

SCEA

Capítulo V: Pruebas y Análisis de Resultados.



En este capítulo se mostrarán los resultados de diferentes mediciones y sus respectivas interpretaciones.

La forma en la cual se analizarán los resultados de las grabaciones realizadas en formato .WAV estereofónico con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio es por medio del programa MATLAB, en el cual se programó el proceso completo para obtener de manera práctica la información necesaria para conocer los parámetros y características de los sistemas bajo prueba.

Es importante saber que características pueden ser analizadas con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio

Las características que se pueden observar al caracterizar un amplificador, una bocina y un micrófono, son:

1. Distorsión por amplitud.
2. Distorsión armónica.
3. Ruido.
4. Respuesta en frecuencia.

Las características que se pueden observar en un espacio son:

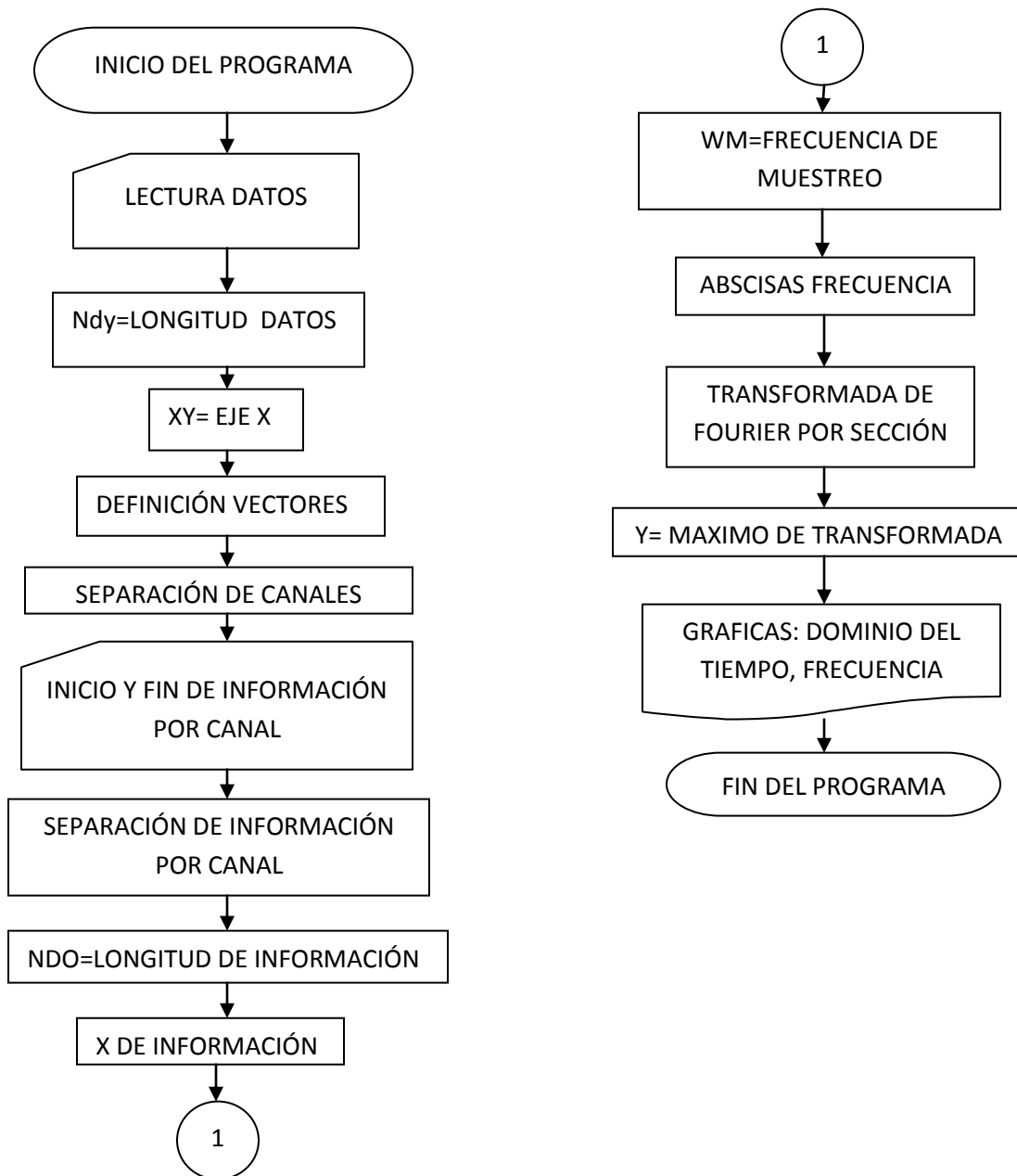
1. Distorsión por amplitud.
2. Ruido.
3. Interferencia.

Una manera simple de conocer que tan eficiente es algún equipo de audio es por medio de la comparación, así que la manera de caracterizar cualquier dispositivo será comparando la señal enviada con la señal captada o reproducida por el equipo bajo prueba. Este proceso facilita al usuario final del sistema el trabajo de caracterizar un equipo.

• **5.1 Análisis de resultados en MATLAB**

En este subtema, se describirá paso a paso la metodología para analizar los resultados obtenidos del Circuito Caracterizador de Equipos de Audio en MATLAB, mostrando y documentando cada comando del programa realizado en una archivo .m.

Primero es importante fijar los objetivos, realizando un diagrama de flujo mostrando el procedimiento estructurado que deberá seguir el programa.



Ya teniendo el diagrama de flujo se explicará comando por comando el programa en MATLAB y se mostrará el proceso para analizar una grabación extensión .wav obtenida del circuito completo con el programa SCOPE.

Como primer paso es importante borrar cualquier variable que estuviera guardada en MATLAB, con el propósito de que no haya datos parásitos en los nuevos cálculos. Además por comodidad, borra todo en la ventana de trabajo de MATLAB.

```
clc
close all
clear
```

El primer paso es leer la señal grabada en formato .wav, para eso MATLAB posee un comando que además de guardar en una matriz de dos columnas los datos de la grabación, proporciona datos como la frecuencia de muestreo y el número de bits utilizados para guardar cada dato.

```
[yy,f,bits]=wavread('ciclo');
```

Es importante conocer el número de datos que contiene esta matriz, pues corresponde al número de renglones de la matriz donde está contenida la información.

```
ndy=length(yy); %%ndy= número de datos de y
```

Para graficar la señal obtenida se define un eje de abscisas que corresponda al tiempo de grabación de datos, en este caso 60 segundos.

```
xy=linspace(0,60,ndy);
```

Este comando genera un vector xy que va del 0 al 60 y contiene ndy datos.

Ahora se puede graficar la señal grabada con el comando plot.

```
plot(xy,yy,'r');

xlabel('Tiempo [s]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio del Tiempo Grabación Original')
grid
```

Un ejemplo de una señal grabada vista en MATLAB es el siguiente.

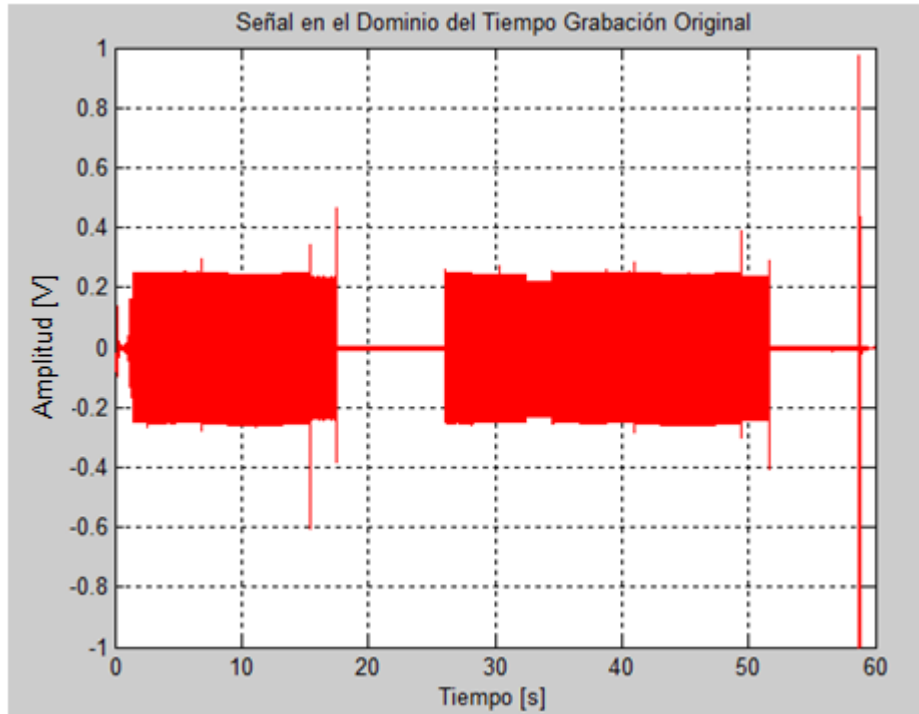


Figura 5.1: Señal graficada en MATLAB

Ya teniendo la señal en MATLAB, el siguiente paso es poder analizarla, para ello es importante separarla tanto en vectores diferentes canal 1 y canal 2, como observar sección por sección de manera independiente, esto con el fin de observar el comportamiento del sistema en cada una de las frecuencias de la señal patrón.

Para separar los dos canales de la grabación en vectores independientes se definen dichos vectores con longitud de datos igual al número de renglones en la matriz que contiene la grabación original.

```
N=length(yy);
canal1=zeros(N,1);
canal2=zeros(N,1);
```

Ya teniendo estos vectores definidos se guarda en cada vector una de las columnas de la matriz que contiene la grabación original.

```
for i=1:N
canal1(i,1)=yy(i,1);
canal2(i,1)=yy(i,2);
end
```

Ahora se puede graficar cada canal por separado, utilizando el mismo vector de abscisas que se utilizó para graficar la señal original.

```

%%GRAFICA CANAL 1
subplot(2,1,1),plot(xy,canal1,'b');
xlabel('Tiempo [s]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio del Tiempo Grabación Original canal 1')
grid
%%GRAFICA CANAL 2
subplot(2,1,2),plot(xy,canal2,'r');
xlabel('Tiempo [s]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio del Tiempo Grabación Original canal 2')
grid

```

Como resultado se obtiene la siguiente gráfica:

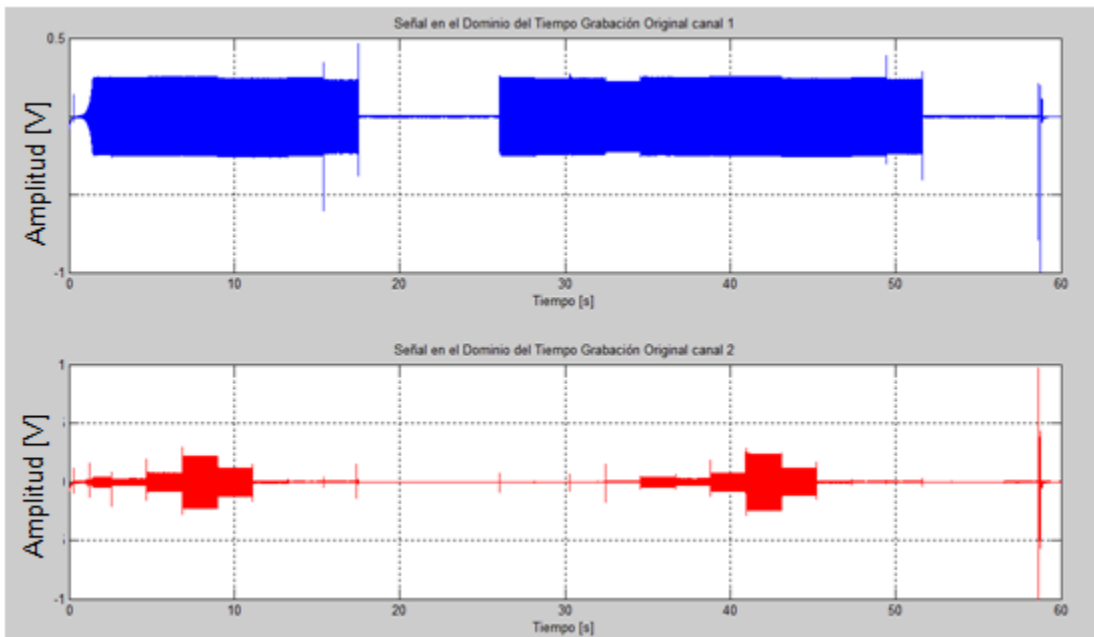


Figura 5.2: Grafica de cada canal por separado

A partir de este punto, ya se puede realizar la transformada de Fourier a cualquiera de los dos canales de la grabación, pero para un mejor análisis de la señal se separarán en diferentes vectores las 12 frecuencias de cada canal, haciendo posible analizarlas por separado y observarlas con más detalle de manera rápida.

Para separar la señal se debe conocer que cada una de las frecuencias dura aproximadamente 2 segundos de grabación (así se diseñó el ciclo de reloj del circuito), y que están colocadas consecutivamente, por lo que hay que conocer en qué lugar de la grabación están y cortar cada canal en 12 vectores, cada uno de los cuales contenga una de las frecuencias o una de las secciones donde debería estar una de las 12 señales a analizar.

Al ser 12 secciones por canal y siendo 2 canales, se tendrán 24 vectores en total.

Como primer paso se debe conocer el número de dato donde iniciará el corte de la primera grabación, para ello se toma como referencia el canal 1 donde se encontrará la señal patrón o respuesta plana enviada. Para observar donde empieza la sección de interés solo se hace un ZOOM al canal uno como se muestra en la figura 5.3.

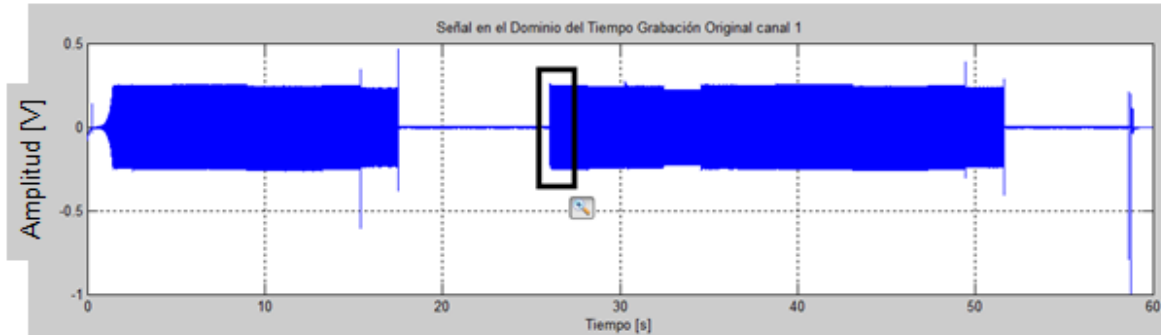


Figura 5.3: Zoom en el canal 1 donde inicia la grabación

El ZOOM se hace en el segundo bloque de datos, esto es porque al encender el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio los osciladores con frecuencias más bajas tardan unos segundos en llegar a su valor estable.

Al hacer este zoom se podrá observar con mayor exactitud el segundo donde empieza la señal de interés.

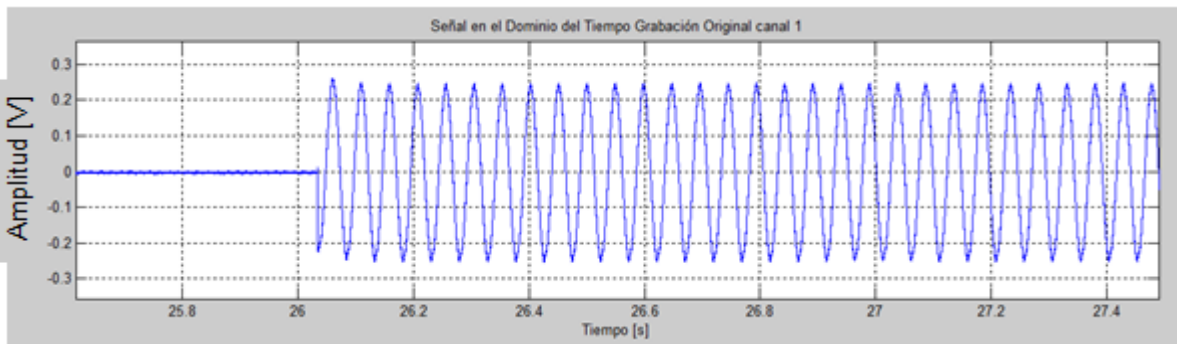


Figura 5.4: Inicio de la señal de Interés

En la figura 5.4 se puede observar que hay una señal estable a partir del segundo 26.2, pero para fines prácticos, se tomara el valor de 26.5.

Ya con este valor y conociendo que f es la frecuencia de muestreo, se puede saber cuál es el dato exacto donde empieza la señal de interés, y se le suma el número de datos que equivalen a 0.5[s] de señal estable.

```
segundo=26.5;
a1=f*segundo;
a2=a1+24000;
```

Se graba un vector especificando que canal y qué número de oscilación es, en este caso canal 1, frecuencia 1

```
for i=a1:a2
    canal11(i+1-a1,1)=yy(i,1);
end
```

Ahora se puede graficar la señal definiendo el número de datos de la señal y un vector de abscisas que contenga el mismo número de datos entre el 0 y el 0.5, ya que el vector canal11 contiene 0.5 segundos de grabación.

```
ndo=length(canal11);%Número de Datos de Osciladores (# de datos de cada
oscilador)
x=linspace(0,0.5,ndo);
```

Canal 1 oscilación 1, 20 [Hz]

```
plot(x,canal11,'r')
AXIS([0 0.5 min(canal11)-0.1 max(canal11+0.1)]);
xlabel('Tiempo [s]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio del Tiempo Canal 1 Oscilador 1')
grid
```

El resultado es la siguiente gráfica:

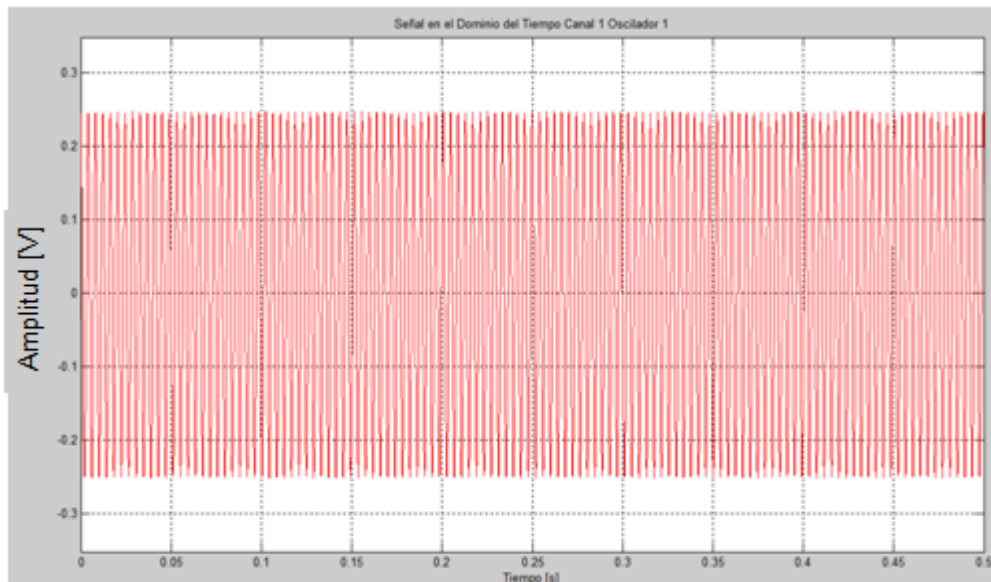


Figura 5.5: Canal11, canal 1 frecuencia 1, 20[Hz]

En la figura 5.5, se muestra como solo se tiene una señal de 0.5 segundos de duración y una frecuencia de 20[Hz].

Haciendo un zoom a la grafica se puede apreciar con mucho más detalle la forma de onda, y hasta se puede medir su periodo.

