

En la tabla 3.3.2 se muestran los componentes del plano de subensamblaje de la estructura de madera.

Tabla 3.3.2: Lista de componentes del subensamble estructura.

Pos.	Cant.	Descripción	Norma	Material
1	1	Soporte ancho		Madera
2	1	Base		Madera
3	1	Soporte largo derecha		Madera
4	1	Soporte largo izquierda		Madera
5	1	Soporte trasero		Madera
6	1	Tapa delantera		Madera
7	1	Tapa trasera		Madera
8	2	Soporte rodamiento base		Madera
9	1	Grosor 2		Madera
10	2	Apoyo torcedor		Madera
11	1	Apoyo ultrasonido		Madera
12	3	Ajuste eje		Madera
13	1	Apoyo		Madera
14	11	Tornillo hexagonal M8	DIN 960	AISI 1020
15	11	Arandela A 8.4	DIN 125	AISI 1020
16	11	Tuerca hexagonal M8	DIN 934	AISI 1020



La figura 3.3.3 muestra el plano de sub-ensamble del soporte trasero de la estructura de madera.

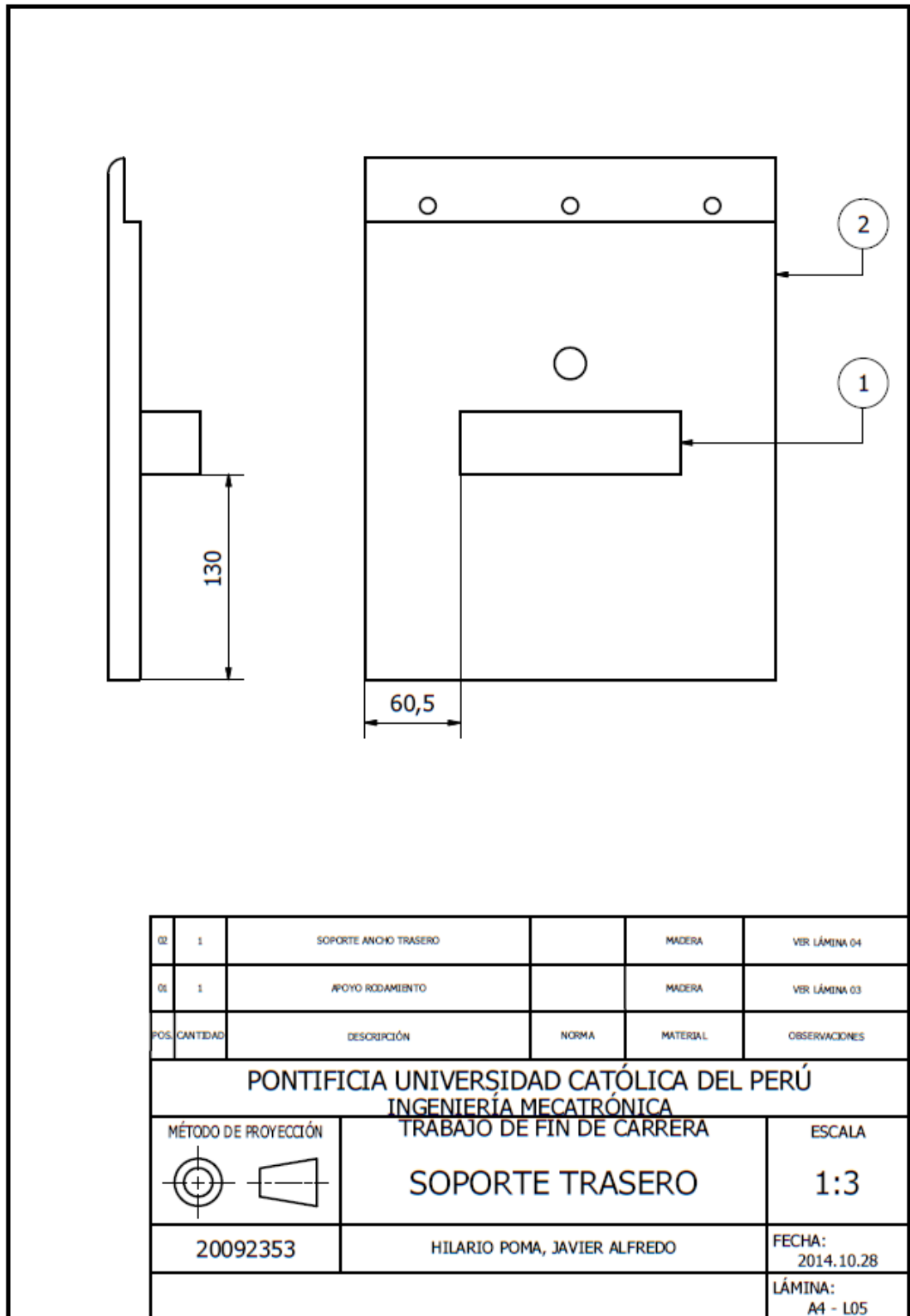


Figura 3.3.3: Plano de sub-ensamble del soporte trasero.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.3.4 contiene al plano de sub-ensamble de la Tapa delantera de la estructura de madera.

