

Interfaz gráfica para el análisis de audio y sonidos urbanos (CasRem)

Graphical interface for the analysis of audio and urban sounds (CasRem)

Acaro, Ximena; Molina, María; Corapi, Pietro; Molina Villacis, Miguel;
Reamache Rivera, Gary Juliano; Castillo García, Jossuani Viviana



Ximena Acaro

ximena.acaroc@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador., Ecuador

María Molina

maria.molinar@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Pietro Corapi

pietro.corapi@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Miguel Molina Villacis

miguel.molinav@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Gary Juliano Reamache Rivera

gary.remache@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Jossuani Viviana Castillo García

jossuani.castillo@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Investigación, Tecnología e Innovación

Universidad de Guayaquil, Ecuador
ISSN: 1390-5147
ISSN-e: 2661-6548
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 13, núm. 14, 2021
revistaiti@ug.edu.ec

Recepción: 23 Agosto 2021
Aprobación: 28 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/593/5932716003/index.html>

Los autores que publican en Investigación, Tecnología e Innovación conocen y aceptan las siguientes condiciones: Los autores retienen los derechos de copia (copyright) sobre los trabajos, y ceden a Investigación, Tecnología e Innovación el derecho de la primera publicación del trabajo, bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 que permite a terceros compartir la obra siempre que se indique su autor y su primera publicación esta revista. Los autores conservan los derechos de autor y garantizan a Investigación, Tecnología e

Resumen: Contexto: El objetivo de esta investigación es crear una interfaz gráfica para analizar el nivel de presión sonora en archivos de audio. Método: Se realizan una serie de mediciones en diferentes entornos virtuales de aprendizaje que consisten en archivos de audio, además del uso de la base de datos UrbanSound que contiene grabaciones de diversos eventos sonoros. Resultados: La interfaz propuesta consta de dos opciones: la primera permite acceder a la aplicación Noise Logger Communication Tool del sonómetro SLM-25 donde se pueden configurar parámetros como el número de muestras, el tiempo, los límites superior e inferior, entre otros. La segunda opción permite el análisis en el dominio del tiempo y frecuencia de archivos en formato wav. Conclusiones: La interfaz aporta una base en el estudio y análisis de audio; sobre todo para en la estimación de niveles de ruido. Cada muestra de archivo de audio analizado tiene niveles de presión sonora que oscilan entre 50dB y 90dB,

Palabras clave: Audio, Ruido, Interfaz, Sonómetro.

Abstract: Context: The objective of this research is to create a graphical interface to analyze the sound pressure level in audio files. Method: A series of measurements are performed in different virtual learning environments, in addition to the use of the UrbanSound database containing recordings of various sound events. Results: The proposed interface consists in two options: the first one allows access to the Noise Logger Communication Tool application of the SLM-25 sound level meter where parameters such as number of samples, time, upper and lower limits, among others, can be configured. The second option allows the analysis of audio files from different environments. Conclusions: The interface provides a basis for the study and analysis of audio, especially for the estimation of noise levels. Each audio file sample analyzed has sound pressure levels ranging from 50dB to 90dB.

Keywords: Audio, Noise, Interface, Sound level meter.

Innovación el derecho de publicar el trabajo a través de los canales que considere adecuados. Los autores son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la versión del trabajo publicado en Investigación, Tecnología e Innovación, haciendo reconocimiento a su publicación en esta revista. Se autoriza a los autores a difundir electrónicamente sus trabajos una vez que sean aceptados para publicación. Las obras están bajo licencia: Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0) Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

Una señal de audio o señal sonora es una representación eléctrica que se encuentra en un rango de frecuencias de 20Hz a 20kHz, cuyo rango es el que los seres humanos podemos escuchar. En este proceso también participa la digitalización del sonido, el cual es un proceso realizado por una computadora para convertir la señal analógica en señal digital, entonces para realizar la digitalización del sonido se deben convertir cada una de las características del sonido (intensidad, altura, timbre y duración) en código binario. En música para prevenir que la señal analógica se degrade todos los datos deberán ser representados digitalmente, dicha canción se graba en múltiples canales o pistas, en el procesamiento digital de señales de audio se incorpora funciones que son elementales, algunas de ella son: filtrado, suma y resta de señales, edición, etc [1].

El sonido es movimiento, y sin movimiento no hay sonido. Nuestras vidas cotidianas están llenas de sonidos provenientes de diferentes fuentes, el mundo es un mundo sonoro [2]. El ambiente sonoro es fundamental en la cantidad de información percibida por el ser humano, y que, si esta información contiene errores o llega a nuestro sistema auditivo con una mezcla de sonidos provenientes de fuentes externas (ruido), lleva a un deterioro en la cognición y por ende en el aprendizaje, se puede conectar e intuir el problema del ruido con el aprendizaje en los estudiantes [3]. Entre los principales efectos ocasionados por el ruido dentro de un ambiente de aprendizaje está el deterioro auditivo, efectos sobre el sueño, estrés y efectos cognitivos.