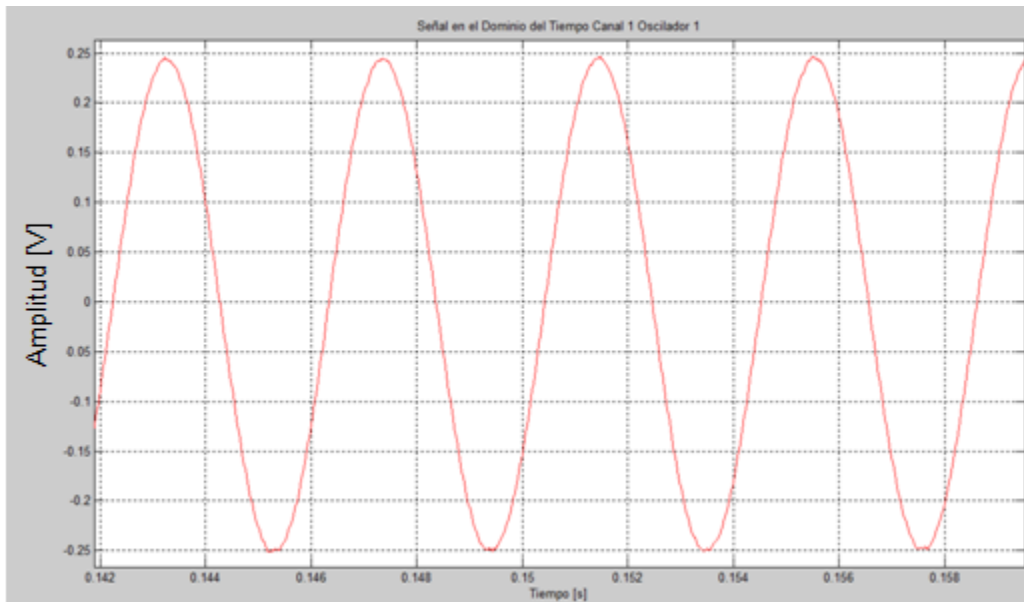


Figura 5.6: zoom Canal1, frecuencia 1

El siguiente paso en el análisis es realizar la transformada de Fourier de la señal, para observar directamente si la frecuencia de la señal es la esperada, y si existen componentes armónicas en la señal.

El proceso para obtener la transformada de Fourier en MATLAB es el siguiente:

Se utiliza la función `fft`, la cual realiza la transformada rápida de Fourier.

```
tfs11=fft (canal11,ndo);
```

La transformada se guarda en un vector llamado `tfs11` lo que significa transformada de Fourier de la señal 11

Puede que al realizar el proceso MATLAB obtenga valores complejos, los cuales para propósito de esta tesis no son deseados, así que se obtiene el valor absoluto de este vector.

```
atfs11=abs (tfs11);
```

El valor absoluto se guarda en un vector llamado absoluto de la transformada de Fourier de la señal 11 (`atfs11`).

En ocasiones este proceso genera un error haciendo que el primer dato de la transformada de Fourier crezca de manera desmedida, por eso es recomendable hacer este dato 0.

```
atfs11(1,1)=0;
```

Para ordenar de manera útil la transformada de Fourier visualizando la frecuencia 0 en el centro del espectro se utiliza la función `fftshift`

```
tfs11r=fftshift(atfs11);
```

Para terminar, se ajusta el valor de la amplitud de la transformada, ya que MATLAB entrega amplitudes más grandes, se hace un ajuste para tener las amplitudes reales.

```
m1=max(tfs11r)/max(canal11);
tfs11r=tfs11r/m1;
```

Con la finalidad de obtener la respuesta en frecuencia de un dispositivo, basado en las 12 señales de cada canal, se guarda en un vector el valor más alto de la transformada de Fourier.

```
y(1,1)=max(tfs11r);
```

Para graficar la transformada de Fourier se necesita un vector de abscisas que contenga datos en el dominio de la frecuencia, eso se logra dividiendo la frecuencia de muestreo entre el número de datos del vector

```
wm=f/ndo;
w=[-f/2:wm:(f/2)-wm];
```

Para graficar la transformada de Fourier se utiliza el comando `plot`.

```
%GRAFICA CANAL 1 Oscilador 1 ""FRECUENCIA""
plot(w,tfs11r,'r')
axis([0 40 0 max(tfs11r)+0.2]);
xlabel('Frecuencia [Hz]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio de la Frecuencia Canal 1 Oscilador 1')
grid
```

El resultado de este proceso es la figura 5.7

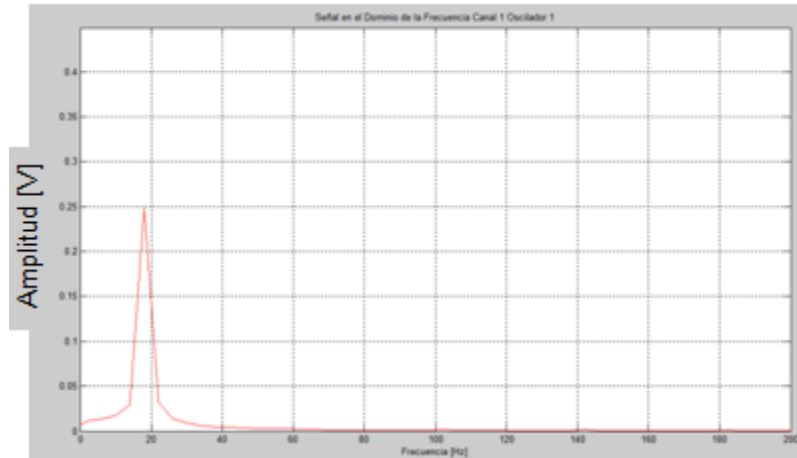


Figura 5.7: Respuesta en frecuencia del canal 1, frecuencia 1, 20[Hz]

En la figura 5.7, se muestra como la respuesta es una espiga en aproximadamente en 20[Hz], resultado esperado pues la señal original es un oscilador senoidal con esta frecuencia.

El proceso debe ser repetido para las 12 frecuencias que conforman cada canal, por lo que el proceso completo se repite para cada una de ellas solamente cambiando los valores de inicio y final de grabado de cada vector, para lo cual se toma un valor constante “a” que indica el numero de datos que hay que tomar por muestra y un valor obtenido experimentalmente para conocer donde acaba y donde inicia la siguiente frecuencia a recortar.

```
a=a2-a1;
```

```
a3=a1+(2.1*f);
a4=a3+a;
```

```
a5=a3+(2.25*f);
a6=a5+a;
```

```
a7=a5+(2.1*f);
a8=a7+a;
```

```
a9=a7+(2.1*f);
a10=a9+a;
```

```
a11=a9+(2.15*f);
a12=a11+a;
```

```
a13=a11+f*2.1;
a14=a13+a;
```

```
a15=a13+(2.1*f);
a16=a15+a;
```

```
a17=a15+(2.14*f);
```

```

a18=a17+a;

a19=a17+(2.15*f);
a20=a19+a;

a21=a19+(2.1*f);
a22=a21+a;

a23=a21+(2.11*f);
a24=a23+a;
%%%CANAL 1 Oscilador 2%%%CANAL 1 Oscilador 2%%%CANAL 1 Oscilador
2%%%CANAL
%%1 Oscilador 2%%%CANAL 1 Oscilador 2%%%CANAL 1 Oscilador 2%%%CANAL 1
%%Oscilador 2%%%CANAL 1 Oscilador 2%%%CANAL 1 Oscilador 2%%%CANAL 1
for i=a3:a4
    canal12(i+1-a3,1)=yy(i,1);
end
%graficando CANAL 1 OSCILACIÓN 2
    plot(x,canal12,'r')
AXIS([0 0.5 min(canal12)-0.1 max(canal12+0.1)]);
xlabel('Tiempo [s]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio del Tiempo Canal 1 Oscilador 2')
grid
tfs12=fft(canal12,ndo);
atfs12=abs(tfs12);
atfs12(1,1)=0;
tfs12r=fftshift(atfs12); %%tfs11 rotada
m12=max(tfs12r)/max(canal12);
tfs12r=tfs12r/m12;
y(1,2)=max(tfs12r);
%GRAFICA CANAL 1 Oscilador 2 ""FRECUENCIA""
plot(w,tfs12r,'r')
AXIS([20 60 0 max(tfs12r)+0.2]);
xlabel('Frecuencia [Hz]'),ylabel('Amplitud')
title('Señal en el Dominio de la Frecuencia Canal 1 Oscilador 2')
grid

```

El proceso completo se repite para todas las frecuencias del canal 1

Ya con todos los datos guardados en el vector Y, se crea un vector de abscisas el cual contenga los 12 datos de frecuencia obtenidos experimentalmente.

```

XX=[20.04 35.71 64.51 147.058 238.095 476.19 1136.3 2080 4444 7690
16949.1 20833.3];

```

Estos datos corresponden a las frecuencias reales obtenidas de los osciladores.

Después se genera un vector de datos que contenga todos los datos que estén entre el 20.04 y el 20833.3, con una separación entre cada dato de 0.1

```

pp=20.04:0.1:20833.3;

```

Con este vector creado, se puede obtener una regresión cúbica con la función spline, para presentar la respuesta en frecuencia del sistema

```
r2=spline (XX,y,pp) ;
```

Una vez creado este vector se grafica la respuesta en frecuencia del sistema (Datos), y su regresión cúbica.

```
subplot(2,1,1);plot (XX,y)
```

```
xlabel('frecuencia'),ylabel('amplitud'),title('Datos Canal 1 Análisis en Frecuencia')
```

```
grid
```

```
zoom on
```

```
Subplot(2,1,2);plot (pp,r)
```

```
xlabel('frecuencia'),ylabel('amplitud'),title('Polinomio regresión cúbica Canal 1')
```

```
grid
```

```
zoom on
```

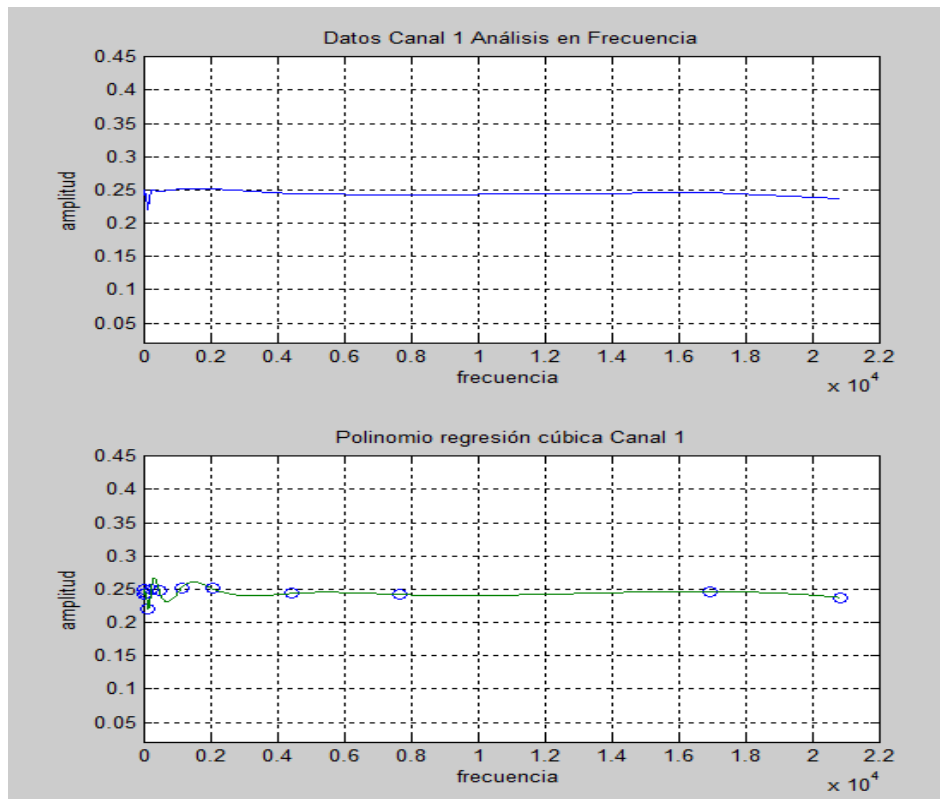


Figura 5.8: Respuesta en frecuencia canal 1, datos y regresión cúbica

Se repite el proceso para el canal 2

Al final del programa en MATLAB, pueden colocarse todas las instrucciones plot del programa, con la finalidad de tenerlas completamente disponibles para poder copiarlas y pegarlas en la pantalla de trabajo de MATLAB, y así poder ver cada una de las señales y su respuesta en frecuencia de manera rápida, o hacer que todas se muestren al correr el programa, facilitando al usuario observar cada señal por separado casi inmediatamente.

En la última gráfica del programa se muestra la respuesta en frecuencia del sistema a caracterizar y la señal enviada, para comparar que se envía y que se obtiene.

```

%%%% respuesta en frecuencia de ambos canales
subplot(2,2,1);plot(XX,y)
AXIS([0 22000 min(y)-0.2 max(y)+0.2]);
xlabel('frecuencia'),ylabel('amplitud'),title('Datos Canal 1 Análisis en
Frecuencia')
grid
subplot(2,2,2);plot(ZZ,y2)
AXIS([0 22000 min(y2)-0.2 max(y2)+0.2]);
xlabel('frecuencia'),ylabel('amplitud'),title('Datos Canal 2 Análisis en
Frecuencia')
grid
subplot(2,2,3);plot(XX,y,'o',pp,r)
AXIS([0 22000 min(y)-0.2 max(y)+0.2]);
xlabel('frecuencia'),ylabel('amplitud'),title('Polinomio regresión cúbica
Canal 1')
grid
subplot(2,2,4);plot(ZZ,y2,'o',pp,r2)
AXIS([0 22000 min(y2)-0.2 max(y2)+0.2]);
xlabel('frecuencia'),ylabel('amplitud'),title('Polinomio regresión cúbica
Canal 2')
grid

```

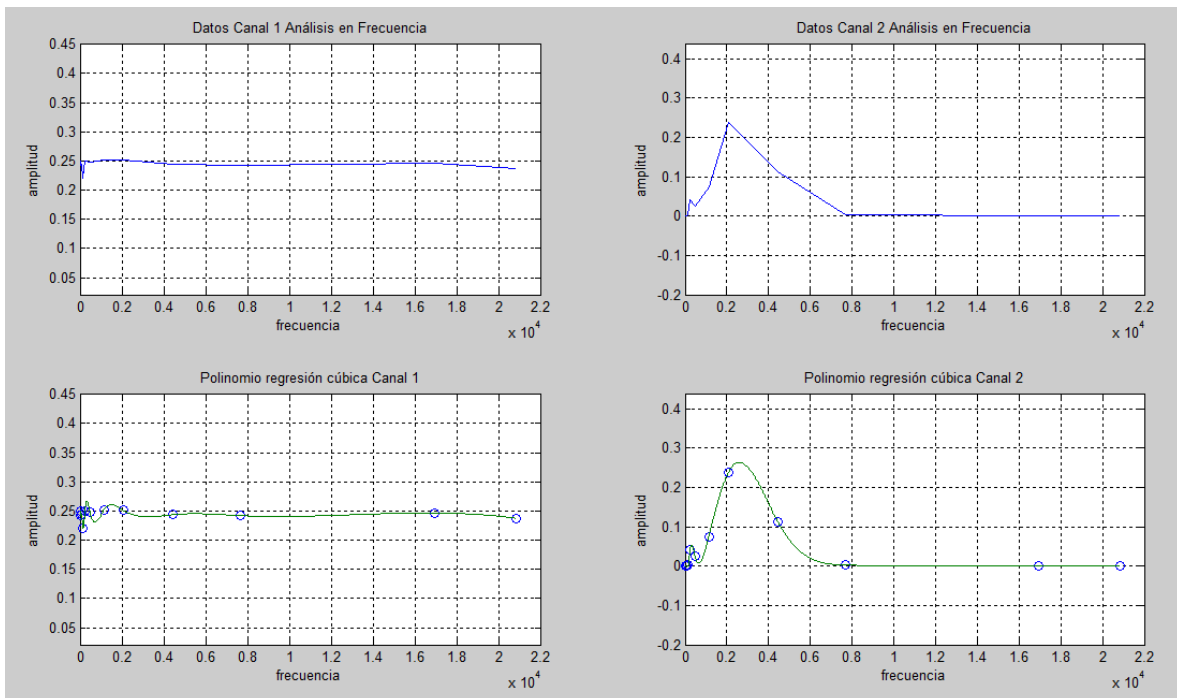


Figura 5.9: Datos y respuesta en frecuencia de cada canal

El programa completo se encuentra en el apéndice A.

• **5.2 Caracterización del Amplificador**

Para caracterizar un amplificador se siguió la metodología especificada en el capítulo anterior y se obtuvieron los siguientes resultados.

Amplificador STEREN

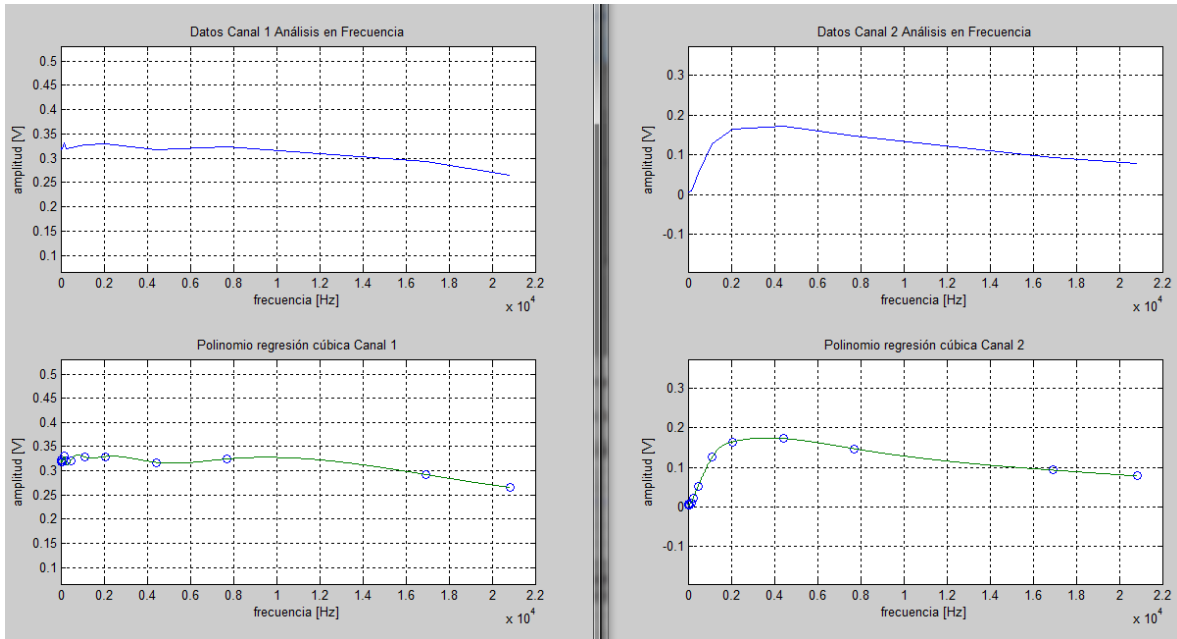


Figura 5.10: Respuesta enviada y respuesta obtenida del amplificador.

