

Práctica 2 Análisis de Señales

Ignacio Amat Hernández *

March 5, 2020

1 Ejercicio 1 Fast Fourier Transform vs Periodograma (Welch)

Primero dibujamos la *Fast Fourier Transform* de la señal:

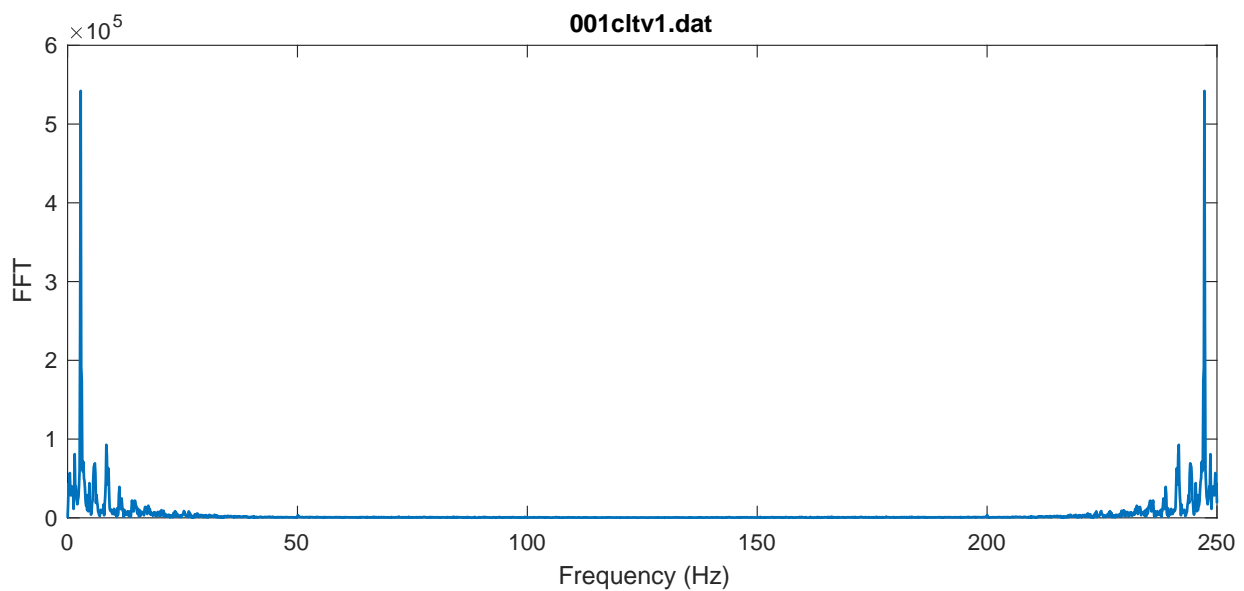


Fig. 1: *Fast Fourier Transform* del paciente 001cltv1.

*Grado en Ingeniería Biomédica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Valencia, España.

1.1 ¿Cuál es la frecuencia del pico principal?

Ahora dibujamos en detalle los primeros $20Hz$, marcamos en rojo los picos y la escribimos la frecuencia a la que ocurren.

$$f_{PP} = 2.85Hz \quad (1)$$

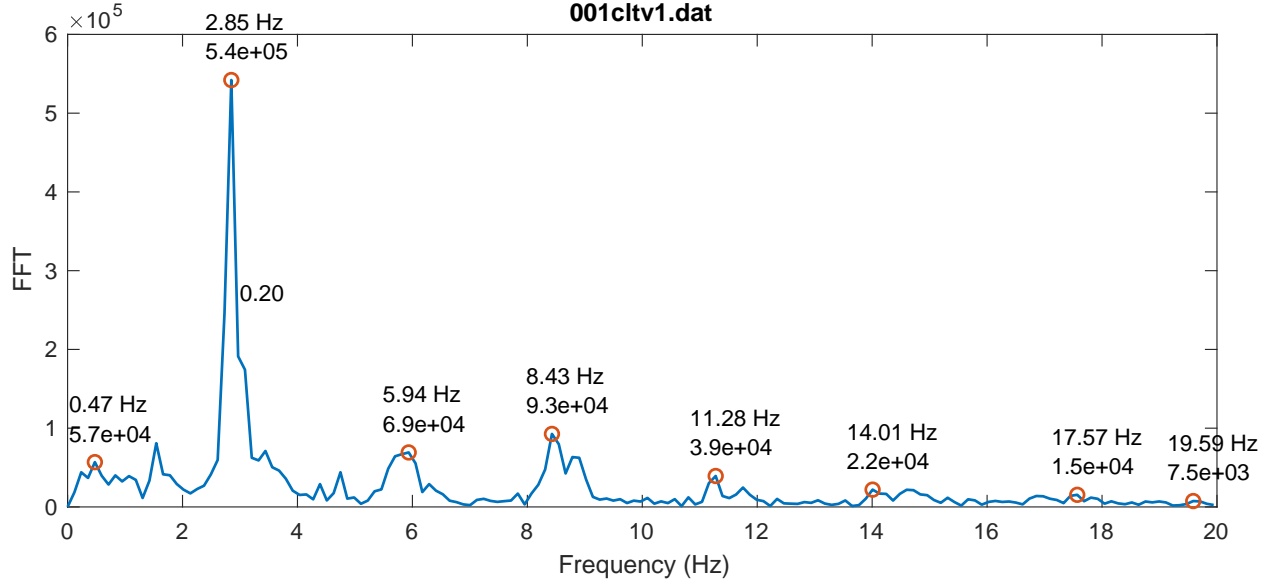


Fig. 2: Detalle de los primeros $20Hz$ de la *FFT*.

1.2 ¿Cuál es el ancho del pico principal?

Calculamos los picos y las anchuras con la función `findpeaks` de MATLAB. El pico principal tiene una anchura a media altura (*FWHM*) de $0.2Hz$ como se muestra en la **Fig. 2**.

$$FWHM = 0.20Hz \quad (2)$$

1.3 ¿Tiene armónicos? ¿Cuántos? ¿Cómo es la amplitud de los armónicos con respecto al pico principal?

Para investigar los armónicos primero tomamos el vector con las frecuencias a las que ocurren los picos de la **Fig. 2** y dividimos cada entrada por el valor del segundo pico (el pico principal). Obtenemos estos resultados:

Picos	1	2	3	4	5	6	7	8
Frecuencias	0.47	2.85	5.94	8.43	11.28	14.01	17.57	19.59
Normalizadas	0.17	1.00	2.08	2.96	3.96	4.92	6.17	6.88
Redondeadas	0	1	2	3	4	5	6	7

Table 1: Frecuencias de los picos.

En la **Tbl. 1** vemos que cuando redondeamos las frecuencias normalizadas al pico principal obtenemos una secuencia perfecta de números del 1 al 7; esto indica que los picos se corresponden con los armónicos del segundo pico. Encontramos que el pico 2 tiene 6 armónicos superiores en los primeros 20Hz de señal, es de esperar que tenga más, pero su amplitud es demasiado pequeña para poder ser detectados. Las amplitudes se muestran en al **Fig. 2**.

1.4 ¿Cuál es la resolución en frecuencia, es decir, el paso entre un punto y otro?

La resolución en frecuencia indica a partir de qué frecuencia vamos a ver la señal, y también cada cuánto se van a tomar las muestras. La resolución en frecuencia viene dada por el cociente entre la frecuencia de muestreo y el número de puntos de la transformada de Fourier, en este caso:

$$f_r = \frac{250Hz}{2107} = 0.118652Hz \quad (3)$$

1.5 ¿De qué depende la resolución en frecuencia? ¿Qué se podría hacer para aumentar el número de puntos, y así aumentar la resolución?

