



**UBA**  
1821 Universidad  
de Buenos Aires



86.05

SEÑALES Y SISTEMAS

# Análisis de grabaciones musicales

Trabajo Práctico Especial - Parte 1

---

**Autor:**

Marina Monti  
Franco Spadachini  
Del Rio, Francisco

**Padrón:**

110574  
110032  
110761

**Mails:**

mmonti@fi.uba.ar  
fspadachini@fi.uba.ar  
fadelrio@fi.uba.ar

## 1. Introducción

El sonido es una señal fundamental en el contexto de la ingeniería de señales, ya que puede ser capturada, procesada y analizada para diversas aplicaciones. Particularmente, los sonidos musicales presentan patrones rítmicos y armónicos, ya que están compuestos por combinaciones de frecuencias bien definidas y controladas, que generan una experiencia auditiva placentera y estructurada.

Este trabajo se centra en el análisis de grabaciones musicales de distintos tipos, a través de múltiples medios.

## 2. Análisis de canción ‘In a Sentimental Mood’

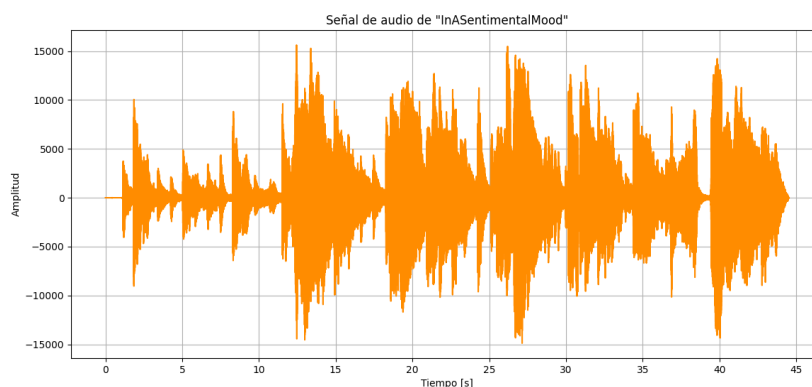


Figura 1: Gráfico de ‘In a sentimental mood’

Para poder identificar las frecuencias fundamentales se buscaron los segmentos en donde solo sonaba ese instrumento para poder generar el gráfico. Luego se intentó identificar un periodo, el cual se invirtió para obtener la frecuencia fundamental.

A través de los gráficos, se midieron entre 2 y 3 periodos de la señal, con el objetivo de minimizar el error humano, luego a partir de esto se obtuvo la frecuencia fundamental observada para cada fragmento. Los resultados se expresan en el cuadro 1.

Llamando  $T$  al periodo y  $n$  a la cantidad de periodos para un  $\Delta T$

$$f_{rec} = \frac{n}{\Delta T} \quad (1)$$

Instrumento	$\Delta T$	$n$ periodos	frecuencia [Hz]	Nota
Piano	0.01542	4	259.4	Do
Saxofón	0.0004	2	500	Si

Cuadro 1: Periodos y frecuencias obtenidos, y la nota a la que corresponden.