La respuesta obtenida del amplificador es la siguiente:

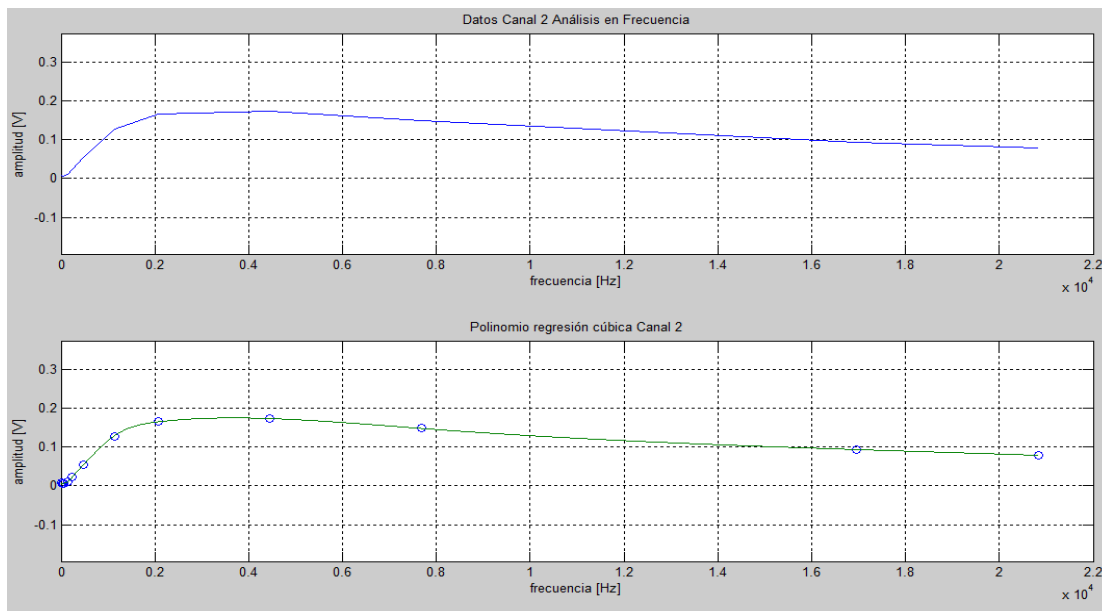


Figura 5.11: Respuesta en frecuencia del amplificador STEREN

La respuesta en frecuencia obtenida:

$$F_i = 1085 \text{ [Hz]}$$

$$F_s = 10900 \text{ [Hz]}$$

$$\text{Frecuencia Central} = 3700 \text{ [Hz]}$$

Las gráficas obtenidas del análisis en MATLAB son las siguientes:

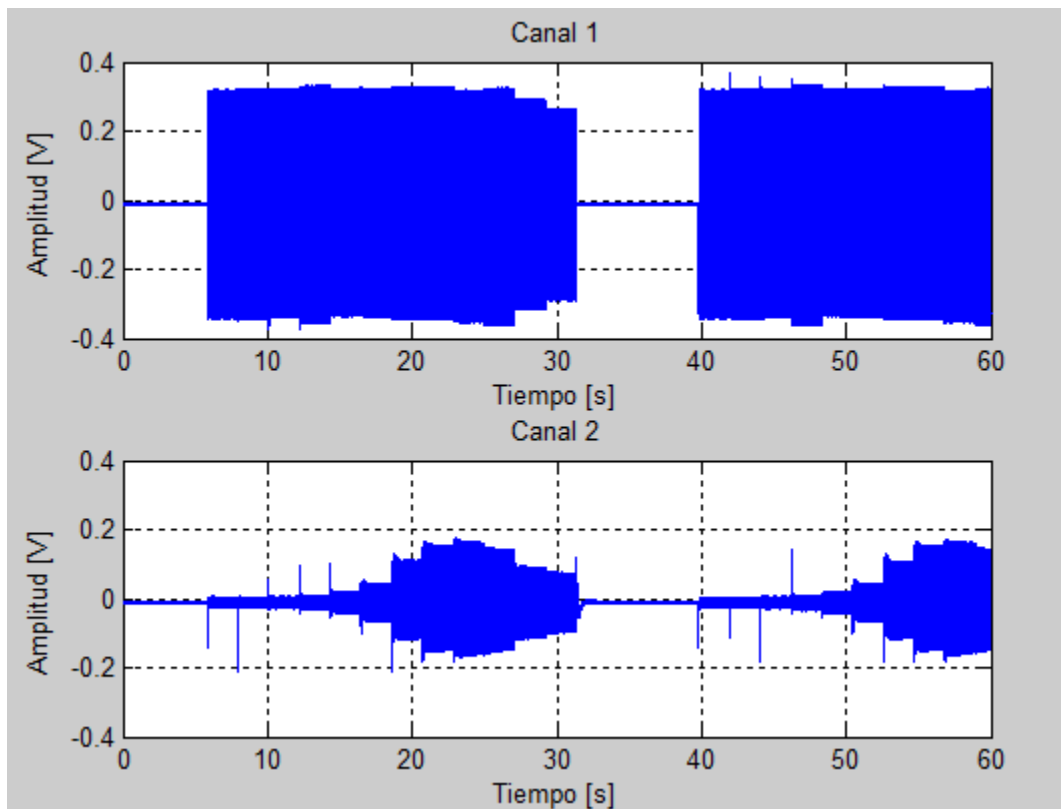


Figura 5.12: Señal enviada, Señal recibida.

