

## AMPLIACIÓN DE APLICACIÓN MÓVIL DE SONOMETRÍA PARA LA CLASIFICACIÓN DE FUENTES SONORAS

### PACS:

Navarro Ruiz, Juan Miguel; Terroso-Sáenz, Fernando; Fernández, José Manuel.  
Escuela Politécnica Superior, Universidad Católica de Murcia, Murcia, España  
E-Mail: jmnnavarro@ucam.edu

**Palabras Clave:** acústica ambiental, fuentes sonoras, aplicación móvil, clasificación, etiquetado

### ABSTRACT.

Noise pollution has a great impact on humans and the vast majority of species that inhabit the Earth. Therefore, noise monitoring in different ecosystems is an increasingly relevant issue in most developed countries. In this context, smartphones are including components with increasingly higher metrological quality, which leads to more accurate information capture, collecting high quality audio and allowing to identify sound sources. For this reason, applications have recently been developed that take advantage of the potential of personal mobile phones to turn them into a sound level measurement device or sound level meter. An example of such applications is "NoiseCapture", an open source project that allows users to measure the levels of a noisy environment, as well as to save and share on a map each of the data obtained as the user moves around an environment. This work proposes a modification of this application, without altering its functionality or its previous components, to enrich the data capture and the files generated, allowing the user to classify and label the sound sources identified during a measurement campaign.

### RESUMEN.

La contaminación acústica tiene un gran impacto sobre los humanos y la gran mayoría de especies que habitan la Tierra. Por lo tanto, el control del ruido en diferentes ecosistemas es un tema cada vez más relevante en la gran mayoría de los países desarrollados. En este contexto, los teléfonos inteligentes están incluyendo componentes con una calidad metrológica cada vez mayor, lo que conlleva capturar información de forma más precisa, recogiendo audios de alta calidad y permitiendo llegar a identificar las fuentes sonoras. Por ello, en los últimos tiempos se han desarrollado aplicaciones que sacan partido al potencial de los móviles personales para convertirlos en un dispositivo de medida de nivel sonoro o sonómetros. Un ejemplo de dichas aplicaciones es NoiseCapture, un proyecto de código abierto que permite a los usuarios medir los niveles de un ambiente ruidoso, así como guardar y compartir en un mapa cada uno de los datos obtenidos mientras el usuario se mueve por un entorno. El presente trabajo propone una modificación de dicha aplicación, sin alterar su funcionalidad ni sus componentes anteriores, para enriquecer la captura de datos y los ficheros generados que permita al usuario realizar una clasificación y etiquetado de las fuentes sonoras identificadas durante una campaña de medida.

## 1. INTRODUCCIÓN

Vivimos rodeados por sonidos, algunos de ellos agradables y otros no deseados, conocidos como ruido. La emisión de sonido a nuestro ambiente se considera uno de los principales contaminantes a los que nos enfrentamos y con el que convivimos en nuestra vida diaria [1]. Actualmente, los dispositivos móviles que predominan son los llamados teléfonos inteligentes.

Estos dispositivos tienen una gran potencia computacional e incluyen diversidad de sensores que permiten capturar información del ambiente. La cantidad y calidad de los micrófonos que incorporan [2], así como su capacidad de procesamiento y almacenamiento, lo dotan de una buena calidad metrológica. De esta forma, permiten la captura de audios de alta calidad con el objetivo de medir niveles de presión sonora [3]. Sin embargo, cabe indicar que se ha demostrado que para realizar mediciones que cumplan los estándares internacionales es necesario el uso de micrófonos externos [4].

Entre las diferentes aplicaciones móviles que se han desarrollado para recoger información del campo sonoro y emular el funcionamiento de un sonómetro tradicional, destaca el proyecto de código abierto NoiseCapture por su carácter pedagógico y de información al ciudadano [5]. Esta aplicación permite realizar mediciones de ruido, tanto en posiciones fijas como en movimiento, añadiendo información de localización o geo-posicionamiento para que los resultados puedan ser mostrados en mapas interactivos para su posterior visualización y análisis. En los últimos años, se han aplicado métodos de aprendizaje automático con el objetivo de detectar y clasificar las fuentes sonoras [6]. Para entrenar estos modelos es necesario contar con un gran conjunto de datos etiquetados que sirvan de referencia para el método utilizado [7].