El umbral de audición en el ser humano es considerado como la intensidad mínima de sonido capaz de sobresaltar el oído humano. Este umbral no suele ser el mismo para todas las frecuencias. El valor normal es de 0 dB equivalentes a 20 micropascales, y 25 dB equivalente a 355,65 micropascales. Cuando el sonido está cerca de los 120 o 130 dB, se encuentra en el umbral de dolor para la persona y si está expuesto a periodos de tiempo prolongados, su capacidad auditiva tiende a disminuir para ciertas frecuencias [4].

En Ecuador como medida para combatir la contaminación acústica realiza un control y seguimiento del ruido mediante la verificación del cumplimiento del plan de manejo ambiental cuyo objetivo es el de evitar efectos o impactos negativos del ambiente, de esta manera se puede encontrar una solución al problema o mitigarlo hasta encontrar uno. Se realizó una normativa por parte del ministerio de ambiente del Ecuador donde se detalla los límites permisibles que puede existir de ruido ambiental para las distintas fuentes como fijas (industrias), móviles (vehículos) y vibraciones, también se detalló la norma para el ruido que se provoca en aeropuertos para establecer límites máximos de ruidos que son permitidos [5]. También se llevó a cabo proyectos que impulsan especialmente en niños la educación ambiental que ayuda a conservar el ecosistema,

un ejemplo es el proyecto “Red Ecológica Guardianes del Planeta” donde se imparten talleres y actividades a niños para que aprendan sobre el ambiente.

Diferentes criterios se han usado para clasificar los sonidos, uno de estos es el semántico, en este se distinguen categorías definidas por el grado de presencia humana, de animales, elementos naturales, actividades y de objetos [6] [7].

En el trabajo de investigación “Detección de sonidos en carreteras con aprendizaje profundo o Deep Learning” [8], se propone separar la fuente de ruido de las mezclas registradas y evaluar el nivel de ruido de cada fuente. Proponiendo el método basado en la deconvolución ciega y la separación ciega de la fuente en el dominio Wavelet. El método se valida a través de experimentos basados en el conocimiento de las fuentes de ruido predominantes en los paisajes sonoros urbanos, utilizando grabaciones reales de fuentes de ruido comunes para adquirir señales de mezcla.

En la investigación Ponderación psicoacústica en frecuencia y amplitud para señales de audio digital [9], se propone una metodología de análisis espectral orientadas al proceso de producción musical. Dentro de las herramientas convencionales de análisis se encuentran la transformada de Fourier y el análisis en bandas de frecuencia, las curvas de ponderación en frecuencia A, C o Z.

El grupo de Investigación de la Universidad Ramon Llull en Barcelona, España [10], presenta una visión de las técnicas de extracción de características de audio más relevantes como el habla, la música y los sonidos ambientales. Además de revisar enfoques clásicos y los últimos avances en el campo basados en nuevos dominios de análisis.

La interfaz propuesta es capaz de procesar archivos de audio y captar los niveles de ruido. Esta investigación es parte del proyecto de investigación de la Universidad de Guayaquil “Sistema de medición de contaminación acústica en ambientes de aprendizaje”. Se analizaron archivos de la base datos Urban Sound [11], este conjunto de datos contiene 1302 grabaciones de sonido etiquetadas en 10 clases. Además de archivos de audio proporcionados por docentes de la Universidad de Guayaquil. Las fuentes de contaminación acústicas son diversas y varían dependiendo de la localidad o ambiente, el objetivo de la interfaz es proporcionar una herramienta pedagógica que permita evaluar y reconocer características de las fuentes generadoras de contaminación ambiental como: bocinas de vehículos, vendedores ambulantes, tráfico automovilístico, tráfico aéreo, obras de construcción, animales, entre otros, que llegan a causar daños en el desarrollo y concentración de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se plantea dos secciones, la primera es el levantamiento de información, para ello dispondremos de una investigación exhaustiva donde usaremos referencias de libros y artículos que expliquen conceptos de importancia y que serán adaptados a la investigación, y la segunda donde se expone las funcionalidades de la interfaz (CASREM).