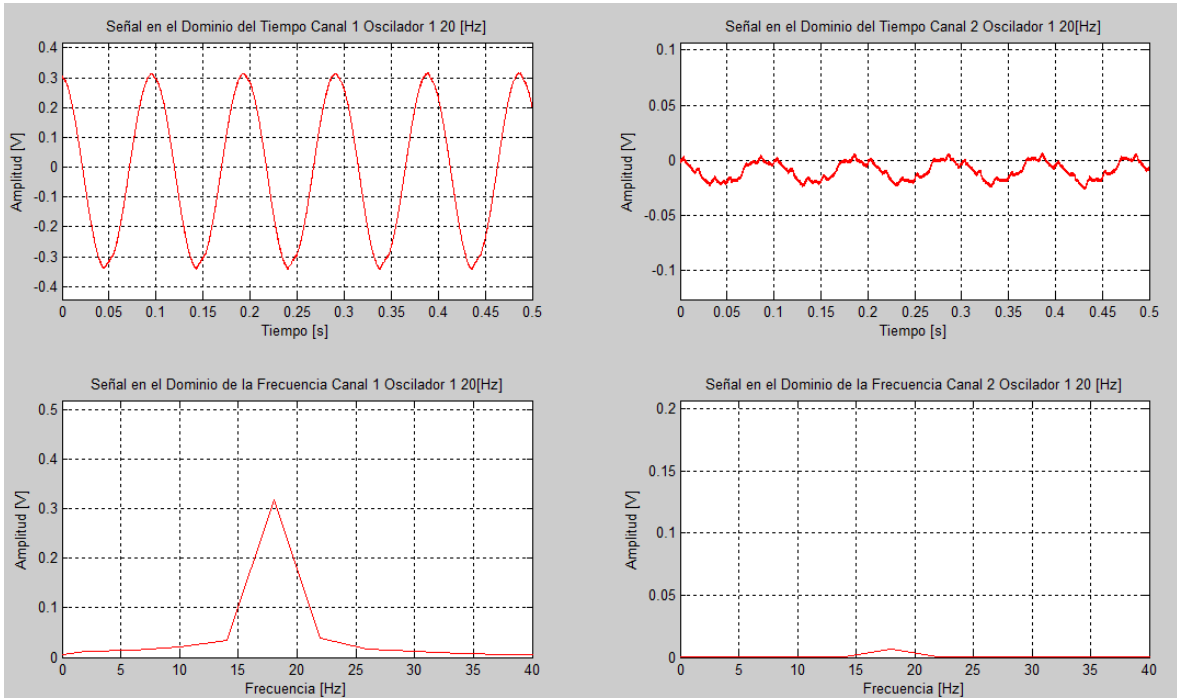


Figura 5.13: Señal con oscilación 1

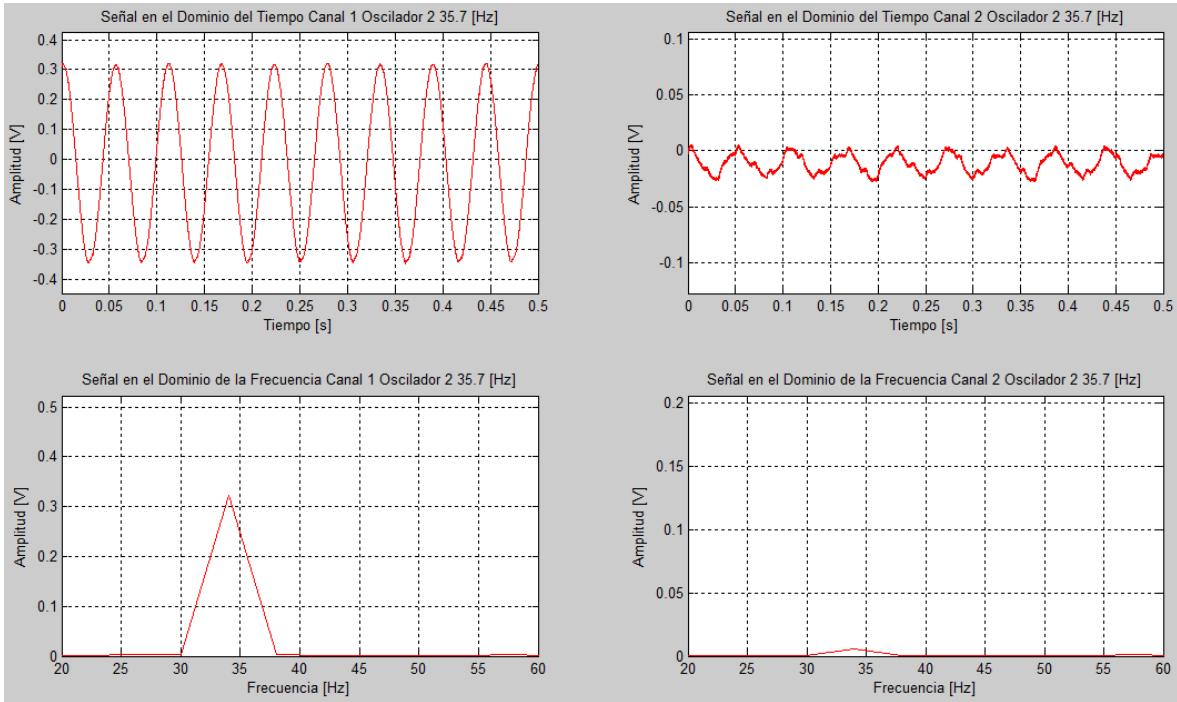


Figura 5.14: Señal con oscilación 2

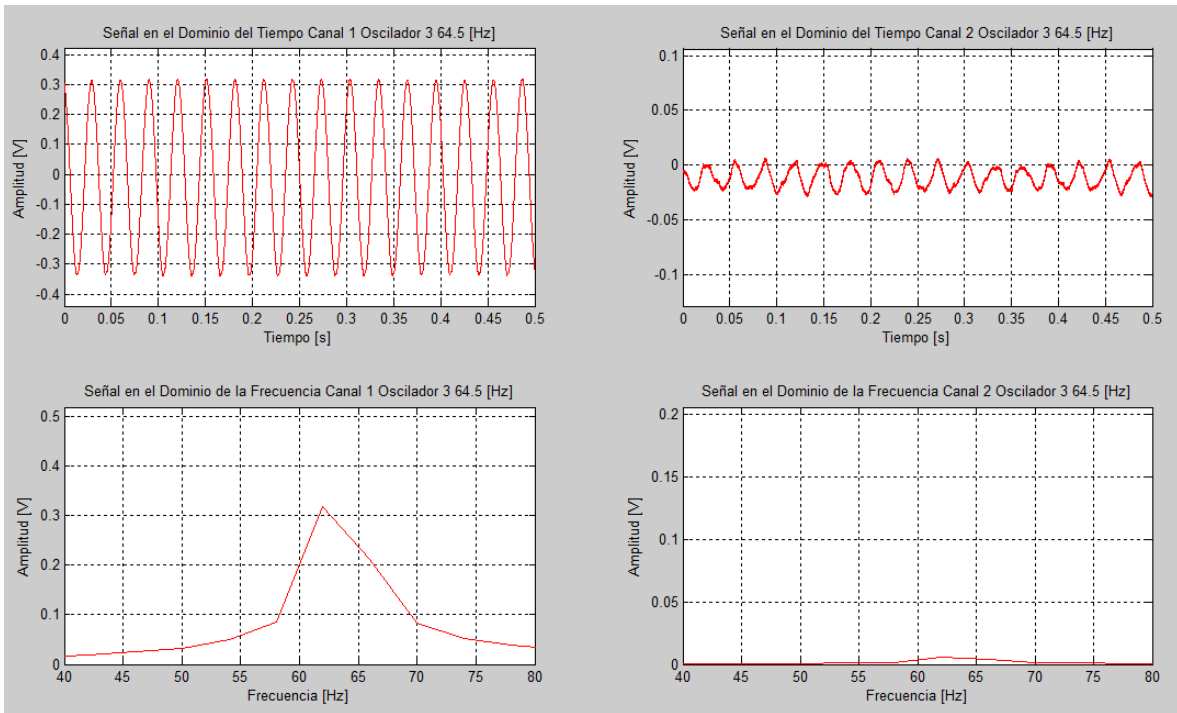


Figura 5.15: Señal con oscilación 3

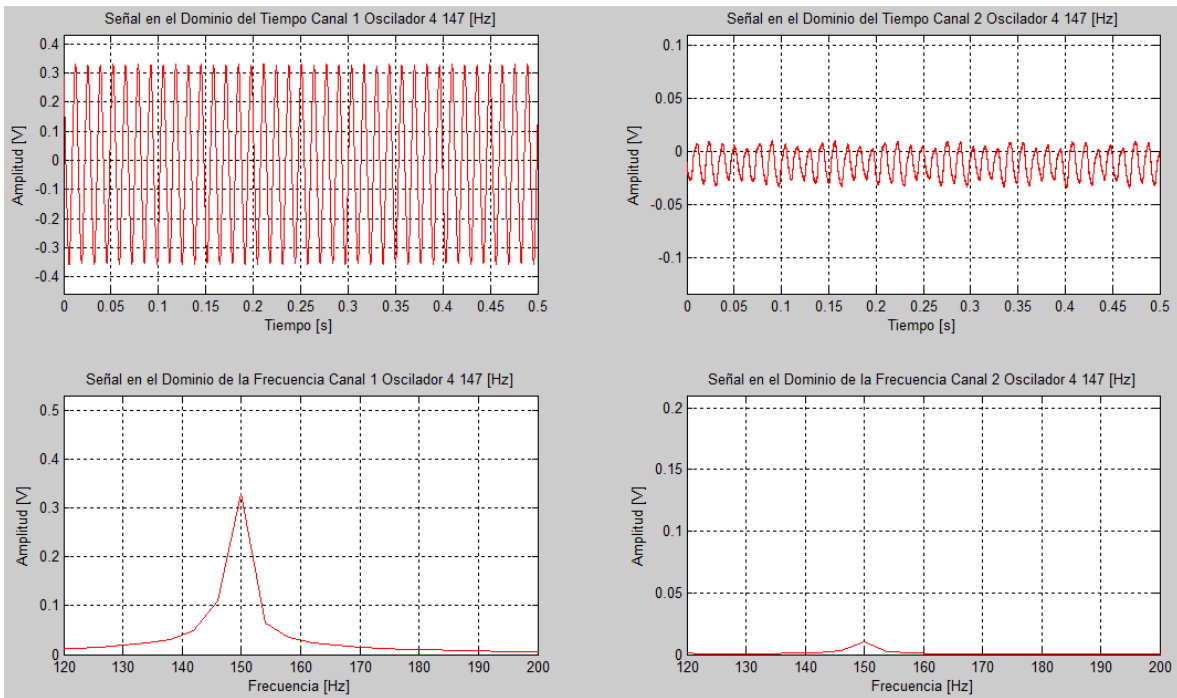


Figura 5.16: Señal con oscilación 4

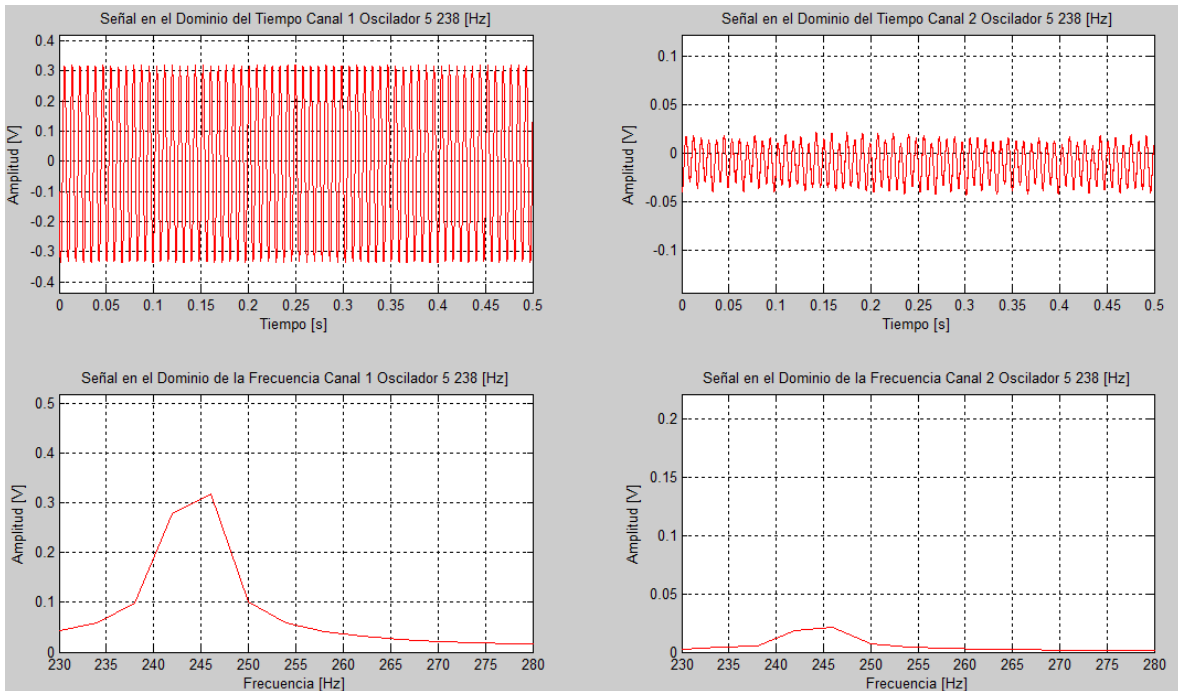


Figura 5.17: Señal con oscilación 5

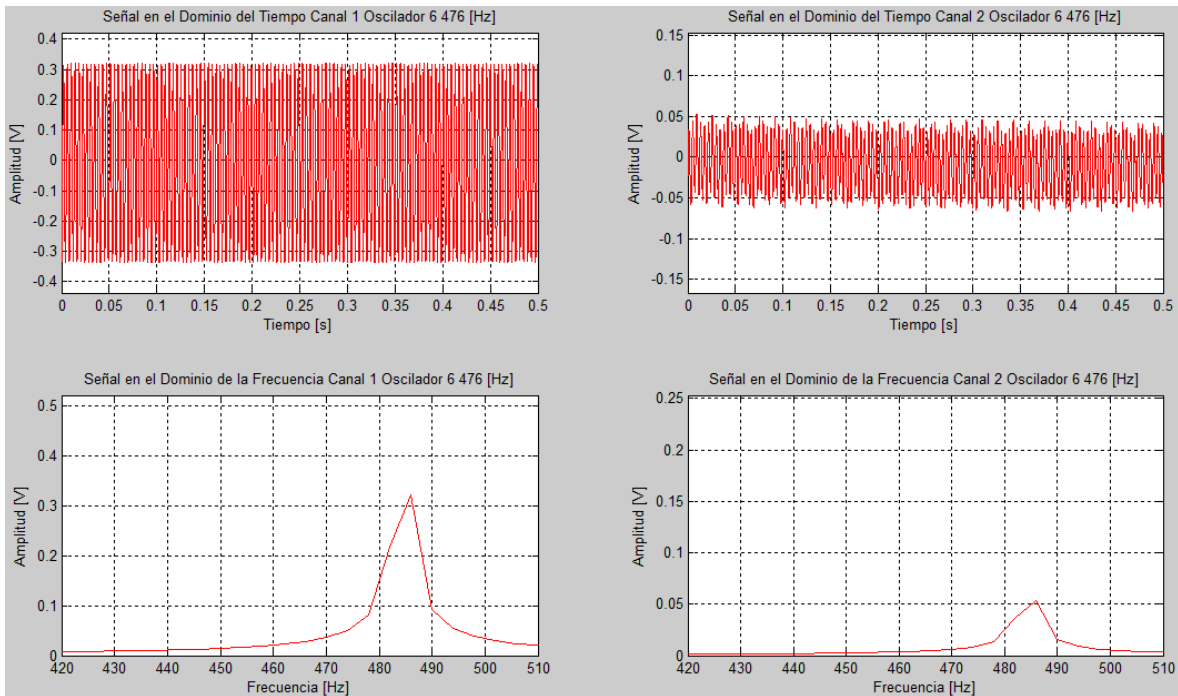


Figura 5.18: Señal con oscilación 6

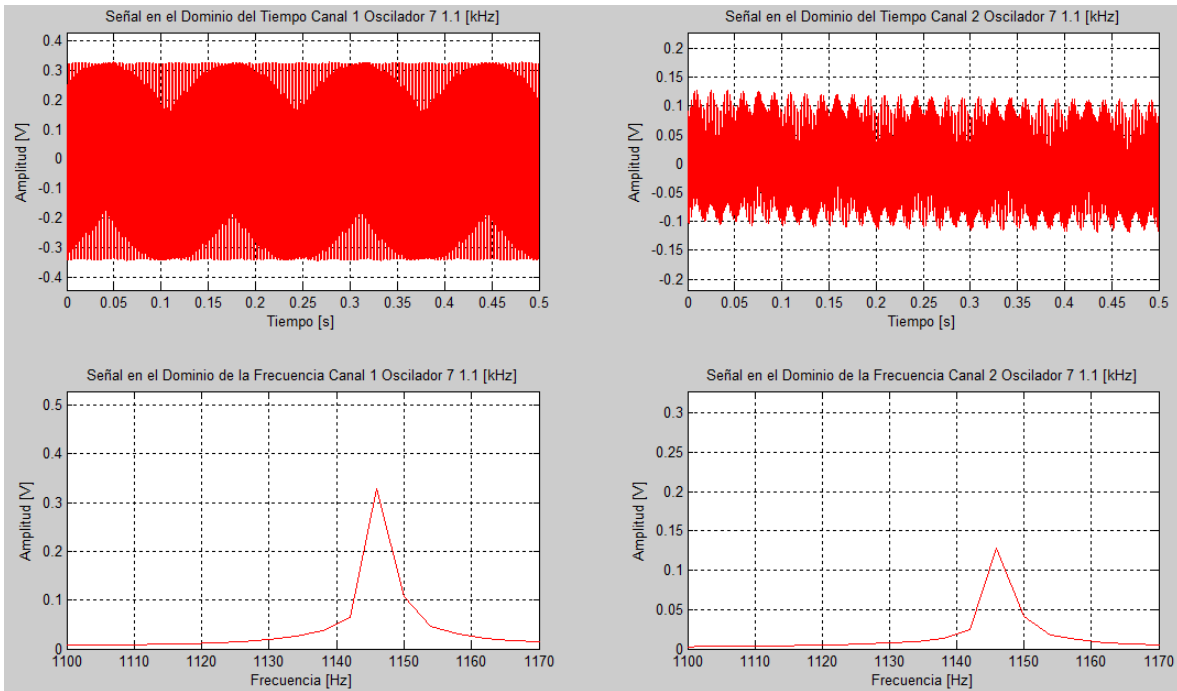


Figura 5.19: Señal con oscilación 7

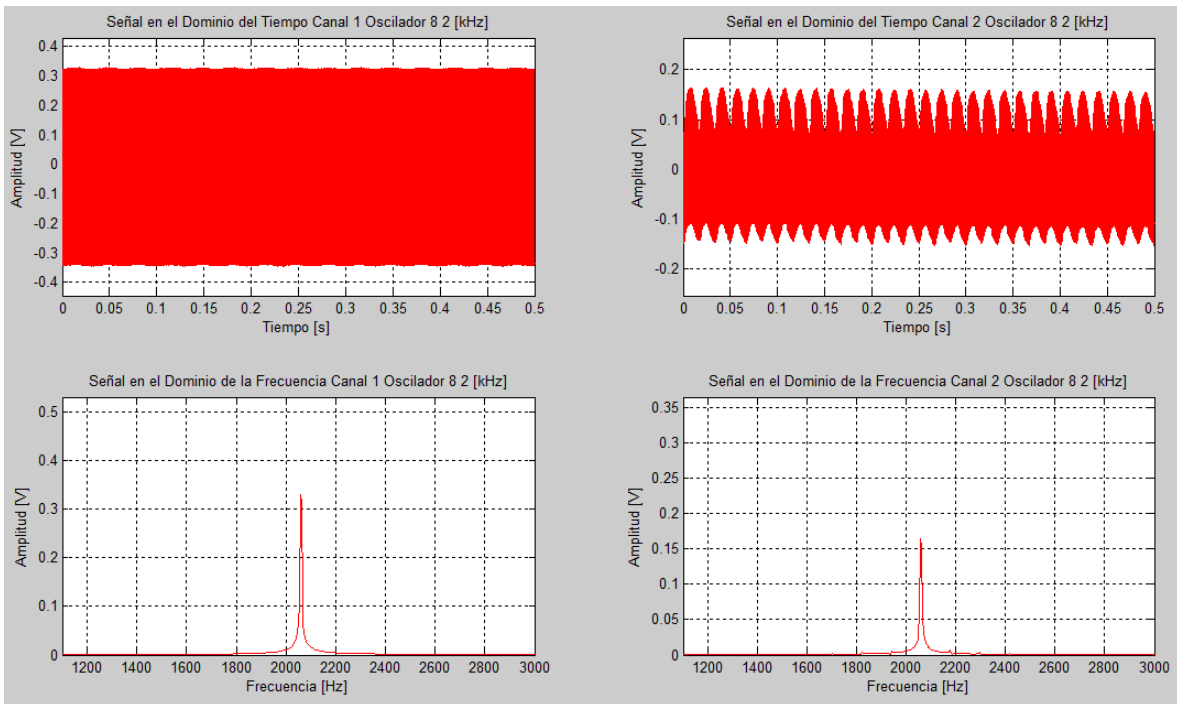


Figura 5.20: Señal con oscilación 8

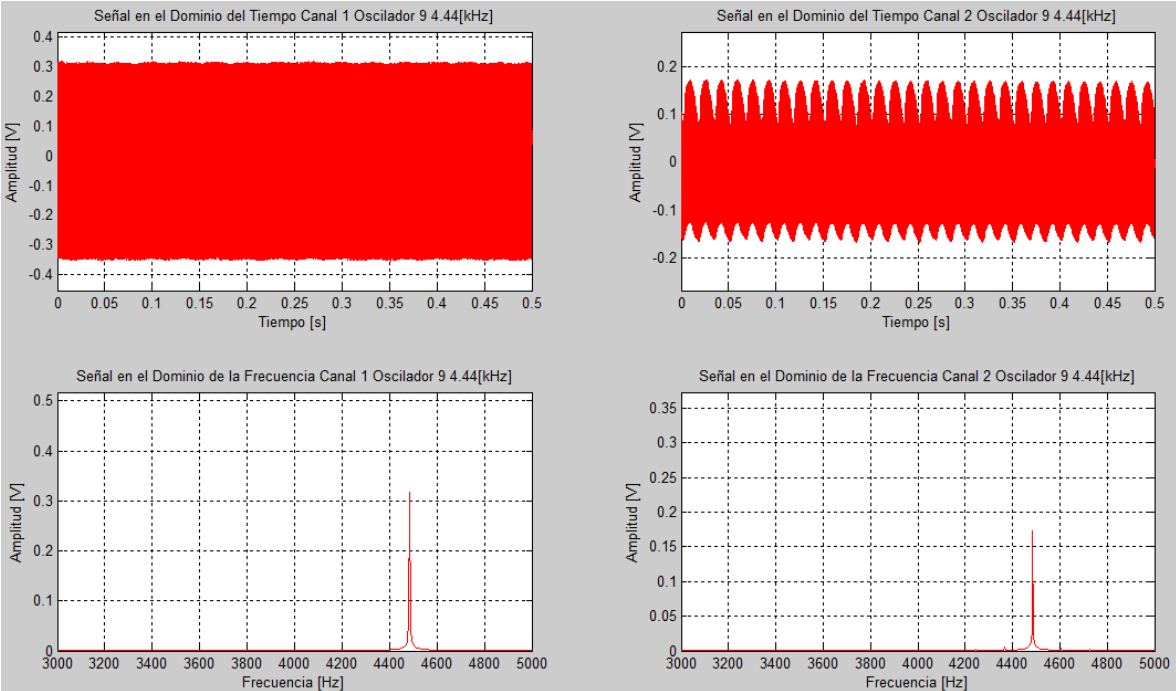


Figura 5.21: Señal con oscilación 9

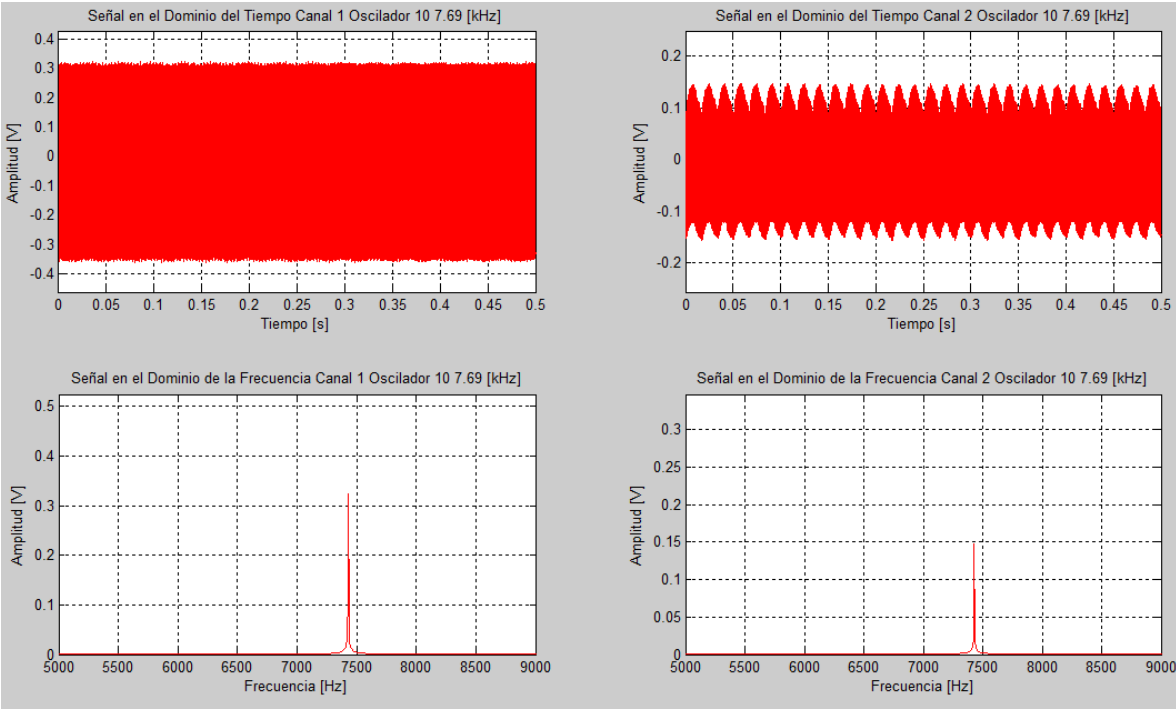


Figura 5.22: Señal con oscilación 10

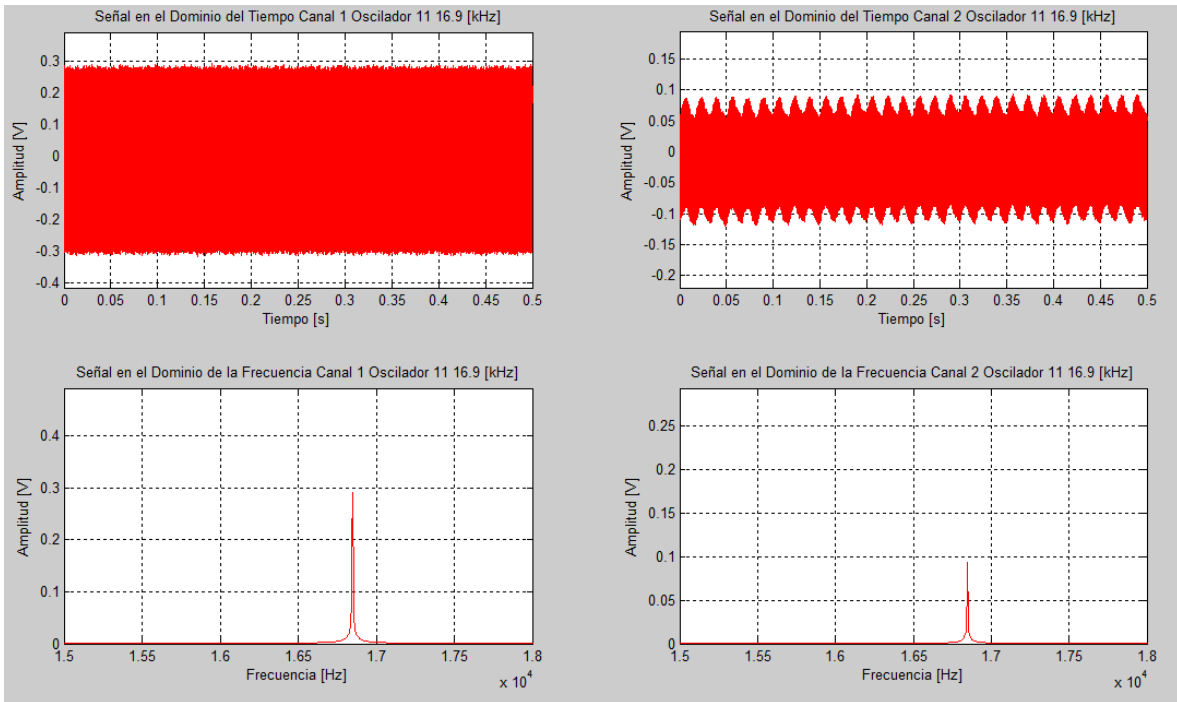


Figura 5.23: Señal con oscilación 11

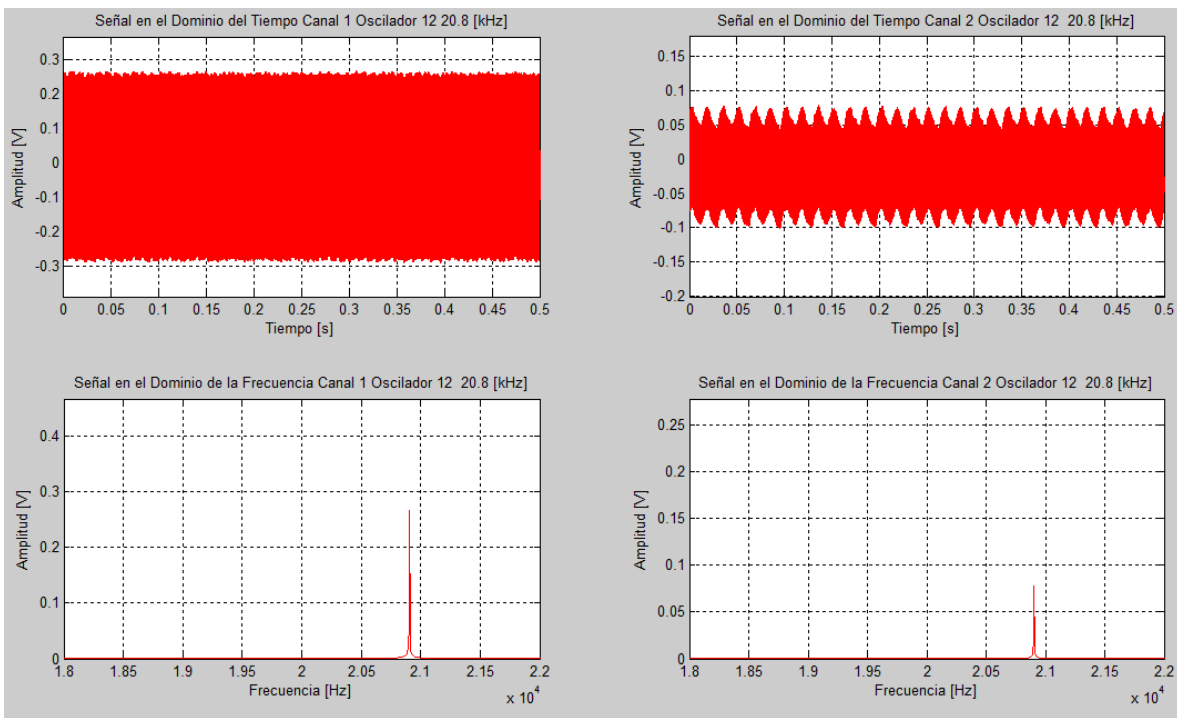


Figura 5.24: Señal con oscilación 12

Los resultados que arroja la prueba indican que este amplificador para bocinas de pc tiene una respuesta en frecuencia muy limitada, no presenta distorsión armónica, pero si distorsión de amplitud, además no filtra el ruido de la línea, lo que hace que las señales enviadas estén montadas sobre una señal de 60 [Hz] y sus armónicos, esto se puede apreciar sobre todo en altas frecuencias.

• **5.3 Caracterización de Bocinas**

Como primeras pruebas con elementos transductores, se considera que la respuesta del micrófono electret es la indicada por el fabricante, en pruebas posteriores se observará que tan exacta es esta consideración. De manera empírica se realizaron pruebas con muchos tipos de micrófonos electret y se eligió el que tenía una respuesta en frecuencia más amplia en todos los casos.

Realizando los pasos para caracterizar una bocina se utiliza el Sistema Caracterizador de Equipos de audio en los siguientes elementos:

1. Bafle Sony con impedancia de 6[Ω]

El resultado de la prueba es el siguiente:

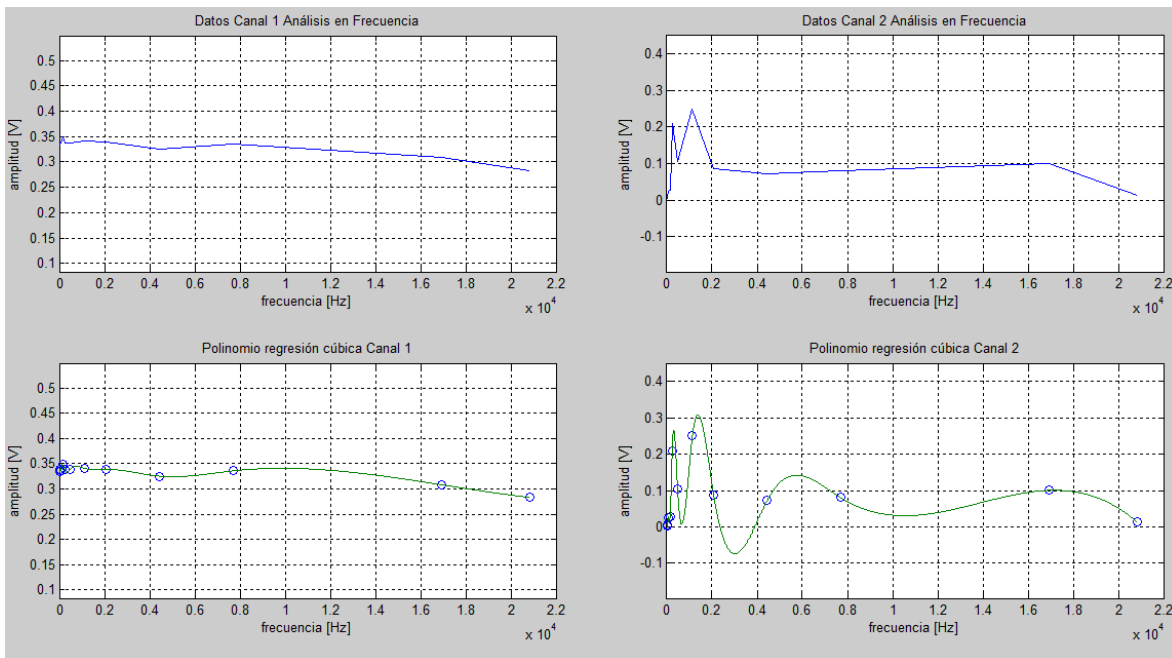


Figura 5.25: Respuesta en frecuencia canal 1 y canal 2

Haciendo un ZOOM a la zona de interés en el canal 2.