El objetivo principal de este trabajo ha sido ampliar la funcionalidad de la aplicación NoiseCapture para que permita de una manera sencilla la creación de un repositorio de datos de audio etiquetados con las fuentes sonoras correspondientes a la misma vez que se va realizando la campaña de mediciones de niveles de presión sonora del entorno. Para ello, se han desarrollado diversas funcionalidades que posibilitan etiquetar los sonidos de forma manual a lo largo del tiempo de nuestra medida. Además, se ha habilitado un historial de ficheros, tanto de audio como de metadatos, que permite su envío a ubicaciones externas para su almacenamiento y posterior análisis.

## **2. APLICACIONES MÓVILES PARA MEDICIÓN DE RUIDO**

En los últimos años, han aparecido en las tiendas oficiales de dispositivos móviles, tanto sistema operativo Android de Google como iOS de Apple, diversas aplicaciones que permiten realizar las funciones de un sonómetro tradicional para la medición de niveles de presión sonora. En este apartado, realizamos una breve revisión de algunas de estas aplicaciones para Android destacando las similitudes y diferencias con respecto a NoiseCapture.

Entre las aplicaciones de sonómetro más básicas nos encontramos con Sónometro [8] y Medidor de sonido y decibelios [9]. En general, estas aplicaciones permiten la medición de nivel sonoro, representan los resultados en gráficas y almacenan resultados para su posterior análisis. Un segundo nivel de aplicaciones, como NIOSH Sound Level Meter [10] y dB Meter Pro [11], incorporan otras funcionalidades básicas como ponderaciones frecuenciales (A, B, C, etc.) y temporales (fast y slow), así como posibilidad para calibración del micrófono. Finalmente, existen otras aplicaciones, principalmente de pago, como por ejemplo Decibel X [12], que además de ofrecer todas las opciones habituales para la medición de ruido; ponderaciones, niveles equivalentes, máximos y mínimos, incorporan análisis espectral mediante transformada rápida de Fourier (FFT), ver Figura X. Además, permiten la grabación y reproducción de audio, así como la exportación del audio e informes de resultados.

Como conclusión tras el estudio de mercado realizado, observamos que las aplicaciones analizadas no disponen de funcionalidades de geolocalización de la medida, etiquetado de la medición o envío de datos a servidor externo, por lo que se decide usar NoiseCapture que, al ser un proyecto de código abierto, es posible ampliar sus funcionalidades para conseguir crear repositorios de audio para la clasificación de fuentes sonoras



Figura 1 – Capturas de pantalla de la aplicación Decibel X [12].

### 3. REPOSITARIOS DE SONIDO PARA CLASIFICACIÓN DE FUENTES

Uno de los obstáculos con los que se encuentran los investigadores que trabajan en la clasificación de fuentes sonoras ambientales es la escasez de repositorios de datos adecuados y disponibles públicamente. Este trabajo pretende contribuir a solventar este problema mediante la ampliación de una aplicación móvil que permite el etiquetado y almacenamiento sencillo de archivos de audio durante una campaña de medición de niveles sonoros que puede realizarse tanto en movimiento como en una localización fija.

Entre los conjuntos de datos más referenciados y utilizados en la literatura reciente cabe destacar los siguientes. ESC [7] es una colección de 2.000 archivos de audio cortos con etiquetas anotadas de entre 50 clases de eventos sonoros comunes. Urban Sound y Urban Sound 8K [13] que contienen 8.732 eventos sonoros anotados a través de 10 clases de sonido. Más recientemente, se ha publicado un conjunto de datos polifónicos de sonidos urbanos etiquetados con contexto espacio-temporal, usando una taxonomía que es compatible con otros repositorios [14].

Es importante indicar que, con el objeto de clasificar fuentes sonoras ambientales para entornos urbanos, se propuso en [13] una taxonomía donde aparecen las clases aplicadas en los conjuntos de datos de Urban Sound y que se ha utilizado como referencia para este trabajo. En este contexto, el conjunto de etiquetas seleccionadas para esta investigación es el siguiente: Voces, Pasos, Agua, Viento, Animales, Ruido Industrial, Tranvía, Explosión, Metro, Música, Bicicleta, Alarmas, Fuegos Artificiales, Barco, Tren, Coche, Sirenas, Vegetación, Helicóptero y Avión.

### 4. AMPLIACIÓN DE APLICACIÓN NOISECAPTURE

Tal y como se ha comentado en apartados anteriores, el presente trabajo propone una mejora de la aplicación NoiseCapture con el objetivo de que pueda ser usada para el análisis de datos mediante Inteligencia Artificial en un futuro. Para ello, sobre la aplicación original obtenida del repositorio público [15] se han realizado una serie de mejoras que permiten anotar las fuentes de ruido observadas durante la medición para que sea posible su posterior uso.

