

# Práctica 1

## Televisión y radiodifusión

Marcos González Díaz  
uo246499@uniovi.es

Eduardo Sánchez Muñoz  
uo245385@uniovi.es

Octubre 2017

### Parte 1: Determinación empírica de la respuesta del oído

#### Respuesta en frecuencia del oído

##### Experimento

Se parte generando y escuchando un tono a 50  $Hz$ . Manteniendo la amplitud constante, se va aumentando la frecuencia hasta que deje de oírse. A continuación, se generan tonos a diferentes frecuencias y para cada una de ellas se va aumentando la amplitud hasta que se pueda escuchar. Se ha realizado el experimento a 0,5, 1, 3, 5, 7 y 10  $kHz$ .

##### Conclusiones

El tono a 50  $Hz$  se puede escuchar, aunque debido a la baja frecuencia, se percibe más como un temblor que como un tono. Aumentando la frecuencia, el tono se deja de percibir a los 17  $kHz$ . Esto se corresponde con los resultados esperados, dado que el límite de audición humano ronda los 20  $kHz$  y va disminuyendo con la edad.

En la figura 1 se muestra el umbral de audición medido en función de la frecuencia. Dicho umbral se ha normalizado a un máximo de 0  $dB$ . A partir de los 3  $kHz$  se mantiene constante, aunque cabría esperar que volviera a subir. Esta diferencia se puede deber a la respuesta en frecuencia de la tarjeta de sonido y de los auriculares.

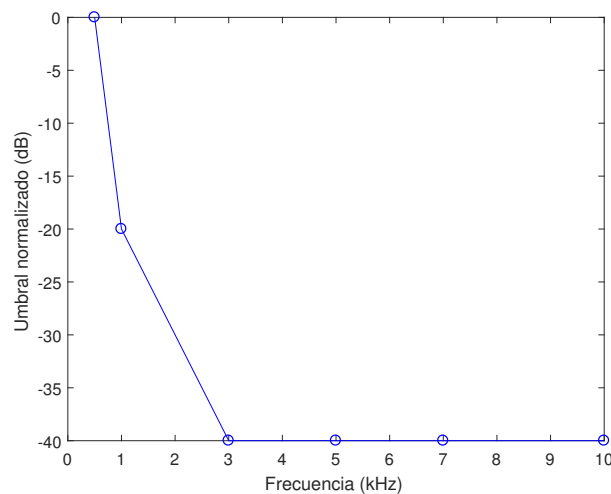


Figura 1: Umbral de audición normalizado medido a diferentes frecuencias.

## Ancho de banda crítico

### Experimento

En esta parte se ha escogido una frecuencia de  $7\text{ kHz}$  y se ha determinado su ancho de banda crítico a partir de las gráficas correspondientes, siendo este de  $500\text{ Hz}$ . Se ha generado ruido blanco y se ha filtrado paso-banda con una frecuencia central de  $7\text{ kHz}$  y ancho de banda  $\text{Hz}$ . Finalmente, se ha escuchado el ruido solo y superponiéndolo con tonos a diferentes frecuencias.

### Conclusiones

Cuando se escuchó el ruido sin superponerlo con un tono (cuyo espectro se representa en la figura 2a) se escuchó un ruido agudo, debido a que este está filtrado a una frecuencia alta. Cuando se escuchó el ruido superpuesto con el tono (de mayor amplitud que el ruido), se podían distinguir ambos elementos, pero medida que la frecuencia del tono se acerca a los  $7\text{ kHz}$ , el ruido empezó a ser más difícil de distinguir, siendo prácticamente indistinguible cuando la frecuencia del tono alcanzó dicha frecuencia.

Esto se corresponde con los resultados esperados, dado que el tono enmascarará otros sonidos de menor amplitud que se encuentren dentro de su ancho de banda crítico. Este efecto de enmascaramiento ocurre de manera progresiva, siendo observable cuando el tono se encuentra aproximadamente entre  $6,5$  y  $7,5\text{ kHz}$ . El hecho de que el efecto sea progresivo se debe a que el ruido tiene un cierto ancho de banda y a medida que la frecuencia del tono se acerca a la banda del ruido, este empezará a enmascarar solo parte de dicha banda, hasta que llega a los  $7\text{ kHz}$  (caso cuyo espectro se representa en la figura 2b), donde el ruido queda enmascarado por completo.

