



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO MECATRÓNICO ADAPTABLE QUE PERMITA LA MOVILIDAD DE SILLAS DE RUEDAS, CONTROLADA POR SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS, PARA LA EMPRESA ALGORITMUN CIA. Ltda.



**AUTORES: ALDÁS ARIAS ALEX SEBASTIÁN
VANEGAS JADÁN, JUAN ANDRÉS
DIRECTOR: MSc. SÁENZ ENDERICA, FABIÁN GUSTAVO**

ANTECEDENTES

Sillas de Ruedas y ondas EEG



Escuela Politécnica Federal de Lausana



Universidad de Zaragoza.
Interfaz Cerebro Máquina (BCI)



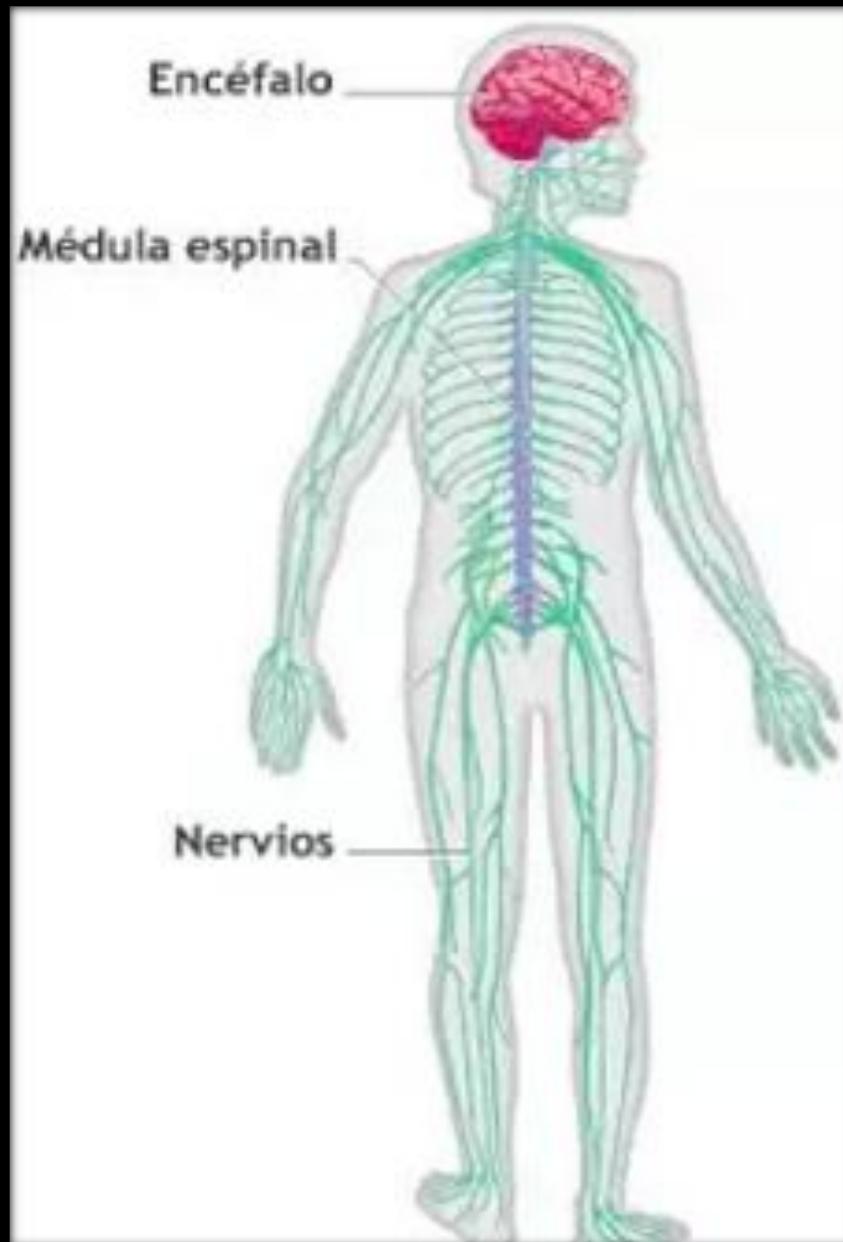
Módulo Lázaros L-250



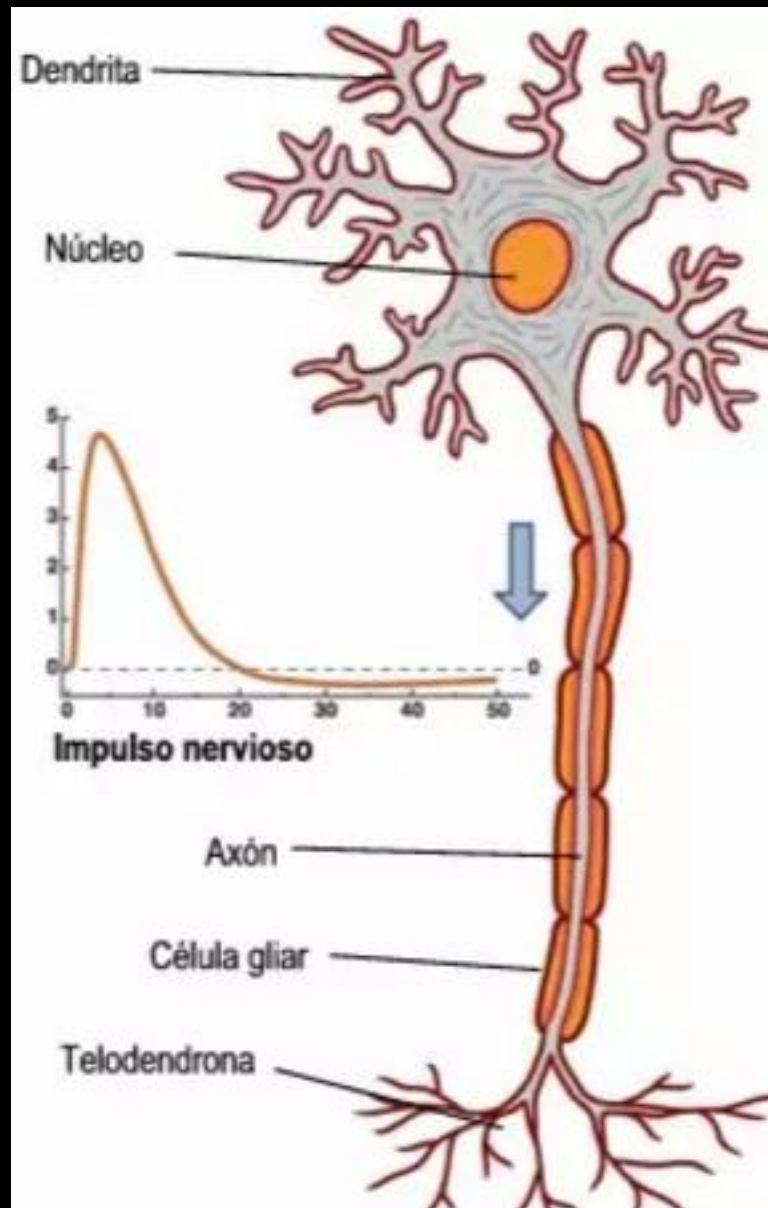
Dragonfly Handcycle

- Organización Mundial de la Salud (2011): 15% de la población mundial viven con algún tipo de discapacidad.
- Ecuador: alrededor del 12.1% de la población tiene alguna discapacidad y son de bajos recursos económicos.
- Los campos de estudio del aprendizaje automático, y ondas electroencefalográficas no han sido muy explorados en nuestro país.

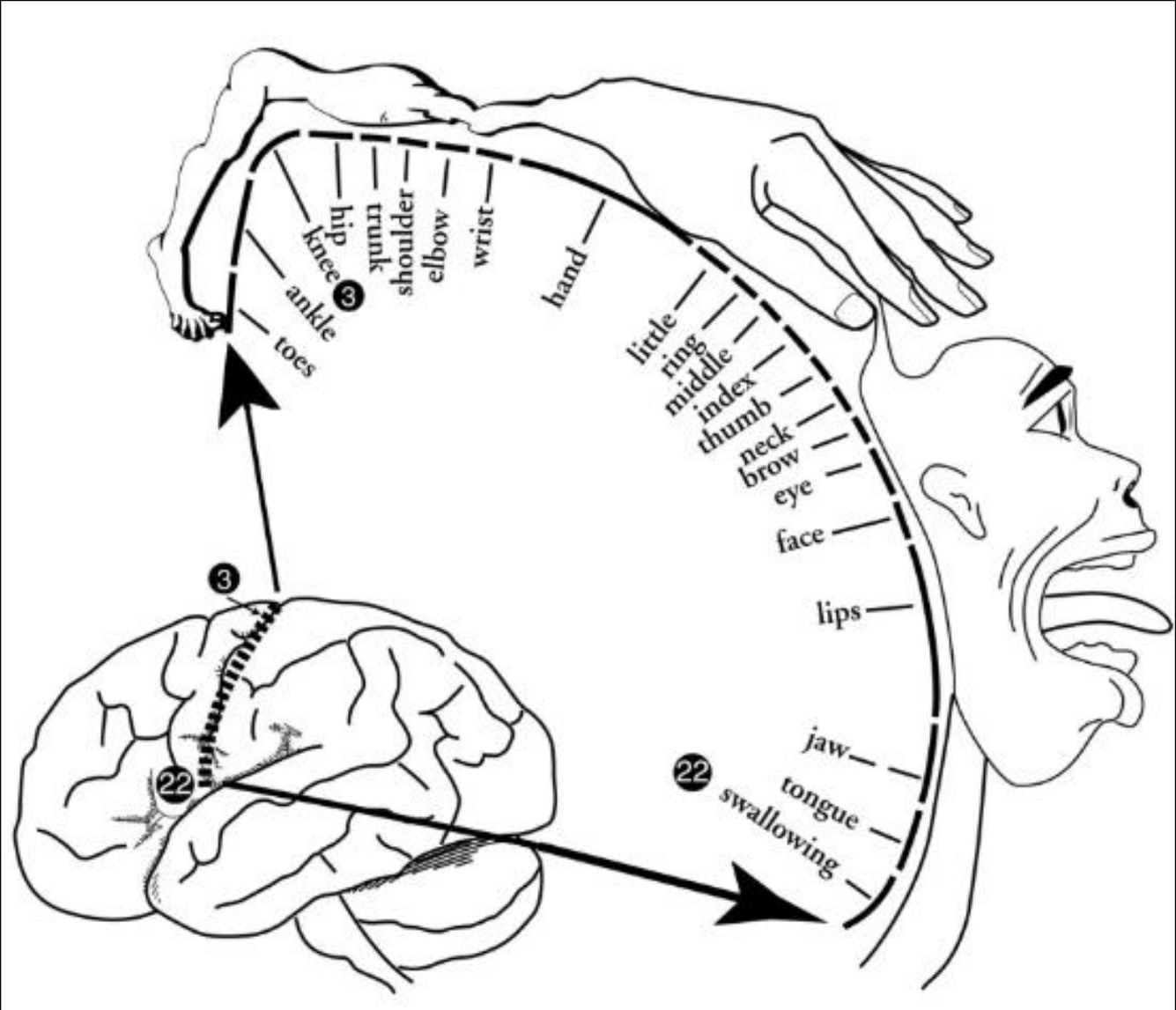
Sistema nervioso



Neurona



El homúnculo de Penfield



DISEÑO MECÁNICO

Requerimientos:



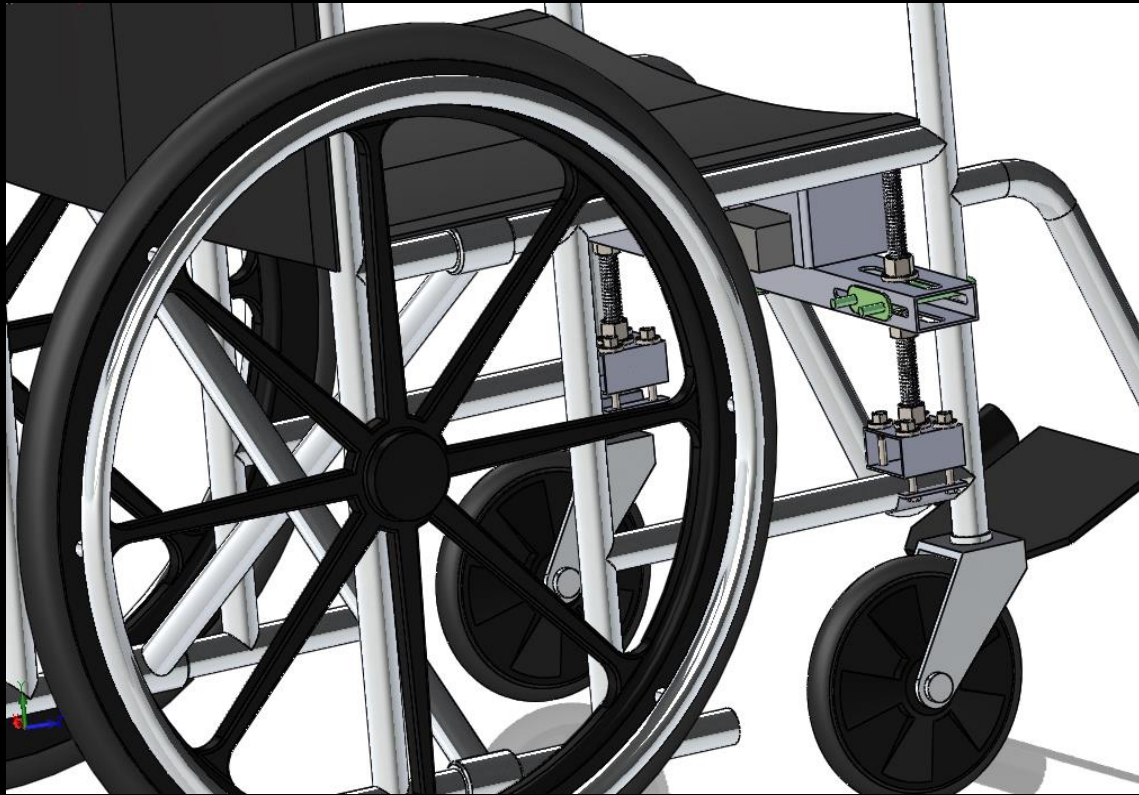
Green E-Motion **OEM&ODM**

CE ISO 9001 CQC

Análisis de sillas de ruedas



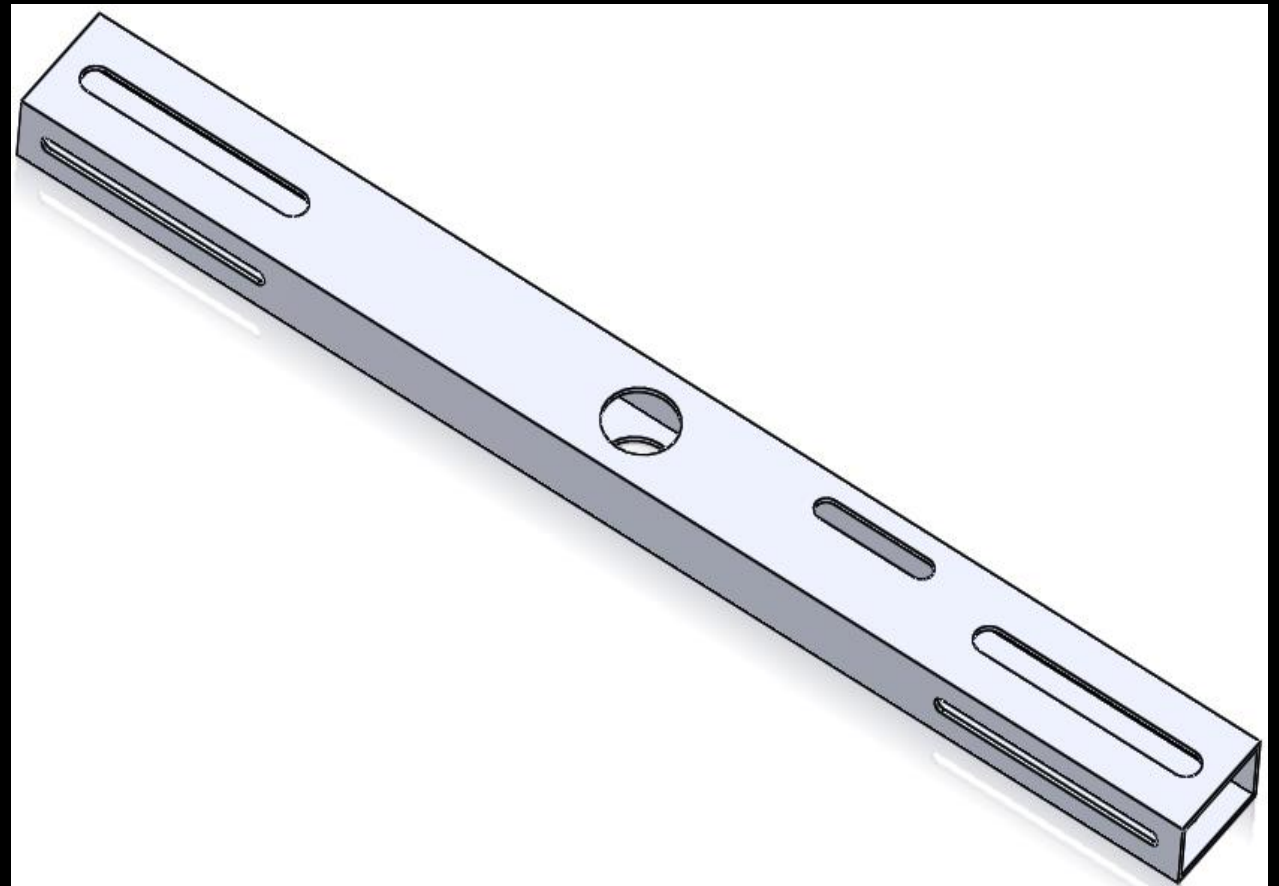




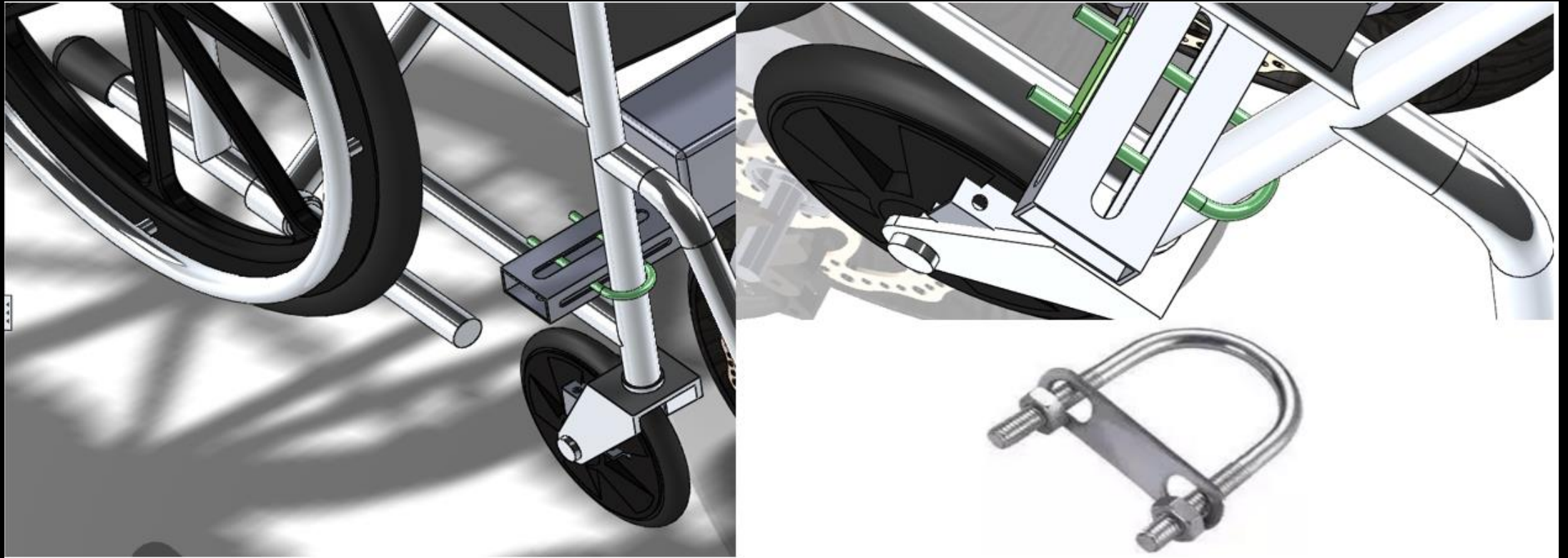
PERFIL DE SOPORTE

| | Ancho de asiento | Largo total |
|--------|---|---|
| |  |  |
| 1400SR | 41 | 99 |
| | 43 | |
| | 45 | |
| 1401SR | 41 | 105 |
| | 43 | |
| | 45 | |

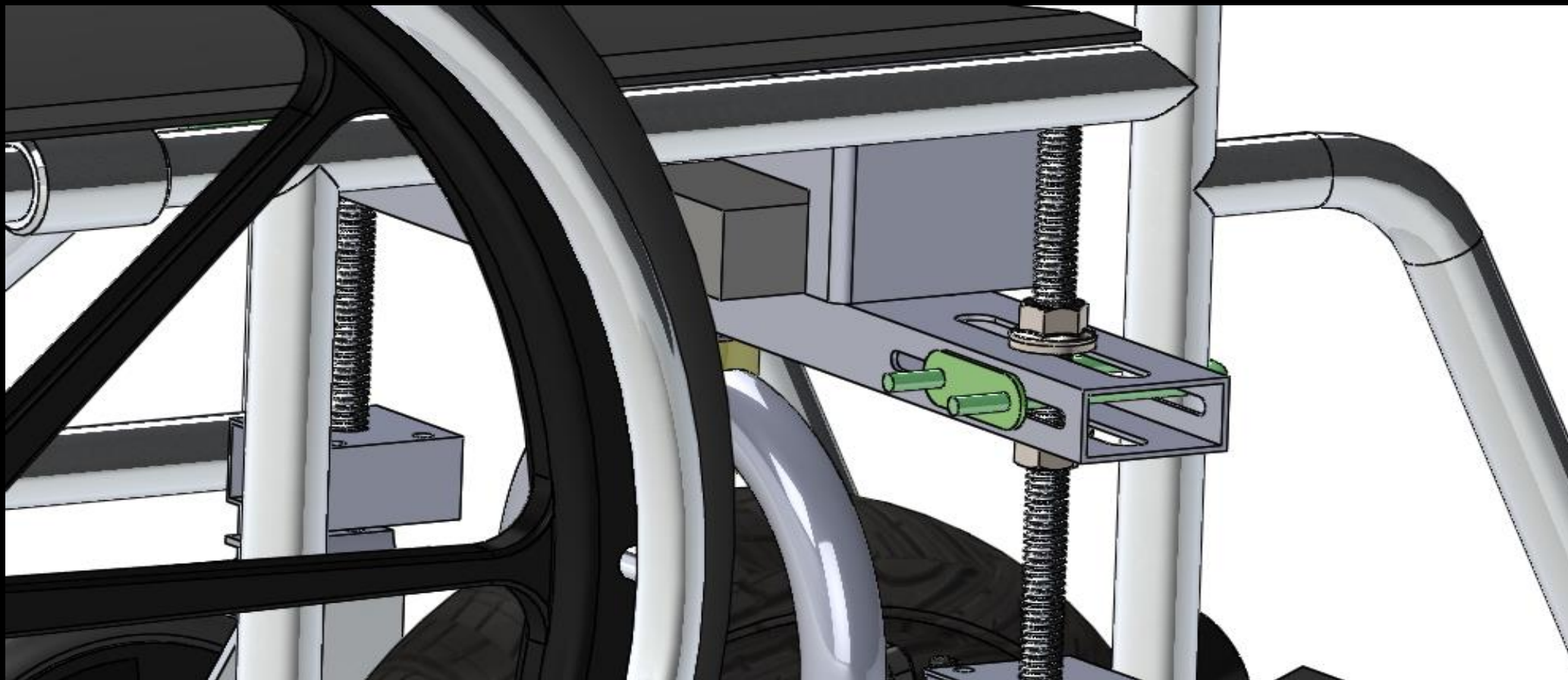
Todas las medidas en centímetros.



