industria, rural, oficina, etc).

A continuación se ha procedido a estructurar nuestro propio catálogo de sonidos, seleccionando los sonidos disponibles que puedan servir y editando aquellos sonidos que fueran necesario retocar con un software de edición, pues la intención es que cada uno de los sonidos seleccionados tenga una duración de entre 15 y 25 segundos por si, en caso de querer experimentar con personas en futuros estudios, al tener que escuchar tanta cantidad de sonidos, éstos no sean de excesiva duración.

5.2. Medidas experimentales

Posteriormente se necesita la evaluación experimental de los parámetros acústicos (L_{eq}, L_5, L_{10}, L_{90}, C, etc) por lo que se realizará la campaña de medidas en laboratorio con un sonómetro de alta precisión. De este modo se conocerá el campo $\boldsymbol{C}$ vs $\boldsymbol{L_{eq}}$ cubierto y se buscará estratégicamente su ampliación.

Todos los datos obtenidos por cada una de las muestras de sonido del catálogo serán exportadas en ficheros de hojas de cálculo en formato *.xlsx, gracias al software propio del sonómetro, por si fueran de utilidad para futuros estudios.

El emplazamiento y material empleado durante el trabajo ha sido el siguiente:

5.2.1. Emplazamiento

Las mediciones de sonidos y las pruebas realizadas en personas han tenido lugar en una pequeña sala del laboratorio de acústica de la Escuela Politécnica de Cáceres. Las medidas de dicha sala son de 2,5 metros de ancho por 4 de largo y 4 de alto; las paredes son de contrachapado de madera y con aislamiento acústico.

Figura 8. Sala en donde se han realizado las medidas. Fuente propia.

5.2.2. Material Empleado

En cuanto al material, se han utilizado para realizar las medidas:

- **Altavoces** *Altec Lasing VS2420* (véase figura 9) colocados sobre una mesa, de poco más de un metro, y separados entre ellos a un metro de distancia. El control del volumen de los altavoces está fijado sin posibilidad de manipularlo para tratar de evitar errores y se puedan obtener valores diferentes para un mismo sonido.

- **Sonómetro de alta precisión** (véase figura 10). Situado sobre un trípode a la misma altura que los altavoces y a 1 metro de distancia de cada uno de éstos, por lo que los dos altavoces y el sonómetro forman los vértices de un triángulo equilátero. El sonómetro, también está conectado mediante cable USB a un ordenador, situado en la habitación contigua, para evitar en la medida de lo posible que el ruido del ordenador pueda influir en los resultados finales.

- **Ordenador portátil** situado en la habitación colindante a la de los altavoces y el sonómetro. Conectado a los altavoces y al sonómetro mediante un cable de conector Jack 3.5 mm y cable USB respectivamente.

- **Software** empleado:

  - *BZ5503 Measurement Partner Suite 4.5.2.159*. Es el software propio del sonómetro para tratar los resultados obtenidos y exportarlos a hojas de cálculo con el mayor número de datos posibles, que serán de utilidad tanto para el presente trabajo como para futuros estudios.

  - *Audacity 2.1.2*. Software de edición de audio para editar y reproducir los distintos sonidos descargados.

La mayoría de los sonidos, a excepción de algunos del tipo industrial, se han medido con un porcentaje de potencia del ordenador del 40 % y aquellos sonidos que se escuchaban más alto de lo normal se le ha reducido su amplitud pico a pico con el software de edición Audacity. El resto de sonidos, los pocos del tipo industrial, se han medido con el volumen del ordenador al 100 %.

Por otro lado, se ha generado ruido blanco con Audacity con una amplitud pico igual a 0.5 y posteriormente se ha medido dicho ruido con un volumen del ordenador del 40 % y del 100 % para poderlos utilizar como referencia y reproducirlos con el mismo L_{eq} en futuras ocasiones (en otros ordenadores, con otro software, etc).

Figura 9. Altavoces Altec Lasing VS2420. A la derecha la parte trasera de uno de ellos. Fuente propia.

Figura 10. Sonómetro Brüel & Kjær modelo 2250. Fuente propia.

5.3. *Análisis del campo C frente al L_{eq}*

Se ha llevado a cabo el estudio del patrón de comportamiento de C frente a L_{eq}, tanto teórica como experimentalmente, para ello ha sido necesario evaluar estadísticamente los datos de los percentiles obtenidos en mediciones para diferentes valores de amplificación (positiva y negativa).

5.4. *Pruebas en personas*

Se han realizado pruebas en personas para que éstas intentaran evaluar la molestia percibida por sonidos del catálogo. A cada una de ellas se le ha preguntado la edad, sexo, nivel de estudios, estado de estrés y nivel anímico para tener datos demográficos de ellos y por si fueran de interés, y han calificado el nivel de molestia percibida según la regla graduada de 0 a 100 de la figura 11 que se le ha entregado.

El emplazamiento ha sido en el mismo lugar donde se han realizado las medidas. Estas personas se han colocado justo en el lugar donde estaba situado el sonómetro.

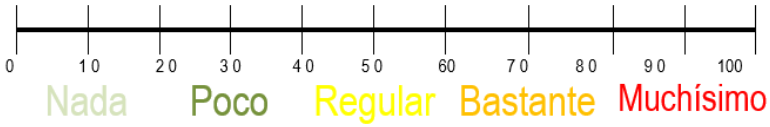

Figura 11. Método empleado para calificar el grado de molestia percibida

5.5. *Análisis de la Molestia (M) en función de C y L_{eq}*

Finalmente se ha intentado evaluar la molestia percibida por las personas de la forma más objetiva posible para relacionar la molestia percibida con los resultados obtenidos de las medidas. Concretamente se ha estudiado y representado gráficamente M frente a L_{eq} y M frente a C. Por último se ha realizado un ajuste lineal múltiple con la ayuda de excel y matlab para obtener la ecuación del plano $M(L_{eq}, C)$ y representar gráficamente M en función de L_{eq} y C.

6. Resultados y Discusión

6.1. *Definición del Contraste (C)*

Tal y como se ha mencionado en el apartado 4.2, el contraste se puede definir mediante cualquiera de las ecuaciones mencionadas, ya sea la ecuación (8), (9), (10) o (11). Y aunque habitualmente se han utilizado los percentiles L_{10} y L_{90} para mostrar los niveles más elevados y más bajos de una señal, en el presente trabajo el contraste se calculará a partir de L_5 y L_{90}.

Se definirá con el percentil $\boldsymbol{L}_5$, porque tal y como puede observarse en la tabla I y la gráfica de la figura 12, cuyos datos son una pequeña parte del catálogo construido adjunto en el Anexo y de cuyas muestras se hablará posteriormente en el apartado 6.3, éste detecta mejor que L_{10} los niveles más elevados de la señal, es decir, L_5 da resultados más próximos a los máximos de la señal, que es precisamente lo que se necesita para el cálculo del contraste.

Núm.	Nombre	L_{eq}	L_5	L_{10}	L_{90}	C_1	C_2
1	Mosquito	32,78	37,81	36,63	28,16	8,47	9,65
2	Borrar escrito a lápiz...	33,43	40,61	34,43	29,08	5,35	11,53
3	Mosca	40,50	47,81	44,83	27,16	17,67	20,65
4	Meter un cd...	41,77	44,92	43,45	30,06	13,39	14,86
5	Ambiente skyline...	44,13	46,14	45,07	42,52	2,55	3,62
6	Máquina de refrescos	51,03	57,40	54,60	45,80	8,80	11,60
7	Fregar unos vasos...	64,06	70,37	68,34	51,86	16,48	18,51
8	Martillo sobre clavo...	68,49	72,96	71,52	31,43	40,09	41,53
9	Cisterna de wáter 1	69,81	77,81	76,23	49,96	26,27	27,85
10	Túnel de lavado...	71,18	75,60	74,00	67,60	6,40	8,00
11	Cisterna de wáter 4	71,80	78,61	75,63	60,96	14,67	17,65
12	Campanas. Golpeo lento...	72,58	77,96	75,32	59,67	15,65	18,29
13	Ambiente obra...	84,08	90,19	87,79	73,02	14,77	17,17

Tabla I
VARIACIÓN DEL CONTRASTE CUANDO ÉSTE SE CALCULA A PARTIR DE L_5 O DE L_{10}.

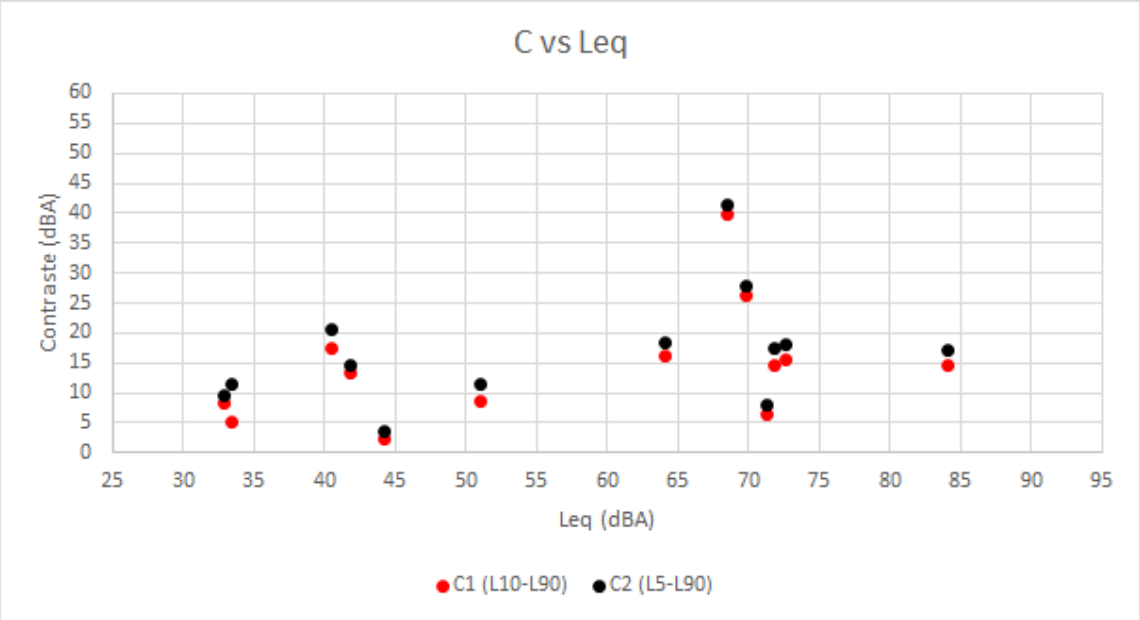

Figura 12. Variación del contraste cuando éste se calcula a partir de L_5 o de L_{10}.

Y también se definirá el contraste con el percentil $\boldsymbol{L}_{90}$, porque se ha observado en las mediciones de las muestras del catálogo que L_{95} tiende a desestabilizarse, es decir, que al repetir varias veces las mediciones de una misma muestra de sonido, se obtienen valores muy dispares, lo que implica la posibilidad de obtener valores erróneos del contraste. Esto ocurre especialmente para muestras de corta duración, y las utilizadas en el presente trabajo, tienen todas una duración de entre 15 y 30 segundos por lo que al utilizar L_{90} para el cálculo del contraste se evitará grandes variaciones de C para una misma señal. Para sonidos de más duración si que hubiese sido posible utilizar L_{95} para el cálculo del contraste.

El sonido de la figura 13 se corresponde con el de una alarma de un despertador, y se han llevado a cabo las medidas de este sonido para diferentes tiempos, y en la tabla II se han anotado los resultados obtenidos. Se observa que para un tiempo de 10 segundos se ha obtenido un valor erróneo de L_{95}, por lo que, consecuentemente, hace variar bastante el contraste.

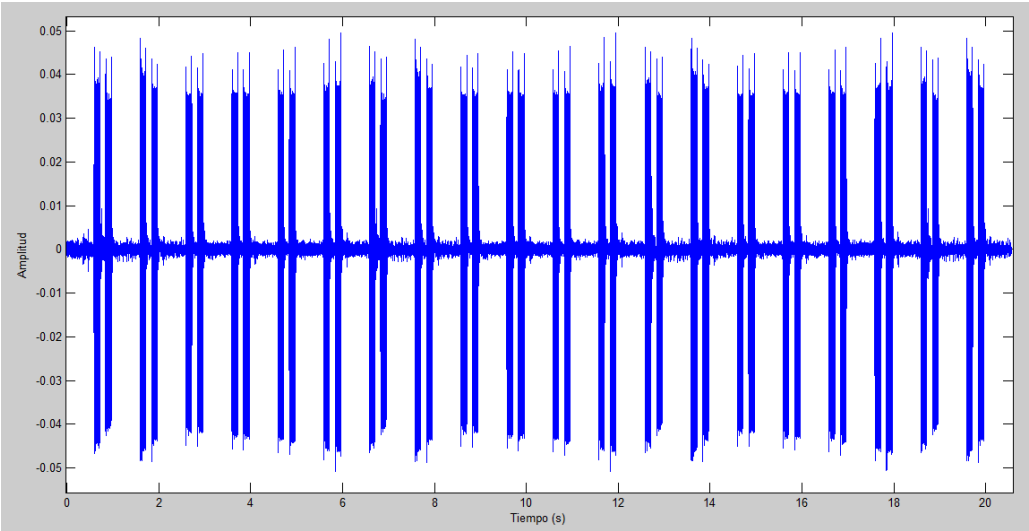

Figura 13. Alarma de un despertador. Fuente propia.

Despertador						
Nº	Tiempo (s)	L_{eq} (dBA)	L_5 (dBA)	L_{10} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{95} (dBA)
1	9	59,18	60,35	60,31	52,58	52,48
2	10	58.73	60.35	60.30	52.40	25.5
3	20	59.74	60.36	60.32	59.44	53.58
4	25	59,67	60,36	60,32	59,42	55,65

Tabla II
MEDIDAS OBTENIDAS DE UN DESPERTADOR A TIEMPOS DIFERENTES.

Por tanto, se definirá al contraste (C) como:

$$\boxed{C[dBA] = L_5 - L_{90}} \tag{12}$$

6.2. *Relación entre C y L_{eq}*

En este apartado se estudiará el patrón de comportamiento del contraste acústico (C) y del nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) de manera experimental y teórica.

6.2.1. Deducción teórica

Un registro sonoro es una serie de valores $g(t)$ cuyo procesado por un sistema electrónico permite la reproducción de un sonido. Este sonido, caracterizado por su presión sonora o su intensidad sonora tendrá carácter variable en el tiempo, $p(t)$ o $I(t)$. Habitualmente los equipos de medida registran esta dependencia en términos del nivel de presión sonora o el nivel de intensidad sonora, que a su vez será una función continua del tiempo $L(t)$. Si bien el registro de los equipos tiene lugar de manera discreta, es decir, sólo registran valores cada cierto intervalo de tiempo, podremos suponer que es lo suficientemente frecuente como para considerar que es suficientemente continuo.

Una vez obtenido el registro de un sonido durante un tiempo T, y dividido el espectro de medidas obtenidas en intervalos iguales de amplitud ΔL, $\{(L_i, L_i + \Delta L)\ i = 1, 2, 3, ...\}$ se puede conocer la distribución $f(L_i)$ que nos indica el porcentaje de tiempo que el sonido tuvo un nivel entre L_i y $L_i + \Delta L$. La distribución de probabilidad acumulada $F(L_i)$, definida como $F(L_i) = \sum_{j=1}^{j=i} f(L_j)$, indica el porcentaje del tiempo que el sonido tuvo un nivel superior L_i.

De todos los valores posibles de esta distribución acumulada se suelen utilizar un conjunto discreto de valores, considerados como parámetros representativos del sonido. Dichos parámetros son los denominados niveles percentiles, L_N, que indican el nivel acústico superado durante un $N\,\%$ del tiempo. De modo que L_N es el valor de L tal que $F(L) = N\,\%$. El conjunto de valores habitualmente utilizado para definir los niveles percentiles es $N = \{1, 5, 10, 50, 90, 95, 99\}$. Con dos de estos niveles percentiles se define el contraste C como $C = L_{N_2} - L_{N_1}$.

Con esta descripción, donde el nivel L_i se registra durante un tiempo $T \cdot f(L_i)$, la energía acumulada a lo largo de este tiempo será:

$$E_i = T \cdot f(L_i) \cdot I_0 \cdot 10^{L_i/10} \tag{13}$$

De modo que el nivel sonoro equivalente a lo largo de T será:

$$L_{eq} = 10 \cdot log \sum f(L_i) 10^{L_i/10} \tag{14}$$

Cuando el sistema de reproducción modifica el sonido producido a partir de $g(t)$, suponiendo que lo hace de modo proporcional, generará un nivel de intensidad sonora $\alpha\ I(t)$. Correspondientemente el nivel de intensidad se modificará. Cuando originalmente el valor era L, ahora será:

$$L' = 10 \cdot log \frac{I'}{I_0} = 10 \cdot log \frac{\alpha \cdot I}{I_0} = 10 \cdot log\ \alpha + L = \beta + L \tag{15}$$

Tal que $\beta = 10 \cdot log\ \alpha$. De modo que durante los mismos intervalos de tiempo en el que inicialmente teníamos valores entre L_i y $L_i + \Delta L$ ahora tendremos valores entre L'_i y $L'_i + \Delta L$, es decir, entre $\beta + L_i$ y $\beta + L_i + \Delta L$. Los nuevos niveles percentiles, L'_N, habrán sufrido un corrimiento de valor β homogéneo respecto de los iniciales L_N. Algo idéntico ocurre con el valor del nivel sonoro equivalente:

$$\begin{aligned}
L'_{eq} &= 10 \cdot log \sum f(L'_i) 10^{L'_i/10} = \\
&= 10 \cdot log \sum f(L_i) 10^{(\beta + L_i)/10} = \\
&= 10 \cdot log \sum f(L_i) 10^{\beta/10} \cdot 10^{L_i/10} = \\
&= 10 \cdot log \left(10^{\beta/10} \cdot \sum f(L_i) \cdot 10^{L_i/10} \right) = \\
&= 10 \cdot \left[log \left(10^{\beta/10} \right) + log \left(\sum f(L_i) \cdot 10^{L_i/10} \right) \right] = \\
&= 10 \cdot log \left(10^{\beta/10} \right) + 10 \cdot log \left(\sum f(L_i) \cdot 10^{L_i/10} \right) = \\
&= \beta + L_{eq}
\end{aligned} \tag{16}$$

Por lo que se deduce que una amplificación (positiva o negativa) actúa de manera idéntica sobre su nivel de intensidad que durante todo el tiempo. Sin embargo, cuando se calcula el nuevo valor del contraste:

$$C' = L'_{N_2} - L'_{N_1} = (\beta + L_{N_2}) - (\beta + L_{N_1}) = L_{N_2} - L_{N_1} = C \tag{17}$$

Se deduce que no tendría que haber variación en el valor del C al amplificar (positiva o negativamente) una señal.

