

# TRABAJO PRÁCTICO Nro. 2

Determinación de la Frecuencia Cardíaca

Integrantes:

Camisay, Santiago (47583)

Rivas, Leandro Matias (51274)

# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>Canales utilizados</b>	<b>2</b>
canales RGB	2
canales HSV	3
<b>Transformada Rápida de Fourier</b>	<b>3</b>
<b>Análisis de los pruebas</b>	<b>4</b>
<b>Coeficiente de Pearson</b>	<b>7</b>
Medición de Errores	9
Medición del Error con Led Prendido	10
Medición del Error con Led Apagado	10
<b>Archivo de configuración de la aplicación</b>	<b>11</b>
<b>Observaciones</b>	<b>11</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>12</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>12</b>
<b>Anexo</b>	<b>13</b>

# Introducción

Este trabajo práctico tiene por objetivo determinar la frecuencia cardiaca a partir de videos de 5 a 60 segundos tomados con algún dispositivo con cámara. Los videos captan la punta de uno de los dedos con y sin el led prendido.

La frecuencia cardiaca se toma en base a una región, tomando los valores medios de los pixeles.

Para el procesamiento de los videos se utilizó la librería OpenCV de Python.

Se utilizó la librería YAML para facilitar el ingreso de los parámetros en las distintas pruebas realizadas.

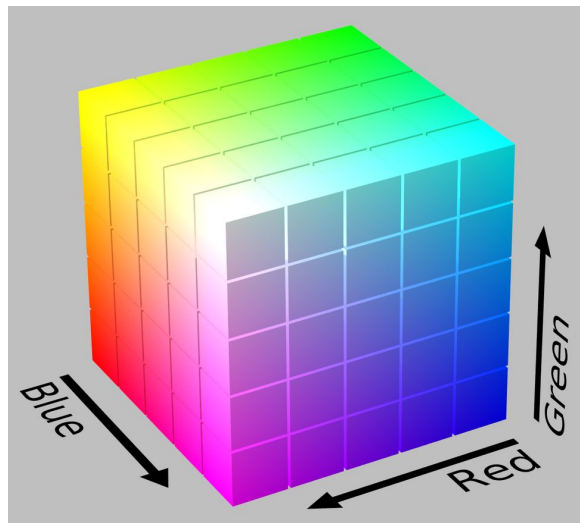
## Canales utilizados

La aplicación analiza dos tipos de canales distintos para procesar la señal: RGB y HSB.

### canales RGB

Es un modelo de color basado en la síntesis aditiva, con el que es posible representar un color mediante la mezcla por adición de los tres colores de luz primarios.

Este tratamiento de la señal de video que manipula por separado las señales de los tres colores rojo, verde y azul. Al usarlo independientemente, proporciona mayor calidad y reproducción más fiel del color.



**Imagen 1.** Espacio de colores RGB representado en forma de cubo

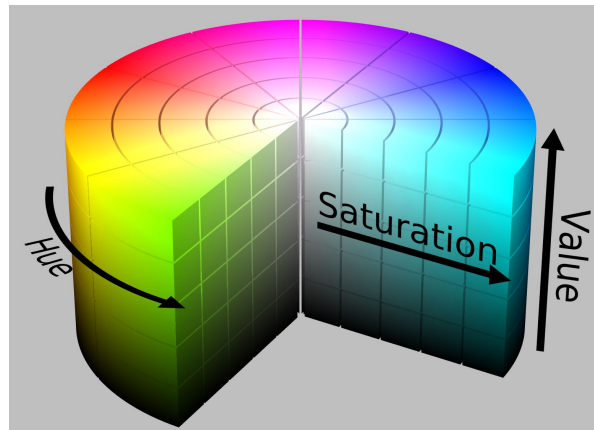
## canales HSV

El modelo HSV (Matiz, Saturación, Valor) define un modelo de color en términos de sus componentes. Se trata de una transformación no lineal del espacio de color RGB, y se puede usar en progresiones de color.

La Matriz se representa como un grado de ángulo cuyos valores posibles van de 0 a 360°. Cada valor corresponde a un color.

La Saturación se representa como la distancia al eje de brillo negro-blanco. Los valores posibles van del 0 al 100%.

El Valor representa la altura en el eje blanco-negro. Los valores posibles van del 0 al 100%. 0 siempre es negro.



**Imagen 2.** Espacio de colores HSV representado en forma cilíndrica.

## Transformada Rápida de Fourier

Lo implementamos con el algoritmo Cooley - Tukey el cual es recursivo. Recurrentemente rompe una DFT de cualquier tamaño compuesto  $N = n_1 n_2$  en muchas DFTs pequeñas de tamaños  $N_1$  y  $N_2$ , junto con multiplicaciones  $O(N)$  por las raíces complejas de la unidad tradicionalmente llamados factores de rotación.

El uso más conocido del algoritmo de Cooley - Tukey es dividir la transformada en dos piezas de tamaño  $N/2$  en cada paso, y por lo tanto está limitado a potencias de dos tamaños, pero cualquier factorización se puede utilizar en general.

```
def fft(x):
    N = len(x)
    if N <= 1: return x
    even = fft(x[0::2])
    odd = fft(x[1::2])
    T= [exp(-2j*pi*k/N)*odd[k] for k in range(N//2)]
    return [even[k] + T[k] for k in range(N//2)] + \
           [even[k] - T[k] for k in range(N//2)]
```

**Imagen 3.** implementación en Python de Cooley - Tukey

## Análisis de los pruebas

Las pulsaciones no solamente se obtuvieron utilizando la implementación de la Transformada Rápida de Fourier, sino que también se tomó el pulso en la muñeca y en el cuello.