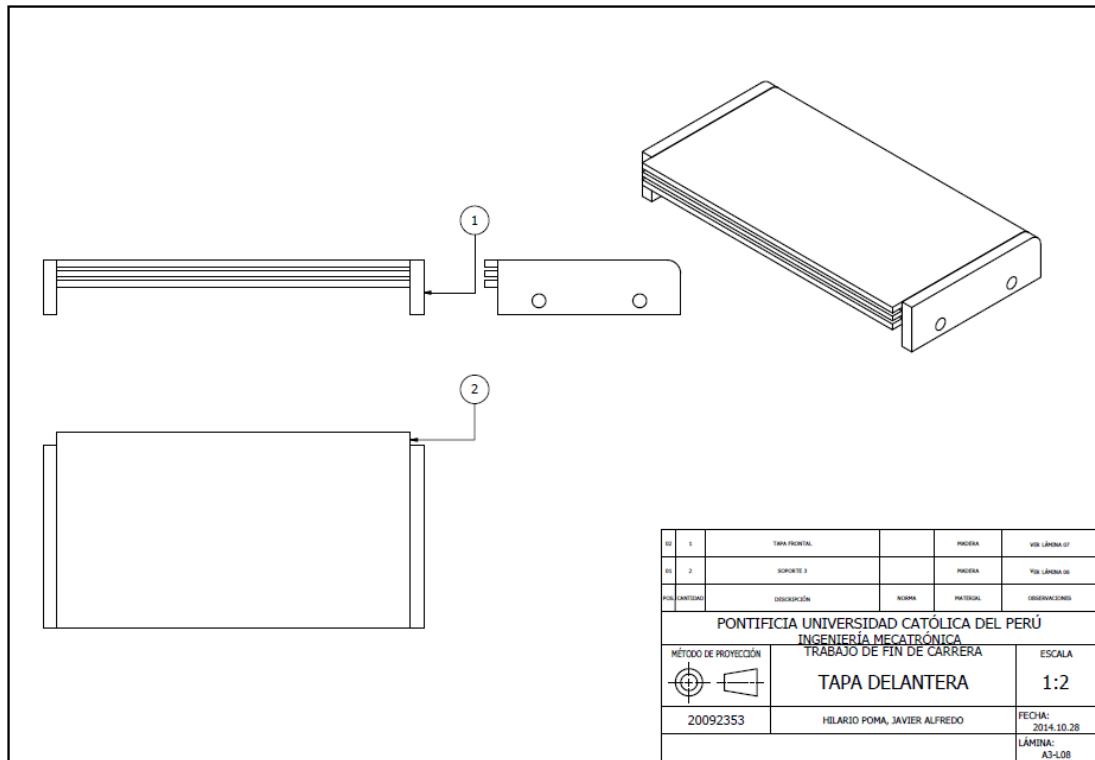


Figura 3.3.4: Plano de subensamble de la tapa delantera.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.3.5 se muestra el plano de sub-ensamble de la Tapa trasera de la estructura de madera.

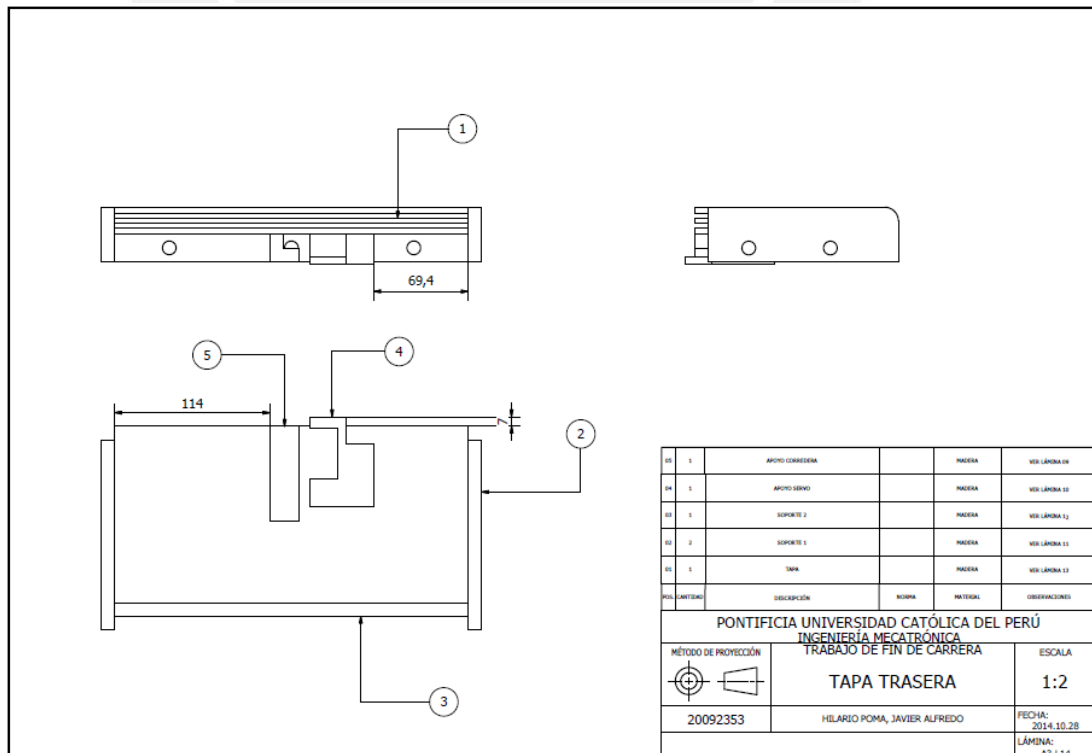


Figura 3.3.5: Plano de subensamble de la tapa trasera
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