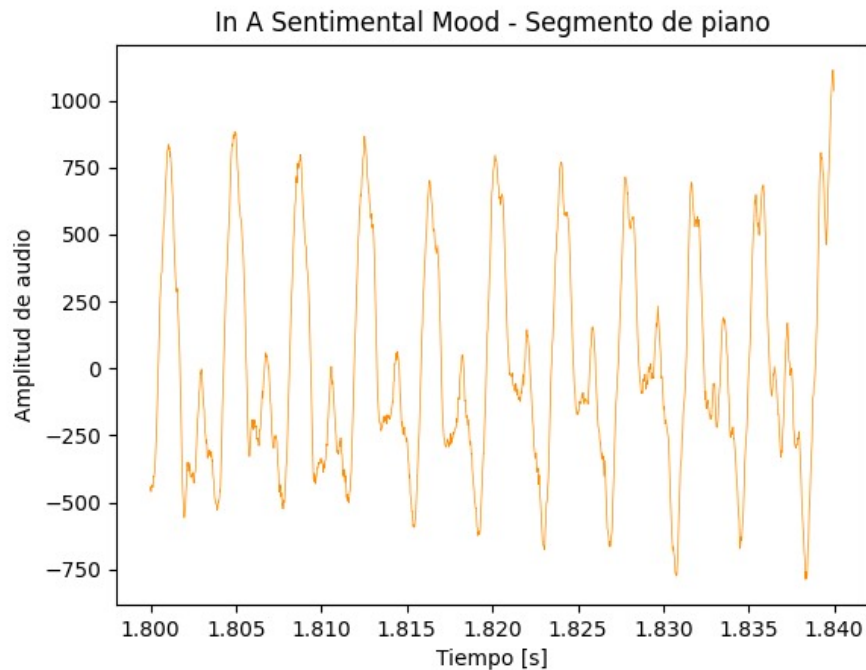


Figura 2: Gráfico del fragmento de piano

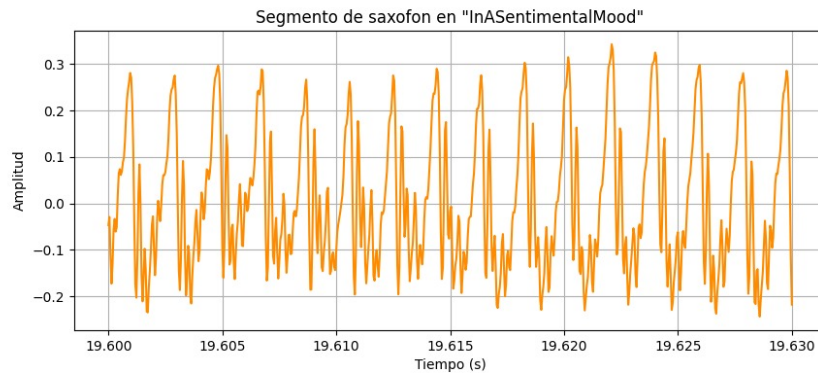


Figura 3: Gráfico del fragmento de saxofón

### 3. Diferencias entre instrumentos armónicos y de percusión

Luego del análisis que realizamos anteriormente, procedimos con el estudio de los instrumentos presentes en la pieza "Zombie", donde notamos como principal diferencia la fuerte presencia de instrumentos de percusión en lugar de armónicos.

En este caso, tomamos un extracto donde hay una sucesión de golpes de tambor e intentamos buscar una señal periódica con el objetivo de obtener la frecuencia fundamental del tambor tal como hicimos anteriormente con otros instrumentos. Sin embargo, el resultado no fue el esperado en su totalidad, pues la forma de onda del fragmento tomado no presenta una periodicidad clara.

Frente a esto optamos por extender el fragmento tomado, abordando no solo un golpe de tambor si no una sucesión de los mismos, donde pudimos notar claramente una periodicidad, la cual no es natural del instrumento, si no inducida por aquel que lo toca, por lo que no se puede hablar de frecuencia fundamental.

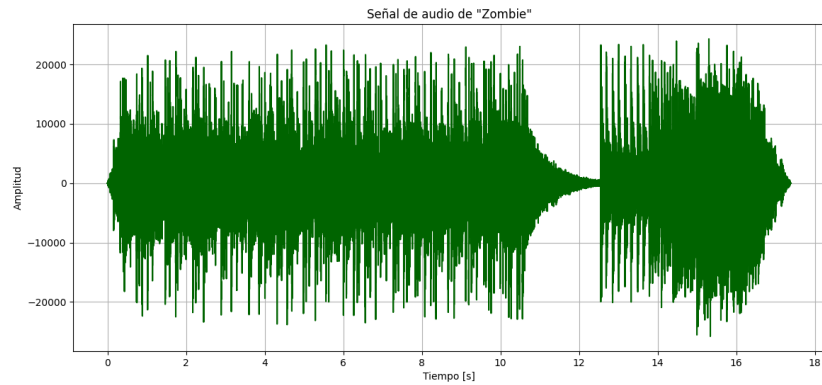


Figura 4: Gráfico de "Zombie"

A continuación podemos ver la comparativa de esto:

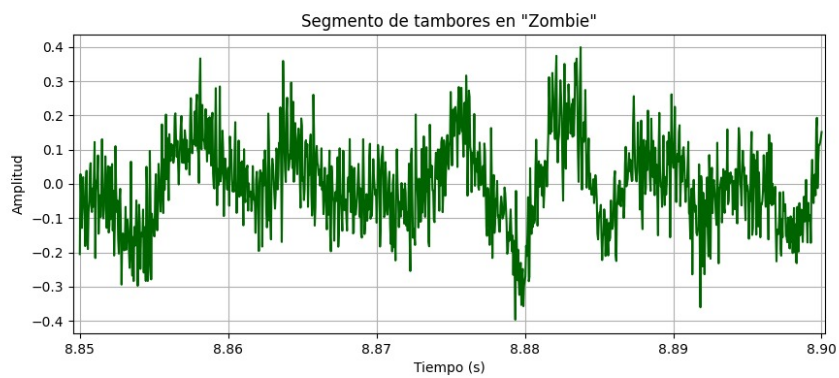


Figura 5: Gráfico del fragmento de tambor

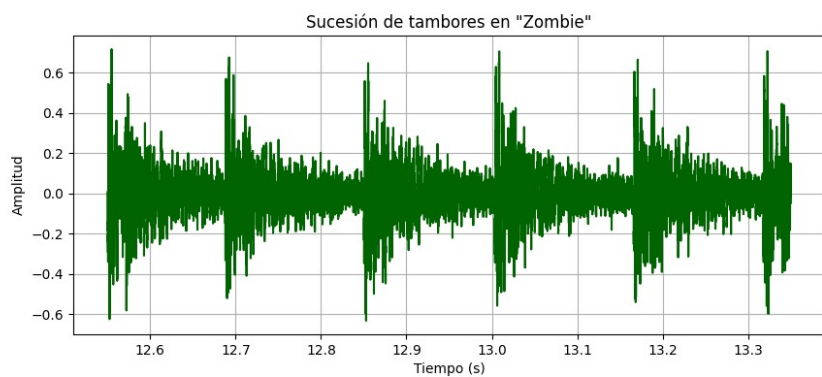


Figura 6: Gráfico del fragmento de la sucesión de tambores

Con esto reforzamos la idea de que los instrumentos armónicos presentan una frecuencia fundamental clara, mientras que los instrumentos de percusión se usan para definir patrones rítmicos dado a que sus frecuencias fundamentales son poco claras. Por esto podemos teorizar que lo relevante en los instrumentos de percusión es el ritmo de ejecución en lugar de la frecuencia propia del instrumento, teniendo una aplicación mas rítmica que melódica.

## 4. Análisis utilizando FFT

Con el fin de corroborar las notas musicales obtenidas en el inciso 2. A continuación se ilustran las FFT obtenidas.

En el cuadro 2 se puede apreciar una comparación entre los resultados obtenidos mediante inspección del gráfico de la señal y el obtenido utilizando FFT.