Primero, se tomó el pulso en la muñeca 5 veces, cada una de un tiempo de 5, 10, 20, 30 y 60 segundos. Lo mismo se hizo cuando se tomó el pulso en el cuello.

Finalmente, se grabó un video de 60 segundos apoyando el dedo índice sobre la cámara del celular. Se utilizó un Iphone 7 y se grabó en formato 720x1280 píxeles. Se grabó con el led prendido y sin prender.



**Imagen 4.** Se ilustra cómo se debe tomar el pulso en el cuello y muñeca.



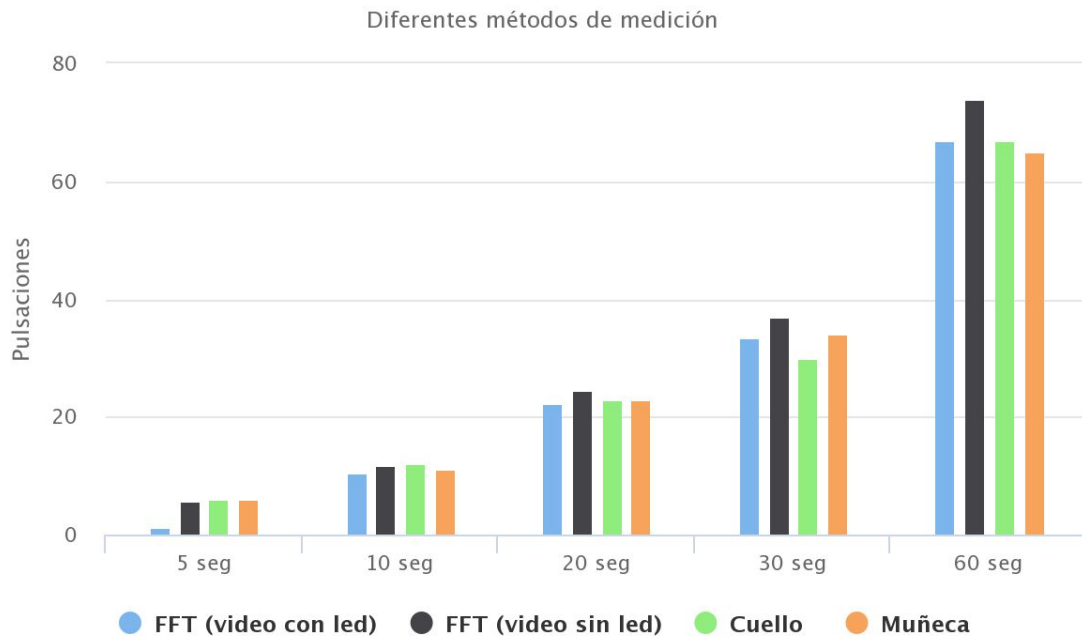
**Imagen 5.** Se coloca el dedo índice sobre la cámara con o sin el led prendido.

A continuación se muestra los resultados obtenidos con los tres maneras indicadas anteriormente. Estos resultados corresponden a un hombre de 27 años y el video fue tomado con el led prendido.

<b>TIEMPO</b>	<b>5s</b>	<b>10s</b>	<b>20s</b>	<b>30s</b>	<b>60s</b>
<b>Cuello</b>	6	12	23	30	67
<b>Muñeca</b>	6	11	23	34	65
<b>FFT (con led)</b>	1.17	10.55	22.27	33.4	66.8
<b>FFT (sin led)</b>	5.86	11.72	24.61	36.92	73.83

**Tabla 1.** Pulsaciones tomadas en diferentes tiempos.

## Medición de la pulsación



**Figura 1.** Tabla comparativa entre las 4 mediciones de las pulsaciones.

Los videos filmados con led prendido y apagado se los dividió en los canales RGB. Cada uno de los canales se los analizado, pasando por la implementation de la transformada rápida de Fourier. De éste, obtuvimos las pulsaciones por cada canal. Los resultados varían notoriamente entre los distintos canales. siendo el **canal azul el más preciso**.

Luego, se utilizaron los canales HSV (Hue, saturation, Value). Para los videos con led prendido no hubo diferencia en los resultado obtenidos en comparación con RGB. Por el contrario, con los video sin led hemos podido mejorar los resultados significativamente. Haciendo uso de los canales rojo, verde y azul, los resultados obtenidos no eran lógicos dándonos, por ejemplo, 1 pulsación por minuto o 900 pulsaciones por minuto, en cualquier región de interés que tomáramos.

Usando HSV, limitamos el rango del color rojo en cada uno de los frames del video y posteriormente calcularemos las pulsaciones. Las regiones de interés fueron las 4 esquinas del video, que son las que más cambios presentan. Estos pasos extras nos permitieron obtener resultados más precisos.



**Imagen 6.** Frame del video sin el led prendido. (NO SE VE LA IMAGEN!!!!)



**Imagen 7.** Mismo frame de la Imagen 1 pero utilizando los canales HSV y limitando el rango de color rojo.

## Coeficiente de Pearson

Para obtener el coeficiente de Pearson tomamos las pulsaciones obtenidas de los canales RGB de el video con led prendido y led apagado de una región del video.