3.4.1 Circuito de potencia

La figura 3.4.1 muestra el esquemático del circuito de potencia, la alimentación de este circuito es de 220 V. En este circuito se encuentra el convertidor de voltaje alterno de 220 V a voltaje continuo de 12 V de modelo S-120-12 de la marca WEHO (ver anexo 6), y conectado a éste se encuentran los convertidores de voltaje LM7806 y LM7805. Estos convertidores convertirán la señal de voltaje continuo de 12 V a 6 V y 5 V respectivamente, y serán los encargados de suministrar el voltaje requerido por el circuito del sistema.

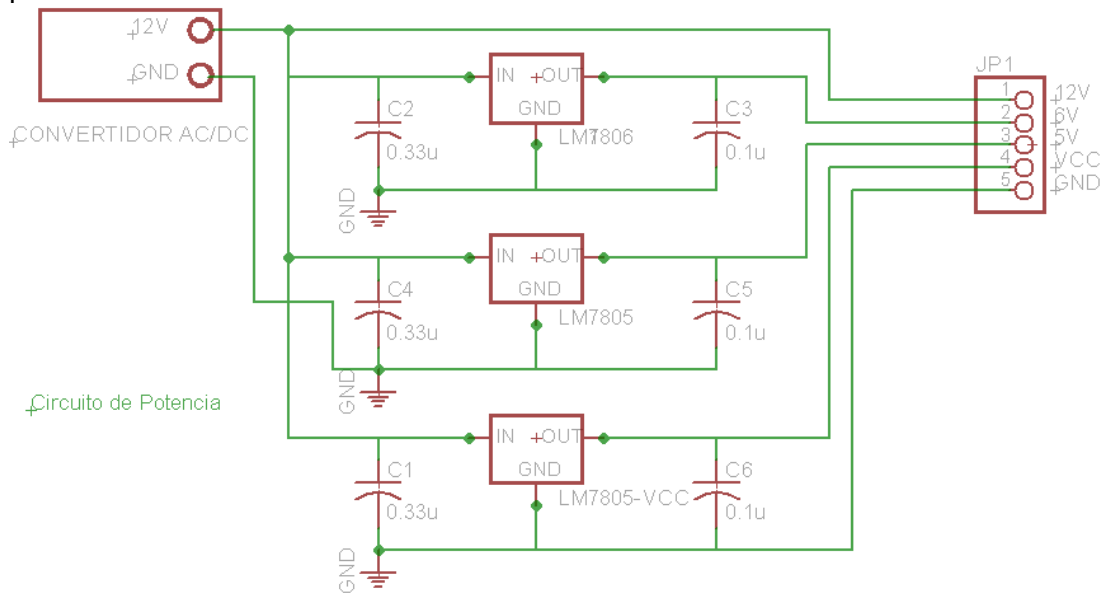


Figura 3.4.1: Esquemático del circuito de potencia
 Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Circuito electrónico

La figura 3.4.3 muestra el esquemático del circuito de control principal. Todos los voltajes de alimentación provienen del circuito de potencia. En este circuito se encuentra el microcontrolador ATmega8L y se muestran las conexiones existentes entre el microcontrolador y los periféricos seleccionados, que son: el motor DC, el servomotor, el sensor de ultrasonido y los 2 sensores de luz.

El ATmega8L es el cerebro de todo el sistema, y es el que envía las señales PWM al motor DC y al servomotor, controlando la velocidad del primer motor y controlando la posición angular del segundo motor. Además, recibe información de los 2 sensores de luz y determina si es necesario aumentar o disminuir la velocidad del motor DC. También, recibe información del sensor de ultrasonido, determina cuando la bobina (lugar donde se almacena el hilo procesado) está llena y detiene el funcionamiento del motor DC y del servomotor. En el caso extremo que los 2 sensores de luz se desactiven, lo cual implicará que el hilo se ha roto y también detendrá el motor DC y el servomotor. Se debe tener en cuenta que el funcionamiento de los optoacopladores es con lógica negativa, eso significa que si se desea activar el motor DC, se debe de enviar una señal digital de 0; lo mismo sucede con la señal PWM, si la onda es de 0% el motor funcionará a su máxima velocidad y si la onda es de 100% el motor estará detenido. Esto se puede ver con claridad en el anexo 7: Simulación electrónica.

Para un correcto funcionamiento del motor DC, se requiere de un driver o de un puente H para el motor. Es por ello que se optó por utilizar el circuito integrado L298 que es un driver de potencia para motores bipolares. La configuración de las conexiones para los pines del L298 se hizo con referencia a la figura 3.4.2. Además de ello, la resistencia de 10W del circuito de la figura 3.4.3 se obtiene también tomando como referencia la figura 3.4.2.