La modificación de la aplicación radica en su nuevo modo de etiquetado de datos. Anteriormente, los datos eran etiquetados una vez el usuario había terminado la captura de audio. Esto se realizaba marcando, a través de un panel de etiquetado de la aplicación, todos los sonidos que se habían escuchado durante el mismo, pero sin establecer en qué momento exacto de la campaña se habían escuchado. Es decir, se generaba una única etiqueta para cada campaña de recogida de datos. Ahora, la modificación introducida en la aplicación permite etiquetar en tiempo real múltiples sonidos durante una misma campaña, en el momento de ser captados, guardando, junto con ese etiquetado de sonidos, un tiempo de duración del

sonido y el momento exacto en el que ha sido escuchado. De esta forma, se pretende proporcionar un multi-etiquetado de una campaña de recogida de datos.

Esta modificación ha añadido un paso adicional en el funcionamiento original de la aplicación, sin afectar al resto del procedimiento por defecto que tiene NoiseCapture. Las nuevas prestaciones son opcionales, pudiendo ser utilizadas o no por el usuario habitual. Una vez finalizada la medición, la aplicación genera automáticamente un fichero de metadatos y de audio que queda guardado en un historial. Este fichero puede ser exportado mediante las aplicaciones instaladas en el dispositivo que permitan la transmisión de carpetas comprimidas, como por ejemplo el cliente de correo electrónico. De esta forma se obtiene toda la información del audio guardado dentro de un fichero, como puede ser el tipo de sonido, la duración del sonido, el inicio y fin del sonido o la pausa y el reinicio del sonido.

Por otro lado, la aplicación NoiseCapture tiene la posibilidad de mandar toda la información recogida en la medición a una plataforma web donde se muestra de manera visual en un mapa interactivo [16]. Las modificaciones que se han realizado posibilitan el cambio de dirección de envío de esta información, estableciendo una pestaña extra para editar la URL a la que se envía la información

La ampliación realizada en la aplicación NoiseCapture ha consistido, principalmente, en el desarrollo de una nueva pestaña en la pantalla de medición, ver Figura X, la cual tiene como funcionalidad etiquetar los sonidos que el usuario va escuchando durante la campaña. Para ello, se pueden pulsar los botones que se crean convenientes para marcar un intervalo en función del tipo de ruido predominante en ese periodo de tiempo. Con dicha modificación, ahora el usuario puede “activar” un botón, con alguna de las 20 nuevas etiquetas comentadas anteriormente, en el momento en el que escucha un determinado sonido. Posteriormente, cuando deje de escucharlo, puede desactivar dicho botón. De esta forma, la aplicación registra los instantes de tiempo en los que se activa y desactiva cada botón para almacenarlos como parte de los datos de una determinada campaña.



Figura 2 – Nuevo panel de etiquetado de datos de la aplicación NoiseCapture.

Otra de las mejoras introducidas en la app se ha realizado en el panel de configuración de la dirección URL para comunicación con una plataforma o base de datos externa. Como podemos ver en la Figura X siguiente, la pantalla consta con un nuevo botón “Editar” que permite introducir la URL donde el usuario quiera mandar los datos y ficheros generados tras la

campana. En este sentido, si la URL no es modificada, el mapeo del sonido se va a enviar a la página web oficial de NoiseCapture.



Figura 3 – Panel de configuración de la URL del servidor a donde transferir los datos de una campana de recogida de datos.

