

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA**



**Laboratorio N 1 Redes de Computadores**

Integrantes: Catalina Morales Rojas  
Benjamin Muñoz Tapia  
Curso: Redes de Computadores  
Profesor(a): Carlos González Cortés

19 de Abril de 2019

# Tabla de contenidos

1. Introducción	1
2. Desarrollo de la experiencia	2
3. Análisis de los resultados	4
4. Conclusiones	9
Bibliografía	10

# 1. Introducción

La señales son actualmente fundamentales para las comunicaciones, es por esto que existen diversas herramientas que permiten analizar su comportamiento a lo largo del tiempo.

Tal como menciona su nombre, esta se encarga de transformar una función del dominio del tiempo al de la frecuencia, como se muestra a continuación:

$$X(w) = \int_{-\infty}^{\infty} F(t)e^{-j\pi t} dt \quad (1)$$

También se presenta la transformada inversa de Fourier, la cual permite volver a la función original al ser aplicada a la transformada de Fourier, para así comparar la función inicial con la modificada a lo largo del desarrollo del programa.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w)e^{j\pi t} dw \quad (2)$$

A continuación se presenta la implementación, desarrollo y conclusiones del análisis realizado a una señal de audio mediante el lenguaje de programación Python (versión 3.7.3), con los módulos de Numpy, Scipy y Matplotlib, utilizando técnicas como la transformada de Fourier y la inversa de Fourier.

## 2. Desarrollo de la experiencia

Para el desarrollo del experimento fueron realizados los siguientes procedimientos:

1. En primera instancia fue utilizado el módulo de Python "Scipy", el cual mediante la función `read` permite importar una señal de audio, entregando como resultado la cantidad de muestras que tiene la señal en un segundo y la amplitud. A continuación, fue necesario un delta de tiempo, el cual corresponde al espacio existente entre los intervalos para poder graficar la señal y el tiempo total, los cuales se calculan de la siguiente forma:

$$\text{delta}T = \frac{1}{\text{Muestreo}} \quad (3)$$

$$\text{Tiempototal} = \frac{\text{Largo(sonido/amplitud)}}{\text{Muestreo}} \quad (4)$$

En base a estos parámetros, es posible generar un gráfico de la amplitud con respecto al tiempo.

2. Luego, haciendo uso de la función `'fft'` de "Scipy" se obtuvo la transformada de Fourier, que recibe como parámetro la amplitud de la señal original en el tiempo y retorna la frecuencia respecto a un número  $n$  de intervalos (siendo  $n$  la cantidad de datos de la señal). Finalmente, se hace uso de la función `'fttfreq'`, la cual retorna la frecuencia que corresponde a cada punto de la transformada discreta. De esta manera, se genera el gráfico de la amplitud respecto a la frecuencia. Es importante destacar que la transformada es simétrica, por lo que se puede solo trabajar con la parte positiva, pero se trabaja con ambas para corroborar que los datos obtenidos son correctos.

Utilizando la función `'ifft'` de "Scipy" se obtiene la transformada inversa de Fourier, la cual se aplica a la transformada de Fourier y permite volver a la función original en el dominio del tiempo.

Al comparar la inversa de Fourier con la función original (respecto al tiempo) y tomando solo la parte real, se obtiene un error cuadrático medio de:

$$\text{error} = 3,669885086476029 * 10^{-06} \quad (5)$$

3. A continuación, se determinan los componentes del espectro que tienen la mayor amplitud en el gráfico, los cuales tienen una amplitud mayor a  $4,3 * 10^6$ . Debido a esto, los valores menores a este rango se llevan a cero, generando un nuevo arreglo, al cual se le calcula la transformada inversa para generar un nuevo gráfico.
4. Por último, los resultados de la inversa de Fourier son convertidos en un archivo .wav mediante el uso de la función "waves.write", la cual necesita como parámetro el nombre del archivo, el muestreo y la transformada inversa. Se obtiene como resultado un audio distorsionado con respecto al original y en donde no se entiende con claridad lo que dice. En un principio se escucha un sonido muy fuerte que a medida que avanza el tiempo disminuye y vuelve a subir al final.