6.2.2. *Deducción experimental*

Se ha llevado a cabo la medición de una pequeña cantidad de sonidos y de cada una de las categorías para intentar interpretar cómo varía el contraste de un mismo sonido en función de su L_{eq}. Para cambiar el valor de L_{eq} se ha amplificado y reducido la amplitud de la señal con el reproductor Audacity en saltos de $\pm 3dB$. Cada medida se ha realizado tres veces tal y como verse en la figura 14, posteriormente se ha realizado un ajuste lineal cuyos resultados se adjuntan en la tabla III.

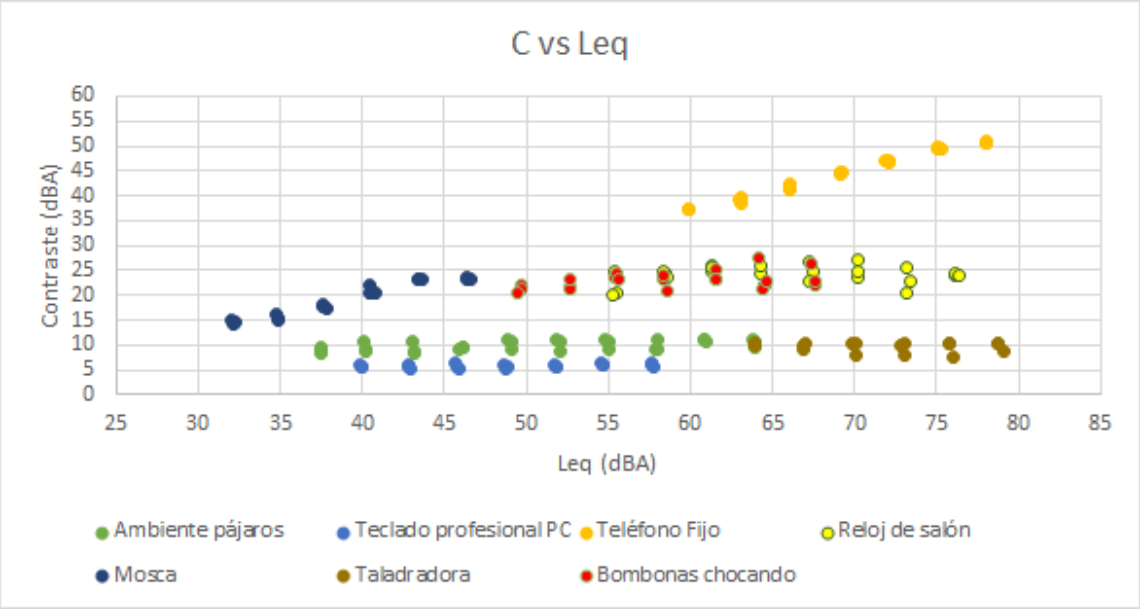

Figura 14. Variación del Contraste (C) para diferentes tipos de sonidos.

Nombre	Pendiente	Ordenada	R^2
Ambiente de pájaros gallegos	0,0633	6,7086	0,3014
Tecleo profesional en un ordenador portátil	0,0154	5,0697	0,0751
Tono de teléfono fijo 1	0,7870	-10,0767	0,9906
Reloj de salón dando las horas	0,0348	21,7526	0,0166
Mosca	0,6993	-8,1850	0,9462
Taladradora de pared	-0,0334	11,9755	0,0345
Movimientos de bombonas golpeándose	0,1320	15,2549	0,1988

Tabla III
AJUSTE LINEAL DE LA VARIACIÓN DE C CON RESPECTO AL L_{eq}.

Tras analizar los resultados de la figura 14 y su ajuste lineal de la tabla III se observa que un par de sonidos (el de la mosca y el del teléfono) a parte de tener un comportamiento lineal, C varía en función de L_{eq}, mientras que en el resto de sonidos C se mantiene constante al variar su L_{eq}.

Cabe recordar que el contraste se calcula a partir de los percentiles L_5 y L_{90}; el primero se corresponde con los máximos de la señal mientras que el segundo con el ruido de fondo de dicha señal, por lo que al amplificar la amplitud de ésta en saltos de $\pm 3dB$, también se amplificará en saltos de $\pm 3dB$ el L_{eq} y los percentiles. En el caso del percentil L_5 así ocurre (véase la figura 15), se observa que correlaciona perfectamente con el L_{eq}, incluso además con sonidos de distinta procedencia: véase en la figura 16 como todas las muestras del catálogo se aproximan a la recta tras relizar un ajuste lineal. Sin embargo el comportamiento de L_{90} es diferente (figura 17).

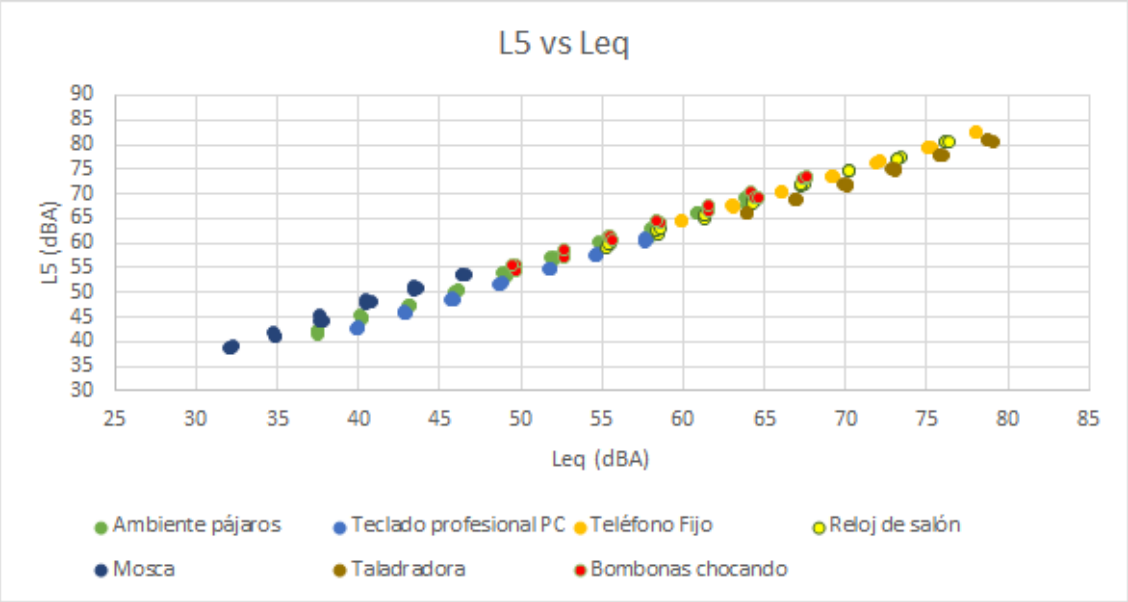

Figura 15. Variación del percentil L_5 en función de L_{eq}.

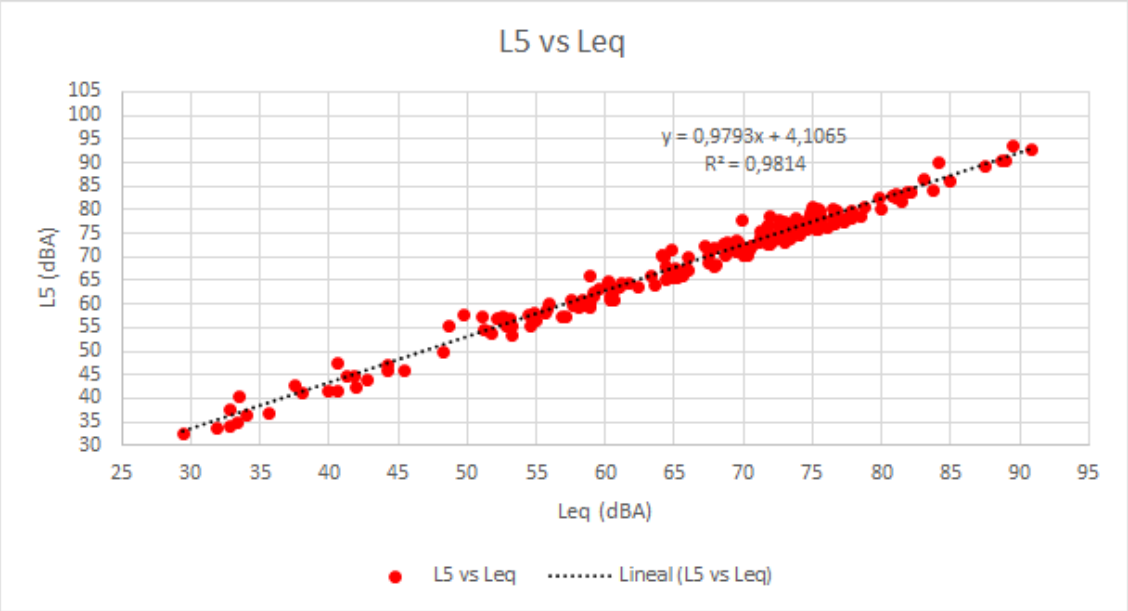

Figura 16. Regresión lineal con L_5 y L_{eq}. Todas las muestras del catálogo.

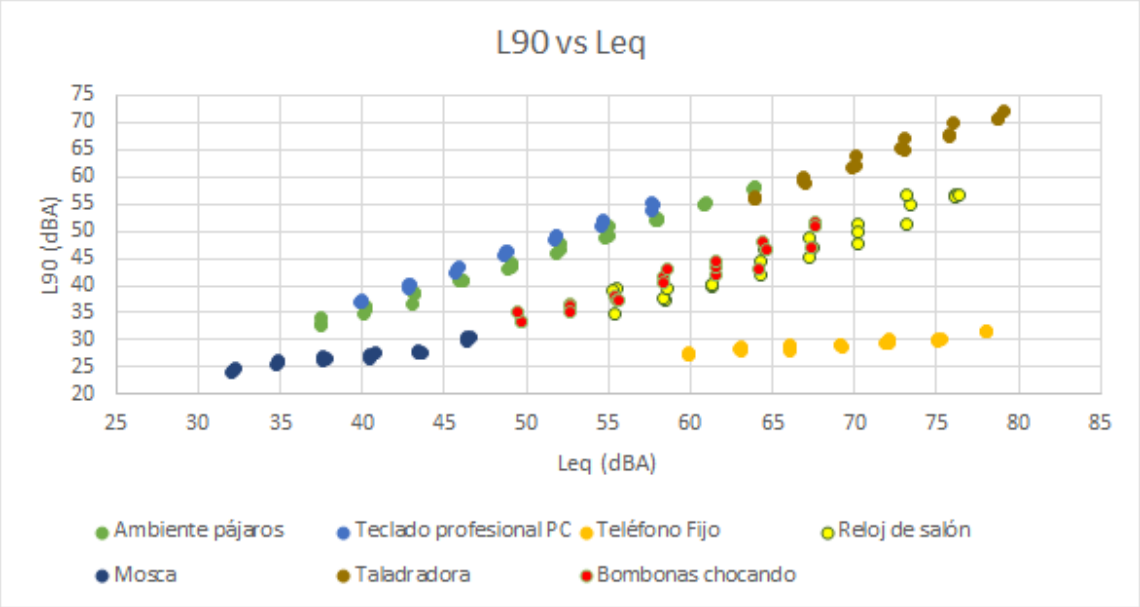

Figura 17. Variación del percentil L_{90} en función de L_{eq}.

Nombre	Pendiente	Ordenada	R^2
Ambiente de pájaros gallegos	0,9471	-2,5997	0,9952
Tecleo profesional en un ordenador portátil	0,9887	-2,3172	0,9965
Tono de teléfono fijo 1	0,1990	15,4960	0,8884
Reloj de salón dando las horas	0,9716	-17,9640	0,9321
Mosca	0,3499	13,2690	0,9151
Taladradora de pared	1,0216	-9,0965	0,9786
Movimientos de bombonas golpeándose	0,8721	-9,8571	0,9313

Tabla IV
AJUSTE LINEAL DE LA VARIACIÓN DE L_{90} CON RESPECTO AL L_{eq}.

En la figura 17 se observa que aquellos sonidos que tienen un L_{90} muy bajo son precisamente los sonidos cuyo C varía significativamente en función del valor del L_{eq} tal y como se pudo observar en la figura 14. Además si observamos las pendientes de L_{90} frente a L_{eq} (tabla IV), éstas son muy altas en todos los casos salvo en los sonidos para un L_{90} muy bajo, a partir de los 30 dBA aproximadamente.

6.2.3. Discusión

En la deducción teórica (apartado 6.2.1) se llegó a la conclusión de que el valor de C no tendría que variar en función de L_{eq}, sin embargo, de manera experimental (figura 14) se observa que esto es así en gran parte de los casos, pero no en todos. ¿Cómo se puede justificar está separación del modelo propuesto? ¿Cuándo el modelo propuesto deja de ser adecuado?

Esto es así cuando el sonido medido tenga como origen exclusivamente la reproducción del registro sonoro $g(t)$. En el modelo, se ha considerado que todo el espectro sonoro se desplaza de igual modo al amplificar el sonido, ya que sea cual sea su nivel de intensidad sonora se considera proveniente únicamente del sistema de reproducción. Sin embargo, se sabe que esto no tiene por qué ser así. Siempre se tiene, de manera incontrolada, y supuestamente aleatoria, un ruido de fondo. Si bien en el laboratorio se toman las medidas oportunas para que esta contribución del ruido sea pequeña respecto al sonido bajo estudio, cuando éste último es en sí mismo de bajo nivel, la contribución del ruido de fondo se convierte en relevante.

De tal modo que una modelización más fiel con la realidad será la que considere el

sonido medido como la suma de dos contribuciones, una, la que hemos venido utilizando $L(t)$ y una segunda $L_{fondo}(t)$. La primera será amplificada mediante el sistema de reproducción hasta $L'(t)$, pero la contribución del ruido de fondo será constante a lo largo del tiempo.

Véase en la figura 18 como dada una distribución acumulativa de un sonido cualquiera, al amplificarlo por un factor $\alpha = 1/8$ ($\beta = 10log\alpha = -9$), en cada instante la señal disminuye 9 dB. Sin embargo, si a esta señal se le suma ruido de fondo externo con un $L_{eq}(fondo)$ lo suficientemente grande, puede hacer cambiar los valores del percentil L_{90}, y en consecuencia, C, tal y como puede verse en la figura 19.

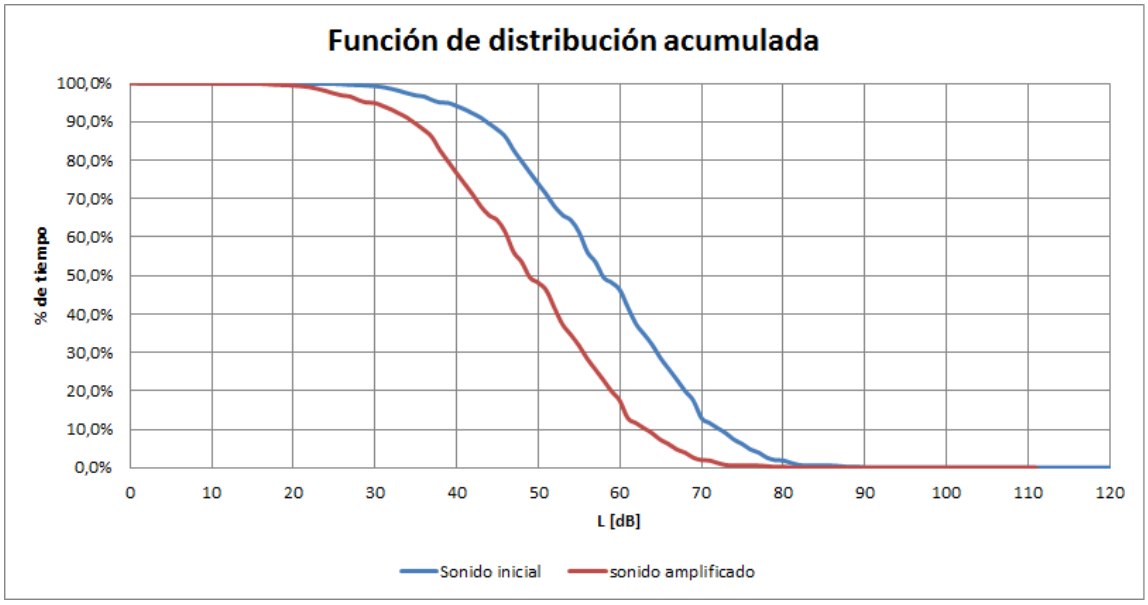

Figura 18. Función de distribución acumulada de una señal amplificada -9dB.

