

# Sensor de orientación (IMU)

Cadavid Piñero, Leopoldo  
Pérez Vilaplana, Ignacio

Mayo 2021

## Resumen

En esta práctica se experimentará con datos proporcionados por un sensor de orientación. En concreto, con el acelerómetro y el giroscopio que se incluyen dentro de la popular IMU (Interntial measurement Unit) integrada MPU 6050 de InvenSense-TDK. El desarrollo de la práctica consistirá en desarrollar, primero un programa para Arduino que filtre y procese los datos del sensor para obtener las medidas de orientación como ángulos de Tait-Bryan, y segundo, un sencillo programa de Matlab que represente en una gráfica la evolución de los ángulos durante un tiempo. También se incluye un programa de MatLab para mostrar una representación gráfica 3D de la IMU con su orientación.

## Índice

<b>1. Actividad 1</b>	<b>3</b>
1.1. Tarea b) . . . . .	3
1.2. Tarea c) . . . . .	4
1.3. Tarea d) . . . . .	5
<b>2. Actividad 2</b>	<b>6</b>
2.1. Tarea g) . . . . .	6
2.1.1. Selección de la proporción adecuada para el filtro complementario . . . . .	7
2.2. Tarea h) . . . . .	9
<b>3. Actividad 3</b>	<b>10</b>
3.1. Tarea j) . . . . .	10

## Índice de figuras

1. Montaje del circuito para IMU MPU-6050 . . . . .	3
2. Movimiento de los ejes del IMU . . . . .	3
3. Gráfica variación inclinación eje X . . . . .	4
4. Gráfica variación inclinación eje Y . . . . .	4
5. Comparación del ruido en los ángulos del acelerómetro y giroscopio . . . . .	5
6. Inclinación en función del tiempo de los ejes X e Y a partir de los valores del acelerómetro + giroscopio . . . . .	6
7. Filtro 0.98 y 0.02 . . . . .	7
8. Filtro 0.95 y 0.05 . . . . .	8
9. Filtro 0.97 y 0.03 . . . . .	8
10. Objeto 3D creado en MatLab para simulación . . . . .	10
11. Objeto 3D en una posición cualquier rotada . . . . .	10

# 1. Actividad 1

## 1.1. Tarea b)

Se ha conectado la IMU al Arduino UNO y se ha llevado a cabo la calibración del MPU-6050. Como se pide, se ha calculado los ángulos *ROLL* y *PITH* a partir del acelerómetro y del giroscopio de forma separada. Los valores obtenidos se han impreso por el puerto serie en el formato **.csv** solicitado.

El montaje del circuito se puede observar en la Figura [1].

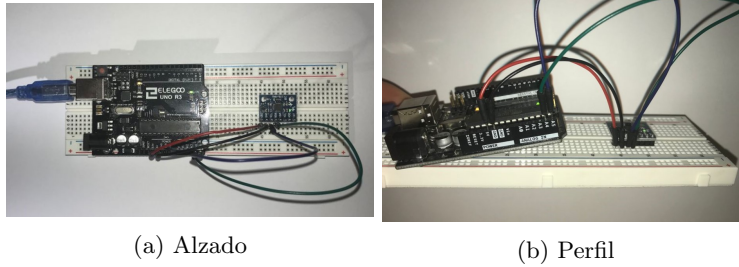


Figura 1: Montaje del circuito para IMU MPU-6050

Estos datos corresponden a unas trayectorias específicas. Se ha hecho una planificación de las mismas, para que los datos queden más claros.