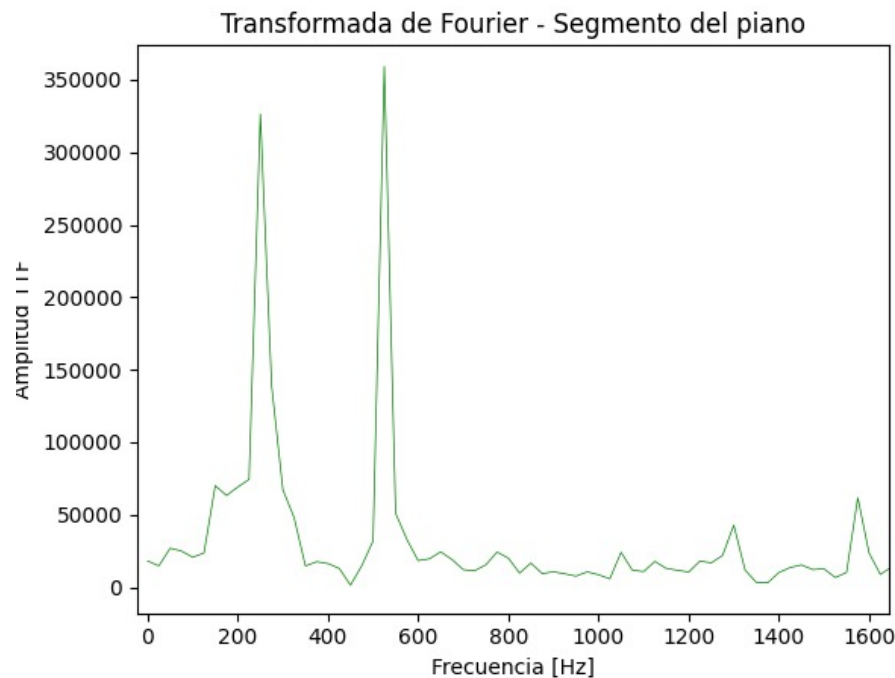


Figura 7: FFT del fragmento de piano

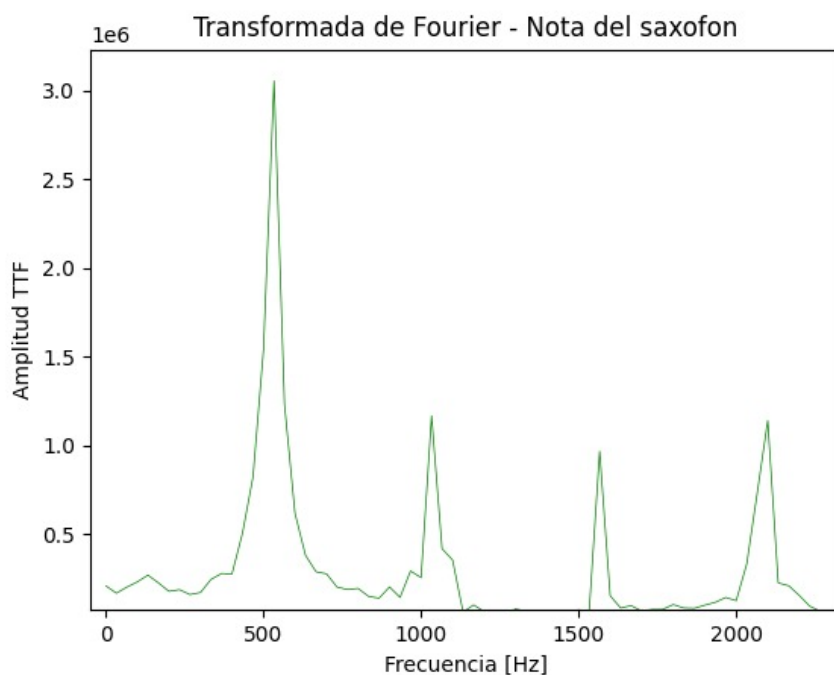


Figura 8: FFT del fragmento de saxofón

Instrumento	Inspección Directa	FFT	Error porcentual (%)
Piano	259.4	263.2	1.44
Saxofón	500	548.5	8.84

Cuadro 2: Comparación entre frecuencias obtenidas por inspección y FFT

#### 4.1. Análisis de un fragmento con dos notas musicales

Como se puede apreciar en la fig. 9, los picos obtenidos en la FFT no se encuentran equidistantes - condición necesaria para que se trate de una nota musical-. Pero sin embargo, tras más profundo análisis, se puede observar que hay dos grupos de picos equidistantes, uno con su frecuencia fundamental en 275Hz y otro a 346Hz, que se corresponden a un Do# y un Fa, respectivamente. De esto, se puede deducir que, como ya era sabido por las propiedades de la transformada de Fourier, al sumar dos notas en el dominio del tiempo, se suman sus componentes en el dominio de las frecuencias.

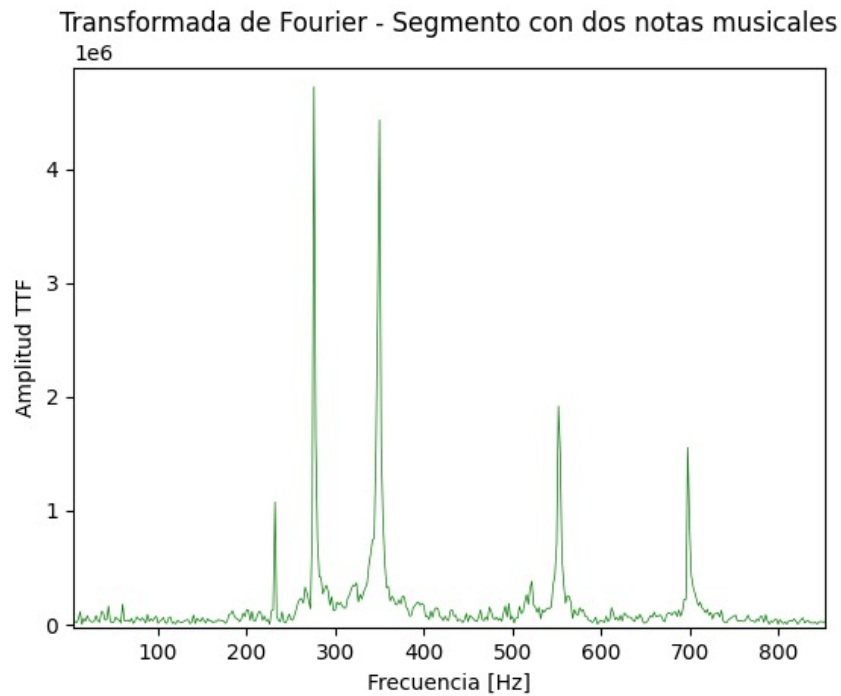


Figura 9: FFT de un fragmento de la canción con dos notas musicales

## 5. Espectrogramas

A continuación se presentan los espectrogramas de los fragmentos de piano y saxofón que vienen siendo analizados en este informe.