Además, el presente trabajo también ha implicado la creación de archivos JSON con metadatos del etiquetado en tiempo real de los sonidos, tal y como se ha explicado anteriormente. En este sentido, la Figura X muestra una captura de pantalla del fichero en formato JSON conteniendo todos los metadatos capturados de una determinada campana de recogida. En ella se puede observar cómo cada periodo de etiquetado contiene un instante de tiempo de comienzo y final, una clave o etiqueta, y un valor de nivel de presión sonora del mismo. También se añaden elementos al archivo informando del tiempo de comienzo y pausa/final de la medición. En este último caso, los eventos “Start”, “Stop” y “Restart” no tienen valor de decibelios.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<root>
  <0>
    <ts>1651916179559</ts>
    <key>Start</key>
    <value>0</value>
  </0>
  <1>
    <ts_start>1651916182756</ts_start>
    <ts_end>1651916186552</ts_end>
    <key>Voces</key>
    <value>46.533073567501305</value>
  </1>
  <2>
    <ts_start>1651916189800</ts_start>
    <ts_end>1651916196148</ts_end>
    <key>Alarmas</key>
    <value>63.835892977414034</value>
  </2>
  <3>
    <ts>1651916197576</ts>
    <key>Stop</key>
    <value>0</value>
  </3>
  <4>
    <ts>1651916203470</ts>
    <key>Re-Start</key>
    <value>0</value>
  </4>
  <5>
    <ts_start>1651916204465</ts_start>
    <ts_end>1651916210759</ts_end>
    <key>Helicóptero</key>
    <value>76.69753531444226</value>
  </5>
  <6>
    <ts>1651916210760</ts>
    <key>Stop</key>
    <value>0</value>
  </6>
  <7>
    <ts>1651916211515</ts>
    <key>Stop</key>
    <value>0</value>
  </7>
</root>
```

Figura 4 – Ejemplo de fichero JSON conteniendo los metadatos y sonidos capturados durante una determinada campana.

Por último, se ha extendido el panel de historial y exportación de datos de NoiseCapture. Así, dicha vista ofrece ahora una lista de la cual el usuario puede elegir la medición que desea exportar. Para ello, debe pulsar sobre la medición y a continuación marcar la opción “Exportar resultado” en la ventana pop-up que aparece (ver captura central de la Figura X). Esta función genera y comparte un fichero llamado “track.zip” que contiene todos los archivos generados en la medición.

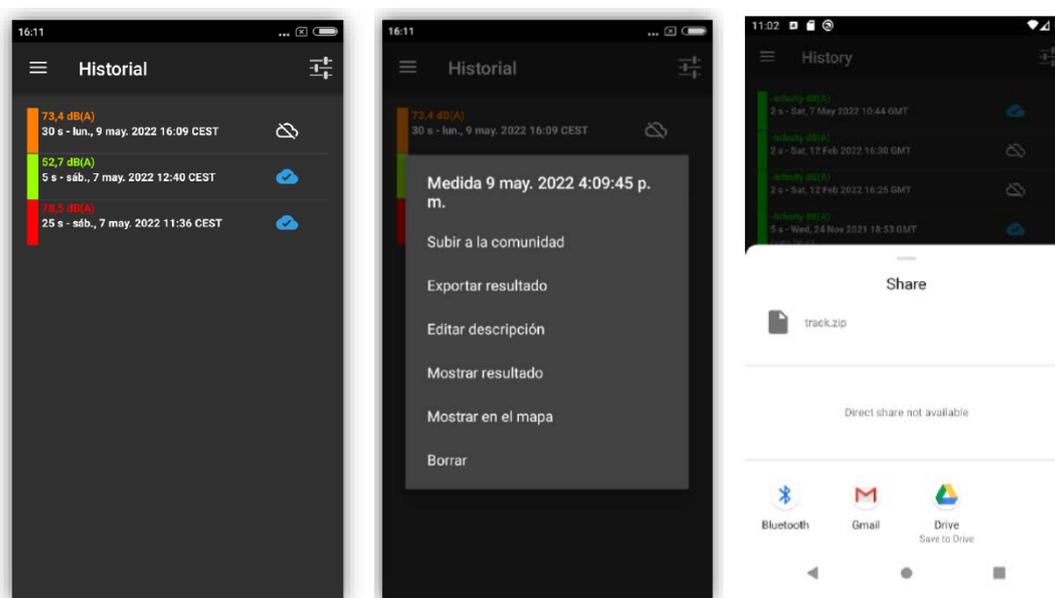


Figura 5 – Captura de pantalla con la nueva versión del panel de historial y exportación de datos de la aplicación.

Al abrir dicho archivo comprimido “track.zip”, el usuario se encuentra con las siguientes carpetas:

- Track.geojson: información de medición, localización e indicador acústico.
- README.txt: texto descriptivo.
- Meta.properties: archivo de metadatos.
- Archivo con fecha del audio: archivo JSON con los datos de la medición.

Nombre	Tamaño	Comprimido	Tipo	Modificado	CRC32
..			Carpeta de archivos		
track.geojson	18.849	5.294	Archivo GEOJSON	09/05/2022 16:11	2E3B07EA
README.txt	1.575	745	Documento de tex...	09/05/2022 16:11	B3618B68
meta.properties	371	271	Archivo PROPERTIES	09/05/2022 16:11	17A58C28
20220509_161021	564	232	Archivo	09/05/2022 16:11	87616291

Figura 6 – Ejemplo de contenido del fichero track.zip exportado por NoiseCapture.

### 3. CONCLUSIONES

La clasificación automática de fuentes sonoras es un ámbito de la investigación del aprendizaje máquina que está teniendo una gran relevancia en la comunidad científica en los últimos años. En concreto, la clasificación de sonidos en entornos urbanos puede ayudar al control y gestión de la contaminación acústica en las ciudades. El uso de aplicaciones móviles que permiten la monitorización de niveles de ruido está acercando al ciudadano la posibilidad de recopilar información de su entorno sonoro y realizar campañas de medición mediante un paradigma de crowdsensing. Dentro de esta área, en este trabajo se ha presentado el desarrollo realizado para la ampliación de funcionalidades de la aplicación móvil de código abierto NoiseCapture

con el objetivo de poder crear repositorios de audio etiquetados enriquecidos que permita su uso en la clasificación automática de fuentes sonoras.