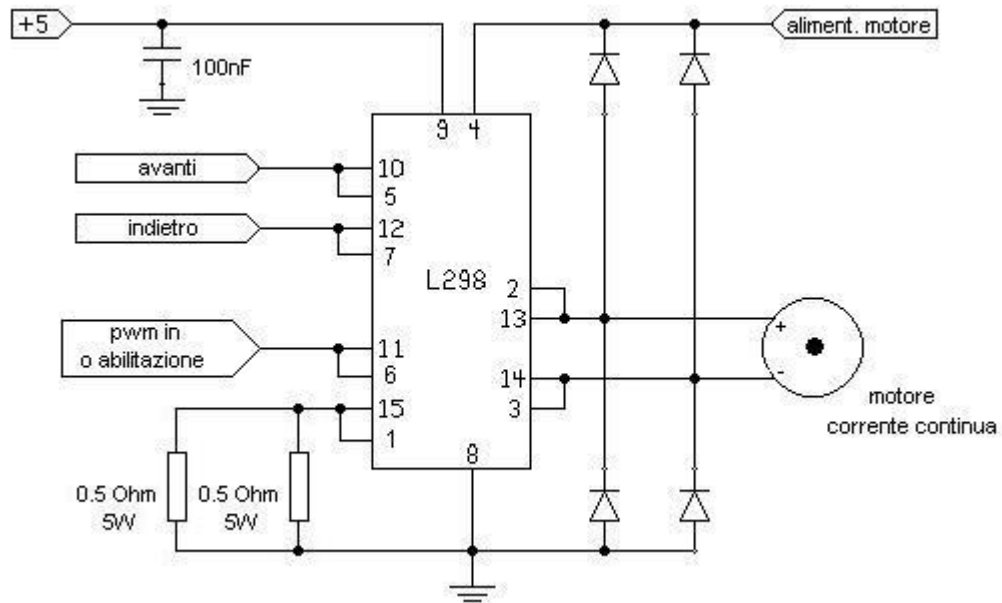


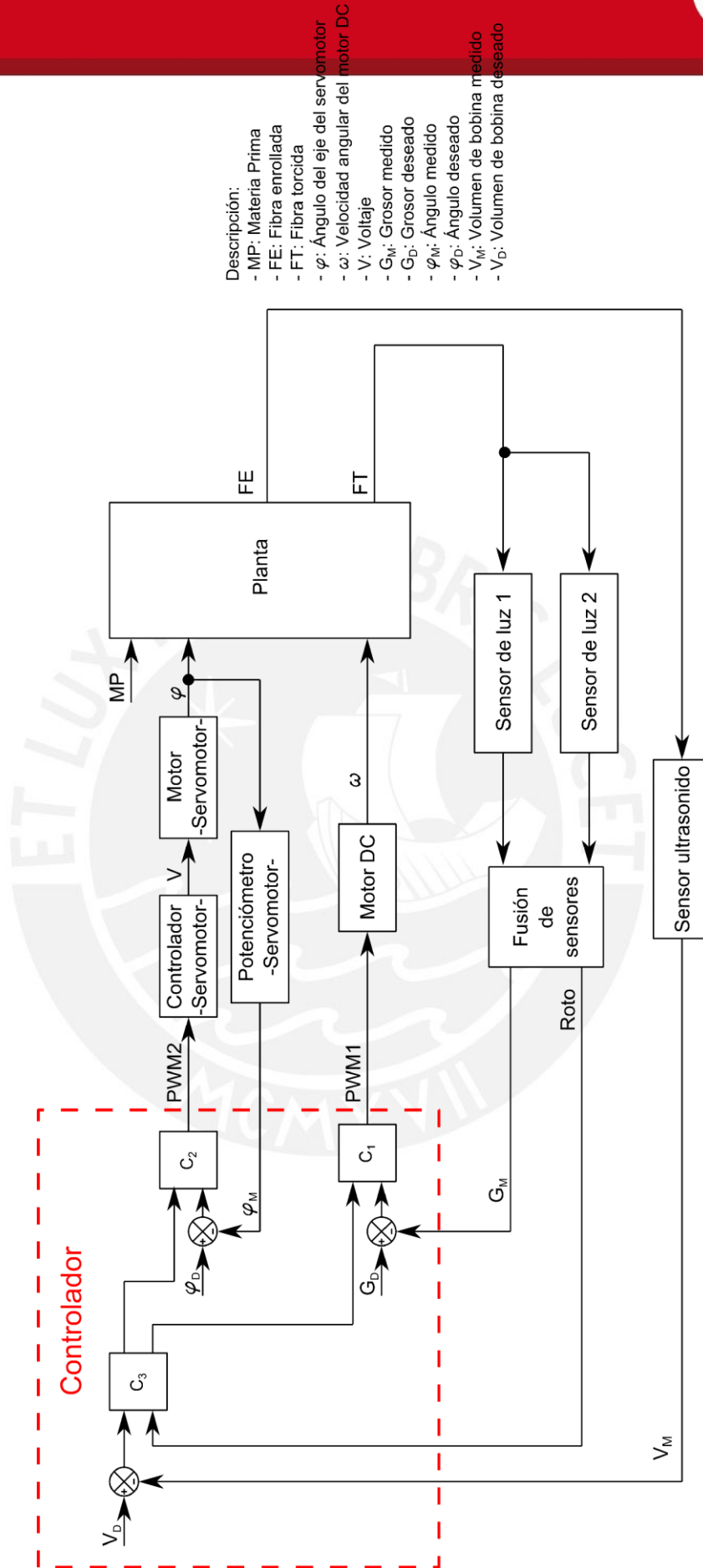
Figura 3.4.2: Esquema de referencia para el L298
Fuente: [22]