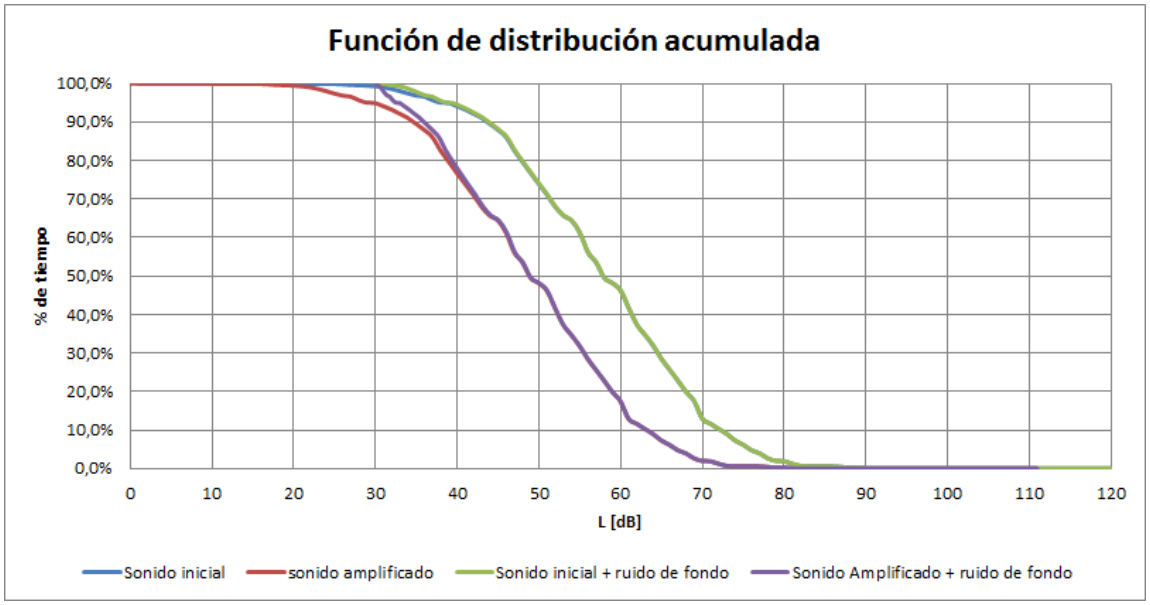

Figura 19. Función de distribución acumulada de una señal con una amplificación negativa de -9dB y añadiendo ruido de fondo.

6.3. *Resultados Obtenidos: C vs L_{eq}*

Se ha llevado a cabo la medición de cada muestra de sonido para el cálculo del contraste acústico y se han clasificado por categorías para facilitar su búsqueda e intentar estudiar el comportamiento del contraste y del L_{eq} por dichas categorías. Las siguientes figuras muestran los resultados obtenidos.

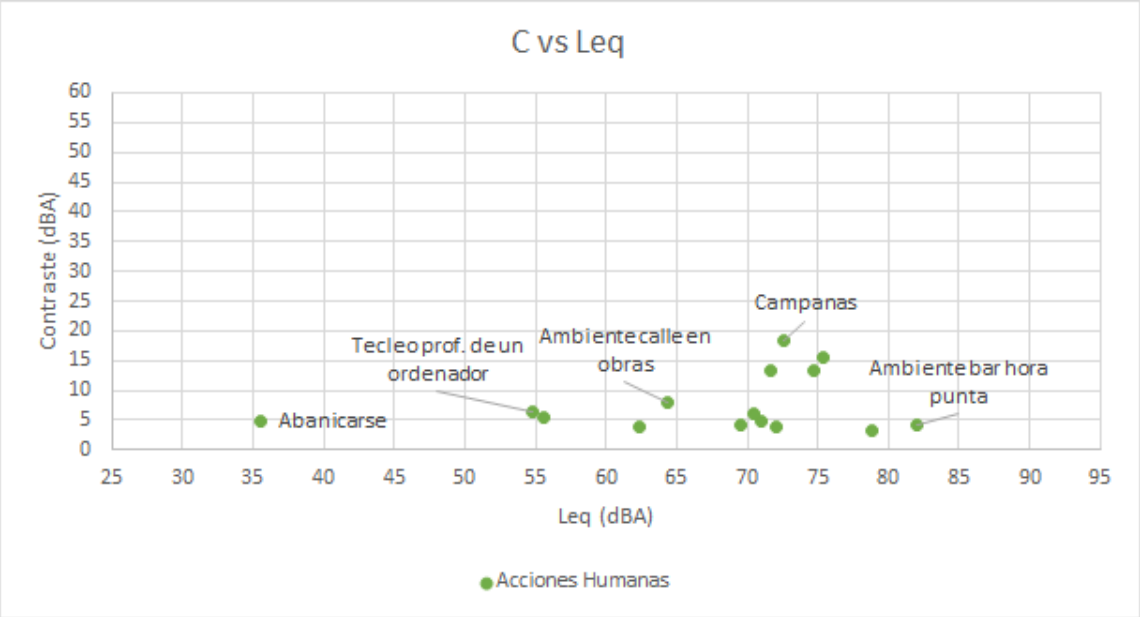

Figura 20. Contraste vs L_{eq}. Acciones Humanas.

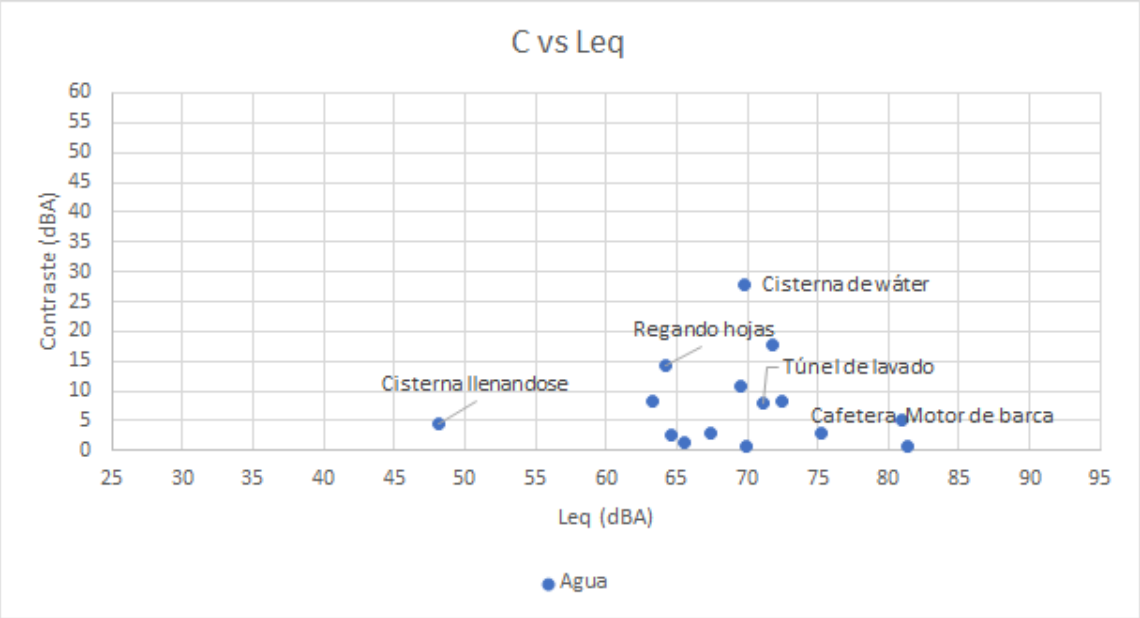

Figura 21. Contraste vs L_{eq}. Agua.

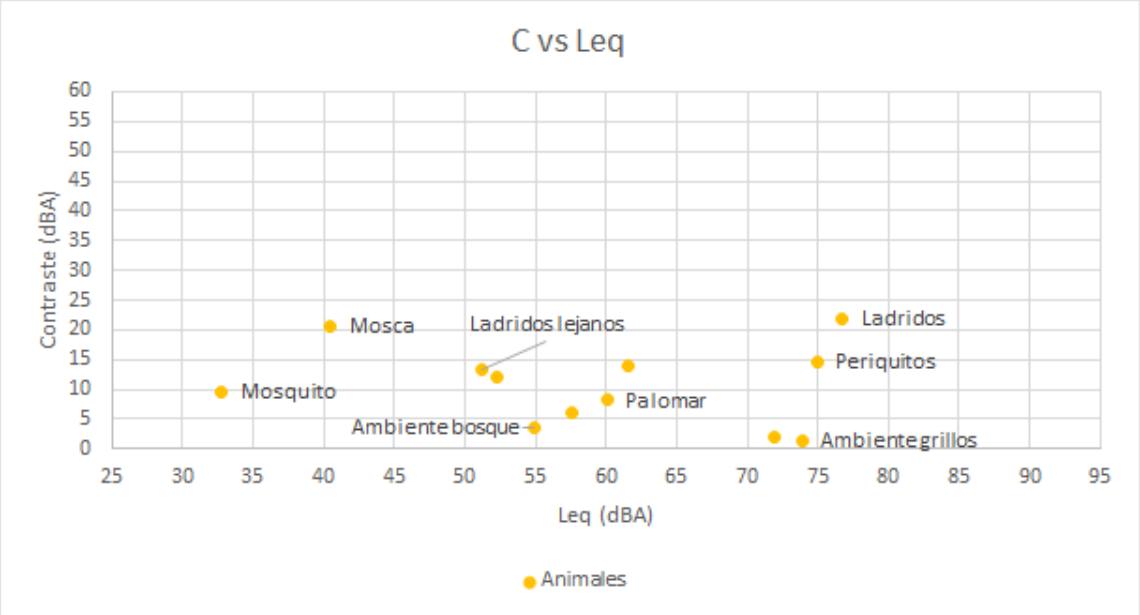

Figura 22. Contraste vs L_{eq}. Animales.

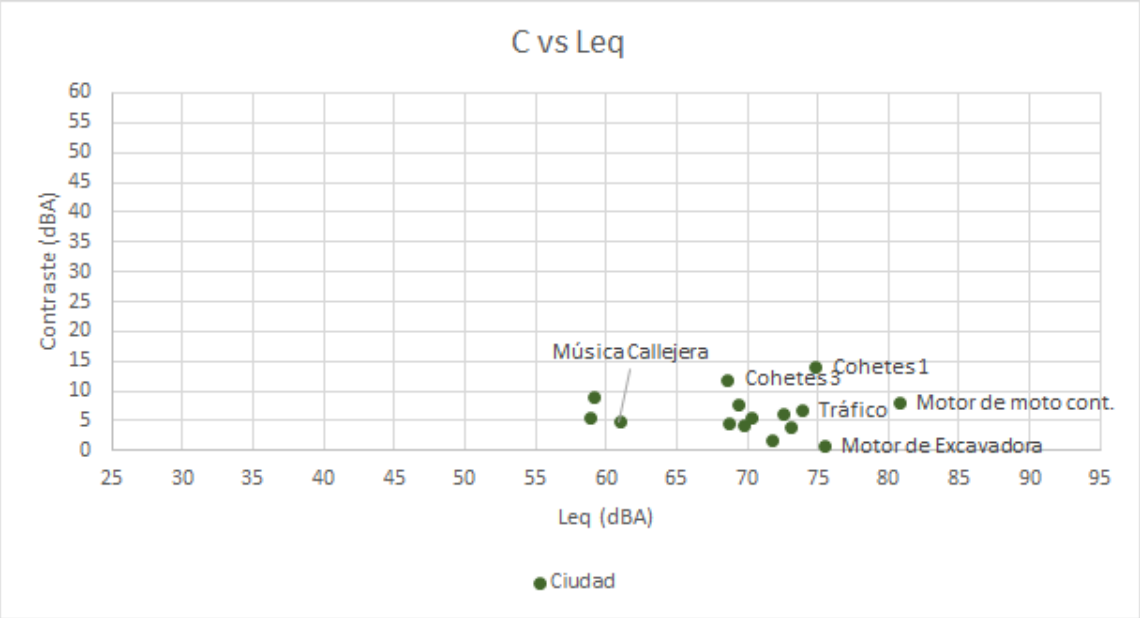

Figura 23. Contraste vs L_{eq}. Ciudad.

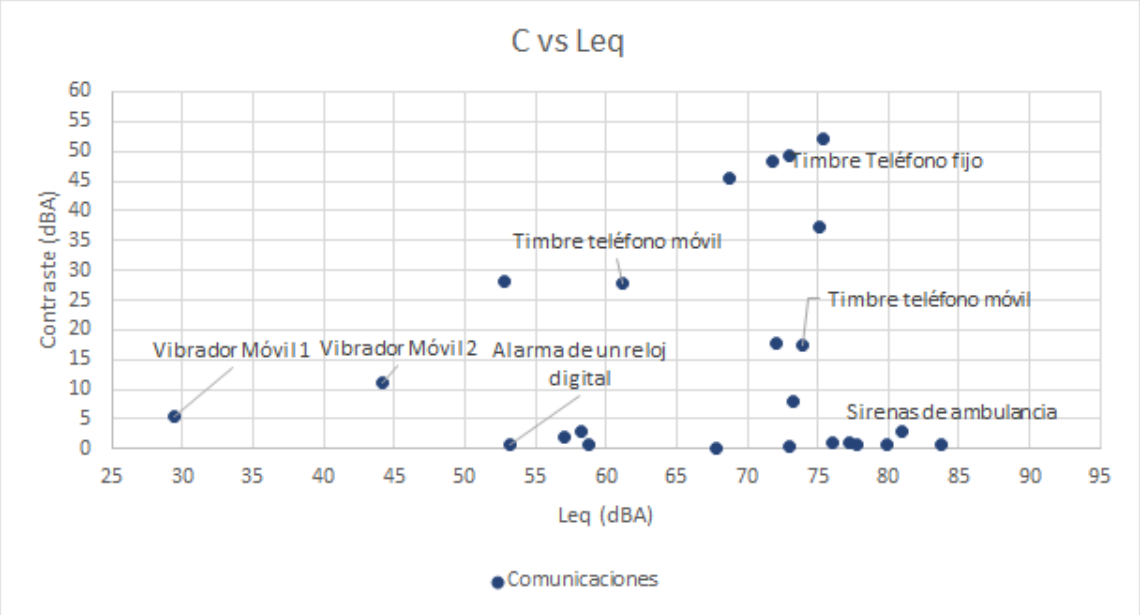

Figura 24. Contraste vs L_{eq}. Comunicaciones.

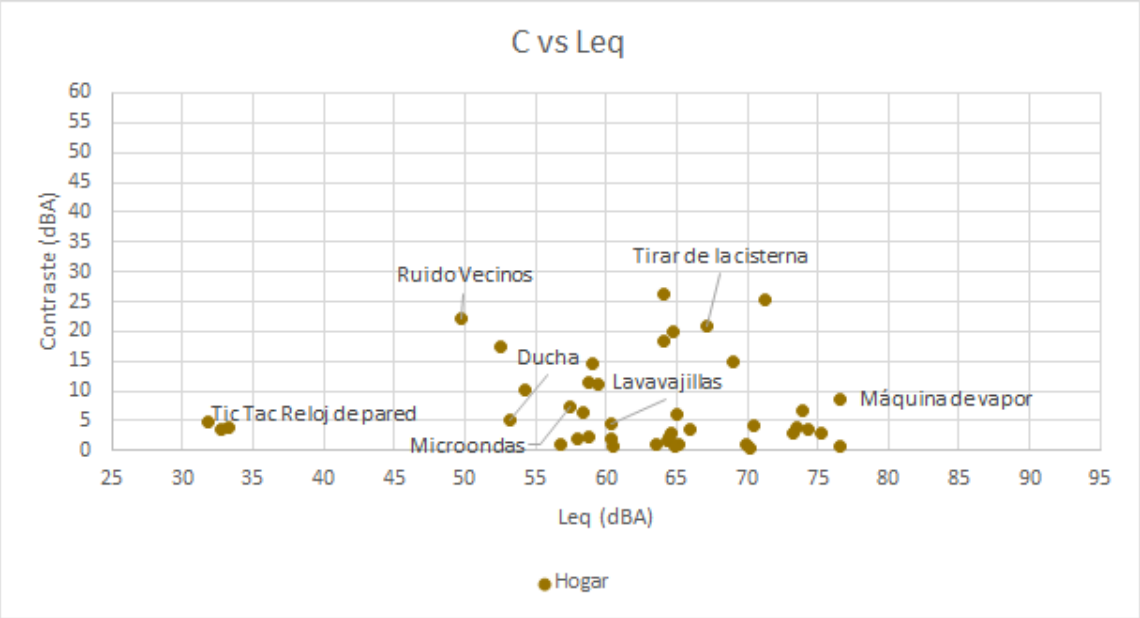

Figura 25. Contraste vs L_{eq}. Hogar.