Sujeción Vertical



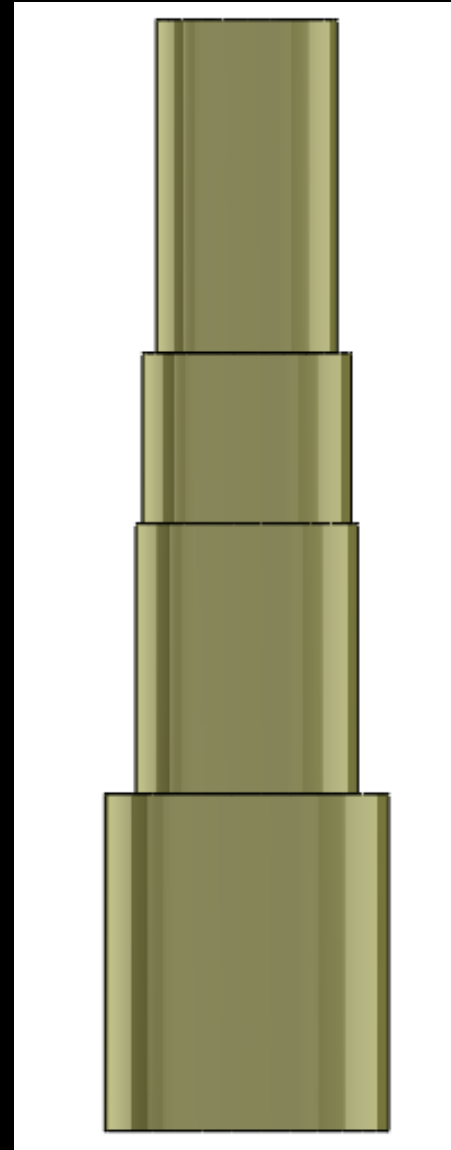
Eje Roscado

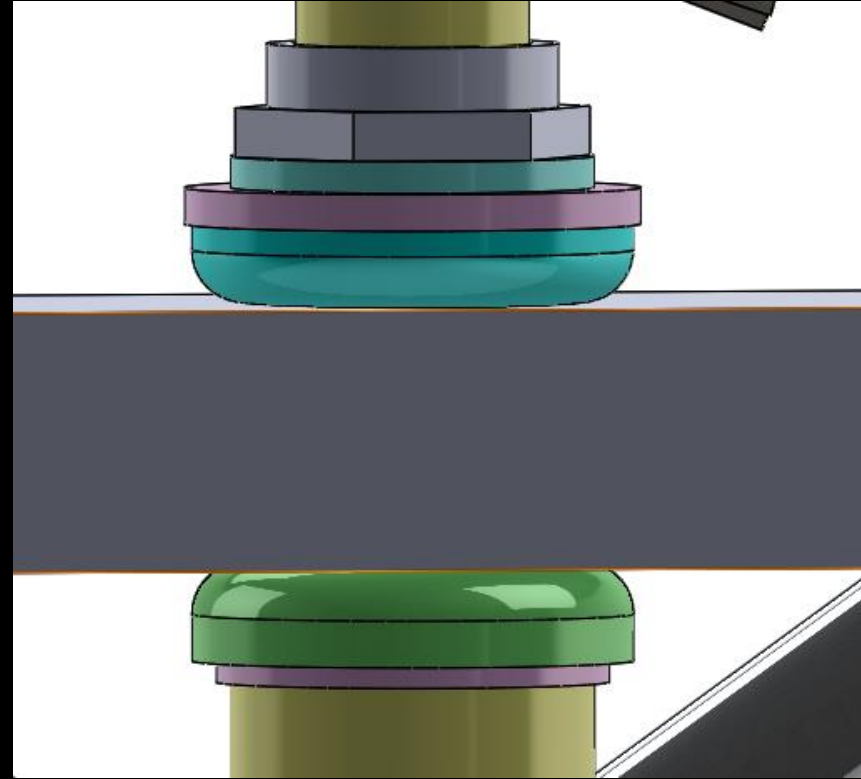
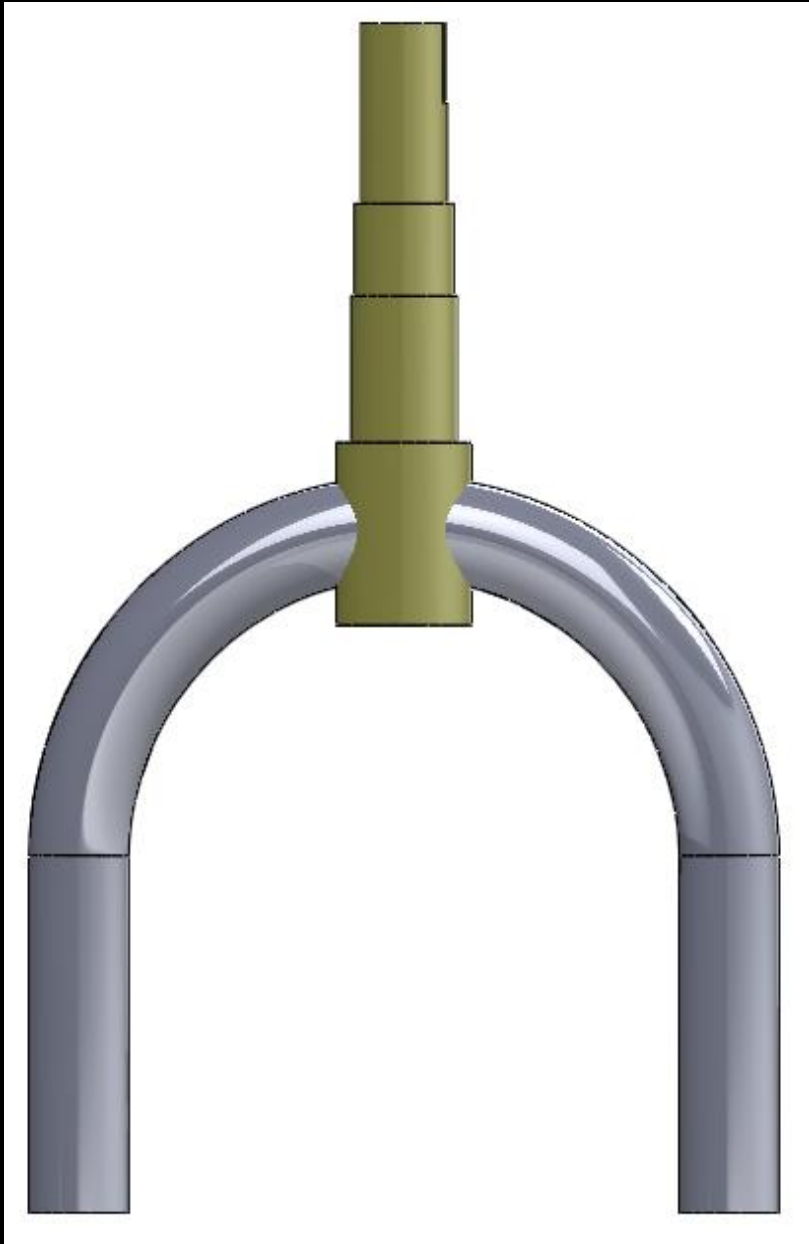


Sujeción Horizontal

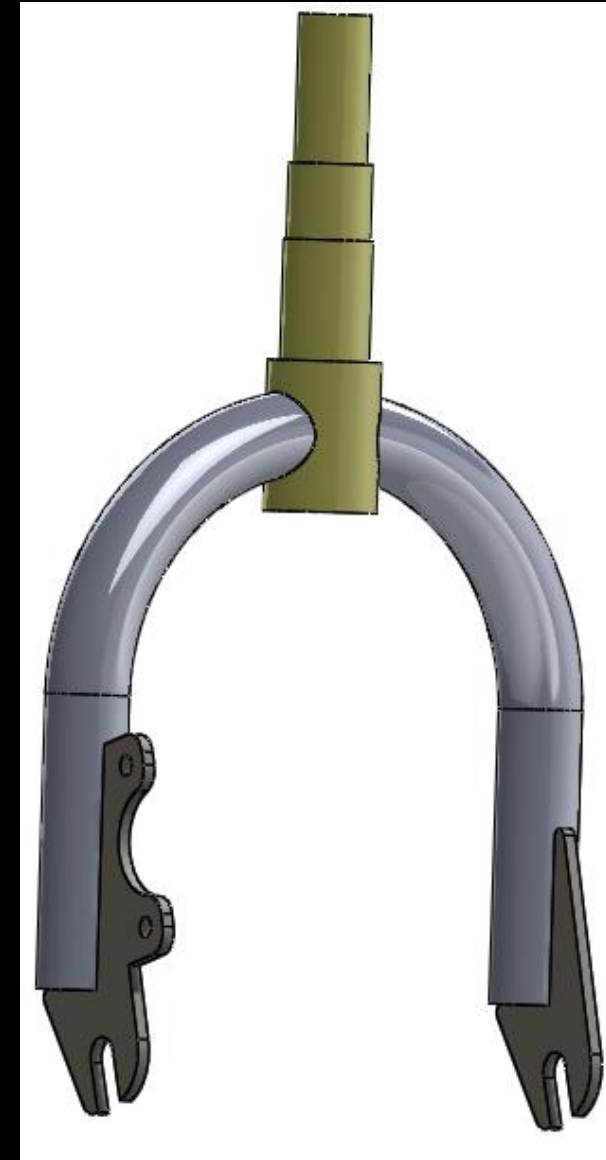
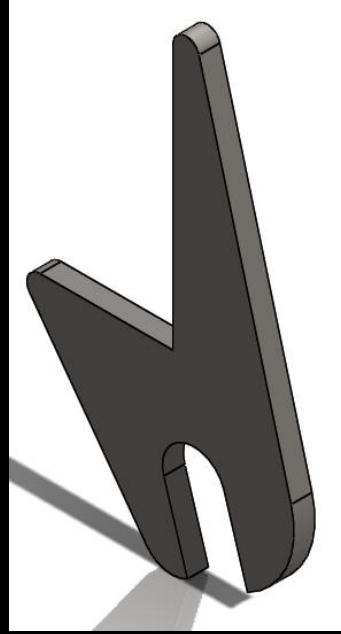
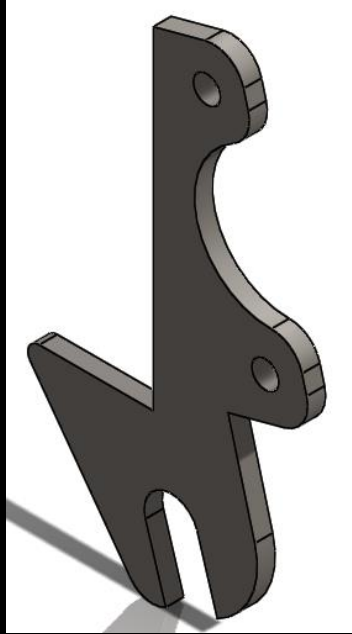


Fork (trinche)

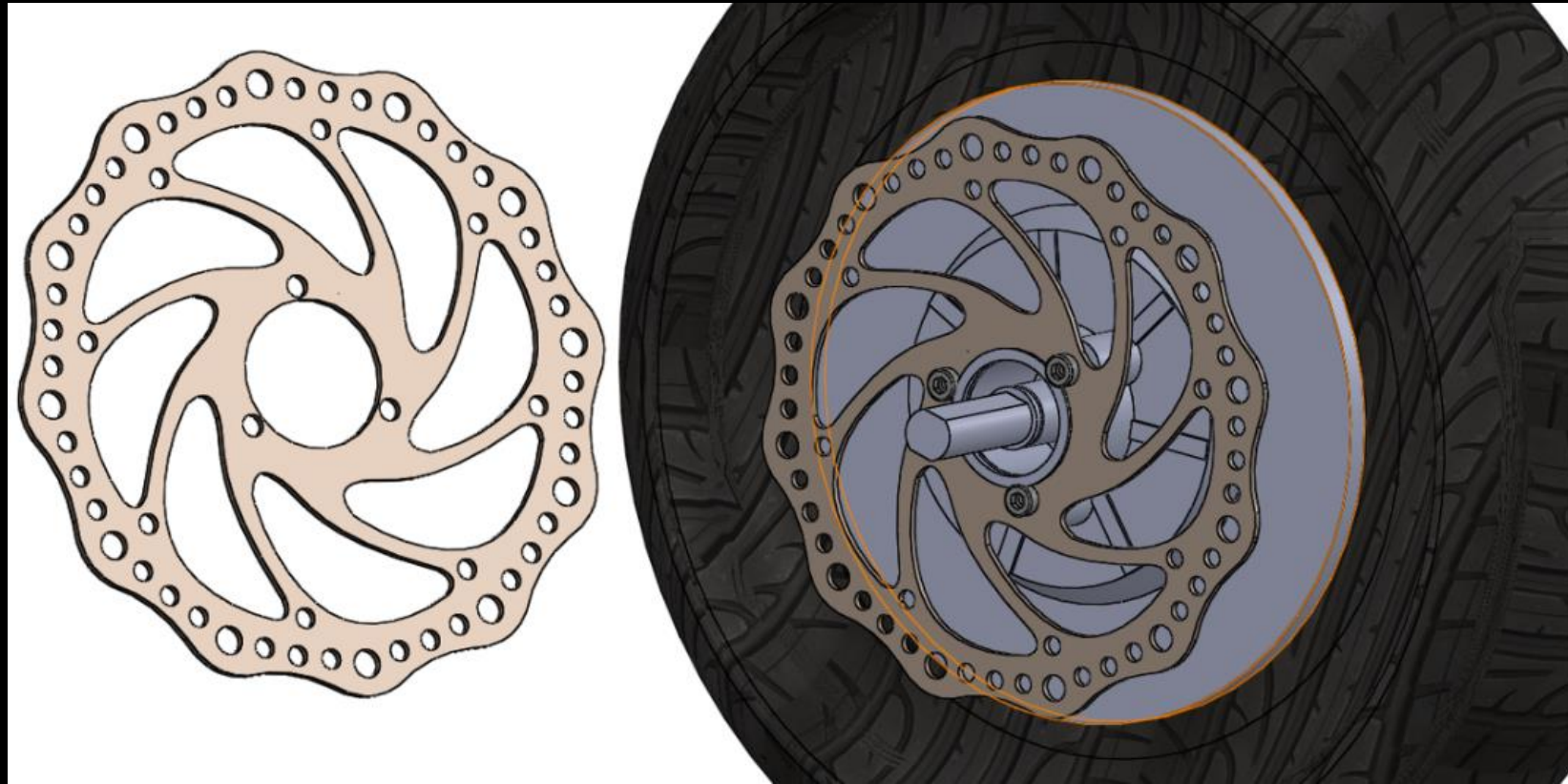




Soportes del trinche



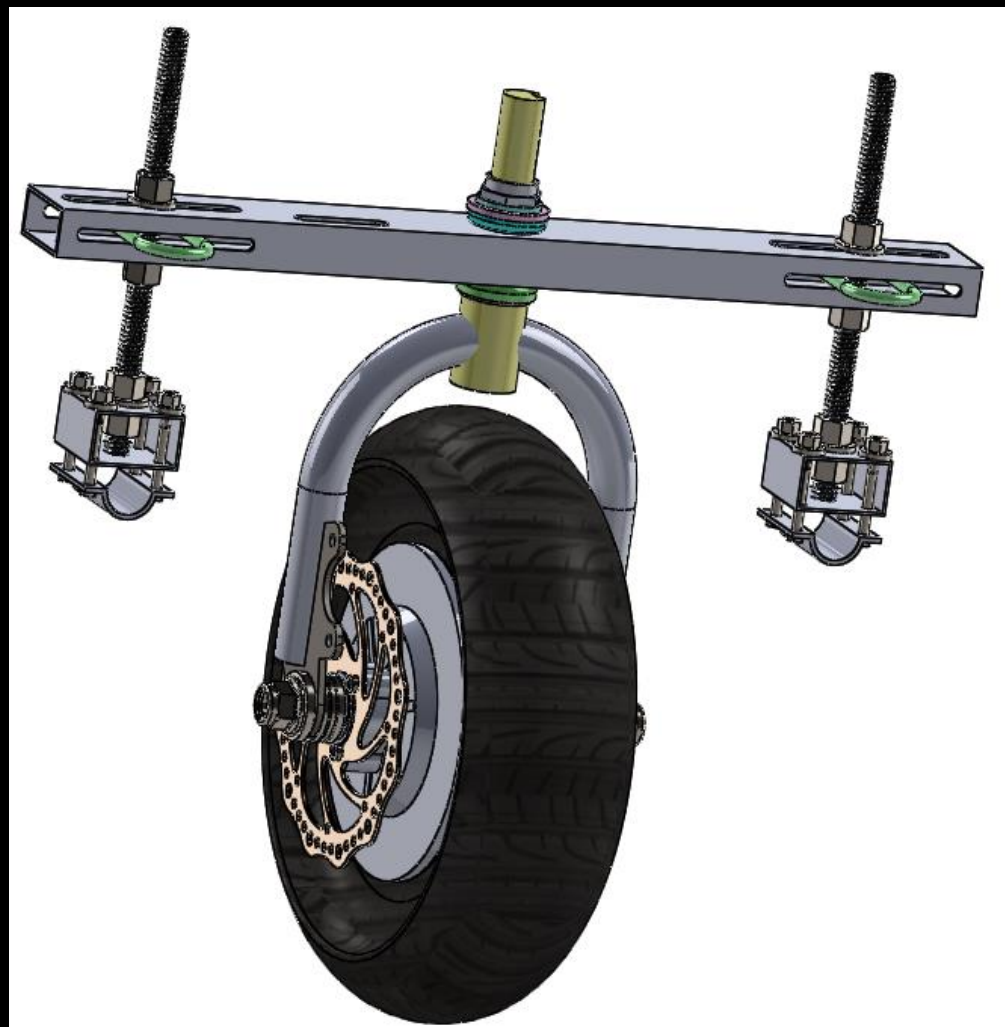
Disco para el frenado



Unión de la rueda con el trinche



Montaje sobre el perfil



Acople de la mordaza



Diseño de engranes cónicos

- ◇ Torque requerido: 27.0573 Nm
- ◇ Relación de engranes: 3:1
- ◇ Torque del motor a pasos: 15.5 Nm
- ◇ Torque obtenido con la relación de engranes: $15.5 * 3 = 46.5 \text{ Nm}$
- ◇ Ángulo de presión ϕ (PA): 20
- ◇ Módulo (MDL): 1,5

Engrane de 15 dientes (piñon)

| | |
|--------------------------------|--------|
| Diámetro de paso (PD)mm | 22,50 |
| Profundidad total (WD) mm | 3,23 |
| Diámetro externo (OD) mm | 25,50 |
| Diámetro de raíz (RD) mm | 19,02 |
| Círculo base (BC) mm | 21,147 |
| Paso circular (CP) mm | 4,71 |
| Espesor circular diente (T) mm | 2,35 |
| Ángulo cónico de paso (grados) | 18,43 |
| Diámetro exterior | 25,34 |

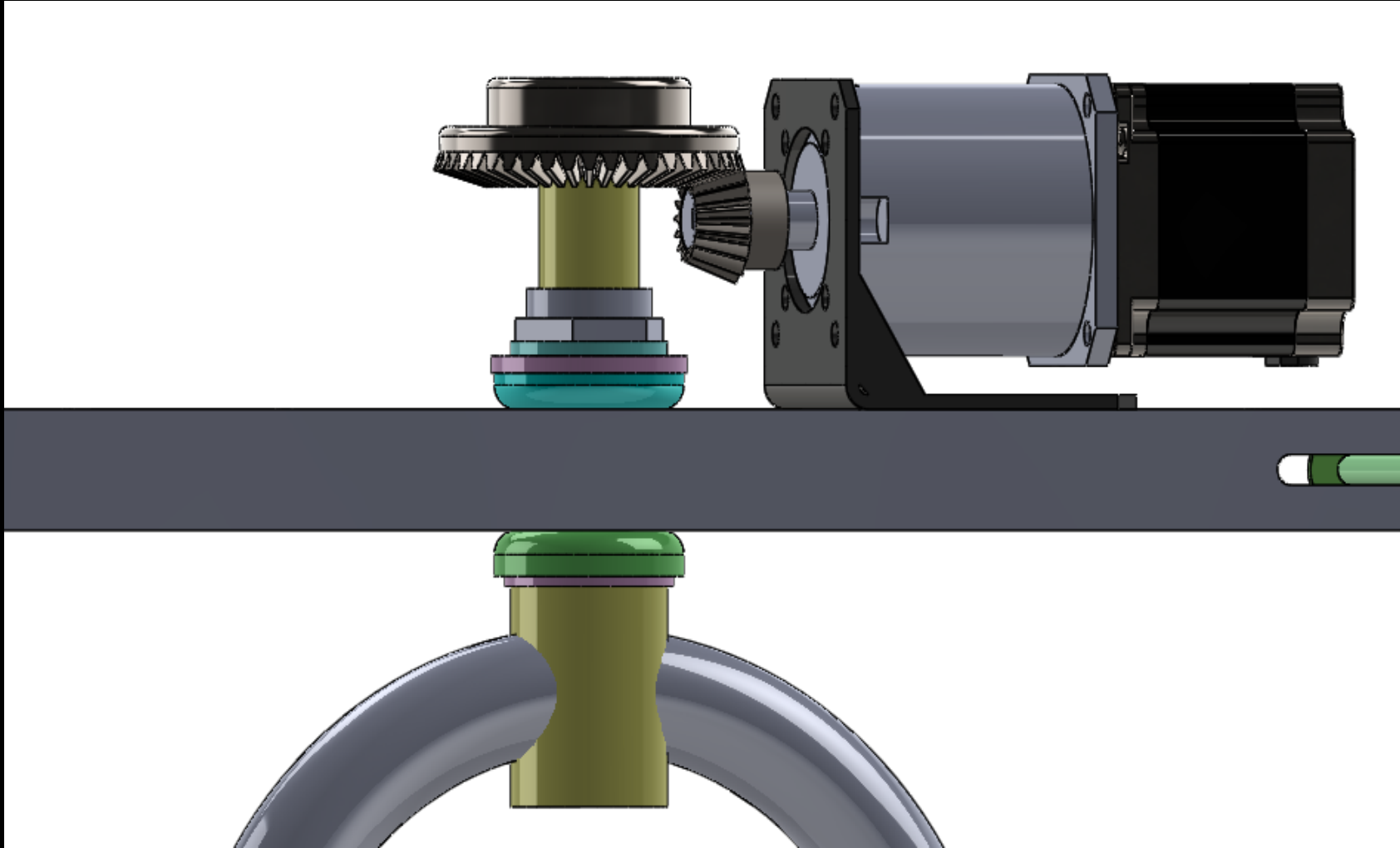


Engrane de 45 dientes

| | |
|--------------------------------|-------|
| Diámetro de paso (PD)mm | 67,50 |
| Profundidad total (WD) mm | 3,23 |
| Diámetro externo (OD) mm | 70,5 |
| Diámetro de raíz (RD) mm | 64,02 |
| Círculo base (BC) mm | 63,42 |
| Paso circular (CP) mm | 4,71 |
| Espesor circular diente (T) mm | 2,35 |
| Ángulo cónico de paso (grados) | 71,56 |
| Diámetro exterior | 68,44 |