Sonido y magnitudes de Medición

El sonido es el cambio de presión que se genera en el aire, todos estos cambios son percibidos por el oído humano y causando ciertos estímulos que crean impulsos en el cerebro y pueden ocasionar efectos adversos en la salud. La exposición de varias horas a sonidos puede conllevar a molestias, alteraciones, daño o interrupción en actividades o comportamientos normales y es reconocido como contaminación acústica o ruido [12] [13].

La medida o medición del sonido se puede expresadas en pascuales como lo indica la Ecuación (1), que es una unidad de presión del sistema internacional de unidades (SI), y se define como fuerza por unidad de área superficial, su abreviatura es Pa(Kg*m/s²):

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \tag{1}$$

En los procesos de medición, la presión atmosférica es una variable que se debe tener en cuenta en debido a que la densidad del aire varía con la presión atmosférica, por tanto, con la velocidad de propagación del sonido. La presión sonora es percibida por el oído humano, en un rango entre 20 μPa y 20 Pa, pero mayor a 20 Pa se considera nociva para la salud [14]. Existe una unidad de medida adicional y es el Bel, que resulta del logaritmo entre la potencia de la fuente analizada (W/m2) y la fuente de referencia, siendo de esta manera un nivel de sonido y no una unidad física de medición, se ha optado por denominarla decibel (dB), y se ha recurrido al empleo de la escala logarítmica del decibel. Además, el uso de la escala se ajusta a la percepción del oído humano por su comportamiento logarítmico. En la Tabla 2, se muestra la clasificación de intensidades del sonido por decibeles y ejemplos de cada una.

TABLA 2.
Intensidades del sonido en dB [15].

Clasificación	Ejemplos de Fuentes de ruido	dB	Pa
Sumamente lesivo	motor de reacción, guitarra eléctrica, autos de carrera, arma de fuego	120 a 140	20 a 200
Umbral de dolos	Ambulancia, Motocicleta	125	35.56
Lesivo	Sierra eléctrica, podadora, secadora de pelo, camión	90 a 110	0.63 a 6.32
Peligroso	Ambiente industrial	80	0.2
Irritante	Susurro, automóvil de turismo	0 a 60	0.00002 a 0.02
Nivel Normal	Música bajo volumen, hojas cayendo, conversación	0 a 50	0.00002 a 0.0063
Umbral de audición		0	0.00002

Autores

Fuentes de Ruido

Las fuentes de ruido o de contaminación acústica se pueden clasificar como: fuentes fijas y fuentes móviles. Las fuentes fijas proveniente de objetos que no realizan ningún desplazamiento y cuyos medios de propagación son el aire y el suelo; por otra parte, las fuentes móviles no tienen un lugar establecido en el ambiente [15]. La clasificación de fuentes de ruido se puede observar en la Tabla 3:

TABLA 3.
Fuentes generadoras de ruido

Fuente	Tipo de Fuente
Natural	Viento, sonido del mar, murmullo de agua, cascadas, entre otros.
	Tráfico vehicular, bocinas de vehículos, alarmas, sirenas.
Antropogénica	Transporte: Aviones, barcos, trenes
	Industria
	Actividades domésticas
	Discotecas, bares, espectáculos públicos y locales de esparcimiento
	Actividades Militares

Sistemas de Medición y Ponderación de los Niveles Sonoros

Un sistema de medición del ruido permite medir los niveles de presión sonora, los cuales determinan la intensidad del sonido que generan las fuentes emisoras de ruido. Los niveles de presión sonora son variaciones acústicas en un punto determinado, siendo el oído humano es capaz de percibir estas presiones en un rango de 20 µPa a 20 Pa, pero esta escala no genera exactitud y se recurre al uso de la escala logarítmica como se describe en la Ecuación 2.

Conversión de unidades de Pa a dB:

$$NPS = 20 * \text{Log}_{10} \frac{P}{P_{ref}} \tag{2}$$

Donde, P es la presión sonora, Pref es la presión de un tono audible y NPS expresado en dB.

Actualmente el método utilizado para la medición del ruido es la escala de compensación que son cercanas a datos reales de lo que puede captar el oído humano, por lo que se crearon los filtros de ponderación de frecuencia, los cuales están incorporados en los instrumentos de medida conocidos como sonómetros.