El valor del índice de correlación varía en el intervalo  $[-1,1]$ , indicando el signo el sentido de la relación:

- Si  $r = 1$ , existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  $0 < r < 1$ , existe una correlación positiva.
- Si  $r = 0$ , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.
- Si  $r = -1$ , existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Método	5 segundos	10 segundos	20 segundos	30 segundos	60 segundos
<b>medición en la muñeca</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>34</b>	<b>65</b>
canal Azul (video con led)	1.17	10.55	22.27	33.4	66.8
canal Rojo (video con led)	1.17	10.55	1.17	3.52	3.52
canal Verde (video con led)	75.0	150	300.01	450.01	900.02
canal Azul (video sin led)	5.86	11.72	24.61	36.92	73.83
canal Rojo (video sin led)	5.86	11.72	24.61	36.92	1.73
canal Verde (video sin led)	18.75	1.17	1.17	1.76	1.76

**Tabla 2.** Pulsaciones obtenidas en distintos tiempos de la muñeca, de los canales RGB del video con led prendido y de los canales RGB del video con led apagado.

En la siguiente tabla se lista los coeficiente obtenidos. Se utilizó de la librería **Scipy** la función **pearsonr**, pasándole dos arrays: uno con las pulsaciones obtenidas de la muñeca y otro con las pulsaciones de un canal.

	Medición en la muñeca
canal Azul (video con led)	0.99838

canal Rojo (video con led)	-0.15372
canal Verde (video con led)	0.99961
canal Azul (video sin led)	0.99976
canal Rojo (video sin led)	-0.10938
canal Verde (video sin led)	-0.49252

**Tabla 3.** Coeficientes de Pearson entre la medición en la muñeca contra cada uno de los canales.

## Medición de Errores

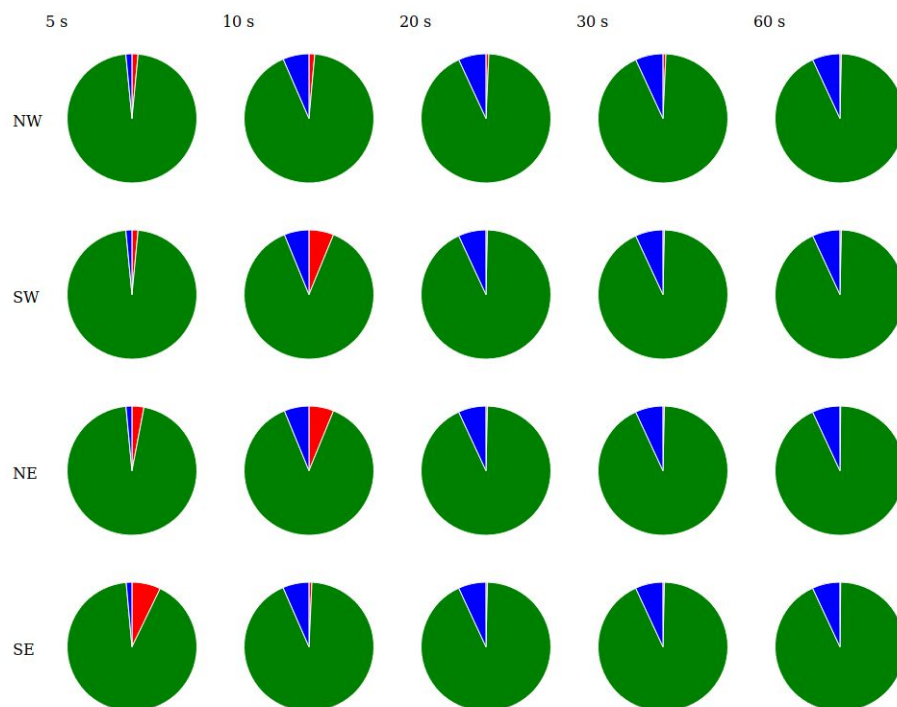
Dado valores de pulsación medido físicamente para 5,10 ,20 30 y 60 segundos se compara el resultado por los tres canales RGB variando la posición en los 4 extremos de la pantalla. Cada gráfico de torta muestra cuanto es el error por cada canal. Mientras más pequeña sea la porción en el gráfico mejor es el resultado por color.

Con el led prendido se puede observar que los mejores resultados se obtienen con el canal rojo. Y el peor es el verde.

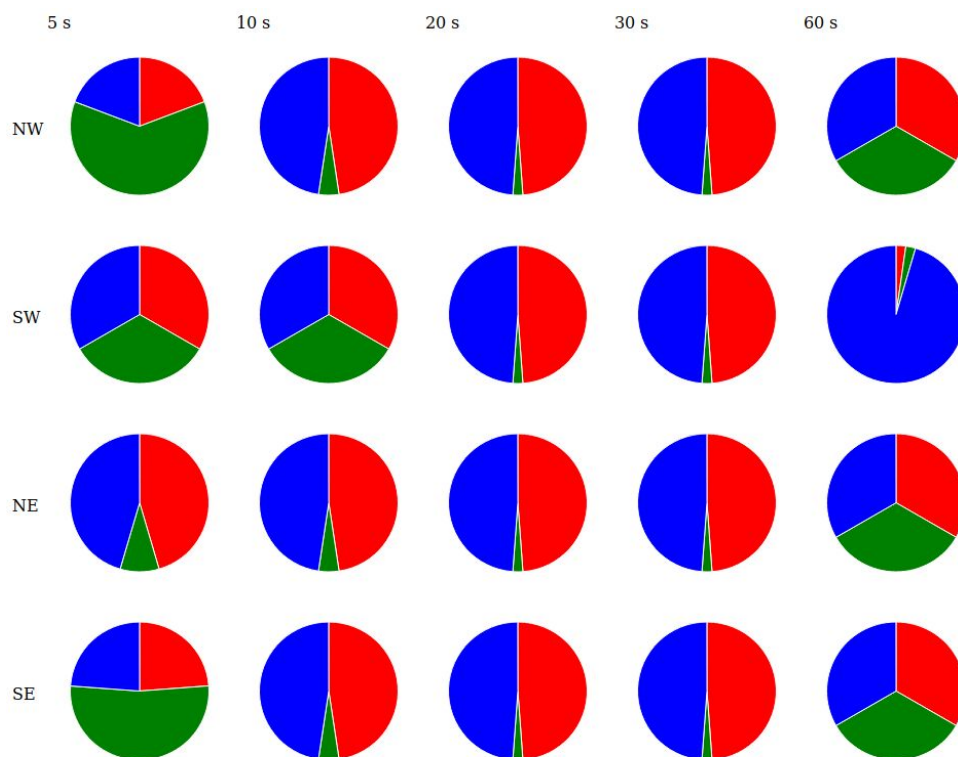
Sin embargo cuando se apaga el led, el mejor resultado se obtiene con el color verde.

