



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ingeniería
Seminario de Sistemas Embebidos

Memoria del Trabajo Final:

Reciclador PLA

Autor:

Sr. Pablo Martín Alejandro

Legajo: 98.021

*Este trabajo fue realizado en las Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
entre agosto y diciembre de 2019.*



RESUMEN

En este trabajo se realizó el diseño y la fabricación de una recicladora de plástico PLA para el uso en la impresión 3D. La recicladora consiste en un sensor de temperatura con un control de completar, junto con un display para mostrar por pantalla un menú. También se agregó un módulo de wifi junto con un diseño de pagina web para el manejo de la misma. Se pudo aprovechar la herramienta de Yakindu para la realización del trabajo.

Índice General

Registro de versiones	4
Introducción General	
1.1 Descripción del proyecto	5
Introducción Específica	7
2.1 Descripción del hardware	7
2.1.1 Plataforma de desarrollo	8
2.1.2 Módulo Wifi	9
2.1.3 Display y encoder	10
2.1.4 Resistencia Cartucho	10
2.1.5 Otros	11
2.2 Descripción del software	11
Diseño e Implementación	13
3.1 Análisis del hardware	13
3.1 Análisis del software	15
Ensayos y Resultados	19
4.1 Pruebas funcionales del hardware	19
4.1 Pruebas funcionales del software	19
4.1 Union del proyecto	20
Conclusiones	22
5.1 Conclusiones generales	22
5.2 Próximos pasos	22
Bibliografía	23

Registro de versiones

Revisión	Cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	5/12/2019
1.1	Correcciones del presente informe	9/12/2019
1.2	Continuación de correcciones	10/12/2019
1.3	Correcciones	11/12/2019

CAPÍTULO 1

Introducción general

1.1 Descripción del trabajo

El esquema general un reciclador de plástico PLA se puede observar en la figura 1.1. El reciclador tiene diferentes partes bien diferenciadas, como un calentador para lograr una temperatura fija en un extremo de la máquina. Otra parte es el motor de continua encargado de entregar el torque a una mecha de madera para trasladar el plástico. Por otro, lado, se usa un cilindro con una mecha de madera para trasladar el plástico depositado en la tolva, y con el torque de motor de continua se traslada al extremo caliente del cilindro. Por último, se coloca un pico fino para dar un diámetro al filamento que se extrae.

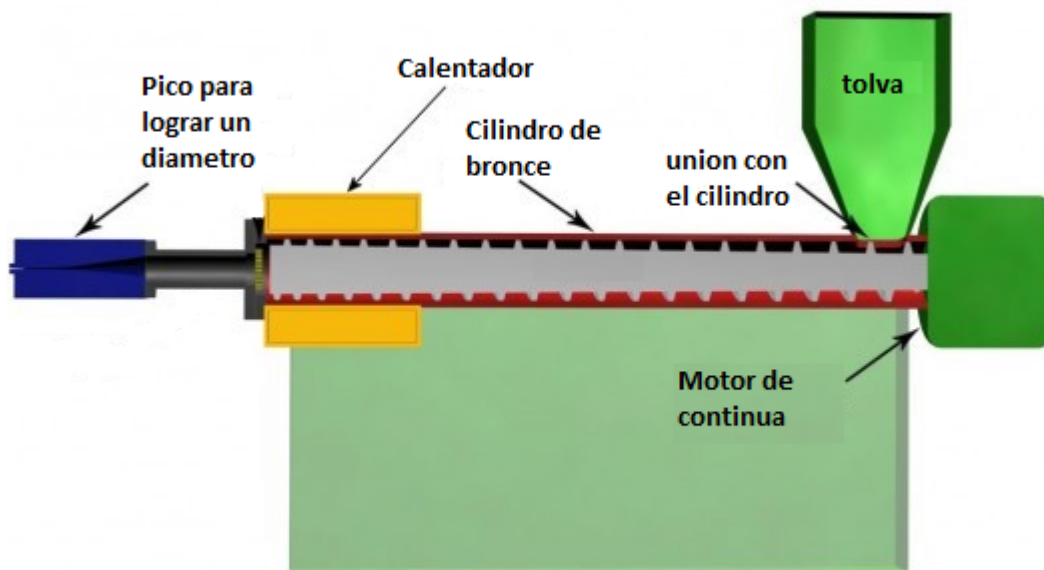


Figura 1.1: Partes del reciclador PLA

La recicladora PLA tiene ventajas tanto para las industrias como para personas en sus hogares. También ayuda para reducir desechos en el medio ambiente. Puede usarse tanto en la industria como en una casa, ya que recicla las partes de plástico que se consideran desecho, reduciendo la basura generada y lograr ahorrar dinero en materiales.