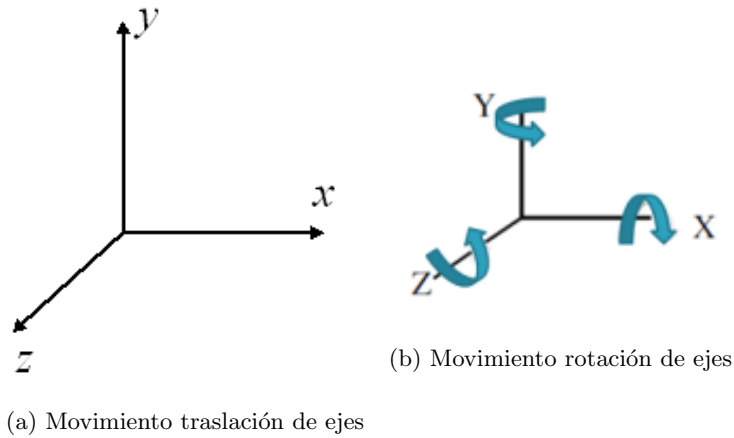


Figura 2: Movimiento de los ejes del IMU

En las Figuras [2a] y [2b] se observan los ejes y el sentido de traslación y de giro. La trayectoria que se ha planificado es:

1. Movimiento en el eje X aproximadamente  $45^\circ$  en sentido positivo.
2. Movimiento en el eje X, de nuevo otros  $45^\circ$  pero de sentido negativo. De esta manera vuelve a una posición inicial.
3. Movimiento en el eje Y, de inclinación positiva de unos  $90^\circ$  aproximadamente.
4. Movimiento en el eje Y, volviendo a la posición  $0^\circ$  con una movimiento de sentido negativo de  $90^\circ$ .
5. Repetición de los movimientos 1 y 2 pero cambiando el sentido en ambos.
6. De nuevo los movimientos 3 y 4, y al igual que se ha hecho en el eje X, cambiando los sentidos en ambos movimientos.

## 1.2. Tarea c)

Se ha cargado el archivo *.csv* con los datos recogidos. Se ha creado un programa que plotea los movimientos con respecto al tiempo (s) de los ejes **Roll** y **Pitch**. Las gráficas se pueden apreciar en las Figuras [3] y [4].