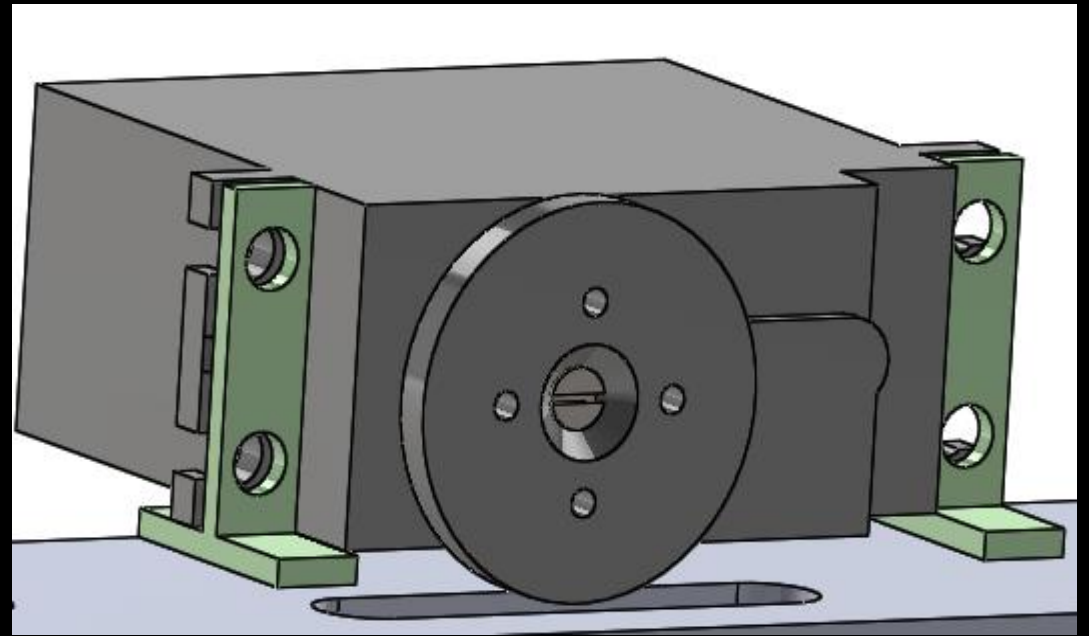
Montaje de los engranes



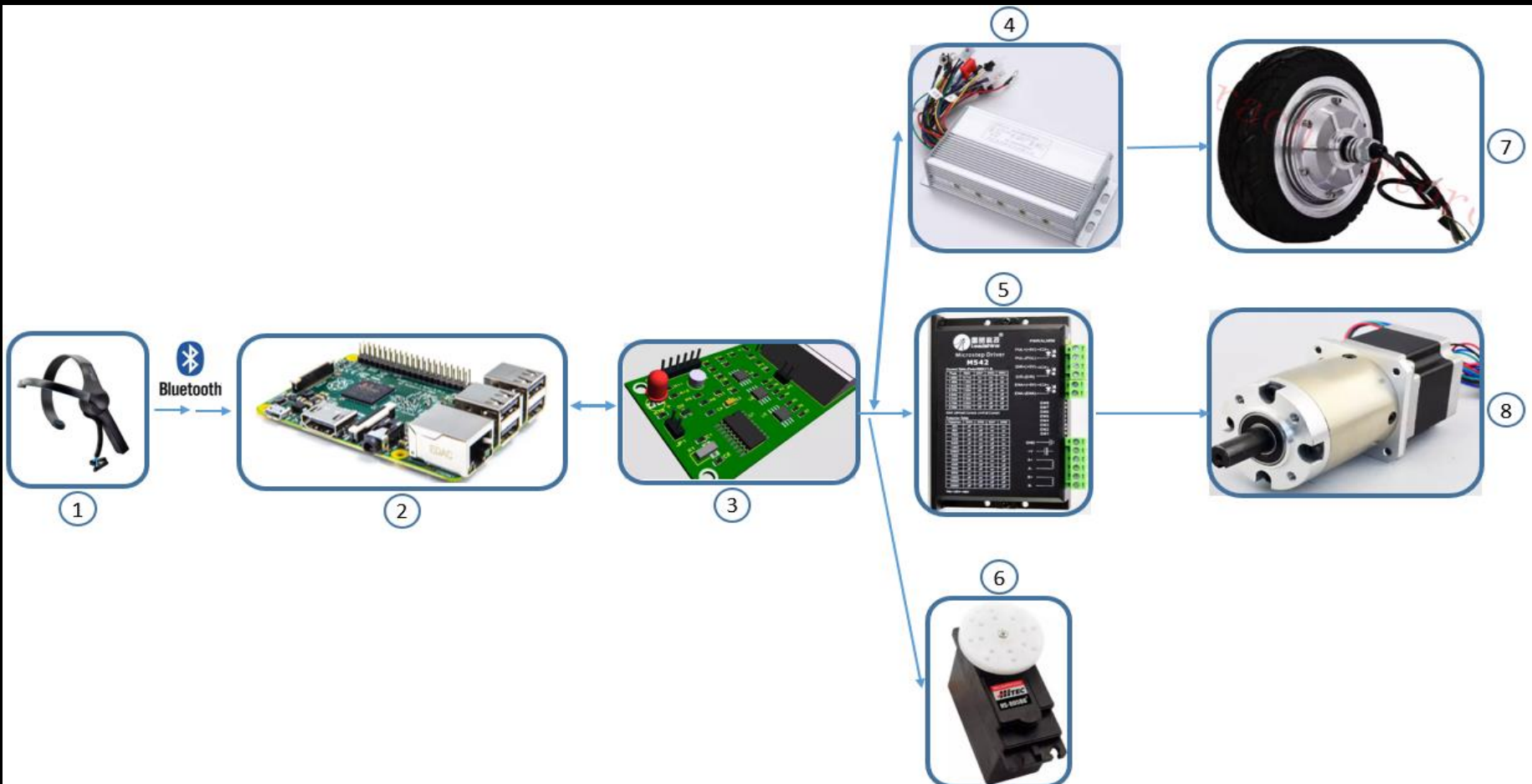
$$M_r = 27.0573 \text{ Nm}$$

Requerimientos para el frenado

- ◇ Fuerza necesaria para accionar el freno 1,5Nm.
- ◇ Sevomotor HS-805, 2Nm

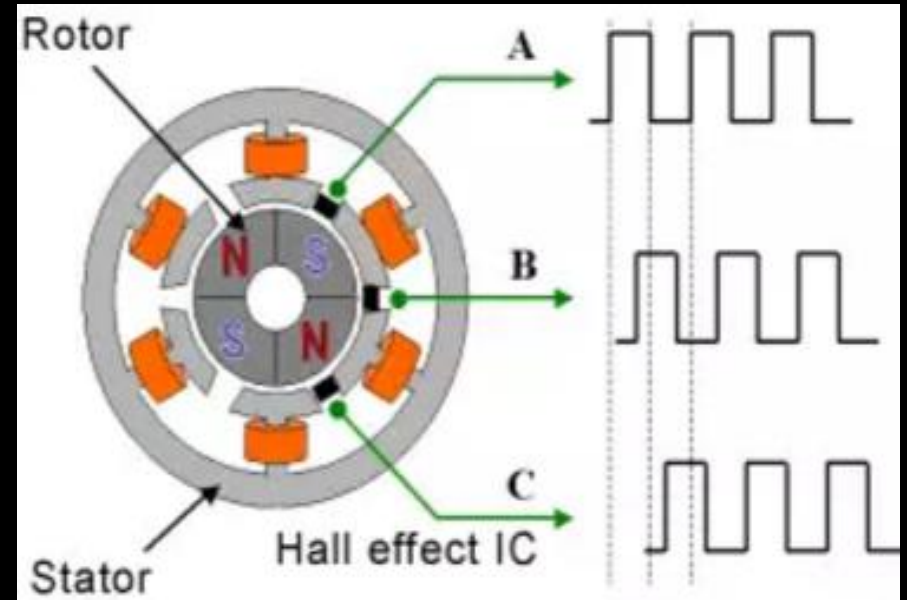
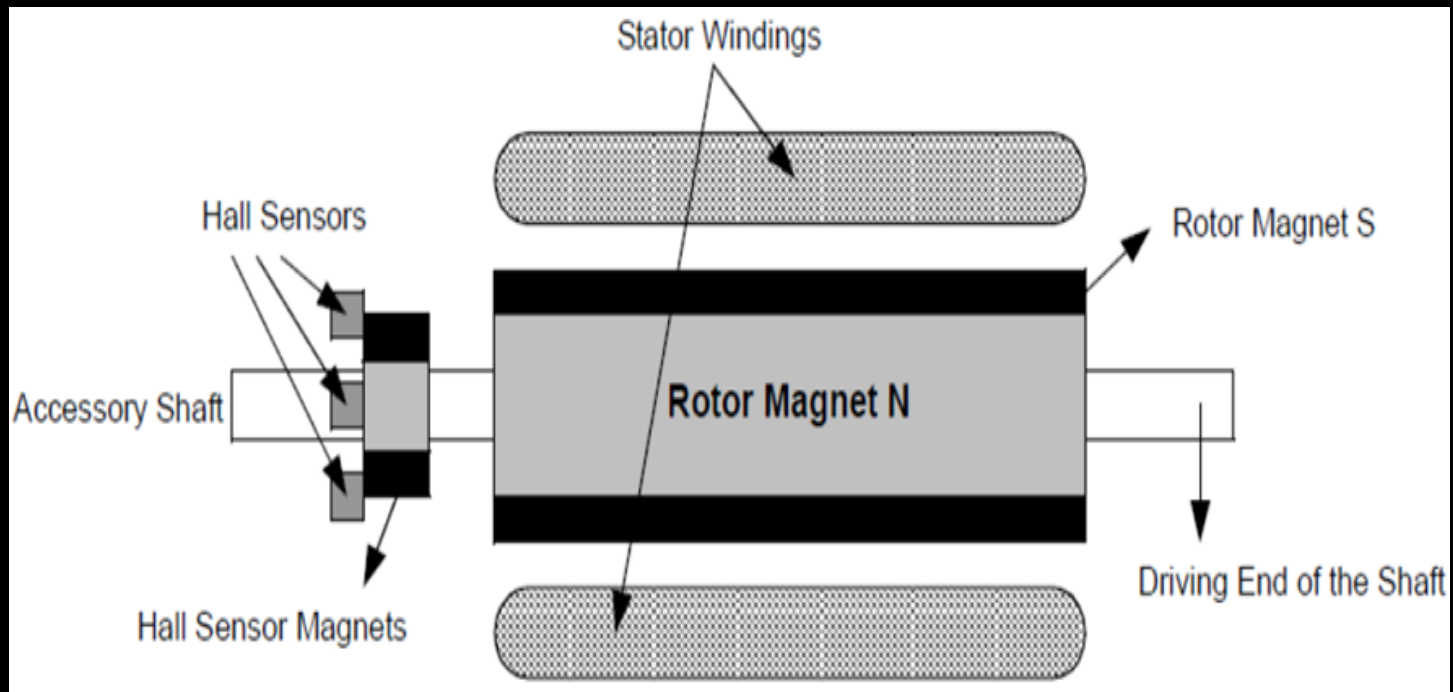


DISEÑO ELECTRÓNICO

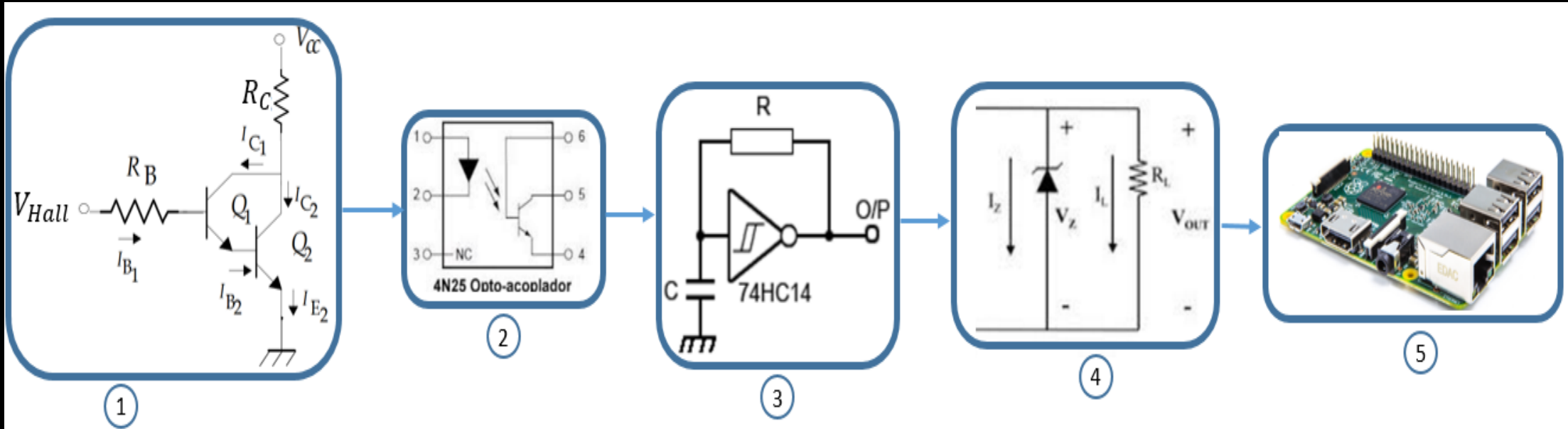


1. Mindwave
2. Raspberry pi 2
3. Tarjeta de control
4. Speed control para motor brushless
5. Servo Hitec HS-805 Mega Power
6. Motor Brushless 350W
7. Motor Nema 23 15.5Nm

Diseño de la placa de control



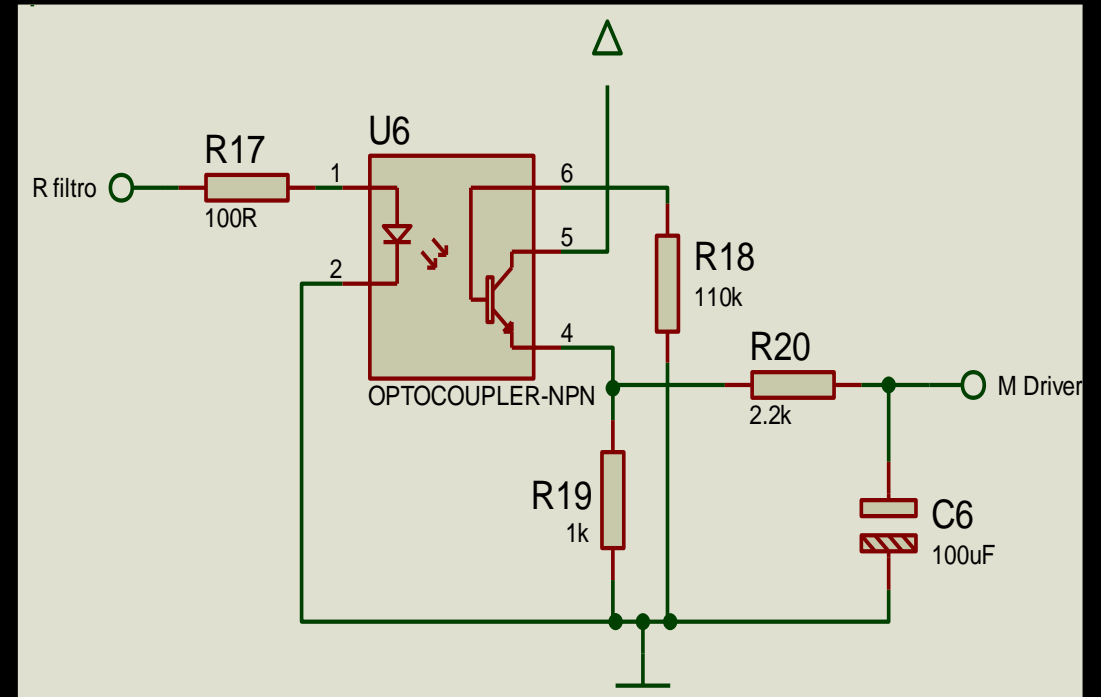
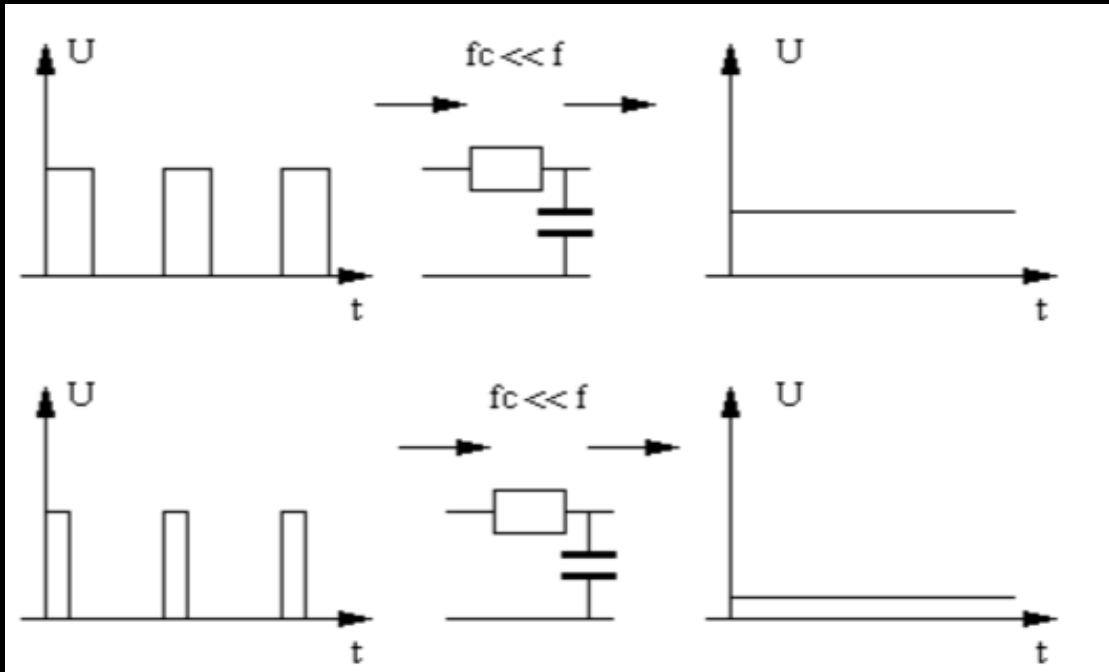
Acondicionamiento de señal para el control de velocidad



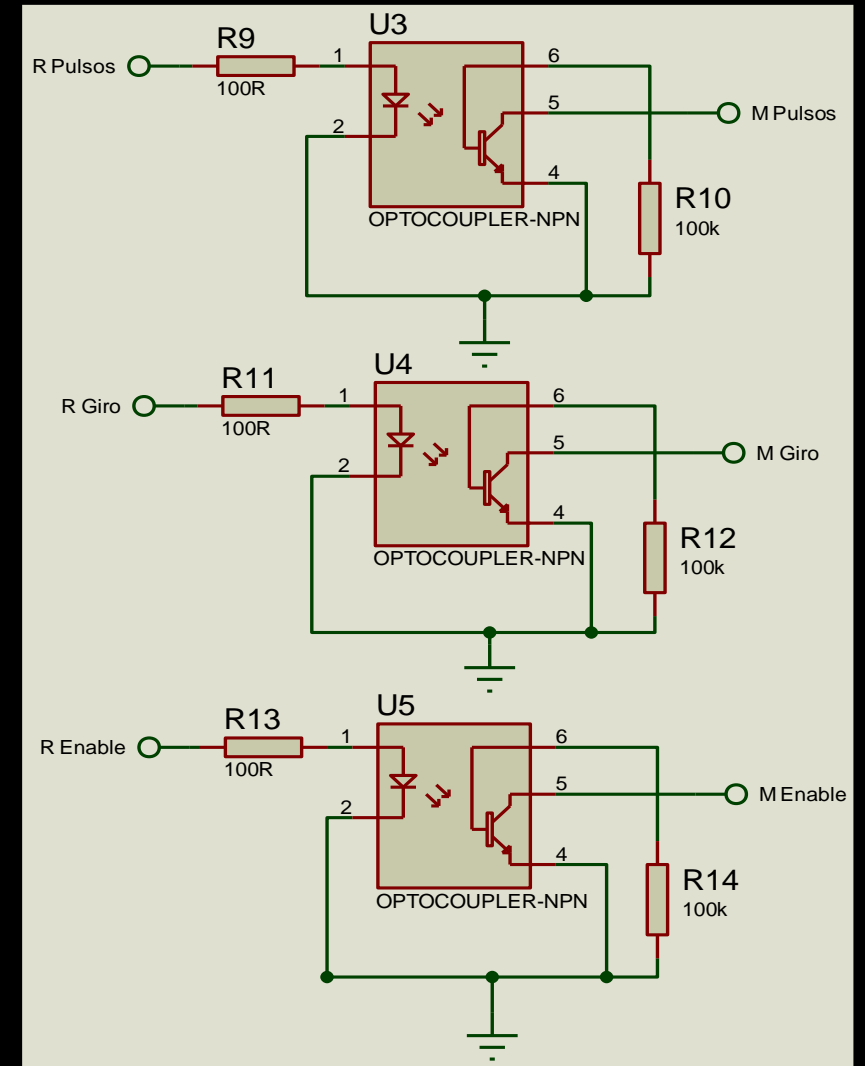
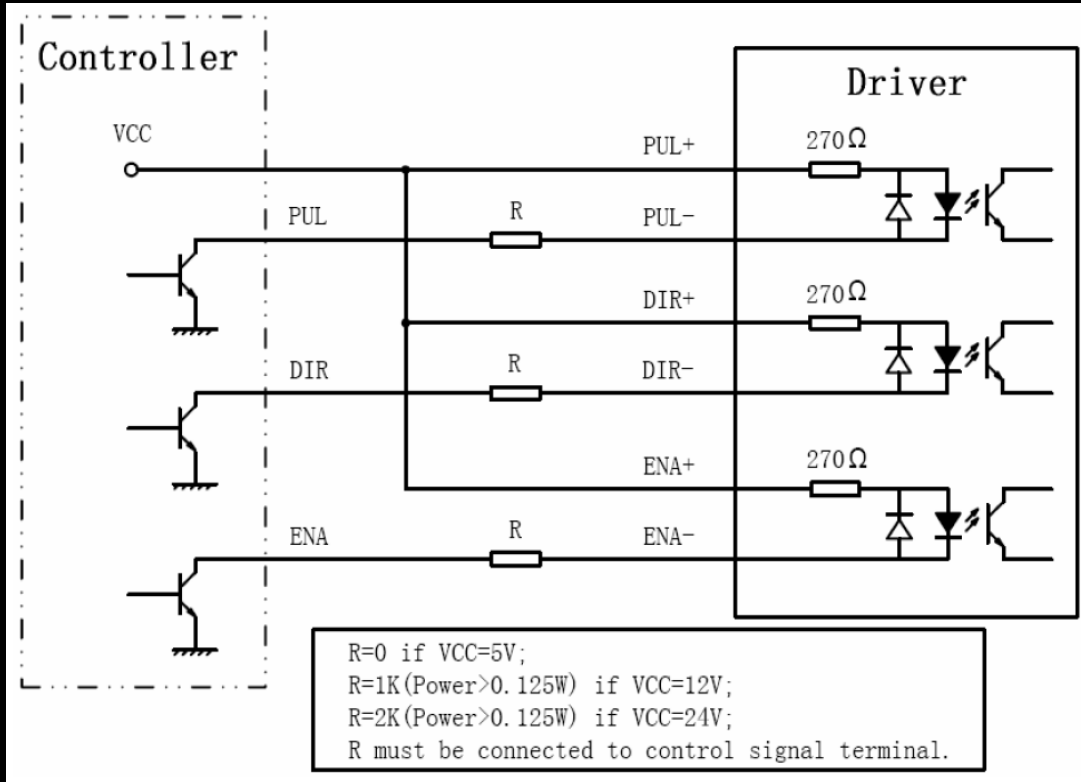
El circuito de acondicionamiento consta de 5 fases:

- ◇ Configuración Darlington
- ◇ Opto-acoplador
- ◇ Smith Trigger
- ◇ Reducción de voltaje a 3.3V
- ◇ Llegada de la señal a la Raspberry pi

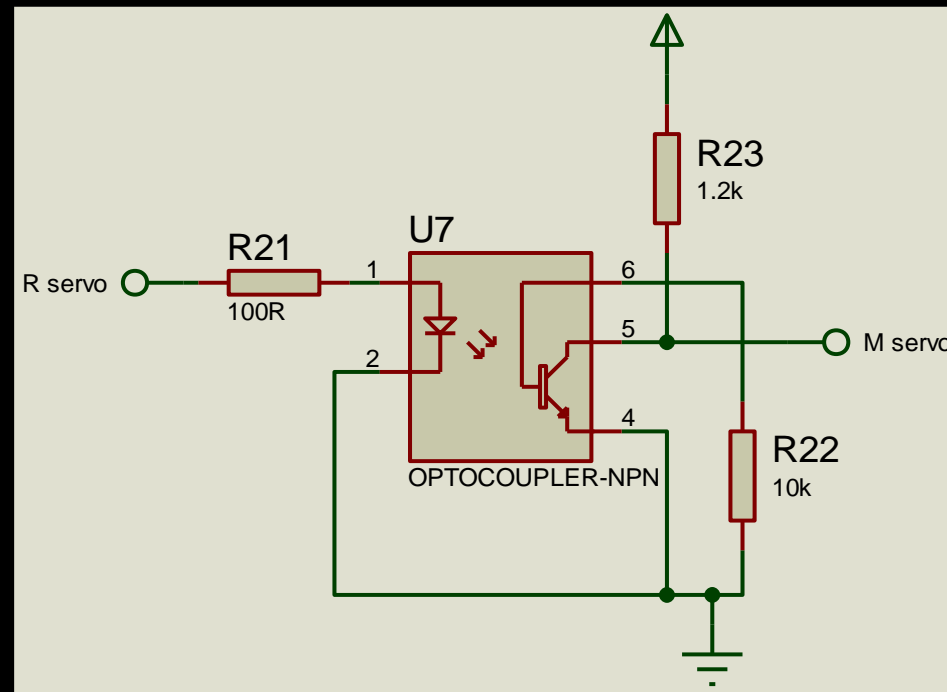
Filtro RC para circuito de control de velocidad