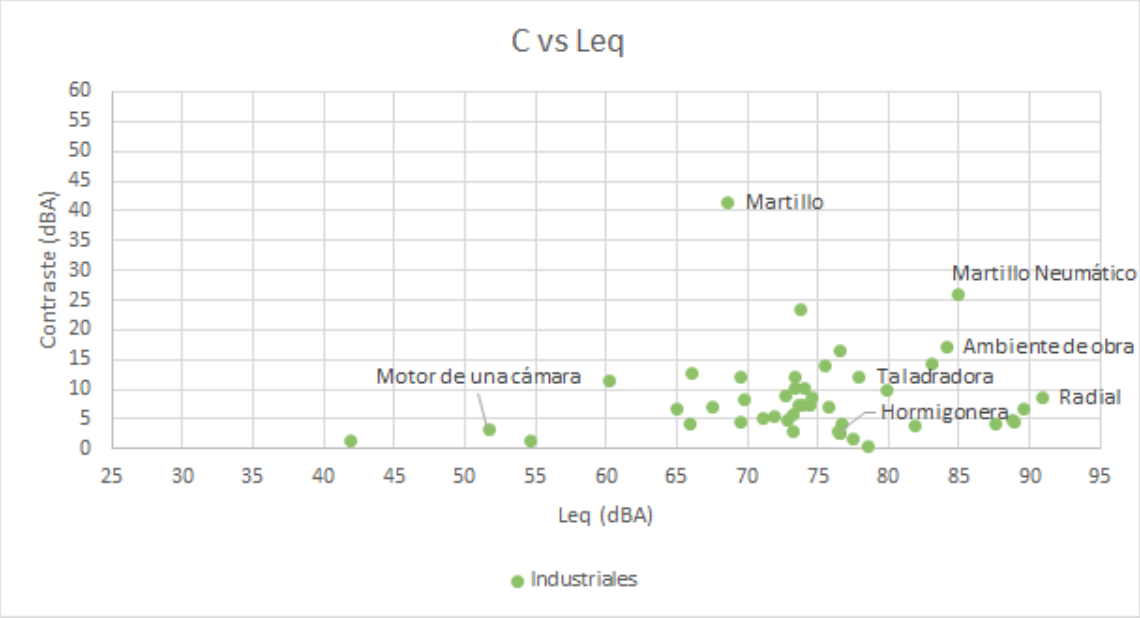

Figura 26. Contraste vs L_{eq}. Industriales.

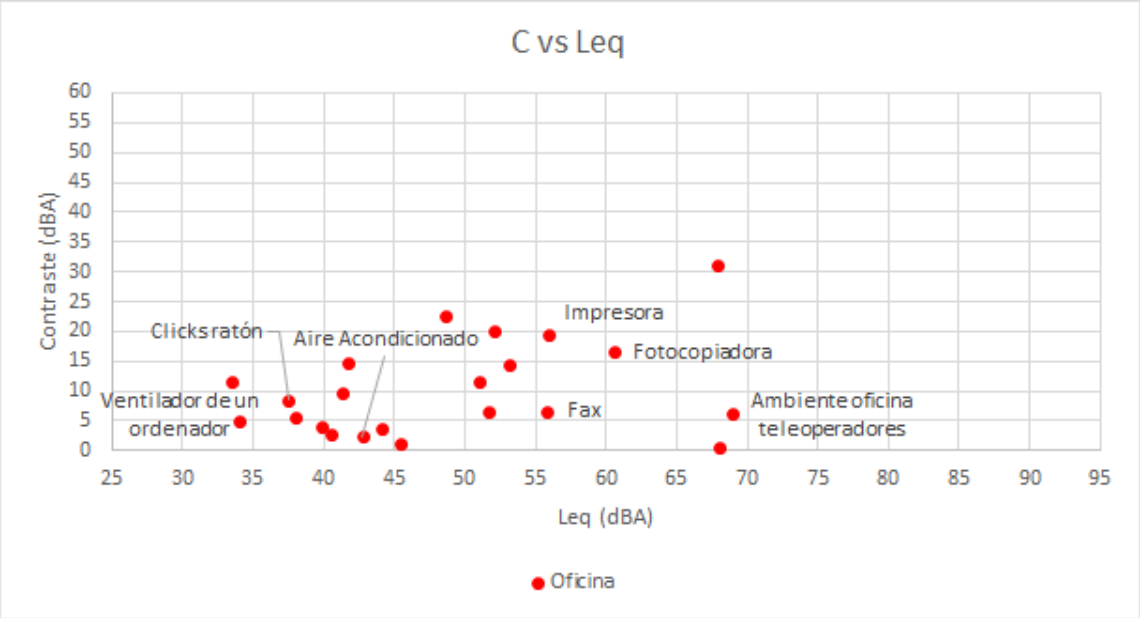

Figura 27. Contraste vs L_{eq}. Oficina.

Se aprecia que algunas categorías ocupan un determinado espacio en el plano. Por ejemplo, los sonidos industriales (figura 26) suelen tener un L_{eq} muy alto y con un contraste que tiende a decrecer para los niveles más bajos y más altos del espacio que ocupan en el plano. En cambio los sonidos de oficinas (figura 27), que suelen tener un L_{eq} más bajo, se encuentran sonidos con un contraste más alto a mayor L_{eq}. En la figura 28 se puede ver una comparativa de ambos tipos de ruidos y el lugar que ocupan en el espacio C vs L_{eq}.

En las gráficas de la figuras 29 y 30 se muestra como los sonidos pertenecientes a la categoría hogar, junto a algunos sonidos de la categoría comunicaciones, ocupan gran parte del espacio C vs L_{eq}, y que además, algunos tienen un contraste muy alto. Hay que tener en cuenta que muchos de los sonidos de la categoría comunicaciones, como pueden ser teléfonos móviles, teléfonos fijos y despertadores, se producen también en nuestros hogares, por eso en la gráfica mencionada se han añadido estos cuatro tipos de sonidos de dicha categoría.

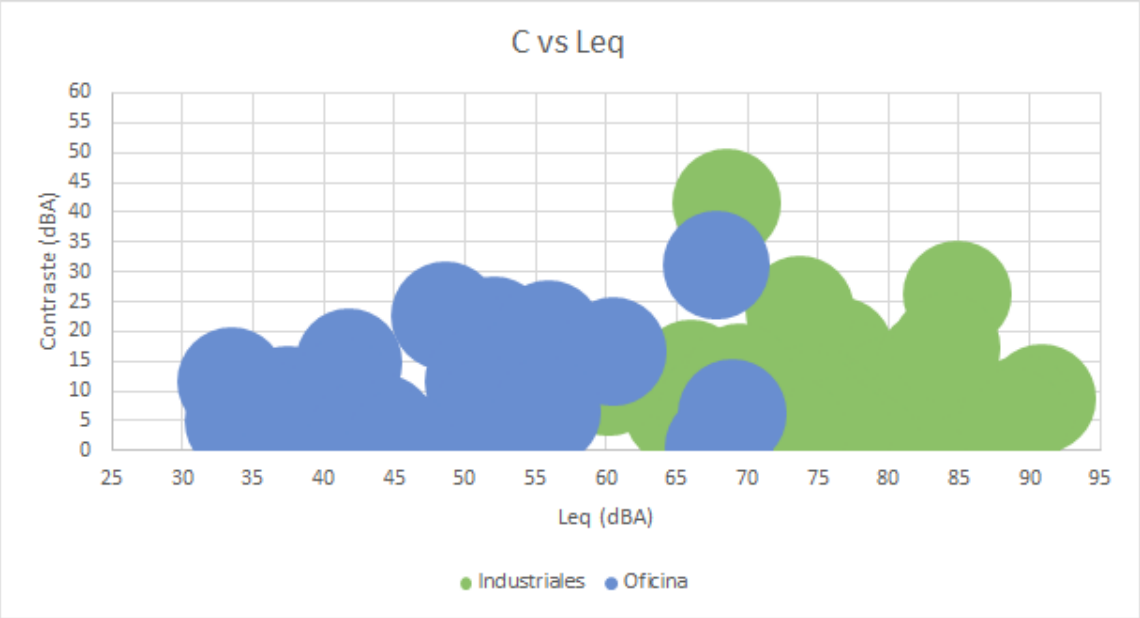

Figura 28. Contraste de sonidos industriales vs oficina.

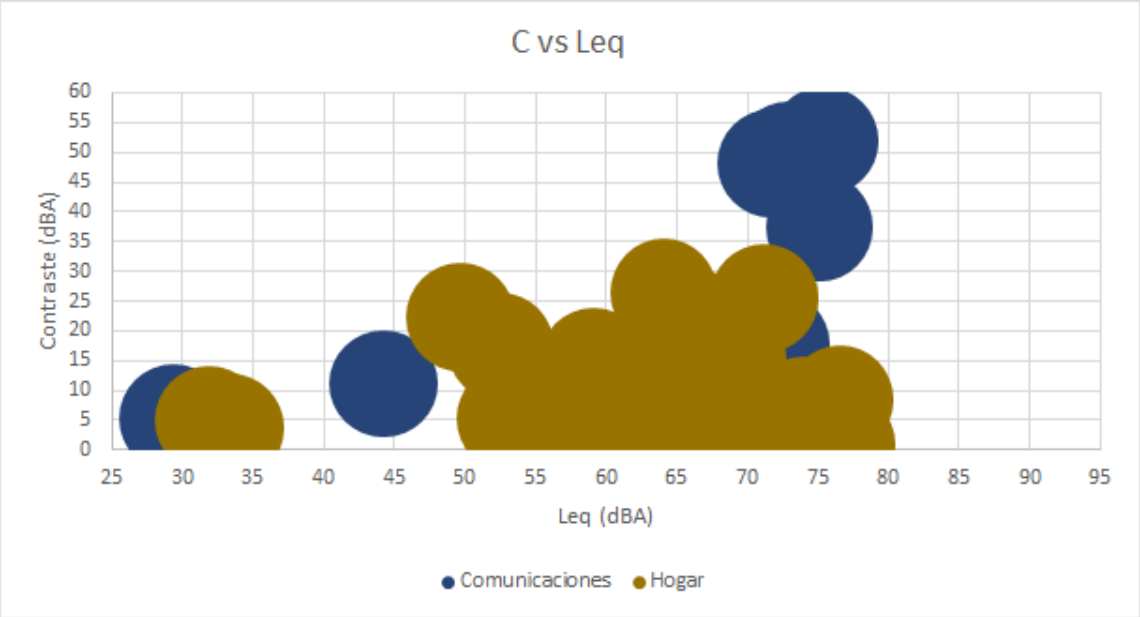

Figura 29. C y L_{eq} de sonidos que se pueden producir en nuestros hogares

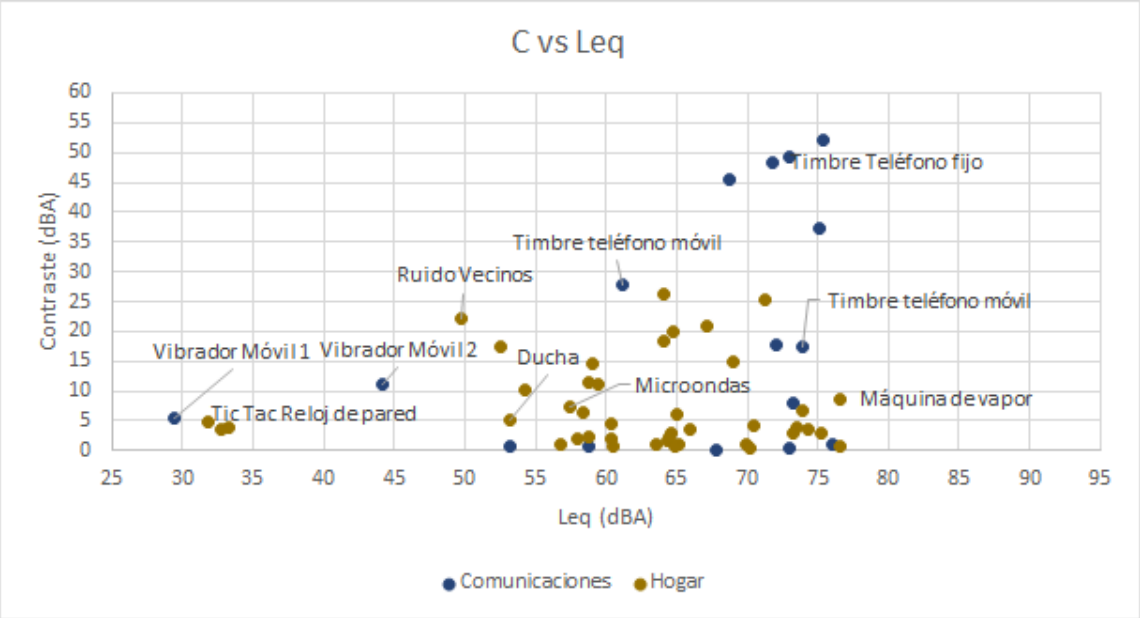

Figura 30. C y L_{eq} de sonidos que se pueden producir en nuestros hogares

Mencionar también que la razón por la que los tonos de teléfonos tengan un contraste tan alto es porque precisamente la intención es la de llamar la atención de la persona que recibe la llamada, de ahí que tengan un L_{eq} y un contraste tan alto, y en consecuencia puedan llegar a resultar tan molestos estos tipos de sonidos.

Por último, en la figura 31 se muestra una gráfica del contraste en función de nivel sonoro continuo equivalente de todas las muestras de sonido medidas y analizadas, cuyos datos se adjuntan en el Anexo. Si se compara con otros estudios realizados hasta la fecha como el realizado por Robert Barti para la Sociedad Española de Acústica en el 46º Congreso Español de Acústica [8], y cuyo resultado final es el mostrado en la figura 32, se observa que el contraste en ambas gráficas tienen un patrón de comportamiento muy parecido, en el que podemos encontrar muestras de sonidos cuyo contraste tiende a crecer a mayor L_{eq} pero que a niveles muy altos cada vez va siendo más difícil encontrar muestras con un contraste alto. Se pueden encontrar sonidos con un L_{eq} alto y un contraste alto, pudiendo ampliar todavía más esta frontera, pero los altavoces utilizados para las mediciones no son capaces de reproducir sonidos con un nivel de presión sonora tan alto.

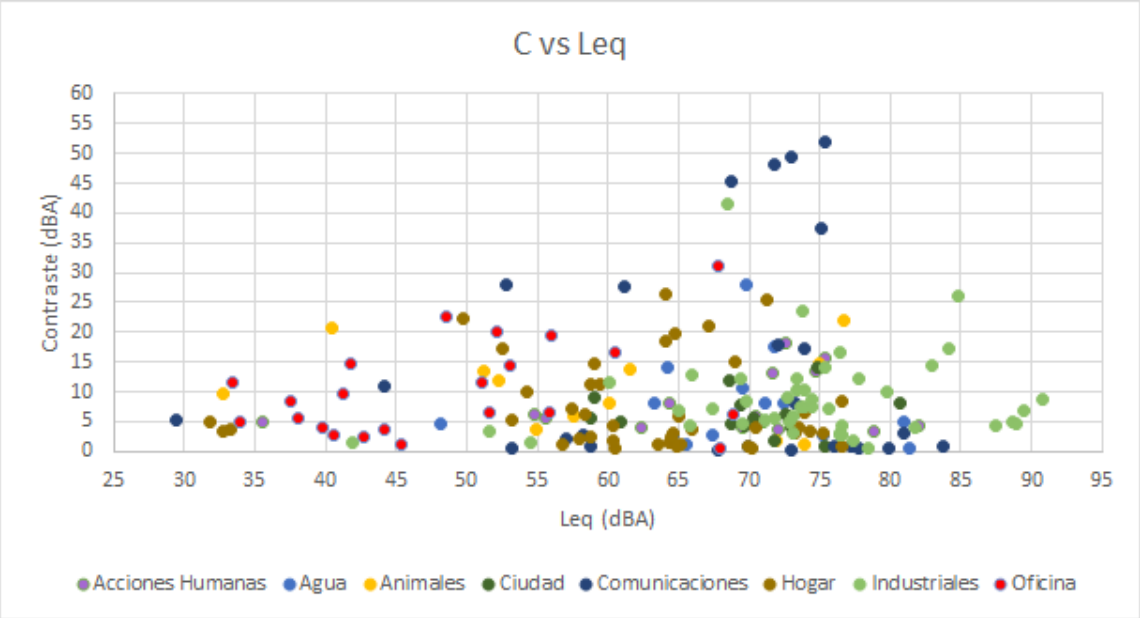

Figura 31. Contraste vs L_{eq}. Todas las muestras.

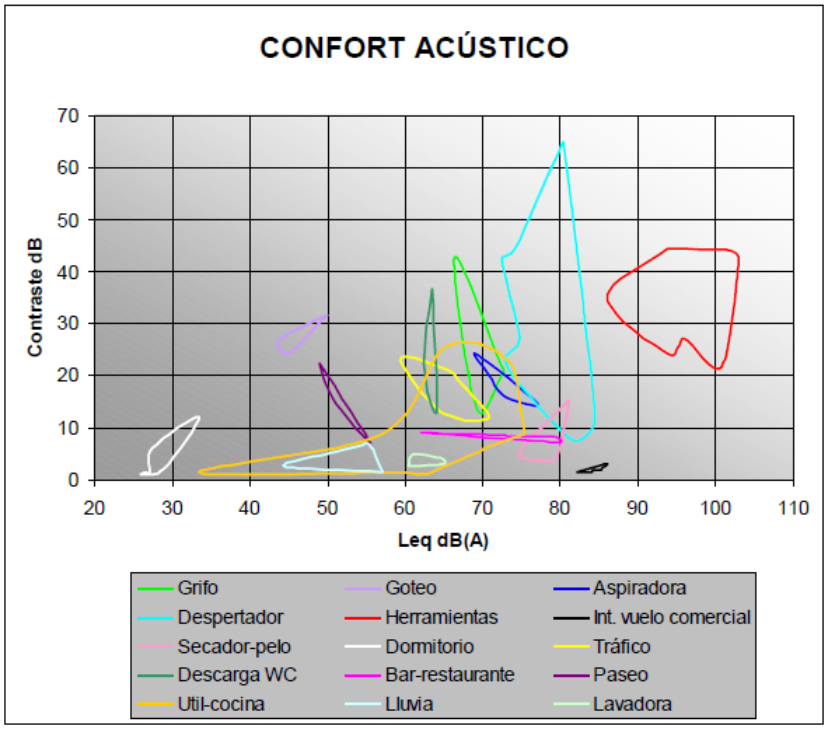

Figura 32. Contraste vs L_{eq}. (Barti R., p.444).