El diagrama en bloques del sistema se muestra en la figura 1.2.

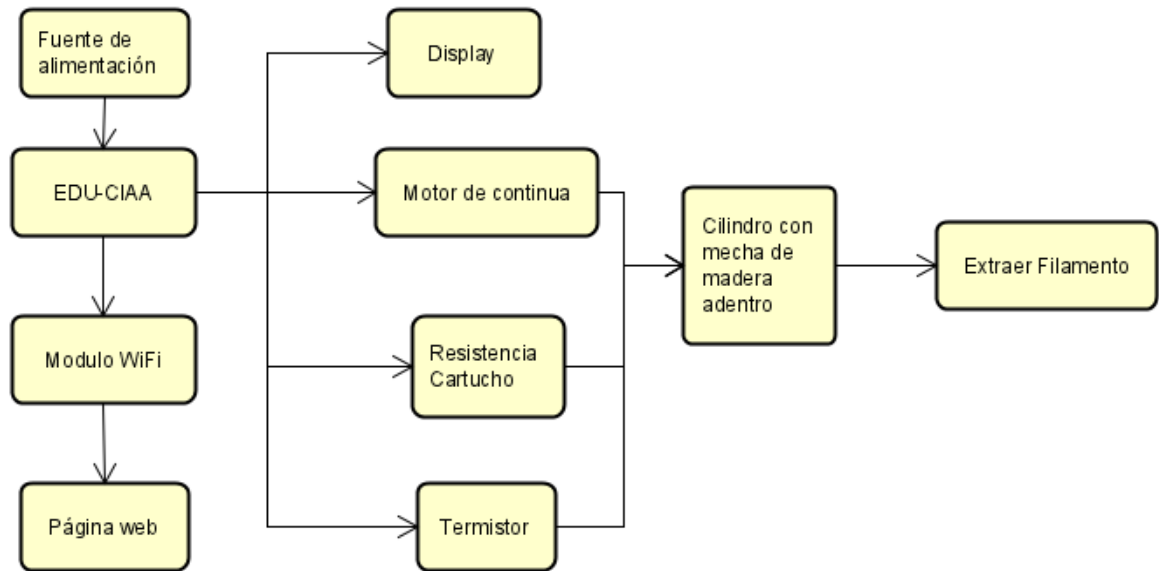


Figura 1.2: Diagrama de bloques del sistema.



CAPÍTULO 2

Introducción específica

2.1 Descripción del hardware

En esta sección, se explica la fabricación del hardware del equipo. Para la realización del trabajo se colocó una mecha de madera (con la punta cortada) dentro de un cilindro hueco de bronce de igual diámetro para evitar que la mecha se atorre a la hora de trasladar el plástico (en nuestro caso se pidió utilizó un cilindro y una mecha de un diámetro de $\frac{5}{8}$ de pulgada).

Se necesito fijar la estructura por el torque que generaba el motor sobre la misma. Se usaron para esto tornillos y una madera. Se utilizó un motor de continua para generar un torque sobre la mecha de madera, con esto se logra trasladar el plástico desde un punto A a un punto B.

Se conectó un driver (entre el motor y la EDU-CIAA) para el manejo de la corriente que necesita el motor de continua. Para el sensado de temperatura, se usó un termistor que varía su resistencia dependiendo de la temperatura. Para poder medir una temperatura de 200 °C, se colocó una resistencia aproximada al valor del termistor en esa temperatura (500 ohm). En el programa, se empieza a medir a partir de 150 °C que es lo que llega a medir el termistor con una resistencia aproximada de 500 ohm conectada en serie. Se colocó un display conectado a la EDU-CIAA donde se muestra el menú del equipo (para setear la temperatura y mover el motor a partir de un encoder). También se le agregó un módulo de WiFi donde se programa una página web para setear y mostrar los valores de temperatura y revisar si el motor de continua está prendida o no.