Circuito de control para el driver del motor a pasos

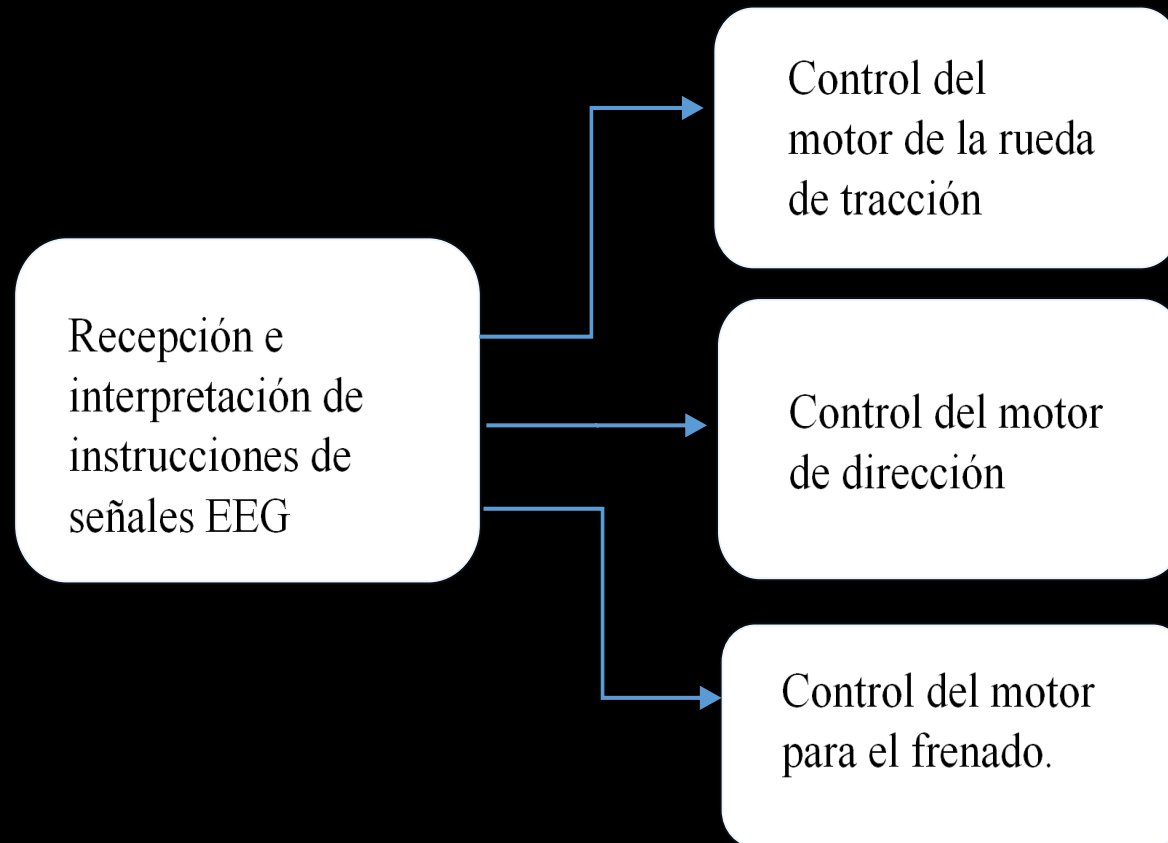


Circuito para señal del servomotor

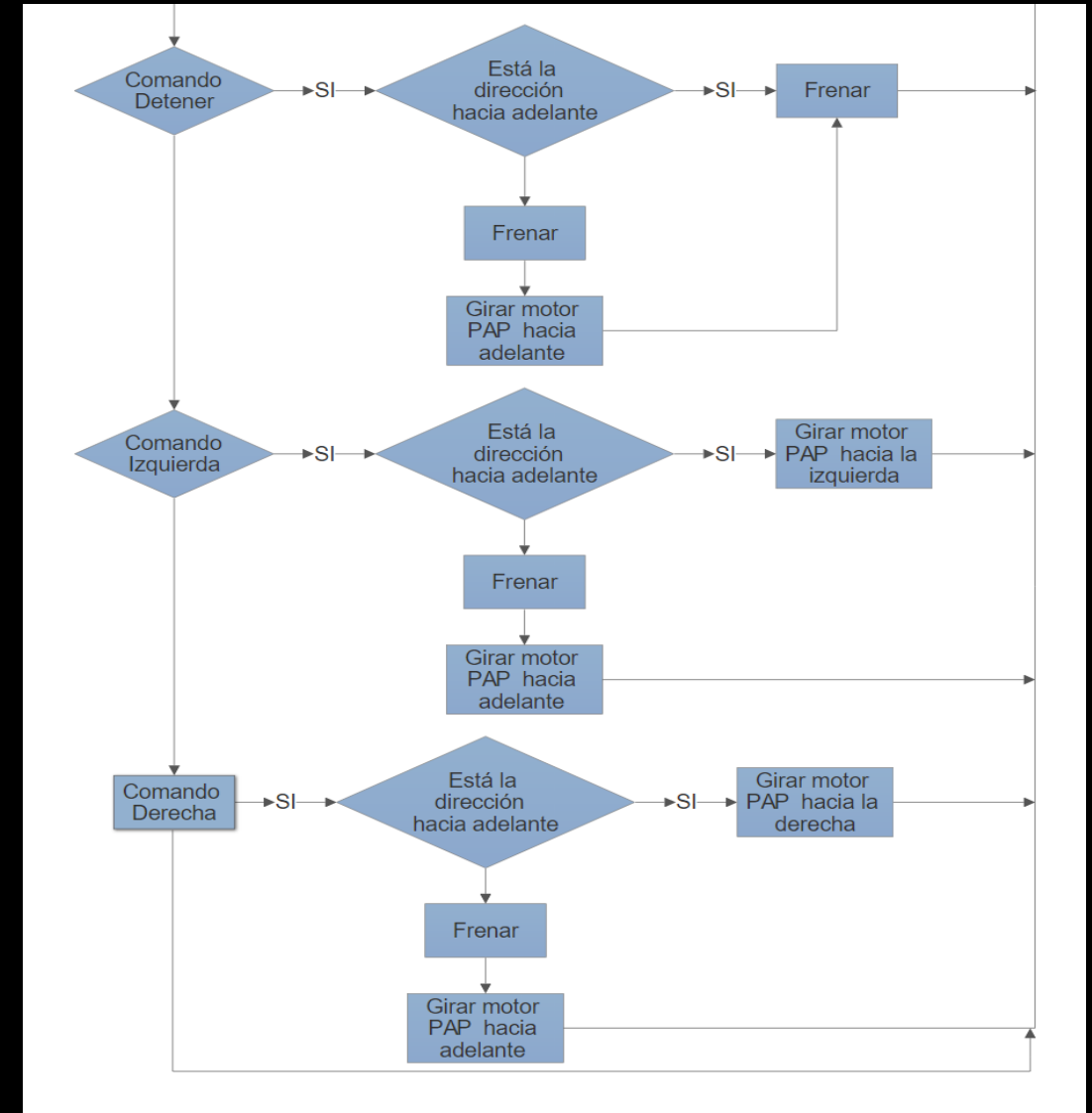
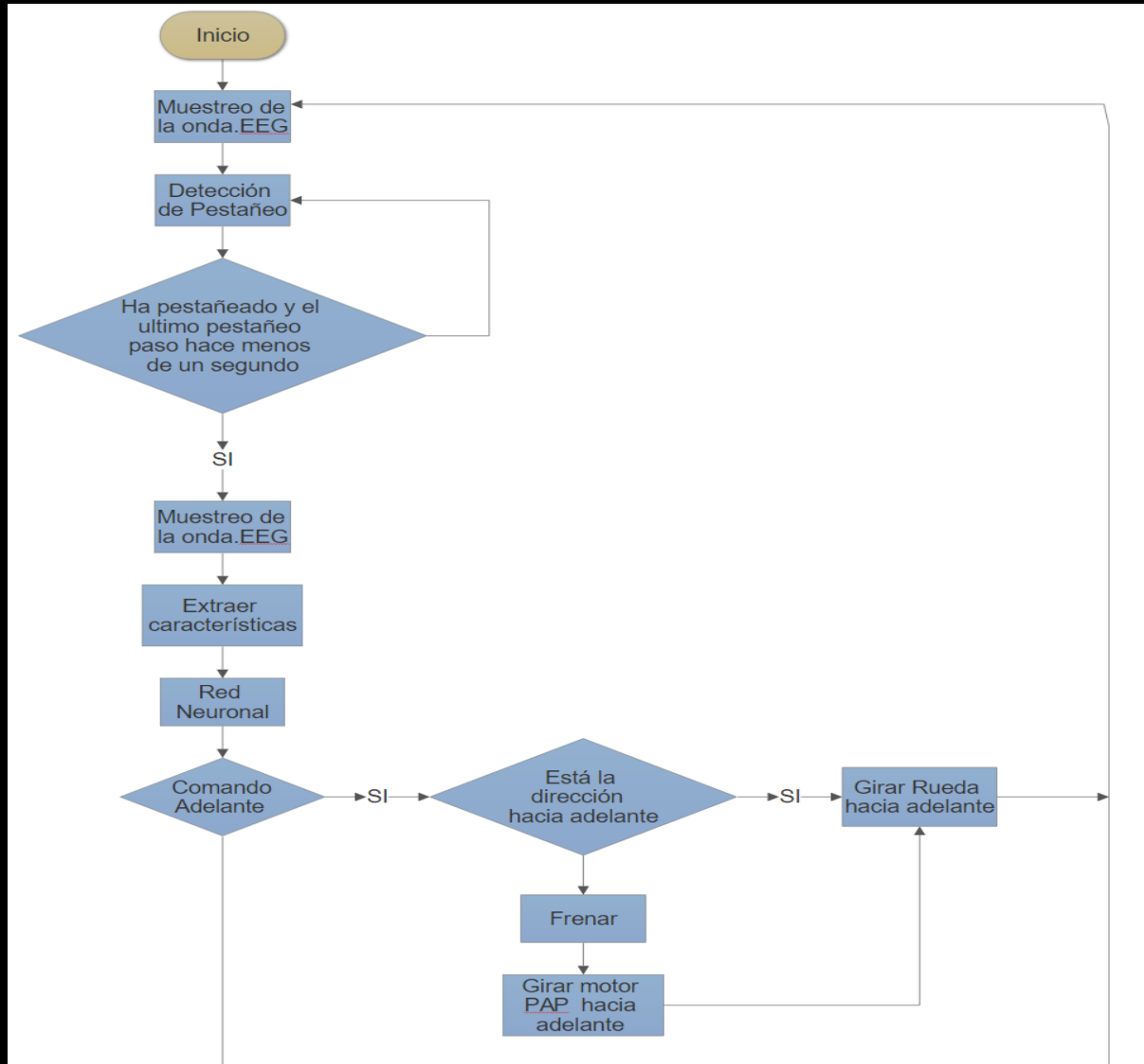


DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

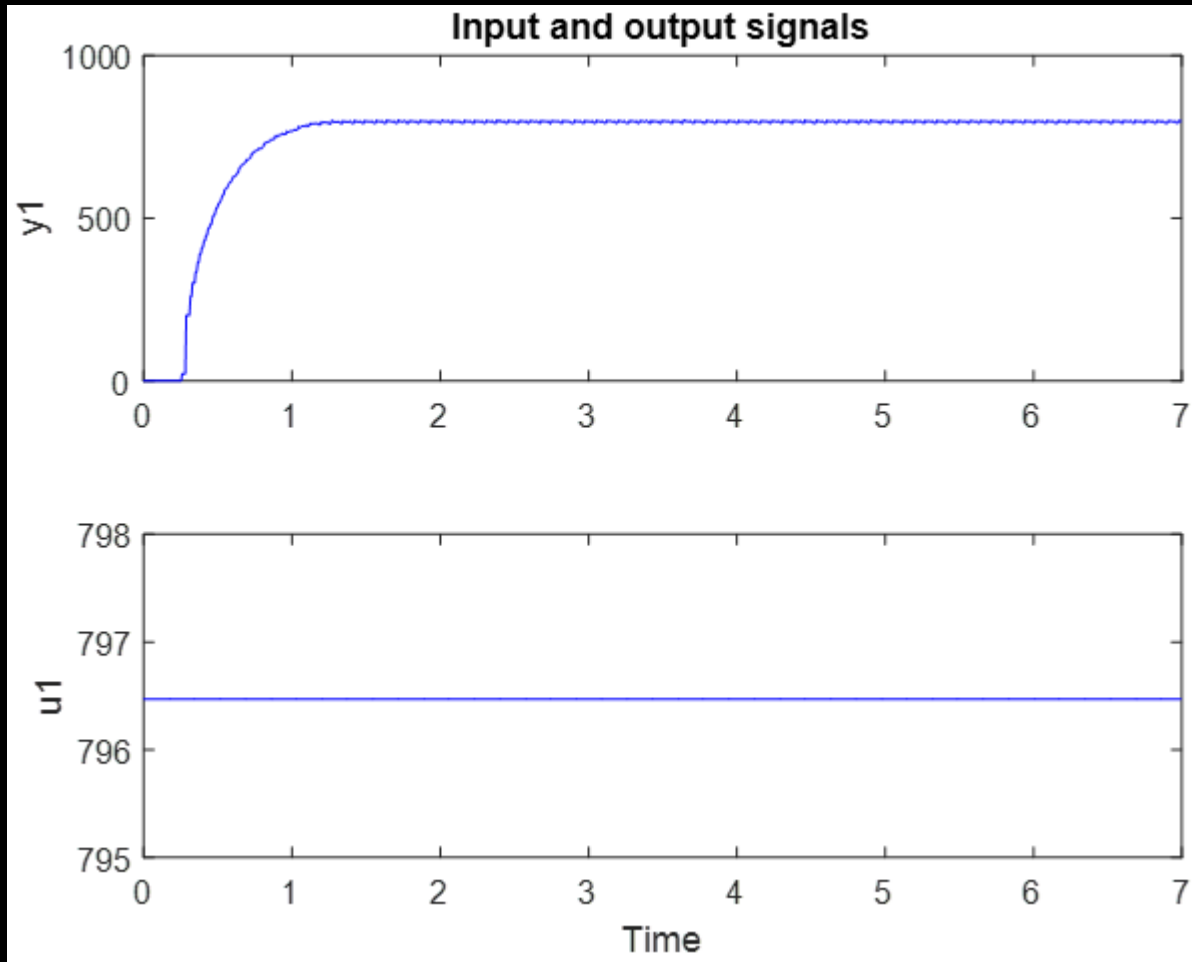
Esquema general del Sistema de control



Interpretación de los comandos



Control del motor de la rueda de tracción



Process model with transfer function:

$$G(s) = \frac{K_p}{1+2*\zeta*T_w*s+(T_w*s)^2} * \exp(-T_d*s)$$

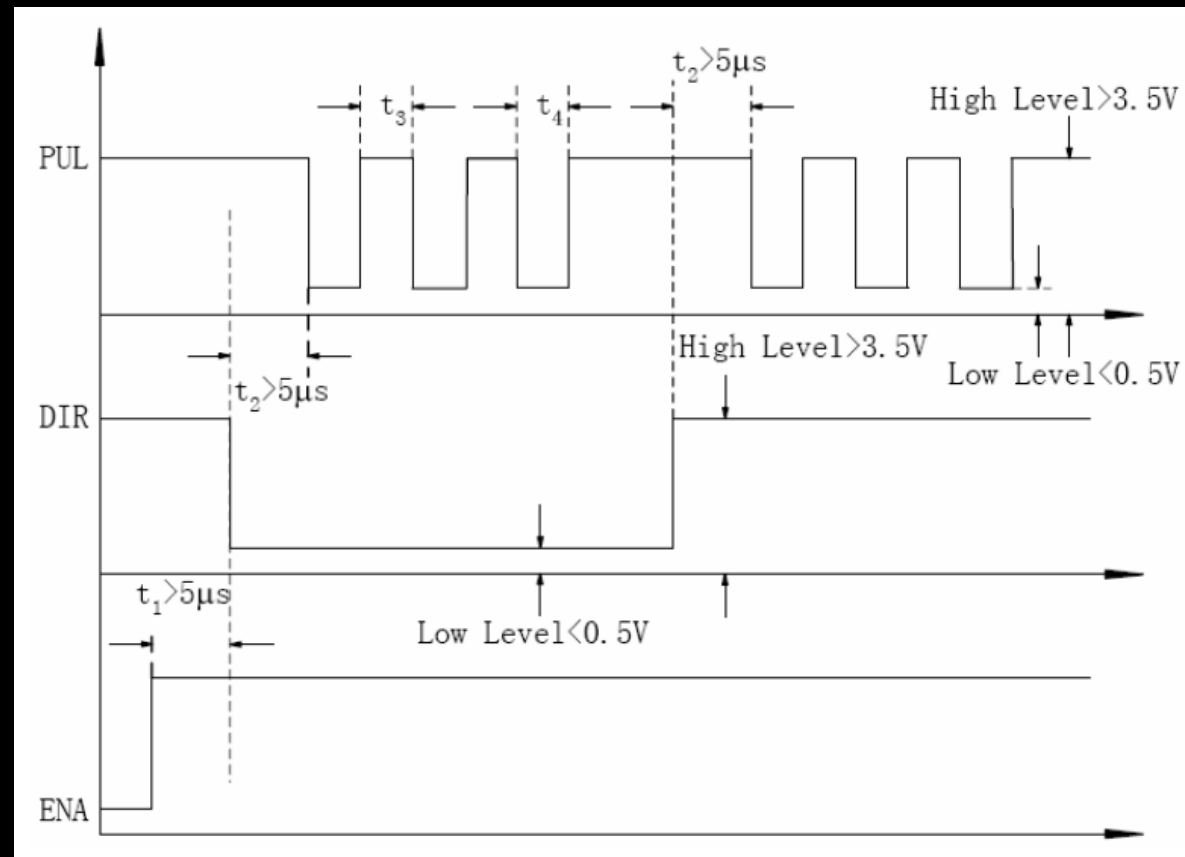
$$K_p = 1.0009$$

$$T_w = 0.01582$$

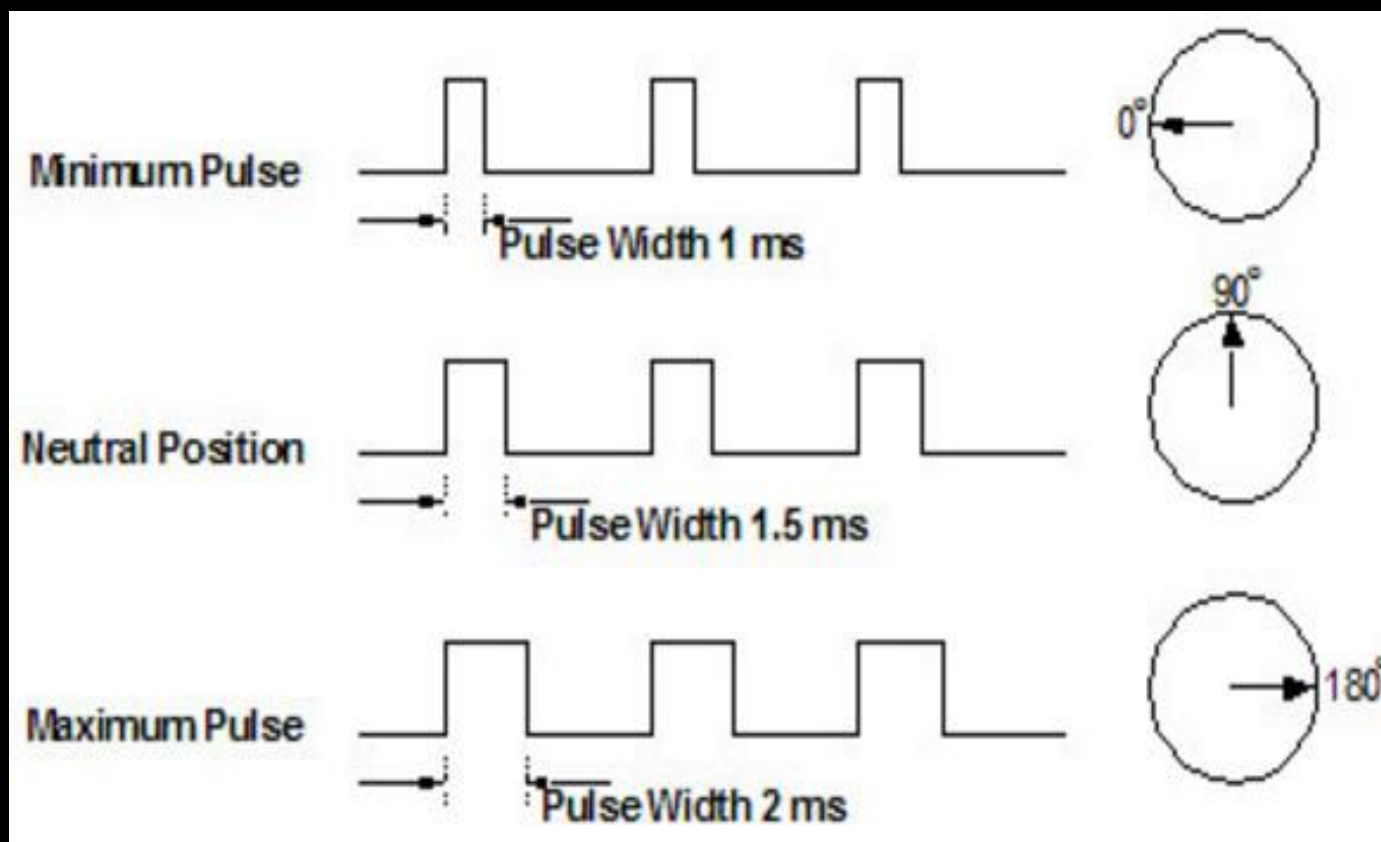
$$\zeta = 7.4041$$

$$T_d = 0.24596$$

Control del motor de dirección



Control motor de frenado



**CONSTRUCCIÓN
E
IMPLEMENTACIÓN**

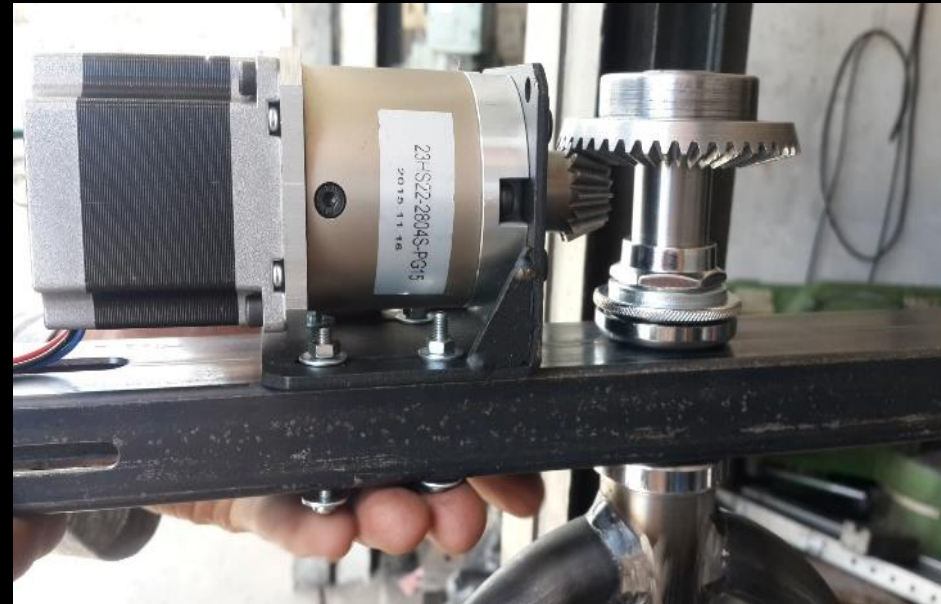
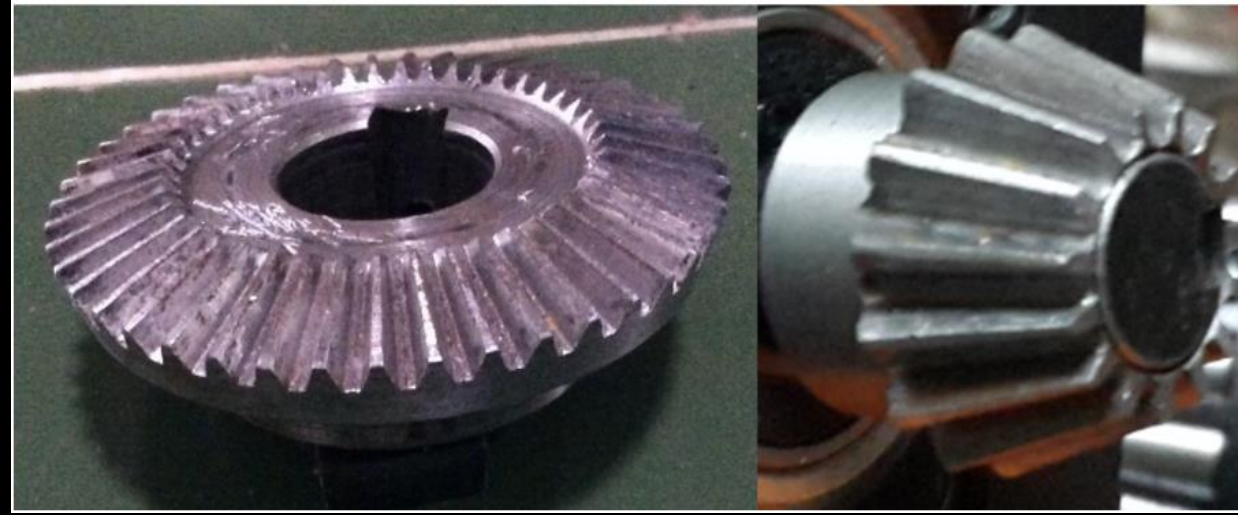
Maquinado del perfil de soporte