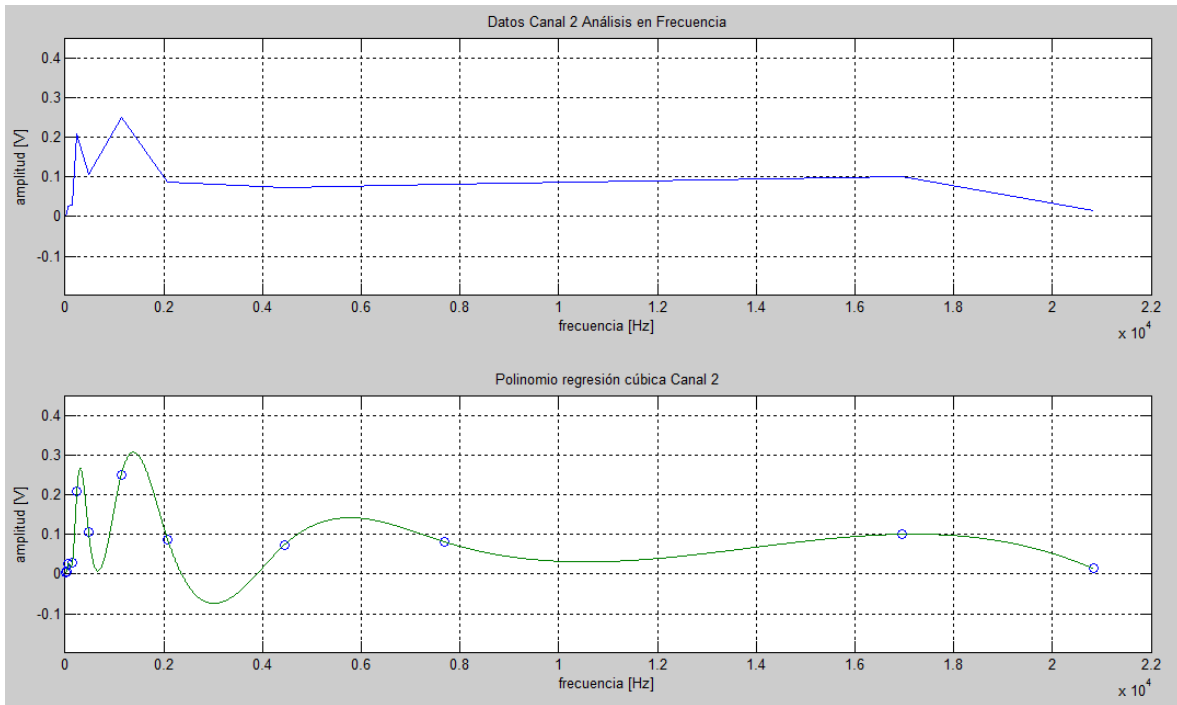


Figura 5.26: Respuesta en frecuencia de la bocian Sony Xplod

La respuesta en frecuencia obtenida

Punto de interés 1

Fecuencia central máxima = **307**[Hz]

ancho de banda = 200 [Hz]

frecuencias de corte $f_i = 220$ [Hz]; $f_s = 420$ [Hz] aproximadamente.

Punto de interés 2

Fecuencia central máxima = **1380** [Hz]

ancho de banda = 692 [Hz]

frecuencias de corte $f_i = 1075$ [Hz]; $f_s = 1767$ [Hz] aproximadamente.

Se puede observar que la bocina tiene otra sección de buena reproducción de sonido entre los **5000 y los 6000** Hertz.

Se presenta distorsión por amplitud

No se presenta distorsión armónica.

Las gráficas que se obtiene de la prueba son las siguientes.

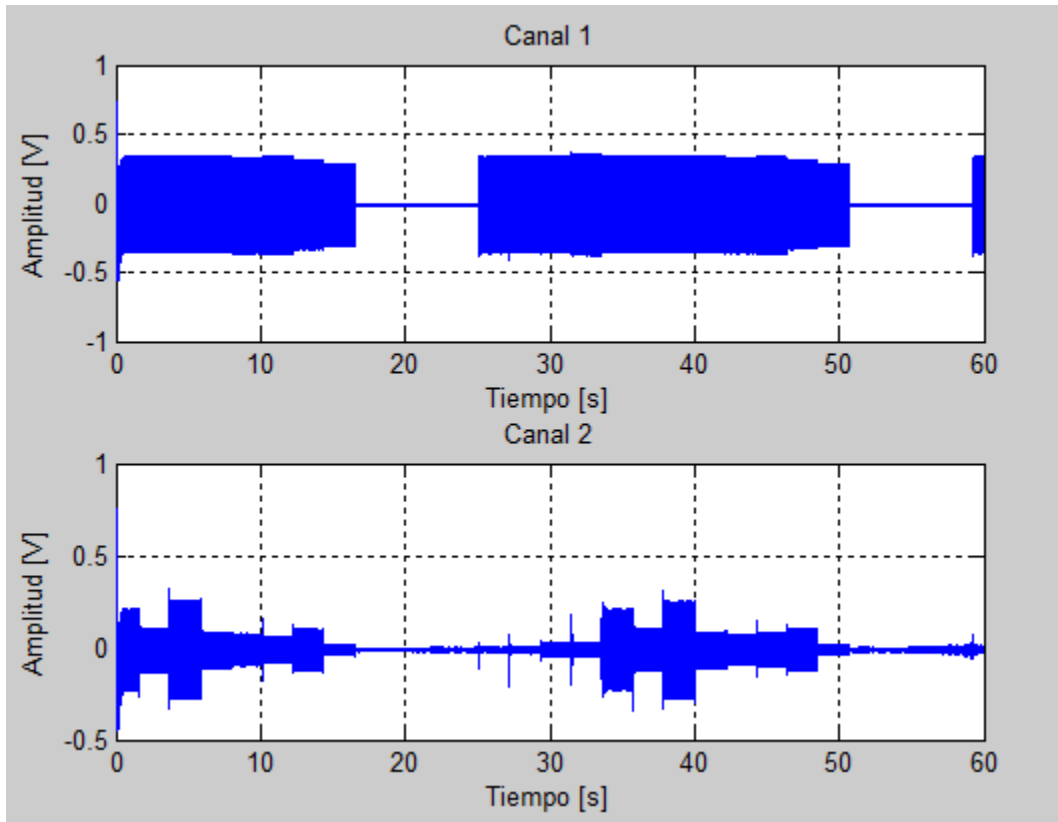


Figura 5.27: Señal enviada, Señal recibida.

