

Desarrollo de software para el cálculo de parámetros acústicos según ISO 3382

Lautaro Musolino¹

Señales & Sistemas, Ingeniería de sonido
Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina.

¹ lautaromusolino@yahoo.com.ar,

2º Cuatrimestre 2019

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo la creación de códigos que permitan la creación de un software modular para el cálculo de parámetros acústicos según la norma ISO 3382 (UNE-EN ISO 3382, 2001). Como resultado se obtienen los datos necesarios para contemplar una medición in situ. El lenguaje de programación utilizado es Matlab.

Keywords: ISO 3382, IR, Sine Sweep

1. INTRODUCCIÓN

Para determinar si un recinto permite una correcta inteligibilidad de la voz, se diseña un código que permita adquirir los datos necesarios para calcular la respuesta al impulso y sus correspondientes descriptores. Este código permite obtener una respuesta al impulso mediante la reproducción de un sine sweep y la grabación de la respuesta del mismo en el recinto [1]. Por otra parte, se puede obtener una respuesta al impulso de forma sintetizada, con el objetivo de realizar cálculos de parámetros acústicos. Si se desea realizar la medición mediante la reproducción y la grabación, se dispone de un código para la calibración de la fuente, que reproduce una señal de ruido rosa acorde a la normativa ISO 3382:1997 [2].

2. MARCO TEÓRICO

La respuesta al impulso (IR) de un sistema permite caracterizar las propiedades acústicas de un recinto. En este caso, se utiliza la convolución de un barrido senoidal logarítmico y su inverso. Todo el análisis se centra en el tiempo de Reverberación del recinto (TR60). Según la norma ISO 3382, el tiempo de reverberación (TR60) es el tiempo necesario para que el nivel de presión sonora disminuya 60 dB después del cese de la fuente. Este tiempo

se expresa en segundos. Por otra parte, es importante conocer las condiciones iniciales de ruido del recinto. Se define como ruido de fondo a todo aquel emitido por cualquier fuente sonora que no sea la utilizada para la medición acústica. Es importante tener en cuenta este factor ya que permite determinar la relación señal ruido, es decir, la diferencia en dB entre el piso de ruido y el nivel de la fuente.

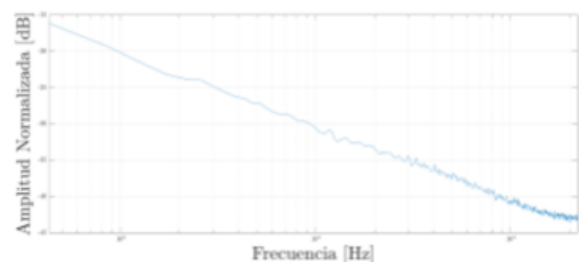


Figura 1: Ruido rosa en función de la frecuencia

El sine sweep logarítmico es una señal sinusoidal que varía su frecuencia en función del tiempo. Su expresión matemática es la siguiente:

$$x(t) = \sin[\theta(t)] = \sin\left[K \cdot \left(e^{\frac{t}{T}} - 1\right)\right] \quad (1)$$

Donde:

$$K = \frac{T \omega_1}{\ln\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)} \quad (2)$$

$$L = \frac{T}{\ln\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)} \quad (3)$$

Con ω_1 y ω_2 las frecuencias angulares inferior y superior respectivamente, y T el tiempo de duración del sine sweep en segundos.