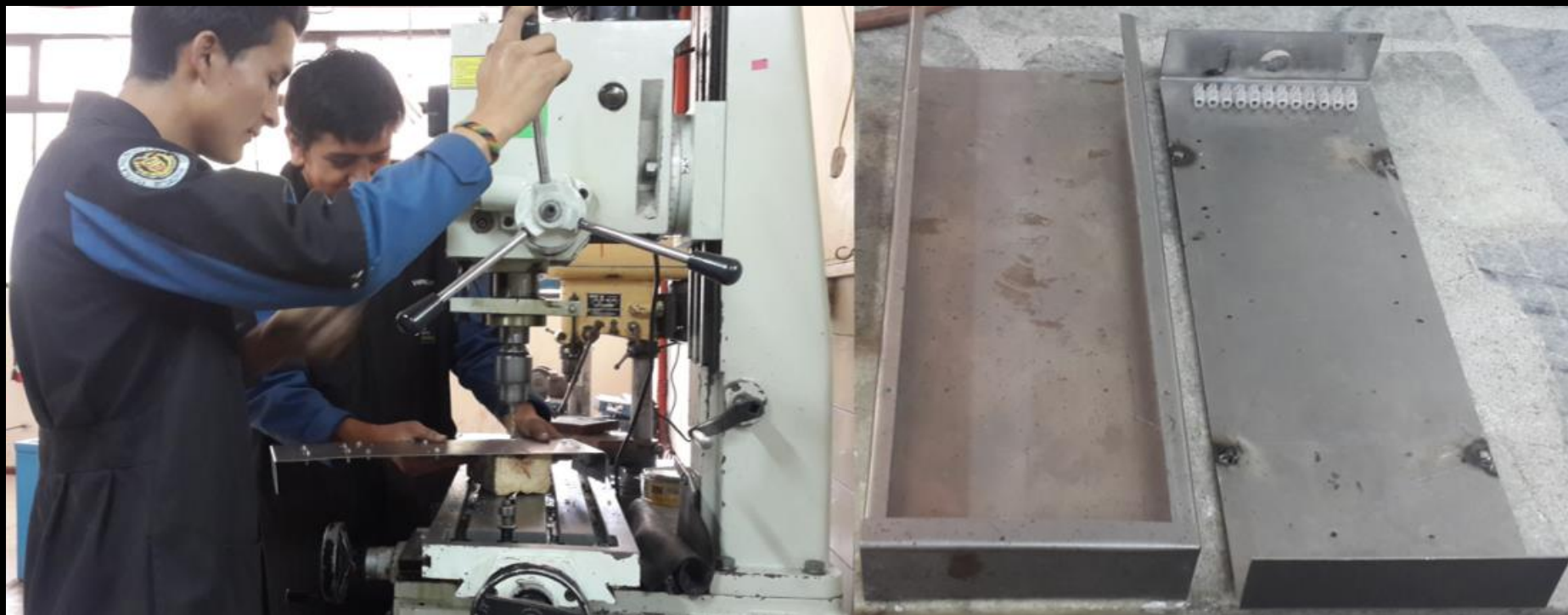
Construcción del Trinche



Construcción de engranes cónicos



Construcción de caja para elementos electrónicos



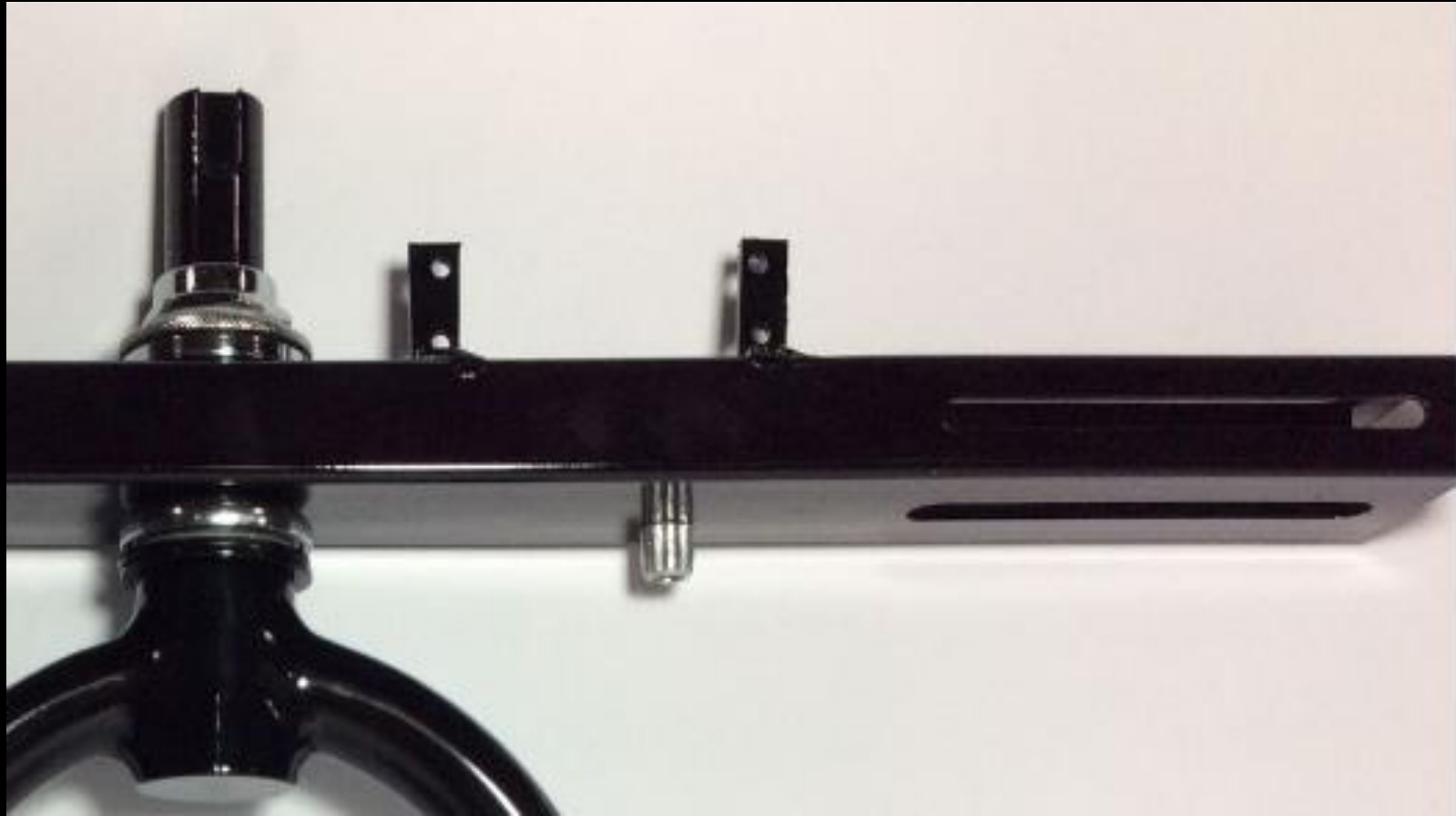
Construcción de canasta para la batería



Implementación de los componentes del módulo mecatrónico



Guía para cable de frenado:



Motor a pasos y piñón



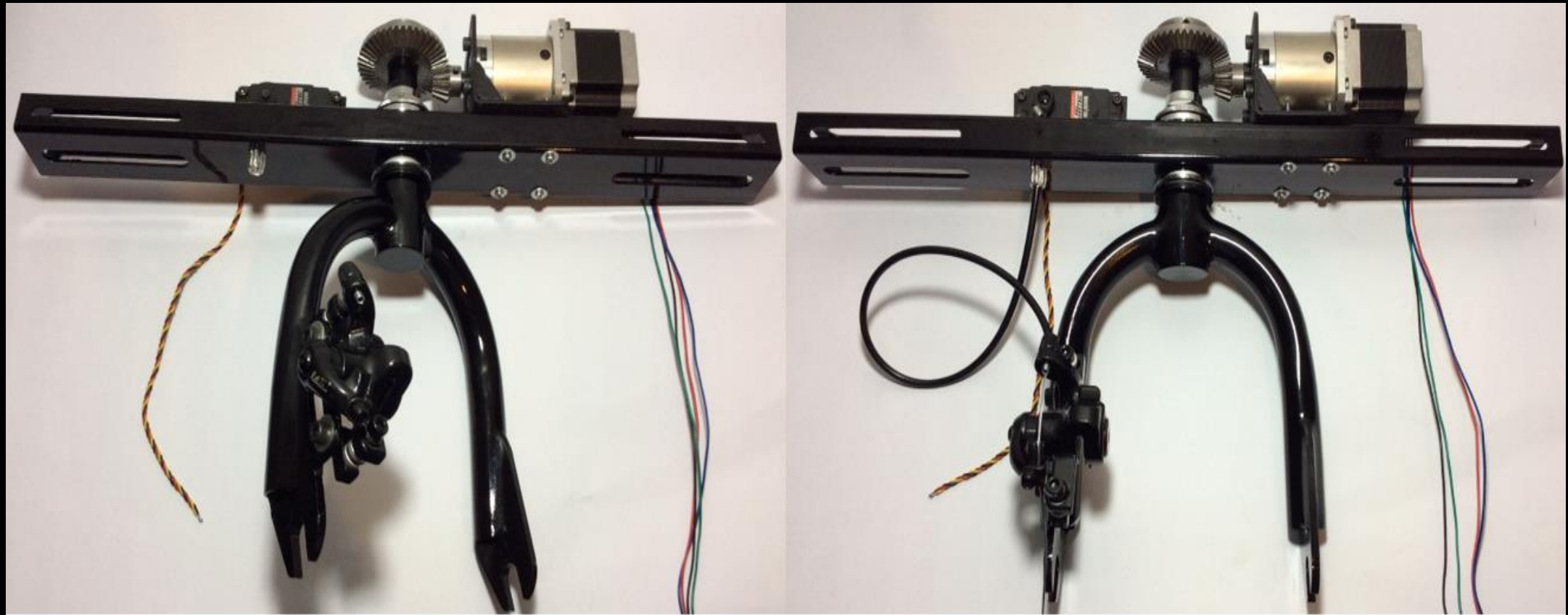
Acople de piñón y engrane



Montaje del disco sobre la rueda



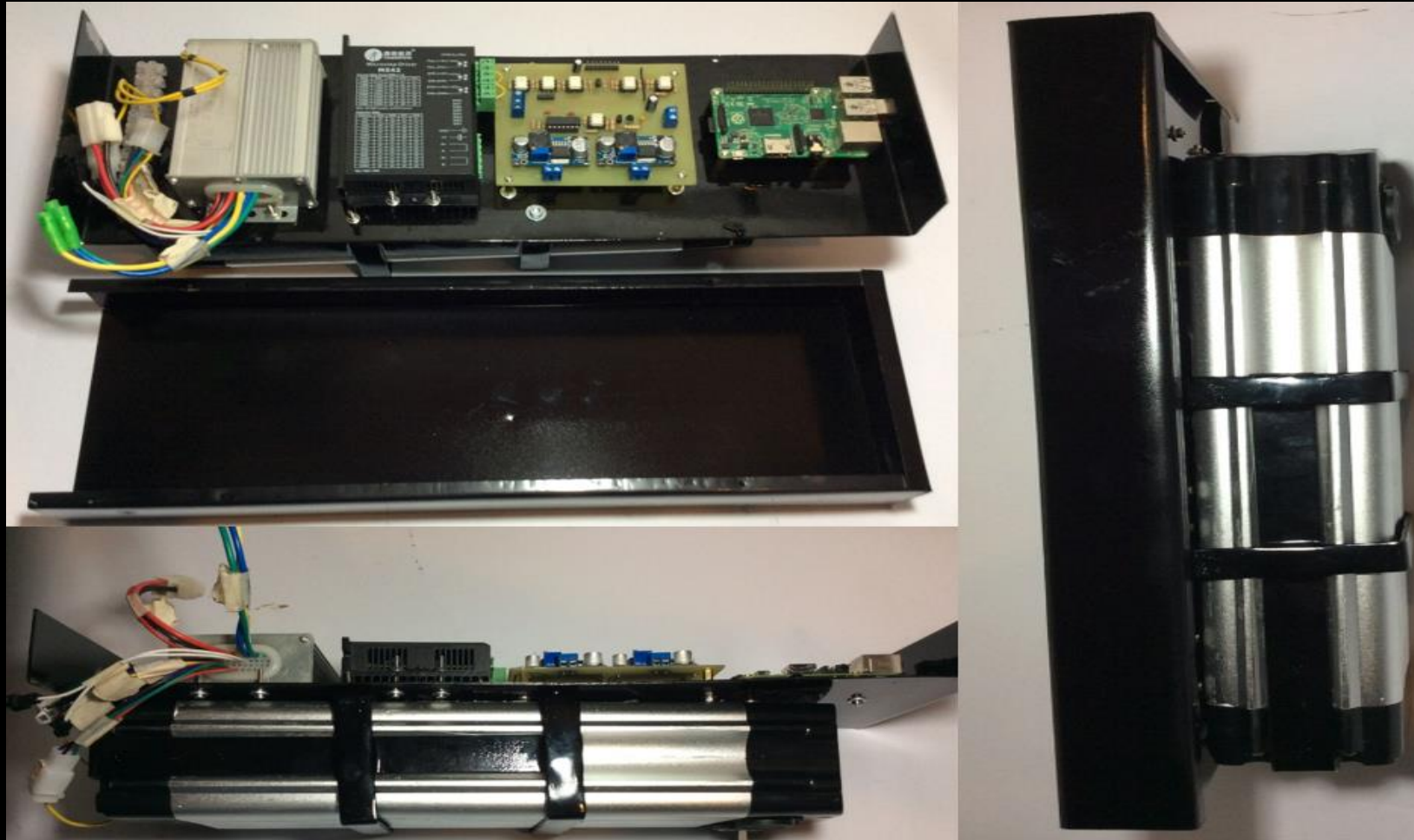
Implementación de la mordaza con el cable de accionamiento



Acoples para sujeción de ejes roscados



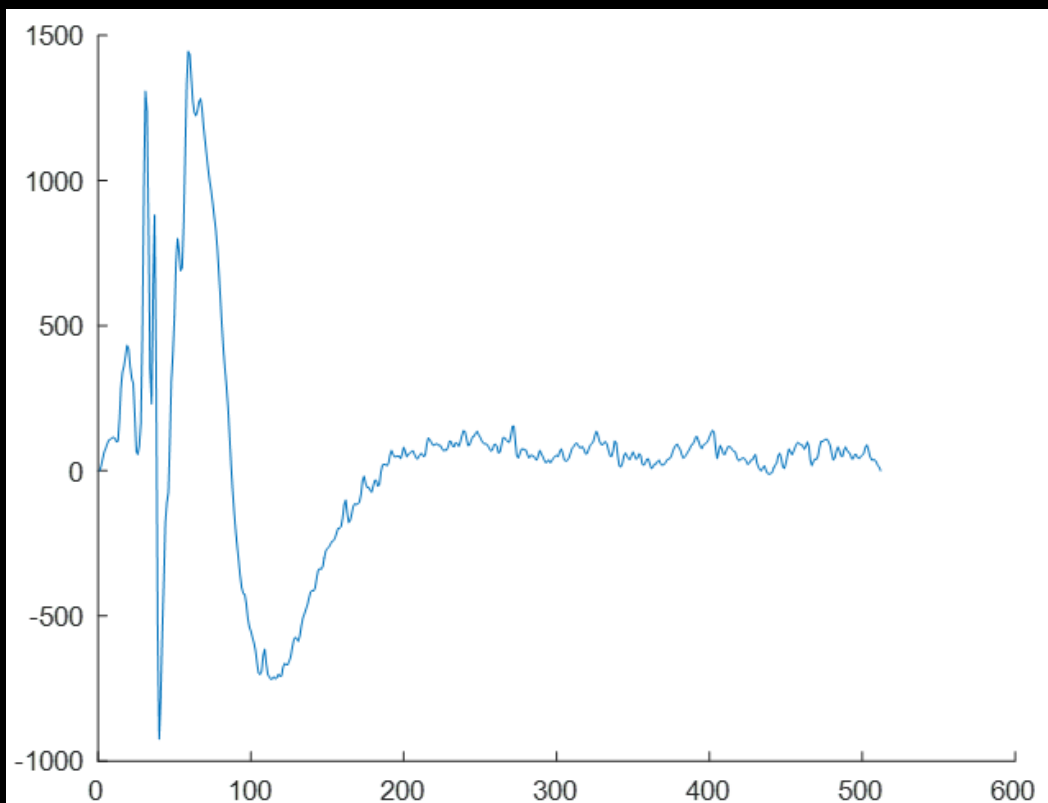
Montaje de la batería y los elementos electrónicos sobre el perfil y la canasta



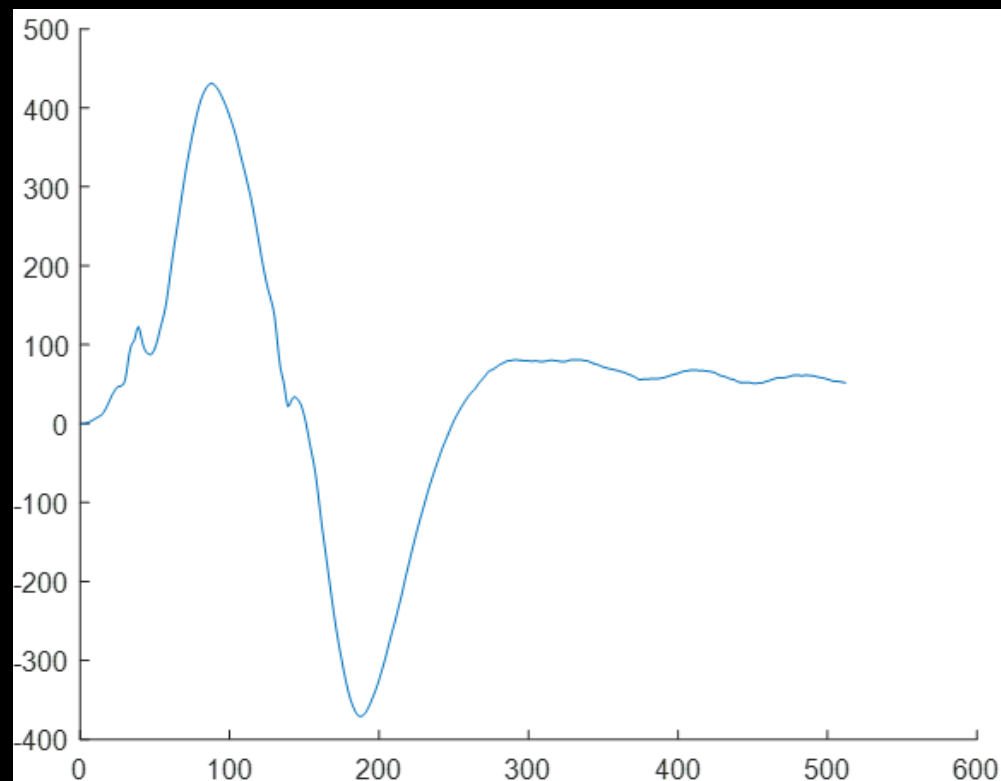
Montaje del módulo mecatrónico



Procesamiento de la señal EEG



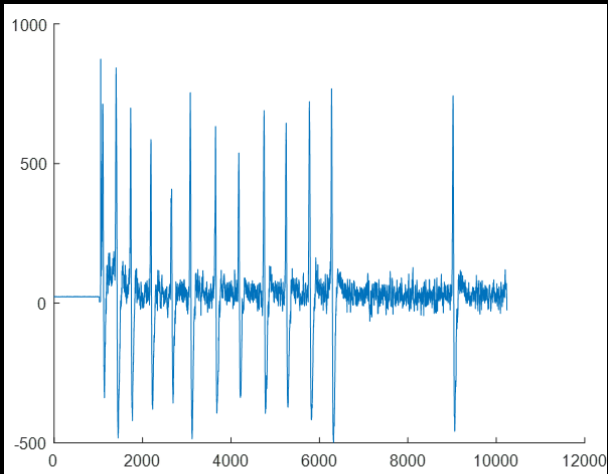
Onda cruda obtenida por el sensor antes de ser filtrada



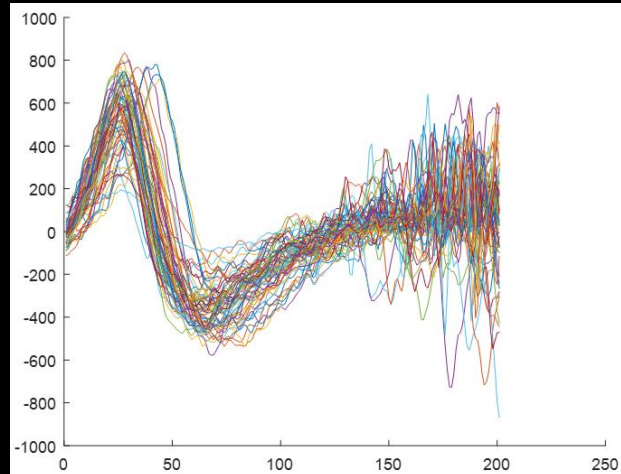
Onda obtenida luego de aplicar el filtro

de respuesta finita al impulso.

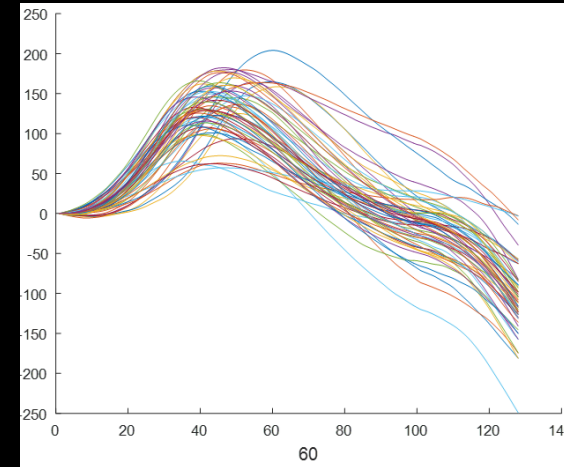
Prueba de la detección de pestañeo



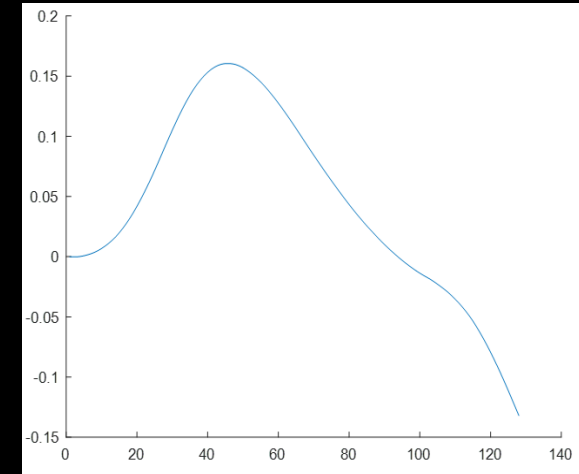
Eventos de pestañeo en la onda cruda.



Eventos de pestañeo agrupados.