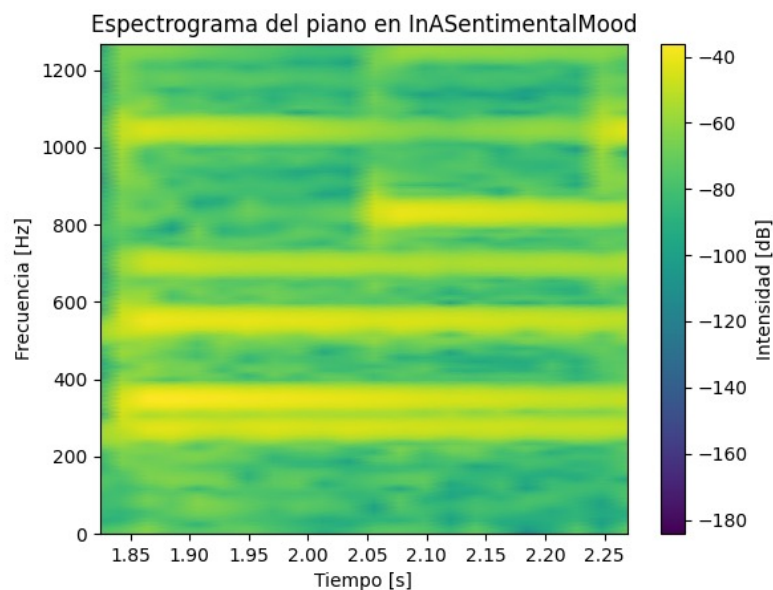


Figura 10: Espectrograma del fragmento de piano

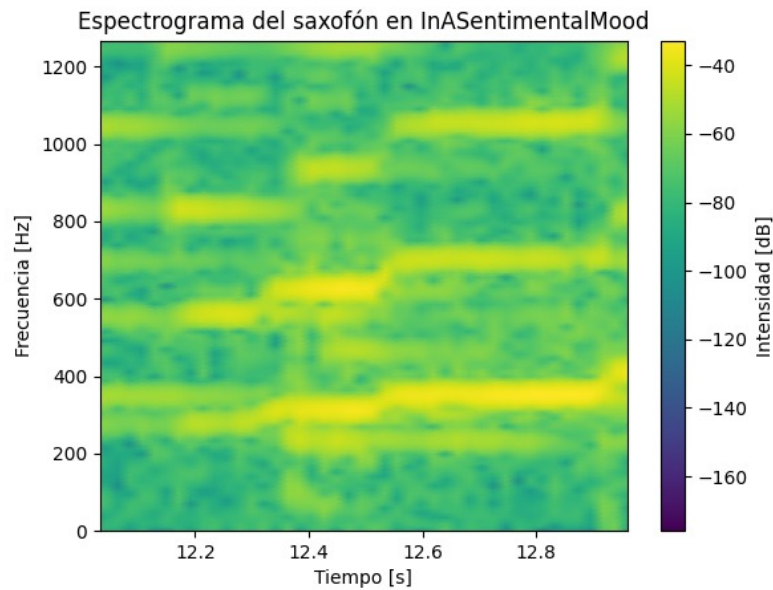


Figura 11: Espectrograma del fragmento de saxo

En estos gráficos se pueden apreciar cambios en las melodías, particularmente en los segundos 12.3 y 12.5 aproximadamente del segmento de saxofón. Se puede apreciar como la serie de armónicos se desplaza hacia frecuencias mayores, por lo que se asume el cambio de nota.

## 6. Filtro Butterworth

Se seleccionó un fragmento de la canción In a sentimental moodz se le aplicó una serie de filtros con frecuencias de corte de 500, 1000 y 2000Hz. Se realizó la misma operación con la canción completa.