3.5 Diagramas del programa de control.

3.5.1 Diagrama de bloques

En la figura 3.5.1 se muestra el diagrama de bloques del sistema, este diagrama será de mucha utilidad cuando sea necesario implementar el circuito de control y realizar la programación respectiva.

Se observa que las entradas al sistema son la materia prima (MP), el grosor deseado (G_D), el ángulo deseado (φ_D) y el volumen de bobina deseado (V_D). También se puede notar que hay 3 lazos de control; el primero que es el más rápido y afecta a la planta, es el circuito de detección del grosor deseado de la fibra torcida, que mediante la fusión de sensores determina si el hilo se encuentra dentro del rango de grosor deseado o no y dependiendo del resultado de la lógica implementada (ver anexo 3) modifica la velocidad del motor DC para variar el grosor de la fibra torcida. El segundo lazo es el del control del mecanismo guía, este lazo se encarga de modificar la posición angular del servomotor y de esta manera mover la cremallera en las posiciones definidas (ver anexo 2) y poder distribuir la fibra torcida alrededor de la bobina. Finalmente, el tercer lazo de control y el más lento, es lazo que controla la cantidad de fibra enrollada en la bobina; este control es realizado mediante el sensor de ultrasonido, que cuando detecte la presencia de materia prima a una distancia menor o igual a 70 mm se active, esto significará que la bobina alcanzó su máxima capacidad de almacenamiento (ver anexo 1.3), por lo cual enviará una señal para detener el funcionamiento del motor DC y del servomotor. La salida *Roto* del boque de fusión de sensores, según la lógica de los sensores, indica que la materia prima se rompió y por ello envía una señal para detener el funcionamiento del motor DC, el servomotor y los sensores del sistema.



Descripción:

- MP: Materia Prima
- FE: Fibra enrollada
- FT: Fibra torcida
- φ : Ángulo del eje del servomotor
- ω : Velocidad angular del motor DC
- V: Voltaje
- G_M : Grosor medido
- G_D : Grosor deseado
- φ_M : Ángulo medido
- φ_D : Ángulo deseado
- V_M : Volumen de bobina medido
- V_D : Volumen de bobina deseado

Figura 3.5.1: Diagrama de bloques de control del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Diagramas de flujo

En la figura 3.5.2 se muestra el diagrama de flujo principal; el cual consta de 3 subrutinas. Antes de poder ser iniciado (presionando el pulsador), requerirá que el usuario haya calibrado los sensores de luz (ver anexo 4) de acuerdo al grosor del hilo que desee obtener y que también haya ubicado el hilo guía. Luego, el sistema esperará a que se presione el pulsador y se emita la señal de inicio del programa para comenzar; si el sistema no detecta al hilo guía no comenzará el programa y esperará a que se presione nuevamente el pulsador y que detecte correctamente la fibra. Una vez detectada la fibra, se iniciarán el motor DC y el servomotor, se establecerán también la velocidad de giro del motor DC y la posición angular del servomotor. El programa seguirá funcionando hasta que el sensor de ultrasonido detecte que el volumen de la bobina (lugar donde se almacenará el hilo torcido) sea el deseado o hasta que suceda el caso más extremo que es cuando se haya roto el hilo; en ambos casos el sistema hará que el motor DC se detenga y que el servomotor regrese a sus posición inicial.