Vemos que la resolución en frecuencia depende del tramo que escojamos para el análisis y del envenenado, ya que son las frecuencias que dan más señal. Si aumentamos el intervalo de muestras o reducimos la frecuencia de muestreo, la resolución mejora. Si es un tramo demasiado pequeño no la veremos correctamente, y si es demasiado grande tampoco. La resolución de compromiso, para estos casos en particular, unos 8 seg puede ser óptimo (aunque también se pueden escoger tramos de 4, 16 segundos...).

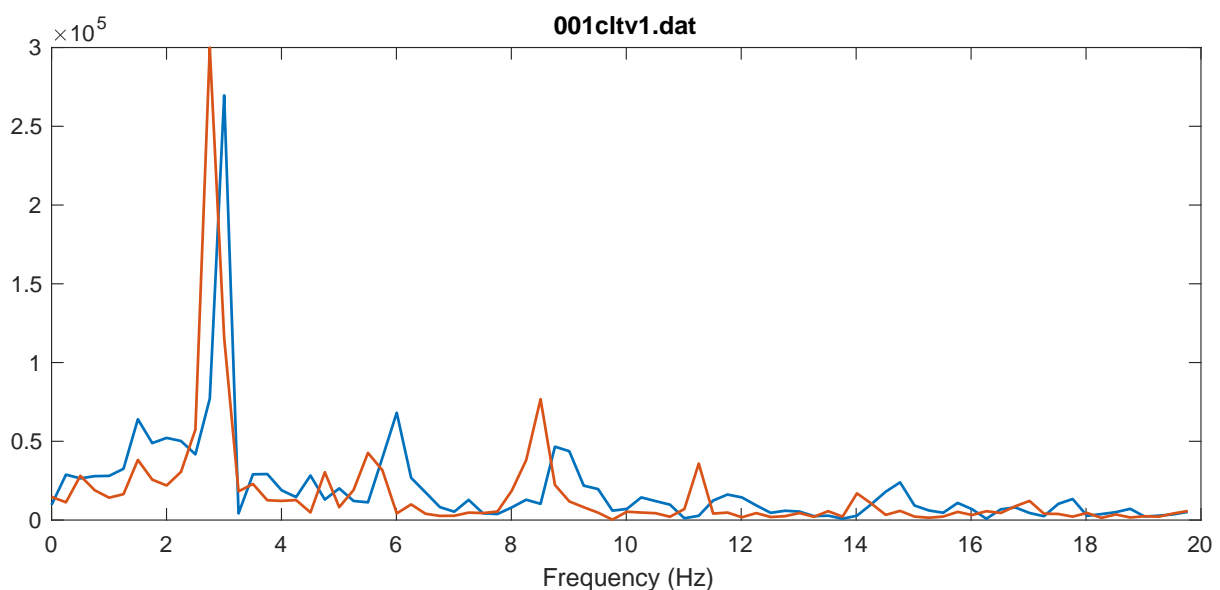


Fig. 3: Variabilidad del espectro *FFT*.

1.6 Calcule la densidad espectral de potencia

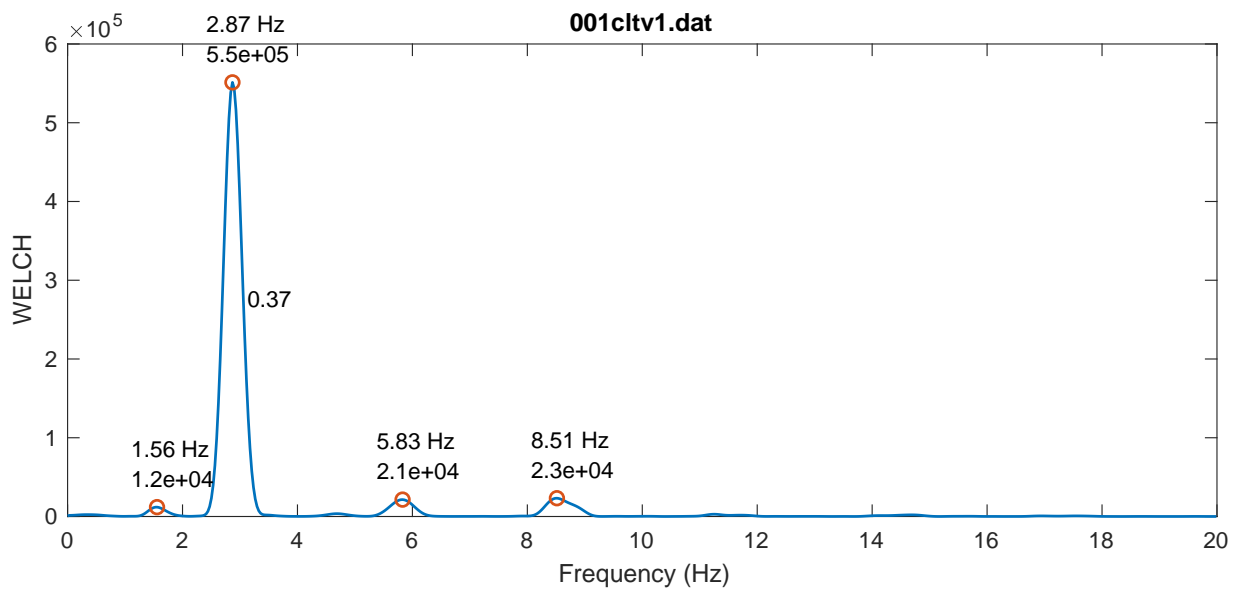


Fig. 4: Periodograma de *Welch*.

1.7 ¿Sobre cuántos tramos se realiza el promediado?

La señal entera tiene 2107 muestras y nosotros usamos una ventana de $4 \text{ secs} * f_s = 1000$ muestras con un solape de 500 muestras. El promedio se realizará sobre tres tramos.

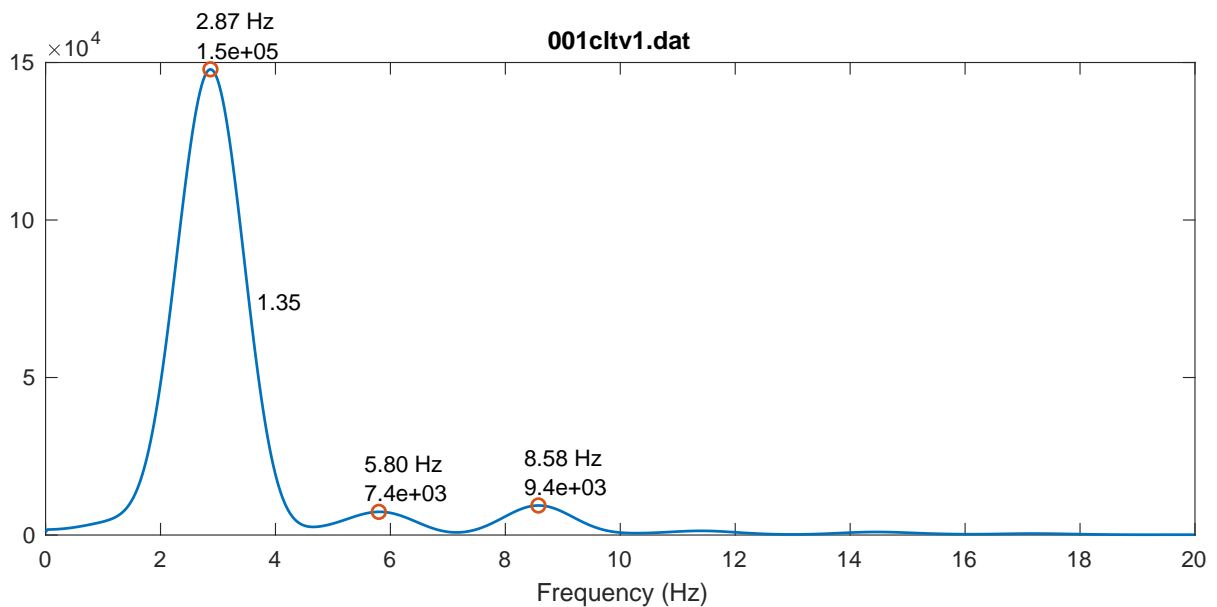


Fig. 5: Periodograma de *Welch*.