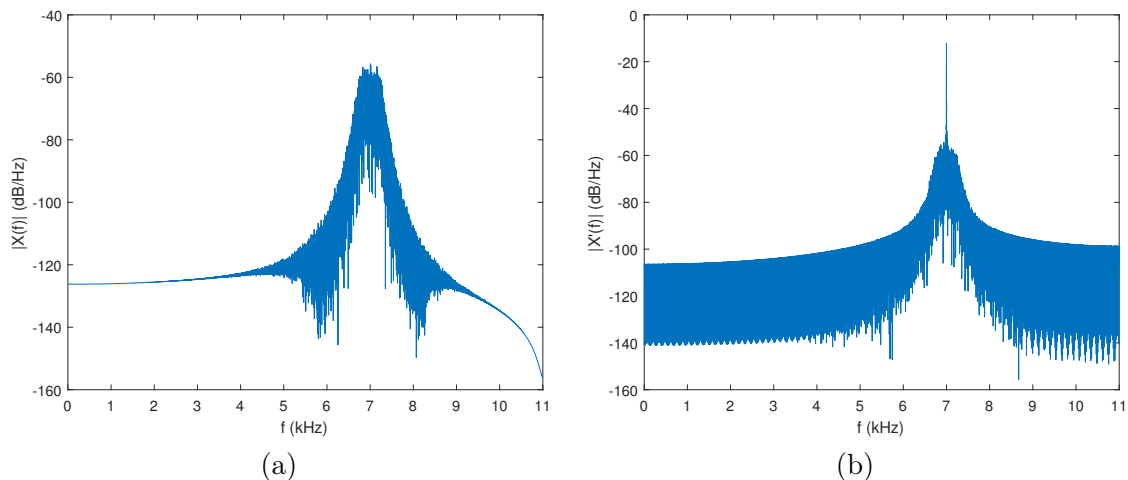


Figura 2: (a) Densidad espectral del ruido filtrado. (b) Densidad espectral del ruido filtrado superpuesto con un tono de  $7\text{ kHz}$ .

## Parte 2: Análisis básico de la señal de audio

### Ejemplo de aliasing

#### Experimento

Fijando una tasa de muestreo de  $8\text{ kHz}$ , se generan tonos de  $3$ ,  $5$  y  $6\text{ kHz}$ , escuchando el resultado en cada caso y representando su espectro.

## Conclusiones

Los tonos de 3 y 5  $\text{kHz}$  se escuchan igual, mientras que el tono de 6  $\text{kHz}$  se escucha más grave. Teniendo en cuenta la tasa de muestreo, la frecuencia máxima a la que no se produce aliasing es  $F_s/2 = 4 \text{ kHz}$ , de modo que los tonos de 5 y 6  $\text{kHz}$  están afectados por el aliasing, mientras que el de 3  $\text{kHz}$  se escucha correctamente.

En el caso del tono a 5  $\text{kHz}$ , una de sus réplicas tiene frecuencia  $|5 - 8| = 3 \text{ kHz}$ , lo cual se corresponde con que se escuche igual que el primer tono, mientras que en el caso del tono a 6  $\text{kHz}$ , una de sus réplicas cae en  $|6 - 8| = 2 \text{ kHz}$ , lo cual se corresponde con que se escuche más grave. Estos resultados son corroborados con las figuras 3a, 3b, 3c, las cuales muestran el espectro de los tonos a 3, 5 y 6  $\text{kHz}$  respectivamente.