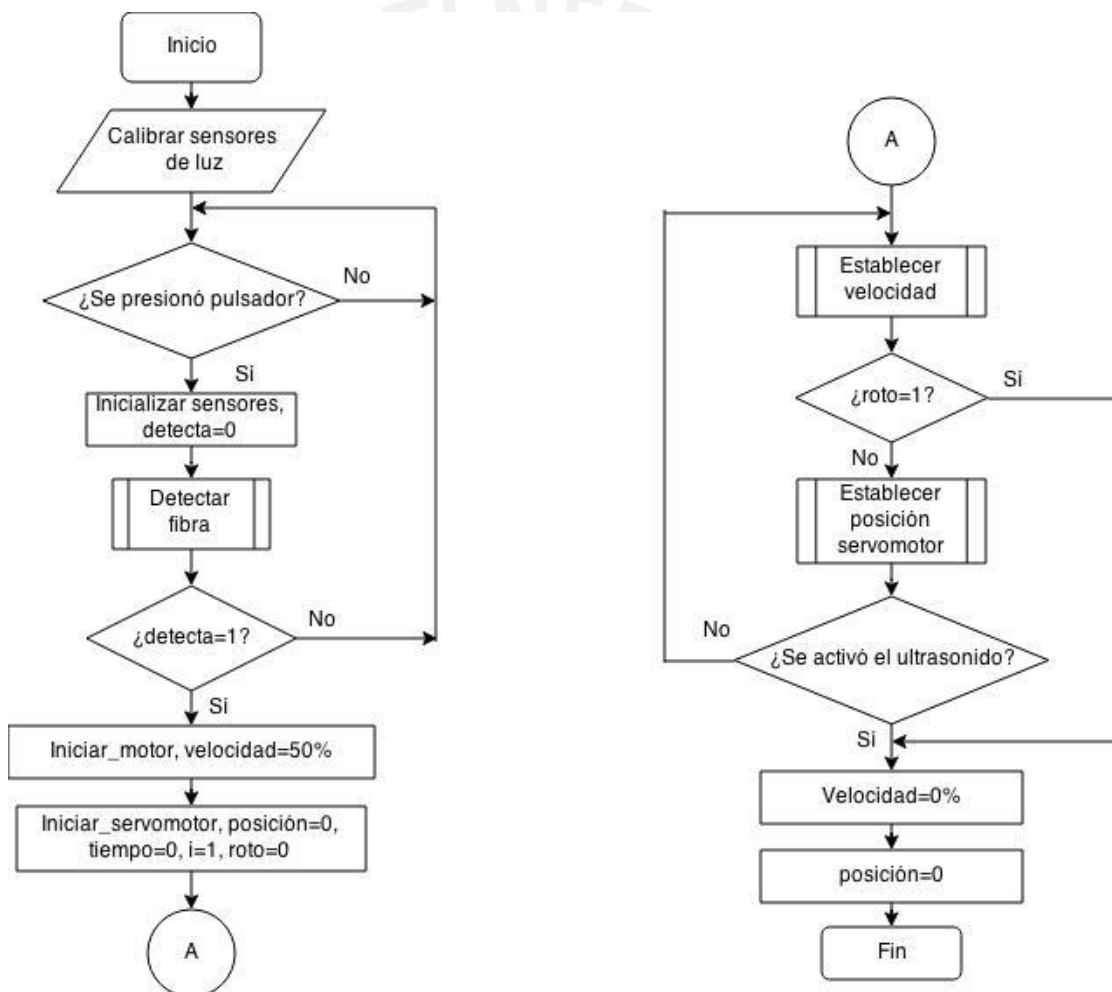


Figura 3.5.2: Diagrama de flujo del programa principal.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.5.3 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina Detecta Fibra; la cual es la encargada de enviar una señal que indique que la fibra está correctamente ubicada y que ya se puede continuar con el programa correctamente.

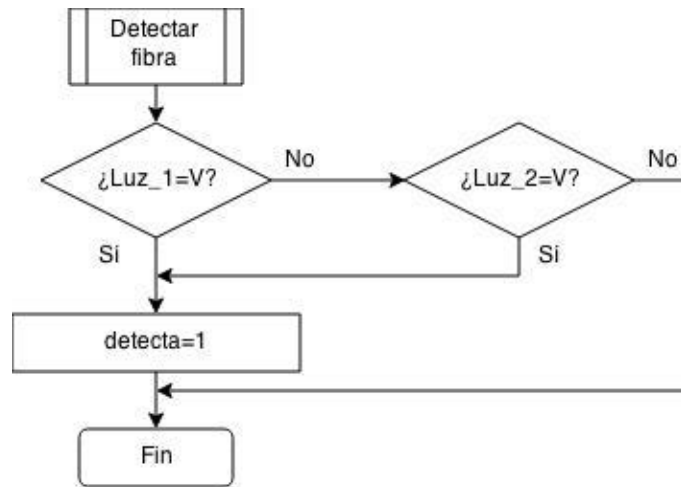


Figura 3.5.3: Diagrama de flujo de la sub-rutina Detectar Fibra.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5.4 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina Establece Velocidad; la cual es encargada de modificar la velocidad del motor DC de acuerdo al grosor que tenga el hilo. Si el hilo es muy grueso, la velocidad aumentará y si el hilo es muy delgado, la velocidad disminuirá.