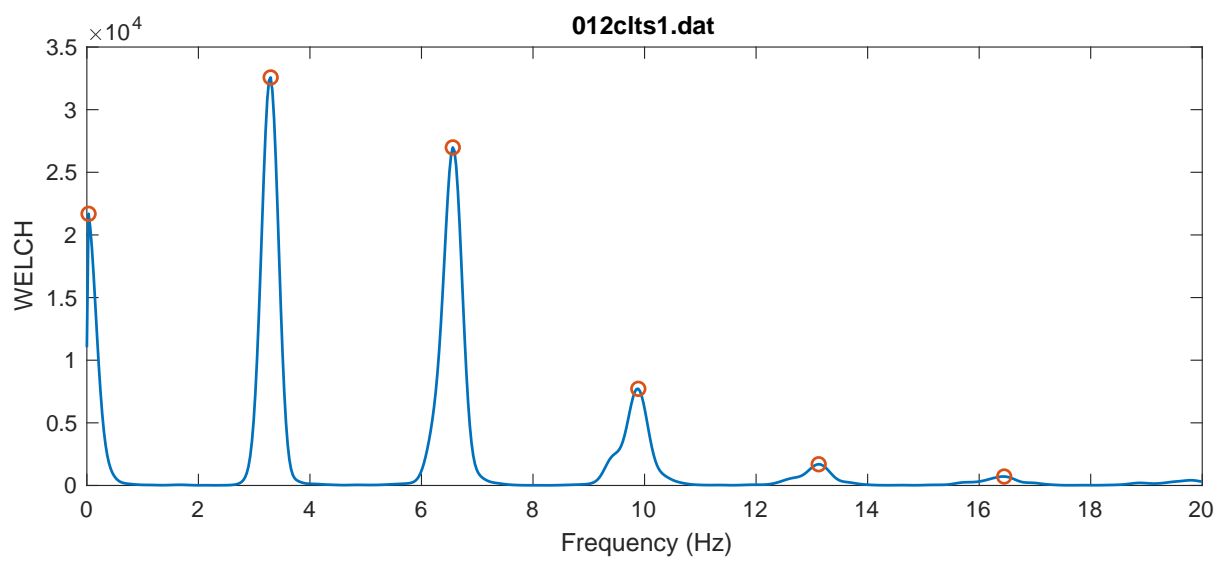
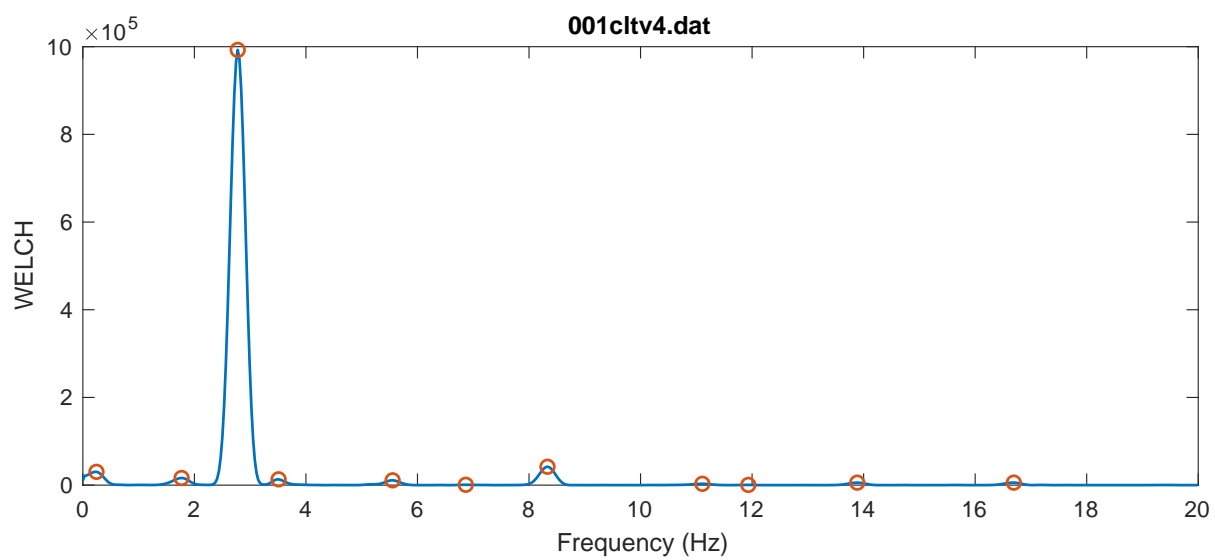
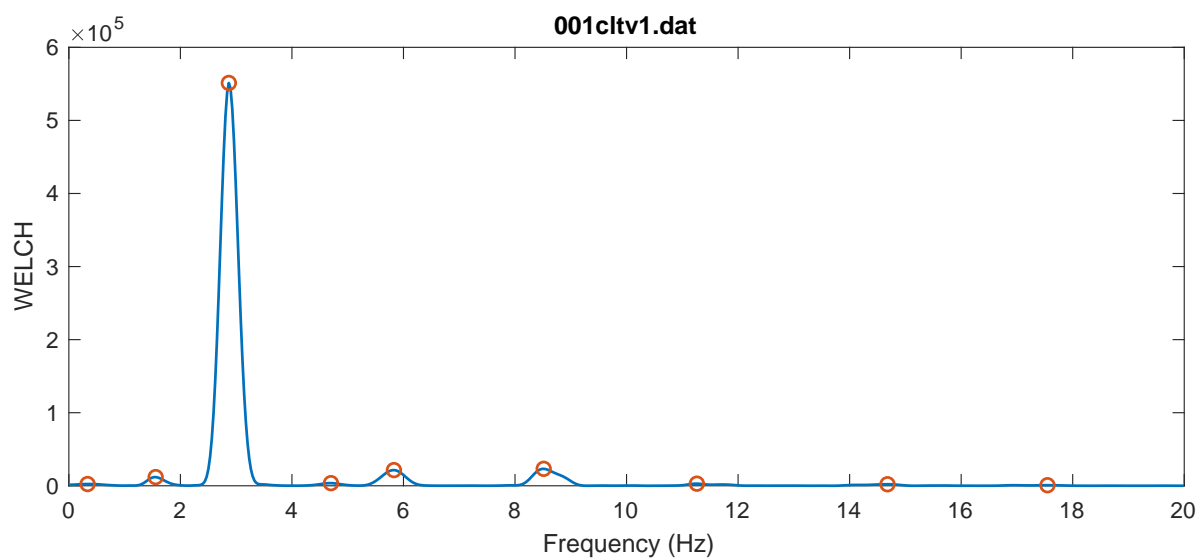
1.8 ¿Cómo cambia el ancho del pulso? ¿Por qué?