Para la colocación del plástico, se usó un material impreso por una impresora 3D al igual que la pieza que una el motor con la mecha y la que fija el motor a la madera. Todo lo mencionado anteriormente se observa conectado en la figura 2.1

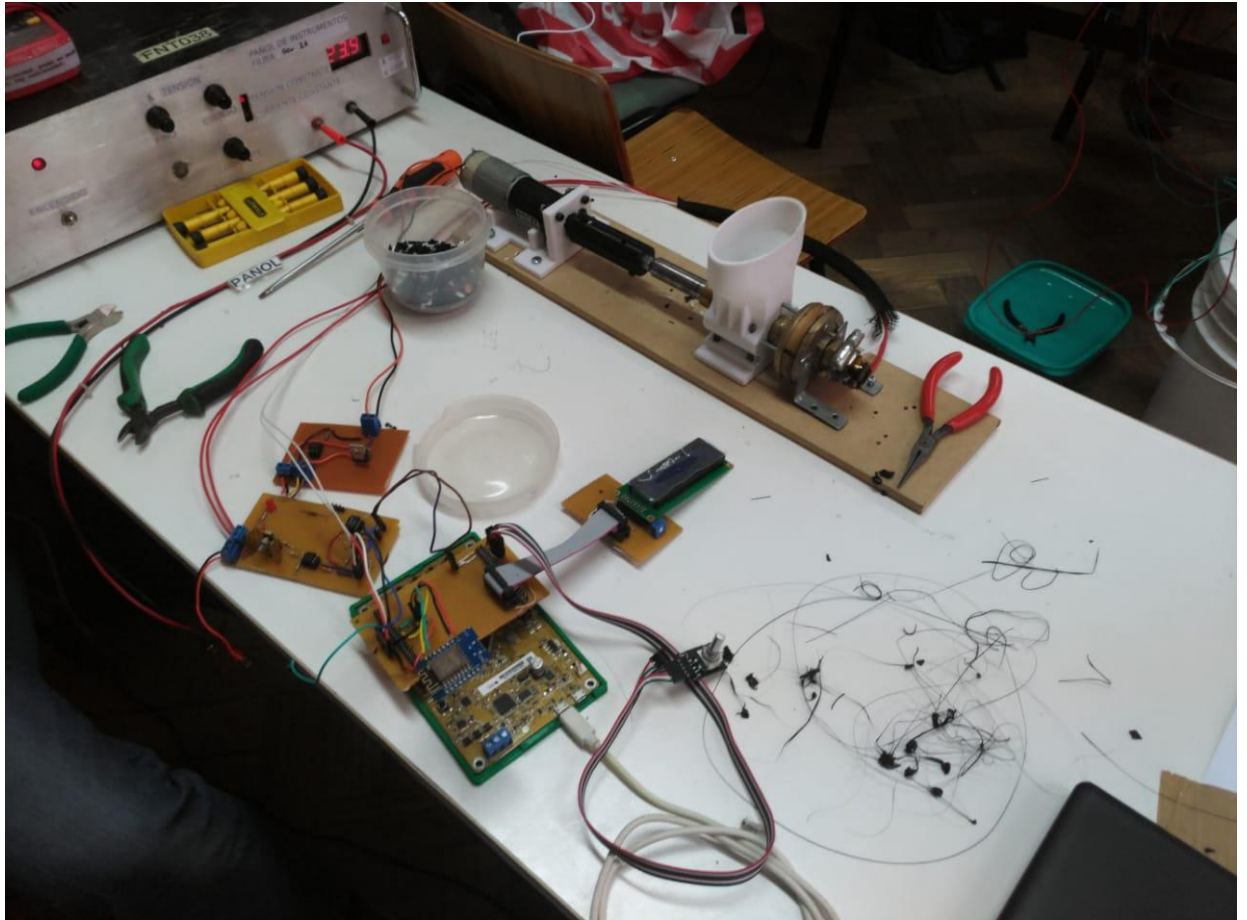


Figura 2.1:Reciclador Pla terminado.

2.1.1 Plataforma de desarrollo

La figura 2.2 muestra la placa EDU-CIAA la cual fue utilizada para la comunicación entre los diferentes equipos para el presente trabajo. La misma presenta toda la información de forma libre en internet en su página oficial [2]. Presenta un conversor DAC y un ADC, en este trabajo se realizó una medición usando el ADC de la placa, luego se comunicó con el puerto serie.