6.4. Medida de Molestia sobre personas

Se han llevado a cabo pruebas en personas de una pequeña cantidad de muestras (véase tabla XIX) para evaluar la molestia percibida por éstas de la forma más objetiva posible y así relacionar la molestia percibida con los resultados obtenidos de las medidas del apartado 6.3. Como puede verse en la tabla V, a cada una de las personas se le ha preguntado su edad, sexo, nivel de estudios, estado de estrés y nivel anímico para tener datos demográficos de ellos por si fueran de interés. Los datos de cada uno de ellos son los representados en la tabla VI. Cada sujeto ha calificado el nivel de molestia percibida en una escala de 0 a 100, y se han obtenido los resultados que se muestras en las siguientes figuras.

Información demográfica					
Edad					
Sexo	hombre / mujer				
Nivel de Estudios Terminados	Sin Estudios	Primaria	Secundaria	Bach. o F.P. II	Universidad
Estado de estrés	Muy Alto	Alto	Regular	Bajo	Muy Bajo
Estado Anímico	Muy Bien	Bien	Regular	Mal	Muy Mal

Tabla V
DATOS DEMOGRÁFICOS A RELLENAR POR CADA SUJETO.

Información demográfica obtenida				
	P1	P2	P3	P4
Fecha	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016	26/05/2016
Hora	10:30	11:30	16:30	16:30
Edad	48	29	35	59
Sexo	Hombre	Hombre	Mujer	Hombre
Nivel de Estudios Terminados	Universidad	Bachillerato	Universidad	Secundaria
Estado de estrés	Muy alto	Regular	Regular	Muy alto
Estado anímico	Mal	Bien	Bien	Regular

Tabla VI
INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA OBTENIDA.

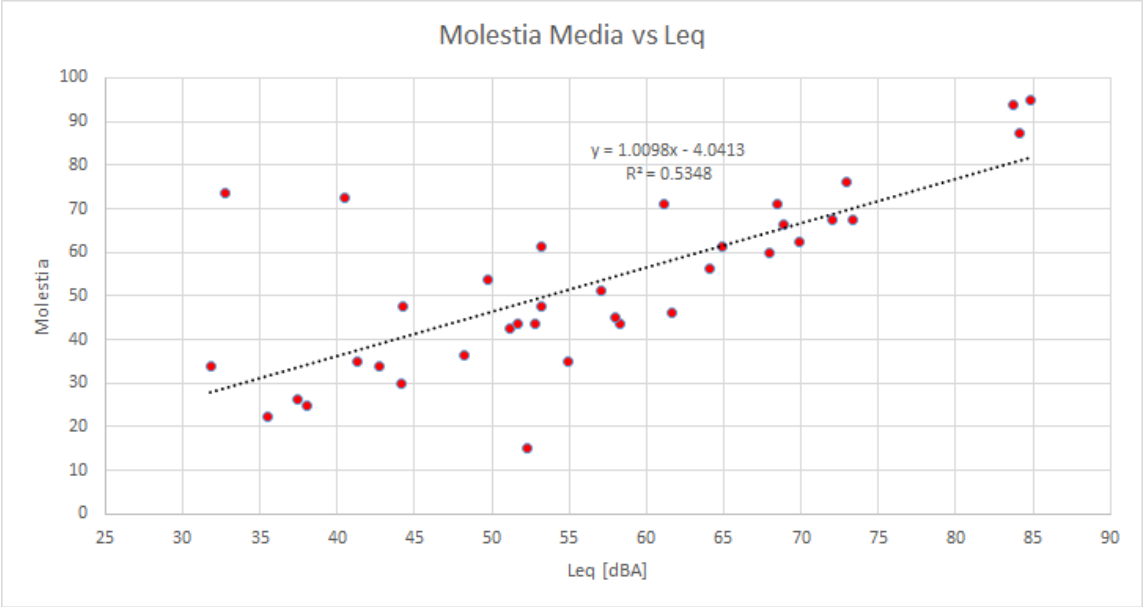

Figura 33. Molestia media en función del nivel sonoro continuo equivalente.

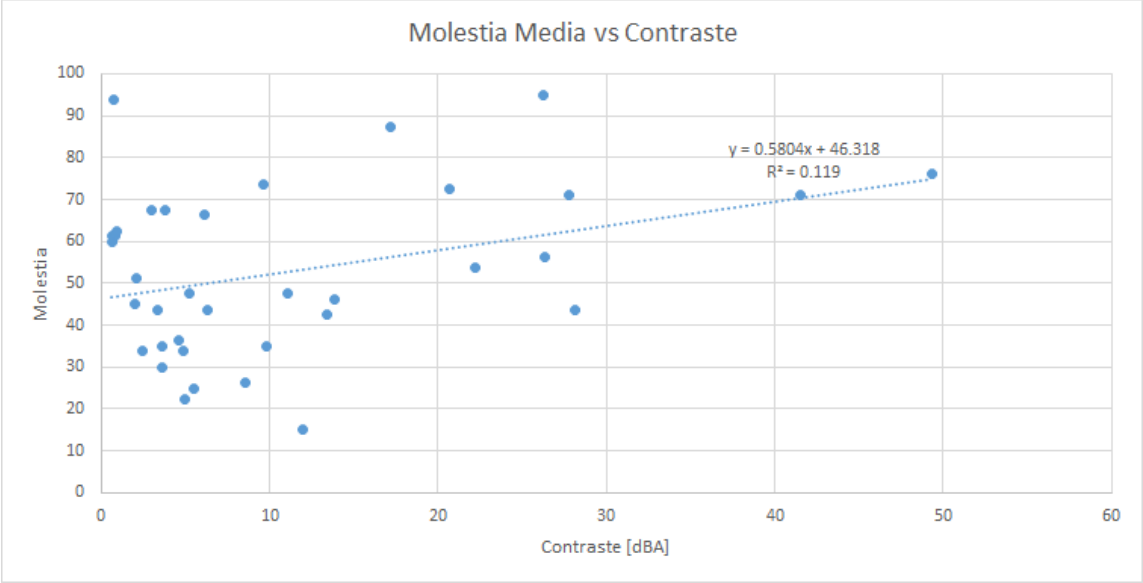

Figura 34. Molestia media en función del contraste.

En la figura 33 se aprecia que existe cierta linealidad entre molestia y nivel sonoro continuo equivalente, sin embargo en la figura 34 (M vs C) no lo parece, pero existen datos estadísticos interesantes, y es que al calcular el coeficiente de correlación R para ambos casos y compararlo con los valores críticos bilaterales de la R de Pearson para una muestra de 36 puntos, se puede llegar a la conclusión de que ambos resultados son estadísticamente significativos porque se cumple que:

- Para M vs L_{eq}, $R = \sqrt{0,5348} > 0,418 \Rightarrow$ Correlación significativa al 99,5 %.
- Para M vs C, $R = \sqrt{0,119} > 0,325 \Rightarrow$ Correlación significativa al 97,5 %.

En las figuras 35 y 36 también se puede ver esa tendencia creciente, aunque con altibajos, de la molestia a mayor L_{eq}. Y en cuanto a la relación entre contraste y la molestia, en la figura 35, se ve como en muchos casos, existe una relación entre ambos, especialmente para sonidos con un L_{eq} muy cercanos, en donde se aprecian picos de molestia a mayor contraste.

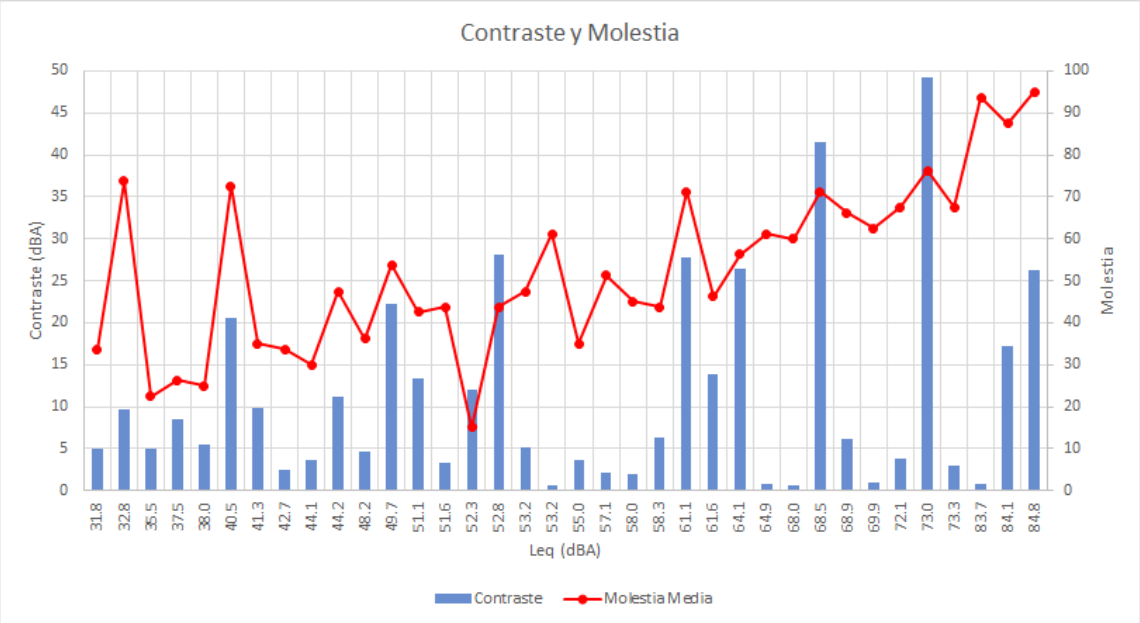

Figura 35. Contraste y Molestia en función del L_{eq}

.

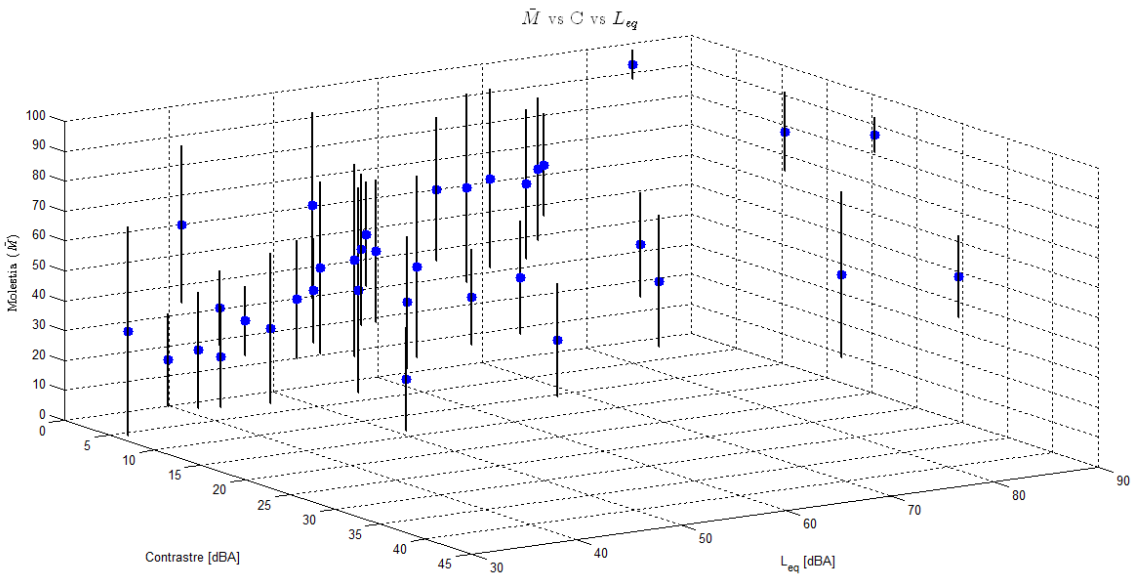

Figura 36. Molestia media ($\bar{M}$) en función de C y del L_{eq}. En negro se muestra el error típico.

Por otra parte, se ha realizado una regresión múltiple para representar una estimación de comportamiento de la molestia en función del contraste y del nivel sonoro continuo equivalente dando como resultado los siguientes datos estadísticos de las tablas VII y VIII.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple R	0,75394
Coeficiente de determinación R^2	0,56842
R^2 ajustado	0,54226
Error típico	13,59210
Observaciones	36

Tabla VII
ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE I (M VS C VS L_{eq}).

	Coeficientes	Error típico
Intercepción n	-4,25392	9,17552
Variable L_{eq}	0,95067	0,16217
Variable C	0,31667	0,19760

Tabla VIII
ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE II (M VS C VS L_{eq}).

Por lo que se obtiene la siguiente ecuación del plano M(L_{eq},C):

$$M(L_{eq}, C) = 0,95 \cdot L_{eq} + 0,32 \cdot C - 4,3 \tag{18}$$

Dicha ecuación del plano $M(L_{eq}, C)$ viene representada gráficamente en la figura 37, y se observa una tendencia creciente de la molestia en función del nivel sonoro continuo equivalente y del contraste. Por lo que según los datos obtenidos se puede concluir que efectivamente existe una relación entre molestia y contraste y entre molestia y nivel sonoro continuo equivalente.

Pero también se observan unos errores típicos importantes que son en parte debido a la población tan pequeña a la que se le han realizado las pruebas, pero también debido a la subjetividad de la molestia. Y es que ya se ha hablado de la complejidad para valorar la molestia debido a la subjetividad de ésta y de por qué a cada persona le puede parecer más o menos molesto un mismo ruido. Esto es lo que ha ocurrido en este caso con algunos sonidos; por ejemplo, al sujeto número 4 le parece poco molesto el ruido de una mosca y de un mosquito, dándole una valoración de 35 en ambos casos, mientras que al resto de personas el sonido de la mosca y del mosquito les resulta muy molesto, dando una valoración de entre 80 y 90. Lógicamente ambos sonidos tienen un contraste alto en comparación con los que rondan su mismo L_{eq}, pero valorar el ruido de estos insectos al mismo nivel que por ejemplo el sonido de un martillo neumático es quizás debido a la animadversión hacía los insectos.

Pero lógicamente también hay que tener en cuenta que la gran mayoría de sonidos están descontextualizados, pues ellos han sido reproducidos en un entorno físico que no es el correspondiente para cada sonido. No es igual de molesto escuchar el sonido ambiente de gente en un pub si se está allí físicamente, que escuchar ese sonido a través de unos altavoces en un laboratorio de acústica. En algunos casos este sonido se ha valorado como muy molesto, sin embargo, el ruido de la gente hablando no suele molestar tanto cuando se está físicamente en ese tipo de ambiente.

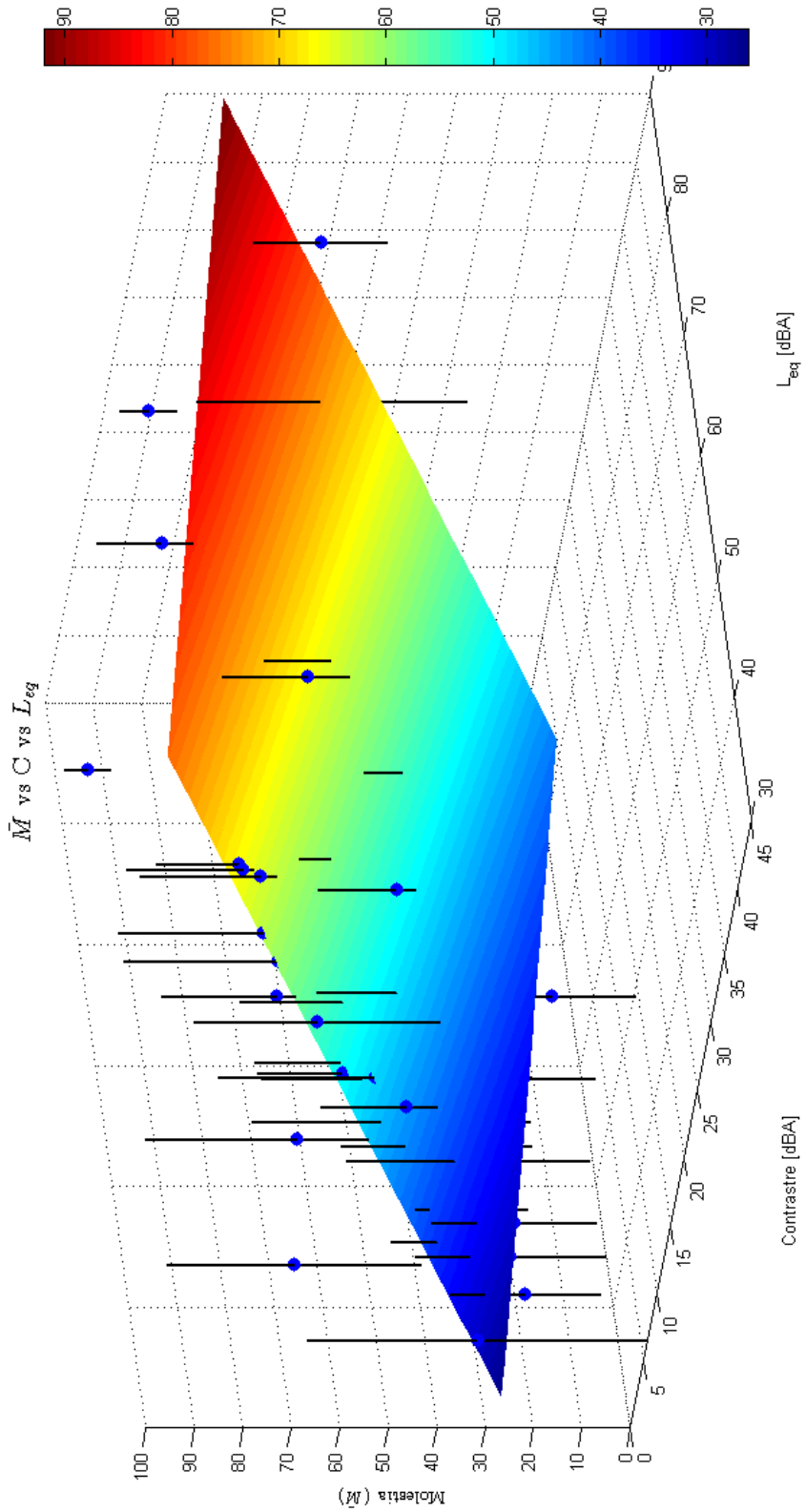

Figura 37. Plano z(x,y). Molestia media ($\bar{M}$) en función de C y del L_{eq}.