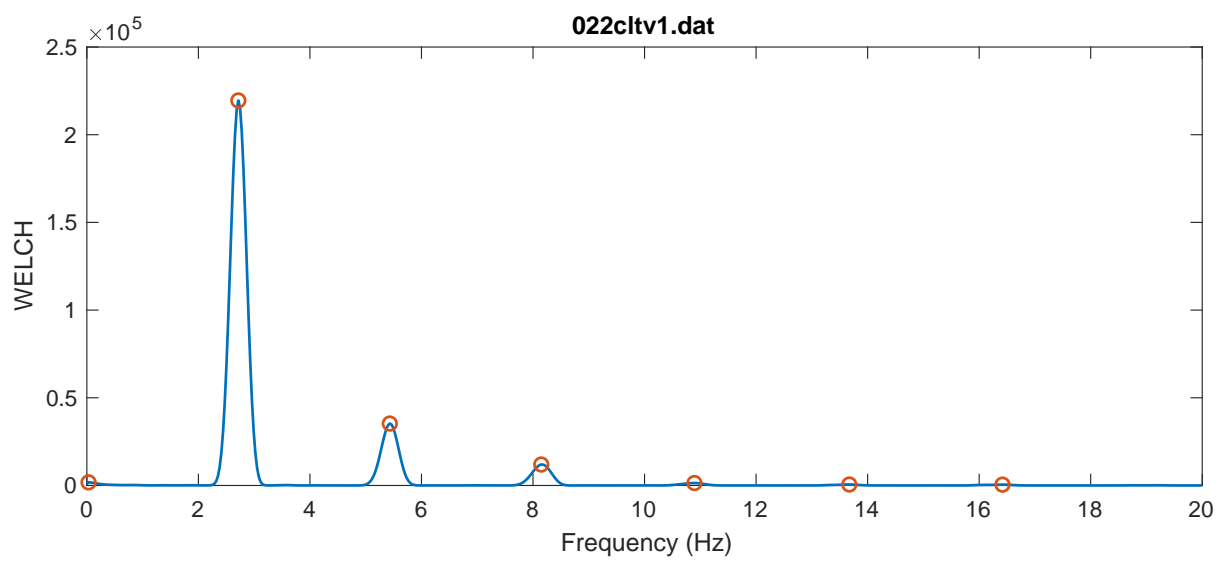
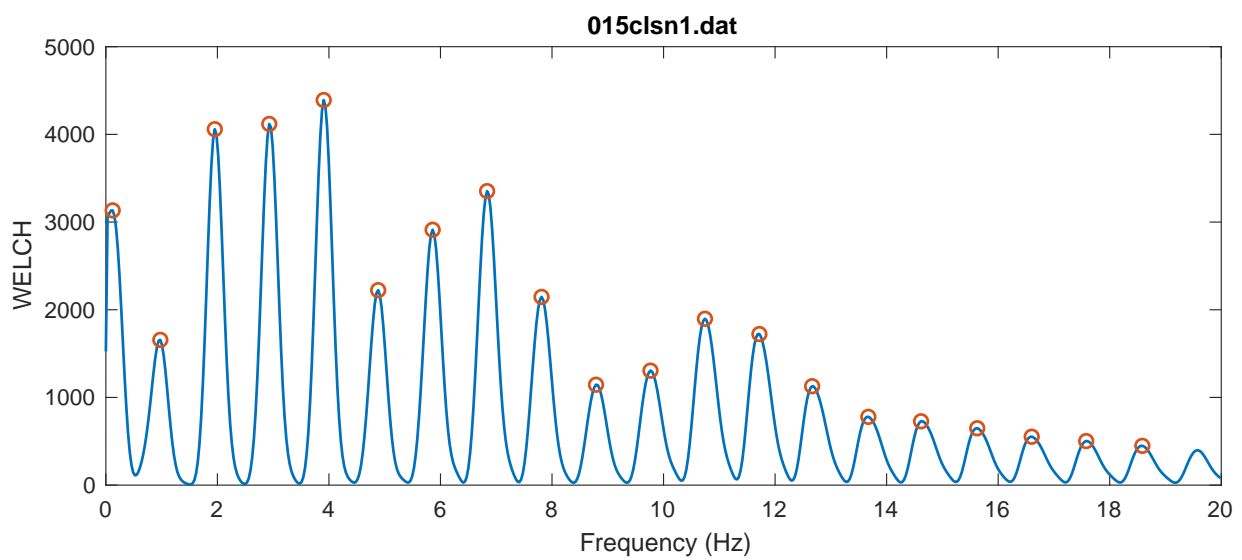
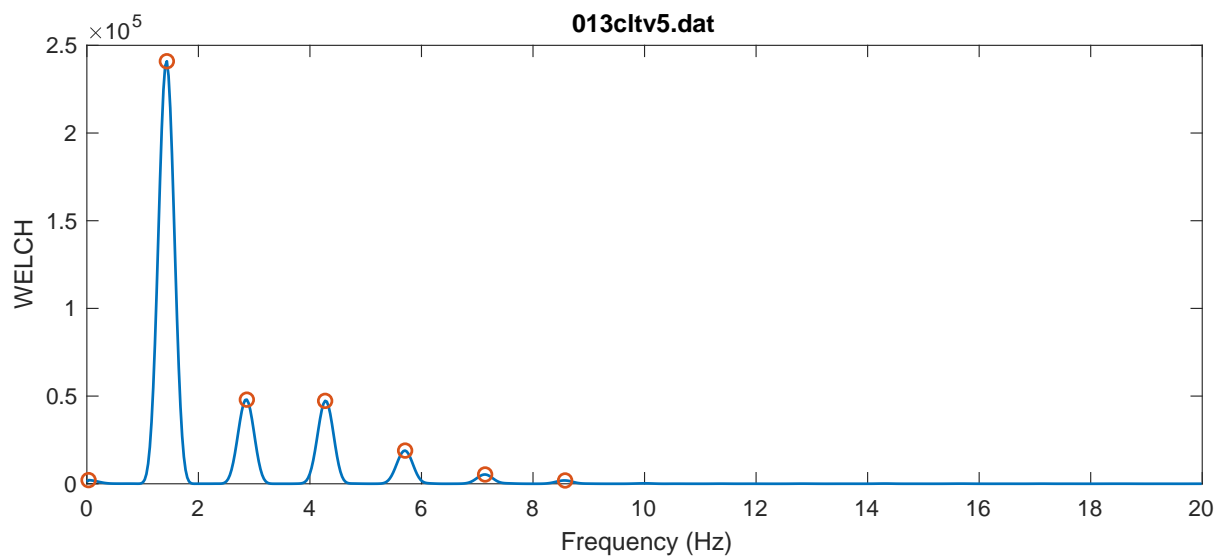
La densidad espectral de potencia (PSD) se define como la variación de energía que hay dentro de una señal vibratoria, en función de la frecuencia por unidad de masa. Es decir, muestra para cada frecuencia si la energía presente es mayor o menor.

El periodograma es un estimador de la densidad espectral de potencia que permite realizar un suavizado del espectro. Con ello obtenemos una señal más estética pero perdemos resolución. Podemos además escoger ventanas y realizar solapes entre ellas y así obtener un mayor suavizado. Se selecciona un segmento, se reduce el tamaño de las ventanas, se promedia. Además podemos escoger el solape que nos convenga.

1.9 ¿Qué espectro es más fiable?

El espectro proporcionado por el periodograma de *Welch* es menos fiable que el proporcionado por la transformada de *Fourier*, esto es debido a que el periodograma suaviza la señal. Este suavizado inherente a la técnica implica perder parte de la información.





