

# Frecuencia de ondas de sonido usando transformadas de Fourier con python.

Fernando J.,<sup>1</sup> Wilson A. Barrera,<sup>1</sup> and Franklin Y. Solis<sup>1</sup>

*Escuela de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Matematica, Universidad de El Salvador.*

(Dated: 27 January 2022)

El sonido son un conjunto de ondas sonoras longitudinales que se propagan en un medio, nuestro cerebro detecta por medio de nuestro oído las variaciones de presión en el aire convirtiéndolas en señales que le cerebro procesa. De forma similar, los dispositivos son capaces de procesar sonidos.

La información de los sonidos puede ser convertida a frecuencia por medio de una herramienta matemática conocida como transformaciones de Fourier.

El código planteado nos muestra como mediante PyAudio podemos transformar audio en general tomado desde el micrófono a datos que luego traducimos a intensidad y frecuencia de esta forma somos capaces de mostrarlo en gráficos que nos permiten entender el fenómeno con "ruido" y luego mediante una transformada nos muestra el efecto sin ruido lo que nos ayuda a ver en que frecuencias esta el sonido emitido

Palabras clave: Transformada de fourier, Frecuencia

## I. INTRODUCCIÓN

Las Transformadas de Fourier nos ayudan a trasladar un problema que se encuentra en el dominio del tiempo a un problema en el dominio de frecuencias, esta es la razón por la que es muy útil en varios campos de la ingeniería y física. Aprovechando esta propiedad utilizamos a python para crear un código que sea capaz de medir la intensidad y la frecuencia del sonido captado por el micrófono del dispositivo. El código presentado a continuación se encarga de convertir las señales del audio captado por el micrófono por medio de transformadas de Fourier en una gráfica que nos da la intensidad de dichas señales en función de la frecuencia. Una vez más se observa la importancia de las librerías con grandes herramientas como lo son scipy, numpy y matplotlib.

## II. MARCO TEÓRICO.

### A. Sonido

El sonido son ondas acústicas que se propagan en un medio por ejemplo el aire. El sonido se produce por las vibraciones de los objetos, cuando el objeto vibra el aire en los alrededores se contraen y luego se expanden dando variaciones oscilatorias en la presión, este movimiento de compresiones y expansiones en el aire llegan hasta nuestro oído el cual el cerebro lo interpreta como una señal de sonido<sup>1</sup>.

Estas ondas de sonido transportan información y tiene características importantes para su análisis, dos de estas características son la amplitud y la frecuencia, la amplitud nos dice la intensidad que para nuestro cerebro sería el volumen del sonido y la frecuencia establece el periodo de la onda.

### B. Transformadas de Fourier.

La transformada de Fourier es una transformada integral de una función ( $f(t)$ ), el cual se define como sigue.

$$g(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{iwt} dt \quad (1)$$

Donde  $f(t)$  es la función en el dominio del tiempo (pero también puede ser en el espacio de posiciones) que se desea transformar una función en el espacio de las frecuencias (o espacio de momentos),  $e^{iwt}$  es el Kernel, pero también se puede hacer el proceso inverso transformar una función del espacio de frecuencias a una función en el dominio del tiempo<sup>2</sup>, para ello se realiza la transformada de Fourier inversa, que se define como sigue.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} g(w)e^{-iwt} dt \quad (2)$$

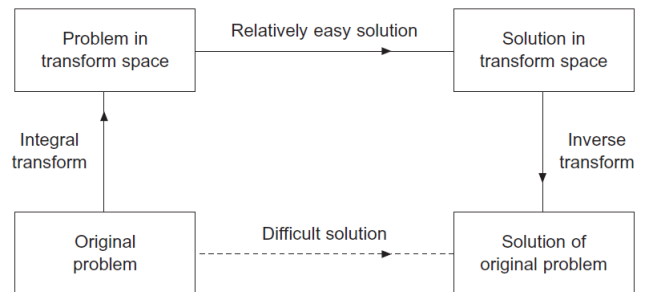


FIG. 1. Uso de la transformada de Fourier

La transformada de Fourier es muy útil para resolver problemas en el cual es muy complicada en el dominio del tiempo, pero puede ser fácilmente resuelta en espacio de frecuencias, entonces lo que se realiza es pasar el problema al espacio de

frecuencias a partir de la transformada de Fourier una vez encontrada la solución se aplica la transformada inversa para regresar al espacio original<sup>2</sup>, esto se ilustra de un mejor manera en la figura 1

En nuestro caso tenemos sonido en funciones periódicas en el dominio del tiempo al aplicar la transformada de Fourier obtenemos el espectro de frecuencias de esa función temporal, como ejemplo en la figura se muestra una señal de sonido en el dominio del tiempo y podemos observar como esa señal se traduce en pulsos en el espacio de frecuencias, lo que sucede es que la transformada amplifica la señal en el espacio de frecuencias cuando la frecuencia de la señal es igual a la frecuencia del kernel de la transformada de Fourier.