7. Conclusiones

Como se ha visto en el transcurso del presente trabajo fin de grado, se ha construido, tal y como marcaba los objetivos, un catálogo de sonidos que cubriese en la mayor medida posible el espacio contraste acústico frente al nivel sonoro continuo equivalente.

Tras definir el contraste como la diferencia entre un percentil relacionado con el máximo de la señal y otro correspondiente con el ruido ambiente, se ha realizado una evaluación objetiva del contraste acústico en función del nivel sonoro continuo equivalente, y se llega a la conclusión de que al amplificar un sonido, C se mantiene constante, a excepción de aquellos sonidos cuyo L_{90} sea muy próximo al ruido ambiente de la sala en la que se realizan las mediciones.

En cuanto al catálogo construido, las muestras de sonido se han clasificado por categorías según su procedencia, y se llega a la conclusión de que los sonidos industriales y los procedentes de oficinas son los más propensos a ocupar un determinado espacio en el plano C vs L_{eq} tal y como puede verse en la figura 28. Por otro lado, en nuestros hogares se producen una cantidad significativa de ruidos que además pueden llegar a resultar molestos como son el ruido de los vecinos, microondas, ladridos, etc. Pero llama la atención, que algunos de estos ruidos (aspiradora, campana de cocina, tonos de teléfono, etc), a parte de que puedan resultar más o menos molestos, son ruidos que superan los 65 dBA diarios que establece la OMS como nivel máximo recomendado.

Por último, tras realizar algunas pruebas en personas, se puede concluir que generalmente, los ruidos tienden a ser más molestos cuanto mayor es el L_{eq} y el contraste como puede observarse en la figura 37. Esta relación entre contraste y molestia es más fácilmente observable cuando se trata de sonidos con niveles sonoros continuos equivalentes cercanos, en el que aquellos que tienen un contraste más alto, por lo general también suelen ser percibidos como más molestos. Lógicamente, a parte del contraste hay muchos otros parámetros que podrían influir en el nivel de molestia tal y como se ha comentado en el presente trabajo y que pueden estar mejor o peor correlacionados. También hay que tener en cuenta la componente subjetiva de la molestia, que hace que un mismo sonido pueda resultar mucho más molesto a una persona que a otra o más molesto en unas circunstancias que en otras, lo que conlleva una cierta complejidad

valorar el grado de molestia.

Como líneas futuras, para poder estudiar más en profundidad el grado de dependencia que tiene la molestia del contraste, una mayor población estadística permitirá obtener resultados más precisos. Destacar también la posibilidad de estudiar la molestia en función del contraste para un nivel sonoro continuo equivalente constante a partir de la ecuación del plano $M(L_{eq}, C)$ con diferentes combinaciones posibles, por ejemplo:

- sonidos de origen natural o artificial
- sonidos de tipo industrial, animal, hogar, comunicaciones, etc.
- a partir de la información demográfica, distinguiendo por sexo, edad, nivel de estrés, estado anímico, etc.

La subjetividad de la molestia es otra de las componentes a tener en cuenta, por ejemplo se podría contextualizar sonidos mostrando fotografías de la fuente de ruido a las personas que se ofrecen a las pruebas.

8. Anexo

En las tablas de a continuación se muestra todo el catálogo de sonidos construido. Todos los sonidos se han medido con un porcentaje de potencia del ordenador del 40 %, a excepción de algunos de tipo industrial que han sido medidos con una potencia del 100 %, y que vienen notificados en la columna notas.

Por otro lado, se ha generado ruido blanco con Audacity con una amplitud pico igual a 0.5 y posteriormente se ha medido dicho ruido con un volumen del ordenador del 40 % y del 100 % para poderlos utilizar como referencia y reproducirlos con el mismo L_{eq} en futuras ocasiones (en otros ordenadores, con otro software, etc).

Si fuera necesario para futuros trabajos, junto al presente trabajo también se adjuntan todos los sonidos del catálogo en formato wav, las medidas obtenidas tanto en hojas de cálculo en formato xlsx como las creadas por el software del sonómetro.

Tabla IX
RUIDO BLANCO DE REFERENCIA.

Nombre	Volumen del ordenador	Amplitud pico	Leq (dBA)
Ruidob001	40 %	0.5	78.65
Ruidob002	100 %	0.5	90.21

Tabla X
CATÁLOGO DE SONIDOS. ACCIONES HUMANAS.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
173000_wav_1	Ruido de ducha de los vecinos	ah001	55.64	58.35	57.9	52.85	49.25	5.05	5.5
ci02334	Serrucho cortando una rama	ah006	69.59	71.43	71.27	67.25	67.16	4.02	4.18
fbi01030	Tecleo profesional en un ordenador personal	ah013	62.3	63.76	63.57	59.87	59.03	3.7	3.89
fbi01031	Tecleo profesional en un ordenador portátil	ah019	54.81	58.18	57.55	51.91	51.81	5.64	6.27
dip02164	Acelerones de un Renault 21	ah028	74.67	78.41	77.51	64.97	61.58	12.54	13.44
sim733	Afilando cuchillo jamonero	ah029	71.02	73.3	73.2	68.4	68	4.8	4.9
mih00937	Ambiente de gente en un pub	ah030	72.06	73.72	73.25	69.93	68.87	3.32	3.79
aim02002	Ambiente de bar en hora punta	ah031	82.08	83.76	83.62	79.53	78.67	4.09	4.23
ain02434	Ambiente de una calle de una ciudad con obras	ah032	64.39	68.16	68.02	60.16	52.47	7.86	8
b00026	Batir un huevo	ah033	70.51	72.39	72.19	66.42	61.81	5.77	5.97
sim511	Batidora de 350 w batiendo claras de huevo	ah034	78.77	80.81	80.22	77.48	75.18	2.74	3.33
sim690	Campanas. Repiqueteo agudo (dos alturas)	ah035	71.71	76.94	76.47	63.72	63.06	12.75	13.22
sim691	Campanas. Golpeo lennto grave (una altura)	ah036	72.58	77.96	75.32	59.67	51.43	15.65	18.29
pca00621	Campanas de una iglesia llamando a misa	ah037	75.34	78.75	78.5	63.1	61.05	15.4	15.65
bip02616	Abanicarse con un abanico de plástico	ah039	35.52	36.99	36.18	32.02	30.81	4.16	4.97

Tabla XI
CATÁLOGO DE SONIDOS. AGUA.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
cdl02027	Motor de barca continuo y parada	agua001	80.99	83.61	83.42	78.57	78.18	4.85	5.04
clp00765	Tormenta con lluvia	agua007	67.39	69.00	68.70	66.20	66.00	2.50	2.80
cp00188	Viento grave de suspense	agua014	69.56	73.38	72.75	62.63	61.02	10.12	10.75
del02228	Túnel de lavado de un coche desde el interior	agua021	71.18	75.60	74.00	67.60	67.20	6.40	8.00
nlc01221	Zoo de Madrid: aves acuáticas 5: ánade, cigüeña, flamenco, ganso, grulla, pelícano, tarro	agua028	63.23	66.19	66.09	58.02	57.81	8.07	8.17
cel02365	Motor de un pozo de agua	agua034	81.39	81.89	81.79	81.20	79.81	0.59	0.69
ail02031	Manguera que riega la calle	agua035	72.41	74.11	74.03	65.93	64.97	8.10	8.18
cil02315	Manguera regando las hojas de los árboles	agua036	64.24	69.99	67.38	55.82	55.61	11.56	14.17
cl00764	Lluvia cayendo sobre un tejado	agua037	65.53	66.26	66.15	64.93	64.47	1.22	1.33
el02259	Depuradora de agua	agua038	69.96	70.38	70.26	69.65	69.60	0.61	0.73
bl00047	Cocer agua en una olla	agua039	64.60	66.07	65.75	63.30	63.05	2.45	2.77
bl00141	Cisterna de wáter 4	agua040	71.80	78.61	75.63	60.96	59.17	14.67	17.65
bl00044	Cisterna de wáter 1	agua041	69.81	77.81	76.23	49.96	43.97	26.27	27.85
lb00525	Cisterna de baño llenándose de agua	agua042	48.20	49.94	49.58	45.32	44.06	4.26	4.62
bl02248	Cafetera haciendo café	agua043	75.22	76.19	76.15	73.27	73.20	2.88	2.92

Tabla XII
CATÁLOGO DE SONIDOS. CIUDAD.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
172931_wav_1	Ralentí de un autobús antiguo	ciu001	70.32	71.67	71.47	65.92	65.46	5.55	5.75
172942_wav_1	Motor de una escavadora	ciu004	75.40	75.97	75.85	75.15	75.02	0.70	0.82
202153_wav_1	Tráfico	ciu011	72.58	76.75	75.10	70.50	69.85	4.60	6.25
202155_wav_1	Tráfico Sonidos	ciu018	73.85	76.96	76.12	70.07	68.63	6.05	6.89
acim02001	Parque con columpios	ciu024	69.37	72.56	72.16	64.83	64.03	7.33	7.73
adg02032	Motor de moto continuo	ciu030	80.69	83.12	82.24	74.96	71.47	7.28	8.16
adl02579	Tráfico de coches en una tarde lluviosa	ciu036	69.72	72.16	71.72	67.67	67.03	4.05	4.49
ai02497	Paseo por el parque de una ciudad	ciu040	58.82	61.01	60.71	55.37	52.78	5.34	5.64
aki01420	Música callejera de tambores en una calle de una ciudad	ciu043	60.94	63.95	62.50	59.10	58.45	3.40	4.85
alp01521	Tormenta en la ciudad	ciu046	59.09	62.54	61.47	53.52	52.06	7.95	9.02
ap01550	Varios cohetes 1 (fuegos artificiales)	ciu050	74.83	79.66	78.52	65.68	54.73	12.84	13.98
ap01551	Varios cohetes 2 (fuegos artificiales)	ciu056	73.00	74.83	74.67	70.95	70.88	3.72	3.88
ap01552	Varios cohetes 3 (fuegos artificiales)	ciu062	68.60	72.68	72.14	60.66	60.02	11.48	12.02
dmak00233	Pasillo del Metro con música	ciu068	68.69	70.56	70.42	65.96	65.83	4.46	4.60
poa00876	Timbre de un colegio	ciu071	71.75	73.06	72.17	71.09	71.04	1.08	1.97

Tabla XIII
CATÁLOGO DE SONIDOS. COMUNICACIONES.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
bop02159	Vibrador de un teléfono móvil 02	com001	44.20	47.37	47.23	36.26	36.06	10.97	11.11
bop02158	Vibrador de un teléfono móvil 01	com002	29.40	32.59	31.98	27.27	27.20	4.71	5.32
172969_wav_1	Tono de un teléfono fijo 04	com003	71.74	76.75	76.30	28.45	28.05	47.85	48.30
obf00588	Tono de teléfono móvil 9	com004	73.28	75.89	75.78	67.83	61.82	7.95	8.06
obf00609	Tono de teléfono móvil 17	com005	72.06	74.98	74.75	57.23	53.22	17.52	17.75
obf00606	Tono de teléfono fijo 3	com006	75.11	78.58	78.47	41.26	31.62	37.21	37.32
obf00600	Tono de teléfono fijo 2	com007	72.97	77.43	77.26	28.13	27.77	49.13	49.30
obf00598	Tono de teléfono fijo 1	com008	75.42	80.09	79.95	28.03	27.31	51.92	52.06
173016_wav_1	Timbre de un despertador	com010	58.82	59.53	59.47	58.72	55.46	0.75	0.81
173016_wav_1 (1)	Timbre de un despertador	com011	67.77	67.98	67.97	67.76	67.63	0.21	0.22
173016_wav_1 (2)	Timbre de un despertador	com012	72.98	73.18	73.16	72.85	72.82	0.31	0.33
173016_wav_1 (3)	Timbre de un despertador	com013	75.98	76.39	76.38	75.42	74.25	0.96	0.97
dop02791	Sirena de ambulancia lenta	com014	83.72	84.17	84.14	83.43	83.40	0.71	0.74
dop02792	Sirena de ambulancia rápida	com015	79.94	80.20	80.18	79.60	79.00	0.58	0.60
dop02790	Sirena de ambulancia continua	com016	80.99	82.57	82.43	79.50	79.42	2.93	3.07
ob00612	Llamada de un teléfono fijo antiguo 6	com017	68.72	73.07	72.87	27.72	27.26	45.15	45.35
obf00607	Llamada de teléfono fijo 2	com018	73.97	77.08	76.97	59.67	55.43	17.30	17.41
eop02557	Indicador de la frecuencia cardiaca (rápida)	com019	58.22	60.01	59.96	57.08	56.97	2.88	2.93
eop02556	Indicador de la frecuencia cardiaca (normal)	com020	57.05	57.56	57.53	55.50	54.25	2.03	2.06
eop02555	Indicador de la frecuencia cardiaca (lenta)	com021	52.81	55.58	55.47	27.46	26.82	28.01	28.12
ap00019	Efecto semáforo en ámbar indicando peligro próximo cambio a rojo	com022	77.17	77.79	77.72	76.85	76.80	0.87	0.94
ap00018	Efecto semáforo cuando está verde para los peatones	com023	77.82	78.34	78.29	77.63	77.06	0.66	0.71
bop02773	Alarma de un reloj digital (beep)	com024	53.16	53.56	53.52	52.91	52.85	0.61	0.65
obf00590	Tono de teléfono móvil 11	com025	61.11	64.67	64.35	36.90	35.25	27.45	27.77

Tabla XIV
CATÁLOGO DE SONIDOS. HOGAR.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
bp02374	Ventilador a velocidad rápida	hogar001	65.14	65.74	65.47	64.56	64.43	0.91	1.18
bp02375	Ventilador a velocidad media	hogar002	64.38	65.57	65.45	64.02	60.85	1.43	1.55
bp02376	Ventilador a velocidad lenta	hogar003	64.63	65.94	65.54	62.92	62.66	2.62	3.02
bp02736	Secador de pelo a alta velocidad	hogar004	75.20	76.31	76.22	73.32	73.06	2.90	2.99
bp02737	Secador de pelo a baja velocidad	hogar005	64.95	67.31	67.22	61.36	61.23	5.86	5.95
bp00021	Reloj de salón dando las horas	hogar006	71.24	74.61	74.23	49.16	48.57	25.07	25.45
fli01032	Tirar de la cadena del wáter	hogar007	67.11	72.43	71.86	51.53	51.17	20.33	20.90
bi02789	Sacudir una toalla fuerte	hogar008	58.32	60.89	60.75	54.63	54.22	6.12	6.26
bl00067	Ruido de una lavadora soltando agua	hogar009	69.92	70.59	70.52	69.65	69.60	0.87	0.94
173000_wav_1	Ruido de ducha de los vecinos	hogar010	53.20	55.37	55.25	50.15	50.02	5.10	5.22
bl00066	Ruido de una lavadora aclarando	hogar011	76.62	77.01	76.92	76.25	76.17	0.67	0.76
172998_wav_1	Ruido de los vecinos del piso superior	hogar012	49.70	57.80	53.80	35.60	35.40	18.20	22.20
pib01177	Revolver unos juguetes	hogar013	59.47	63.60	63.40	52.40	48.20	11.00	11.20
fgl500	Picadora eléctrica picando verdura	hogar014	73.51	74.79	74.74	70.83	70.22	3.91	3.96
bi02430	Movimientos de bombonas golpeándose entre si	hogar015	64.09	70.32	69.24	43.96	42.87	25.28	26.36
be00646	Movimiento de un armario de metal 2	hogar016	65.93	67.28	67.17	63.66	63.42	3.51	3.62
bi02249	Movimiento de platos	hogar017	59.08	61.96	61.52	47.27	38.63	14.25	14.69
fgl444	Olla exprés soltando presión	hogar018	70.46	72.29	71.55	68.23	66.42	3.32	4.06
fgl484	Microondas funcionando	hogar019	58.76	65.99	57.78	54.62	51.61	3.16	11.37
b02265	Microondas antiguo	hogar020	58.03	59.60	58.40	57.60	57.40	0.80	2.00
bp01422	Microondas	hogar021	64.70	71.80	71.50	52.00	51.60	19.50	19.80
bcp00941	Tictac de un reloj de pared	hogar022	33.29	34.86	34.64	31.08	30.67	3.56	3.78
be02280	Máquina trituradora	hogar023	74.32	76.45	76.10	72.90	71.95	3.20	3.55
bp00120	Segundero de un reloj de pared	hogar024	31.82	33.78	33.66	28.87	28.63	4.79	4.91
sim600	Máquina de vapor doméstica	hogar026	73.95	76.21	75.42	69.57	67.18	5.85	6.64
be00076	Máquina de coser 1	hogar027	64.87	65.60	65.40	64.80	62.20	0.60	0.80
fgl471	Máquina de coser	hogar028	60.35	61.71	61.61	57.36	56.57	4.25	4.35
be00077	Máquina de coser 2	hogar029	63.58	64.30	64.20	63.25	63.20	0.95	1.05
be00080	Máquina de coser enhebrando	hogar030	64.43	65.61	65.43	63.28	59.57	2.15	2.33