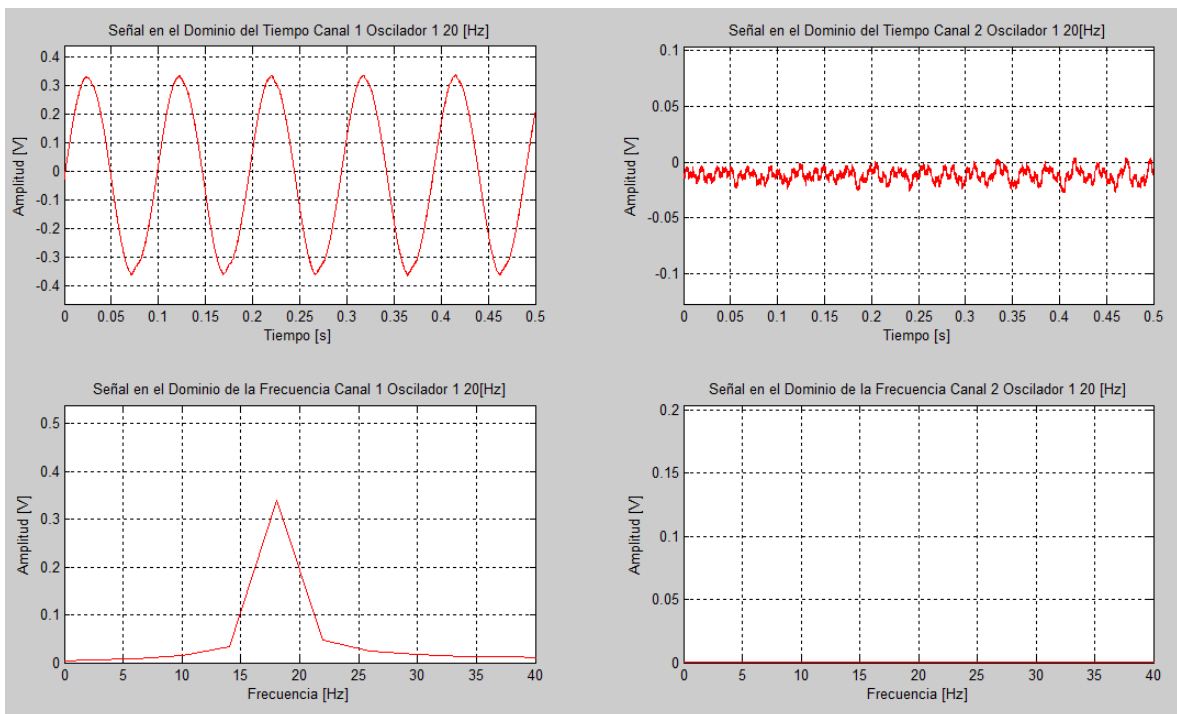


Figura 5.28: Respuesta a la frecuencia 1

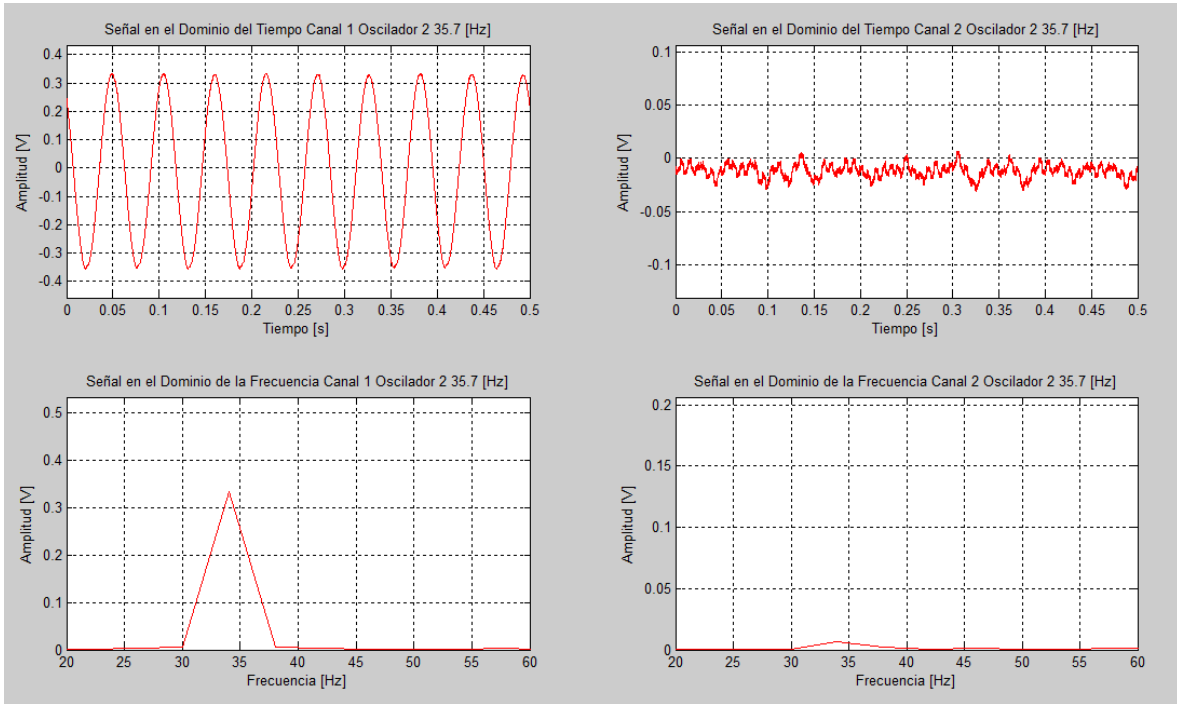


Figura 5.29: Respuesta a la frecuencia 2

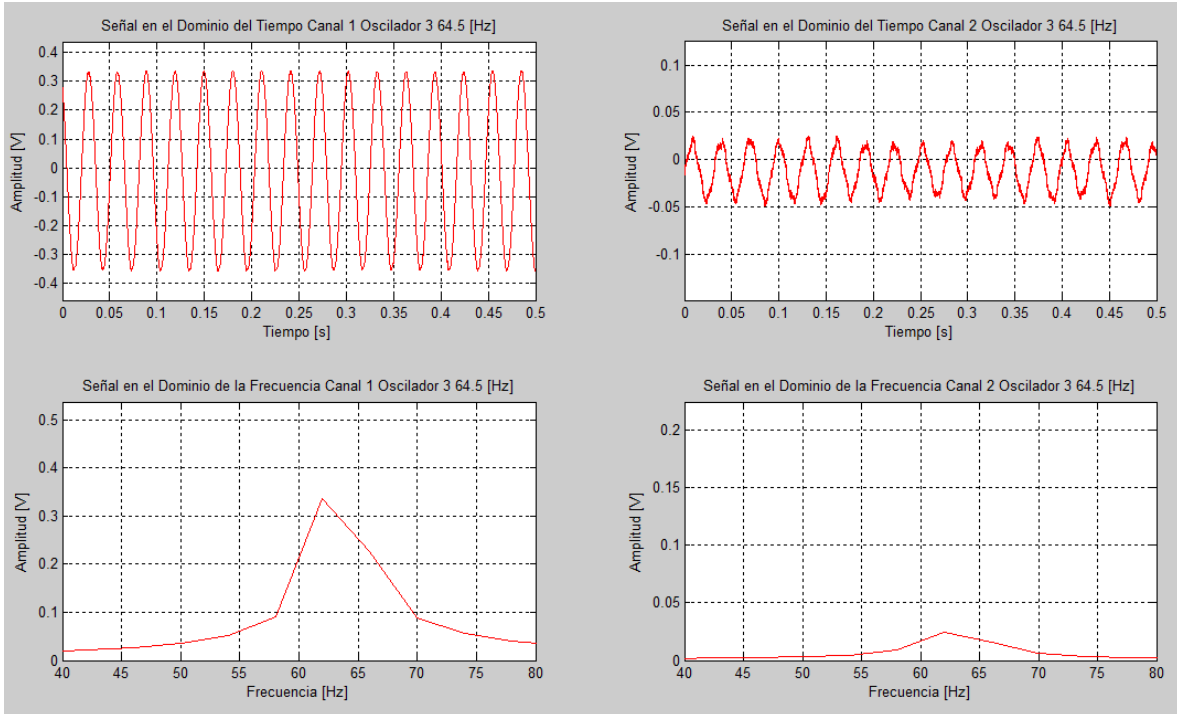


Figura 5.30: Respuesta a la frecuencia 3

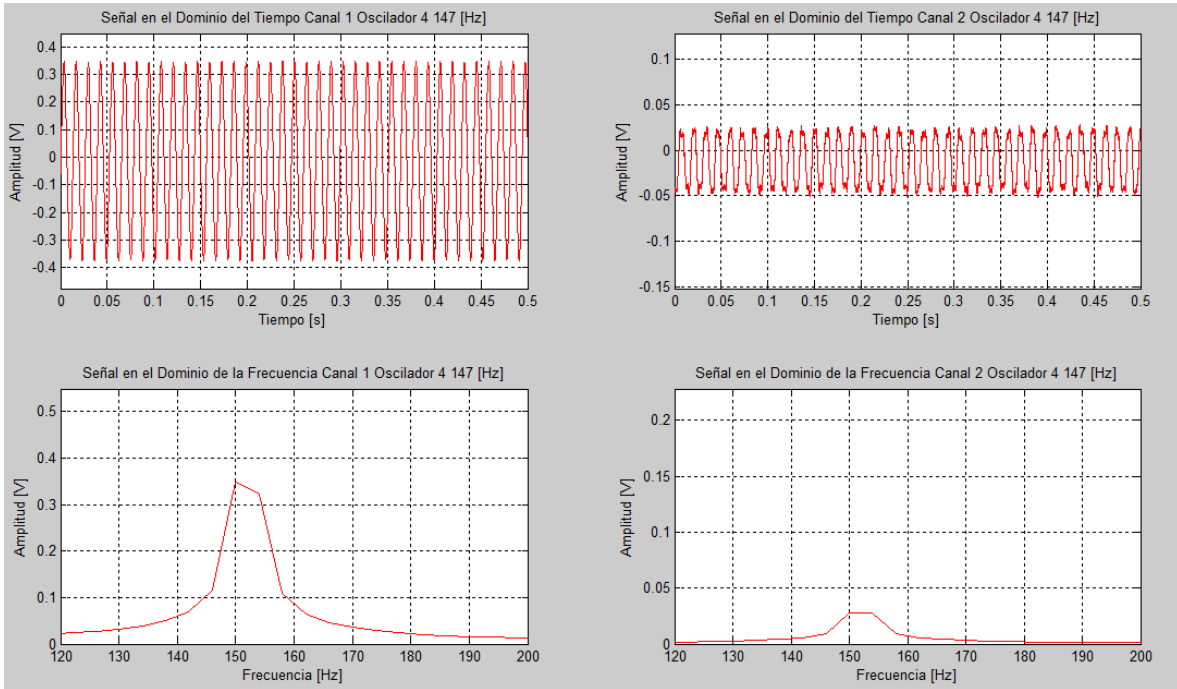


Figura 5.31: Respuesta a la frecuencia 4

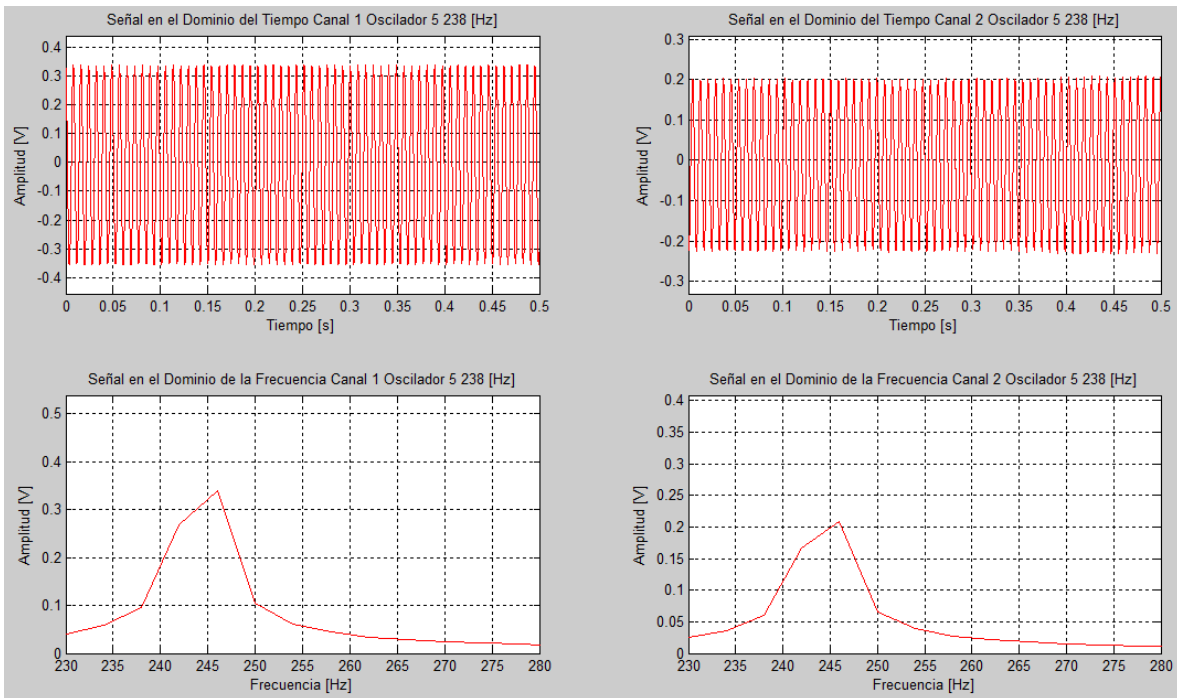


Figura 5.32: Respuesta a la frecuencia 5

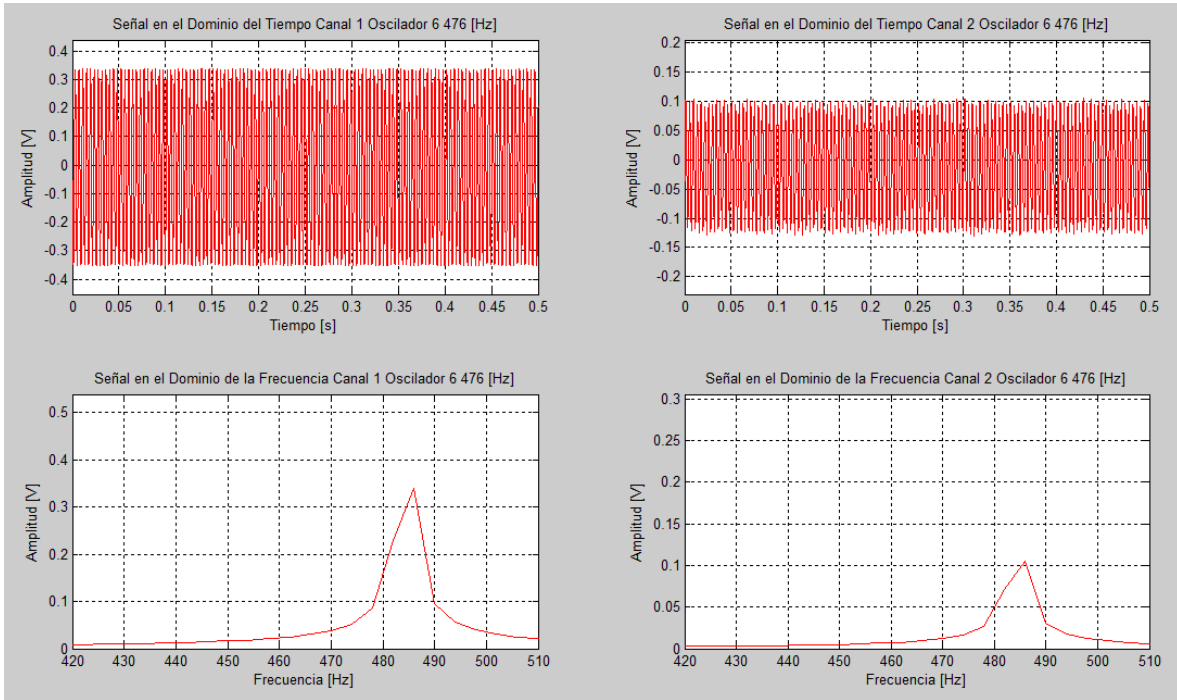


Figura 5.33: Respuesta a la frecuencia 6

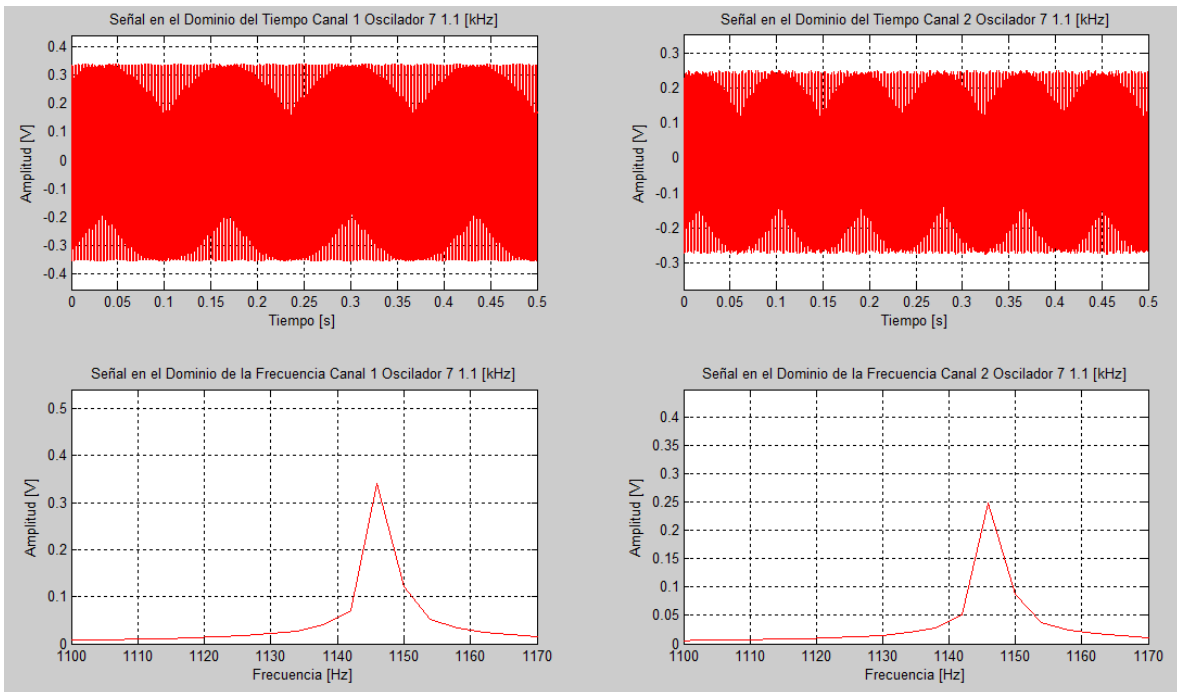


Figura 5.34: Respuesta a la frecuencia 7

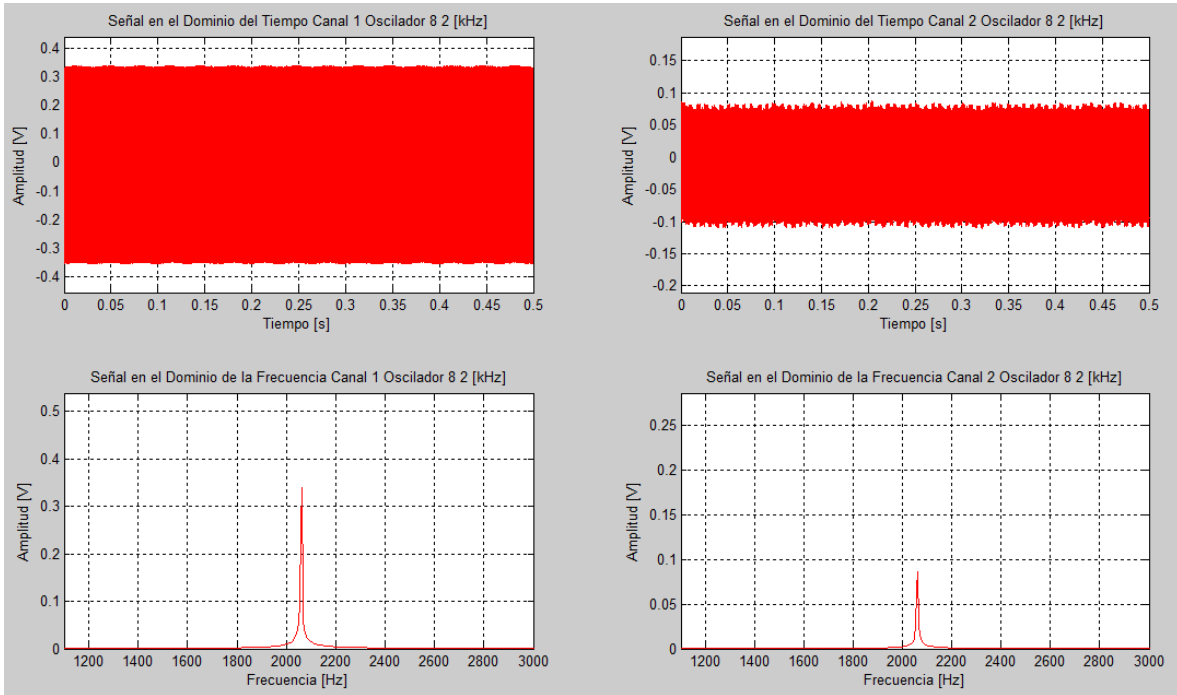


Figura 5.35: Respuesta a la frecuencia 8

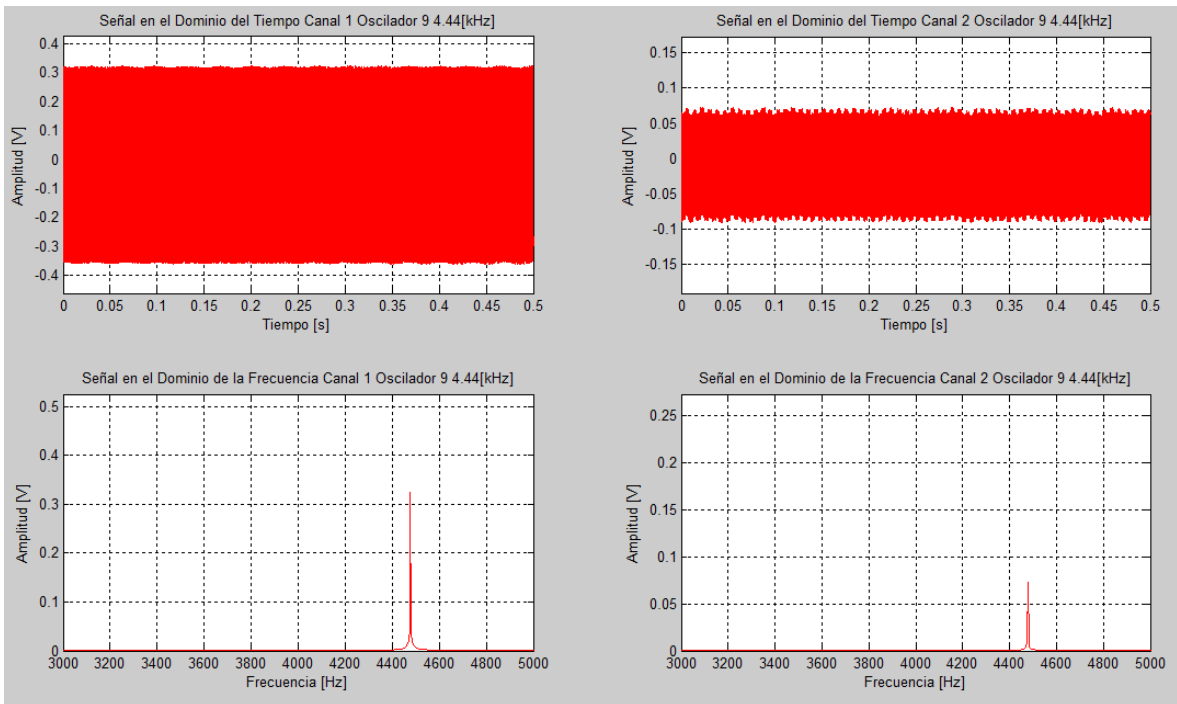


Figura 5.36: Respuesta a la frecuencia 9

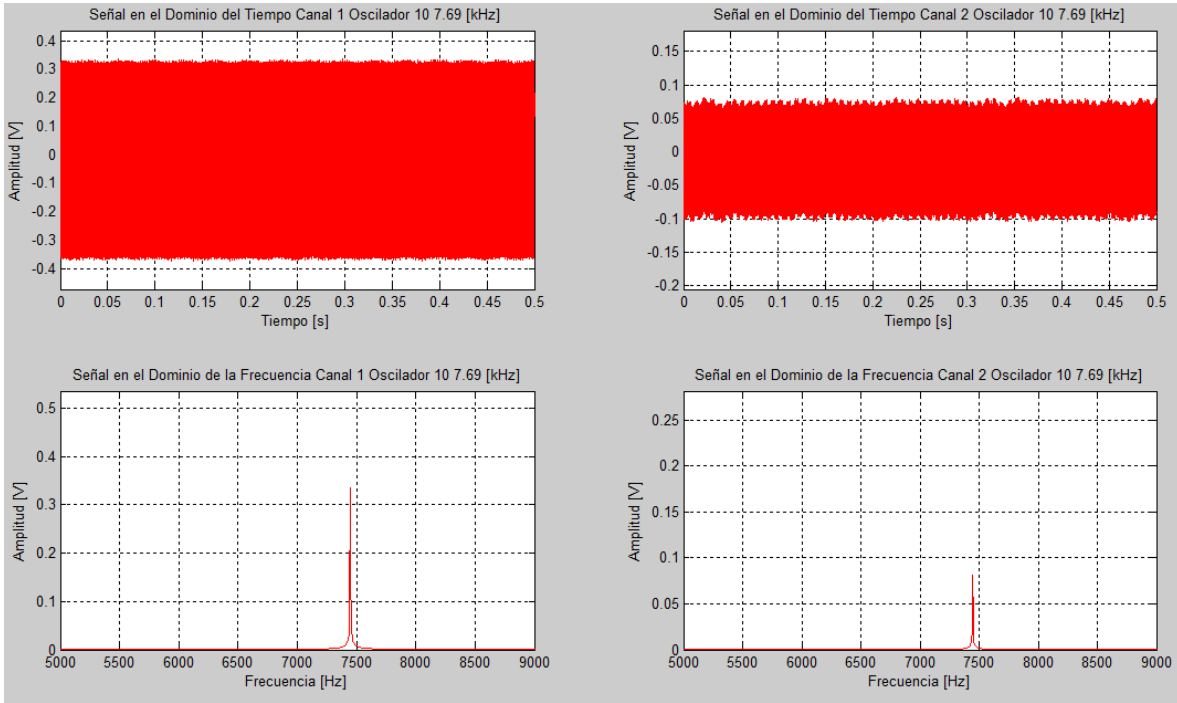


Figura 5.37: Respuesta a la frecuencia 10

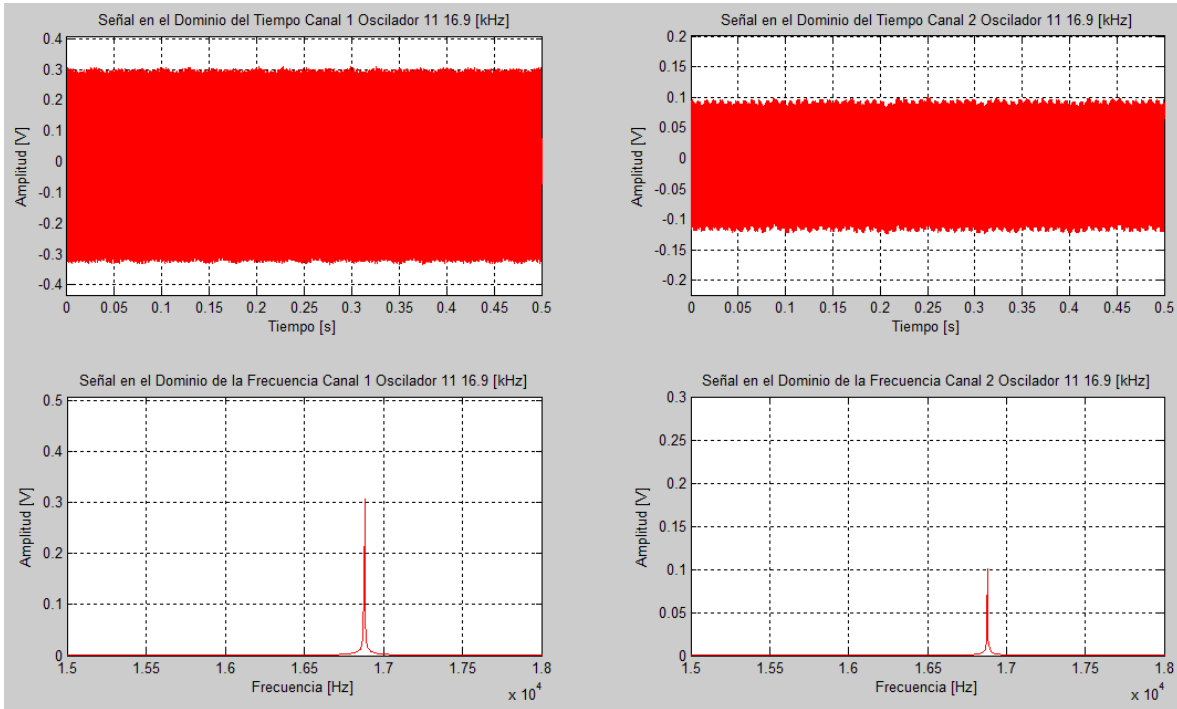


Figura 5.38: Respuesta a la frecuencia 11

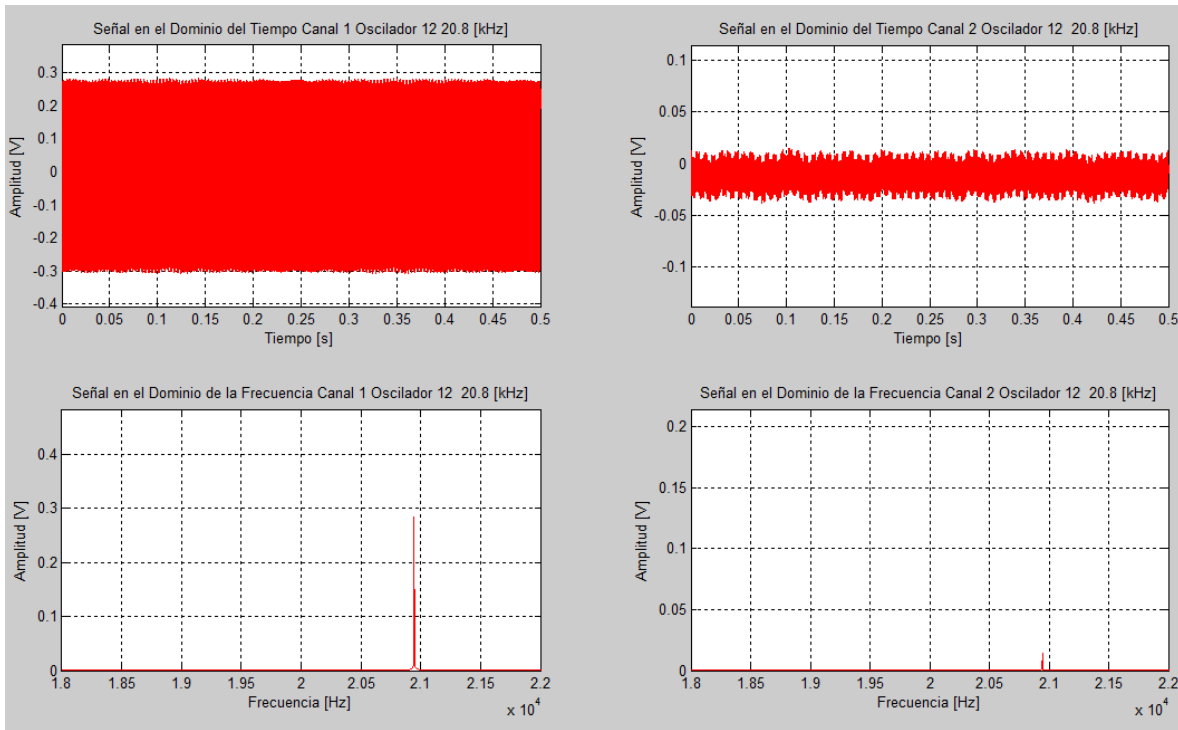


Figura 5.39: Respuesta a la frecuencia 12

En las gráficas obtenidas se puede observar como no hay distorsión en la señal enviada por la bocina, pero si se encuentra ruido sobre todo cuando la señal enviada al micrófono es nula. Este ruido puede deberse a la presencia de la computadora cerca del micrófono de prueba, pues los ventiladores de la computadora producen un pequeño zumbido.

- **5.4 Validación de Resultados**

Para validar los resultados obtenidos con el Sistema caracterizador de Equipos de Audio, se acudió a el CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico), donde se encuentra una cámara anecoica, la cual es un cuarto diseñado especialmente, para eliminar por completo el rebote de sonido y las reverberaciones, proporcionando así un espacio adecuado para realizar pruebas acústicas sin intervención del entorno.

La cámara anecoica está diseñada para reducir, en la medida de lo posible, la reflexión del sonido: las cámaras anecoicas están aisladas del exterior y constan de paredes recubiertas con cuñas en forma de pirámide con la base apoyada sobre la pared, construidas con materiales que absorben el sonido. Entre estos materiales están la fibra de vidrio o espumas.



Figura 5.40: Cámara anecoica, CCADET.

En la cámara anecoica del CCADET se realizaron las mismas pruebas, solo que se utilizó el siguiente equipo para obtener los resultados:

Analizador de espectros:

Dual Channel Signal Analyzer

Type 2034

Brüel &Kjaer



Figura 5.41: Analizador de Espectros utilizado

Micrófono:

Brüel &Kjaer

El micrófono tiene una sensibilidad de 55.3 mV/PA

Calibration Chart for Condenser Microphone

Cartridge Type 4165



Figura 5.42: Micrófono de medición.

Amplificador:

DENON precision audio component/integrated Stereo Amplifier PMA-860



Figura 5.43: Amplificador utilizado

Bafle:

B&W

matrix 803 serie 2. 8[Ω]

Máximo de potencia 250[W]



Figura 5.44: Bafle utilizado.

El equipo utilizado está debidamente calibrado y caracterizado.

