

**INFORME DE LABORATORIO 2 DE REDES DE COMPUTADORES:**  
**DISEÑAR UN FILTRO FIR**

**FRANCISCO MUÑOZ**

Profesor: Carlos González Cortés.

Ayudante: Pablo Reyes.

Ayudante: Maximiliano Pérez.

Santiago - Chile

9 de mayo de 2016



# TABLA DE CONTENIDOS

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>vi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 ESPECTOGRAMA . . . . .	9
2.2 FILTRO DIGITAL . . . . .	9
2.2.1 Filtro paso alto . . . . .	10
2.2.2 Filtro paso bajo . . . . .	10
2.2.3 Filtro paso banda . . . . .	10
2.3 FILTRO FIR . . . . .	11
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>13</b>
3.1 IMPORTAR SEÑAL DE AUDIO . . . . .	13
3.2 MOSTRAR EL ESPECTROGRAMA DEL AUDIO . . . . .	13
3.3 APLICAR FILTRO FIR . . . . .	14
3.3.1 Transformada de Fourier . . . . .	14
3.3.2 Usar el filtro FIR . . . . .	16
3.4 ESCRIBIR AUDIO . . . . .	17
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>21</b>

<b>CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>23</b>
---------------------------------------	-----------

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Ejemplo espectrograma. . . . .	9
Figura 2-2: Ejemplo funcionamiento filtro digital. . . . .	10
Figura 3-1: Audio con respecto al tiempo (con ruido). . . . .	13
Figura 3-2: Espectrograma audio (con ruido). . . . .	14
Figura 3-3: Grafico transformada de Fourier 1. . . . .	15
Figura 3-4: Grafico transformada de Fourier 2. . . . .	15
Figura 3-5: Grafico transformada de Fourier 3. . . . .	16
Figura 3-6: Grafico transformada de Fourier 4. . . . .	16
Figura 3-7: Audio con respecto al tiempo (sin ruido). . . . .	17
Figura 3-8: Espectrograma audio (sin ruido). . . . .	17

## ÍNDICE DE CUADROS

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

En el presente informe se aborda el tema de los filtros digitales, específicamente se presenta el desarrollo de un filtro FIR.

El problema surge desde el laboratorio pasado, en donde se nos pidió eliminar el ruido de un audio de tal forma que se debía encontrar la frecuencia más alta, generar un rango de 15 por ciento para ambos lados y eliminar las otras frecuencias. En dicha experiencia se puede decir que se tuvo un primer acercamiento a la teoría de los filtros. La experiencia actual viene a formalizar lo que se hizo en la experiencia anterior, de tal manera que se nos pide realizar específicamente un filtro FIR.

Los objetivos de este laboratorio son: entender qué son los filtros digitales, qué son los filtros FIR, y como se puede trabajar con ellos en Python. En síntesis, el objetivo primordial es entender de forma totalmente detallada el funcionamiento de los filtros FIR en Python, de tal forma que ese conocimiento se extrapole a cualquier circunstancia.

El informe estará compuesto por un marco teórico que introducirá los conceptos necesarios para entender el desarrollo de este informe. Posteriormente se presentara el desarrollo de la experiencia, mostrando los resultados obtenidos. Realizado lo anterior, se analizaran los datos y resultados obtenidos, para que finalmente se presenten las conclusiones del trabajo.