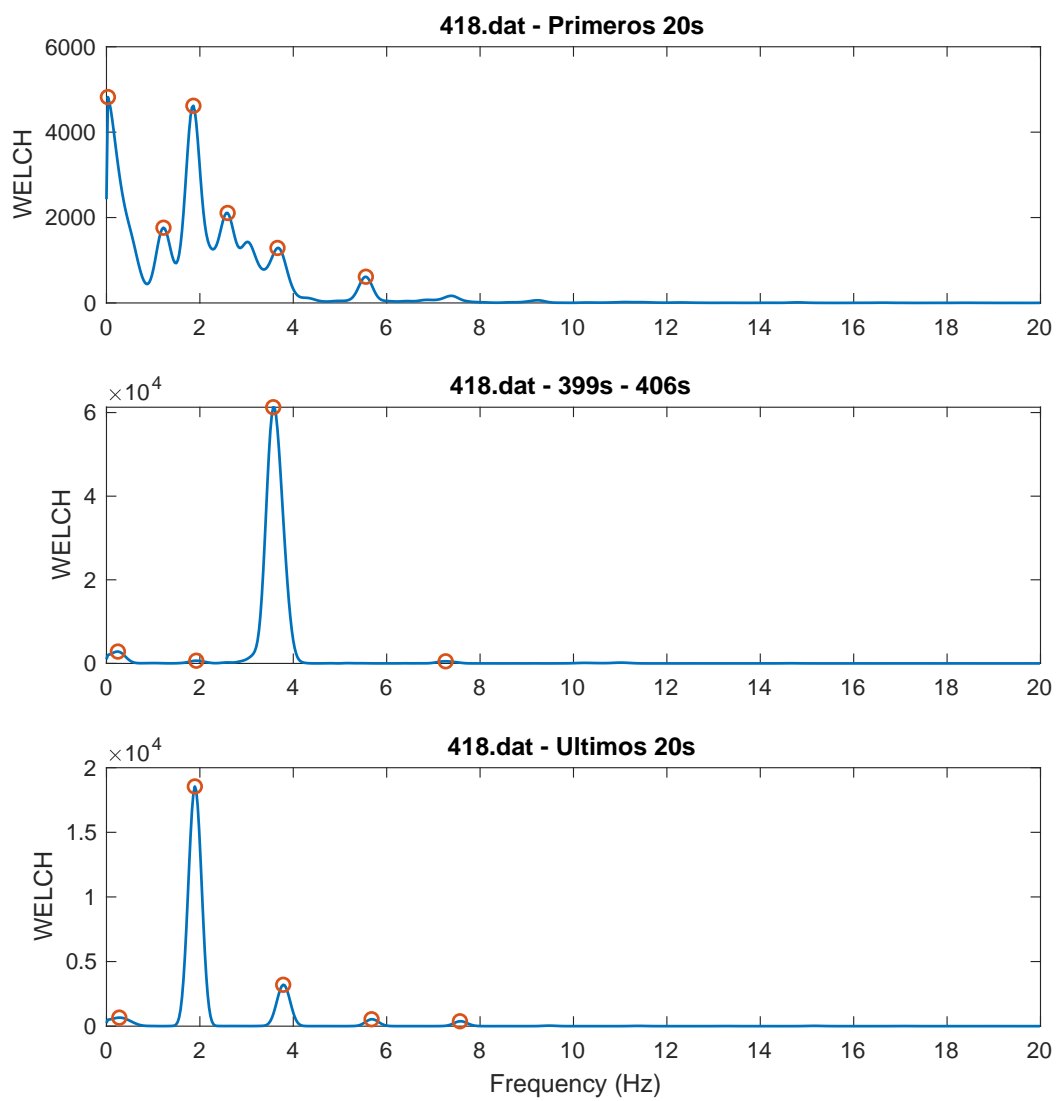


Fig. 6: Registro 418.

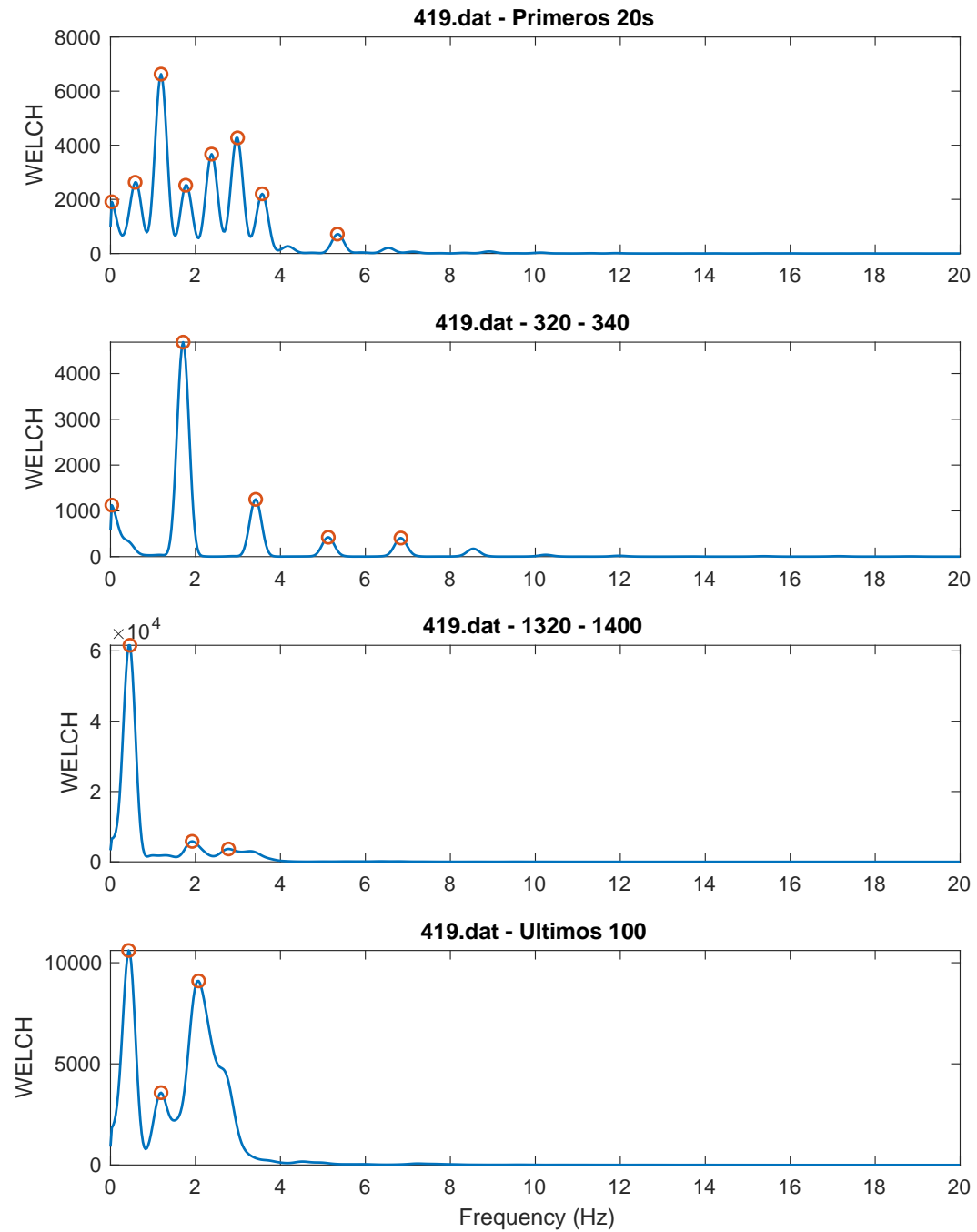


Fig. 7: Registro 419.