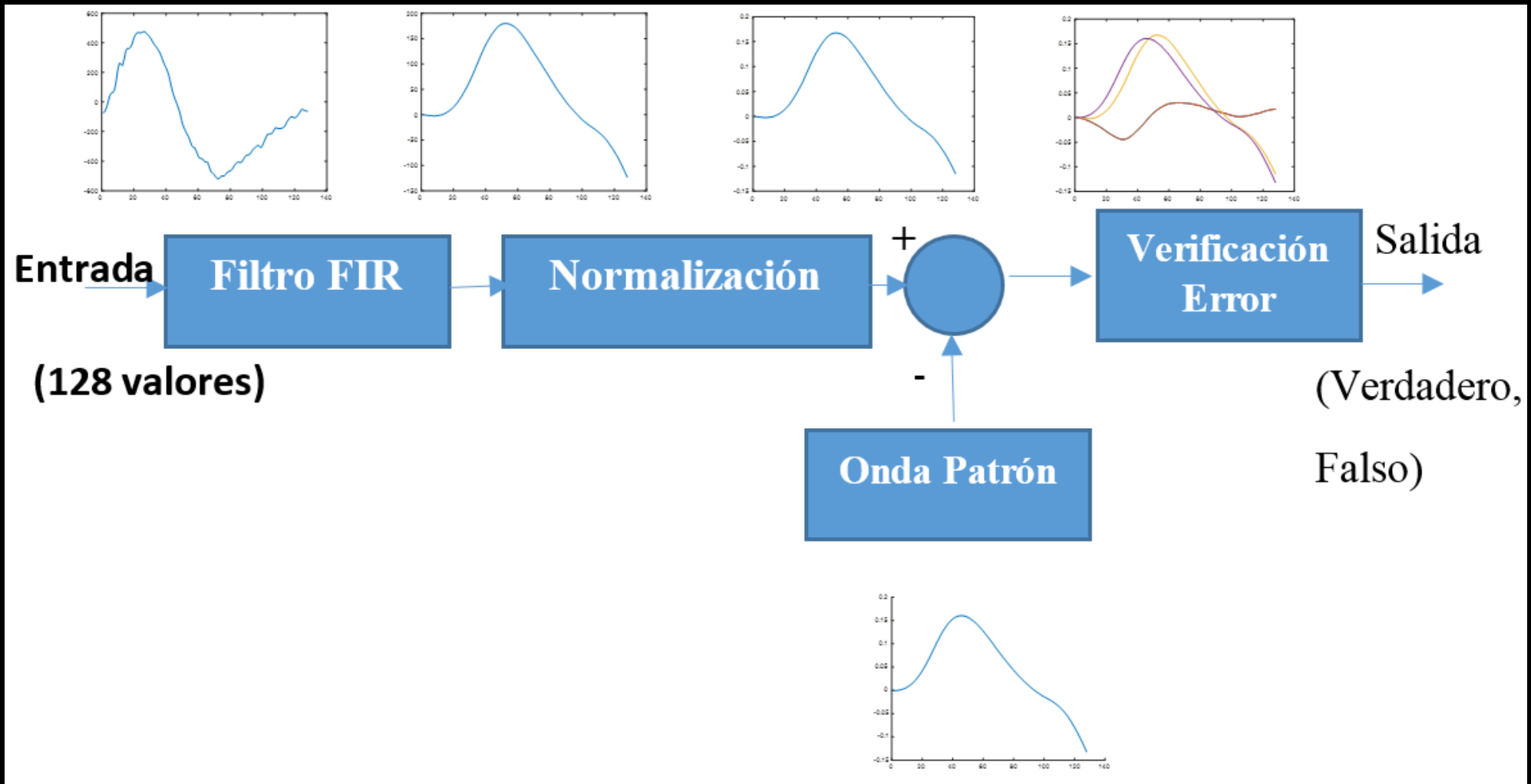


Onda de eventos de pestañeos, aplicado el filtro de respuesta al impulso finito



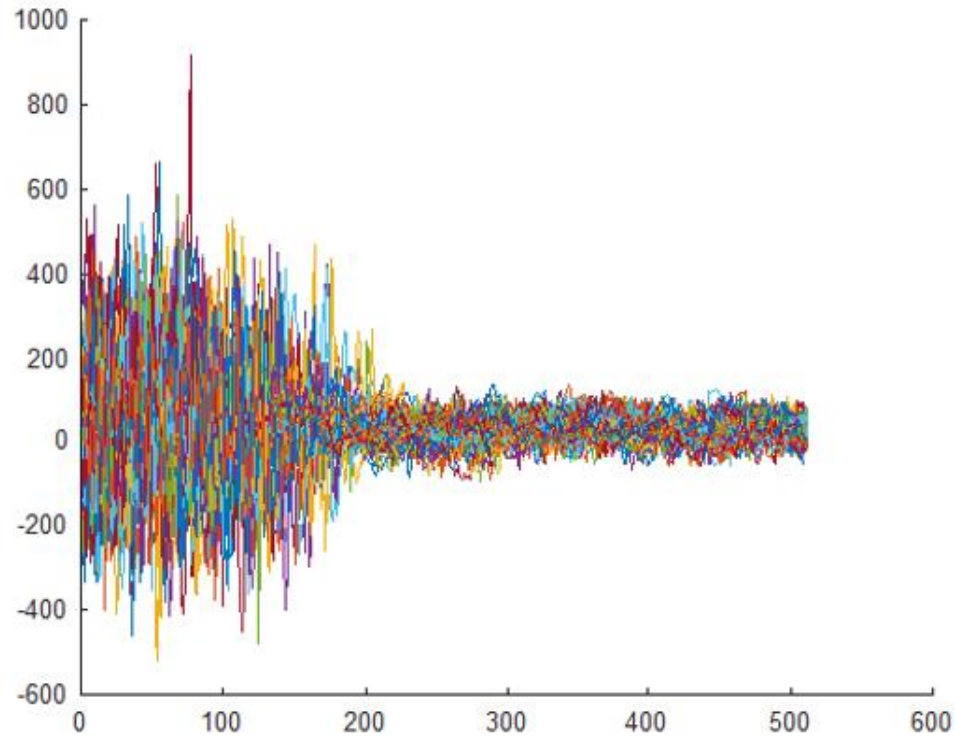
Onda patrón para la detección de un pestañeo.

Esquema del algoritmo para verificación de pestañeo

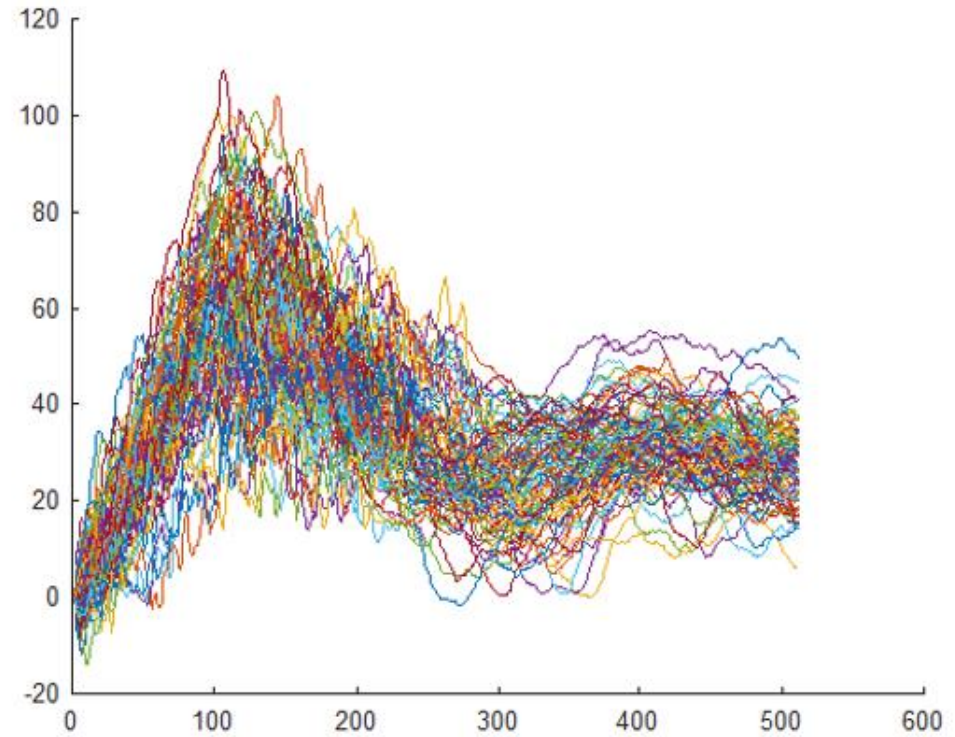


Muestreo de comandos

- Gesto con la mejilla izquierda (Adelantar)



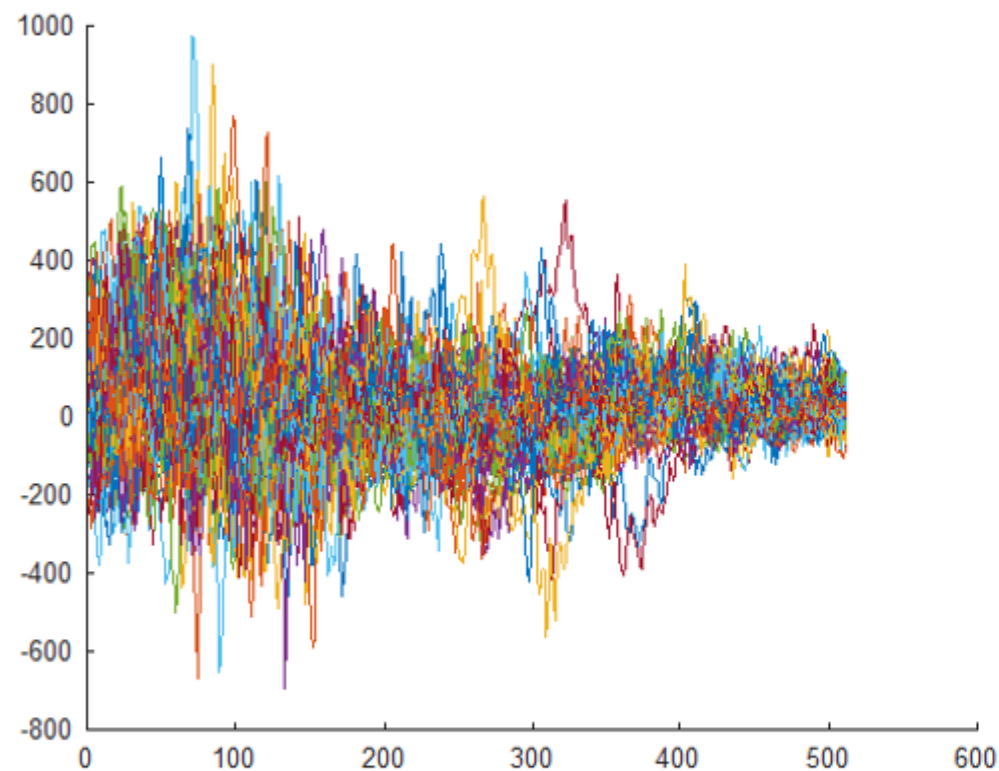
a)



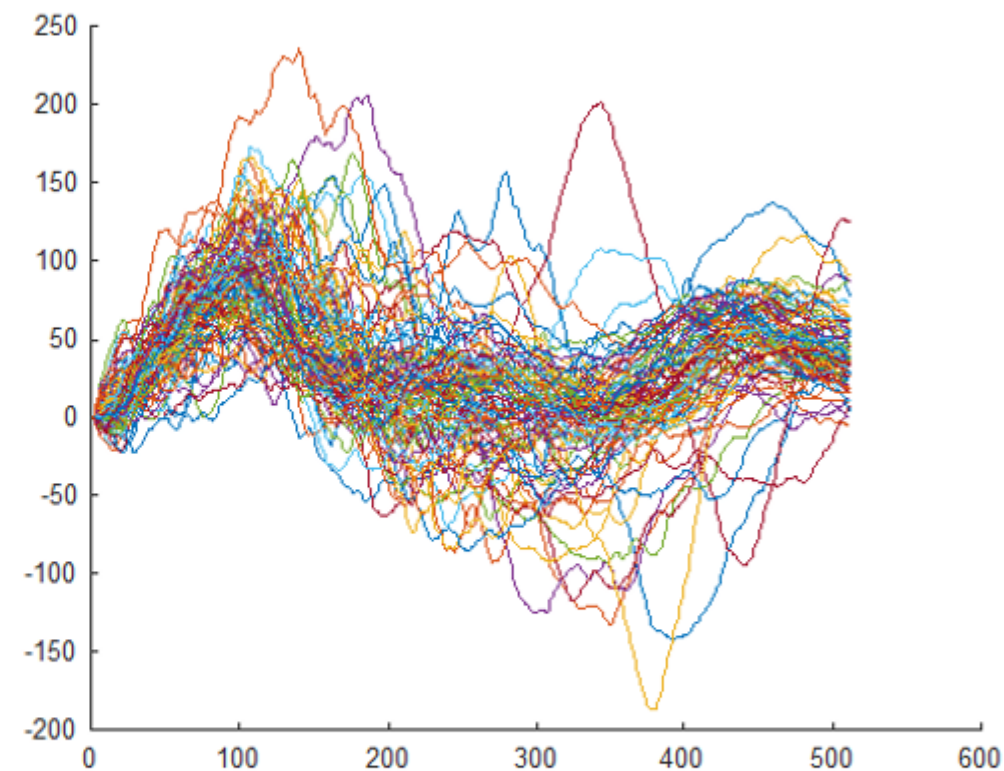
b)

Figura. a) Gesto con la mejilla izquierda sin filtrar; b) gesto filtrado.

- Giro de la cabeza hacia la derecha (Detener)



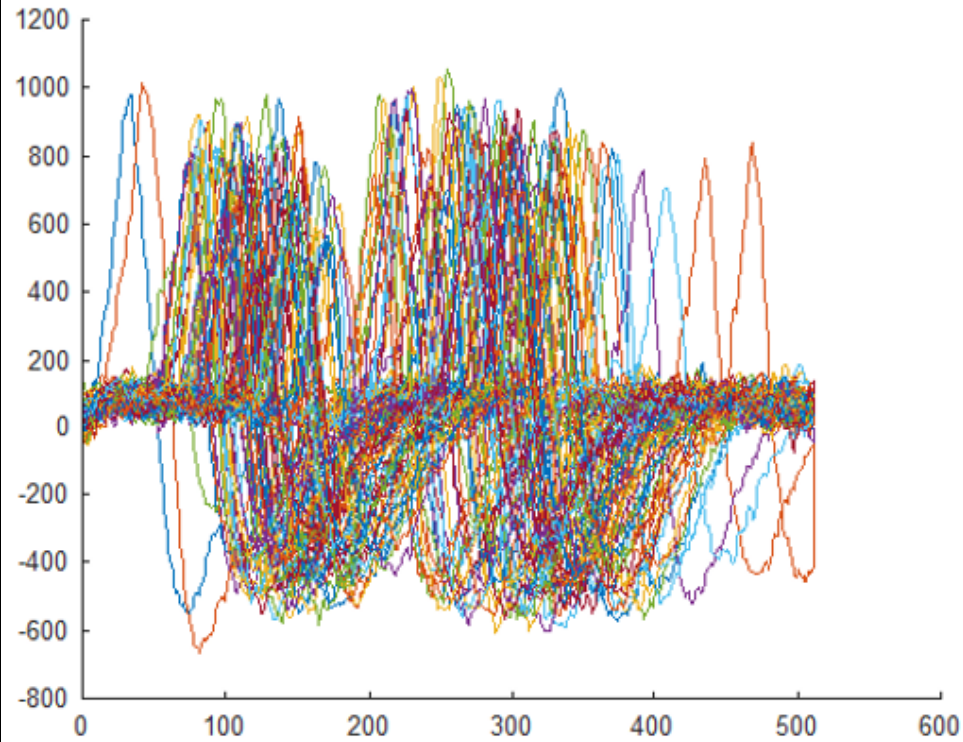
a)



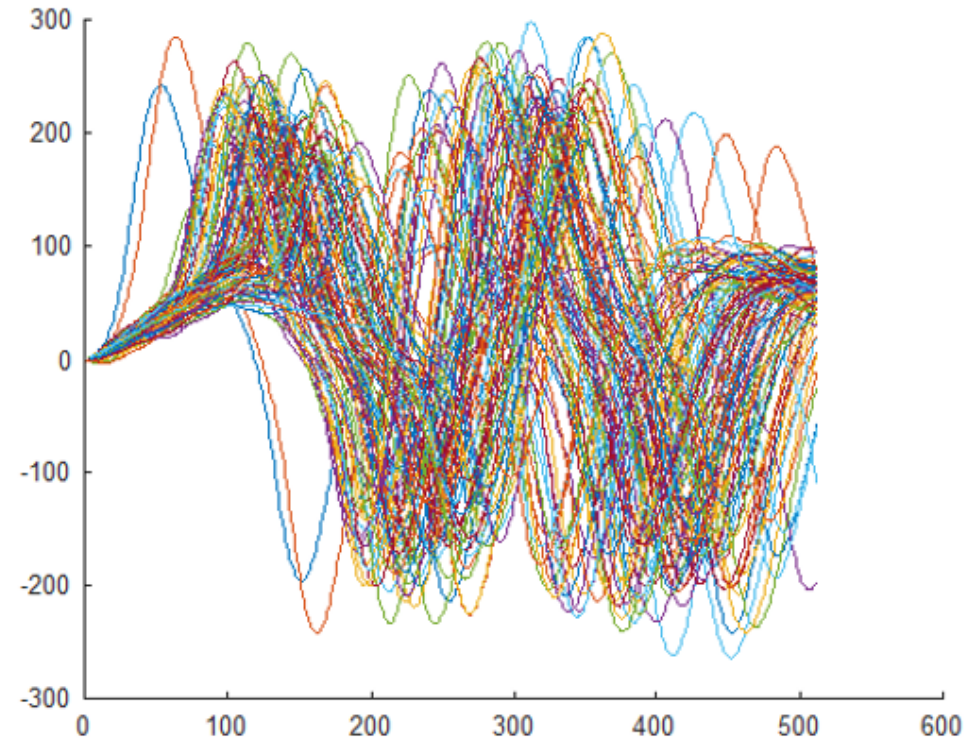
b)

Figura. a) Giro de cabeza a la derecha sin filtrar; b) giro filtrado.

- Doble pestaño (Girar Izquierda)



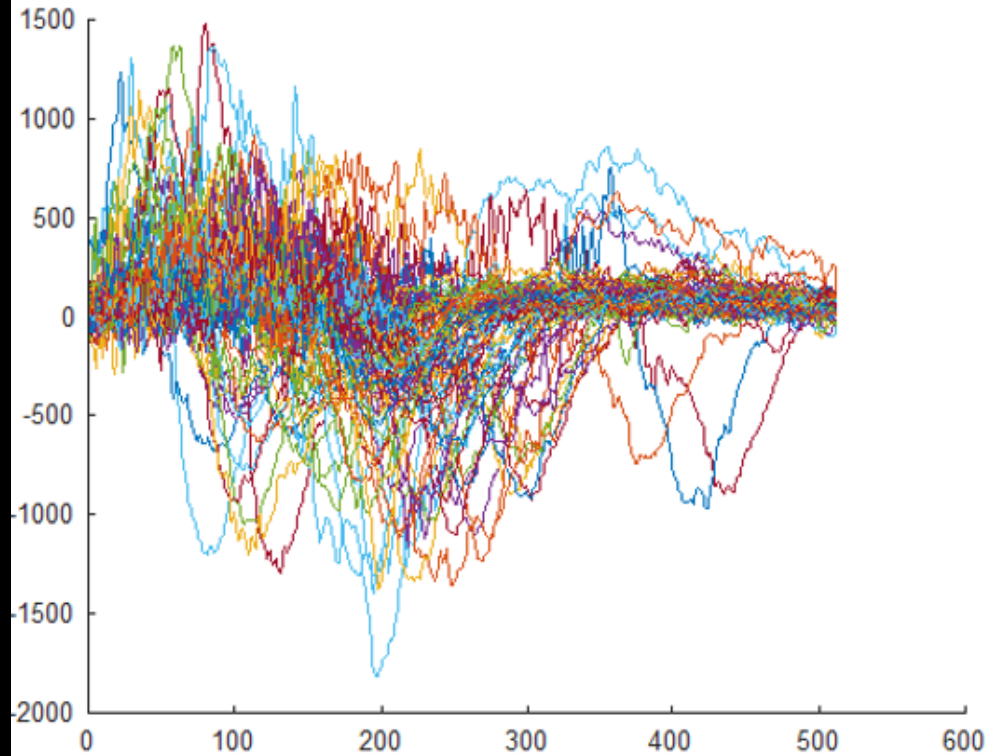
a)



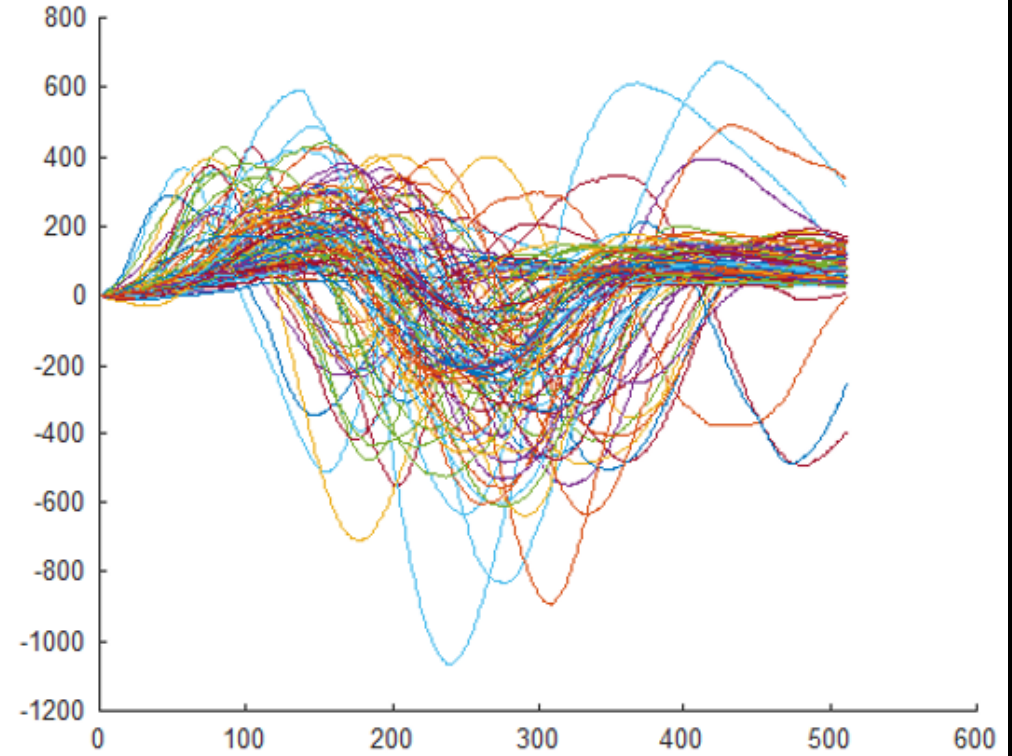
b)

Figura. a) Doble pestaño sin filtrar; b) doble pestaño filtrado.

● Guiño derecho (Girar Derecha)



a)



b)

Figura. a) Guiño derecho sin filtrar; b) guiño filtrado.