Los resultados para led prendido y apagado están en Anexo 1) y 2) respectivamente.

## Medición del Error con Led Prendido



## Medición del Error con Led Apagado



# Archivo de configuración de la aplicación

Usamos un archivo YAML para configurar los parámetros de entrada.

- Video: nombre del archivo, rango de tamaño del frame a analizar, posición de análisis (se divide la pantalla en 9 porciones iguales nombradas por los puntos cardinales).
- heartbeats: frecuencia cardíaca medida físicamente
- duration: tiempo de análisis en segundos

```
video:
  name: "IMG_3669.MOV"
  sizeChange:
    min: 30
    step: 5
    max: 35 #no es inclusivo
  positionChange: ["NW", "N", "NE", "W", "C", "E", "SW", "S", "SE"]
  heartbeats: 67
  duration: 60
```

## Observaciones

- Las mediciones en los tiempos propuestos dieron resultados muy aproximados a los tomados manualmente, salvo en el caso de las mediciones en los 5 segundos, donde los resultados obtenidos usando FFT daban muy distinto.
- Para el caso en que se toma el video con el led prendido pero no se llega a percibir una perturbación en la imagen, los resultados discrepan con el pulso real.
- Las regiones de interés de los videos que se utilizaron fueron las esquinas, donde el “parpadeo” era mucho más notable. El resto de las regiones no se tuvo en cuenta en los resultados presentados en este informe, solamente en las pruebas se las utilizó.

## Conclusiones

- Haciendo un análisis sobre los canales RGB, se obtuvieron los mejores resultados en la banda roja debido a que era el color que predominaba en el video.
- Los videos sin led prendido dieron resultados más precisos si se utilizaba los canales HSV y se limitaba el rango de colores de rojo.
- Aumentando el tamaño de la región de interés no presentaba cambios en los resultados.
- Las pulsaciones con RGB o HSV no variaron entre si. En HSV se observó que los canales V y S dieran resultados similares y precisos.

## Bibliografía

- <http://wilsonarenas.blogspot.com/2013/10/algoritmo-fft-cooley-tukey.html>
- [https://rosettacode.org/wiki/Fast\\_Fourier\\_transform#Python](https://rosettacode.org/wiki/Fast_Fourier_transform#Python)
- <https://es.wikipedia.org/wiki/RGB>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_de\\_color\\_HSV](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_HSV)
- [https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py\\_tutorials/py\\_imgproc/py\\_colorspaces/py\\_colorspaces.html](https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_imgproc/py_colorspaces/py_colorspaces.html)
- <https://kite.com/python/examples/656/scipy-compute-the-pearson-correlation-coefficient>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_correlaci%C3%B3n\\_de\\_Pearson#Interpretaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correlaci%C3%B3n_de_Pearson#Interpretaci%C3%B3n)

# Anexo

## 1) con led prendido

**OUTPUT de las pulsaciones tomados del video IMG\_3652.MOV (720x1280)**

### 5 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 5, 30, 'NW')  
{'real': 6, 'position': 'NW', 'B': 1.17, 'R': 1.17, 'G': 75.0}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 5, 30, 'SW')  
{'real': 6, 'position': 'SW', 'B': 1.17, 'R': 1.17, 'G': 75.0}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 5, 30, 'NE')  
{'real': 6, 'position': 'NE', 'B': 1.17, 'R': 2.34, 'G': 75.0}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 5, 30, 'SE')  
{'real': 6, 'position': 'SE', 'B': 1.17, 'R': 5.86, 'G': 75.0}

### 10 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 10, 30, 'NW')  
{'real': 11, 'position': 'NW', 'B': 10.55, 'R': 2.34, 'G': 150.0}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 10, 30, 'SW')  
{'real': 11, 'position': 'SW', 'B': 10.55, 'R': 10.55, 'G': 150.0}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 10, 30, 'NE')  
{'real': 11, 'position': 'NE', 'B': 10.55, 'R': 10.55, 'G': 150.0}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 10, 30, 'SE')  
{'real': 11, 'position': 'SE', 'B': 10.55, 'R': 1.17, 'G': 150.0}

### 20 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 20, 30, 'NW')  
{'real': 23, 'position': 'NW', 'B': 22.27, 'R': 2.34, 'G': 300.01}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 20, 30, 'SW')  
{'real': 23, 'position': 'SW', 'B': 22.27, 'R': 1.17, 'G': 300.01}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 20, 30, 'NE')  
{'real': 23, 'position': 'NE', 'B': 22.27, 'R': 1.17, 'G': 300.01}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 20, 30, 'SE')  
{'real': 23, 'position': 'SE', 'B': 22.27, 'R': 1.17, 'G': 300.01}