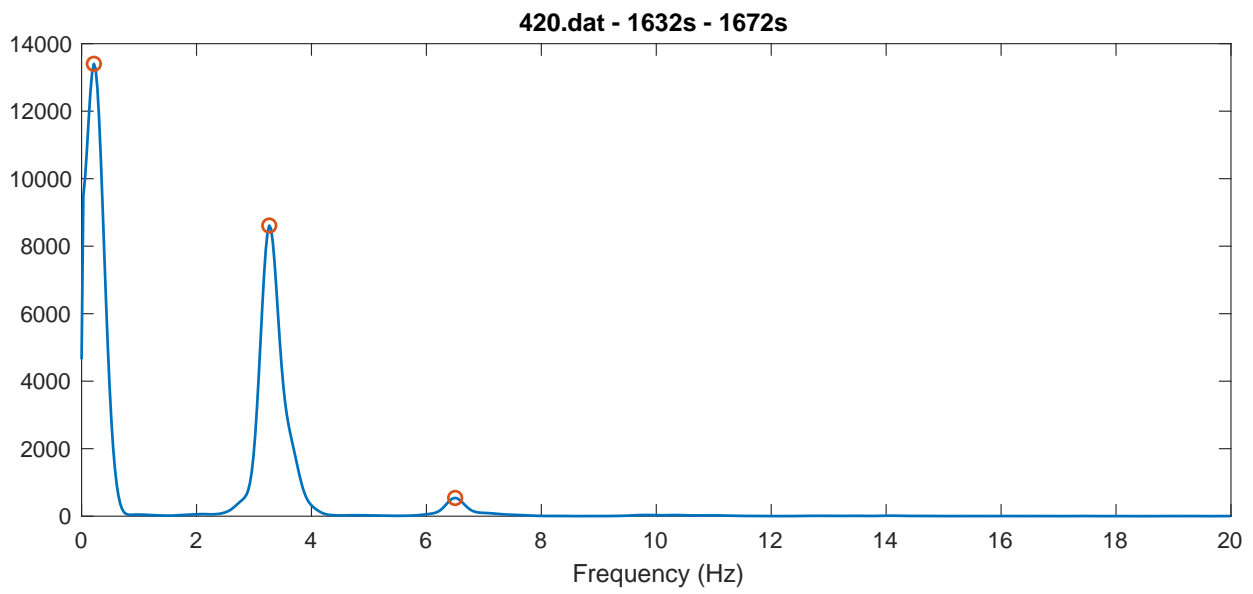


Fig. 8: Registro 420.

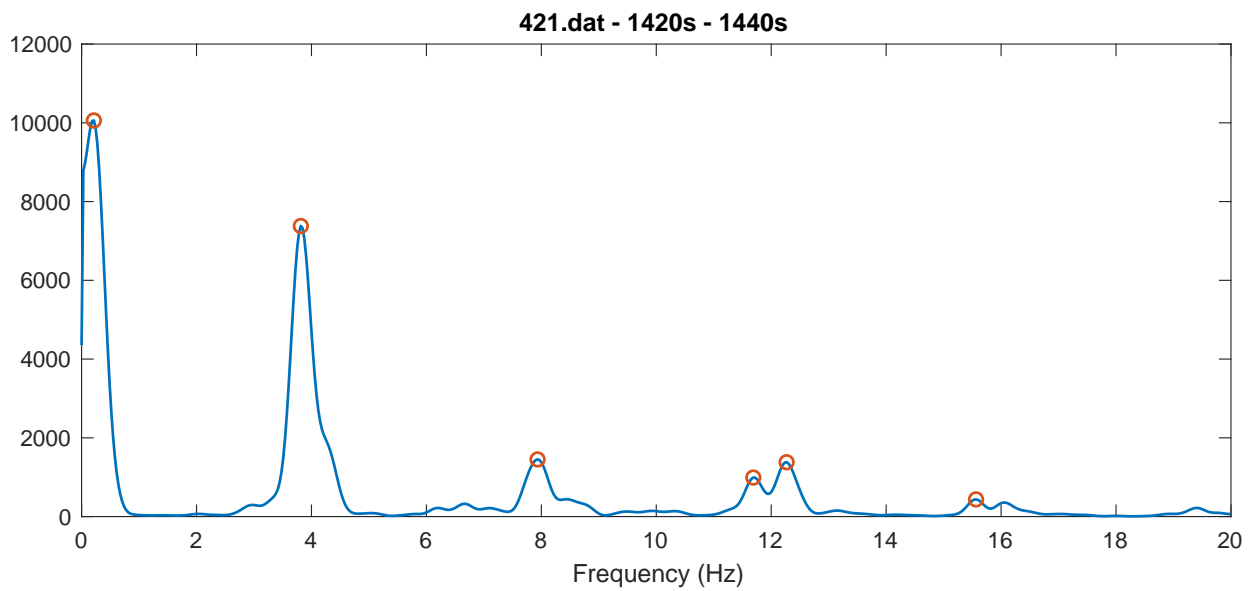


Fig. 9: Registro 421.

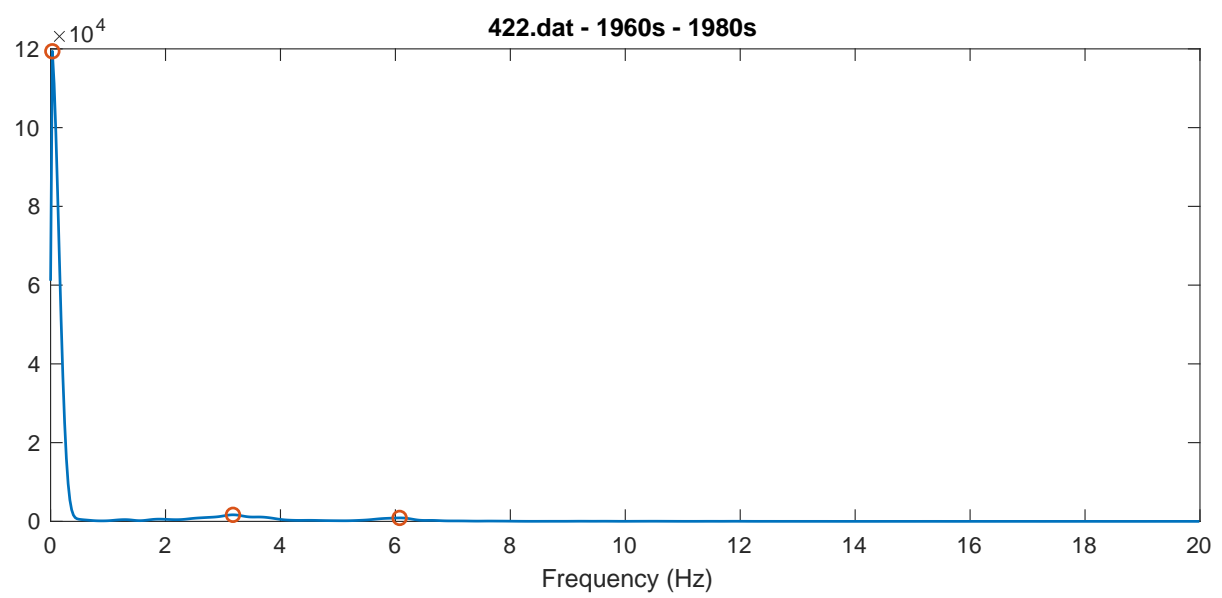


Fig. 10: Registro 422.