Potencias de la transformada Discreta de Fourier

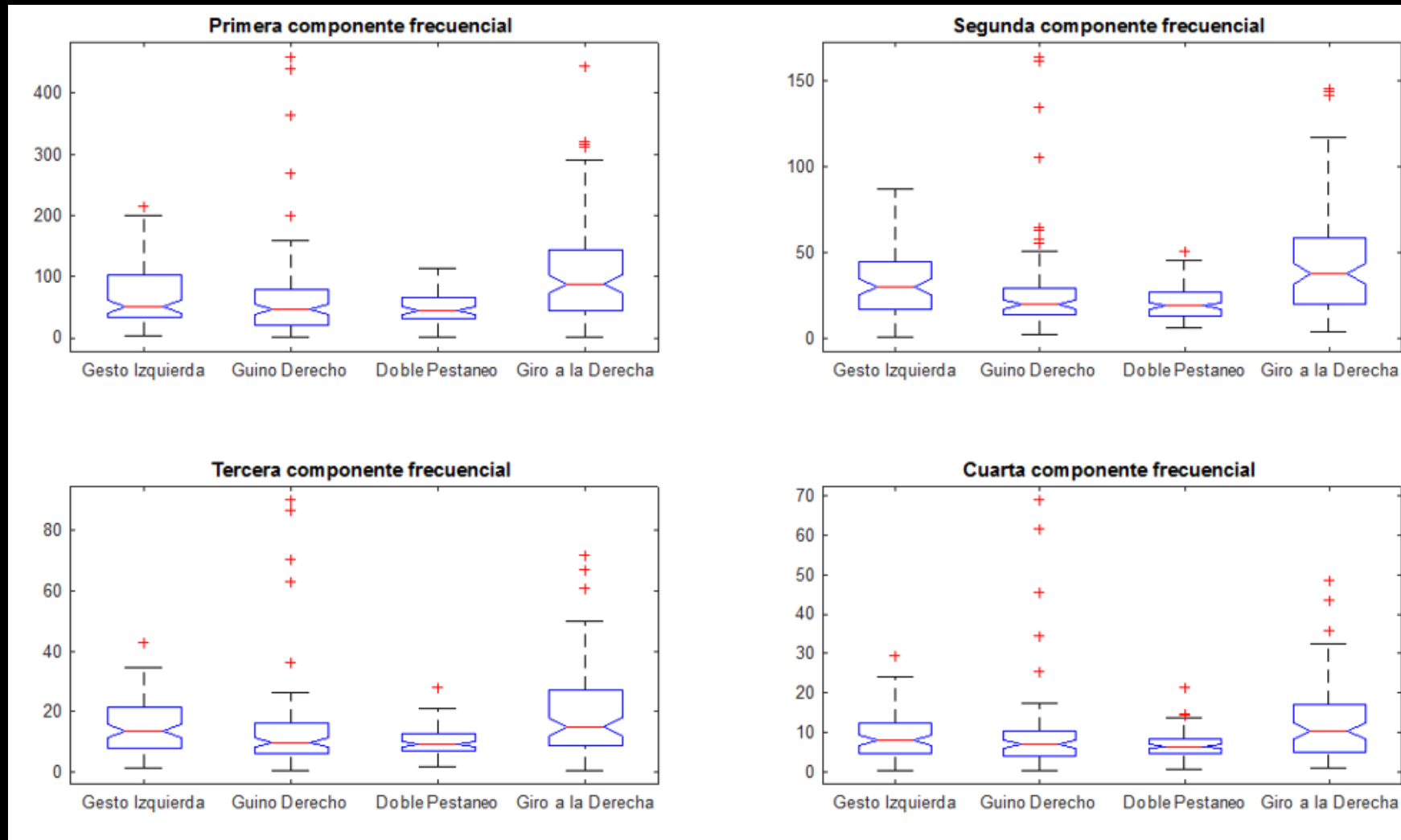


Figura. Primera a la cuarta componente de la transformada de Fourier, categorizadas

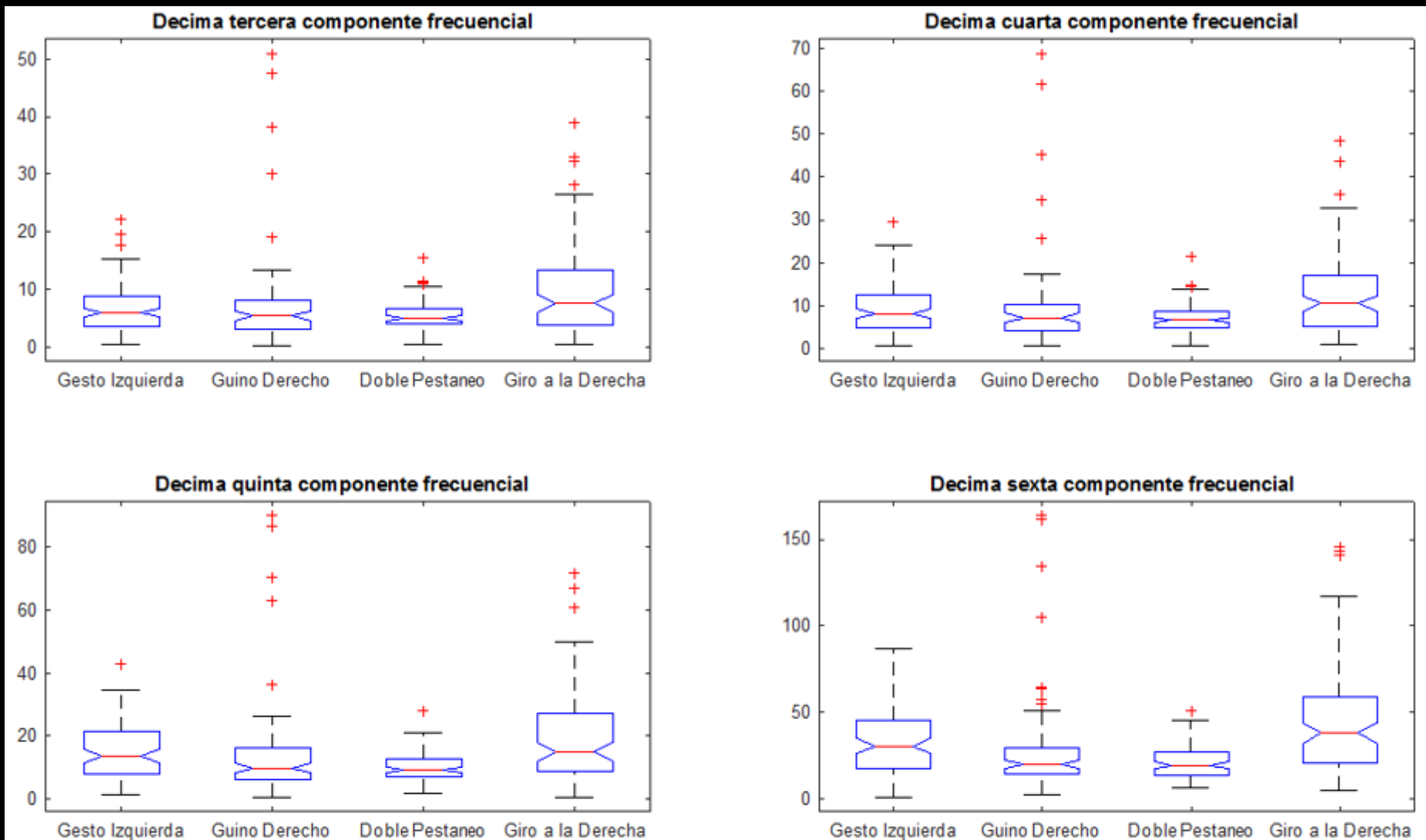


Figura. Décima tercera a la décima sexta componente de la transformada de Fourier, categorizadas por tipo de gesto.

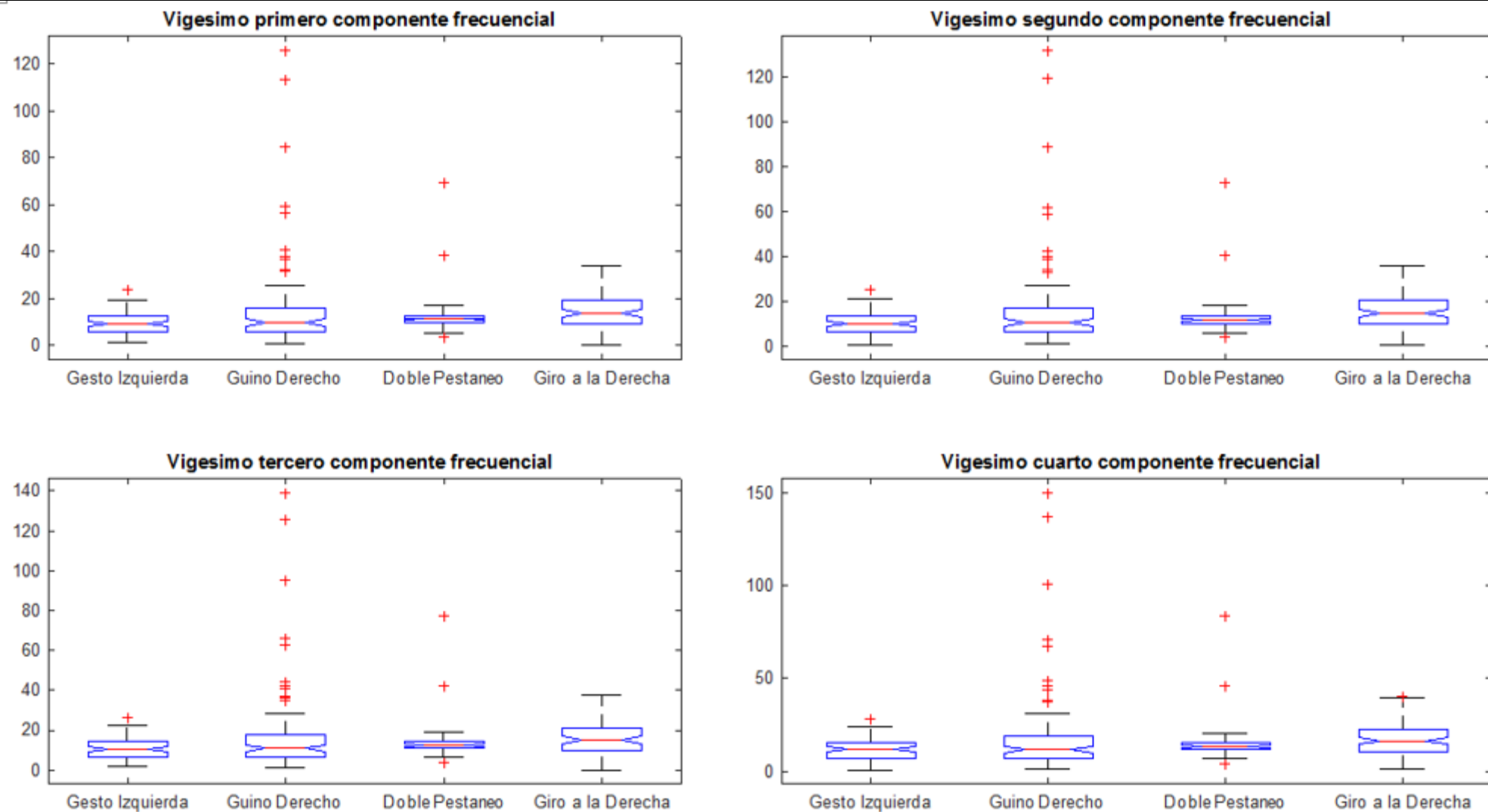


Figura. Vigésimo primero al vigésimo cuarto componente de la transformada de Fourier, categorizadas por tipo de gesto.

Valores Máximos y mínimos

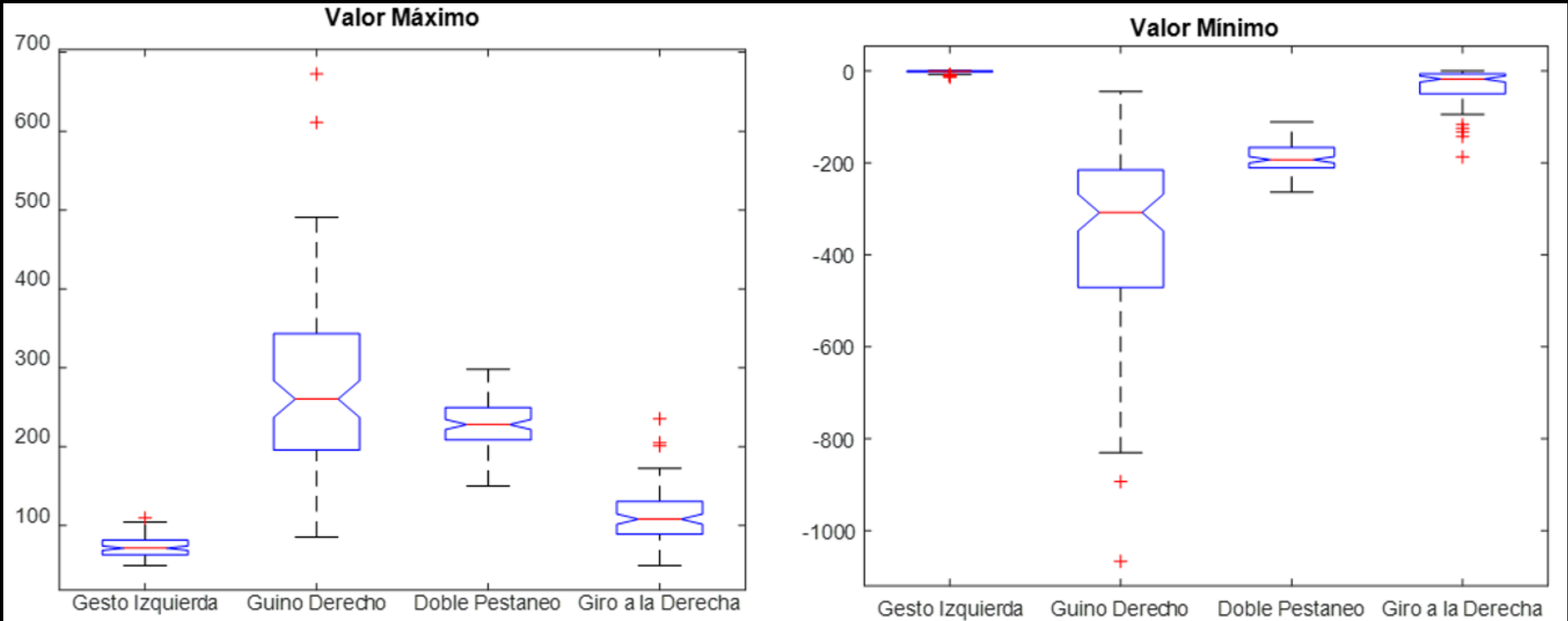


Figura. Valores Máximos y mínimos de la onda.

Promedio y desviación estándar

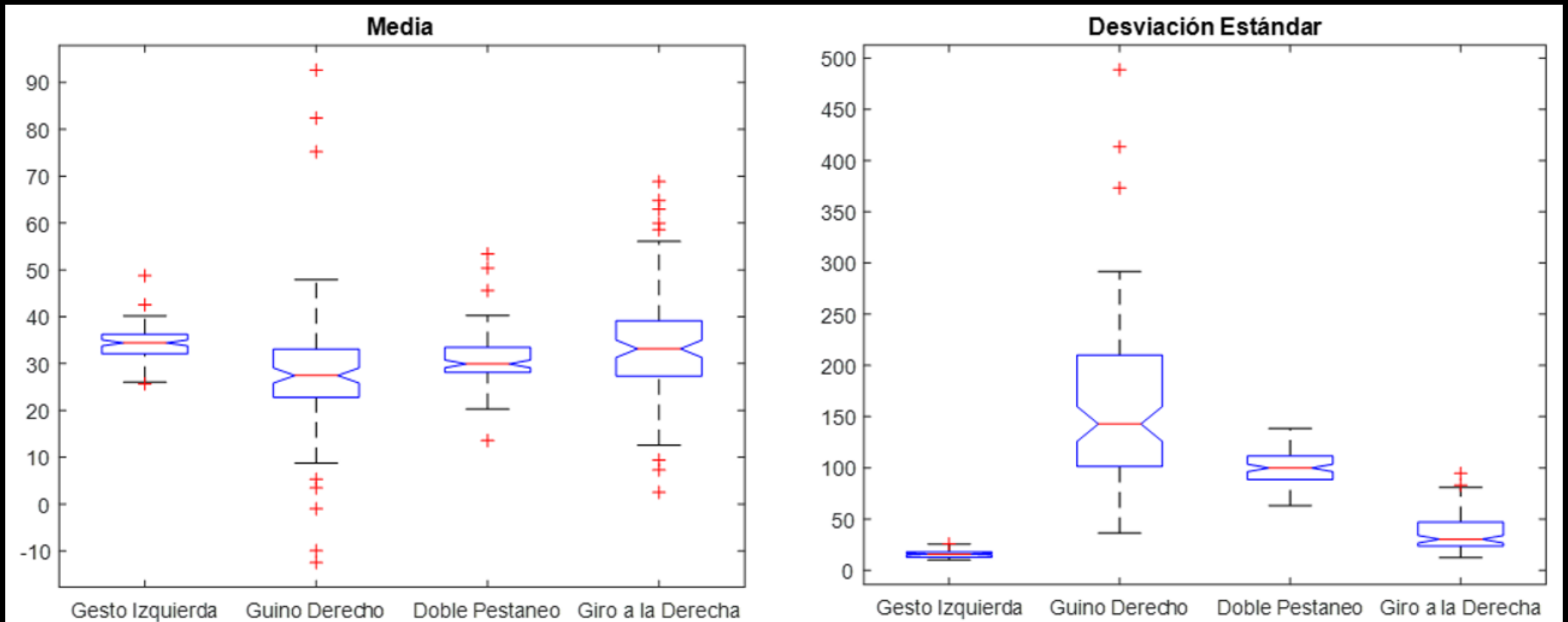


Figura. Media y desviación estándar de los valores de la onda.

Suavidad total y en los últimos valores

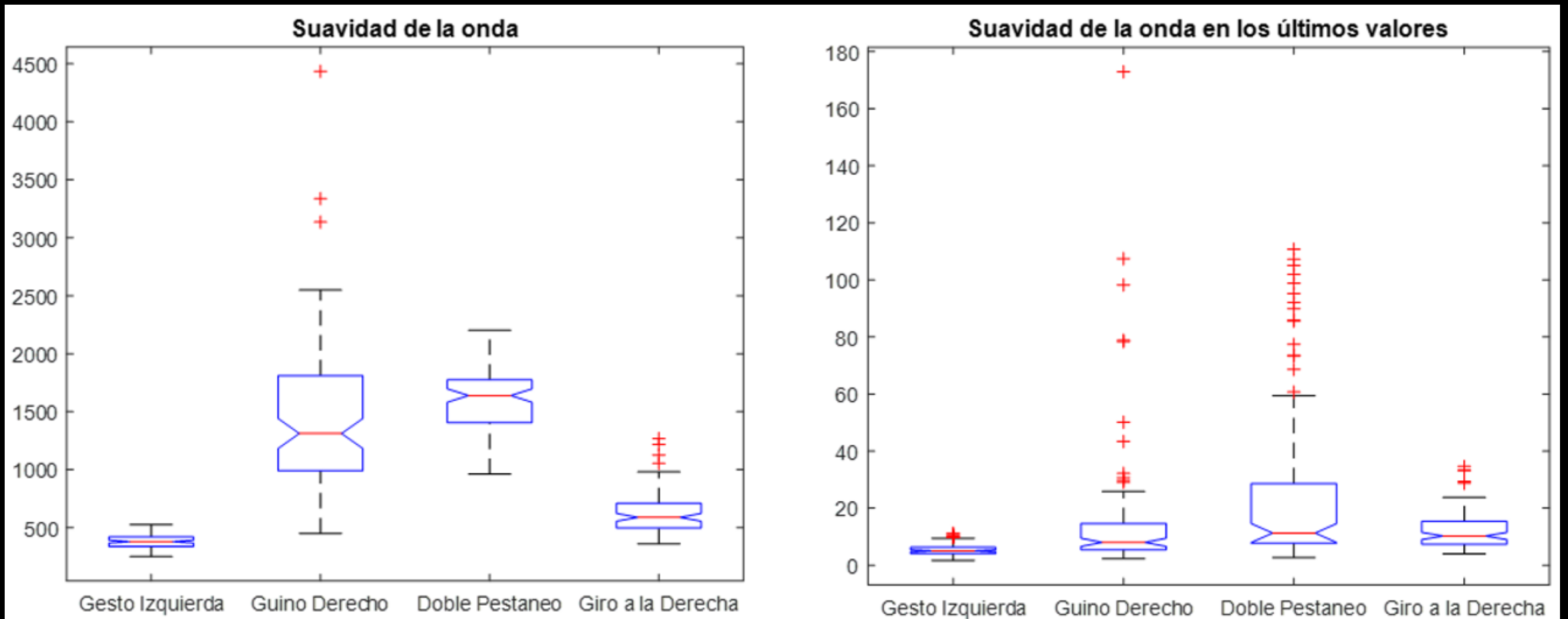


Figura. Suavidad de la onda en total y en los últimos valores.

Número de picos en alto y bajo

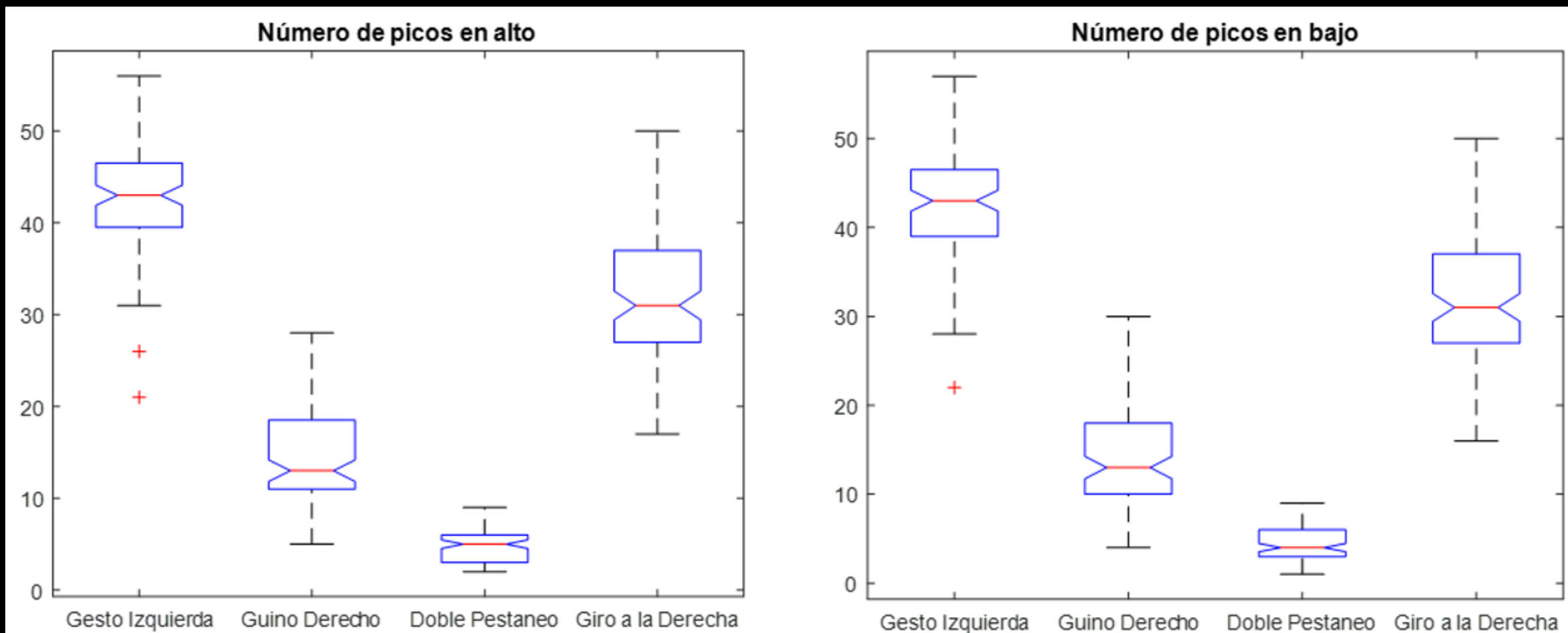


Figura. Número de picos en alto y bajo.

Suma de los valores de los picos en alto y bajo

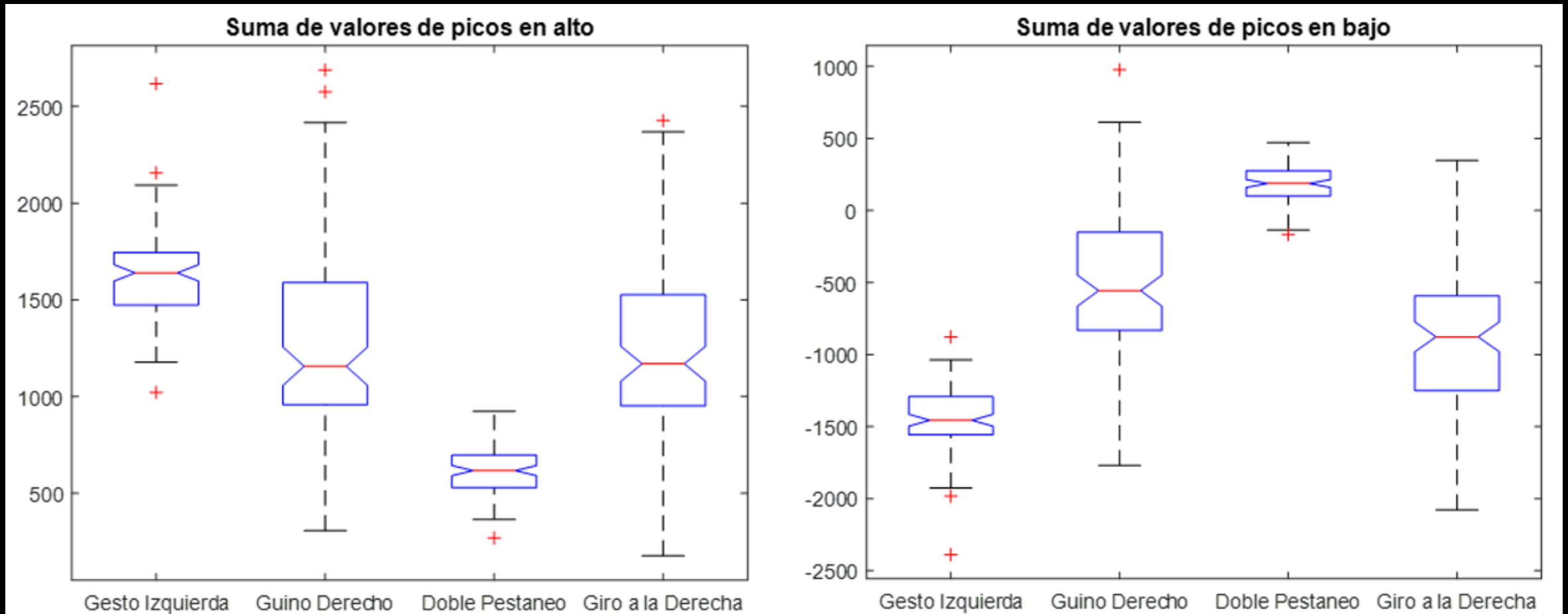


Figura. Suma de los valores picos en alto y bajo.