Ponderación frecuencial

Es la más utilizada en mediciones acústicas. Se aplica de forma directa a las mediciones para obtener los decibelios ponderados dB(A), dB(B), dB(C) o dB(D) en octavas o tercios de octava. Nunca o casi nunca se suelen llegar a discretizar en frecuencias simples. Está definida en la norma estándar internacional IEC 61672:2003 de la Comisión Internacional Electrotécnica, y en numerosas normativas relativas a la medición del nivel de presión sonora a niveles nacionales [16]. La curva de ponderación A fueron destinadas originalmente para sonidos de bajo nivel de presión acústica, aunque hoy por hoy se generaliza para multitud de mediciones. Para el desarrollo del proyecto se utilizó la ponderación A, ya que penaliza las frecuencias bajas y en menor medida las frecuencias altas, debido a que el oído humano no responde a frecuencias bajas. El valor de ponderación en decibelios en función de la frecuencia, es decir, viene determinado por la Ecuación 3:

$$W_A = 10 \log \left[\frac{1,562339 f^4}{(f^2 + 107,65265^2)(f^2 + 737,86223^2)} \right] + 10 \log \left[\frac{2,242881 \times 10^{16} f^4}{(f^2 + 20,598997^2)(f^2 + 12194,22^2)} \right] \quad (1)$$

Se suele utilizar ponderación tipo B o C dependiendo de la aplicación y medición que se desee realizar. La ponderación B, Ecuación 4 se usa para niveles intermedios de presión sonora. Los niveles ponderados con esta escala reciben el sobrenombre de dB(B); se suele usar para mediciones de niveles de escucha musical se encuentra registrada en la antigua norma IEC 60651:1979. La ponderación C, fue diseñada para la evaluación de sonidos de alto nivel de presión acústica y los niveles medidos con esta ponderación se expresan en dB(C) como lo describe la Ecuación 5.

$$W_B = 10 \log \left[\frac{1,025119 f^2}{(f^2 + 158,48932^2)} \right] + 10 \log \left[\frac{2,242881 \times 10^{16} f^4}{(f^2 + 20,598997^2)(f^2 + 12194,22^2)} \right] \quad (1)$$

$$W_C = 10 \log \left[\frac{2,242881 f^4}{(f^2 + 20,598997^2)(f^2 + 12194,22^2)} \right] \quad (1)$$

Además, existen tres ponderaciones de tiempo en las mediciones de ruido, las cuales corresponden a Lento, Rápido. Lento se emplea para medir ruidos que no presentan cambios rápidamente, teniendo un tiempo de respuesta de 1 s, lo cual indica que en ese lapso el sonómetro capta las fluctuaciones del ruido y con este genera un valor equivalente de presión sonora. Rápido se utiliza con ruidos que al medir presentan fluctuaciones, teniendo un tiempo de respuesta 125 ms, presentando una similitud con el oído humano; para el desarrollo de la interfaz CASREM, se establece los tipos de ponderación de tiempo Fast(Rápido) y Slow(Lento), considerando que el usuario puede escoger entre una de estas opciones al momento de realizar el análisis del archivo de audio.

Instrumentos de medida

Los dispositivos usados para la medición de ruido están compuestos de un transductor, o micrófono que capta los niveles de ruido de la fuente y posteriormente es transmitida al sistema de análisis, al interior el equipo cuenta con cuándo con una serie de circuitos que permiten ponderar la señal eléctrica, y por último llega al sistema de visualización y/o almacenamiento; el dispositivo de medida debe ser calibrado y ajustando el tiempo de respuesta ya sea: Slow o Fast, además de otros parámetros dependiendo del fabricante.

Los elementos que componen un sonómetro son, ver Figura 1: el micrófono, la unidad de procesamiento, red de ponderación de frecuencia, red de promediado de tiempo y la unidad de presentación. El micrófono es el elemento transductor que convierte la presión acústica en una señal eléctrica procesada electrónicamente.

Unidad de procesamiento de la señal eléctrica generada, realiza el procesamiento para evaluar el nivel de presión sonora captado, y está formado por dos elementos: Red de ponderación en frecuencia y la red de promediado en el tiempo. Finalmente, la unidad de presentación que muestra la información.

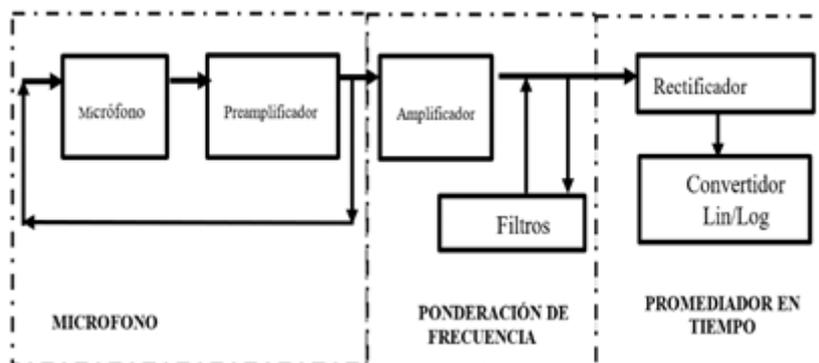


FIGURA 1.
Esquema sonómetro.
Autores

El sonómetro es el positivo o herramienta principal en los estudios de ruido, y tiene la capacidad de medir características como: los valores máximos con constantes de tiempo, el valor máximo pico, el cual es importante para la prevención por pérdida de la audición y también puede medir los impulsos a los cuales el ser humano percibe el ruido de impacto.