Para obtener el filtro inverso correspondiente al sine sweep logarítmico, en primer lugar hay que invertirlo en el tiempo, obteniendo $x(-t)$. A su vez es necesaria una modulación en amplitud ($m(t)$) que compense la diferencia de energía respecto de la señal de entrada original. La expresión matemática entonces del filtro inverso ($k(t)$) es la siguiente:

$$k(t) = m(t) x(-t) \quad (4)$$

Donde:

$$m(t) = \frac{\omega_1}{2\pi w(t)} \quad (5)$$

$$w(t) = \frac{d[\theta(t)]}{dt} = \frac{K}{L} e^{\frac{t}{L}} \quad (6)$$

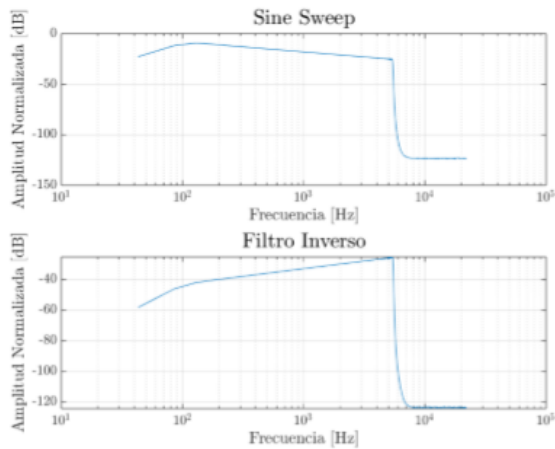


Figura 2: Validación de Sine Sweep y del Filtro Inverso en frecuencia.

Para obtener la respuesta al impulso se aplica la transformada de Fourier a la respuesta de la sala y a su correspondiente filtro inverso. Posteriormente se procede a multiplicar ambas señales y de esta forma obtener dicha respuesta.

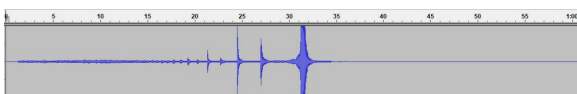


Figura 3: Respuesta al impulso obtenida

Para obtener una respuesta al impulso de for-

ma sintetizada se debe realizar otro proceso. Esta se obtiene considerando las frecuencias centrales de cada banda de octava o tercio de octava como lo establece la norma IEC 61260.



Figura 4: Respuesta al impulso sintetizada

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

El desarrollo experimental se lleva a cabo mediante la programación por bloques, es decir que se crean scripts donde cada uno cumple una función específica. Este método resulta práctico para el programador ya que puede combinar funciones según su conveniencia.

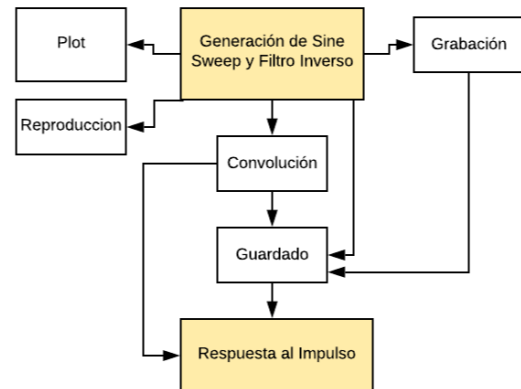


Figura 5: Ejemplo de programación en bloques

Para lograr la simultaneidad de la reproducción y la adquisición de la grabación se decide ejecutar primero la grabación de la respuesta de la sala y luego la reproducción (Figura 6). Con este orden se logra garantizar de no perder muestras iniciales en la grabación. Lo mismo ocurre al finalizar dicha acción, es decir que una vez que finaliza la reproducción del sine sweep se detiene la grabación.



Figura 6: Condiciones para lograr la simultaneidad

Al ejecutar las instrucciones de reproducción y grabación en el orden mencionado, la grabación obtenida tendrá una determinada cantidad de muestras excedentes al inicio y al final de la misma. Esto se debe a que se grabó ~~durante~~ un tiempo inicial t_1 y un tiempo final t_2 que no corresponden al audio del sine sweep con el que se excita el recinto (Figura 7).