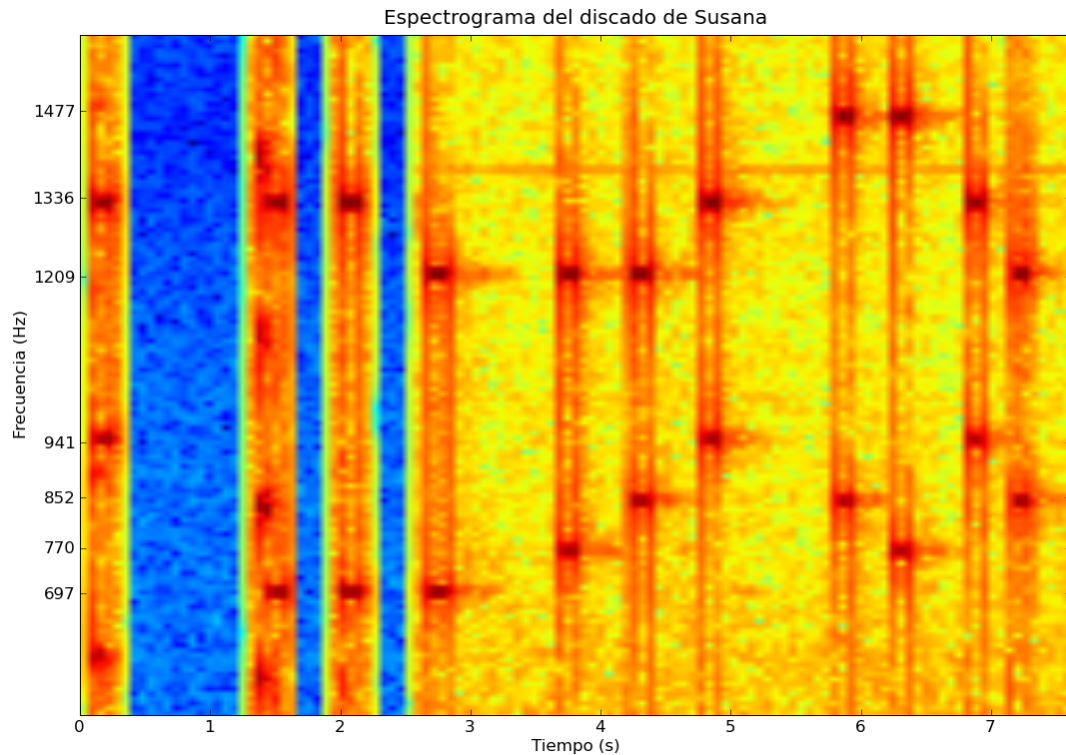
## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se sintetizan los conceptos necesarios para entender totalmente el desarrollo realizado en este informe.

### 2.1 ESPECTOGRAMA

El espectrograma o fonograma corresponde a un gráfico que representa visualmente las variaciones de la frecuencia (eje de las ordenadas), la intensidad de estas frecuencias (con el color) y todo esto en función del tiempo (eje de las abscisas).

Un ejemplo de espectrograma puede verse a continuación:



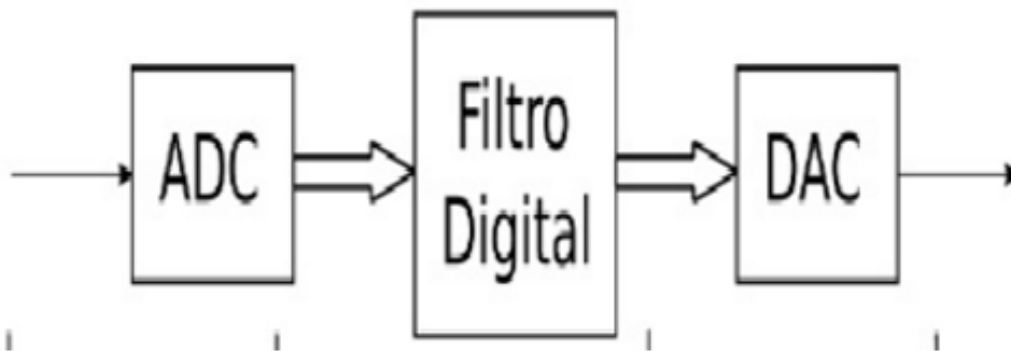
*Figura 2-1: Ejemplo espectrograma.*

### 2.2 FILTRO DIGITAL

Los filtros digitales procesan señales, de tal modo que pueden variar la amplitud, frecuencia o fase (dependiendo del filtro usado) realizando operaciones matemáticas. En palabras simples, se tiene una señal de entrada que se procesa con el filtro para obtener una

señal de salida. Cabe destacar que se le llama filtro “digital” debido a su procesamiento interno, y no tiene que ver con el tipo de señal que procesa, de tal forma que se pueden aplicar filtros para señales analógicas o digitales. Aun así el procesamiento interno es digital, por lo que puede ser necesario realizar conversiones de señales analógicas a digitales y posteriormente de digitales a analógicas.

