

Análisis Matemático III

Ingeniería en Inteligencia Artificial Trabajo Práctico 2: Guía para la medición

2023

Objetivos

Este documento sirve como guía para la medición de la respuesta al impulso del aula. La idea es que sirva para entender a grandes rasgos qué estamos midiendo, por qué lo hacemos de una determinada forma y qué detalles son especialmente importantes.

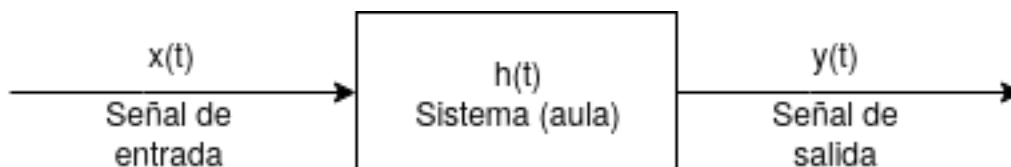
¿Qué queremos medir?

A grandes rasgos, nuestras señales de entrada van a consistir en señales de voz de personas, y nuestra tarea es encontrar una función que permita expresar matemáticamente las modificaciones que el aula le impone a esa señal de entrada hasta que llega a un receptor. En ese punto, la señal va a ser distinta de lo que era a la entrada y vamos a estar hablando de una señal de salida. La función que vincula las señales de entrada y salida se conoce como **respuesta al impulso**.

Este tipo de funciones son de especial importancia porque caracterizan completamente a sistemas que son lineales e invariantes en el tiempo (LTI, por sus siglas en inglés). En nuestro caso particular el sistema es el aula, y decimos que es lineal porque justamente cumple la propiedad de linealidad. Por otro lado, es invariante en el tiempo porque desplazamientos temporales en la señal de entrada implican exactamente el mismo desplazamiento temporal en la señal de salida, el comportamiento de nuestro sistema no depende del momento en el que se inyecta la señal a la entrada.

Decimos que un sistema LTI queda completamente caracterizado por su respuesta al impulso porque cualquier señal de entrada se puede pensar como una combinación lineal de impulsos desplazados. Si conocemos cómo nuestro sistema modifica a un impulso, para ver qué le hace a una señal arbitraria solo debemos pensarla como una sucesión de impulsos e ir aplicando la transformación uno a uno, para luego sumar los resultados.

Esquemáticamente, la situación es la siguiente:



Disclaimer

En realidad el aula no es un sistema LTI, pero vamos a asumir que lo es porque es una aproximación que no trae demasiados errores y simplifica muchísimo las cuentas.

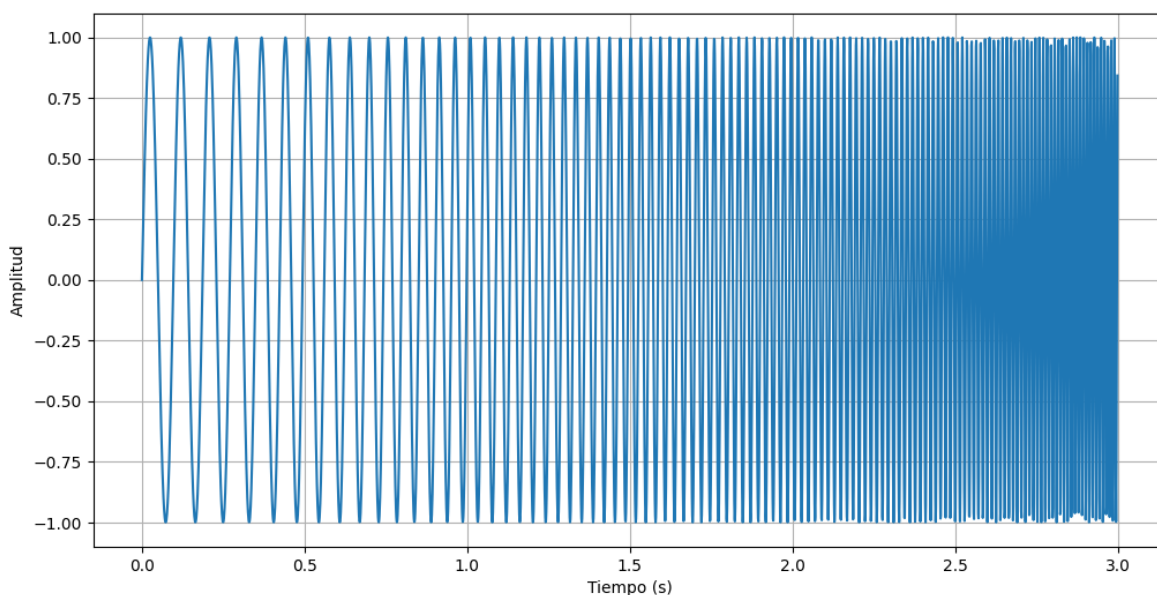
¿Cómo lo vamos a medir?