### 30 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 30, 30, 'NW')  
{'real': 34, 'position': 'NW', 'B': 33.4, 'R': 3.52, 'G': 450.01}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 30, 30, 'SW')  
{'real': 34, 'position': 'SW', 'B': 33.4, 'R': 1.76, 'G': 450.01}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 30, 30, 'NE')  
{'real': 34, 'position': 'NE', 'B': 33.4, 'R': 1.76, 'G': 450.01}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 30, 30, 'SE')  
{'real': 34, 'position': 'SE', 'B': 33.4, 'R': 1.76, 'G': 450.01}

## **60 SEGUNDOS**

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 60, 30, 'NW')  
{'real': 65, 'position': 'NW', 'B': 66.8, 'R': 3.52, 'G': 900.02}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 60, 30, 'SW')  
{'real': 65, 'position': 'SW', 'B': 66.8, 'R': 3.52, 'G': 900.02}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 60, 30, 'NE')  
{'real': 65, 'position': 'NE', 'B': 66.8, 'R': 1.76, 'G': 900.02}

-----  
(IMG\_3652.MOV', 30, 60, 30, 'SE')  
{'real': 65, 'position': 'SE', 'B': 66.8, 'R': 1.76, 'G': 900.02}

## **2) con led apagado**

**OUTPUT de las pulsaciones tomados del video IMG\_3669.MOV (720x1280)**

## **5 SEGUNDOS**

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 5, 30, 'NW')  
{'real': 6, 'position': 'NW', 'B': 5.86, 'R': 5.86, 'G': 18.75}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 5, 30, 'SW')  
{'real': 6, 'position': 'SW', 'B': 5.86, 'R': 5.86, 'G': 5.86}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 5, 30, 'NE')  
{'real': 6, 'position': 'NE', 'B': 5.86, 'R': 5.86, 'G': 1.17}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 5, 30, 'SE')  
{'real': 6, 'position': 'SE', 'B': 5.86, 'R': 5.86, 'G': 12.89}

## **10 SEGUNDOS**

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 10, 30, 'NW')  
{'real': 11, 'position': 'NW', 'B': 11.72, 'R': 11.72, 'G': 1.17}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 10, 30, 'SW')  
{'real': 11, 'position': 'SW', 'B': 11.72, 'R': 11.72, 'G': 11.72}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 10, 30, 'NE')

{'real': 11, 'position': 'NE', 'B': 11.72, 'R': 11.72, 'G': 1.17}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 10, 30, 'SE')

{'real': 11, 'position': 'SE', 'B': 11.72, 'R': 11.72, 'G': 1.17}

## 20 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 20, 30, 'NW')

{'real': 23, 'position': 'NW', 'B': 24.61, 'R': 24.61, 'G': 1.17}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 20, 30, 'SW')

{'real': 23, 'position': 'SW', 'B': 24.61, 'R': 24.61, 'G': 1.17}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 20, 30, 'NE')

{'real': 23, 'position': 'NE', 'B': 24.61, 'R': 24.61, 'G': 1.17}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 20, 30, 'SE')

{'real': 23, 'position': 'SE', 'B': 24.61, 'R': 24.61, 'G': 1.17}

## 30 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 30, 30, 'NW')

{'real': 34, 'position': 'NW', 'B': 36.92, 'R': 36.92, 'G': 1.76}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 30, 30, 'SW')

{'real': 34, 'position': 'SW', 'B': 36.92, 'R': 36.92, 'G': 1.76}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 30, 30, 'NE')

{'real': 34, 'position': 'NE', 'B': 36.92, 'R': 36.92, 'G': 1.76}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 30, 30, 'SE')

{'real': 34, 'position': 'SE', 'B': 36.92, 'R': 36.92, 'G': 1.76}

## 60 SEGUNDOS

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 60, 30, 'NW')

{'real': 65, 'position': 'NW', 'B': 1.76, 'R': 1.76, 'G': 1.76}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 60, 30, 'SW')

{'real': 65, 'position': 'SW', 'B': 73.83, 'R': 1.76, 'G': 1.76}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 60, 30, 'NE')

{'real': 65, 'position': 'NE', 'B': 1.76, 'R': 1.76, 'G': 1.76}

-----  
(IMG\_3669.MOV', 67, 60, 30, 'SE')

{'real': 65, 'position': 'SE', 'B': 1.76, 'R': 1.76, 'G': 1.76}

### 3) HSV - con led prendido - 60segundos

OUTPUT de las pulsaciones tomados del video IMG\_3652.MOV (720x1280)

-----  
(IMG\_3652.MOV', 67, 60, 30, 'NW')



```
{'real': 67, 'position': 'NW', 'H': 66.8, 'S': 1.76, 'V': 900.02}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'SW')
```

```
{'real': 67, 'position': 'SW', 'H': 66.8, 'S': 1.76, 'V': 900.02}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'NE')
```

```
{'real': 67, 'position': 'NE', 'H': 66.8, 'S': 1.76, 'V': 900.02}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'SE')
```

```
{'real': 67, 'position': 'SE', 'H': 66.8, 'S': 1.76, 'V': 900.02}
```