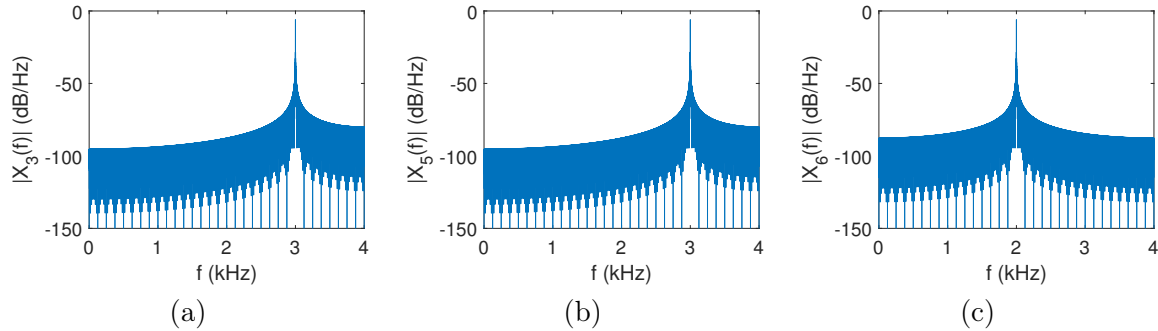


Figura 3: Espectro de tonos muestreado a 4  $\text{kHz}$ . (a) De 3  $\text{kHz}$ . (b) De 5  $\text{kHz}$ . (c) De 6  $\text{kHz}$ .

## Análisis de señal de voz

### Experimento

Se carga un archivo de voz y se analiza tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia.

### Conclusiones

En la figura 4a se representa la señal de voz en el dominio del tiempo, de donde no se puede extraer información relevante más allá de la potencia instantánea de la señal, pudiendo distinguir dos intervalos de tiempo donde la señal tiene más energía. En la figura 4b se muestra el espectro

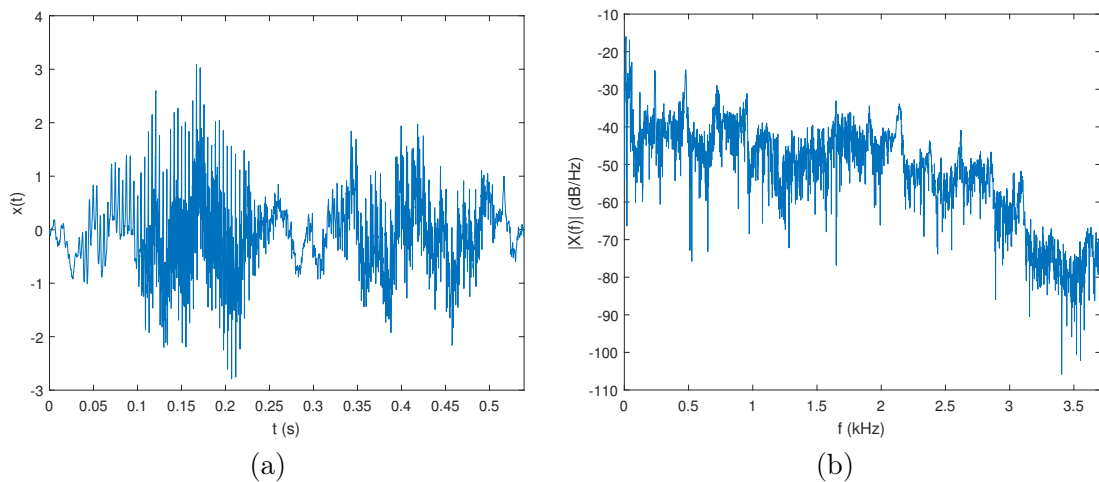


Figura 4: Representación de la señal de voz. (a) Dominio del tiempo. (b) Espectro.

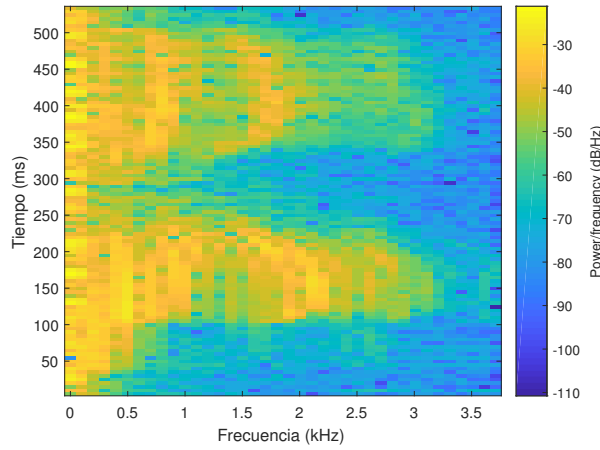


Figura 5: Espectrograma de la señal de voz, con ventana de 10 *ms* y solapamiento de 5 *ms*.

de la señal, donde se puede observar que la mayor parte de la energía se encuentra en los primeros 3 *kHz*, resultado esperado al tratarse de una señal de voz.