El funcionamiento de un filtro digital es parecido al que aparece en la siguiente figura:



*Figura 2-2: Ejemplo funcionamiento filtro digital.*

Si consideramos la parte del espectro que atenúan, tenemos que existen distintos filtros, a continuación se exponen algunos.

### **2.2.1 Filtro paso alto**

Este tipo de filtro atenúan las componentes de baja frecuencia pero no las de frecuencia alta, de hecho, existen filtro de paso alto que amplifican las frecuencias altas.

### **2.2.2 Filtro paso bajo**

Este tipo de filtro permite el paso de las frecuencias bajas y atenúa las frecuencias altas.

### **2.2.3 Filtro paso banda**

Este tipo de filtro permite pasar un rango determinado de frecuencias y las demás las atenúa.

### 2.3 FILTRO FIR

Entendiendo la teoría expuesta, es posible entrar de lleno en los filtros FIR.

Estos filtros son los que tienen Respuesta Impulsional Infinita (FIR), en donde una muestra de salida puede definirse como una combinación lineal de las muestras de entradas actuales y pasadas. Es posible representar la relación lineal con la siguiente ecuación:

$$Y[n] = a_0x[n] + a_1x[n - 1] + a_2x[n - 2] + \dots + a_Nx[n - N] \quad (2.1)$$

Aquella ecuación representa que la muestra actual de la salida  $y[n]$  es igual a la suma de las muestras de entrada actual ( $x[n - N]$ ) multiplicado por sus factores ( $a_i$ ). Los factores son los coeficientes del filtro.



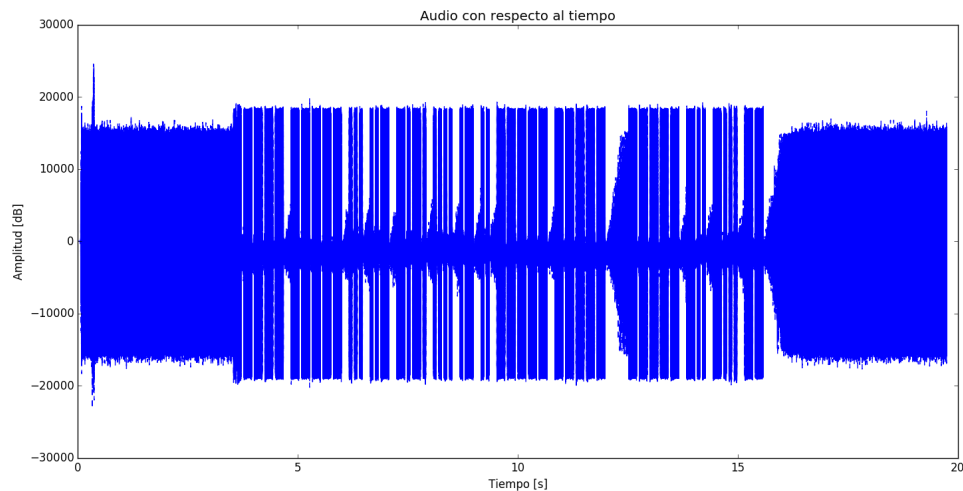
## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

En este capítulo se aborda el desarrollo de la experiencia, se presenta la forma de cómo se realizó lo pedido.

### 3.1 IMPORTAR SEÑAL DE AUDIO

El primer punto del laboratorio era importar la señal de audio. Para esto se contaba con un archivo de audio “.wav” disponible en el curso de usach virtual. Para poder realizar esto, se importó la función “read” y simplemente se usó dicha función. Para obtener el detalle de cómo se realizó la lectura es posible revisar el código adjunto en la entrega de este laboratorio.

A continuación se presenta el audio con respecto al tiempo sin utilizar ningún filtro.

