

# Soundscape monitoring of modified psychoacoustic annoyance with Next-Generation EDGE computing and IoT

J. Segura-Garcia<sup>1</sup>, J. Lopez-Ballester<sup>1</sup>, S. Felici-Castell<sup>1</sup>, J.J. Pérez-Solano<sup>1</sup>, J.M. Alcaraz-Calero<sup>2</sup>, R. Fayos-Jordán<sup>1</sup>, E. Navarro-Camba<sup>1</sup>, A. Soriano-Asensi<sup>1</sup>, J.M. Navarro-Ruiz<sup>3</sup>  
[jsegura@uv.es](mailto:jsegura@uv.es), [jeloba@uv.es](mailto:jeloba@uv.es), [felici@uv.es](mailto:felici@uv.es), [juan.j.perez@uv.es](mailto:juan.j.perez@uv.es), [jose.alcaraz-calero@uws.ac.uk](mailto:jose.alcaraz-calero@uws.ac.uk), [rafael.fayos@uv.es](mailto:rafael.fayos@uv.es), [enrique.navarro@uv.es](mailto:enrique.navarro@uv.es), [antonio.soriano-asensi@uv.es](mailto:antonio.soriano-asensi@uv.es), [jmnavarro@ucam.edu](mailto:jmnavarro@ucam.edu)

(1) ETSE-Universitat de Valencia (2) University of the West of Scotland (3) UCAM Univ. Católica de Murcia

## Abstract:

The environmental psycho-acoustic annoyance is an important metric in the Smart City with Next Generation technologies. The use of such technologies can help to rapidly deploy large quantity of elements, which can dynamically be used for different applications.

Also, the psycho-acoustic annoyance is usually based on the Zwicker's model, but this model does not consider tonality of sounds to weight the subjective nuisance produced. In this work, we show a on-going work for the implementation of the nodes and EDGE/Fog to determine a modified version of the Zwicker's model, to consider sound tonality (based on Aures' method). This implementation has been designed to consider two options for offloading, one with sampling and computation on the EDGE and another with sampling in 5G-nodes and computation on the EDGE

**Keywords:** psycho-acoustics, tonality, IoT, EDGE, Matlab

## 1. Introducción:

El concepto de paisaje sonoro dentro de la Smart City ha tomado un papel principal en el entorno urbano. Según la norma ISO 12931-1:2014, se refiere al "entorno acústico tal como lo percibe o experimenta y/o entiende una persona o personas, en su contexto" [7, 8]. De este modo, el paisaje sonoro supone un cambio de paradigma desde las políticas de control del ruido hacia un nuevo enfoque multidisciplinar, ya que implica no sólo las mediciones físicas, sino también la evaluación subjetiva procedente de los ciudadanos y las ciencias sociales que establecen el enfoque de cómo las personas realmente experimentan un entorno acústico en contexto.

Diferentes autores han desarrollado enfoques para la monitorización del paisaje sonoro e incluso de la molestia psicoacústica desde diferentes perspectivas [12, 19]. Estos enfoques consideraban el uso de parámetros basados en diferentes modelos psicoacústicos, principalmente el publicado por Zwicker [6] o el de Moore [13]. Además, también se usan otras variaciones del nivel de presión sonora equivalente [1, 3] para describir el paisaje sonoro. En el caso de los parámetros psicoacústicos, la respuesta subjetiva producida por el sonido tonal es más molesta [20] y algunos autores propusieron parámetros de penalización. En [4], los autores propusieron una modificación del modelo de molestia psicoacústica de Zwicker's para ponderar el efecto de los sonidos tonales en la evaluación subjetiva.

Nuestro propósito en este trabajo es modificar nuestra implementación establecida en [16] añadiendo la Tonalidad como parámetro de ponderación.

## 3. Implementación del modelo:

La implementación en este trabajo ha seguido una estrategia doble: la realización del muestreo del audio en el propio EDGE, donde también se realiza el cálculo de las métricas psicoacústicas, y su implementación en un nodo Fipy, enviando a continuación el audio al EDGE mediante el protocolo MQTT.