En la figura 5 se muestra el espectrograma de la señal donde también se observa que la mayor parte de la energía se encuentra por debajo de los 3 *kHz*. También se pueden distinguir los dos intervalos de tiempo donde la señal tiene más energía.

## Análisis de la señal de audio

### Experimento

Se cargan diferentes archivos de audio y se analiza en el dominio de la frecuencia. También se aplica procesamiento a la señal (filtrado y diezmado) para escuchar los diferentes efectos sobre la señal de audio e intentar distinguirlos.

### Conclusiones

Los archivos de audio tienen una tasa de muestreo de 44,1 *kHz*, por lo que su ancho de banda máximo será de 22,05 *kHz*. En la figura 6a se representa el espectro de un fragmento de 5 segundos. Se puede comprobar que, a diferencia de la señal de voz, tiene un ancho de banda de unos 16 *kHz* (posiblemente debido al procesamiento que recibió la señal teniendo en cuenta la respuesta del oído

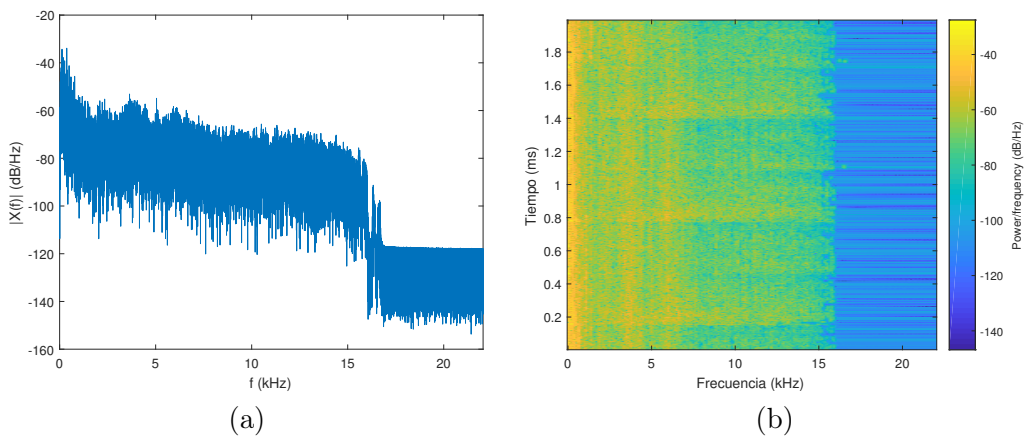


Figura 6: (a) Espectro de un fragmento de 5 segundos de señal de audio. (b) Espectrograma de un fragmento de 2 segundos de audio, con ventana de 10 *ms* y solapamiento de 5 *ms*.

humano) y que la mayor parte de la energía se encuentra por debajo de los 10  $kHz$ . En la figura 6b se muestra el espectrograma de un fragmento de 5 segundos, que corrobora esta información. Se ha probado con filtros paso bajo de un ancho de banda de 10, 7 y 5  $kHz$  y a medida que se disminuía la frecuencia de corte, se iba escuchando más bajo y enlatado. Esto se debe a la eliminación de componentes de alta frecuencia que además de escucharse más grave, la señal pierda algo de energía. En las figuras 7a, 7b y 7c se muestran los respectivos espectros de las señales filtradas.