#### 4) HSV limitando el color rojo - con led prendido - 60segundos

**OUTPUT de las pulsaciones tomados del video IMG\_3652.MOV (720x1280)**

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'NW')
```

```
{'real': 67, 'position': 'NW', 'H': 66.8, 'S': 66.8, 'V': 900.02}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'SW')
```

```
{'real': 67, 'position': 'SW', 'H': 66.8, 'S': 66.8, 'V': 900.02}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'NE')
```

```
{'real': 67, 'position': 'NE', 'H': 900.02, 'S': 900.02, 'V': 900.02}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'SE')
```

```
{'real': 67, 'position': 'SE', 'H': 900.02, 'S': 900.02, 'V': 900.02}
```

#### 5) Filtro pasa banda - con led prendido - 60segundos

**OUTPUT de las pulsaciones tomados del video IMG\_3669.MOV (720x1280)**

**60 segundos**

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'NW')
```

```
{'real': 67, 'B': 66.8, 'G': 900.02, 'R': 3.52, 'filtro': 66.8, 'position': 'NW'}
```

```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'SW')
```

```
{'real': 67, 'B': 66.8, 'G': 900.02, 'R': 3.52, 'filtro': 3.52, 'position': 'SW'}
```

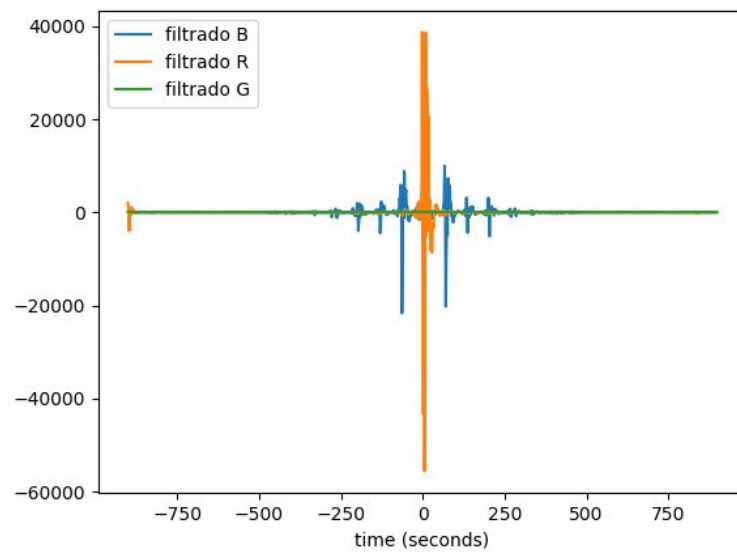
```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'NE')
```

```
{'real': 67, 'B': 66.8, 'G': 900.02, 'R': 1.76, 'filtro': 66.8, 'position': 'NE'}
```

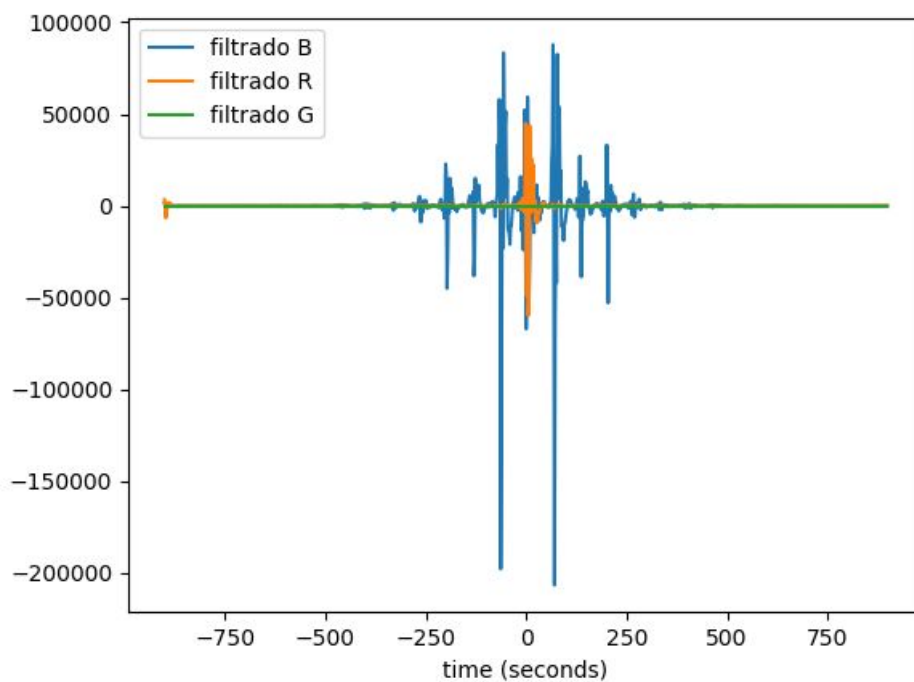
```
('IMG_3652.MOV', 67, 60, 30, 'SE')
```

```
{'real': 67, 'B': 66.8, 'G': 900.02, 'R': 1.76, 'filtro': 66.8, 'position': 'SE'}
```