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
173003_wav_1	Máquina de afeitar	hogar031	58.82	60.12	59.92	57.68	56.07	2.24	2.44
ebf00287	Luces fluorescentes	hogar032	32.71	34.36	34.12	30.87	28.83	3.25	3.49
fgl467	Machacar ajos en un mortero	hogar033	54.32	57.74	57.47	47.56	47.43	9.91	10.18
lbc00536	Llenar una pila de agua	hogar034	57.42	61.00	59.80	53.80	50.00	6.00	7.20
bip02696	Limpiar cristales	hogar035	52.53	57.59	56.98	40.22	39.41	16.76	17.37
sim560	Limpiando persianas con máquina de vapor	hogar036	76.57	79.58	79.35	71.03	70.42	8.32	8.55
bip00756	Lavavajillas centrifugando 2	hogar037	60.56	60.97	60.94	60.30	60.05	0.64	0.67
bip00758	Lavavajillas lavando	hogar038	60.33	60.95	60.91	59.06	58.47	1.85	1.89
sim556	Lavadora doméstica lavando ropa	hogar039	69.00	72.01	71.42	56.97	55.58	14.45	15.04
b00060	Freír patatas	hogar040	56.78	57.47	57.35	56.30	55.25	1.05	1.17
fgl429	Fregar unos vasos en un fregadero	hogar042	64.06	70.37	68.34	51.86	51.22	16.48	18.51
bi02029	Extractor de humos de una cocina	hogar043	73.31	74.20	74.15	71.20	71.00	2.95	3.00
bip00752	Exprimidor de fruta	hogar044	70.20	70.56	70.52	70.02	68.85	0.50	0.54

Tabla XV
CATÁLOGO DE SONIDOS. ANIMALES.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
cn00172	Ambiente de pájaros gallegos	anim001	52.30	57.15	54.50	45.15	45.02	9.35	12.00
cn02145	Mosca	anim021	40.50	47.81	44.83	27.16	26.77	17.67	20.65
cn02146	Mosquito	anim022	32.78	37.81	36.63	28.16	26.37	8.47	9.65
cn02440	Ambiente de un bosque con viento (ruido de hojas al moverse)	anim023	54.95	56.88	56.57	53.27	52.63	3.30	3.61
cnl02019	En la rivera del río	anim027	71.86	72.98	72.87	71.06	68.42	1.81	1.92
n02368	Ladridos de perro grande (entrañable KIRA)	anim033	76.68	80.08	79.96	58.23	41.11	21.73	21.85
nc00561	Ambiente de grillos	anim039	73.97	74.78	74.67	73.46	73.02	1.21	1.32
nca01103	Perros Lejanos	anim045	51.14	54.67	53.94	41.26	40.13	12.68	13.41
sim777	Periquitos en una gran jaula	anim053	74.96	80.83	79.47	66.11	64.76	13.36	14.72
cn00171	Palomar	anim059	60.10	64.78	62.35	56.63	51.62	5.72	8.15
nca01102	Pájaros: diamantes mandarines	anim060	61.60	64.55	63.90	50.70	48.05	13.20	13.85
nc01228	Pajarillo	anim061	57.62	59.98	59.75	54.03	53.22	5.72	5.95

Tabla XVI
CATÁLOGO DE SONIDOS. OFICINA.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2
fpb01027	Ventilador de un ordenador portátil	oficina001	33,94	36,55	35,1	31,5	31,25	3,6	5,05
fgl579	Vaciado y llenado de una caja con clips metálicos para papel de oficina	oficina002	53,09	57,03	56,06	42,73	42,17	13,33	14,3
of00599	Teletipo	oficina003	67,81	71,94	71,74	40,72	39,46	31,02	31,22
fb00311	Sonido de un archivador	oficina004	52,09	56,92	56,83	36,71	32,96	20,12	20,21
fip01130	Sacar papeles de una carpeta	oficina005	48,59	55,57	55,14	33,06	26,62	22,08	22,51
bfo02699	Meter un cd en un ordenador portátil (lectura)	oficina006	41,77	44,92	43,45	30,06	28,73	13,39	14,86
ef02793	Ventilador de un proyector de vídeo	oficina007	40,57	41,59	41,56	38,67	38,23	2,89	2,92
fgl487	Movimiento y clic del ratón de un ordenador	oficina008	37,48	43	39,7	34,46	34,4	5,24	8,54
efp01113	Motor de un secador de manos electrónico	oficina009	67,95	68,47	68,38	67,85	65,05	0,53	0,62
efp01111	Máquina de refrescos	oficina010	51,03	57,4	54,6	45,8	45,4	8,8	11,6
fpb01129	Impresora imprimiendo cuatro hojas	oficina011	51,62	54,32	54,12	47,66	47,07	6,46	6,66
fbe00329	Impresora imprimiendo un documento	oficina012	55,92	60,32	59,05	40,96	40,83	18,09	19,36
fpe01128	Fotocopiadora haciendo varias copias	oficina013	60,5	63,15	62,9	46,5	44,25	16,4	16,65
bfi02772	Escribir con un lápiz rápido	oficina014	39,83	41,89	41,39	37,81	37,21	3,58	4,08
of00578	Envío de un fax	oficina015	55,79	59,23	58,06	52,56	52,48	5,5	6,67
bfo02678	Encender un ordenador portátil	oficina016	38,03	41,37	39,34	35,86	35,62	3,48	5,51
bfi02755	Borrar escrito a lápiz con una goma de borrar	oficina017	33,43	40,61	34,43	29,08	26,37	5,35	11,53
172943_wav_1	Ambiente skyline de una ciudad desde la terraza de una oficina	oficina018	44,13	46,14	45,07	42,52	42,26	2,55	3,62
173199_wav_1	Ambiente interior de una oficina de teleoperadores	oficina019	68,89	71,77	70,97	65,66	64,62	5,31	6,11
fad01118	Ambiente de fondo de una ciudad desde una oficina	oficina020	41,25	44,92	44,05	35,13	33,67	8,92	9,79
ebf01017	Aire acondicionado normal	oficina021	42,72	44,17	44,08	41,76	39,87	2,32	2,41
ebf01015	Aire acondicionado a altas revoluciones	oficina022	45,38	46,13	46,07	44,85	44,81	1,22	1,28

Tabla XVII
CATÁLOGO DE SONIDOS. INDUSTRIAL.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2	Notas
sim863	Toro mecánico de un almacén de alimentación	indus001	75,41	80,52	79,52	66,53	65,67	12,99	13,99	
ebf01020	Ventilación de un baño	indus002	41,84	42,54	42,49	41,01	40,81	1,48	1,53	
sim858	Taladro columna broca 5 mm Chapa antidesgaste USA 400	indus003	77,43	78,48	78,36	76,63	75,03	1,73	1,85	
fgl561	Taladrar un tubo de hierro	indus004	73,94	77,68	77,12	67,47	66,83	9,65	10,21	
fgl560	Taladrar madera	indus005	69,78	72,12	71,85	63,73	62,67	8,12	8,39	
fgl559	Taladrar cemento	indus006	73,35	75,96	75,82	65,56	62,87	10,26	10,4	
sim592	Taladrando en una pared de ladrillo visto	indus007	76,46	80,52	79,25	63,93	62,87	15,32	16,59	
sim856	Taladrando con broca 17 mm chapa anti-desgaste	indus008	76,58	78,36	77,92	74,03	72,83	3,89	4,33	
sim591	Taladradora profesional	indus009	73,35	76,19	74,99	63,82	62,7	11,17	12,37	
eb00277	Taladradora de pared	indus010	77,77	79,93	79,86	67,82	66,21	12,04	12,11	
eb00278	Taladradora	indus011	79,82	82,75	82,7	72,87	72,03	9,83	9,88	
ep02578	Succionador	indus012	65,99	70,16	70,02	57,36	56,07	12,66	12,8	
sim854	Soldadura industrial de hierro en taller de ferralla	indus013	73,62	76,89	75,98	69,51	69,41	6,47	7,38	
fgl555	Soldadura de estaño con soplete	indus014	65,87	67,79	67,72	63,42	62,81	4,3	4,37	
ep01753	Sierra industrial en una fábrica	indus015	87,5	89,38	89,15	85,03	83,22	4,12	4,35	Vol. 100 %
eb00307	Sierra esmeril afilando	indus016	76,55	77,48	77,38	74,66	73,02	2,72	2,82	
eb00306	Sierra de calar cortando madera	indus017	81,76	84,01	83,43	79,96	77,77	3,47	4,05	
eb00305	Sierra de calar	indus018	75,65	78,57	77,54	71,46	68,22	6,08	7,11	
eb00303	Serrucho de metal	indus019	72,81	75,01	74,83	69,96	69,17	4,87	5,05	
eb00304	Serrucho	indus020	69,47	71,34	71,07	66,72	65,46	4,35	4,62	
fgl552	Serrar una tabla de madera prensada con un serrucho	indus021	65,01	67,86	66,95	61,13	60,87	5,82	6,73	
fgl550	Serrar una barra de hierro con una sierra de metal	indus022	67,41	70,52	70,25	63,33	61,67	6,92	7,19	

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2	Notas
sim588	Secador de manos de aire caliente	indus023	76,46	77,21	77,02	74,37	73,98	2,65	2,84	
sim594	Rompiendo tiras de plástico para precintar cajas	indus024	71,11	73,39	72,79	68,02	65,21	4,77	5,37	
fgl521	Radial cortando un tubo de cobre (fontanería)	indus025	88,68	90,77	90,54	85,86	81,02	4,68	4,91	Vol. 100 %
sim847	Radial cortando pieza de mármol	indus026	90,8	93,14	92,47	84,36	84,23	8,11	8,78	Vol. 100 %
eb00300	Radial cortando	indus027	89,46	93,63	92,46	86,66	83,57	5,8	6,97	Vol. 100 %
sim843	Puerta automática con ruedas deslizándose sobre rail	indus028	73,13	77,01	74,83	70,98	70,88	3,85	6,03	
ep01812	Pitidos de camiones en unas obras	indus029	72,7	77,4	77,2	68,2	67	9	9,2	
sim836	Pistola de aire apretando tuercas a ruedas vehículos	indus030	73,73	78,32	78,05	54,73	52,87	23,32	23,59	
sim826	Paleadora trabajando en obras	indus032	82,97	86,57	86,17	72,26	71,62	13,91	14,31	Vol. 100 %
fgl367	Ordenar una caja de herramientas	indus033	60,12	64,9	64,2	53,2	49,9	11	11,7	
be02252	Movimiento de botellas 01	indus035	71,83	74,43	73,87	68,91	66,36	4,96	5,52	
ep02508	Molinillo de una cafetería	indus037	78,47	78,97	78,94	78,4	75,61	0,54	0,57	
sim640	Martillo neumático	indus038	84,83	86,37	86,23	60,12	56,26	26,11	26,25	Vol. 100 %
ea00295	Martillo neumático (obra)	indus039	88,86	90,7	90,6	86	82,2	4,6	4,7	Vol. 100 %
eb00291	Martillo sobre clavo en madera	indus040	68,49	72,96	71,52	31,43	29,63	40,09	41,53	
ae02491	Máquina taladradora en la ciudad	indus041	73,85	76,16	75,92	68,69	68,61	7,23	7,47	
el02505	Máquina de hacer hielo	indus042	54,53	55,37	55,25	53,92	53,86	1,33	1,45	
de02174	Máquina de hacer cemento	indus043	74,5	75,98	75,86	67,07	66,83	8,79	8,91	
eb00288	Lijadora	indus044	74,44	77,12	76,45	69,73	68,27	6,72	7,39	
sim780	Hormigoneras mezclando	indus045	76,4	78,57	77,14	75,48	75,4	1,66	3,09	
sim786	Extractor de humos de una cafetería	indus046	73,17	74,78	74,67	71,63	71,51	3,04	3,15	
ea00275	Ambiente obra de construcción	indus047	84,08	90,19	87,79	73,02	69,61	14,77	17,17	Vol. 100 %
sim605	Ambiente industrial. Línea de robots ensamblando piezas.	indus048	69,41	73,52	73,04	61,16	60,87	11,88	12,36	
sim820	Motor frigorífico de pastelería	indus049	51,64	54	53,6	50,7	50,6	2,9	3,3	

Tabla XVIII
RELACIÓN ENTRE C Y L_{eq}.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2	Amp.
cn00172	Ambiente de pájaros gallegos	prueba001	51,87	57,15	54,5	45,9	44,85	8,6	11,25	0 dB
		prueba002	52,04	57,08	55,92	46,53	46,41	9,39	10,55	0 dB
		prueba003	52,04	56,76	54,72	47,87	45,83	6,85	8,89	0 dB
		prueba004	48,89	54,15	52,7	43,1	40,25	9,6	11,05	-3dB
		prueba005	49,06	54,16	52,92	43,47	43,23	9,45	10,69	-3dB
		prueba006	49,05	53,16	51,12	44,07	43,03	7,05	9,09	-3dB
		prueba007	45,93	50,15	49,95	40,9	39,85	9,05	9,25	-6dB
		prueba008	46,1	50,56	49,92	41,07	40,23	8,85	9,49	-6dB
		prueba009	46,1	50,56	49,92	41,07	40,63	8,85	9,49	-6dB
		prueba010	43,16	47,36	46,92	38,47	38,03	8,45	8,89	-9dB
		prueba011	43,16	47,16	46,96	38,67	38,03	8,29	8,49	-9dB
		prueba012	43	47,15	45,7	36,55	36,42	9,15	10,6	-9dB
		prueba013	40,26	44,88	43,72	36,07	34,31	7,65	8,81	-12dB
		prueba014	40,25	44,76	44,12	35,67	34,43	8,45	9,09	-12dB
		prueba015	40,08	45,35	42,5	34,7	33,65	7,8	10,65	-12dB
		prueba016	37,51	42,36	39,52	34,07	32,43	5,45	8,29	-15dB
		prueba017	37,48	41,36	39,92	32,67	31,63	7,25	8,69	-15dB
		prueba018	37,51	42,28	41,12	32,93	32,81	8,19	9,35	-15dB
		prueba019	55	59,76	58,12	49,27	48,43	8,85	10,49	+3dB
		prueba020	55,01	59,76	57,72	50,83	48,83	6,89	8,93	+3dB
		prueba021	54,84	60,15	57,3	48,9	47,65	8,4	11,25	+3dB
		prueba022	57,82	61,35	59,95	52,1	50,25	7,85	9,25	+6dB
		prueba023	57,99	61,36	60,12	52,27	52,03	7,85	9,09	+6dB
		prueba024	57,98	62,96	61,52	52,07	51,83	9,45	10,89	+6dB
		prueba025	60,8	66,15	63,3	54,9	53,45	8,4	11,25	+9dB
		prueba026	60,8	65,95	63,5	54,9	53,85	8,6	11,05	+9dB
		prueba051	60,96	65,96	64,72	55,13	55,01	9,59	10,83	+9dB
		prueba027	63,94	68,76	67,12	58,07	57,43	9,05	10,69	+12dB
		prueba028	63,95	67,76	66,32	58,07	57,03	8,25	9,69	+12dB
		prueba029	63,78	69,15	66,3	57,9	56,65	8,4	11,25	+12dB
fbi01031	Tecleo profesional en un ordenador portátil	prueba030	54,71	57,99	57,58	52,01	51,61	5,57	5,98	0 dB
		prueba031	54,68	57,59	57,49	51,62	51,41	5,87	5,97	0 dB
		prueba032	54,6	57,49	57,35	51,03	50,82	6,32	6,46	0 dB
		prueba033	51,82	54,59	54,38	49,01	48,1	5,37	5,58	-3dB
		prueba034	51,83	54,69	53,98	49,27	49,2	4,71	5,42	-3dB
		prueba035	51,7	54,59	54,49	48,62	48,41	5,87	5,97	-3dB
		prueba036	48,81	51,99	51,18	46,21	45,61	4,97	5,78	-6dB
		prueba037	48,74	51,59	50,98	46,22	45,61	4,76	5,37	-6dB
		prueba038	48,65	51,52	51,45	45,63	45,42	5,82	5,89	-6dB
		prueba039	45,88	48,69	47,99	43,4	43,21	4,59	5,29	-9dB