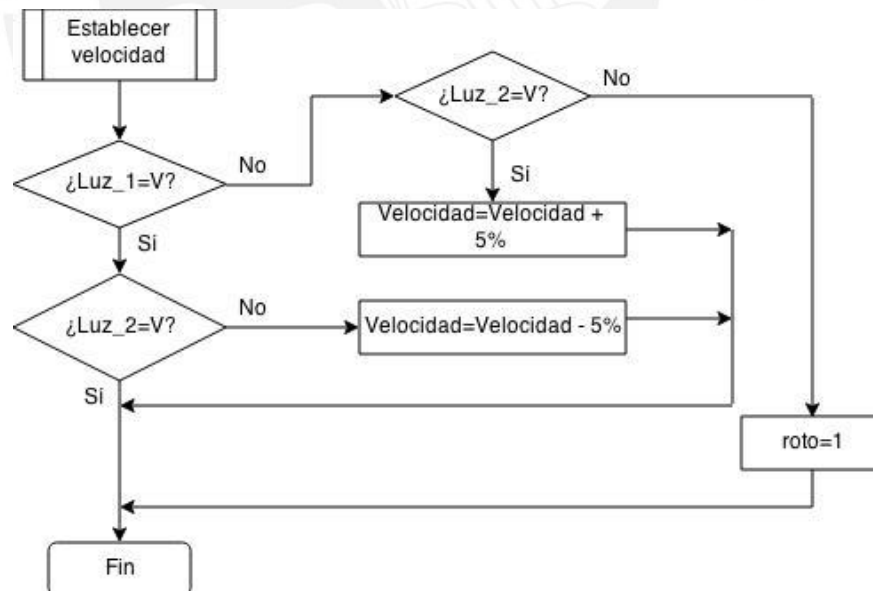


Figura 3.5.4: Diagrama de flujo de la sub-rutina Establecer Velocidad.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5.5 se muestra el diagrama de flujo de la sub-rutina Establece Posición Servomotor; la cual se encarga de darle una posición al ángulo del eje del servomotor para mover una cremallera en 10 posiciones y así obtener que el hilo torcido se distribuya a lo largo de la bobina donde se almacenará el hilo. El tiempo dt es el tiempo necesario que se debe de mantener al servomotor en una posición mientras se almacena el hilo, este dt se obtendrá experimentalmente.

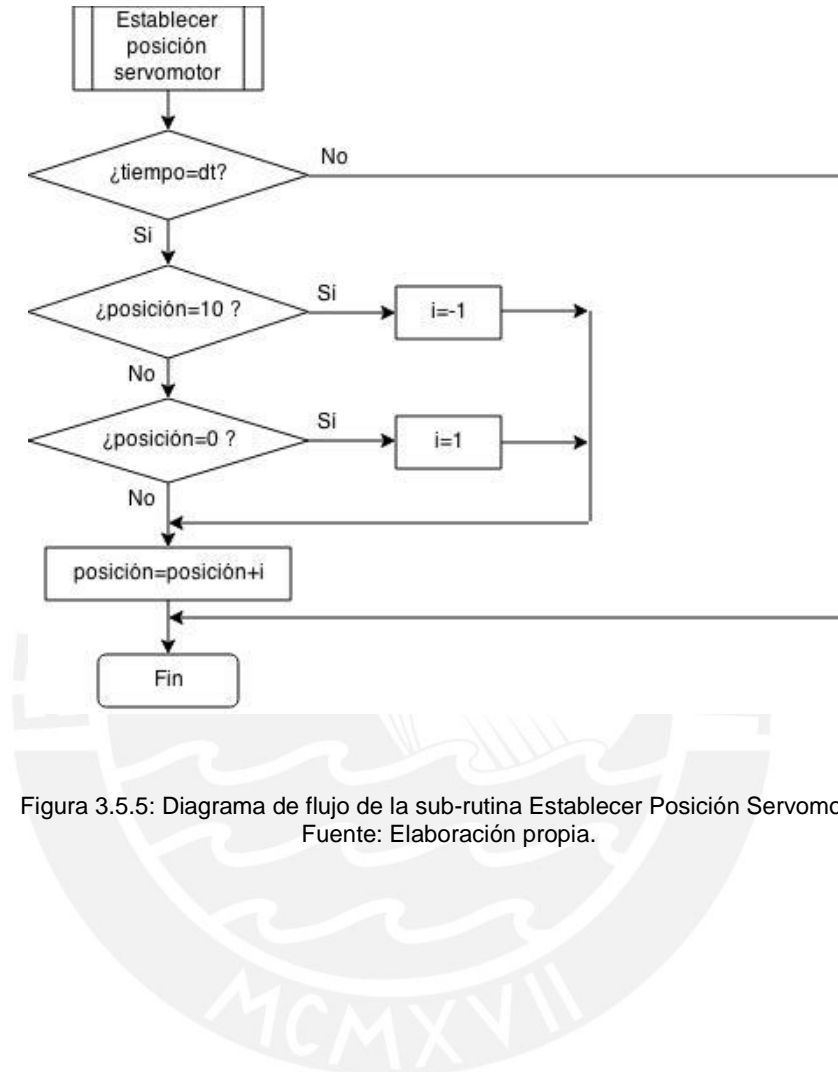


Figura 3.5.5: Diagrama de flujo de la sub-rutina Establecer Posición Servomotor.
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4

Presupuesto

4.1 Presupuesto electrónico

A continuación se muestra la tabla 4.1.1, en la cual se encuentra el presupuesto que tiene la parte electrónica del sistema; además se presenta el costo que tendría la importación de todos los elementos. Para las cotizaciones y los detalles del cálculo de impuestos y aduanas ver el anexo 9.