La respuesta en frecuencia del micrófono Brüel & Kjaer y el Bafle B&W conectado al amplificador DEMON introduciendo ruido blanco es:

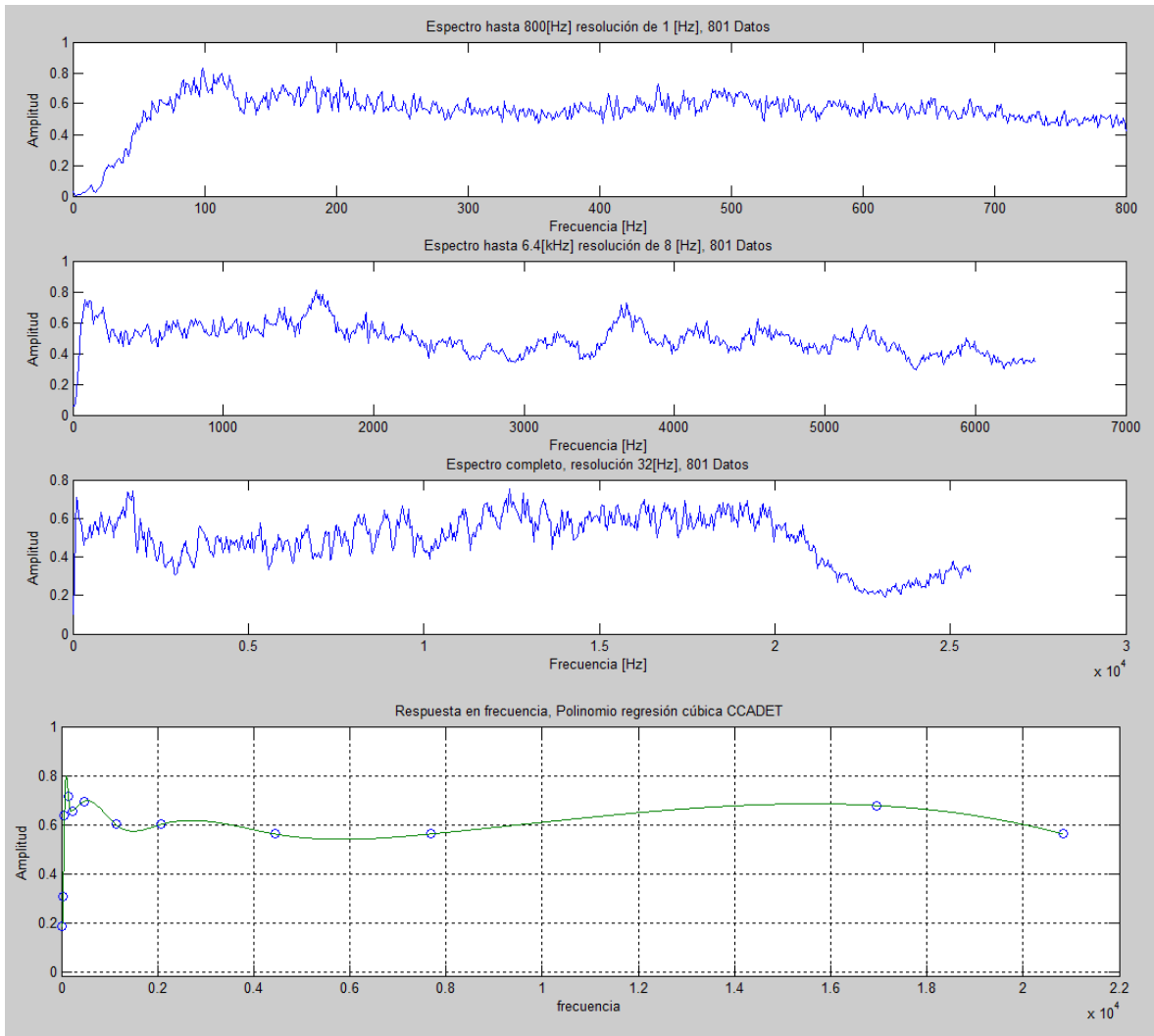


Figura 5.45: Respuesta del micrófono de prueba y Bafle de prueba.

La figura 5.45 muestra como tanto el Bafle como el micrófono, son capaces de reproducir y captar todo el rango de frecuencia en el espectro de audición humana, de 20 [Hz] a 20[kHz], por lo que se utilizarán para caracterizar todo el equipo y comparar los resultados obtenidos en las pruebas previas, con datos obtenidos en una cámara anecoica con equipo profesional y así comprobar la eficiencia del equipo construido.

Para obtener la gráfica de la figura 5.45, se colocó el bafle B&W a un metro de distancia del micrófono de prueba, alineando el micrófono con el tweeter del bafle, ya que las ondas con mayor frecuencia tiene menos dispersión que las de baja frecuencia.

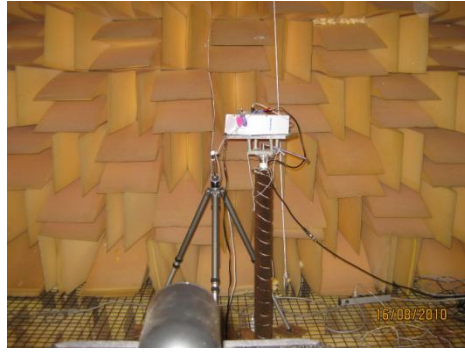


Figura 5.46: Micrófono alineado con el tweeter del baffle B&W

Esta prueba fue realizada también utilizando el micrófono que se usó en las pruebas anteriores con el Sistema caracterizador de Equipos de Audio, y el resultado es el siguiente:

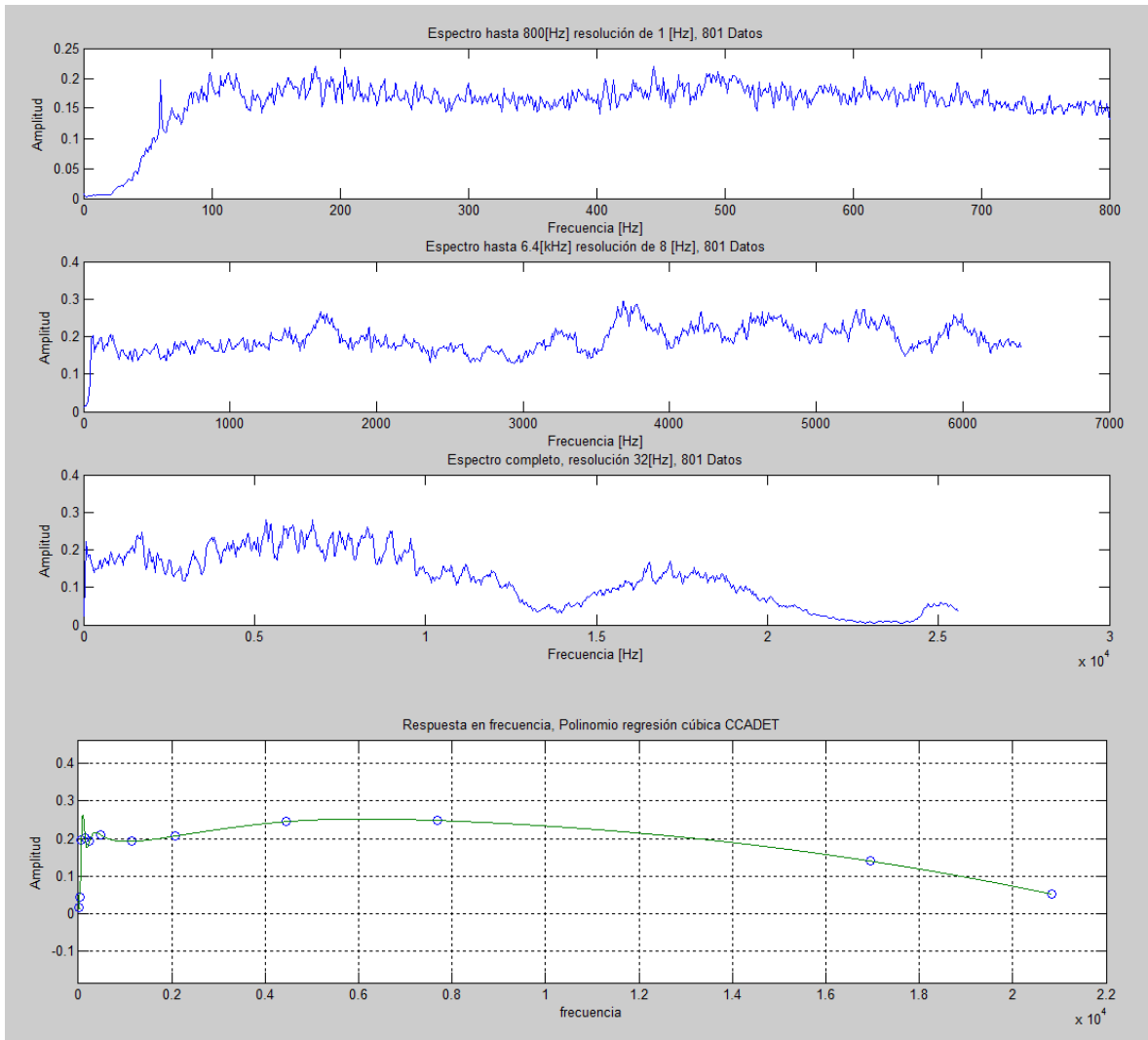


Figura 5.47: Respuesta en frecuencia del micrófono electret del SCEA

Las gráficas de la figura 5.47 muestran como el micrófono electret da una respuesta en frecuencia de 10,000 [Hz], pasando ese valor el micrófono no tiene una respuesta estable.

Con estos datos se pueden observar las diferencias entre las respuestas obtenidas en un cuarto de estudio casero con el Sistema Caracterizador de Equipo de Audio con las pruebas obtenidas en la cámara anecoica de la UNAM – CCADET usando equipo profesional.

1. Bafle Sony

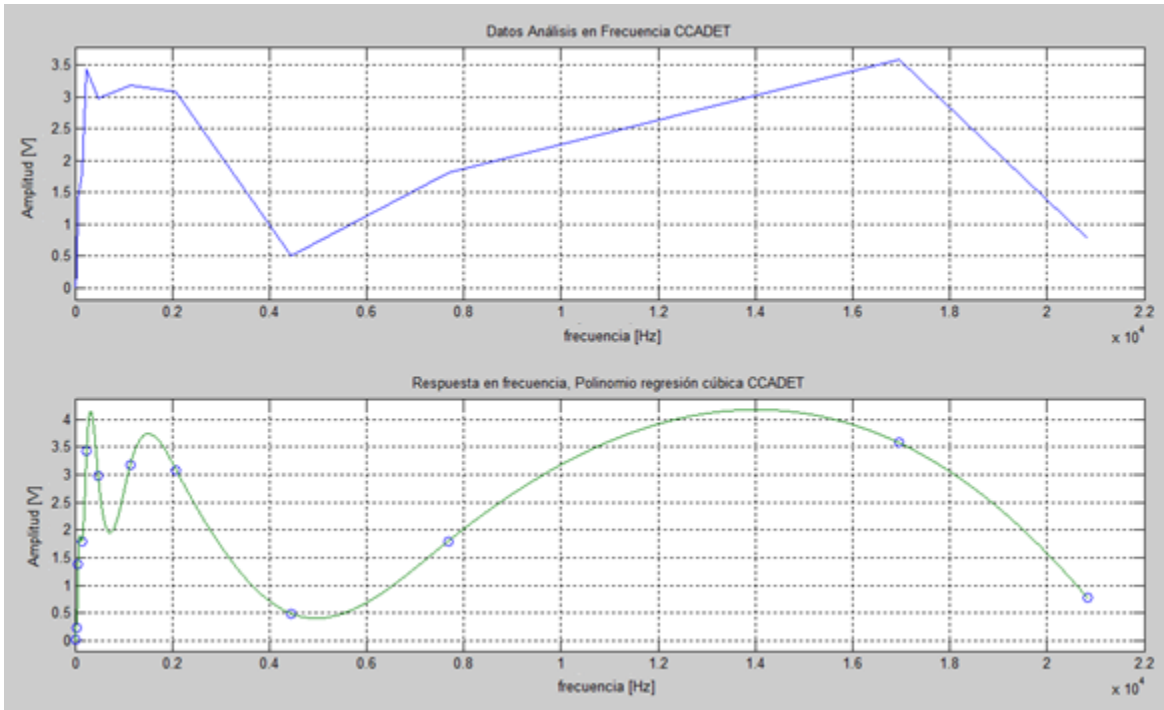


Figura 5.48: Resultados profesionales

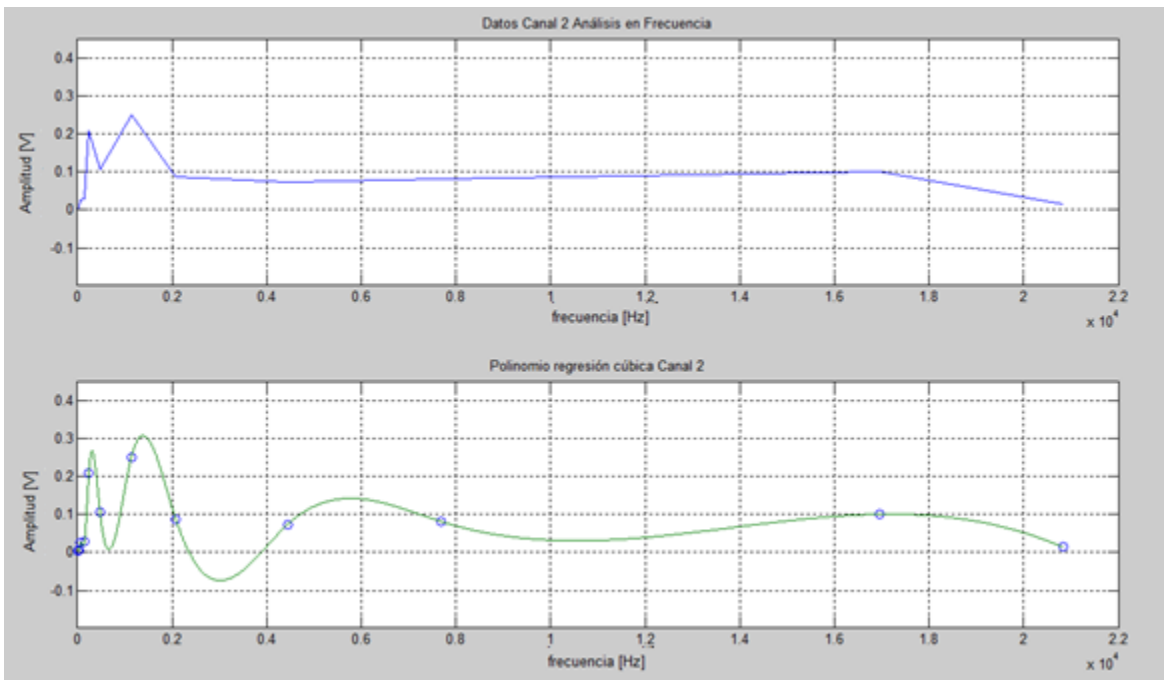


Figura 5.49: Resultados con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio

2. Woofer Sony

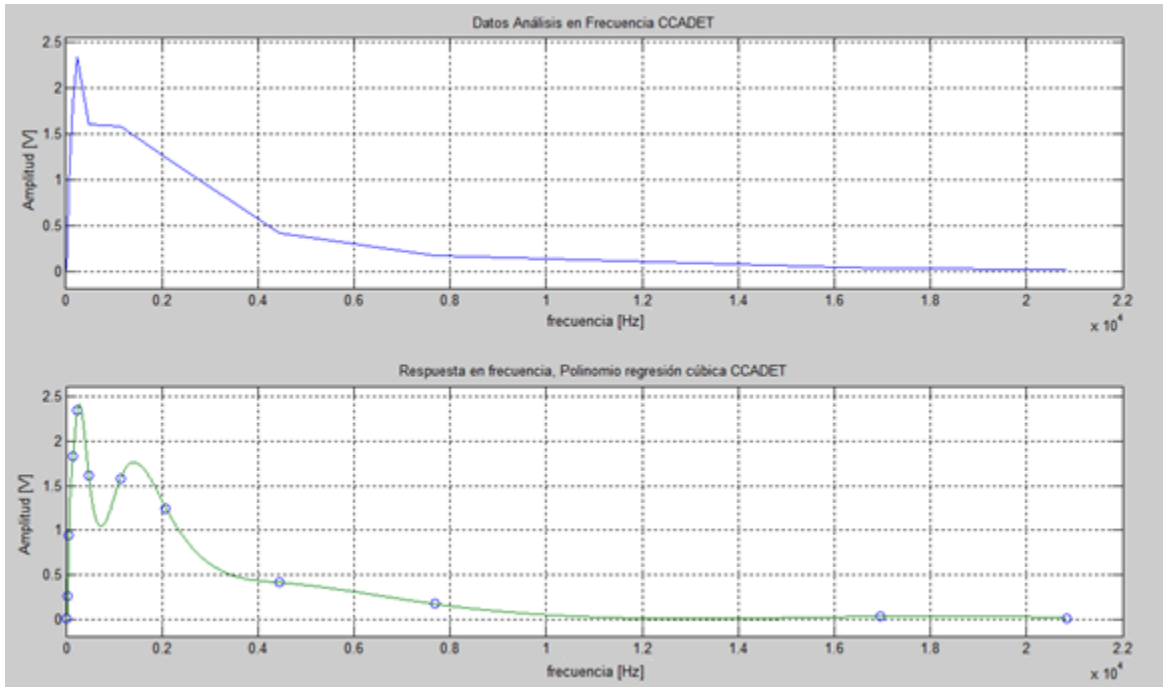


Figura 5.50: Resultados profesionales

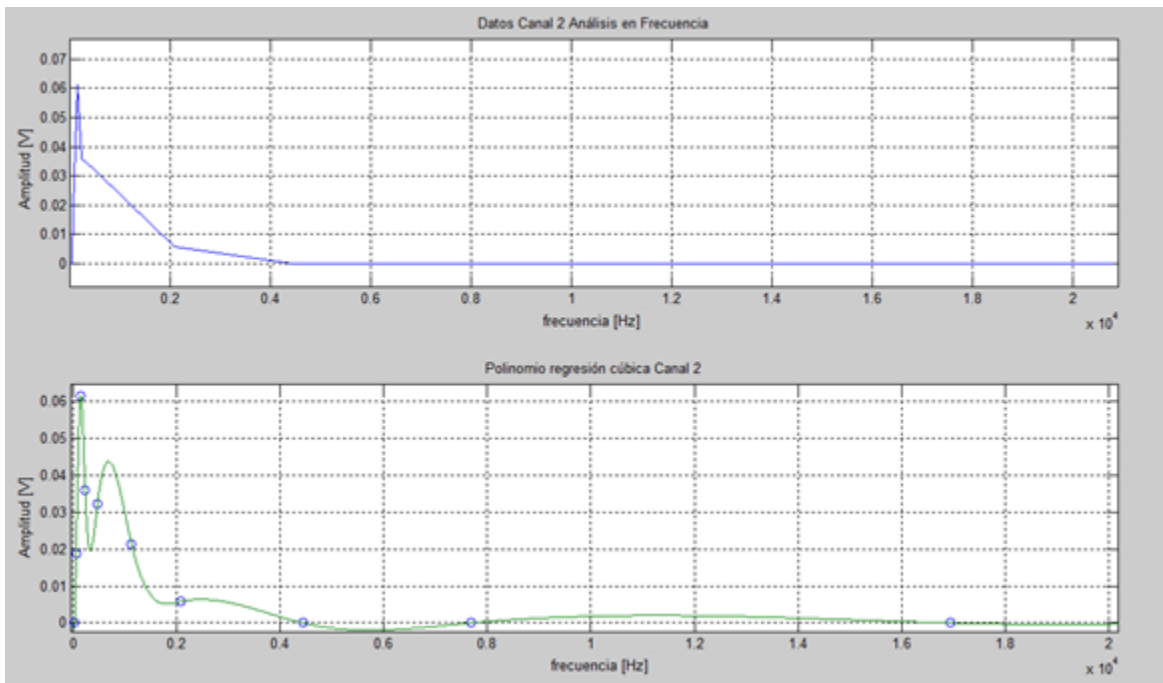


Figura 5.51: Resultados con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio

3. Bafle Panasonic

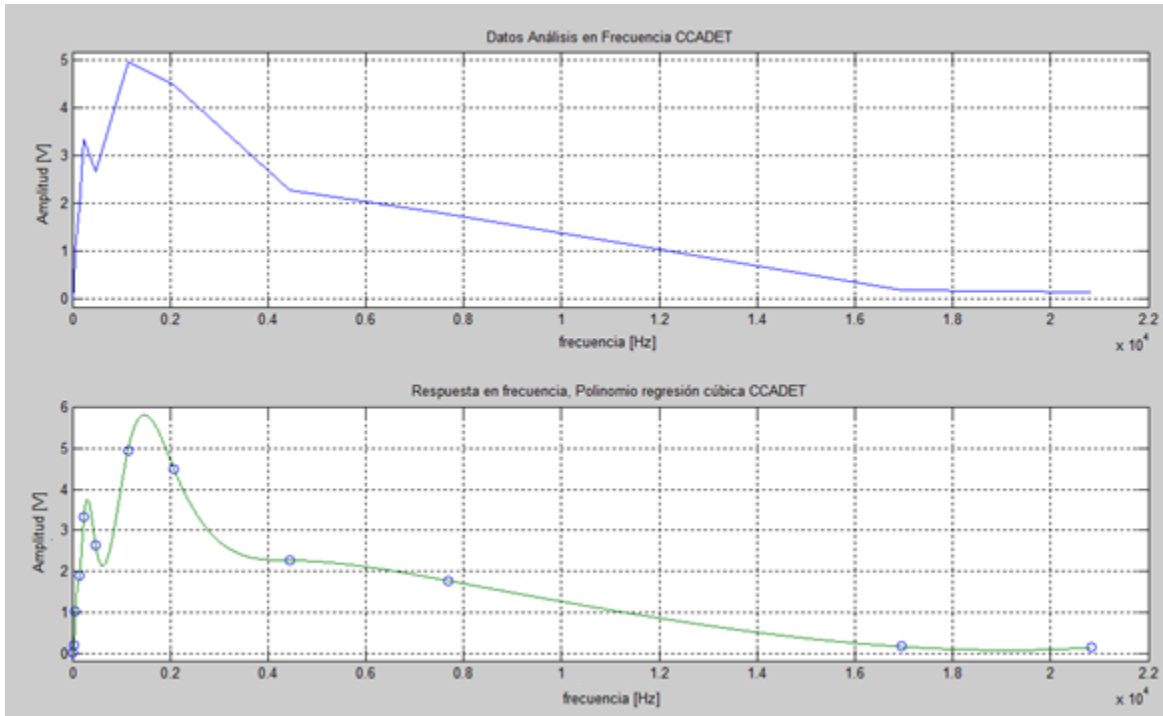


Figura 5.52: Resultados Profesionales.