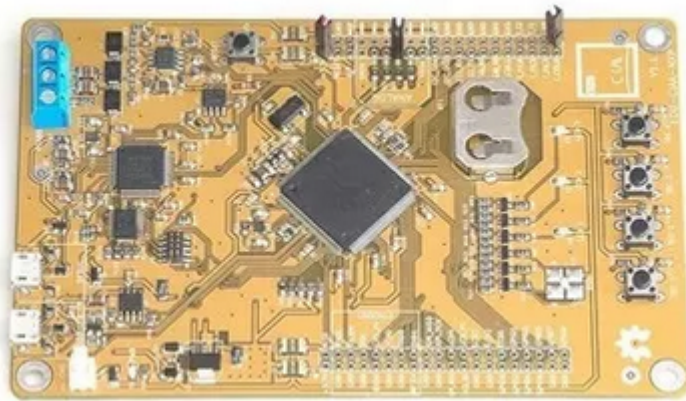


Figura 2.2: Placa EDU-CIAA.

2.1.2 Módulo de WiFi

Para la comunicación con la página web, se usó un módulo WiFi. En la figura 2.3 se observa dicho módulo, su modelo es el ESP8266. El mismo se comunica por puerto serie a la plataforma de desarrollo y luego actualiza los datos de la página web.

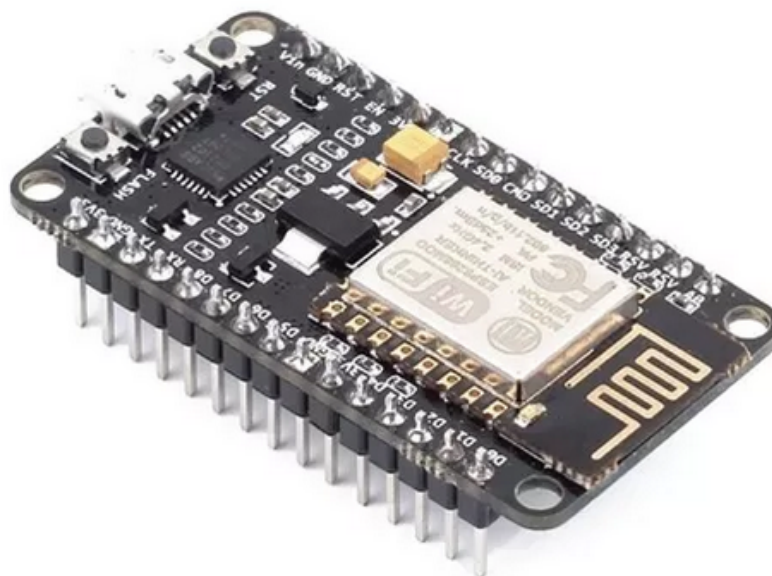


Figura 2.3: Módulo Wifi

2.1.3 Display y Encoder

Para el manejo del trabajo, se realizó un menú para controlar los diferentes parámetros. Se usó un display común para visualizar dicho menú y un encoder común para controlar el menú. Las figura 2.4 y 2.5 muestran los dispositivos.



Figura 2.4: Encoder.



Figura 2.5: Display.

2.1.4 Resistencia cartucho

Para lograr calentar el extremo del tubo, se utilizó una resistencia cartucho conectada a 24 V. Se usó el PWM de la placa EDU-CIAA para reducir el valor rms de tensión sobre la

resistencia cartucho (si se reduce la tensión caliente menos) para controlar la temperatura. La resistencia se muestra en la figura 2.6.