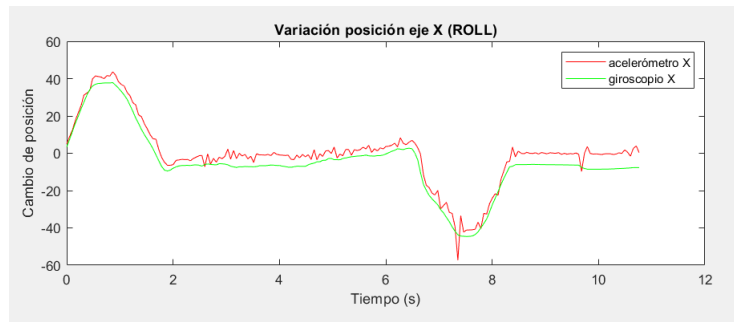


Figura 3: Gráfica variación inclinación eje X

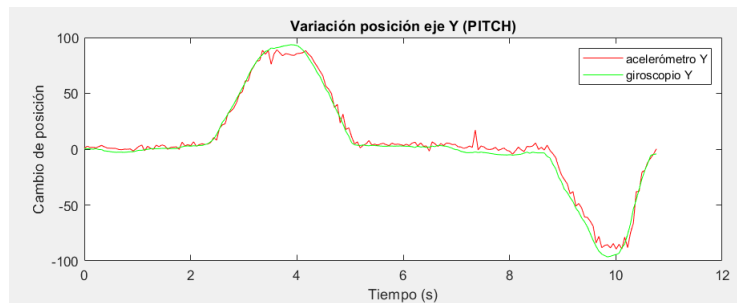


Figura 4: Gráfica variación inclinación eje Y

### 1.3. Tarea d)

- **¿Los ángulos obtenidos del acelerómetro se corresponden con la orientación de la IMU? Sí.** Aún así, se han hecho las conversiones pertinentes para que los movimientos coincidan con el sentido marcado en el datasheet del sensor (así como en el dibujo del propio sensor donde se indican los sentidos positivos).
- **¿Las medidas son estables o varían mucho cuando se mantiene la IMU quieta?** Se puede apreciar o intuir la posición de forma mas o menos estable en el tiempo
- **¿Qué ángulos presentan más ruido, los del acelerómetro o los del giroscopio?** Como se puede ver en las gráficas de las Figuras [3] y [4], el acelerómetro presenta mucho más ruido que el giroscopio. Aún así, se ha hecho una lectura de datos tras la calibración (sin mover el sensor tras hacerla), donde se puede observar más claramente como es el acelerómetro, el que más ruido presenta. Los datos se presentan en la Figura [5].
- **¿Qué ángulos son más estables a lo largo del tiempo, los del acelerómetro o los del giroscopio?** Se puede apreciar, sobre todo en la variación del *Pitch*, como, aunque el acelerómetro tenga más ruido, mantiene un promedio más constante, mientras que el ángulo del giroscopio se desvía en el tiempo.

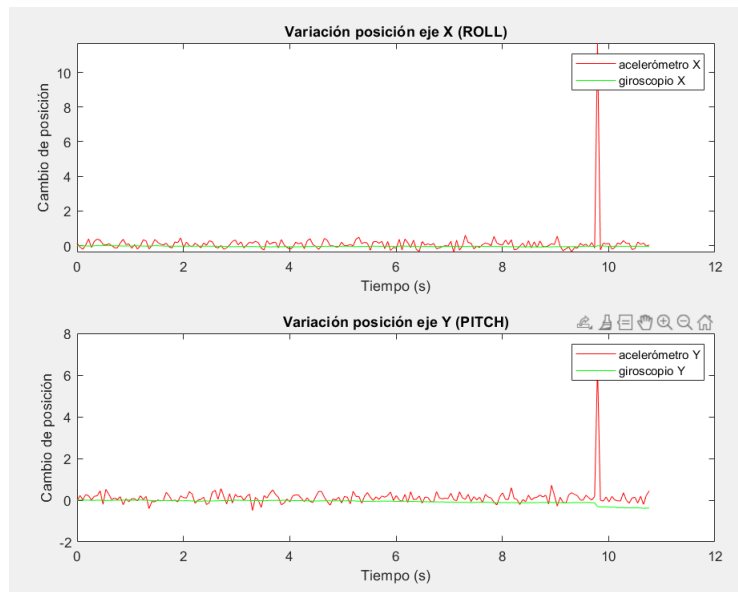


Figura 5: Comparación del ruido en los ángulos del acelerómetro y giroscopio

## 2. Actividad 2

### 2.1. Tarea g)

A continuación se presenta la gráfica obtenida con Matlab. Se muestra tanto la inclinación con el acelerómetro, como con el giroscopio, así como el resultado tras aplicar el filtro con valores 0.97 y 0.03 para el valor de las inclinaciones del giroscopio y acelerómetro respectivamente. Esta proporción es el resultado de comparar diferentes combinaciones. La comparación se puede ver más adelante. En la gráfica de la Figura [6] se puede apreciar la misma trayectoria que se ha explicado en la actividad 1 (no se va a repetir para no hacerlo redundante). Se puede observar en el segundo 2 (por ejemplo) de la gráfica de la inclinación de X como el ruido excesivo del acelerómetro queda eliminado. Además se aprecia como el valor del giroscopio, al estar ajustándose constantemente mediante el filtro, no sufre apenas alteraciones en el tiempo. La curva de movimiento se suaviza al combinar acelerómetro y giroscopio en el cálculo de las inclinaciones.