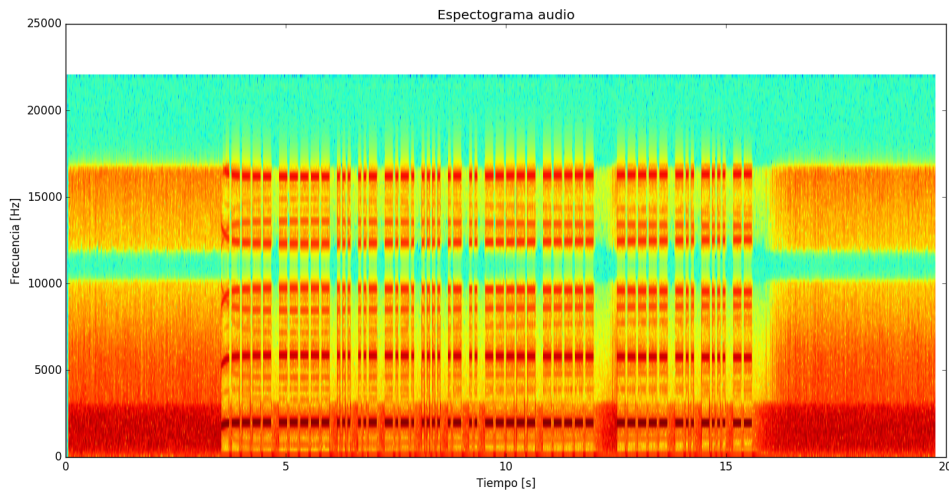


*Figura 3-1: Audio con respecto al tiempo (con ruido).*

### 3.2 MOSTRAR EL ESPECTROGRAMA DEL AUDIO

El segundo punto del laboratorio correspondía a obtener el espectrograma del audio leído. Para esto se utilizó la función “specgram()”. Dicha función se le pasaron como parámetros la señal leída y la frecuencia de muestreo de dicha señal, con estos datos era posible graficar el espectrograma pedido.

El espectrograma obtenido fue el siguiente:



*Figura 3-2: Espectrograma audio (con ruido).*

### 3.3 APLICAR FILTRO FIR

El tercer punto correspondía a trabajar con la señal para poder aplicar el filtro FIR.

#### 3.3.1 Transformada de Fourier

Para poder aplicar el filtro era necesario analizar el audio en el dominio de la frecuencia, para que de esta forma fuera posible encontrar la frecuencia con mayor amplitud. En base a aquello, y solo de manera visual, se dedujeron dos frecuencias que abarcaban a la frecuencia con mayor amplitud. Trabajo similar al realizado en el laboratorio uno. A continuación se presentan las imágenes que ayudaron a determinar las frecuencias usadas.

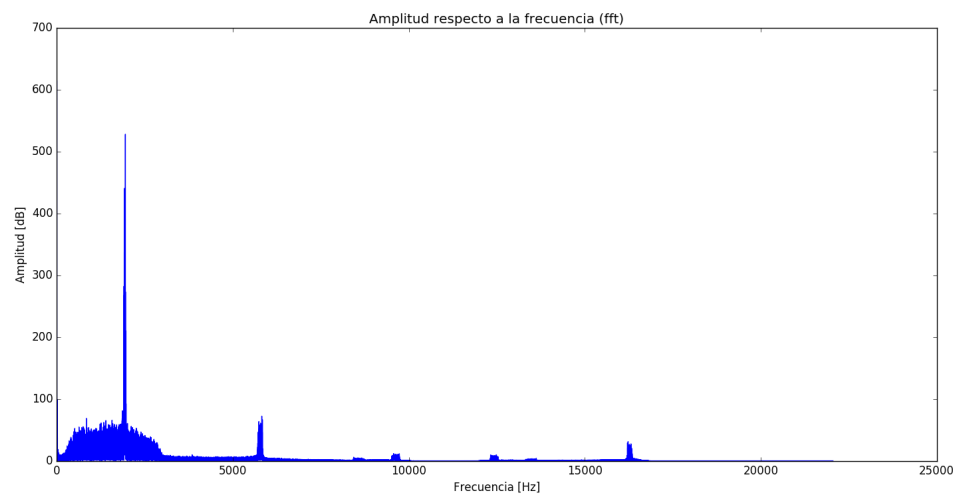


Figura 3-3: Grafico transformada de Fourier 1.