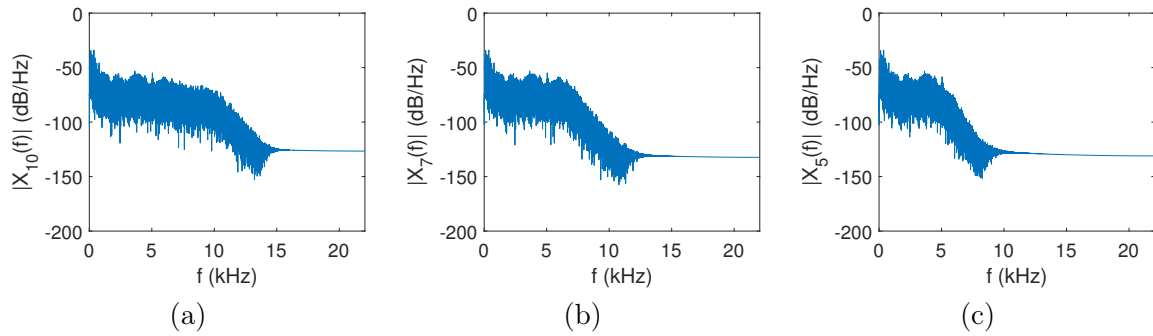


Figura 7: Espectro de señal de audio filtrada paso-bajo. (a) A 10  $kHz$ . (b) A 7  $kHz$ . (c) A 5  $kHz$ .

En la figura 8a se muestra el espectro de la señal de audio diezmada tomando una de cada dos muestras. Se observa distorsión principalmente a partir de los 8  $kHz$ . El audio se escucha con peor calidad, como si se hubiera filtrado paso bajo. Después, se compara la señal diezmada con la misma señal pasada por un filtro anti-aliasing y diezmada después, cuyo espectro se representa 8b. En el espectro es notable la diferencia, pero a la hora de escucharlas, no es posible distinguirlas. Posiblemente se debe a que las componentes espectrales más altas tienen muy poco peso en la señal y por lo tanto, la distorsión no provoca efectos audibles sobre la señal. Para poder diferenciar el aliasing del filtrado, se ha tomado una de cada ocho muestras. La distorsión se hace más notable a partir de 2,25  $kHz$  aproximadamente. Al escuchar, la diferencia principal es que sin el filtrado previo, la señal de audio se escucha con una especie de ruido de fondo y con el filtrado previo no.

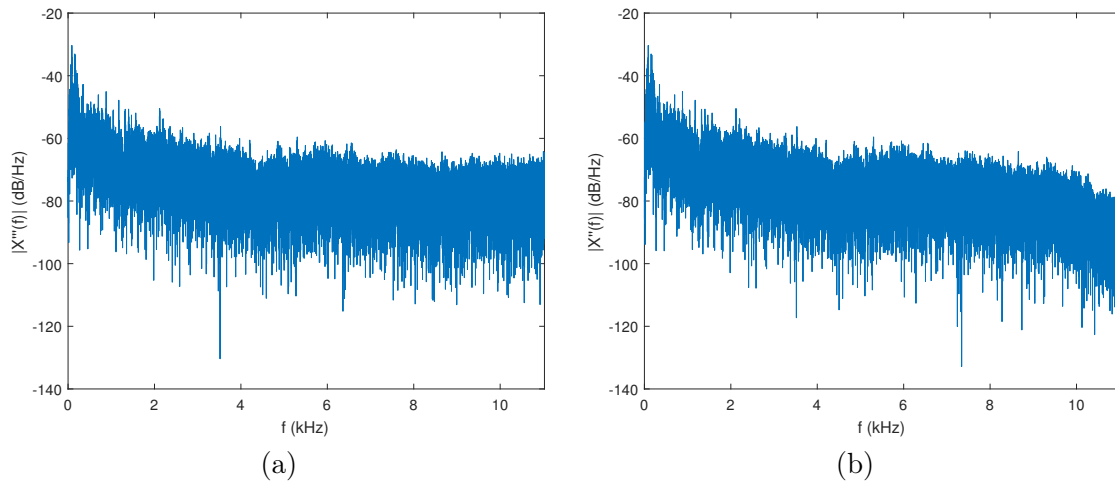


Figura 8: Espectro de señal de audio diezmada por 2. (a) Filtrada. (b) Sin filtrar.

## Parte 3: Análisis básico de la señal de video

### Experimento

Se analizará la forma de onda, el espectro y el espectrograma de la señal analógica de video B/N dependiendo de la información y variación de las propias imágenes.