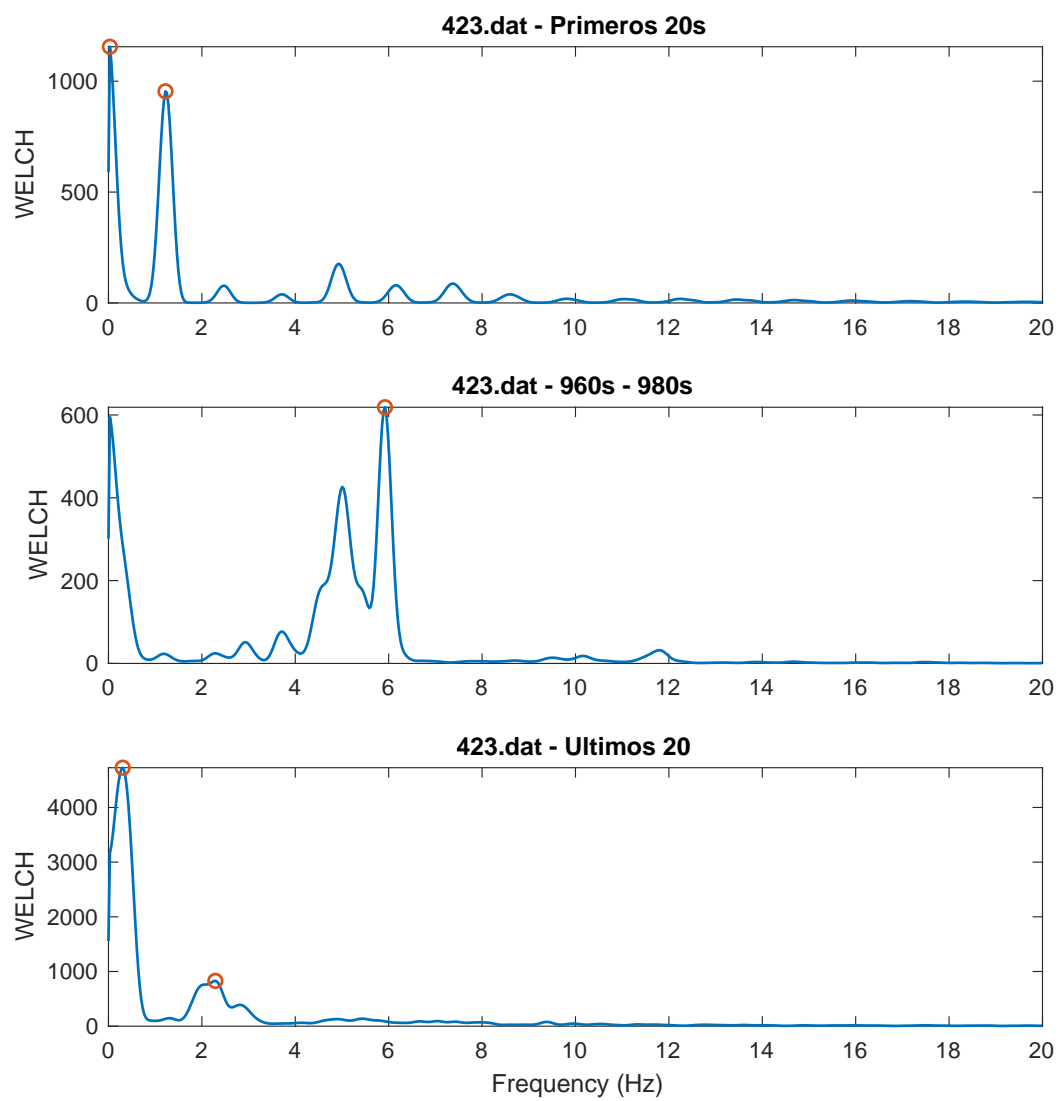


Fig. 11: Registro 423.

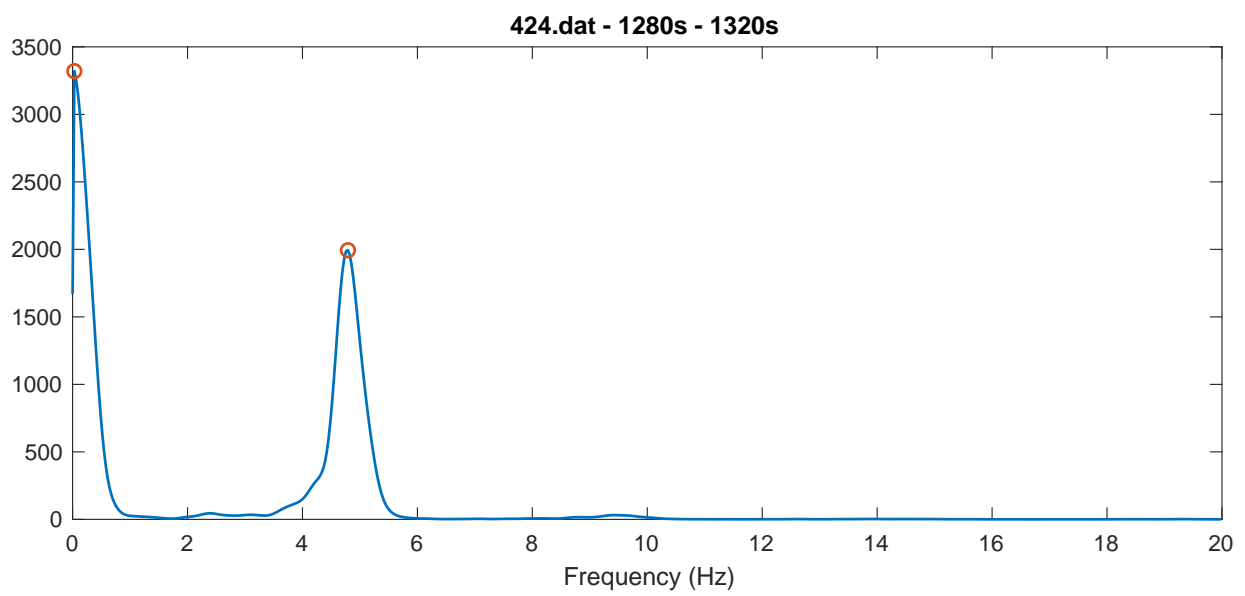


Fig. 12: Registro 424.