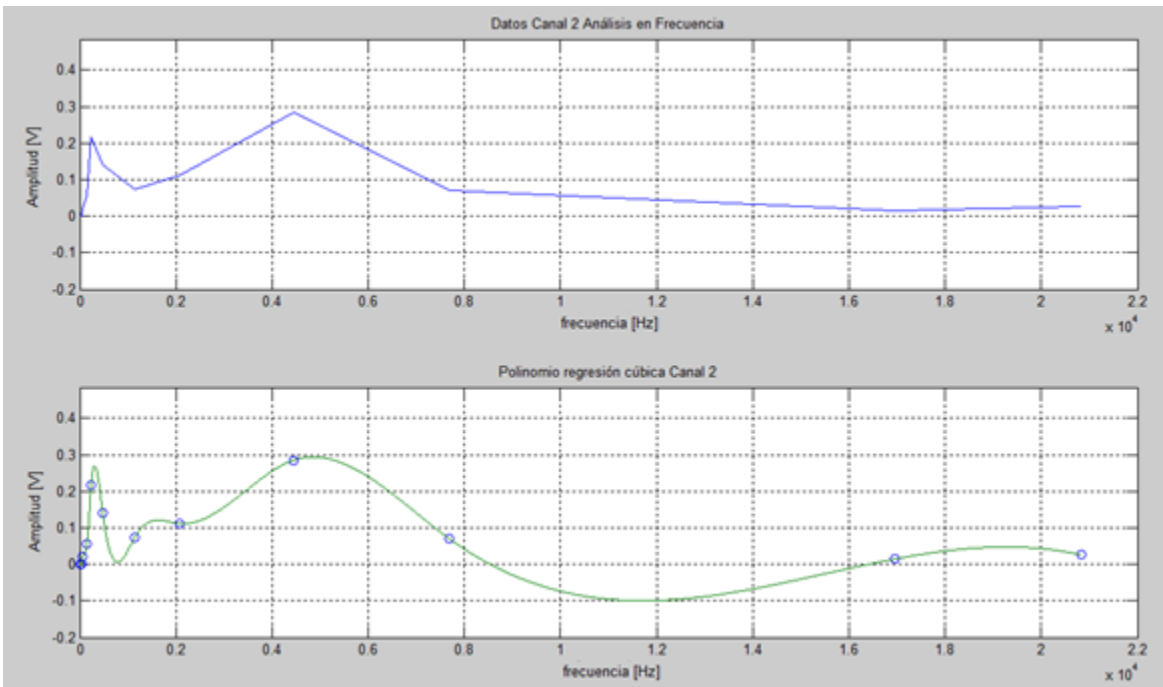


Figura 5.53: Resultados con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio.

4. Bafle AIWA

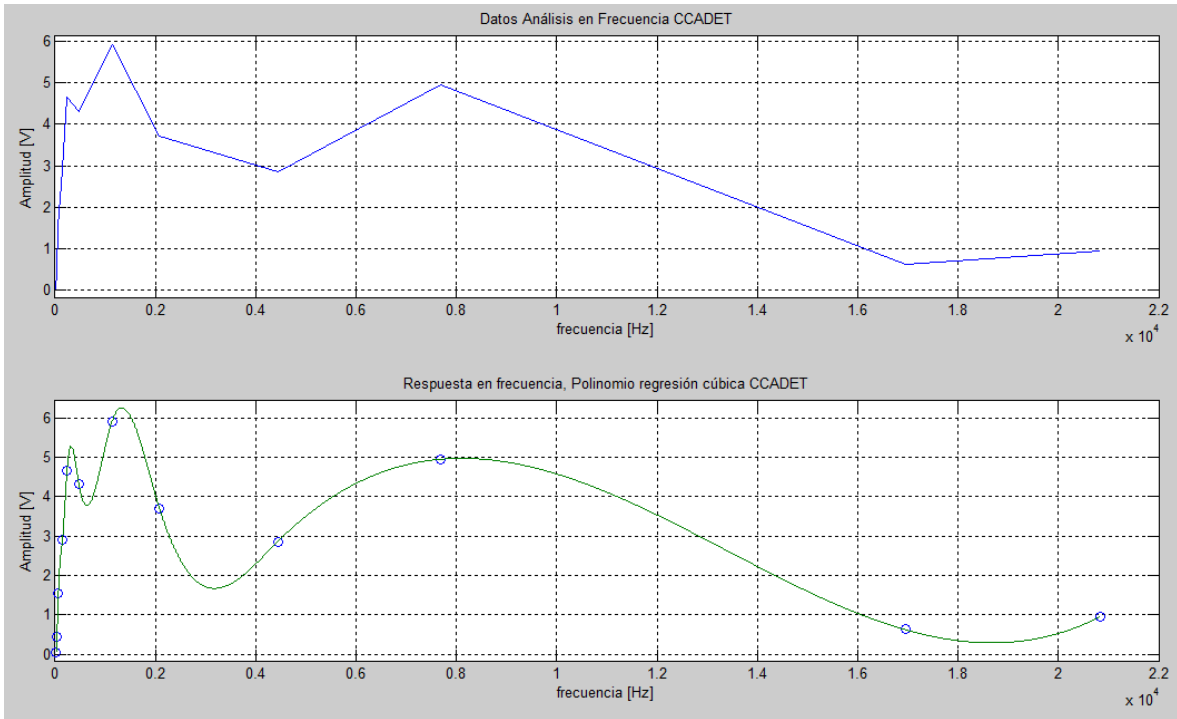


Figura 5.54: Resultados Profesionales

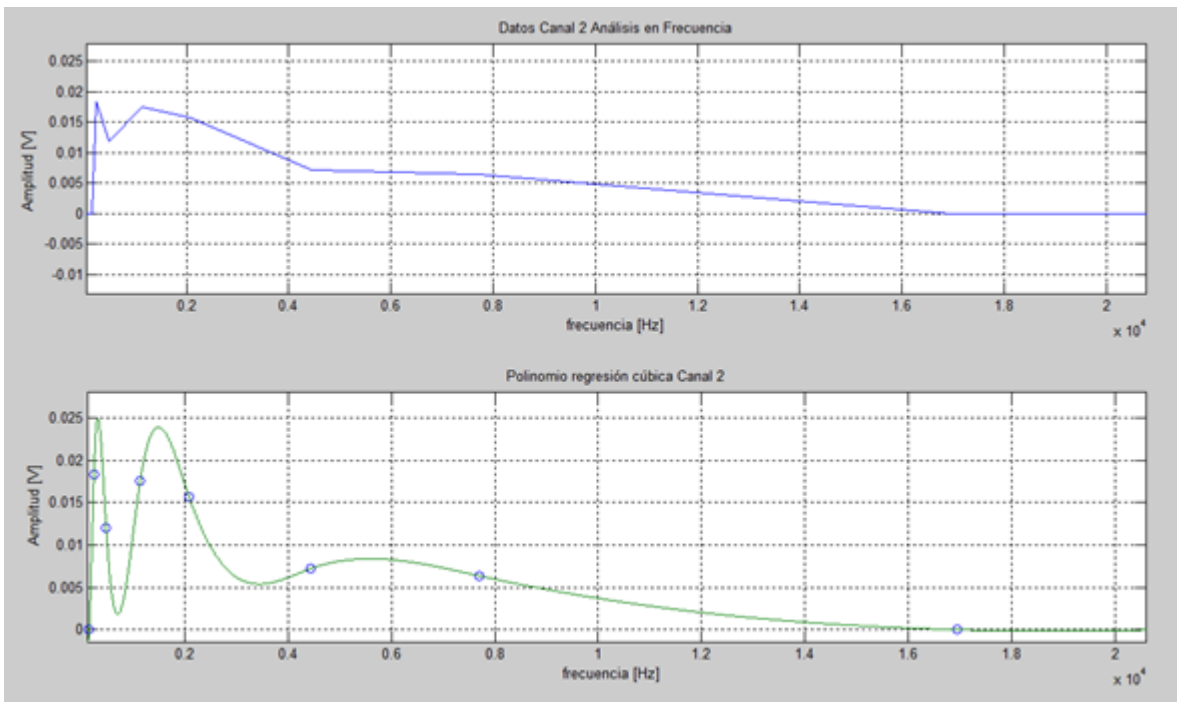


Figura 5.55: Resultados con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio.

5. Bocina Sony Xplod

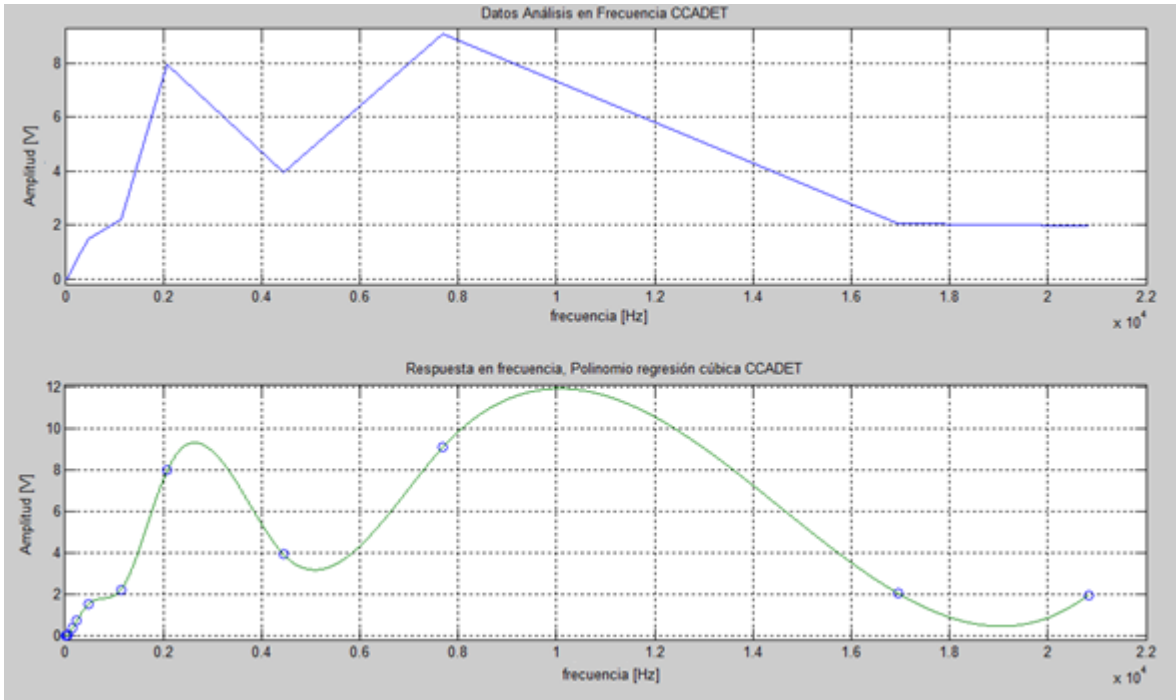


Figura 5.56: Resultados Profesionales.

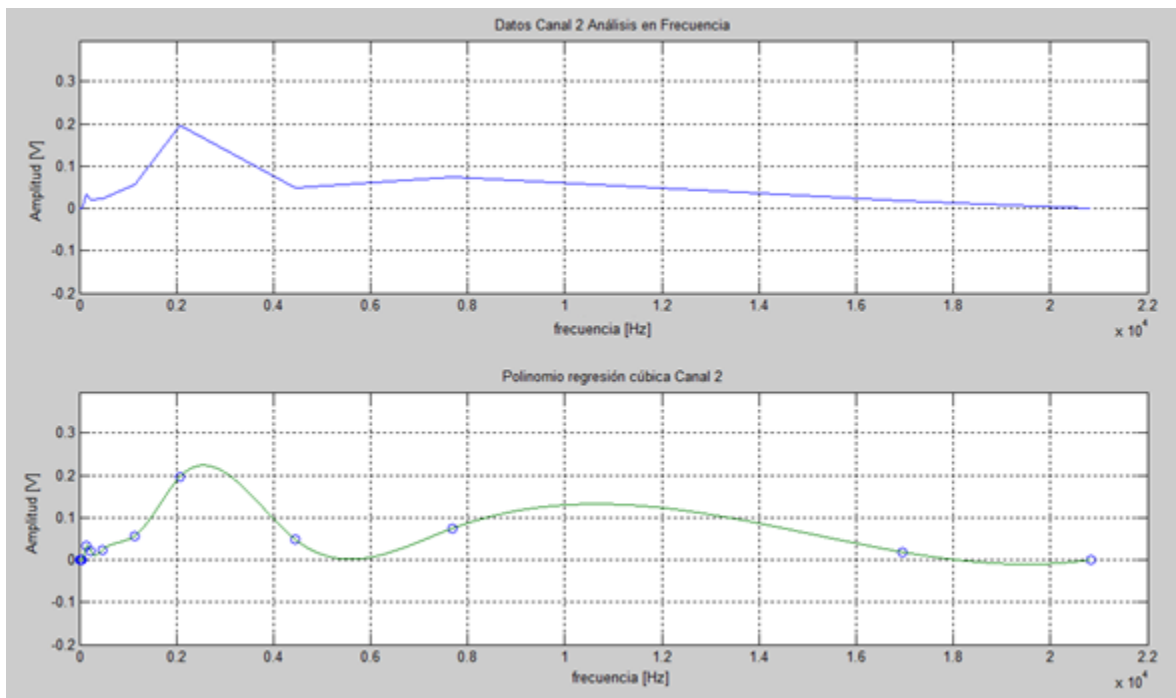


Figura 5.57: Resultados Con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio.

En todos los casos anteriores, las gráficas obtenidas de manera profesional son muy parecidas a las obtenidas con el sistema desarrollado en el área de bajas frecuencias, aproximadamente hasta los 8000 [Hz].

Hay problemas de respuesta en altas frecuencias, pero como se puede observar en todos los casos, las bocinas de equipos de sonido casero, no son capaces de reproducir estas frecuencias, por lo que el sistema funciona muy bien para caracterizar equipos de esta índole.

El programa para obtener los datos del analizador de espectros Brüel &Kjaer, se encuentra en el Apéndice A.

- **5.5 PATRÓN DE INTERFERENCIA EN UN RECINTO A UNA FRECUENCIA**

Siguiendo los pasos indicados en el capítulo anterior para obtener el factor de interferencia en espacios se obtuvo la siguiente respuesta:

Espacio: Recámara con muebles:



Figura 5.58: Colocación de las Bocinas

Las bocinas se colocaron a la misma altura y con una separación de 2 metros entre ellas.

El cuarto es de 4 x 3.6 metros y se caracterizó un área central (posibles puntos de audición) de 2.64 [m] x 2.31[m] dividida en 56 puntos de prueba, cada uno distanciado entre sí por 33[cm].

Los datos se introdujeron a un programa diseñado en MATLAB, Apéndice A. El resultado es el siguiente:

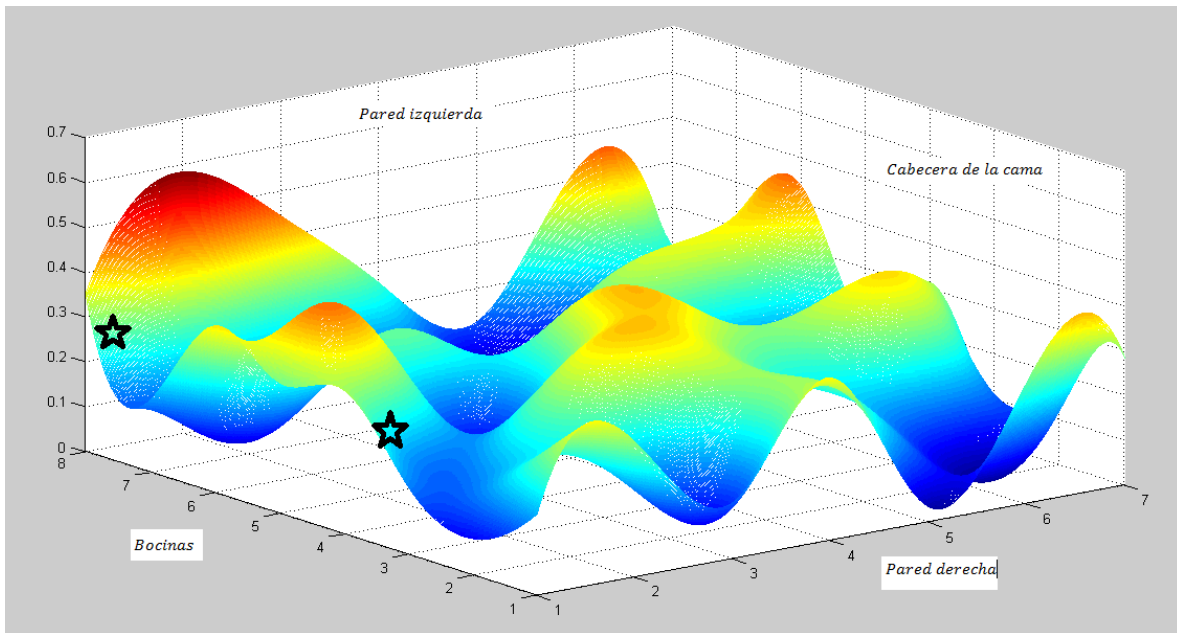


Figura 5.59: Mapa de interferencia acústica de habitación con muebles (pruebas con señal a 1kHz)

La figura 5.59 muestra el patrón de interferencia de una habitación con muebles. Las zonas azules indican la presencia de interferencia destructiva, y las zonas en rojo representan las zonas con interferencia constructiva.

Con esta prueba se demuestra que si se puede caracterizar un espacio con el Sistema Caracterizador de Equipos de Audio, sin necesidad de un equipo costoso.

En la figura 5.59 se aprecia que hay periodicidad aparente en la presencia de nodos con interferencia, lo cual da pie a hacer una extrapolación de nodos. Esto puede pensarse para espacios vacíos, pero con espacios llenos de cuerpos que absorban o reboten el sonido, esta consideración podría no ser confiable.