### 3. Análisis de los resultados

En base a los datos obtenidos es posible graficar la función amplitud con respecto al tiempo:

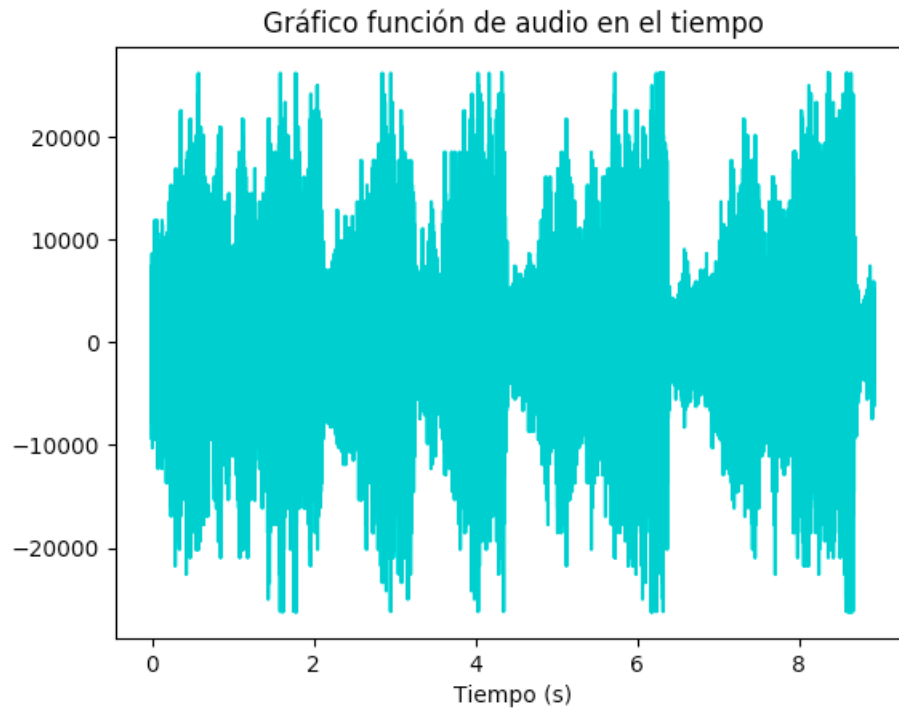


Figura 1: Gráfico 1: Señal de sonido en función del tiempo.

Es posible observar del gráfico 1 como se comporta la señal y los datos que esta entrega, tales como el tiempo en que se completa la señal de audio (eje x) y la amplitud (eje y). Además se pueden visualizar aquellos instantes en donde la onda presenta una mayor energía, los cuales pueden corresponder a los instantes en que el volumen es mayor, sin embargo, no es posible obtener la frecuencia.