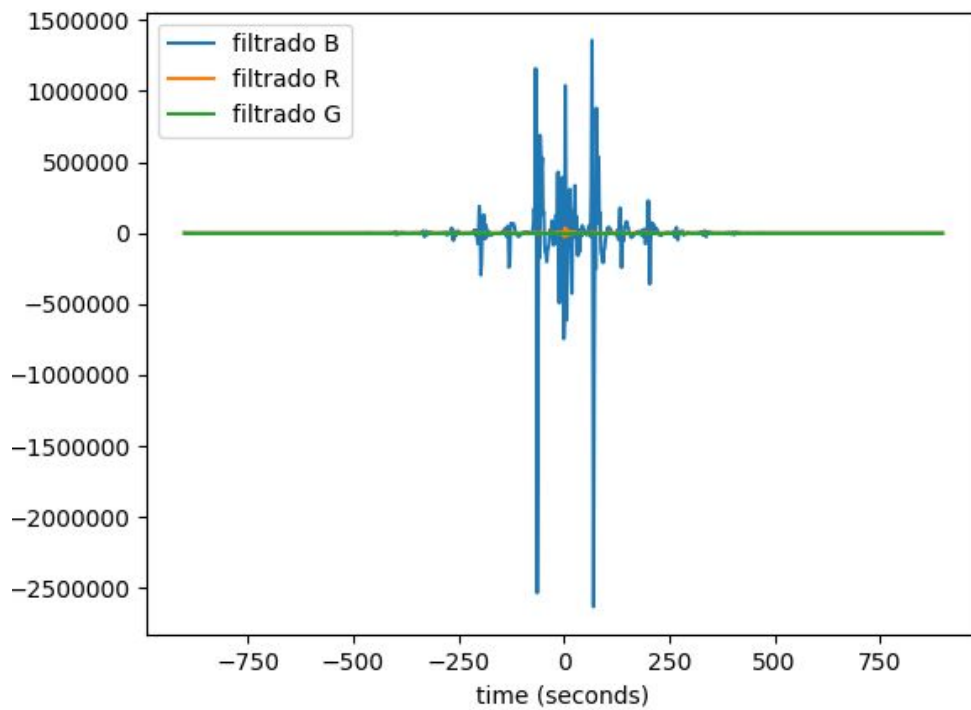
6) Gráficos del Filtro Pasa banda Butterworth para cada una de las regiones del video