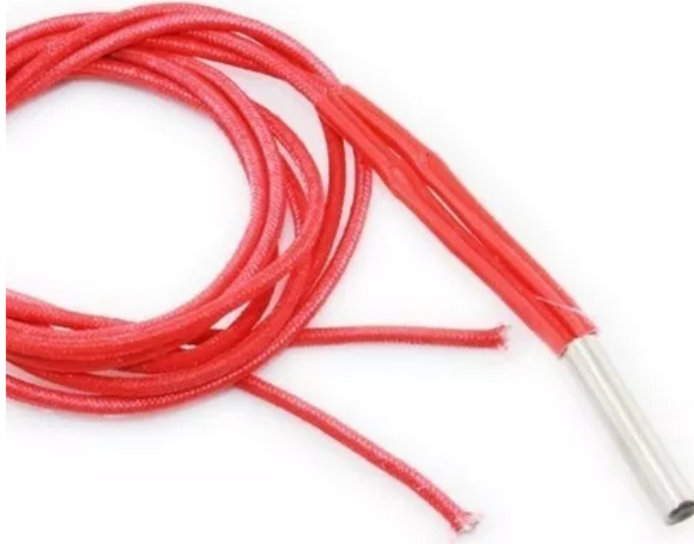


Figura 2.6: Resistencia Cartucho.

2.1.5 Otros

La medición de la temperatura se realizó con un termistor (resistencia que varía con la temperatura) ntc de valor nominal 100 kohm. Otros elementos fueron transistores para los circuitos usados como driver y controlador de la resistencia cartucho.

2.2 Descripción del software

El software se diseñó a partir de la herramienta de Yakindu, la cual permite usar un diagrama UML de máquinas de estado y luego genera un código que corresponde al diagrama realizado[1]. La idea lógica del programa es realizar un control de temperatura para lograr establecer un valor de 200 °C en un extremo de la máquina, luego decirle al reciclador de mover el motor en para llevar el plástico al extremo caliente. El programa manda los datos a través de un módulo de Wifi a una página web mencionada anteriormente (también se puede setear la temperatura y activar el movimiento de motor desde ahí).

Se agregó un display por si el módulo o la página web no funciona para activar la máquina, el display muestra un menú que tiene la configuración de temperatura y motor. También tiene un menú de WiFi que muestra la IP de la página web.

La figura 2.7 muestra la lógica del programa implementado.

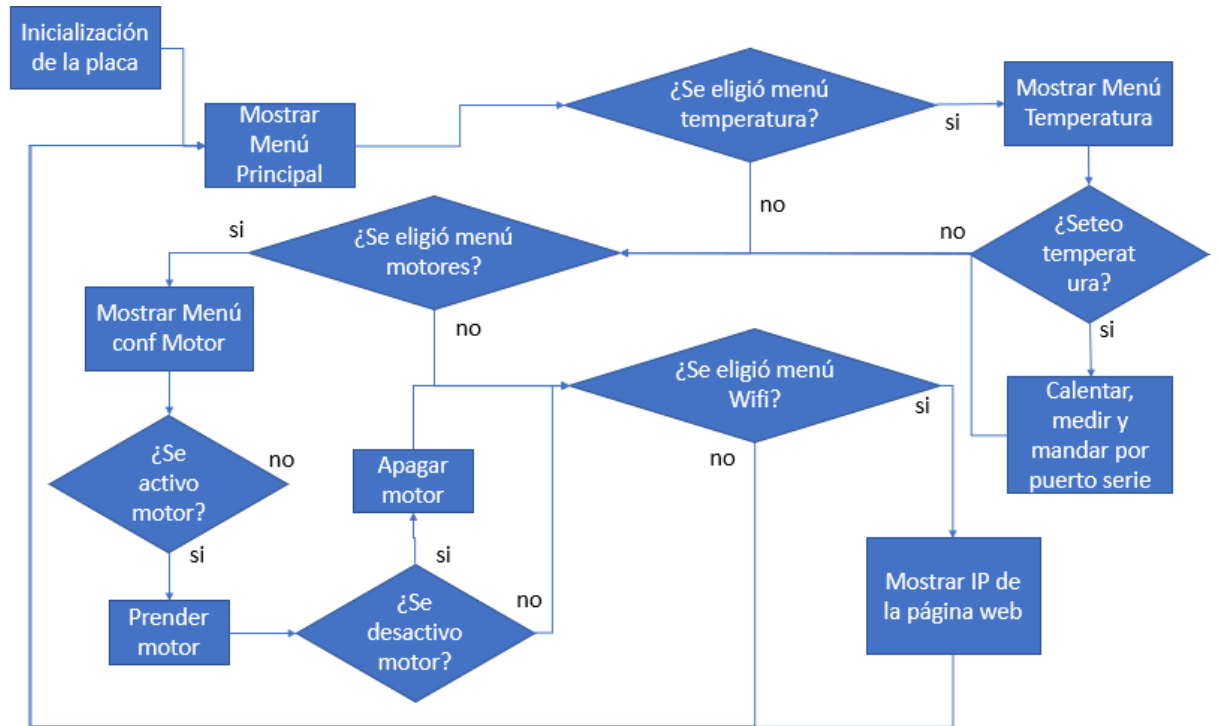


Figura 2.7 : Diagrama lógico del programa.