Sistema de Medición e Interfaz

La interfaz se centrará en una implementación de un sistema que permita analizar y grabar archivos de audio, usando herramientas de adquisición de datos en Matlab [17]. Este diseño otorga al usuario la posibilidad de importar y grabar muestras de audio para ser analizadas y procesadas. Además, se proporciona la opción SONOMETER, para realizar estimaciones en tiempo real del nivel de señal.

El sistema de análisis de presión sonora en ambientes virtuales de aprendizaje fue desarrollado considerando características tanto de hardware y software. Como se indica en las Tablas 4 y 5.

TABLA 4.
Características del Hardware

Hardware	Características
Sonómetro	Modelo SLM-25 Rango de medición 30 a 130 dB Ponderación de tiempo fast/slow
	Ponderación de frecuencia A/C Compatible con Windows 10,8,7, Vista y XP Precisión : + 1,5 dB
Computador	Sistema Operativo Windows 10 3.1 GB de espacio de disco 8 GB de memoria RAM

Autores

TABLA 5.
Características del Software

Software	Características
Visual Studio 21019	Compatible con lenguajes de programación: C#, C++, Visual Basic .NET, Java, Python, Ruby, PHP y F#. Permiten desarrollar aplicaciones de escritorio, aplicaciones móviles, aplicaciones web ASP .NET, y servicios web XML Permite generar perfiles y emitir diagnósticos
Base de datos SQL Server	Arquitectura Cliente y Servidor Compatibilidad para configurar vistas personalizadas Código abierto Compatible con Windows 7 SP1 en Adelante, Mac, Linux.
Matlab 2019b	Versión 2019b
NoiseLogger Communication Tool	Compatible con todas las versiones de Windows 7, 8 y 10 Descarga, almacena y organiza los datos de medición Exportación para Microsoft Excel y Word

Autores

En la ventana principal, como se muestra en la Figura 2a, se tiene la opción de validar o crear el usuario. En la Figura 2b se encuentran las opciones con las cuales están disponibles para realizar el análisis de archivos de audio o hacer uso del sonómetro SLM-25. La opción sonómetro Figura 2c, permite acceder al Noise Logger

Communication Tool y registrar los datos una vez que se haya configurado el programa. Finalmente exportar archivos Excel y al servidor SQL.

Sonometer. - para hacer uso del software SLM-25 Noise Logger Communication Tool, se agregó el ejecutable a la interfaz que es un medidor de decibelios con interfaz de PC fácil de usar y le proporciona una lectura precisa. Entre las aplicaciones más comunes de uso incluyen: medición ambiental, diseño de lugares de trabajo, análisis de nivel de sonido de maquinaria y motores. Para este trabajo se enfocó en la medición de presión sonora en ambientes de aprendizaje. Para comprobar el funcionamiento de la interfaz y el SLM-25 en tiempo real de la opción Sonometer se solicitó la colaboración de docentes de la Universidad de Guayaquil, durante su jornada clases.



FIGURA 2.
Interfaz Casrem.
Autores

Archivos (.wav). –Para el análisis de archivos de audio la interfaz cuenta con dos opciones. La primera es seleccionar el archivo desde el ordenador. La segunda es grabar el audio directamente desde la interfaz con el rango de tiempo que puede ser modificado por el usuario. La interfaz ARCHIVOS.WAV, como se muestra en la Figura 3 se realizó con el software Matlab 2019a. Una vez que se grabe o seleccione el archivo, se debe seleccionar el tipo de respuesta temporal que se desee Fast/Slow. El tipo de respuesta Fast es una constante con valor de 125ms usado para medidas de ruido fluctuante; el tipo de respuesta Slow tiene el valor de 1s y es usado para medidas de ruido que no fluctúan tan rápido. En la barra lateral izquierda se encuentran opciones como: Recortar, Invertir, Diezmar.