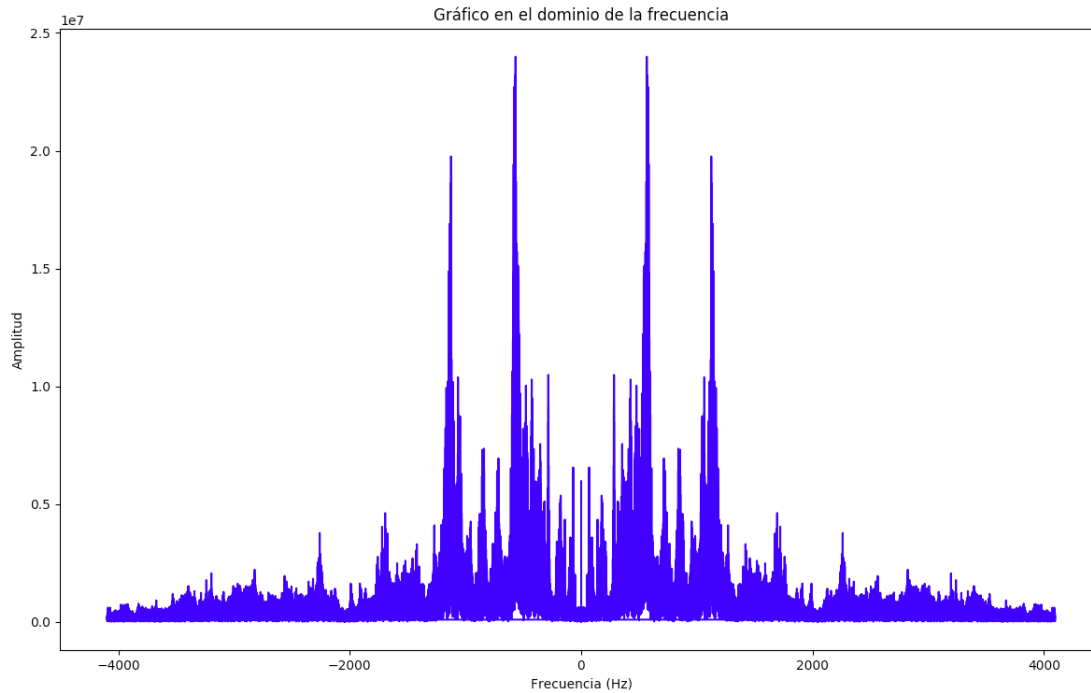


Figura 2: Gráfico 2: Señal transformada en función de la frecuencia.

Por otro lado, luego de aplicar la transformada de Fourier es posible apreciar las amplitudes (eje y) en términos de la frecuencia (eje x). También es posible deducir que la transformación fue realizada con éxito, ya que el resultado es simétrico con respecto al eje y, lo que es una propiedad de la transformada de Fourier. Es importante destacar que este gráfico a diferencia del anterior entrega información tal como la máxima amplitud con respecto a la frecuencia, por lo cual para poder realizar un buen análisis a una señal, es necesario contar con ambos gráficos.

Además, se aprecian dos frecuencias que tienen una amplitud mayor al resto, por lo que es posible determinar que la información que entregan es fundamental para el audio que se está analizando. Con respecto al resto de las frecuencias, estas pueden ser interpretadas como ruido, el cual es generado por la interferencia producida al momento de la transmisión de la onda.

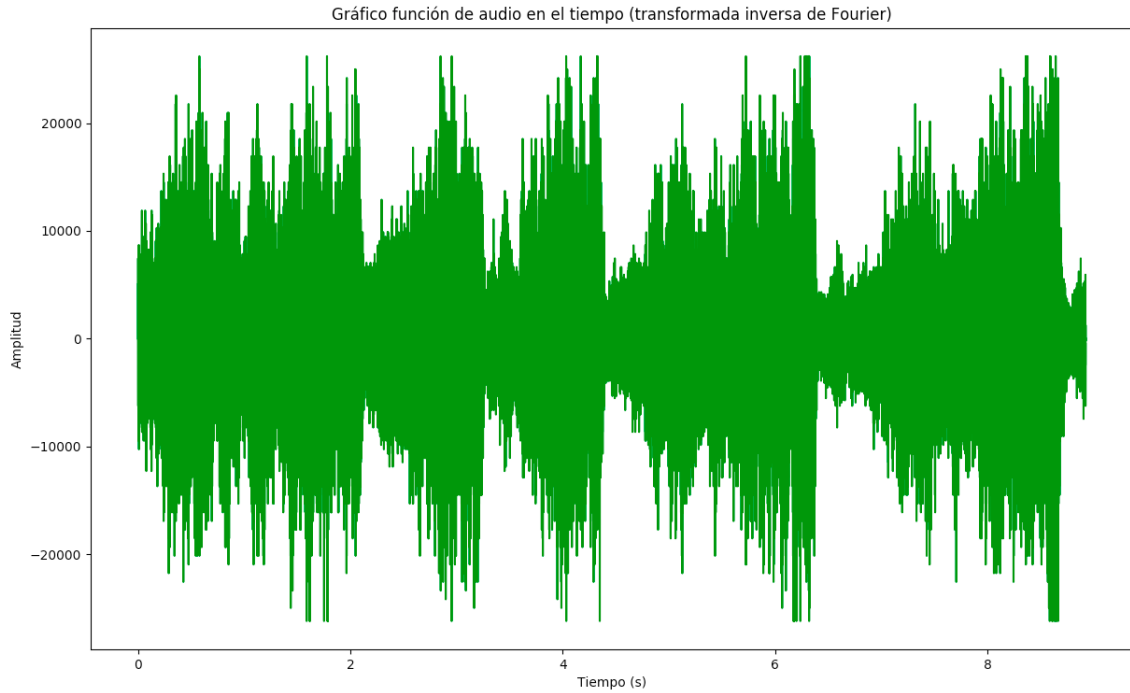


Figura 3: Gráfico 3: Aplicación de la transformada inversa de Fourier

Al calcular el error cuadrático medio entre la transformada inversa de Fourier y la señal inicial ingresada (ambas en el dominio del tiempo) es posible observar que la diferencia entre ambas señales es bastante baja, lo cual también se puede visualizar mediante la comparación de ambos gráficos. Esto implica que la transformada y su inversa son muy útiles para pasar de un dominio a otro perdiendo poca información.



