

# Desarrollo de Software para el cálculo de parámetros acústicos según ISO 3382

Casas Nahuel<sup>1</sup>, Pantano Lucas<sup>2</sup>, Robledo Juan<sup>3</sup>

Señales & Sistemas, Ingeniería de sonido

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina.

<sup>1</sup> nahuel0697@gmail.com, <sup>2</sup> lukas.pantano@gmail.com, <sup>3</sup> robledojuanm@gmail.com

## Resumen

El siguiente trabajo es la primer parte de una investigación cuyo objetivo principal es generar un sistema de software modular, el cual permita analizar ciertos parámetros y fenómenos acústicos, teniendo en cuenta las indicaciones de la normativa ISO 3382 (UNE-EN ISO 3382,2001). En esta instancia, se crean las herramientas necesarias para la adquisición de la respuesta impulsiva (RI) de ciertos parámetros propuestos, ó bien de archivos de audio importados al sistema, las cuales son desarrolladas en el entorno MATLAB.

**Keywords:** ISO 3382, IEC 61260

## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe responde a la primera fase del presente proyecto. El objetivo principal para esta instancia es generar las señales que se van a procesar, sistemas de adquisición y carga de datos, y obtener los coeficientes de los filtros a usar.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Ruido Rosa

Señal aleatoria caracterizada por tener igual magnitud de energía en toda banda de octava. De esta manera, presenta una densidad espectral inversamente proporcional a cada frecuencia. Esta característica se refleja en un decaimiento no lineal de 3 [dB] por octava.

### 2.2. Tiempo de reverberación (TR)

Se define el tiempo de reverberación como aquel requerido para que el nivel de presión sonora (SPL) decaiga cierta cantidad de nivel [dB] luego de que la fuente emisora deje de actuar. Se puede calcular el T20, T30 y T60; donde se observa el tiempo necesario para que la señal caiga 20, 30 o 60 [dB] respectivamente<sup>1</sup>.

### 2.3. Respuesta al impulso

La respuesta al impulso se define como la evolución en el tiempo de la presión sonora observada en un determinado punto, como el resultado de la emisión de un impulso de Dirac efectuado en otro punto<sup>2</sup>.

### 2.4. Sine-sweep y filtro inverso

El sine-sweep exponencial es una señal sinusoidal cuya frecuencia varía en función del tiempo, manteniendo constante su energía. Es caracterizado por excitar una frecuencia a la vez de manera ascendente considerando un rango entre las frecuencias angulares  $w_1$  y  $w_2$ , y un tiempo  $T$  de duración. Su espectro presenta una disminución de 3 [dB] por octava. Se define la expresión matemática correspondiente:

$$x(t) = \sin\left[\frac{Tw_1}{\ln(\frac{w_2}{w_1})}(e^{t\ln(\frac{w_2}{w_1})/T} - 1)\right] \quad (1)$$

El filtro inverso consiste en la inversión en tiempo del Sine-Sweep de modo que se obtiene  $x(-t)$ .

A su vez conlleva una modulación en amplitud que compensa la diferencia de energías respecto de la señal de entrada original. El filtro inverso  $k(t)$  se define como:

$$k(t) = m(t)x(-t) = \frac{1}{2\pi e^{t\ln(\frac{w_2}{w_1})/T}}x(-t) \quad (2)$$

### 3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

El desarrollo del software se realiza de manera modular, y hasta esta instancia de presentación no se cuenta con un nexo, como lo será GUI<sup>1</sup> a posteriori, que concatene todas las funciones bajo una maestra.

#### 3.1. Sintetización de ruido rosa y generación de Sine-Sweep

La generación del ruido rosa parte de filtrar un ruido blanco de modo que se produzca una caída de 3 dB por octava. Este proceso consiste en simplemente generar un vector aleatorio. El ruido de frecuencias surge a partir de la ecuación. Frente a un proceso de testeo, se observa una saturación y en el audio resultante, por lo que se reduce la amplitud de la señal en un 70 %.

#### 3.2. Adquisición y reproducción en tiempo real

Con la utilización del toolbox de audio incorporado en MATLAB, se reproduce y graba en simultaneo y en tiempo real, el sinesweep resultante de la función detallada anteriormente. Es importante la correcta selección de un driver full-duplex que permita realizar ambas acciones en conjunto.

A travez del ensayo, se calibran los retardos y/o el buffer para sortear la perdida de ~~muestras~~ que produce por la latencia de los procesos.

#### 3.3. Carga de archivos de audio

Se utilizan las matrices de DataSet para recopilar datos de los archivos de audio ingresados en una única variable contenedora. Para poder adquirir estos datos, se necesita primero utilizar la función audioread (del toolbox de audio) para acceder a la información de un archivo de audio.

Se utilizan la respuestas al impulso proporcionadas por *isophonics.net* del Octagono, una estructura que actualmente funciona como sede de conferencia.

Los archivos de Sine Sweep grabados que se utilizan son proporcionados por los docentes de la materia, realizadas en un aula de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.