La respuesta al impulso, como su nombre lo indica, corresponde a la salida $y(t)$ de nuestro sistema, cuando la entrada $x(t)$ es un impulso. Sabiendo esto, vamos a proponer dos señales impulsivas que nos van a servir como señales de entrada:

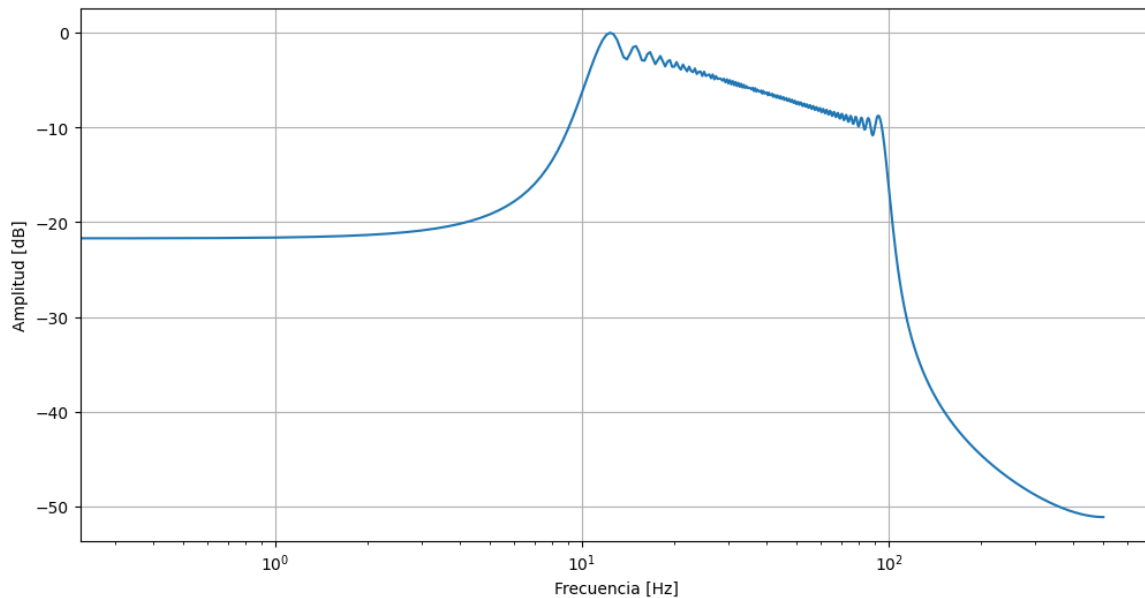
- Un globo explotando.
- Un par de maderas golpeándose.

En esta variante bastante directa de la medición, se va a elegir un punto del aula que se quiera caracterizar. En ese punto se va a poner un micrófono de medición, mientras que una persona va a estar encargada de explotar el globo y/o golpear las maderas en un punto distinto, alejado del micrófono.