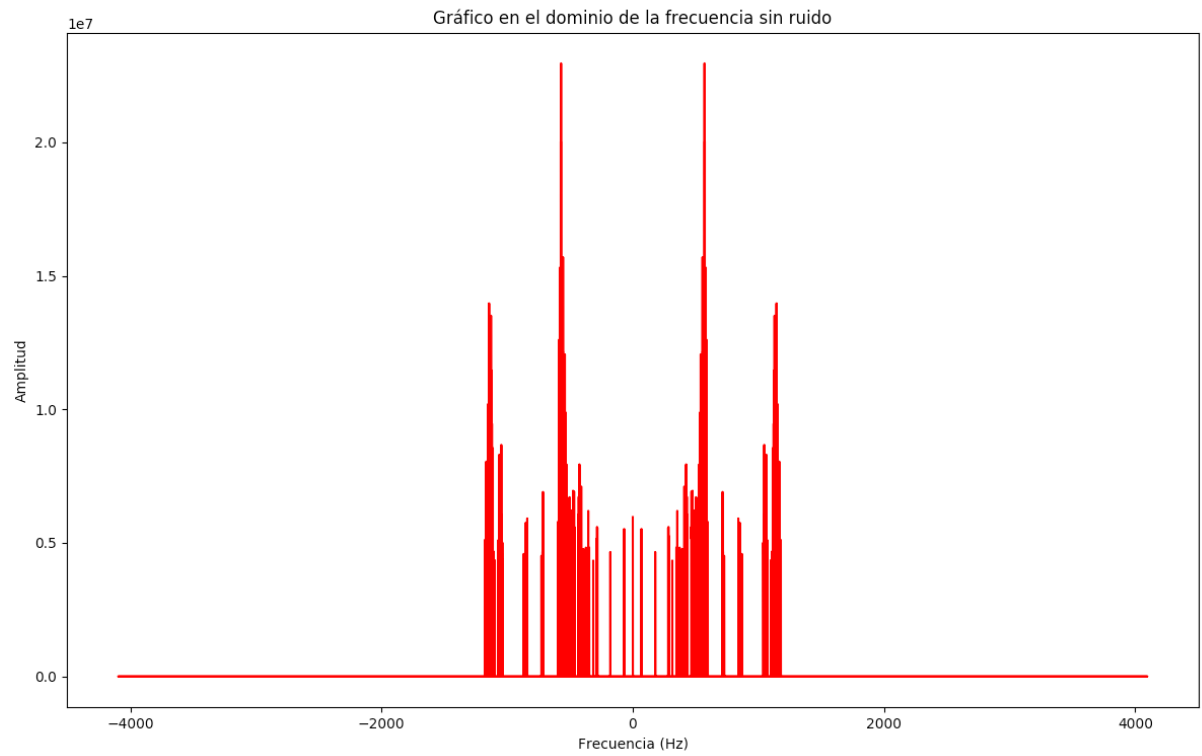


Figura 4: Gráfico 4: Transformada inversa de la señal sin ruido.