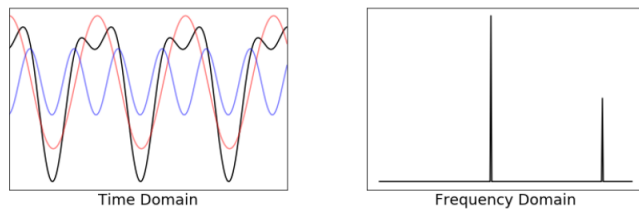


FIG. 2. Ejemplo de la transformada de Fourier para una señal en el dominio del tiempo.

Para realizar la transformada de Fourier en la computadora tenemos que obtener una ecuación discreta de la ecuación 1, para ello dada una señal periódica discreta  $x_n$  en el dominio del tiempo, la transformada de Fourier en forma discreta se define como.

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot \exp\left(\frac{2\pi i}{N} k_n\right)$$

### III. MÉTODOS

Durante este seminario hemos investigado acerca de como el sonido puede ser convertido en ondas y luego remover el "ruido" mediante una transformada de Fourier. Una transformada de Fourier descompone funciones dependiendo de espacio o tiempo a funciones de frecuencia. Los principales métodos utilizados en este código fueron primero librería scipy que nos ayudo a traer la función FFT para mediante esa función remover el ruido y transformar la señal, scipy es muy útil pues tiene bastantes módulos que ayudan a optimizar el código, usar álgebra lineal pero lo más importante hacer una transformada de Fourier como en el código planteado. Otra librería muy útil e importante fue pyaudio, esta librería nos permitió configurar el audio mismo al acceder al micrófono nos permitió transformar un audio en datos que después luego de algunos pasos pudimos graficar mediante matplotlib y el pack

de Fourier que scipy incluye para entender mejor el efecto mismo en tiempo real.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El código creado en este proyecto recibe una señal de sonido que es recolectada por medio del micrófono de la computadora, esta señal es descrita por una función temporal el cual el código a través de la transformada rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés) la transforma al espacio de frecuencias, entonces obtenemos la señal en espacio de frecuencias.

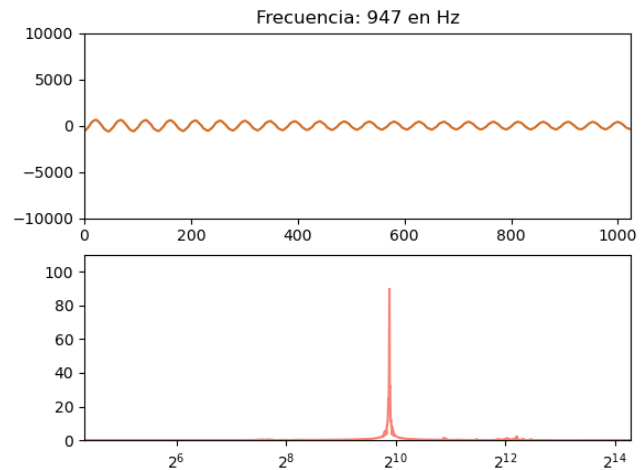


FIG. 3. Gráfica de una señal de sonido, en la parte superior está en el dominio del tiempo y en la parte inferior está en espacio de frecuencias.

En la figura 3 se muestra gráficamente una señal de audio de frecuencia fija e igual a 947 Hz, el cual esta señal es creada en un generador de frecuencias y es recibida por el micrófono de la computadora, una vez recibida la información de la señal en la computadora se le aplica la transformada rápida de Fourier para obtener su espectro de frecuencias, como se puede observar en la gráfica inferior de la figura 3 existe un pico en los 947 Hz, que es exactamente la frecuencia del sonido generado, que es lo que se esperaba.

### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo un programa funcional que permite el análisis del espectro de frecuencias de una señal de sonido recibida por el micrófono de la computadora a través de la FFT. Este programa puede tener aplicaciones muy interesantes como la afinación de instrumentos musicales, usar como instrumento de medición en experimentos que involucren sonido esto permite economizar en aparatos o instrumentos extras que hacen la misma función.

<sup>1</sup>H. Young and R. Friedmann.(2009). "Física Universitaria",Pearson Educación, México. 12 ed.

<sup>2</sup>G. Arfken, H. Weber and F. Harris.(2013). Mathematica method for physicist. Elsevier. United States of America.