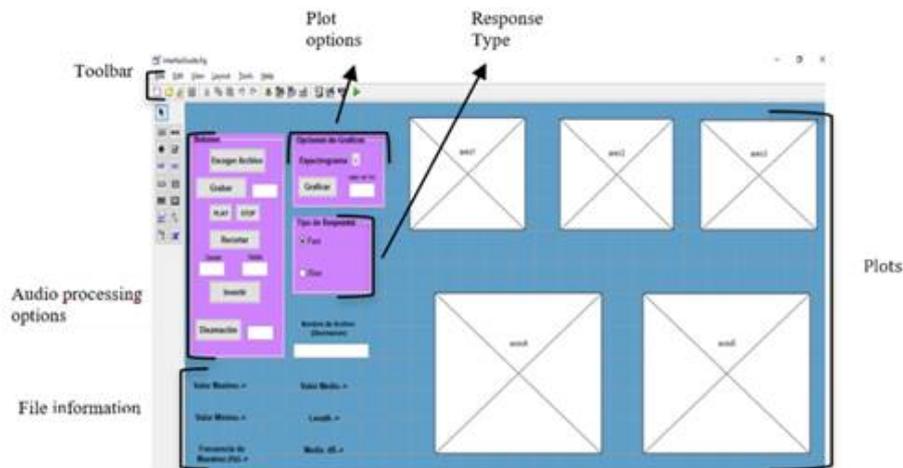


FIGURA 3.
Interfaz-Archivos (wav).
Autores

Para acceder a los archivos .wav en Matlab se usó la función `uigetfile('*.wav')`; que permite buscar dentro de nuestra base de datos el archivo deseado. La función `audio recorder` permite al usuario grabar, con un tiempo en segundos que lo establece el usuario. Adicionalmente cuenta con las opciones de play y stop. Una vez que el archivo es seleccionado, se puede obtener información del archivo como, por ejemplo: valor máximo, valor mínimo, longitud, media de ruido, frecuencia de muestreo, los cuales se presentan en la parte inferior izquierda de la interfaz. La señal de entrada en el dominio del tiempo y el nivel de dB se grafica en los axes superiores. En la parte central de la interfaz los axes muestran el espectrograma de la señal de audio.

Para obtener los niveles de ruido de los archivos de audio, se implementó un sonómetro con ponderación A. El algoritmo FFT (Fast Fourier Transform) se utilizó para estimar el espectro de frecuencia de un conjunto de muestras y la media la energía de la señal se determinó, en el dominio de la frecuencia [18]. CASREM permite al usuario adquirir muestras de sonido en tiempo real a la frecuencia de muestreo admitida por el hardware.

Funcionalidades:

RECORTAR, permite al usuario ubicar el intervalo de tiempo que desea analizar.

DIEZMADO es la operación de reducir la frecuencia de muestreo en un factor entero.

INVERTIR es arreglar una grabación estéreo si uno de los canales se ha grabado con el otro fuera de fase.

En la parte inferior izquierda se puede encontrar información sobre el audio analizado como, por ejemplo: la ruta del archivo, nombre, frecuencia de muestreo (Hz), tiempo de duración (s), el ruido promedio del archivo(dB), entre otros. Entre los gráficos que permiten visualizar las características de la señal se tiene:

Señal original o señal de entrada normalizada.

Nivel de ruido de la señal con ponderación A

Espectro de potencia

Espectrograma

Periodograma

Histograma

Filtro pasa bajas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron archivos de la base de datos Urbansound dataset [11], para el análisis y extracción de características, los cuales tienen una duración corta (segundos). Además de archivos de clases virtuales proporcionados por docentes de la Universidad de Guayaquil (duración media 30min). Se procedió a almacenar todas las muestras en archivos de extensión (.wav).

TABLA 5.
Archivos (wav)

Características	Aula Virtual		Sonidos Urbanos		
	Sala 1	Sala 2	Ladrido de perro	Aire acondicionado	Bocina de vehículo
Nivel de Ruido Promedio (dB)	51,7655	64,6855	69,034	84,4946	80.0196
Duración(s)	1500	3000	128	17,0874	61,2833
Valor Máximo	0,645264	0,99969	0,945313	0,914642	0.656097
Frecuencia de Muestreo (Hz)	22050	22050	22050	22050	22050
Tipo de respuesta (Fast/Slow)	slow	slow	fast	fast	fast

Authors

En la Tabla 6 se muestran los resultados de varios archivos(.wav), provenientes de aulas virtuales y sonidos urbanos; se obtuvieron los niveles de decibelios en los que se desarrolla una clase virtual que oscilan entre 50 a 75 dB, comparable con la escala de ruidos cotidianos como al ruido de una aspiradora y un secador de pelo respectivamente, superando los niveles de una conversación normal dada a 60 dB. En la Tabla 5 además se muestra el análisis de nivel de ruido de los archivos descargados de Urbansound dataset, que son registros de eventos de urbanos específicos como, por ejemplo: aire acondicionado, bocinas, perros, entre otros.