Para ello, se han incluido las siguientes funcionalidades en la aplicación. En primer lugar, se ha implementado una nueva pestaña en la aplicación que permite etiquetar los sonidos en tiempo real durante la medición guardando toda la información en un fichero de formato JSON incluyendo los metadatos de la medición, así como su estructura temporal. Además, se ha incorporado la funcionalidad de exportar los datos y archivos de audio a un servidor externo incluyendo la posibilidad de personalizar la URL de destino. En tercer lugar, se ha incluido en la nueva aplicación un historial de archivos de audio etiquetados con opción de descargar y compartir los ficheros a través de diferentes aplicaciones.

Finalmente, en trabajos futuros se realizará la validación de esta aplicación mediante la generación de un conjunto de datos de audio de un entorno urbano. Con este repositorio, se investigará en los diferentes algoritmos de aprendizaje máquina para clasificación de fuentes, entrenando varios modelos e incluirlos en la aplicación móvil.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha recibido soporte bajo el proyecto PID2020-112827GB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

## REFERENCIAS

- [1] Murphy, E., & King, E. A. (2022). *Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy*. Elsevier.
- [2] Murphy, E., & King, E. A. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, 106, 16-22.
- [3] Aumond, P., Lavandier, C., Ribeiro, C., Boix, E. G., Kambona, K., D'Hondt, E., & Delaitre, P. (2017). A study of the accuracy of mobile technology for measuring urban noise pollution in large scale participatory sensing campaigns. *Applied Acoustics*, 117, 219-226.
- [4] Celestina, M., Hrovat, J., & Kardous, C. A. (2018). Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of compliance with international sound level meter standards. *Applied Acoustics*, 139, 119-128.
- [5] Guillaume, G., Aumond, P., Bocher, E., Can, A., Écotière, D., Fortin, N., Picaut, J. (2022). NoiseCapture smartphone application as pedagogical support for education and public awareness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 151(5), 3255-3265.
- [6] Bianco, M. J., Gerstoft, P., Traer, J., Ozanich, E., Roch, M. A., Gannot, S., & Deledalle, C. A. (2019). Machine learning in acoustics: Theory and applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5), 3590-3628.
- [7] Piczak, K. J. (2015, October). ESC: Dataset for environmental sound classification. In *Proceedings of the 23rd ACM international conference on Multimedia* (pp. 1015-1018).
- [8] Sonómetro. Splend Apps. (septiembre 2022)  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=es&gl=US>
- [9] Medidor de sonido y decibelios. Tools Dev. (septiembre 2022)  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=app.tools.soundmeter.decibel.noisedetector&hl=es&gl=US>
- [10] NIOSH Sound Level Meter. Center for disease control and prevention. (septiembre 2022)

- <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/app.html>
- [11] dB Meter Pro. Vlad Polyanskiy. (septiembre 2022)  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dbmeterpro.dbmeter&hl=es&gl=US>
- [12] Decibel X: dBA sonómetro Pro. SkyPaw Co., Ltd. (septiembre 2022)  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.skypaw.decibel&hl=es&gl=US>
- [13] Salamon, J., Jacoby, C., & Bello, J. P. (2014, November). A dataset and taxonomy for urban sound research. In *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia* (pp. 1041-1044).
- [14] Ooi, K., Watcharasupat, K. N., Peksi, S., Karnapi, F. A., Ong, Z. T., Chua, D., ... & Gan, W. S. (2021, December). A Strongly-Labelled Polyphonic Dataset of Urban Sounds with Spatiotemporal Context. In *2021 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)* (pp. 982-988). IEEE.
- [15] NoiseCapture. Repositorio público en GitHub (septiembre 2022)  
<https://github.com/Universite-Gustave-Eiffel/NoiseCapture/releases>
- [16] NoisePlanet. Plataforma web mapa de ruido. (septiembre 2022)  
[https://noise-planet.org/map\\_noisecapture/index.html#5/47.175/12.524/](https://noise-planet.org/map_noisecapture/index.html#5/47.175/12.524/)