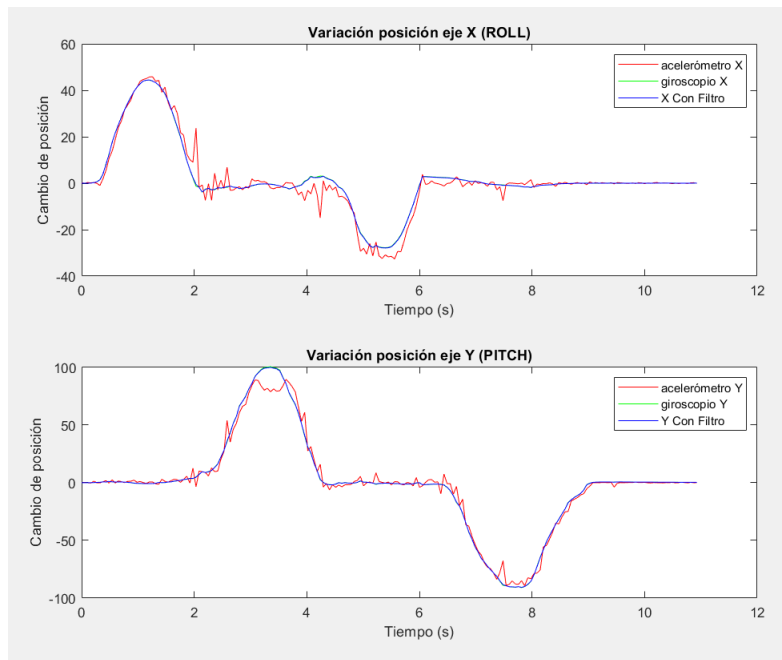


Figura 6: Inclinación en función del tiempo de los ejes X e Y a partir de los valores del acelerómetro + giroscopio

### 2.1.1. Selección de la proporción adecuada para el filtro complementario

Diferentes valores han sido probado hasta encontrar el que mejor se ajustaba. Inicialmente se ha seleccionado una proporción de 0.98 y 0.02 para aplicar al giroscopio y acelerómetro respectivamente. Sin embargo, como se aprecia en la Figura [7], en el eje X el giroscopio continua teniendo una desviación. Similar ocurre con un filtro de proporciones 0.95 y 0.05, solo que en este caso, es el eje Y el afectado. En la Figura [8] se puede ver la desviación. En el término medio de 0.97 y 0.03 es donde se han obtenido los mejores valores, como se puede observar en la Figura [9].