#### 3.4. Sintetización de Respuesta al Impulso

Una vez cargados los archivos de audio en la etapa anterior, se procede a sintetizar dichas señales, con la finalidad de obtener un valor representativo de la respuesta al impulso y la suma de frecuencias centrales. Teniendo en cuenta las frecuencias centrales en banda de octava y tercio de octava de los archivos analizados, la función es definida por las ecuaciones de frecuencia central (3), decaimiento exponencial (4) y suma de frecuencias centrales; donde además tendremos a consideración el tiempo de reverberación  $T_{60}$ <sup>3</sup>.

$$y_i = A_i e^{\pi_i t} \cos(2\pi f_i t) \quad (3)$$

$$\pi_i = \frac{-\ln(10^{-3})}{T_{60}} \quad (4)$$

$$y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (5)$$

#### 3.5. Filtros de Octavas y Tercios

El objetivo de esta función es generar un banco con los coeficientes de los filtros en una variable de clase Cell<sup>2</sup> (Celda). Con el objeto designfilt se diseña un filtro del tipo pasabanda de orden 20 por cada frecuencia central dispuesta por la norma IEC 61260, siendo de 10 filtros para el caso de octava, y 30 para el caso de tercios de octava.

## 4. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa el analisis espectral realizado en *Audacity* para el ruido rosa sintetizado, y su caída de 3 dB por Octava.

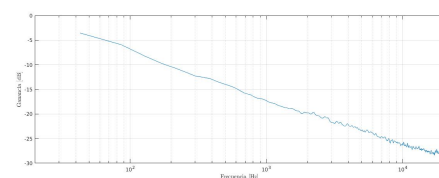


Figura 1: Ruido Rosa con una pendiente de 3 dB/Octava.

En la Figura 2 se detalla un espectrograma realizado en el portal *academo.org* del barrido frecuencial.

<sup>1</sup>Graphic User Interface

<sup>2</sup>Un arreglo de celdas es un tipo de dato con contenedores de datos indexados

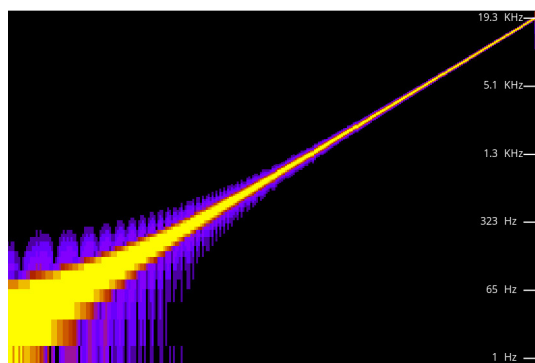


Figura 2: Espectrograma de Sine Sweep con escala frecuencial logarítmica.

En la aplicación de adquisición y reproducción simultanea se experimenta una perdida de 1024 muestras, producto de una demora de 0,023 segundos en iniciar el grabador. Puede considerarse insignificante esta perdida frente a una señal de 5 segundos.

En la Figura 3 se detalla la respuesta del filtro, usando la frecuencia central de 1 kHz como ejemplo

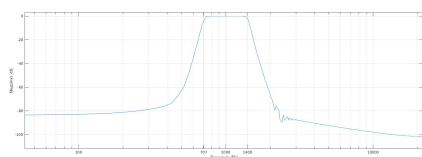


Figura 3: Filtro de una octava con  $f_c$  en un 1000 Hz

Cabe destacar que frente a esta pendiente de orden 20, se requiere un tiempo considerable de cálculo informático.

Una vez finalizada esta etapa, se procede a trabajar con los archivos cargados al sistema. Se registra un total de 169 grabaciones realizadas en la sala. Estas fueron tomadas con el fin de analizar la respuesta al impulso en el recinto. Las frecuencias centrales de dichos archivos son registradas por el sintetizador, el cual luego de procesarlas da como

resultado una suma de frecuencias centrales igual a 51768 Hz.

## 5. DISCUSIONES

Frente a un mal aprovechamiento de recursos informáticos, se discute la posibilidad de reducir el orden de los filtros para la segunda etapa del proyecto. También se analiza la posibilidad de dejar establecida y fija para todas las funciones un Sample Rate de 44100 muestras/segundo. De este modo, se limitan los datos de entrada de cada función, siendo esta tasa, suficiente para representar perfectamente el rango audible con una resolución óptima para el análisis. Respecto a la calibración temporal en la función de adquisición y reproducción simultanea, se decide efectuarla para una única computadora, con driver ALSA, para optimizar tiempo de desarrollo de software y enfocarlo en el estudio del recinto, y no del computador en sí.

## 6. CONCLUSIÓN

Resulta imprescindible avanzar con una interfaz grafica que anexe todas las funciones. Asimismo, limitar las entradas por parte del usuario, y dejar en segundo plano algunas funciones que generan en sus salidas celdas de datos repetitivos.

## 7. REFERENCIAS

- [1] DSP Stack Exchange. Calculation of Reverberation Time (RT60) from the Impulse Response @ <http://dsp.stackexchange.com>
- [2] Farina, Angelo. Advancements in impulse response measurements by sine sweeps. @ *Audio Engineering Society Convention 122*. Audio Engineering Society. 2007.
- [3] Venturi, Farina, Tronchin. Architectural Acoustics. Session 1aAAa: Advanced Analysis of Room Acoustics: Looking Beyond ISO 3382 I. ICA 2013 @ Canada. 2 - 7 June 2013