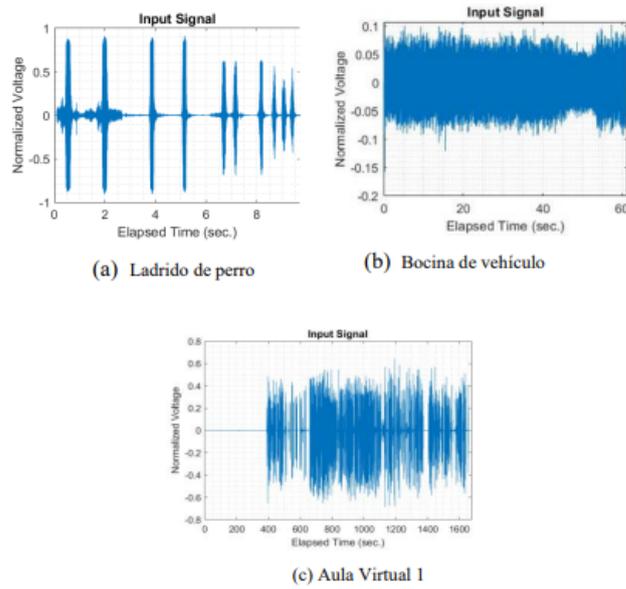


FIGURA 4.
Audios analizados.
Autores

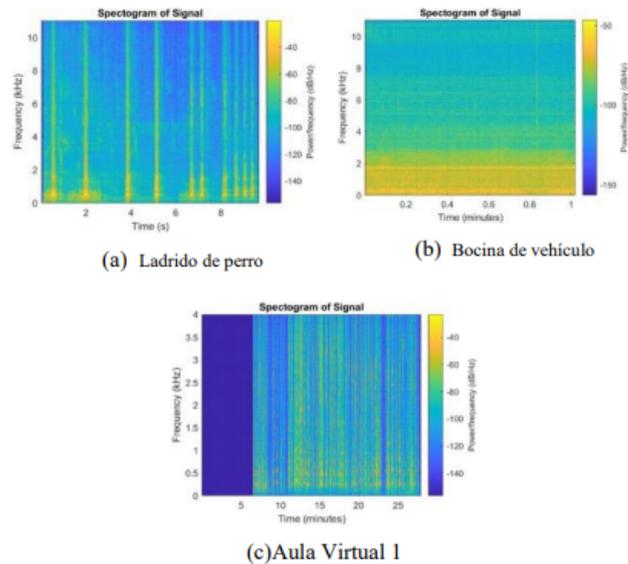


FIGURA 5.
Espectrograma.
Autores

En las Figuras 4, se muestra un ejemplo de audio analizado como: ladrado de un perro, bocina de vehículo y el audio de un aula virtual. El espectrograma, Figura 5 (o también llamado Sonograma) es la representación gráfica del espectro de frecuencias de la emisión sonora. Este gráfico revela características que no pueden apreciarse dentro de los límites de frecuencia del oído humano, como por ejemplo las altas frecuencias o modulaciones de amplitud.

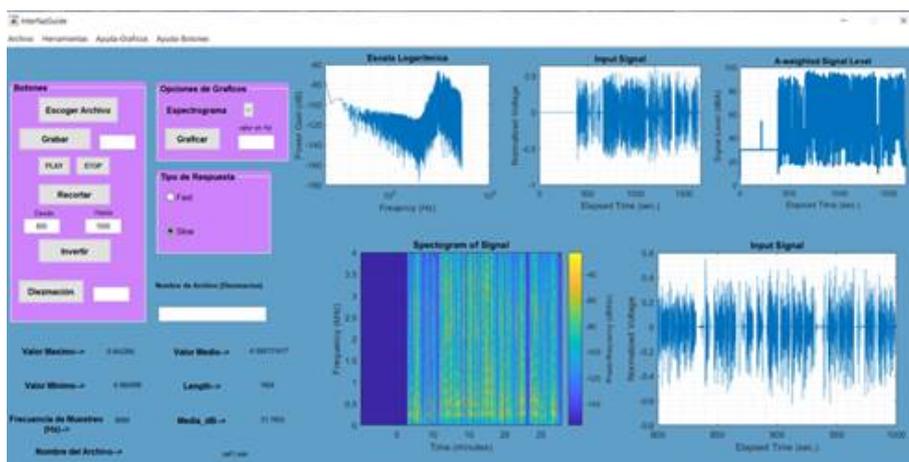


FIGURA 6.
Análisis de audio(Sala 1).
Autores

CASREM permite interpretar y obtener características propias de cada archivo de audio, como se muestra en la Figura 6. Para iniciar la interpretación del procesamiento de señales, existen aspectos importantes como: un periodograma de la señal que es una estimación de la densidad espectral de una señal. Histograma que es la representación gráfica en forma de barras, que simboliza la distribución de un conjunto de datos y sirven para obtener una "primera vista" general, o panorama, de la distribución de la población, o de la muestra. Diezmado que es la operación de reducir la frecuencia de muestreo en un factor entero. Invertir resulta de gran utilidad para la corrección de errores de anulación de fase o para mezclar a mono varias señales desafinadas.