Tabla 4.1.1 Presupuesto de la parte electrónica del sistema

Componente	Cantidad	P. Unitario (USD)	P. Total (USD)	Procedencia	Observación
150:1 Micro Metal Gearmotor HP	1	15.95	15.95	EE.UU.	Sin impuesto
Pololu Micro Metal Gearmotor Bracket Pair	1	3.25	3.25	EE.UU.	Sin impuesto
HS 311 Standard	1	7.99	7.99	EE.UU.	Sin impuesto
HC-SR04	1	2.04	2.04	EE.UU.	Sin impuesto
S-120-12	1	7.37	7.37	China	Sin impuesto
4n27	3	0.6	1.8	EE.UU.	Sin impuesto
ATmega8	1	4.33	4.33	EE.UU.	Sin impuesto
Engranaje para el servomotor	1	4.35	4.35	EE.UU.	Sin impuesto
L298	1	4.67	4.67	EE.UU.	Sin impuesto
LM7805	1	0.67	0.67	EE.UU.	Sin impuesto
LM7806	1	0.7	0.7	EE.UU.	Sin impuesto
Capacitor 0.33uF	2	0.12	0.24	EE.UU.	Sin impuesto
Capacitor 0.1uF	2	0.37	0.74	EE.UU.	Sin impuesto
Resistencia de 300 ohm	3	0.1	0.3	EE.UU.	Sin impuesto
Resistencia de 10k ohm	3	0.3	0.9	EE.UU.	Sin impuesto
Resistencia de 10W	1	0.64	0.64	EE.UU.	Sin impuesto
Pulsador momentáneo	1	0.54	0.54	EE.UU.	Sin impuesto
Sensor de luz	2	120.9	241.8	EE.UU.	Con impuesto
Subtotal			298.28		
Impuesto de aduana y envío			29.43		
Total			327.71		

Se observa que el costo de la parte electrónica para la construcción de 1 Hiladora automática de fibra de lana de alpaca es de 327,71 dólares. Se utiliza el tipo de cambio vigente al día 30 de noviembre de 2014: 1 USD= S/. 2,924.

Por lo tanto el costo de la parte electrónica será de S/. 958,22.

4.2 Presupuesto mecánico

En la tabla 4.2.1 se muestra el presupuesto de la parte mecánica del sistema y se observa que el costo para la parte mecánica es de S/. 347, con impuestos incluidos.

Tabla 4.2.1 Presupuesto de la parte mecánica del sistema

Componente	Cantidad	P. Unitario (S/.)	P. Total	Observación	Procedencia
Perno M8x35 + Tuerca M8	11	2.5	27.5	Ninguna	Local
Arandela M8	11	1	11	Ninguna	Local
Perno M12x70 + Tuerca M12	8	5.5	44	Ninguna	Local
Arandela M12	8	1.5	12	Ninguna	Local
Chumacera d=12mm	4	15	60	Ninguna	Local
Pabito para el transporte	1	6.9	6.9	Ninguna	Local
Armella cerrada	1	2.5	2.5	Pack de 10 u.	Local
Madera + mano de obra de mecanizado	---	190	190	IGV incluido	Local
Total			353.9		

4.3 Presupuesto total

La tabla 4.3.1 muestra el presupuesto total necesario para la implementación de una (1) hiladora automática de fibra de lana de alpaca. En la tabla se observa que el costo es de **S/. 1312,12**.

Tabla 4.3.1 Presupuesto total del sistema

Presupuesto Total	
Componentes electrónicos	958.22
Componentes mecánicos	353.9
Total	1312.12

- [12] QTC METRIC GEARS
2014 *Injection Molded Spur Gears*
< <http://www.qtcgears.com/KHK/newgears/KHK110.html>>
Consulta: 12/11/2014
- [13] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR
2014 *LM78XX*
<<https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf>>
Consulta: 12/11/2014
- [14] VISHAY
2014 *4N2X*
<<http://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>> Consulta: 15/11/2014
- [15] SPARKFUN
2014 *L298 H bridge*
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf>
Consulta: 15/11/2014
- [16] ÁREA DE DISEÑO, Sección de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica del Perú.
2010 *Dibujo Mecánico I. Material de enseñanza.* Lima: PUCP. Ciencias e Ingeniería
- [17] HAIF, Yusef y SHAHIN, Tamer
2011 *Engineering Design Process.* Segunda edición. USA: CENGAGE Learning. ISBN-13: 978-0-495-66814-5
- [18] MARTINEZ, María, ALQUINTAS, Ana y OSORIO, Mauricio
2001 *Alpaca: Manejo y procesamiento de la fibra en la región Aysén.* Boletín INIA N° 49 ISSN 0717-4820
- [19] NORTON, Robert
2011 *DISEÑO DE MÁQUINAS – Un enfoque integrado.* Cuarta edición. Mexico: Pearson Education. ISBN: 978-607-32-0589-4
- [20] GUÍA DE LABORATORIO DE SENSORES Y ACTUADORES
2013 *Actuador Lineal y Sensor de Ultrasonido.*
Lima: PUCP. Ciencias e Ingeniería. Sección Ingeniería Mecatrónica
- [21] GUÍA DE LABORATORIO DE SENSORES Y ACTUADORES
2013 *Control de Posición – Servomotores*
Lima: PUCP. Ciencias e Ingeniería. Sección Ingeniería Mecatrónica
- [22] DIGILANDER.LIBERO.IT
2014 *Sito Amatoriale di Electronica.*
< http://digilander.libero.it/marcopic/pag_circuiti.htm> Consulta: 16/11/2014