CAPÍTULO 3

Diseño e implementación

3.1 Análisis del hardware

A la hora de realizar el trabajo, se consideró como principal problema la estructura por su partes mecánicas y la precisión milimétrica, la velocidad del movimiento del motor y la instalación de una resistencia cartucho junto con el termistor. Esta última, se debe a que la resistencia cartucho está a una temperatura mayor y para lograr medir la temperatura del cilindro, se necesita que el termistor este distante a la resistencia cartucho pero en contacto con el cilindro.

Para la conexión del motor, se usó un driver para aumentar la corriente que entrega la EDU-CIAA sobre el motor (usando una fuente de tensión de 24V). En la figura 3.1, se observa el circuito utilizado como driver.

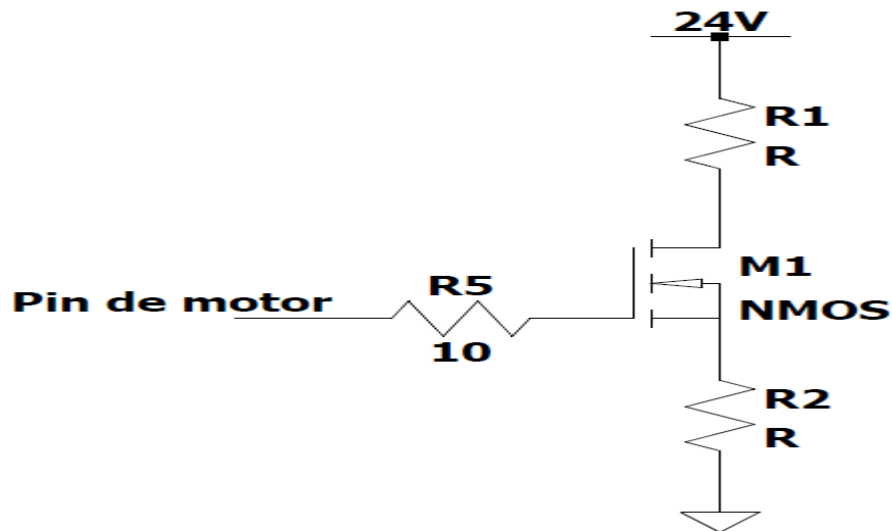


Figura 3.1: Circuito driver para el motor de excursión.

Por otro lado, para el control de la resistencia cartucha se usó el circuito de la figura 3.2. En la figura 3.3, se muestra el circuito usado para la medición de la temperatura a

través del termistor, teniendo en cuenta la ecuación de resistencia de un termistor, presentada a continuación como:

$$R = R_o e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o})}, \quad (3.1)$$

en donde se puede despejar la temperatura. Resolviendo el circuito de la figura 3.3 se puede llegar a un valor de R como:

$$R = 500 \text{ ohm} \frac{V_{CC} - V_{ADC}}{V_{ADC}}, \quad (3.2)$$

usando la EDU-CIAA se mide la tensión sobre el pin de ADC y luego se despeja la resistencia R, luego se puede despejar la temperatura teniendo en cuenta los parámetros dado por el fabricante[4]. Realizando todo lo mencionado, se puede aproximar la relación tensión temperatura con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{129.3 \cdot 1000 + V_{ADC} \cdot 34.5}{1000}.$$