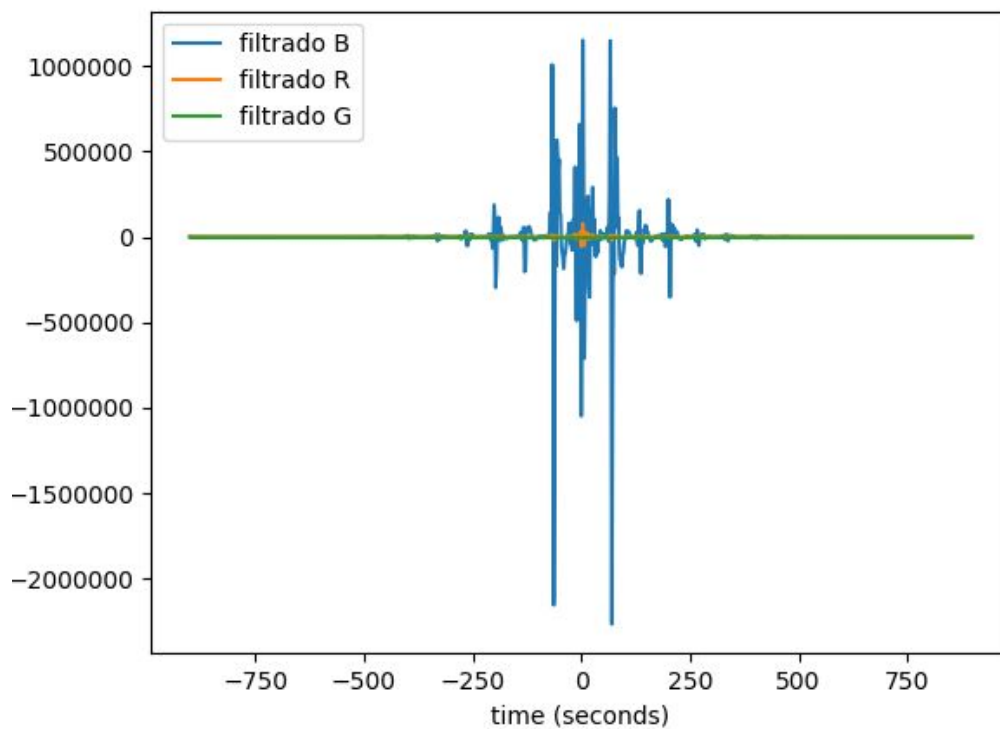
**Gráfico 1.** Región noreste



**Gráfico 2.** Región sureste

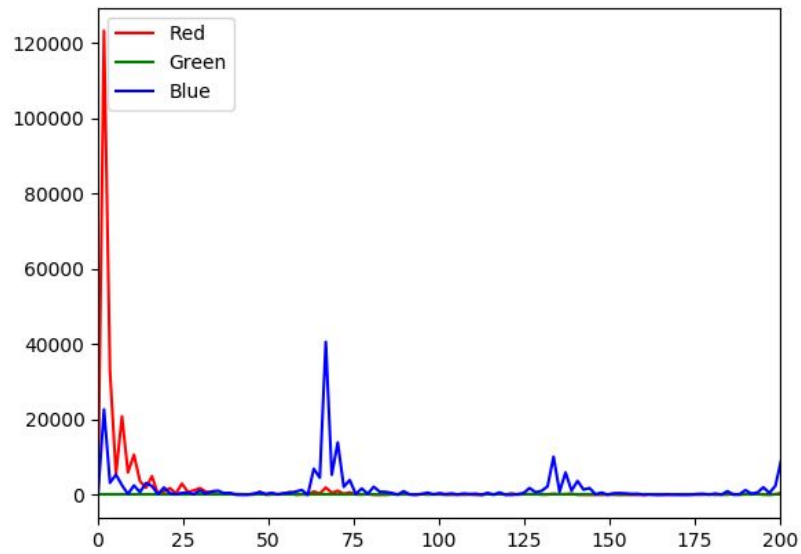


**Gráfico 3.** Región noroeste

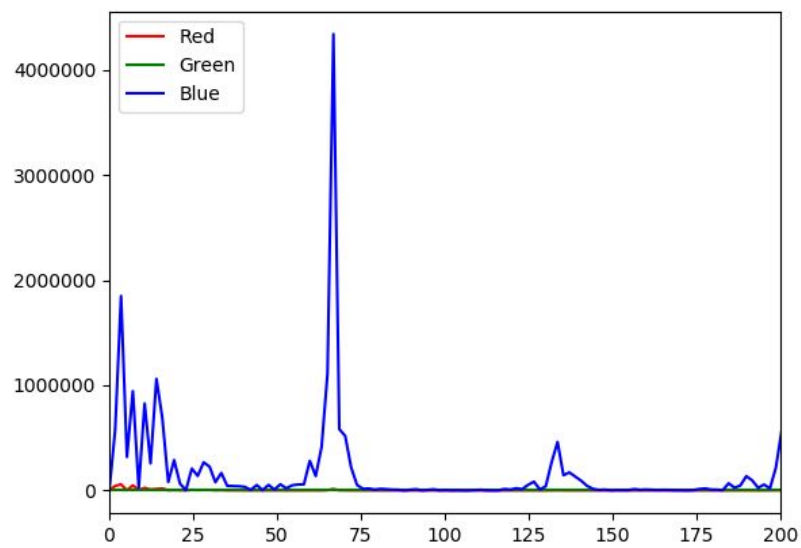


**Gráfico 4.** Región suroeste

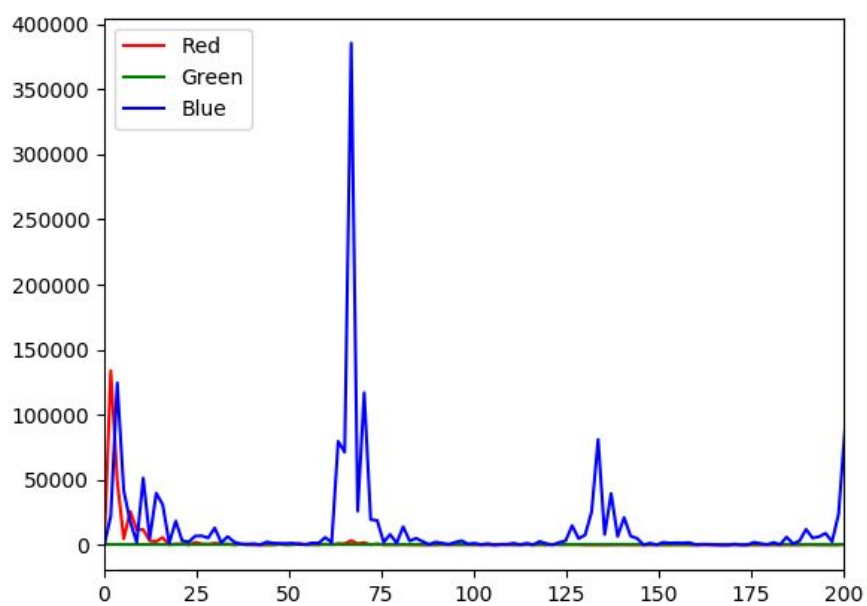
7) Gráficos de las frecuencias para cada una de las regiones del video



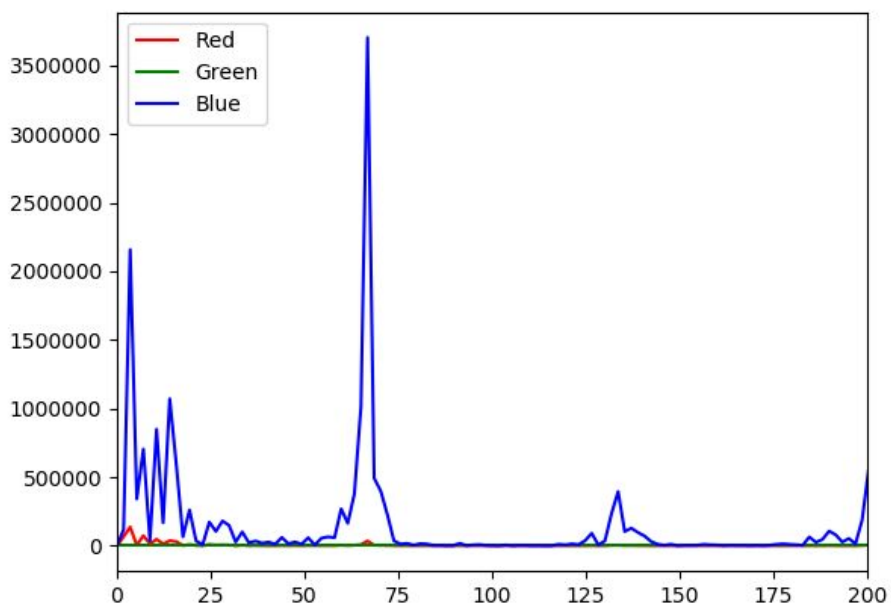
**Gráfico 5.** Región noreste



**Gráfico 6.** Región noroeste



**Gráfico 7.** Región sureste



**Gráfico 8.** Región suroeste