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2	Amp.
fbi01031	Tecleo profesional en un ordenador portátil	prueba040	45,82	48,99	48,38	43,22	42,61	5,16	5,77	-9dB
		prueba041	45,69	48,58	48,35	42,23	42,02	6,12	6,35	-9dB
		prueba042	42,81	45,59	44,99	39,62	39,41	5,37	5,97	-12dB
		prueba043	42,94	45,59	45,49	40,22	39,5	5,27	5,37	-12dB
		prueba044	42,85	45,99	45,58	40,22	39,61	5,36	5,77	-12dB
		prueba045	39,95	42,79	42,58	37,11	37	5,47	5,68	-15dB
		prueba046	39,91	42,79	42,58	36,91	36,8	5,67	5,88	-15dB
		prueba047	39,97	43,19	42,19	37,42	36,9	4,77	5,77	-15dB
		prueba048	57,58	60,39	60,27	53,91	53,81	6,36	6,48	+3dB
		prueba049	57,67	61,19	60,58	55,22	54,61	5,36	5,97	+3dB
		prueba050	57,77	60,49	60,38	55,02	54,01	5,36	5,47	+3dB
obf00598	Tono de teléfono fijo 1	prueba052	75,26	79,39	79,29	30,01	29,9	49,28	49,38	0 dB
		prueba053	75,07	79,58	78,98	30,03	29,82	48,95	49,55	0 dB
		prueba054	75,07	79,58	78,98	29,83	29,42	49,15	49,75	0 dB
		prueba055	71,89	76,38	76,27	29,46	29,02	46,81	46,92	-3dB
		prueba056	72,08	76,58	75,98	30,03	29,62	45,95	46,55	-3dB
		prueba057	72,08	76,58	76,15	29,54	29,47	46,61	47,04	-3dB
		prueba058	69,09	73,69	73,15	29,03	28,82	44,12	44,66	-6dB
		prueba059	69,29	73,39	73,29	28,82	28,01	44,47	44,57	-6dB
		prueba060	69,09	73,49	73,35	29,01	28,22	44,34	44,48	-6dB
		prueba061	66,1	70,49	70,38	28,03	27,91	42,35	42,46	-9dB
		prueba062	66,08	70,38	70,18	29,23	29,02	40,95	41,15	-9dB
		prueba063	66,11	70,49	70,35	28,63	28,51	41,72	41,86	-9dB
		prueba064	63,11	67,38	67,18	28,83	27,62	38,35	38,55	-12dB
		prueba065	62,92	67,57	67,34	28,26	27,82	39,08	39,31	-12dB
		prueba066	63,11	67,69	67,15	28,01	27,42	39,14	39,68	-12dB
		prueba067	59,91	64,58	63,98	27,43	27,11	36,55	37,15	-15dB
		prueba068	59,91	64,58	64,47	27,42	27,31	37,05	37,16	-15dB
		prueba069	59,92	64,68	64,14	27,46	27,31	36,68	37,22	-15dB
		prueba070	78,07	82,49	82,18	31,63	31,42	50,55	50,86	+3dB
		prueba071	78,08	82,38	82,18	31,67	31,6	50,51	50,71	+3dB
		prueba072	78,08	82,39	82,27	31,63	31,22	50,64	50,76	+3dB
bp00021	Reloj de salón dando las horas	prueba073	70,23	74,81	73,82	47,77	41,58	26,05	27,04	0 dB
		prueba074	70,25	74,61	74,22	51,17	45,38	23,05	23,44	0 dB
		prueba075	70,23	74,81	74,22	49,97	44,38	24,25	24,84	0 dB
		prueba076	67,5	71,81	70,83	47,16	44,97	23,67	24,65	-3dB
		prueba077	67,27	71,61	71,11	48,77	42,98	22,34	22,84	-3dB
		prueba078	67,25	71,81	71,02	45,17	39,18	25,85	26,64	-3dB
		prueba079	64,28	68,81	68,22	44,57	39,18	23,65	24,24	-6dB
		prueba080	64,52	68,81	68,43	46,76	43,97	21,67	22,05	-6dB
		prueba081	64,29	68,01	67,82	41,97	39,98	25,85	26,04	-6dB
		prueba082	61,3	65,01	64,91	40,17	38,18	24,74	24,84	-9dB
		prueba083	61,31	65,81	65,22	39,97	34,58	25,25	25,84	-9dB

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2	Amp.
bp00021	Reloj de salón dando las horas	prueba084	61,31	65,61	65,31	40,17	34,98	25,14	25,44	-9dB
		prueba085	58,51	61,91	61,81	37,36	36,77	24,45	24,55	-12dB
		prueba086	58,32	62,61	62,42	37,77	32,98	24,65	24,84	-12dB
		prueba087	58,56	62,81	62,23	39,36	36,97	22,87	23,45	-12dB
		prueba088	55,55	59,81	59,32	39,36	36,57	19,96	20,45	-15dB
		prueba089	55,32	59,21	58,91	39,17	33,78	19,74	20,04	-15dB
		prueba090	55,34	59,81	59,22	34,97	31,58	24,25	24,84	-15dB
		prueba091	73,35	77,41	77,03	54,76	48,77	22,27	22,65	+3dB
		prueba092	73,23	77,01	76,82	56,57	49,98	20,25	20,44	+3dB
		prueba093	73,22	76,9	76,81	51,17	49,18	25,64	25,73	+3dB
		prueba094	76,17	80,61	80,11	56,77	50,98	23,34	23,84	+6dB
		prueba095	76,18	80,61	80,02	56,17	50,38	23,85	24,44	+6dB
		prueba096	76,4	80,61	80,03	56,76	54,37	23,27	23,85	+6dB
cn02145	Mosca	prueba105	40,5	47,81	44,83	27,16	26,77	17,67	20,65	0 dB
		prueba106	40,49	48,41	45,23	26,56	26,37	18,67	21,85	0 dB
		prueba107	40,76	48,23	45,06	27,66	27,17	17,4	20,57	0 dB
		prueba108	37,63	45,21	42,03	26,96	25,97	15,07	18,25	-3dB
		prueba109	37,62	44,21	43,03	26,36	26,17	16,67	17,85	-3dB
		prueba110	37,82	44,03	43,46	26,53	26,17	16,93	17,5	-3dB
		prueba111	34,84	41,21	39,83	26,08	25,57	13,75	15,13	-6dB
		prueba112	34,81	41,81	38,83	25,58	25,48	13,25	16,23	-6dB
		prueba113	34,83	41,01	40,63	25,76	25,57	14,87	15,25	-6dB
		prueba114	32,12	38,61	37,23	24,58	24,48	12,65	14,03	-9dB
		prueba115	32,02	38,81	37,03	23,96	23,77	13,07	14,85	-9dB
		prueba116	32,32	39,23	37,06	24,73	24,37	12,33	14,5	-9dB
		prueba102	43,42	51,21	48,23	28,08	26,77	20,15	23,13	+3dB
		prueba103	43,43	50,61	48,83	27,56	26,77	21,27	23,05	+3dB
		prueba104	43,65	51,03	48,86	27,73	27,17	21,13	23,3	+3dB
		prueba099	46,41	53,41	52,03	29,76	28,97	22,27	23,65	+6dB
		prueba100	46,4	53,41	51,23	30,36	29,77	20,87	23,05	+6dB
		prueba101	46,6	53,63	51,13	30,33	29,77	20,8	23,3	+6dB
eb00277	Taladradora de pared	prueba117	78,74	80,93	80,86	70,8	70	10,06	10,13	0 dB
		prueba118	79,09	80,75	80,71	72,16	68,97	8,55	8,59	0 dB
		prueba119	78,74	80,8	80,73	70,6	69,8	10,13	10,2	0 dB
		prueba120	75,77	77,93	77,86	67,6	67,4	10,26	10,33	-3dB
		prueba121	75,99	77,75	77,7	70,08	65,38	7,62	7,67	-3dB
		prueba122	75,78	77,93	77,86	67,8	67	10,06	10,13	-3dB
		prueba123	73,01	75,01	74,91	64,77	64,58	10,14	10,24	-6dB
		prueba124	73,02	74,9	74,81	66,97	62,38	7,84	7,93	-6dB
		prueba125	72,8	75	74,8	65,2	63,6	9,6	9,8	-6dB
		prueba126	70,04	71,75	71,7	63,97	59,38	7,73	7,78	-9dB
		prueba127	69,83	72	71,9	61,6	61,4	10,3	10,4	-9dB
		prueba128	70,03	72,1	72,01	61,97	60,78	10,04	10,13	-9dB

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	LA_{eq}	LA_5	LA_{10}	LA_{90}	LA_{95}	C_1	C_2	Amp.
eb00277	Taladradora de pared	prueba129	66,85	69	68,93	59,2	57,6	9,73	9,8	-12dB
		prueba130	67,05	69,01	68,91	58,77	58,58	10,14	10,24	-12dB
		prueba131	66,85	68,9	68,8	59,8	56,8	9	9,1	-12dB
		prueba132	63,88	66	65,93	56,2	54,6	9,73	9,8	-15dB
		prueba133	63,87	66,1	66	56	54,8	10	10,1	-15dB
		prueba134	63,87	66,1	66	55,8	54,8	10,2	10,3	-15dB
bi02430	Movimientos de bombonas golpeándose entre si	prueba138	64,17	70,55	69,3	42,9	38,45	26,4	27,65	0 dB
		prueba139	64,43	69,37	69,23	48,12	43,66	21,11	21,25	0 dB
		prueba140	64,59	69,35	68,3	46,5	42,45	21,8	22,85	0 dB
		prueba141	61,5	67,07	66,1	41,9	35,25	24,2	25,17	-3dB
		prueba142	61,58	66,47	65,3	43,3	38,85	22	23,17	-3dB
		prueba143	61,61	67,55	66,3	44,5	39,25	21,8	23,05	-3dB
		prueba144	58,36	64,56	63,32	41,47	36,83	21,85	23,09	-6dB
		prueba145	58,62	64,15	63,3	43,15	43,02	20,15	21	-6dB
		prueba146	58,38	64,57	63,54	40,66	34,82	22,88	23,91	-6dB
		prueba147	55,35	61,56	60,32	38,07	32,23	22,25	23,49	-9dB
		prueba148	55,45	61,54	60,27	37,32	32,46	22,95	24,22	-9dB
		prueba149	55,59	60,67	59,5	37,5	33,25	22	23,17	-9dB
		prueba150	52,63	58,47	57,3	36,7	33,85	20,6	21,77	-12dB
		prueba151	52,63	57,15	56,7	36,1	34,65	20,6	21,05	-12dB
		prueba152	52,63	58,55	57,5	35,3	30,85	22,2	23,25	-12dB
		prueba153	49,64	55,55	54,3	33,5	30,45	20,8	22,05	-15dB
		prueba154	49,64	54,35	54,1	33,3	32,85	20,8	21,05	-15dB
		prueba155	49,41	55,56	54,52	35,07	27,83	19,45	20,49	-15dB
		prueba156	67,58	73,35	72,3	51,5	49,65	20,8	21,85	+3dB
		prueba157	67,41	73,34	72,27	46,92	39,66	25,35	26,42	+3dB
		prueba158	67,58	73,55	72,3	50,9	48,85	21,4	22,65	+3dB

Tabla XIX
PRUEBAS EN PERSONAS. RESULTADOS OBTENIDOS.

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	L_{eq}	C	M_1	M_2	M_3	M_4	$\bar{M}$	Error
bp00120	Segundero de un reloj de pared	hogar024	31,82	4,9	80	40	0	15	33,8	34,97
cn02146	Mosquito	anim022	32,78	9,7	90	80	90	35	73,8	26,26
bip02616	Abanicarse con un abanico de plástico	ah039	35,52	5,0	40	30	5	15	22,5	15,55
fgl487	Movimiento y clic del ratón de un ordenador	oficina008	37,48	8,5	40	40	5	20	26,3	17,02
bfo02678	Encender un ordenador portátil	oficina016	38,03	5,5	50	30	5	15	25,0	19,58
cn02145	Mosca	anim021	40,50	20,7	90	80	85	35	72,5	25,33
fad01118	Ambiente de fondo de una ciudad desde una oficina	oficina020	41,25	9,8	70	30	10	30	35,0	25,17
ebf01017	Aire acondicionado normal	oficina021	42,72	2,4	50	35	20	30	33,8	12,50
172943_wav_1	Ambiente skyline de una ciudad desde la terraza de una oficina	oficina018	44,13	3,6	40	40	20	20	30,0	11,55
bop02159	Vibrador de un teléfono móvil 02	com001	44,20	11,1	60	65	35	30	47,5	17,56
lb00525	Cisterna de baño llenándose de agua	agua042	48,20	4,6	20	60	45	20	36,3	19,74
172998_wav_1	Ruido de los vecinos del piso superior	hogar012	49,70	22,2	65	70	40	40	53,8	16,01
nca01103	Perros Lejanos	anim045	51,14	13,4	50	70	30	20	42,5	22,17
sim820	Motor frigorífico de pastelería	indus049	51,64	3,3	85	40	20	30	43,8	28,69
173000_wav_1	Ruido de ducha de los vecinos	hogar010	53,20	5,2	90	55	20	25	47,5	32,27
bop02773	Alarma de un reloj digital (beep)	com024	53,16	0,7	95	80	40	30	61,3	31,19
cn02440	Ambiente de un bosque con viento (ruido de hojas al moverse)	anim023	54,95	3,6	85	30	10	15	35,0	34,40
cn00172	Ambiente de pájaros gallegos	anim001	52,30	12,0	10	40	0	10	15,0	17,32
eop02555	Indicador de la frecuencia cardiaca (lenta)	com021	52,81	28,1	50	65	40	20	43,8	18,87
eop02556	Indicador de la frecuencia cardiaca (normal)	com020	57,05	2,1	60	60	60	25	51,3	17,50
bi02789	Sacudir una toalla fuerte	hogar008	58,32	6,3	70	70	20	15	43,8	30,38
b02265	Microondas antiguo	hogar020	58,03	2,0	70	60	20	30	45,0	23,80
obf00590	Tono de teléfono móvil 11	com025	61,11	27,8	80	90	65	50	71,3	17,50
nca01102	Pájaros: diamantes mandarines	anim060	61,60	13,9	60	65	30	30	46,3	18,87
bi02430	Movimientos de bombonas golpeándose entre si	hogar015	64,09	26,4	80	70	40	35	56,3	22,13

Fichero wav	Nombre	Nombre Proyecto	L_{eq}	C	M_1	M_2	M_3	M_4	$\bar{M}$	Error
be00076	Máquina de coser 1	hogar027	64,87	0,8	95	60	50	40	61,3	23,94
eb00291	Martillo sobre clavo en madera	indus040	68,49	41,5	100	90	50	45	71,3	27,80
efp01113	Motor de un secador de manos electrónico	oficina009	67,95	0,6	100	70	40	30	60,0	31,62
bl00067	Ruido de una lavadora soltando agua	hogar009	69,92	0,9	100	70	50	30	62,5	29,86
173199_wav_1	Ambiente interior de una oficina de teleoperadores	oficina019	68,89	6,1	100	65	60	40	66,3	24,96
mih00937	Ambiente de gente en un pub	ah030	72,06	3,8	100	55	70	45	67,5	23,98
obf00600	Tono de teléfono fijo 2	com007	72,97	49,3	85	90	70	60	76,3	13,77
bi02029	Extractor de humos de una cocina	hogar043	73,31	3,0	90	70	60	50	67,5	17,08
*sim640	Martillo neumático	indus038	84,83	26,3	100	100	90	90	95,0	5,77
dop02791	Sirena de ambulancia lenta	com014	83,72	0,7	100	95	90	90	93,8	4,79
*ea00275	Ambiente obra de construcción	indus047	84,08	17,2	100	95	70	85	87,5	13,23

*Las muestras sim640 y ea00275 con un porcentaje de potencia del ordenador del 100 %.

Referencias

[1] El Confidencial (2009). ”El ruido provoca ansiedad y estrés al 25 % de la población” en *El Confidencial*. <http://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2009-03-03/el-ruido-provoca-ansiedad-y-estres-al-25-de-la-poblacion_303061/> [Consulta: 11 de abril de 2016]

[2] España. Real Decreto 1995/1978, de 12 de mayo, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social. BOE, 25 de agosto de 1978, núm. 203, páginas 19909-19916.

[3] España. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. BOE, 18 de noviembre de 2003, núm. 276, páginas 40494-40505.

[4] Tardón, L. (2016). ”El ruido: una amenaza para la salud” en *El Mundo*. <http://www.elmundo.es/salud/2016/04/27/571f7504e2704ed1208b4585.html> [Consulta: 8 de mayo de 2016]

[5] Diario ABC (2016). ”Seis de cada diez españoles pasamos más de dos horas al día expuestos a niveles de ruido perjudiciales para la salud” en *ABC*. <http://www.abc.es/sociedad/abci-seis-cada-diez-espanoles-pasamos-mas-horas-expuestos-niveles-ruido-perjudiciales-para-salud-201604262109_noticia.html> [Consulta: 8 de mayo de 2016]

[6] Prats J. (2013). ”El 15 % de los hogares sufre molestias por ruido” en *El País*. <http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/11/11/actualidad/1384201475_974054.html> [Consulta: 8 de mayo de 2016]

[7] Barrigón-Morillas J., et al. (2015). ”Percepción de la calidad acústica de parques y jardines” en *46º Congreso Español de Acústica*. Valencia.

[8] Barti Domingo R. (2015). ”Uso del Contraste Acústico para evaluar la Molestia Percibida por el Ruido” en *46º Congreso Español de Acústica*. Valencia.

[9] Requena Ramos I. ”Medidas de Ruido”. *Universidad de Granada*. <http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos_ruido.pdf> [Consulta: 11 de abril de 2016]

[10] INTEF. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. <http://recursostic.educacion.es/bancoimagenes/web/> [Consulta: 11 de abril de 2016]

[11] NTI Audio. *How are Percentile Statistics measured?* <http://www.nti-audio.com/en/support/faq/how-are-percentile-statistics-measured.aspx> [Consulta: 8 de mayo de 2016]

[12] António J. ”Apuntes de Acústica Ambiental”. *Universidade de Coimbra*.

[13] Méndez J. ”Apuntes de Ruido y Vibraciones”. *Universidad de Extremadura*.

[14] Carmona F. ”Apuntes de Fundamentos de Ingeniería Acústica”. *Universidad de Extremadura*.

LaTeX