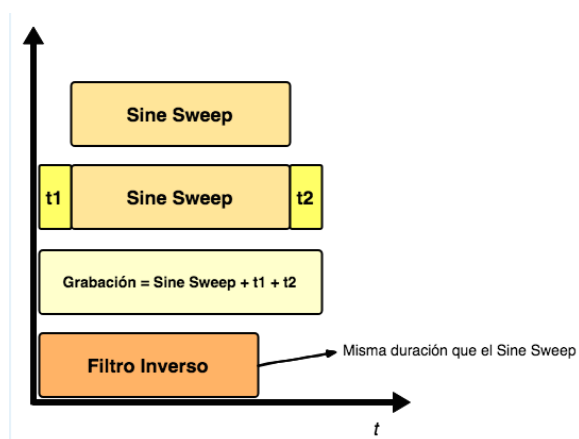


Figura 7: Sincronización del sine sweep, de la grabación y del filtro inverso

Además, esta situación presenta un problema a la hora de realizar la convolución entre la grabación de la respuesta de la sala y el filtro inverso. Es necesario que ambas señales estén sincronizadas en su origen de modo que, si estas están desfasadas, el resultado de la convolución no es preciso. Para lograr esto, se eliminan las muestras excedentes que se graban durante el tiempo t_1 . Las muestras excedentes finales grabadas durante el tiempo t_2 no representan ningún problema, ya que el filtro inverso, que tiene la misma duración que el sine sweep, durante ese lapso de tiempo tiene amplitud cero, por lo que al convolucionar con la señal grabada su resultado también lo será (Figura 8).

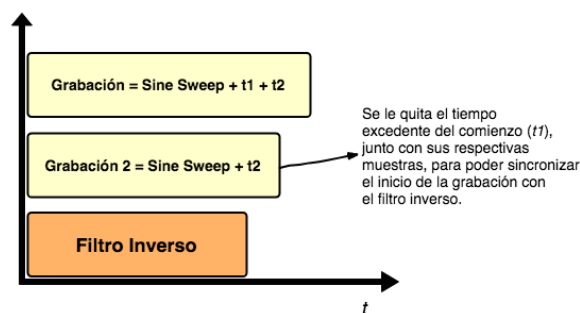


Figura 8: Sincronización de la grabación

Para determinar t_1 , se implementa un contador de tiempo, para conocer el tiempo que transcurre entre la ejecución de la instrucción para comenzar a grabar y la ejecución de la instrucción para comenzar a reproducir el sine sweep. Esto se lleva a cabo utilizando la función `tic toc` de MATLAB.

Para el diseño del filtro se parte de los lineamientos mencionados en la normativa CEI 61260 [3]. Este filtro se lleva a cabo usando la función `designfilt` del Toolbox Signal Processing de MATLAB. Además, se utiliza un ~~ltro~~ de orden 6 para el filtrado en banda de octava y de orden 8 en caso de tercios de octava. Finalmente, para aplicar el filtro creado a la señal, se utiliza la función `filter`, la cual cumple los requerimientos de la norma mencionada. En la Figura 9 se observa el ~~ltro~~ diseñado para la banda de 1 KHz.

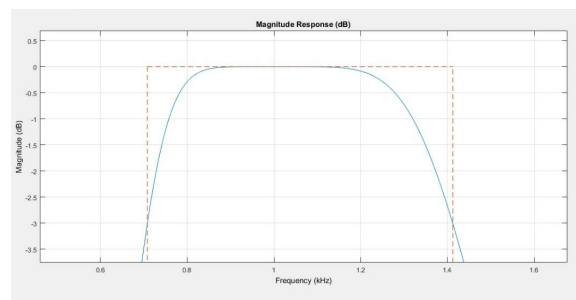


Figura 9: Filtrado de la señal en 1 KHz

Referencias

- [1] A. Farina. *Simultaneous Measurement of Impulse Response and Distortion With a Swept-Sine Technique*. 108 AES Convention, París, 19-22 February, 2000.
- [2] *ISO 3382:1997 Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*.
- [3] *CEI. 61260:2001. Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters*. 2001.