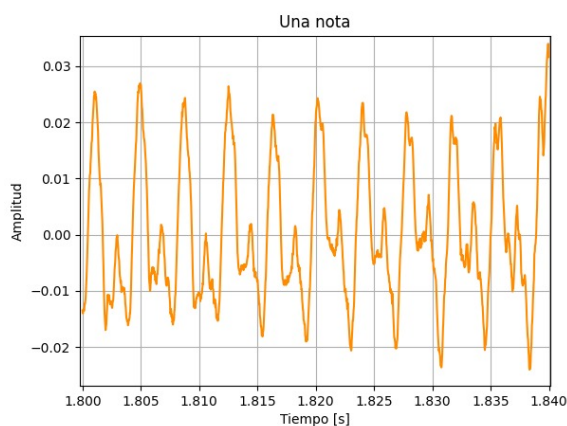


Figura 12: Gráfico de la nota a analizar

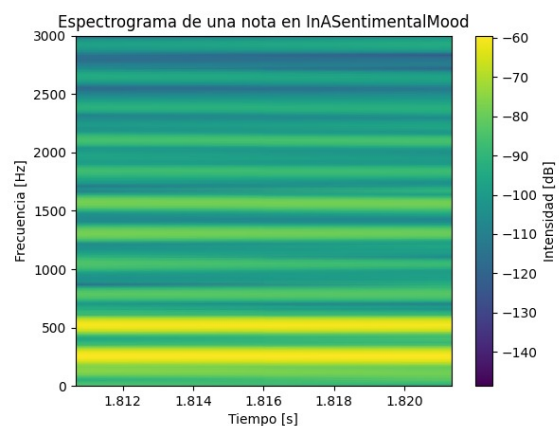


Figura 13: Espectrograma de la nota a analizar



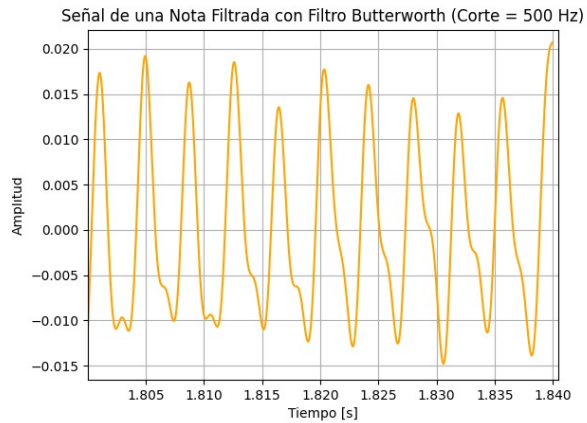


Figura 14: Gráfico de la nota tras pasar por un filtro con frecuencia de corte de 500Hz

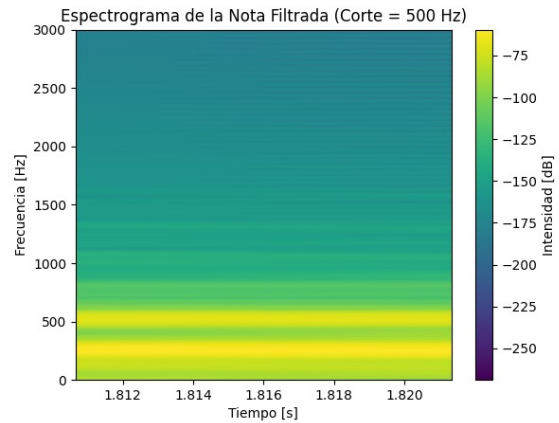


Figura 15: Espectrograma de la nota tras pasar por el filtro

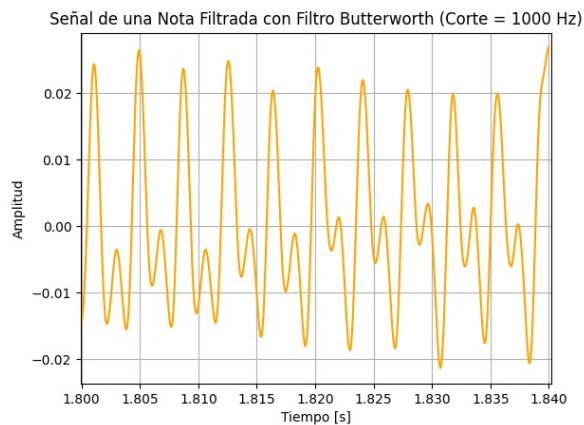


Figura 16: Gráfico de la nota tras pasar por un filtro con frecuencia de corte de 1000Hz