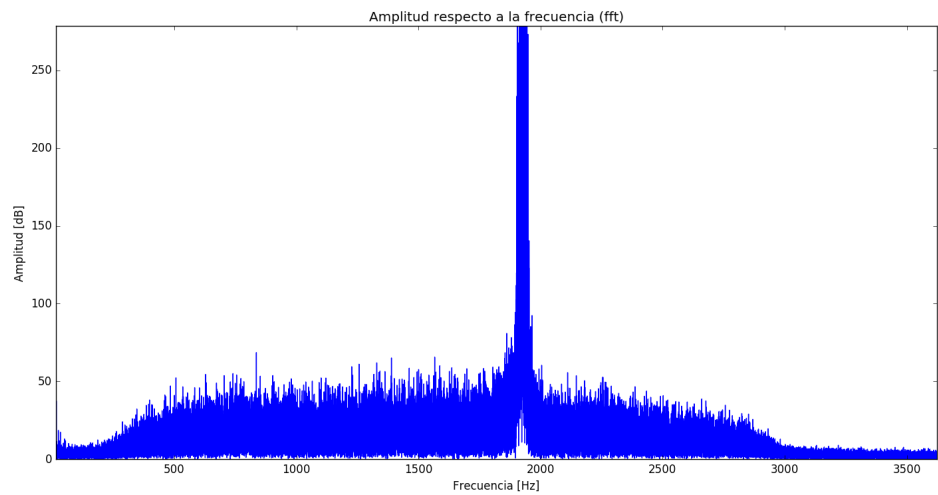
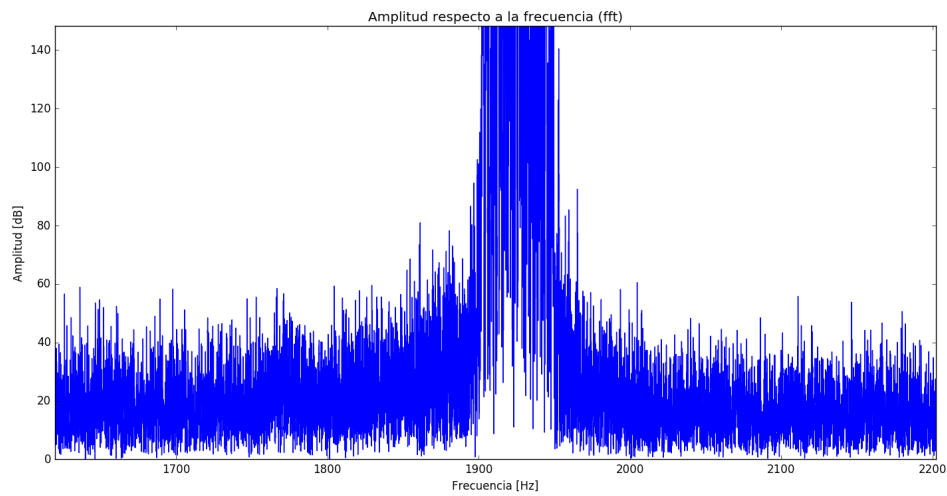
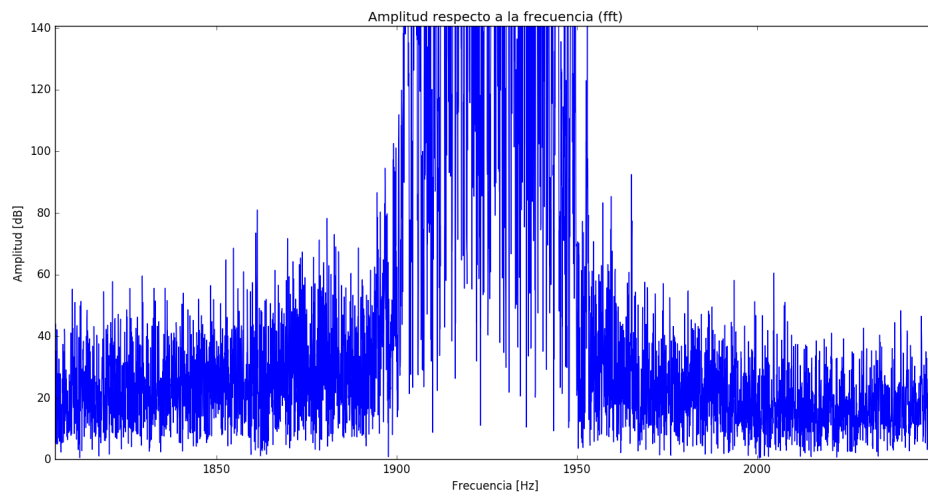