Los diferentes algoritmos de las métricas psicoacústicas  $N$ ,  $S$ ,  $R$ ,  $FS$  y  $T$  han sido implementados en Matlab. De igual manera, se ha integrado estos algoritmos en modelos Simulink que permiten su conversión a código C/C++ mediante la herramienta "coder" de Matlab y su instalación directa en plataformas tipo Single Board Computer (SBC). El código se recoge en [https://github.com/jausegar/urbauramon/tree/master/URPAA\\_Rasp\\_simulink](https://github.com/jausegar/urbauramon/tree/master/URPAA_Rasp_simulink)

En la **figura 1**, se recoge la opción en la que un nodo con procesador basado en ESP32 con diversas opciones de conectividad inalámbrica (i.e. Wifi, BLE, Lora, Sigfox y LTE-M/NB-IoT), llamado Fipy de Pycom, con un micrófono MEMS INMP441, muestrea audio, eventana y manda el audio a la Rpi4, la cual permite el cálculo de las diferentes métricas. En la **figura 2**, se recoge la opción en la que la propia Rpi4, que actúa como EDGE, tiene conectado un micrófono USB Tonor y muestrea el audio que después servirá para calcular las métricas psicoacústicas. En ambas opciones, la salida, que es un array con las diferentes métricas, se envía a un Cloud online ([www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com))

## 2. Material y métodos:

El desarrollo de los algoritmos involucrados en el modelo de Molestia Psicoacústica ( $PA$ ), basado en el modelo de Zwicker. En este trabajo, nos centramos en una modificación de la implementación de este modelo para introducir la tonalidad como un parámetro vinculado con una mayor molestia.

El modelo de molestia de Zwicker [6] se centra tradicionalmente en la evaluación de cuatro parámetros (es decir, Loudness o  $N$ , Sharpness o  $S$ , Roughness  $R$  y Fluctuation Strength o  $F$ ) para determinar la Molestia Psicoacústica o  $PA$ , como una combinación no lineal de los parámetros anteriores.

El modelo tradicional de Zwicker tiene en cuenta la contribución de  $S$ , siempre que sea mayor de 1.75 *acums* (en caso que sea menor el factor  $w_s=0$ ) y del percentil 5 de  $N$  ( $N_5$ ). Por ello, la  $PA$  resulta:

$$PA = N_5 (1 + \sqrt{w_S^2 + w_F^2})$$

Donde  $w_S = \frac{(S-1.75)}{4} \cdot \log_{10}(N_5 + 10)$  y  $w_F = \frac{2.18}{N_5^{0.4}} \cdot (0.4F + 0.6R)$

El modelo modificado de Zwicker [4] tiene en cuenta, además, la contribución de la componente tonal de los sonidos evaluados ( $w_T$ ), calculando la tonalidad ( $T$ ) usando el modelo de tonalidad de Aures [2], a partir del algoritmo de Terhardt [18] para la extracción del pitch de señales tonales complejas. Por ello, la  $PA$  resulta:

$$PA = N_5 (1 + \sqrt{w_S^2 + w_F^2 + w_T^2})$$

Donde  $w_S = \frac{6.14}{N_5^{0.52}} \cdot T$

## 4. Resultados y conclusiones:

Después de un proceso de calibrado, hemos medido desde las 17:01 a las 17:51 del 29/11/2021 valores de parámetros psicoacústicos de un martillo neumático a partir de una grabación digital1 renderizado mediante un altavoz Behringer MS16, tomando valores cada 25s aproximadamente.

Se ha calculado la molestia psicoacústica producida mediante el modelo de Zwicker y mediante el modelo modificado con la tonalidad. La **figura 3** muestra los valores calculados con los dos modelos evidenciando que la aparición de sonidos tonales en un ambiente ruidoso produce mayor molestia subjetiva.