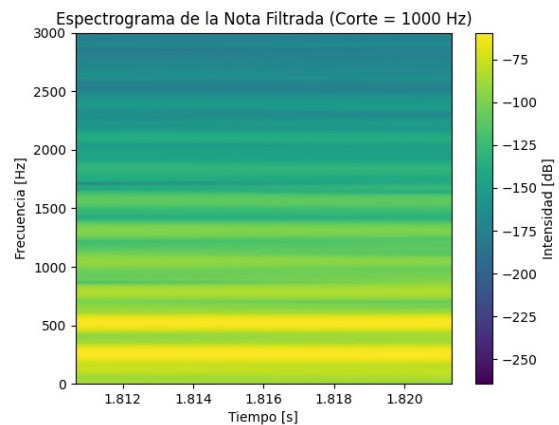


Figura 17: Espectrograma de la nota tras pasar por el filtro

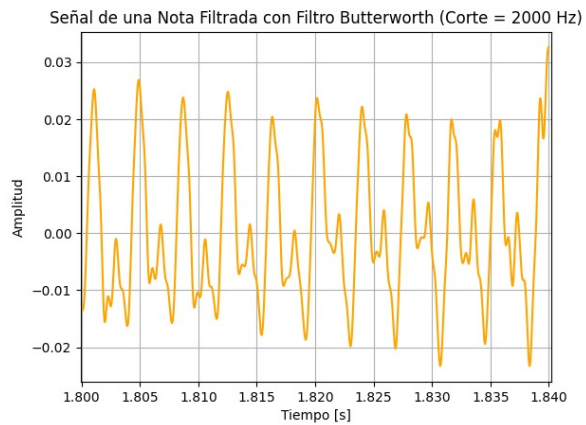


Figura 18: Gráfico de la nota tras pasar por un filtro con frecuencia de corte de 2000Hz

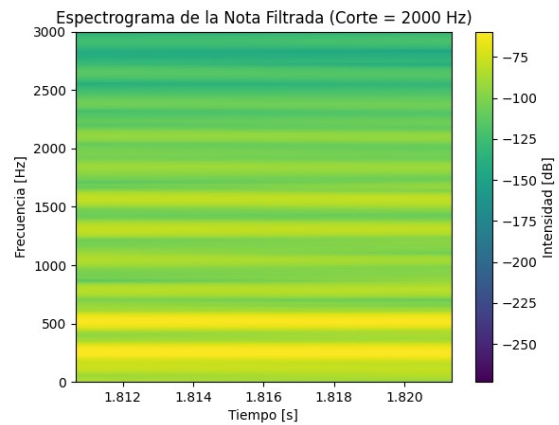


Figura 19: Espectrograma de la nota tras pasar por el filtro

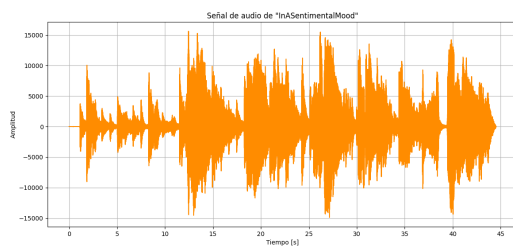


Figura 20: Gráfico de la canción "In a sentimental mood"

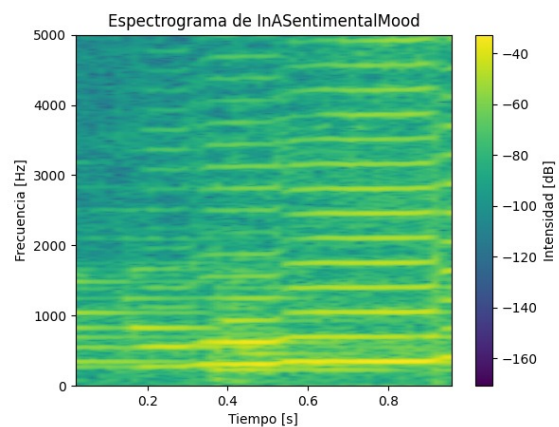


Figura 21: Espectrograma de la canción "In a sentimental mood"

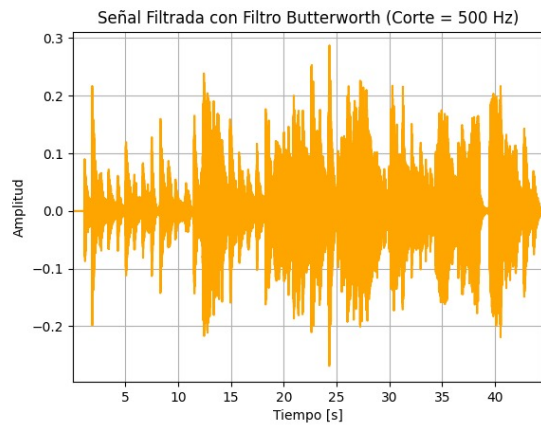


Figura 22: Gráfico de la canción tras pasar por un filtro con frecuencia de corte de 500Hz