Figura 3-4: Grafico transformada de Fourier 2.



*Figura 3-5: Grafico transformada de Fourier 3.*



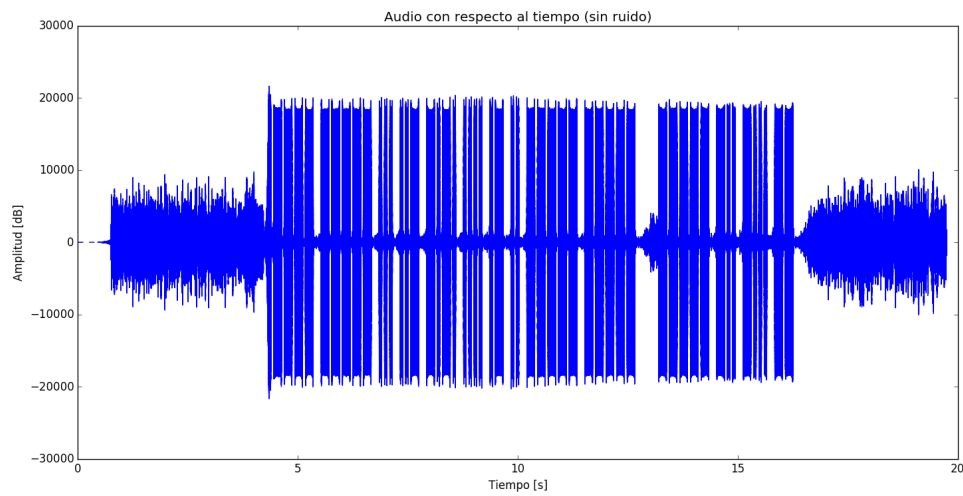
*Figura 3-6: Grafico transformada de Fourier 4.*

### 3.3.2 Usar el filtro FIR

Realizado el análisis y obtenidos los puntos de corte, era posible usar el filtro FIR que nos brinda Python. El detalle del cómo se usó la función puede ser revisado en el código.

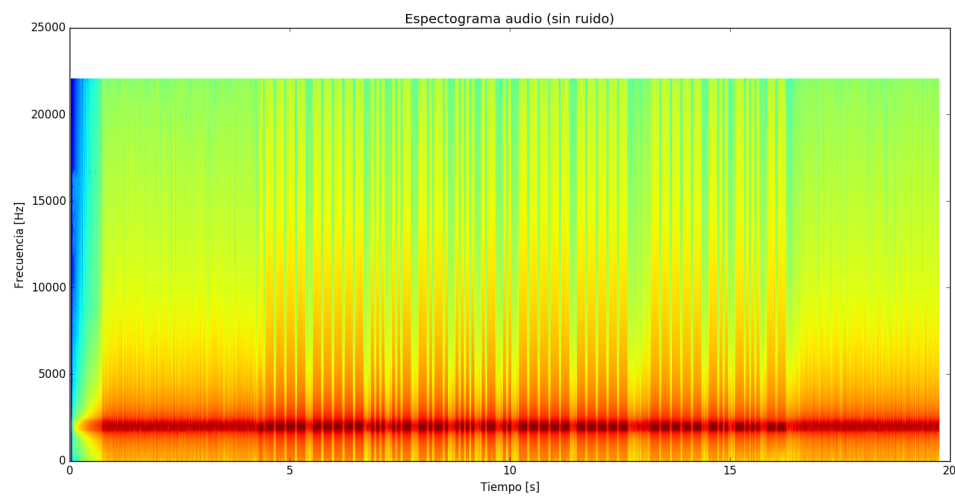
A continuación se presenta el audio con respecto al tiempo después de utilizar el filtro.