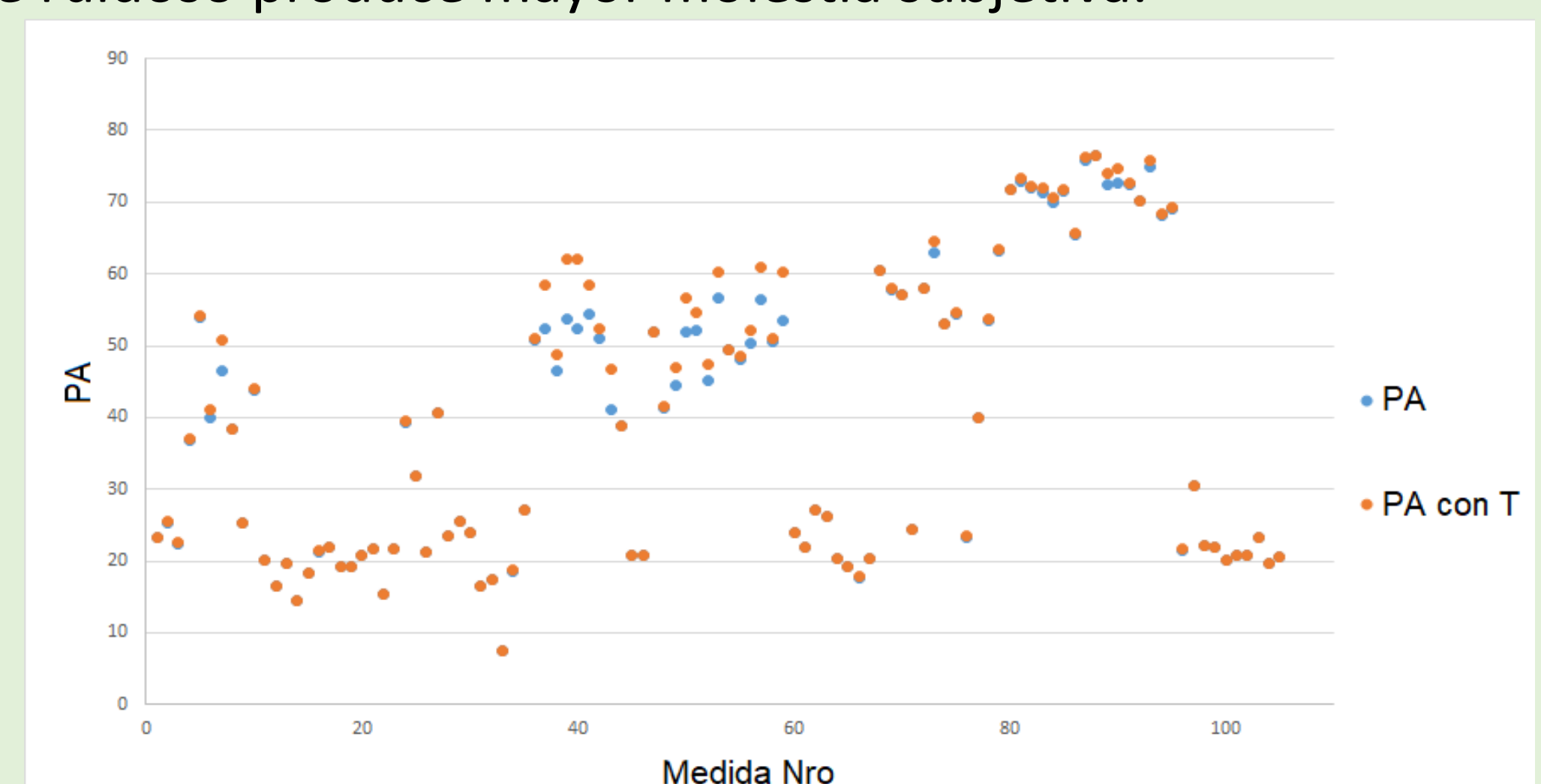


FIGURA 3

## ACKNOWLEDGEMENT:

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Innovación y Economía (ref.: BIA2016-76957-C3-1-R, cofinanciado con fondos FEDER) y por la Comisión Europea con la Grant H2020-ICT-2016-2/761913 SLICENET. También por la Universitat de València, con la ayuda a acciones especiales UV-INV-AE-1544281

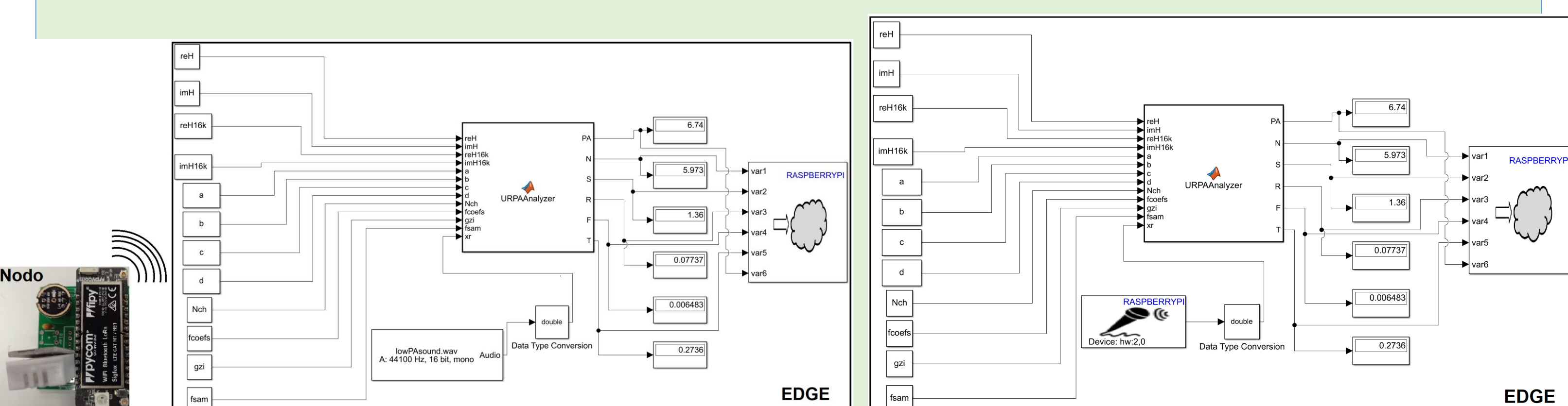


FIGURA 1

FIGURA 2