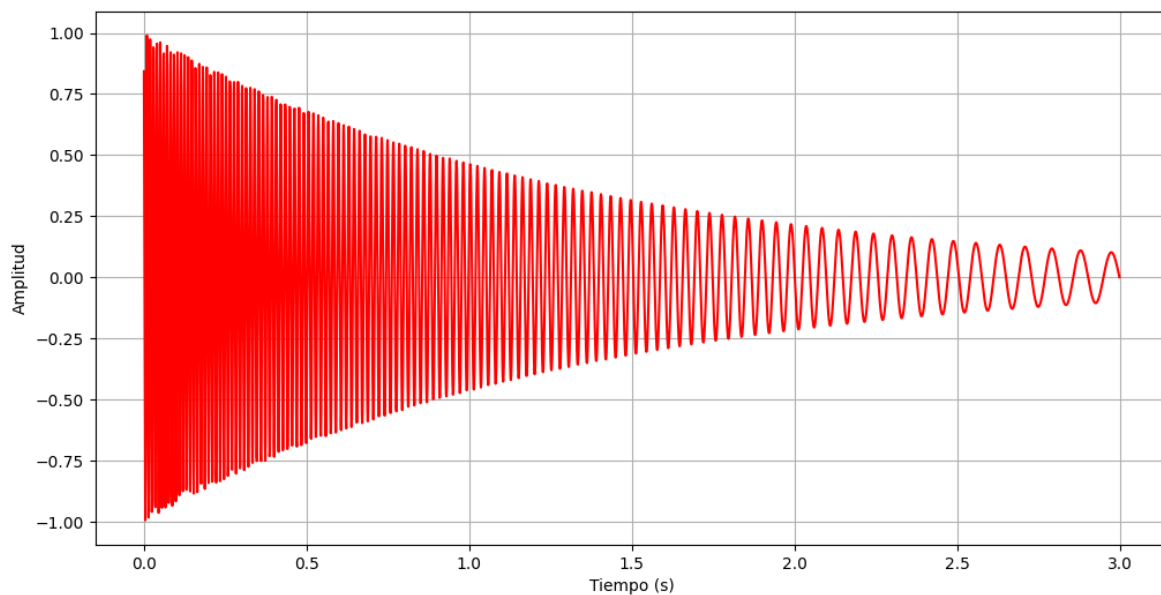
Por otro lado, vamos a proponer una señal algo más sofisticada. El espectro en frecuencia de un impulso consiste en una constante, lo cual significa que todas las frecuencias son excitadas con la misma energía. Es lógico entonces pensar en una señal que consista en un barrido en frecuencias, como un tono que arranque en una frecuencia muy baja y vaya aumentando a medida que pasa el tiempo. Dicha señal se llama barrido frecuencial o sine sweep, en inglés. Gráficamente se la ve de la siguiente forma:



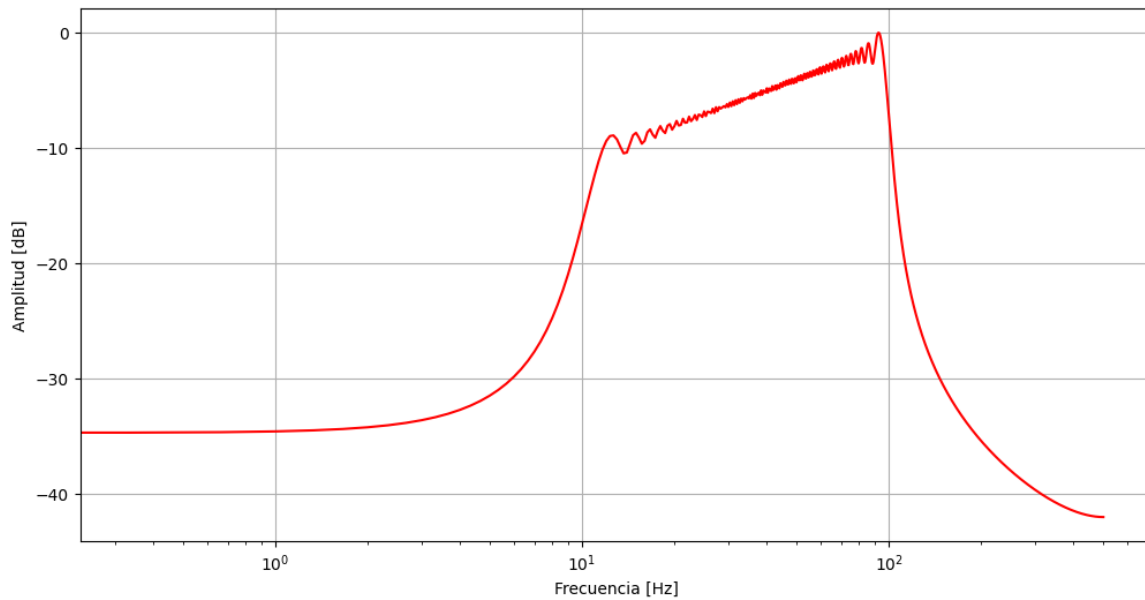
Por otro lado, su espectro es el siguiente:



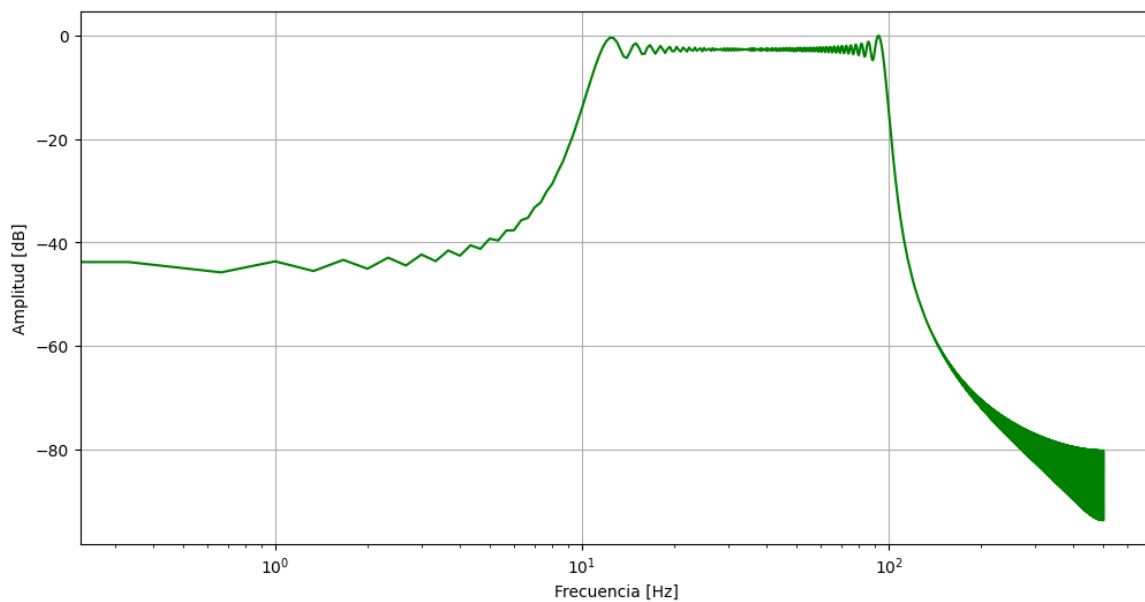
Como se puede observar, hay bastante más energía en bajas frecuencias que en altas. Además hay un detalle no menor, el sine sweep no es un impulso, es decir, no es la señal que buscamos. Si nosotros emitimos ese barrido y lo grabamos con el micrófono, vamos a quedarnos con una versión alterada por los efectos del aula de ese mismo barrido. Acá es donde entra una segunda señal, que vamos a llamar filtro inverso. Esta señal en el dominio temporal tiene esta forma:



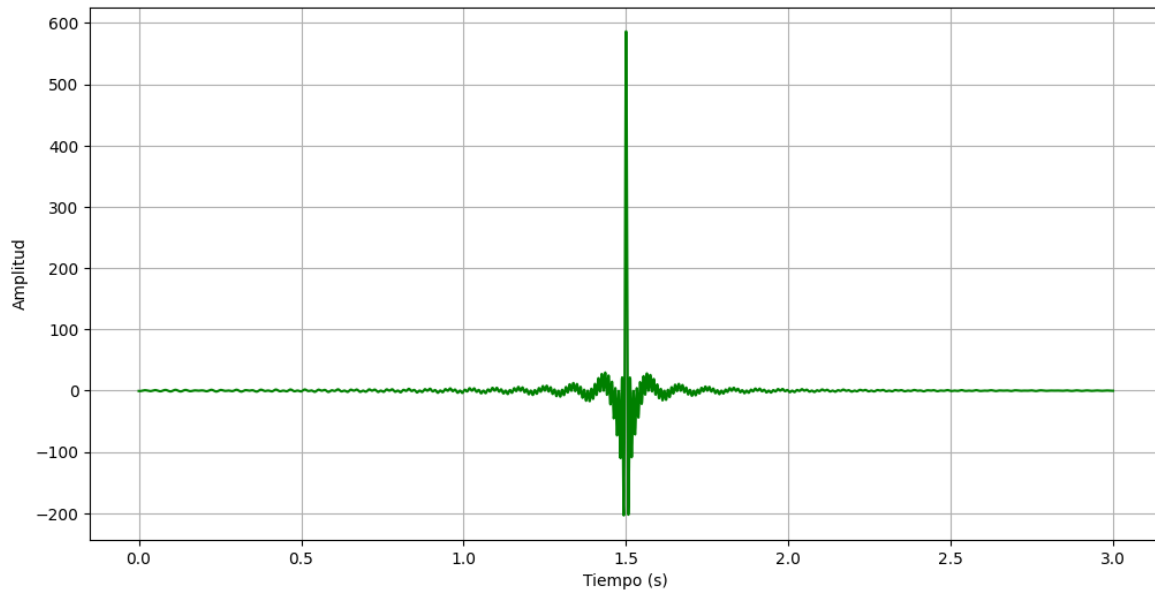
es decir, es el mismo barrido frecuencial de antes visto de derecha a izquierda. Si recordamos las propiedades de la DFT, si tengo $x(-t)$, en frecuencia voy a tener $X(-\omega)$, y justamente eso es lo que sucede:



Ahora bien, si multiplico punto a punto los espectros del sine sweep y del filtro inverso, me queda lo siguiente:



una constante en frecuencia en el rango de interés. Naturalmente, lo que voy a ver en el dominio del tiempo es:



Entonces, la convolución entre el sine sweep y el filtro inverso da un impulso. Cuando se grabe el barrido frecuencial con el micrófono, debo convolucionar esa grabación con el filtro inverso asociado para conseguir la respuesta al impulso deseada.

¿A qué cosas le vamos a prestar atención el día de la medición?

Una lista no exhaustiva de cosas a tener en cuenta durante la medición es la siguiente:

- Hacer un croquis del aula, relevar sus medidas.
- Determinar con certeza la posición de la fuente para la medición y del micrófono.
- Condiciones meteorológicas al momento de medir, temperatura, presión, humedad.
- ¿Cómo es el espectro de las fuentes propuestas?
- ¿Bolsos/mochilas en el aula?
- Nivel del parlante, ruido de fondo.
- Modelos de los equipos utilizados.
- Fotos, muchas fotos de todo.
- Cualquier otra cosa que les parezca de importancia, todo suma.