### Conclusiones

Lo primero de todo, hemos pasado la imagen del babuino a blanco y negro (figura 9a) y hemos generado su señal de video analógico (figura 9b) comprobando que la duración de la línea es de  $64 \mu s$ .

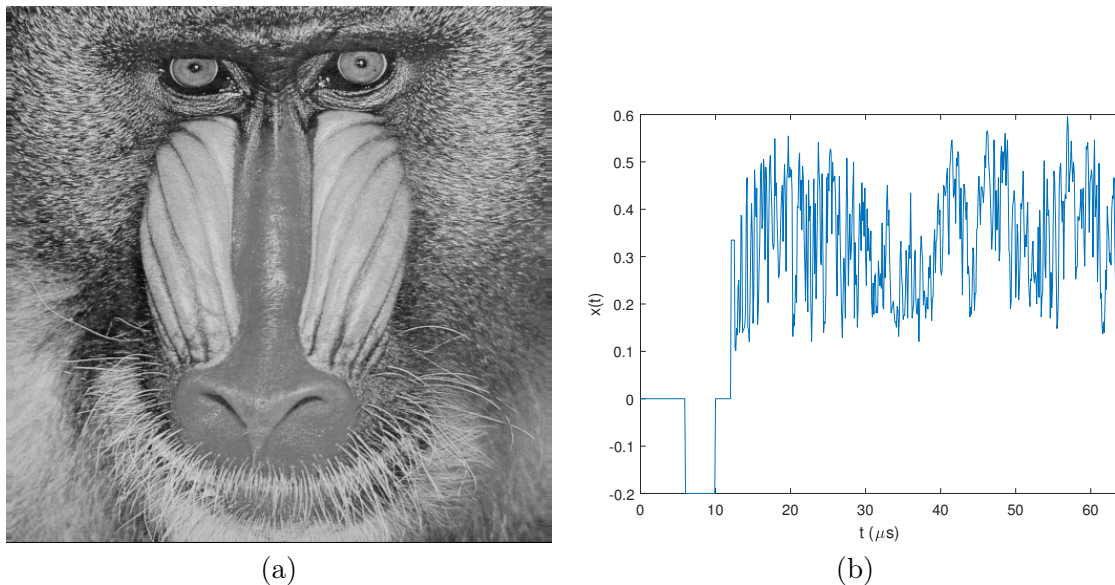


Figura 9: (a) Imagen en blanco y negro del babuino (b) Forma de onda de una línea de la imagen del babuino.

Como podemos observar en la figura 10, el espectro de la señal de video es coherente con el estudiado en la teoría. Es un espectro casi vacío y la separación entre las componentes espectrales es  $15.625 \text{ kHz}$  que es congruente con el periodo de línea de  $64 \mu s$ .

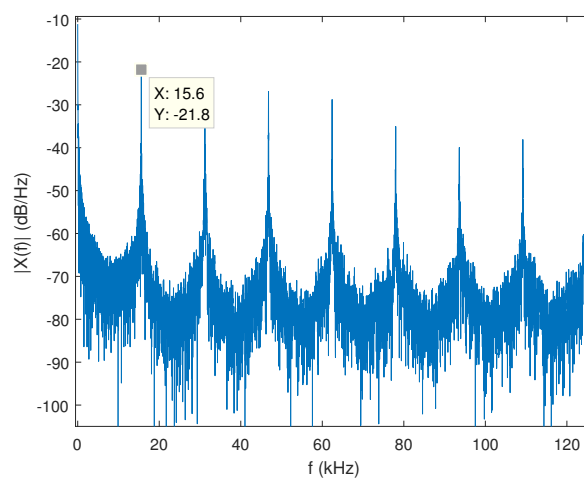


Figura 10: Espectro de la señal generada a partir de la imagen del babuino.