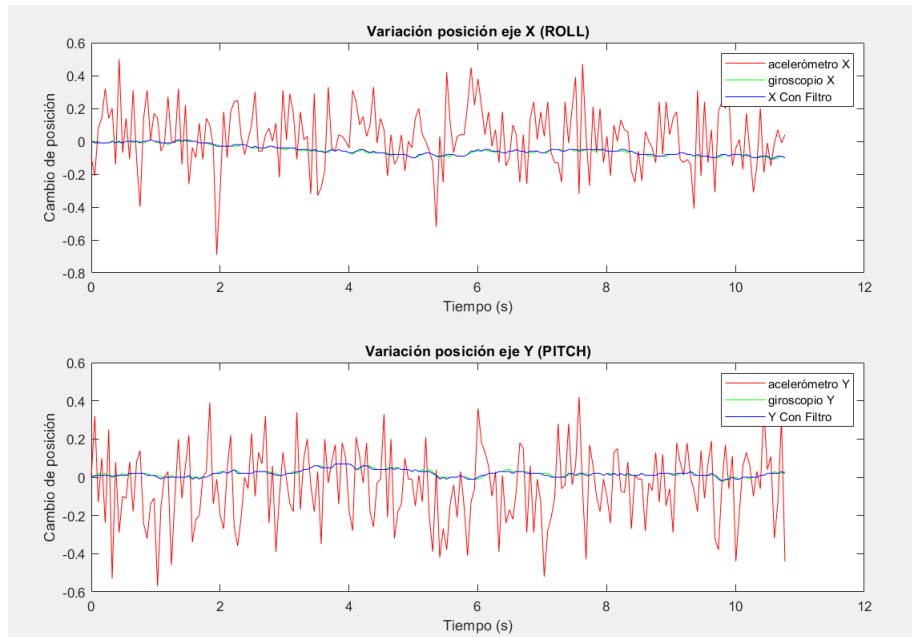


Figura 7: Filtro 0.98 y 0.02

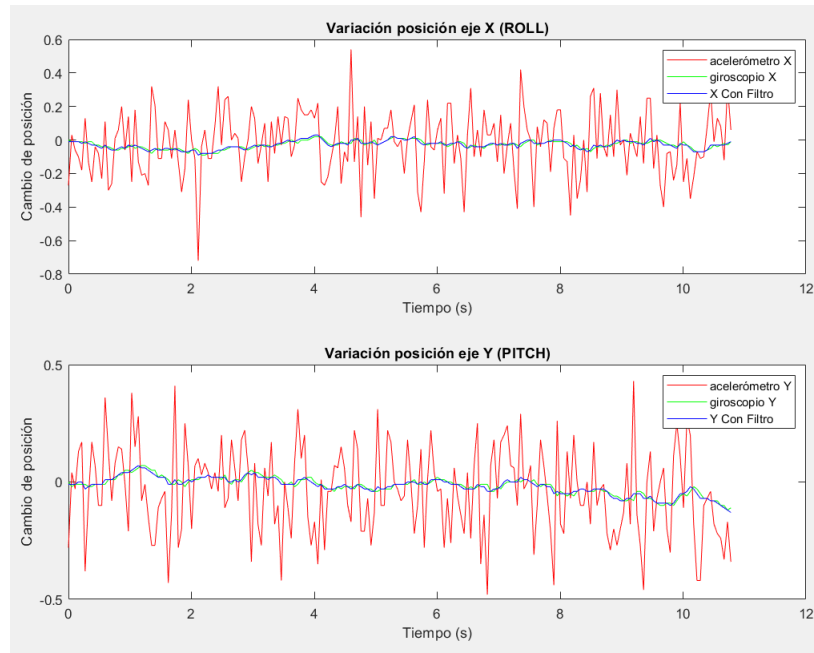


Figura 8: Filtro 0.95 y 0.05

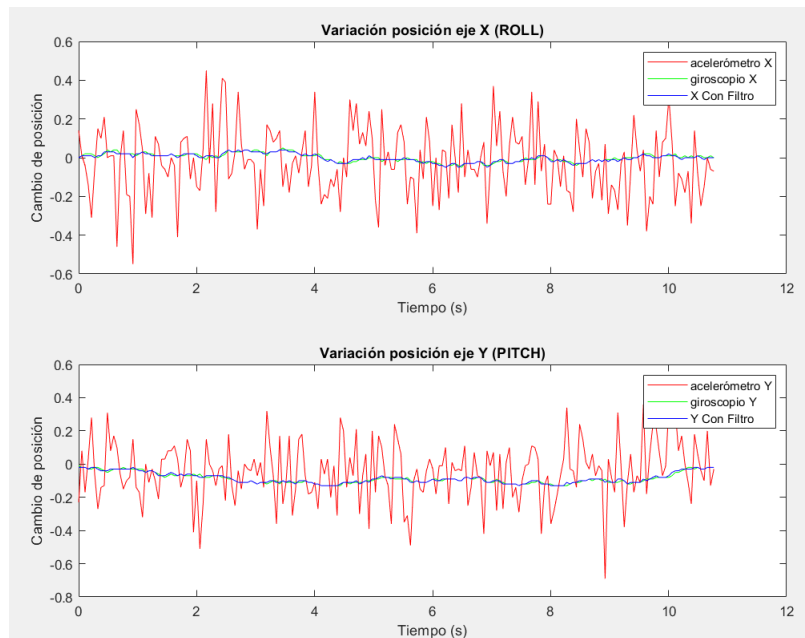


Figura 9: Filtro 0.97 y 0.03



## 2.2. Tarea h)

- **¿Qué valor de constante  $\tau$  se ha utilizado? ¿Cómo se ha calculado?** El valor de la constante  $\tau$  se puede calcular a partir de la constante  $\alpha$ . Esta constante  $\alpha$  corresponde con el factor de proporción visto en el apartado anterior. En este caso  $\alpha = 0.97$ .  $\tau$  se puede calcular como:

$$\alpha = 0.97 \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\tau}{\tau + dt} \quad (2)$$

$$\tau = \frac{dt}{1 - \alpha} \quad (3)$$

- **¿Qué similitud hay entre los ángulos que proporciona el filtro complementario, y los obtenidos directamente del acelerómetro y del giroscopio?** Estos ángulos están recalculados a partir de la combinación de ambos valores. Por lo que obviamente mantendrán similitudes. El ángulo obtenido del filtro complementario será similar a los obtenidos, pero con una disminución del ruido del acelerómetro y desviación del giroscopio.
- **¿El filtro consigue eliminar los errores típicos de las medidas del acelerómetro y del giroscopio?** Sí. Como se ha dicho en el apartado anterior, se puede ver como medidas sin sentido (como en la Figura [6] en el segundo 2 de la gráfica del eje Roll) se eliminan. Así, la desviación, que se puede ver en la Figura [3], también se corrige.
- **¿Los ángulos proporcionados por el filtro siguen fielmente a los obtenidos directamente del acelerómetro y del giroscopio, o se produce algún retardo?** En principio no se ha observado ningún retardo en este cálculo.

### 3. Actividad 3

#### 3.1. Tarea j)

Para realizar esta simulación se han cogido los datos de la trayectoria empleada en las otras actividades. El funcionamiento del programa es muy básico y un poco rudimentario. Están implementados tanto los métodos para crear un cubo con la función **plot3** como con la función **patch**. Simplemente se ha comentado uno de ellos.

Una vez creado el objeto y plotado, como se ve en la Figura [10], simplemente se ha creado un bucle que rota el cubo a los ángulos que se han cargado del archivo *.csv*. Esta rotación se realiza cada 50ms, tratando así de simular la trayectoria real que se ha hecho de la forma más realista posible.

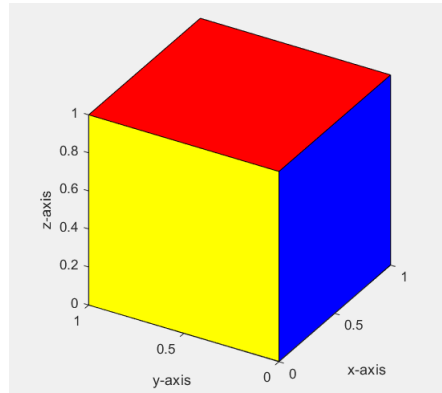


Figura 10: Objeto 3D creado en MatLab para simulación

Algunas de las posiciones ploteadas se pueden ver en las Figuras [11a] y [11b].

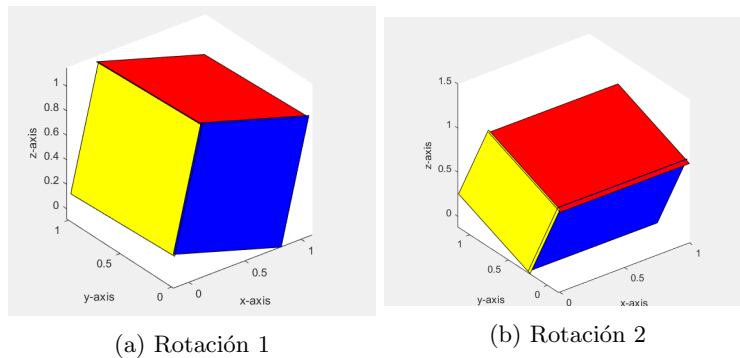


Figura 11: Objeto 3D en una posición cualquier rotada