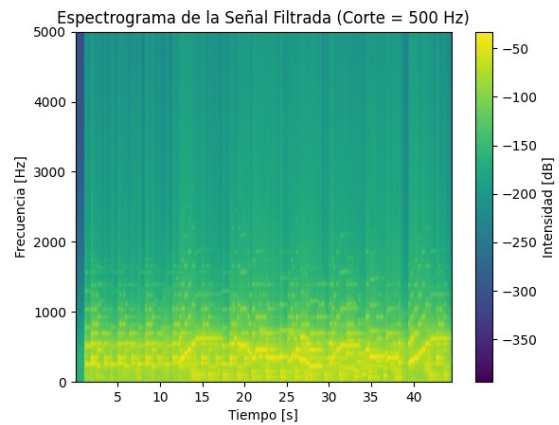


Figura 23: Espectrograma de la canción tras pasar por el filtro

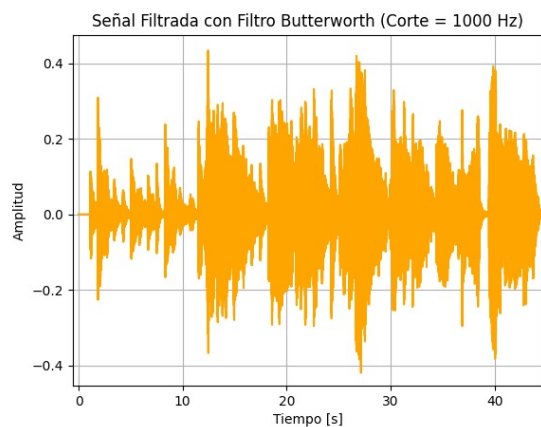


Figura 24: Gráfico de la canción tras pasar por un filtro con frecuencia de corte de 1000Hz

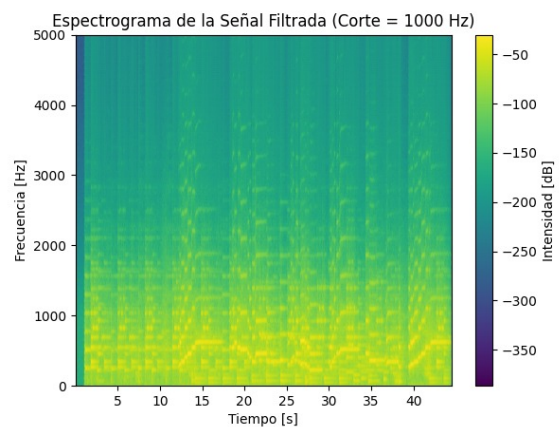


Figura 25: Espectrograma de la canción tras pasar por el filtro

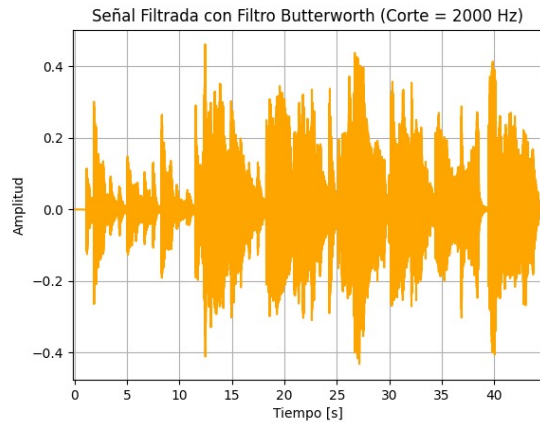


Figura 26: Gráfico de la canción tras pasar por un filtro con frecuencia de corte de 2000Hz

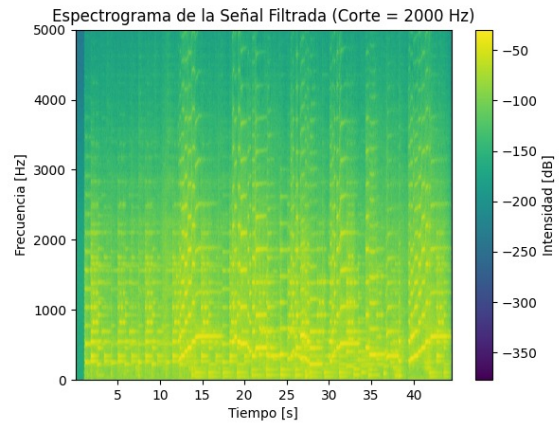


Figura 27: Espectrograma de la canción tras pasar por el filtro

En ambos casos se puede apreciar perfectamente el funcionamiento del filtro pasa bajos, alrededor de la frecuencia de corte se encuentra un gradiente de intensidades, que disminuye hacia frecuencias altas, y mantiene intactas a las frecuencias mucho mas bajas. En esta operación se pierde la información proporcionada por las frecuencias más altas que la frecuencia de corte del filtro.