CONCLUSIONES

CASREM en una interfaz amigable que cuenta con dos opciones: SONOMETER Y ARCHIVOS(.wav). Sonometer es utilizado a través del software Noise Logger Communication Tool que es una aplicación del SLM-25. Archivos(.wav) fue diseñado como un sonómetro con ponderación A para el análisis de archivos de audio que pueden ser previamente registrados o grabados en tiempo real. El diseño de la interfaz CASREM, aporta una base en el estudio y análisis de señales de audio sobre todo para en la estimación de niveles de ruido.

Con la colaboración de docentes y estudiantes de la Universidad de Guayaquil se está formando grupos de investigación estudiar la detección de sonidos urbanos específicos en tiempo real usando algoritmos de Machine Learning.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- M. A. Heras Sánchez, Contribución de las técnicas de procesamiento digital de señales en el diseño de filtros digitales, Octubre 2013. [En línea]: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/534/1/T-UCSG-POS-MTEL-13.pdf>.
- S. REZZA, “El mundo es un paisaje sonoro”, Puerto Rico, 2016.
- M. L. BISTRUP, Health effects of noise on children and perception of the risk of noise, Instituto de Salud Pública de Dinamarca, 2001.
- O. S. C. Miriam Alfie Cohen, Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable, Estudios demográficos y urbanos, vol. 32, n° 1, 2017.
- Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, Ministerio del Ambiente y Agua, Diciembre 2020. [En línea]: <http://ambiente.gob.ec/hoy-ecuador-le-dice-no-al-ruido/>.

- G. P. G. Martha C. Romero Moreno, EL SONIDO COMO ESPACIO DE SIGNIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN, *Revista Luciérnaga*, n° 13, pp. 32-41, 2015.
- P. F. S. a. S. V. Vigilante, Detecting Sounds of Interest in Roads with Deep Networks, *Image Analysis and Processing – ICIAP 2019*, vol. 11752, pp. 583-592, 2019.
- M. G. P. P. F. Lozano, A method for environmental acoustic analysis improvement based on individual evaluation of common sources in urban areas, *Science of the total environment*, Vols. %1 de %2468-469, pp. 724-737, 2014.
- A. O. V. Y. V. E. C., Ponderación psicoacústica en frecuencia y amplitud para señales de audio digital, 2do Congreso Internacional de Acústica UNTREF, p. 7, 2010.
- F. S. J. C. & S. X. Alías, A review of physical and perceptual feature extraction techniques for speech, music and environmental sounds, *Applied Sciences*, vol. 6, n° 5, p. 143, 2016.
- J. a. J. C. a. B. J. P. Salamon, Un conjunto de datos y taxonomía para la investigación del sonido urbano, 22ª Conferencia Internacional ACM sobre Multimedia, pp. 1041--1044, 2014.
- J. & P. J. Martínez Llorente, *Contaminación acústica*, Madrid: Ecologistas en Acción, 2015.
- N. G. a. C. S. Guillaume Lemaitre, Acoustics and Psychoacoustics of Sound Scenes and Events, *Computational Analysis of Sound Scenes and Events*, pp. 41-62, 2018.
- L. g. metas, El pascal y Factores de Conversión de Unidades de Presión y, *Metas & metrologos asociados*, 2004, pp. 1-3.
- I. T.-N. M.-M. Joshelline Guijarro-Peralta, Determinación de la contaminación acústica de fuentes fijas y móviles en la vía a Samborondón en Ecuador, *Ambiente y Desarrollo*, vol. 38, n° xx, p. 11, 2016.
- C. A. & G. F. A. E. Echeverri Londoño, Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 10, n° 18, pp. 51-60, 2011.
- R. B. J. K. J.-G. R. M. V. Marco Berzborn, The ITA-Toolbox: An Open Source MATLAB Toolbox for Acoustic Measurements and Signal Processing, *DAGA 2017 Kiel*, p. 4, 2017.
- D. P. Téllez Girón, Creación y Edición de Audio y Video, 2011. [En línea]: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa4/informatica/La%20senial%20de%20audio.pdf
- D. R. Lanman, *Design of a Sound Level Meter*, MATLAB, 2005.