*Figura 3-7: Audio con respecto al tiempo (sin ruido).*

También en esta sección se nos pide obtener el espectrograma luego de usar el filtro, dicho espectrograma es el que se muestra a continuación.



*Figura 3-8: Espectrograma audio (sin ruido).*

### 3.4 ESCRIBIR AUDIO

Finalmente, se pidió escribir el audio filtrado en un archivo “.wav”. Para esto se usó la función “write()”, donde como parámetros se le paso el nombre del archivo nuevo, la

frecuencia de muestreo y la señal a escribir. Para verificar el detalle de lo mencionado, es posible revisar el código adjunto en la entrega.

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Obtenidos los parámetros para realizar el filtro, era posible dedicarse a ello.

Pues bien, es posible realizar la comparación entre los espectrogramas obtenidos. El primer espectrograma (el obtenido sin aplicar el filtro) se aprecia con bastantes variaciones de colores, rojo y celeste entre medio de las frecuencias. Esto posiblemente nos indica que existen frecuencias que están más altas que otras, y por lo tanto que ese audio tiene mucho ruido. Por otro lado, si analizamos el segundo espectrograma (obtenido una vez aplicado el filtro), se nota a simple vista que es una imagen mucho más limpia, sin tanta gama de colores y con líneas de colores marcadas en tanto avanza en el tiempo. Esto último tiene bastante lógica, ya que el audio corresponde a una clave morse.

También es posible realizar la comparación entre los gráficos del audio con respecto al tiempo. Si analizamos el primer gráfico obtenido (sin aplicar filtro) nos damos cuenta que es una onda muy dispersa y poco clara, no existen claros picos de ruido. Por otra parte, si analizamos el gráfico obtenido después de realizar el filtro, a simple vista puede verse que se limpia un poco la señal, ya no existe tanta amplitud en las frecuencias del inicio y final del audio, y también es notorio la definición de los picos del audio.

En síntesis, es posible mencionar que en teoría la señal se limpia con el filtro, pero también es posible verlo realizando la comparación con los gráficos obtenidos antes y después de aplicar el filtro. La diferencia se hace evidente y eso resalta aún más en el espectrograma.



## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES**

Finalmente y a modo de conclusión, se considera exitoso el desarrollo de esta experiencia, se logró cumplir con el desarrollo de la experiencia realizando un trabajo de investigación previo, de modo que la interiorización a los temas que tienen que ver con filtros digitales fue bien masticada. Posteriormente en el desarrollo de la experiencia, y centrándose en el desarrollo con Python, se encontraron las verdaderas complicaciones de la experiencia, no era tan simple como llegar y usar el filtro, era necesario tener mucha claridad sobre los coeficientes y condiciones necesarias para que la utilización del filtro funcionara.

Por otro lado, es posible destacar de esta experiencia que se entendió de sobremanera el cómo interpretar los gráficos realizados en este informe. Esta acción no fue tan clara en la experiencia anterior, en donde se intentó emular un filtro. En el desarrollo de esta experiencia fue posible analizar (con la ayuda del espectrograma) de mejor forma las diferencias existentes entre una señal de audio sin filtrar y esa misma señal luego de filtrarla.

Para concluir se puede decir que se espera con ansias la retroalimentación existente luego de la corrección de este trabajo, entendiendo que probablemente existan errores en este documento y en el código base para realizar el informe.



## **CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA**

Gomez, E. (2009-2010). *Introducción al filtrado digital*. Escuela superior de Catalunya.

UsachVirtual. (2015). *Apuntes de Usach Virtual*. Universidad de Santiago de Chile.