Media de los valores de localización de los picos en alto y en bajo

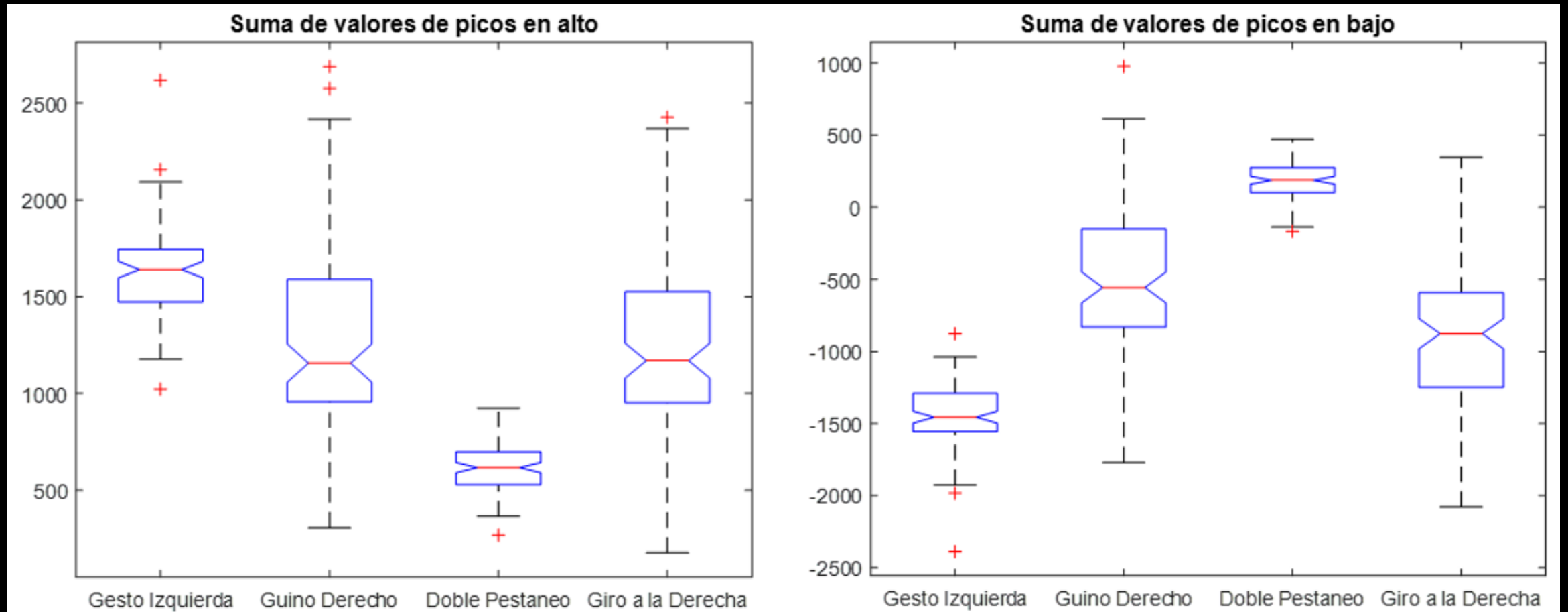


Figura. Suma de los valores picos en alto y bajo.

Media de los valores de localización de los picos en alto y en bajo

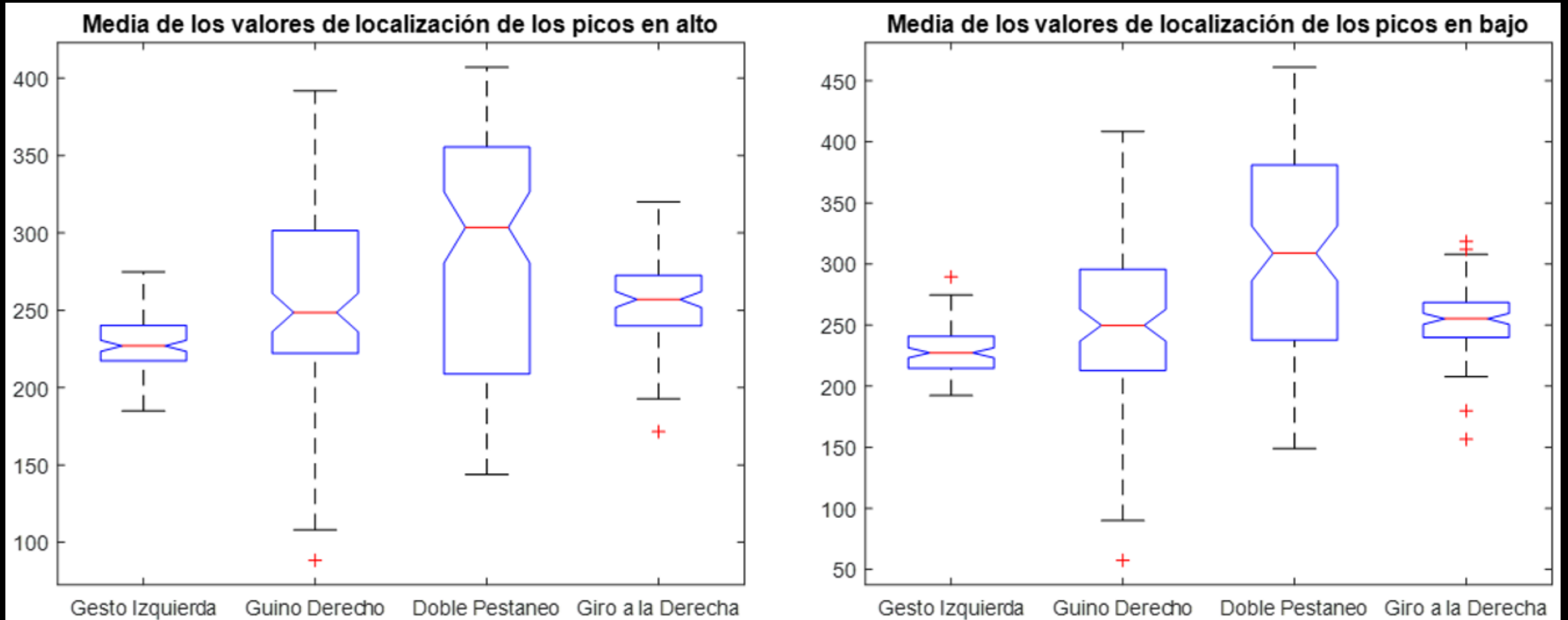


Figura. Media de la localización de los picos en alto y bajo.

Red Neuronal

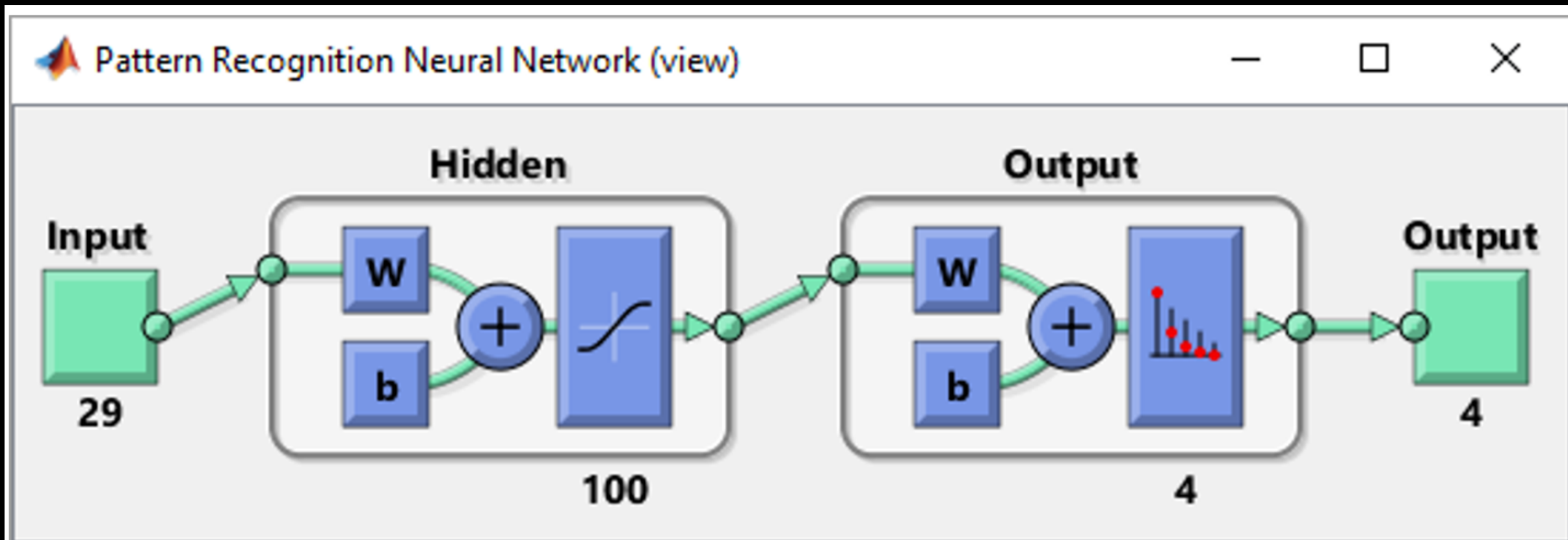
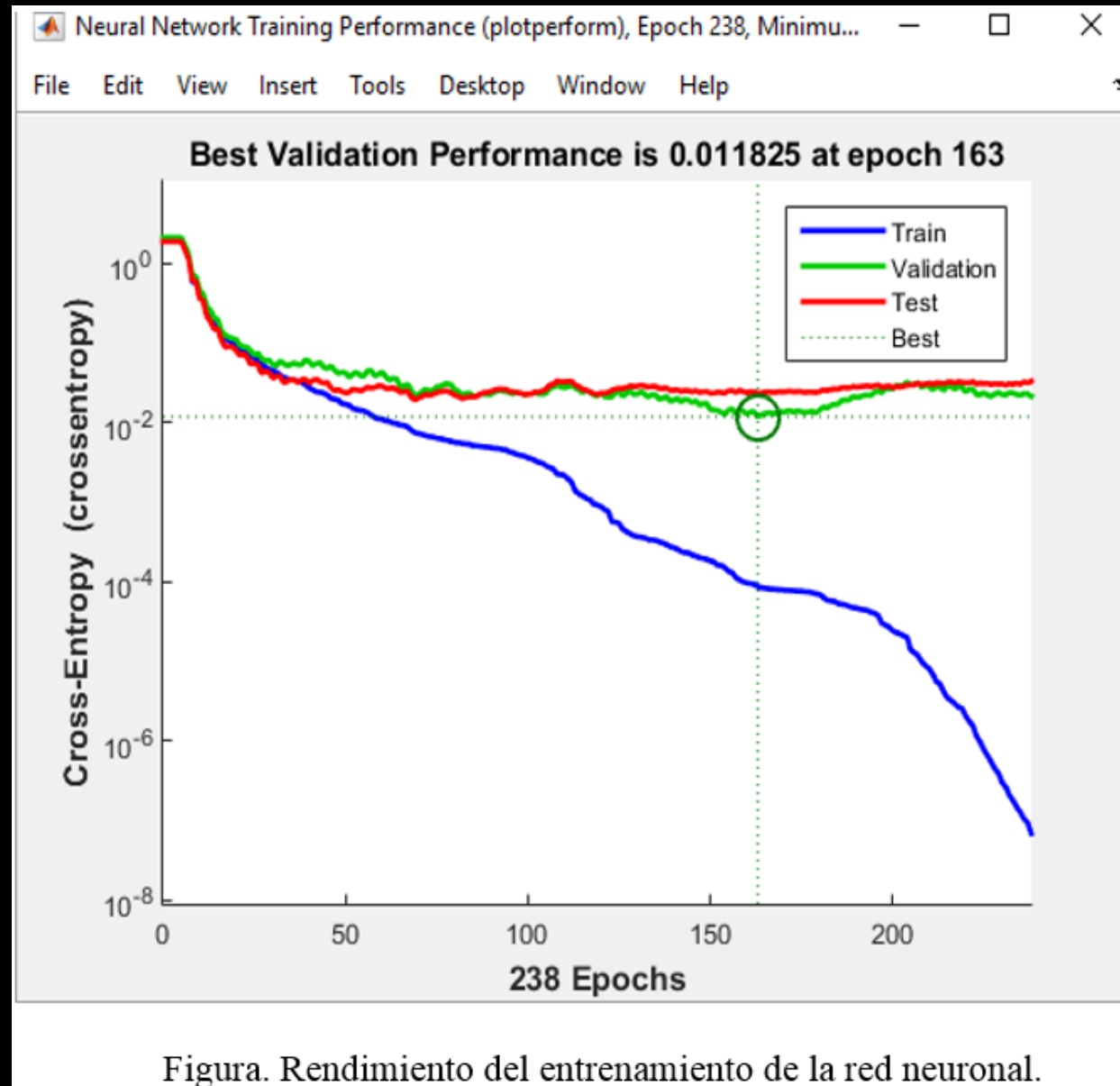


Figura. Red neuronal Implementada.

Entrenamiento de la red neuronal



Implementación de la red neuronal

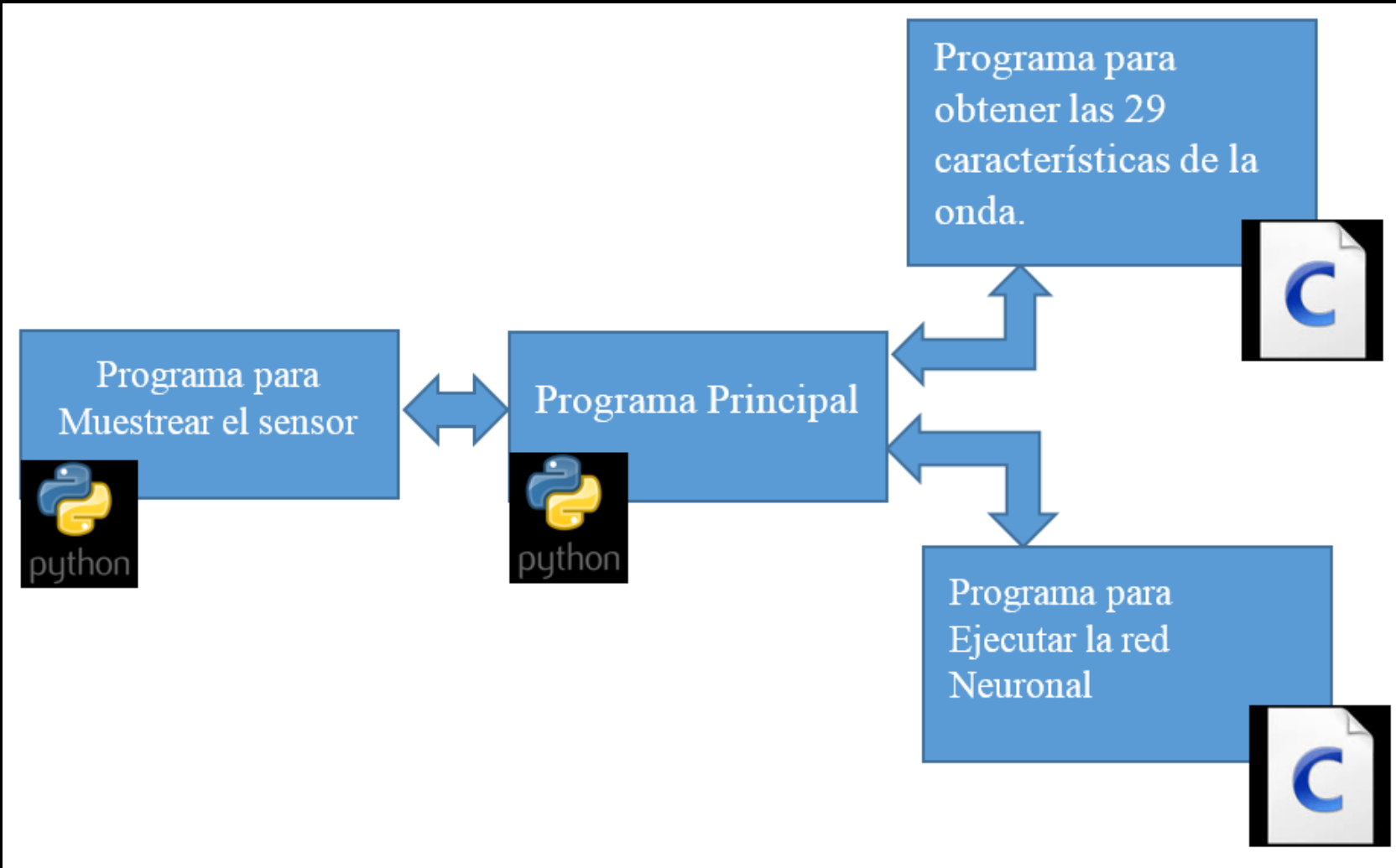


Figura. Implementación de la red neuronal en la Raspberry Pi.

Control PID para el motor DC Brushless

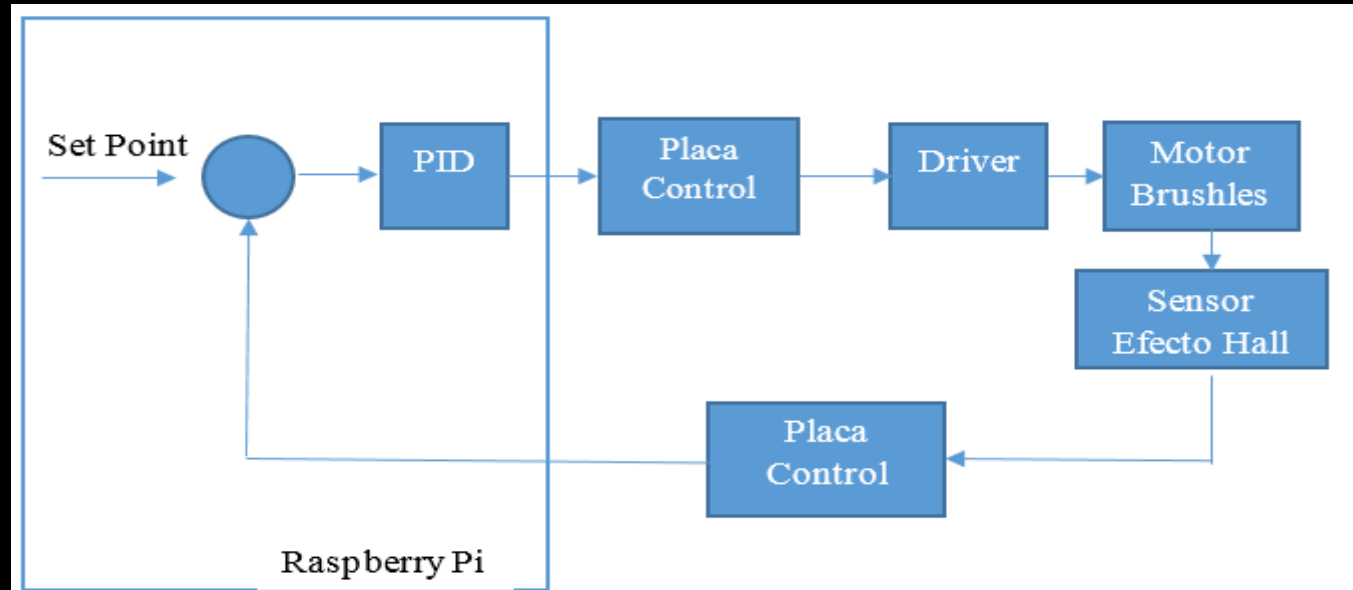


Figura 186 Diagrama de Control PID para el motor DC Brushless

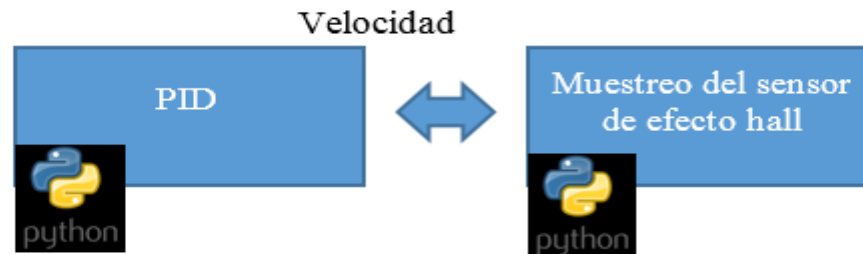


Figura. Procesos implementados en la Raspberry para el control de velocidad del motor brushless.

Funcionamiento en conjunto del Sistema de control

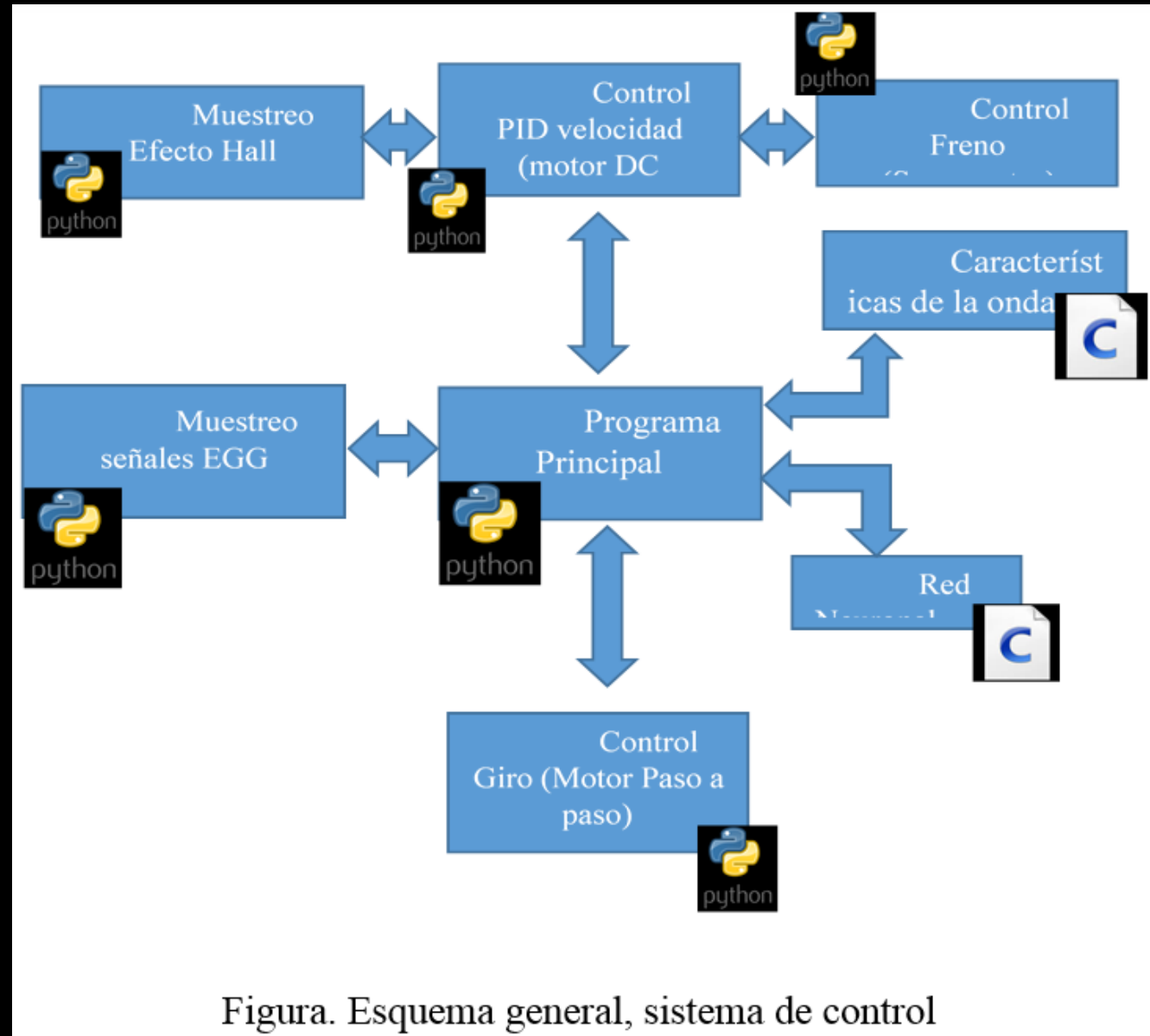


Figura. Esquema general, sistema de control

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

*Dedicado para todas las mentes que no
paran de aprender y solo aplican sus
conocimientos para hacer de este un
mundo mejor.*

GRACIAS