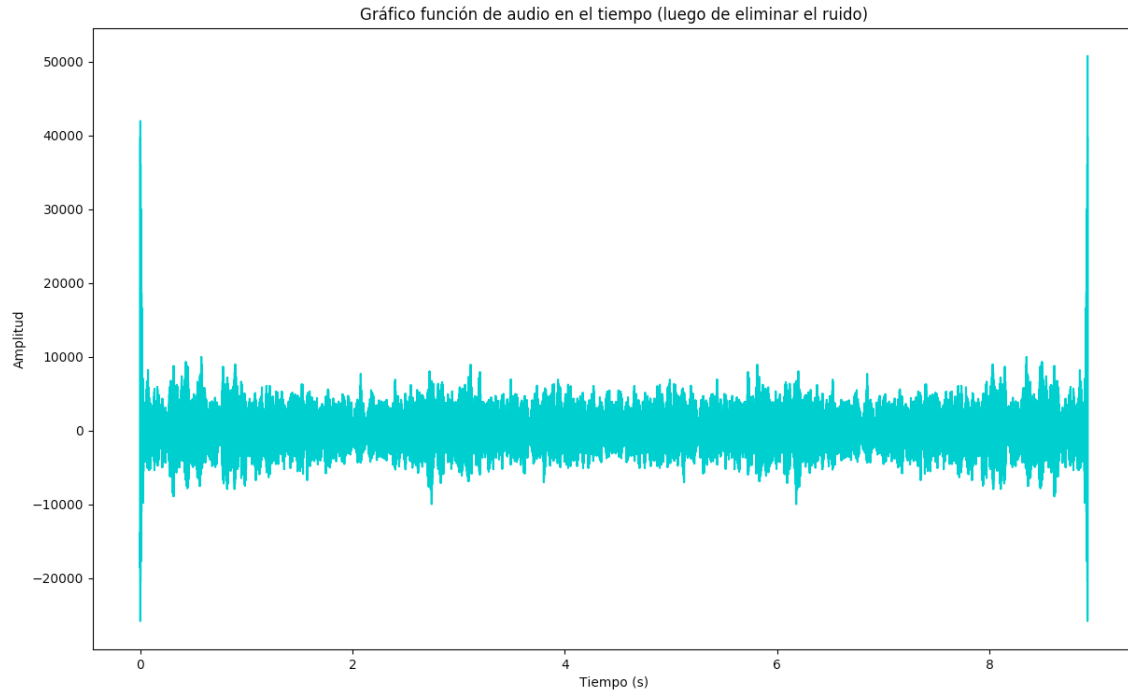


Figura 5: Gráfico 5: Señal de audio en el tiempo (sin ruido).

Finalmente, una vez truncado el sonido y aplicada la transformada inversa, se vuelve a transformar la señal a un archivo de audio .wav. Al ser escuchado difiere del audio original, ya que se escucha el sonido original pero distorsionado, por lo que no se logra comprender de manera clara la canción, además en el principio y final del audio el volumen sube de manera considerable. Debido a esto, es posible concluir que no todos los datos eliminados corresponden a ruido, por lo que realizar el truncamiento de manera arbitraria no es una buena práctica para mejorar la calidad de la señal y que al eliminar amplitudes según la frecuencia (eliminar las amplitudes menores a cierto valor) se modifica la amplitud en el tiempo.

## 4. Conclusiones

En esta experiencia fue posible comprender la importancia que tiene la transformada e inversa de Fourier para el análisis de señales en el tiempo. Esto se debe a que la transformada permite pasar una función desde el dominio del tiempo al de la frecuencia y como fue posible comprobar en el desarrollo de la experiencia con una baja pérdida de información, por lo cual es un muy buen mecanismo para lograr obtener los datos de los distintos gráficos, tales como las amplitudes (energía) tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, el muestreo, la duración de la señal, entre otros.

Es importante destacar los módulos que posee Python para la implementación del laboratorio, ya que es posible realizar complejos cálculos con funciones predefinidas, lo cual facilita el desarrollo de la experiencia.

# Bibliografía

- (2008-2009). `scipy.fftpack.fftfreq`. [Online] [https://docs.scipy.org/doc/scipy-0.13.0/reference/generated/scipy.fftpack.fftfreq.html?fbclid=IwAR1SmEoF3\\_48Xl2JN2j-h8KXuLBg29SMBwgccodSZnKxWbyf89KCcBK2cU](https://docs.scipy.org/doc/scipy-0.13.0/reference/generated/scipy.fftpack.fftfreq.html?fbclid=IwAR1SmEoF3_48Xl2JN2j-h8KXuLBg29SMBwgccodSZnKxWbyf89KCcBK2cU).
- (2019). Enunciado laboratorio 1. [Online] [http://www.udesantiagovirtual.cl/moodle2/pluginfile.php?file=%2F250970%2Fmod\\_resource%2Fcontent%2F1%2FLaboratorio%201%20Enunciado.pdf](http://www.udesantiagovirtual.cl/moodle2/pluginfile.php?file=%2F250970%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FLaboratorio%201%20Enunciado.pdf).