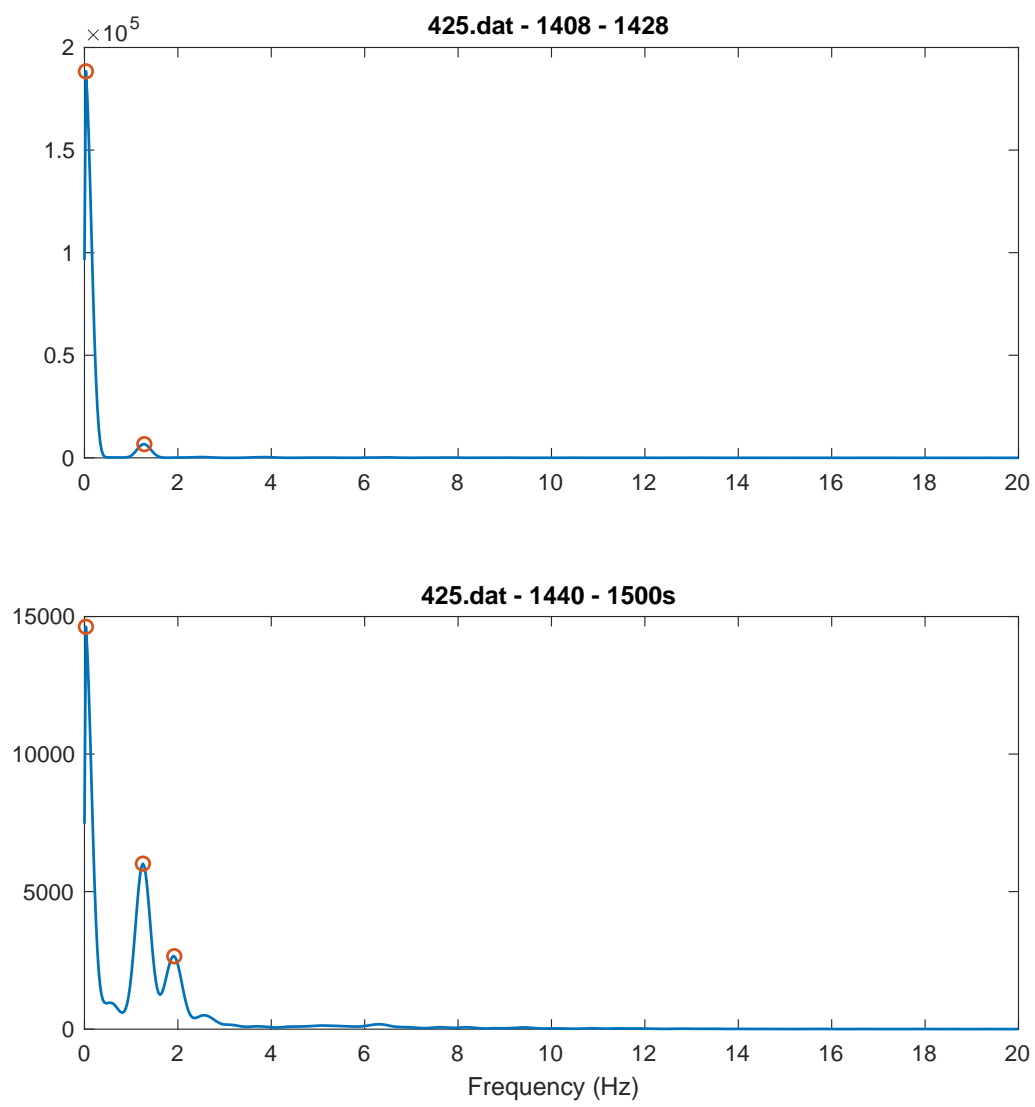


Fig. 13: Registro 425.

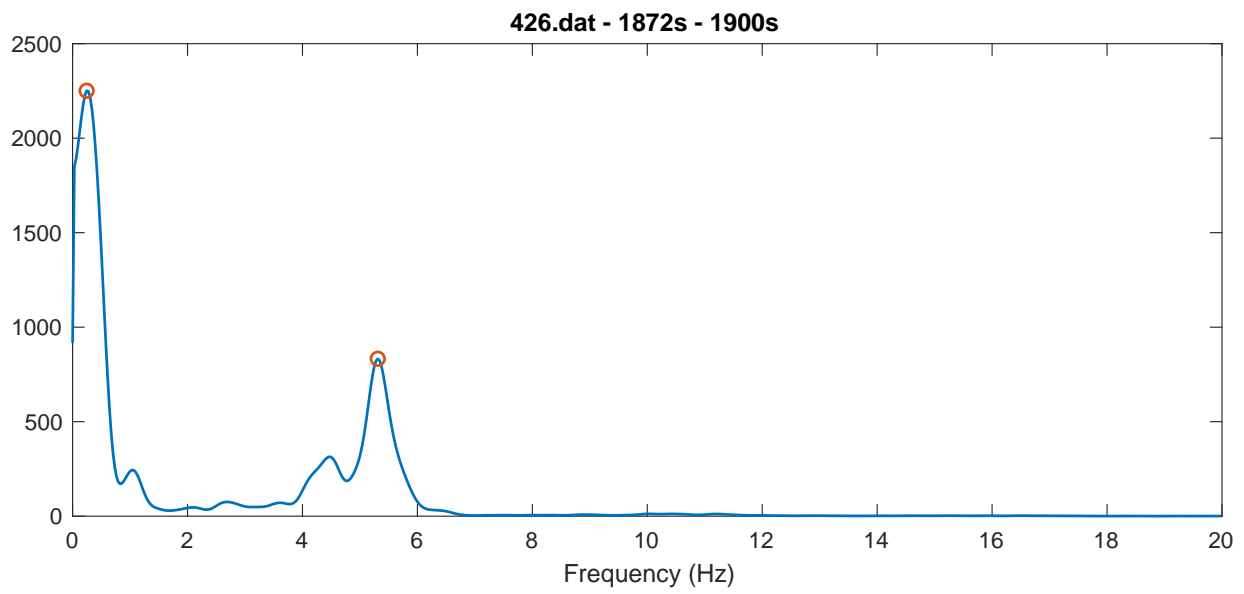


Fig. 14: Registro 426.

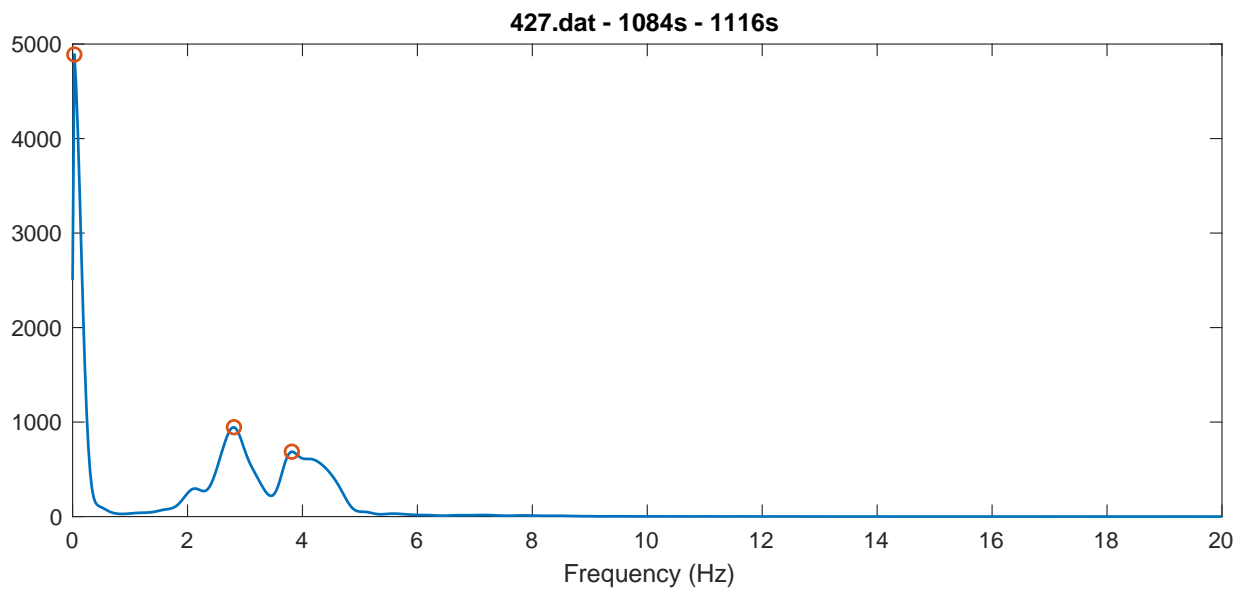


Fig. 15: Registro 427.