## Estimación del ancho de banda máximo de la señal de video

El módulo del espectro de la imagen compuesta por cuadrados negros y blancos es similar que la imagen de las líneas verticales pero a su vez estas son diferentes a la de las líneas horizontales. En el espectro de las dos primeras imágenes en la figura 11a aparece una componente a  $5\text{ MHz}$  debido a la máxima frecuencia de variación de la línea (cada pixel va cambiando), por lo tanto no hay diferencia notable. En cambio en la imagen de líneas horizontales no hay componentes a  $5\text{ MHz}$  porque la forma de onda generada por cada línea es constante, de ahí que la figura 11c no tenga componentes espectrales. La espectro de la imagen generada por la función línea de media frecuencia en la figura 11b la componente espectral sale a  $2.5\text{ MHz}$ , como era de esperar al reducir la mitad la frecuencia de variación.

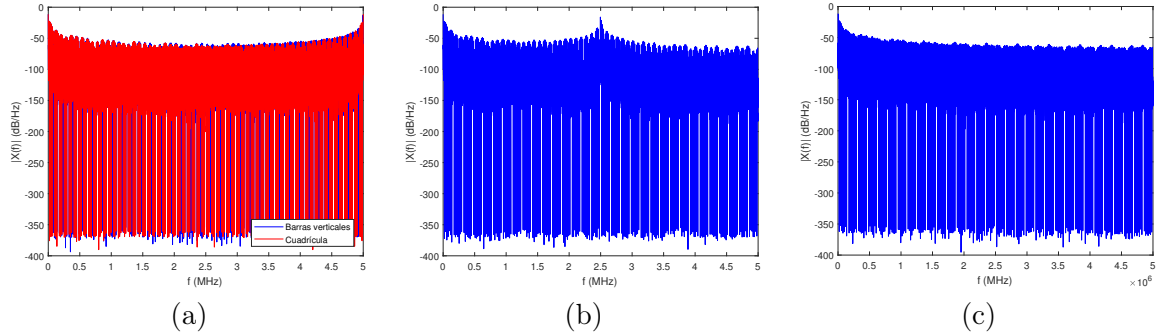


Figura 11: Espectro de señal de la video. (a) Imagen de cuadrados de alta frecuencia y líneas verticales de alta frecuencia. (b) Imagen de las líneas verticales media frecuencia. (c) Imagen de las líneas horizontales.

En comparación con las imágenes anteriores, el espectro de la imagen del babuino no tiene componentes a altas frecuencias tal y como se preveía, ya que el número de variaciones en las líneas del babuino es considerablemente menor. Esto se debe a que las facciones de la cara varían suavemente.

Para acabar, en el espectrograma del babuino en la figura 12c podemos apreciar que las componentes están dispersas en la zona de baja frecuencia hasta los  $500\text{ kHz}$  y las imágenes de alta frecuencia en la figura 12a y media frecuencia 12b solo presentan componentes puramente a  $5$  y  $2.5\text{ MHz}$  respectivamente.

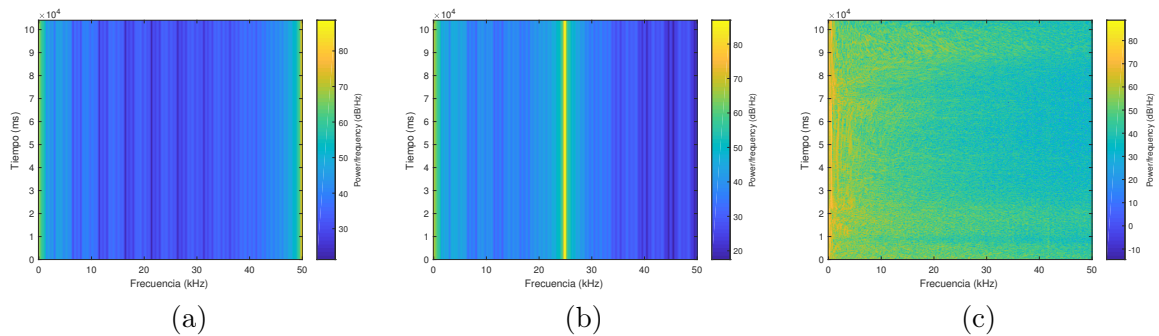


Figura 12: Espectrograma de la señal de video. (a) Imagen de las líneas verticales de alta frecuencia. (b) Imagen de las líneas verticales de media frecuencia. (c) Imagen del babuino.