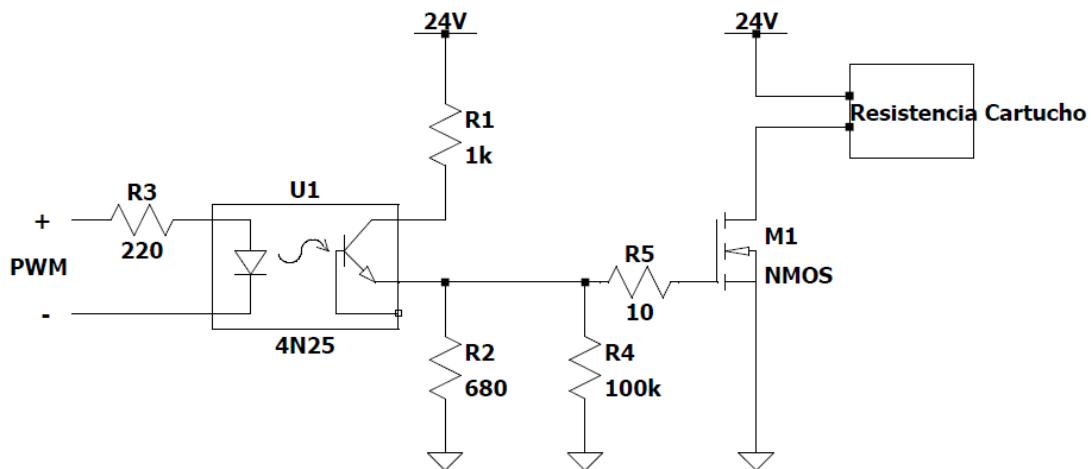


Figura 3.2: Circuito de control de la resistencia Cartucho.

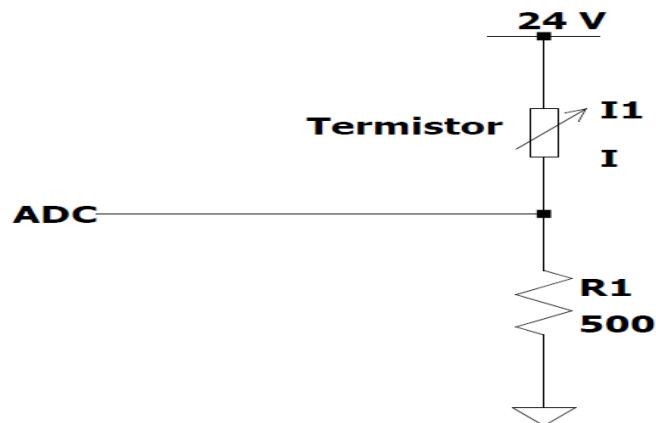


Figura 3.3: Circuito para la medición de la temperatura.

3.2 Análisis del software

El software fue generado a partir un diagrama UML de estados a partir de la herramienta de Yakindu. Por motivos de complejidad, se decidió dejar el link del repositorio de GitHub[3] usado para el trabajo práctico ya que el diagrama de estados es demasiado grande para mostrar una imagen.

Igualmente, se mostrará la complejidad del diagrama de estados con las figuras 3.4 hasta la figura 3.9 . El archivo prefix usado en Yakindu es demasiado largo para mostrar en una imagen por lo que no se incluye.

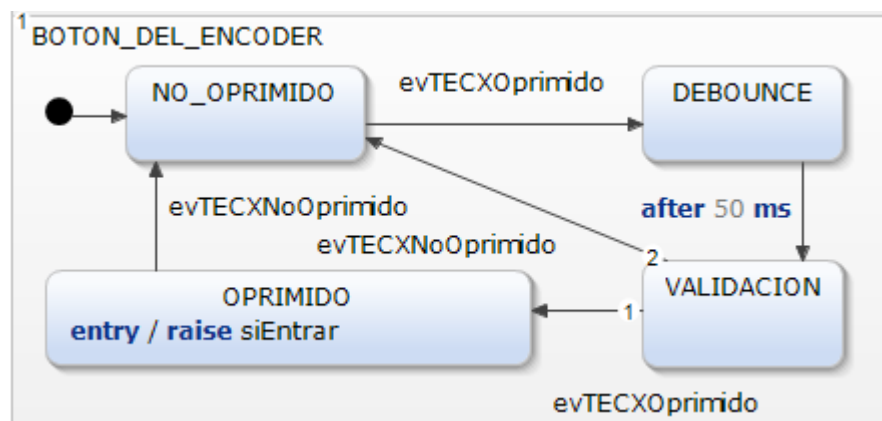


Figura 3.4: Diagrama de estados para controlar el botón oprimido.

En la figura 3.4, se muestra un diagrama de estado para la validación de un pulsador (el presente en el encoder) .

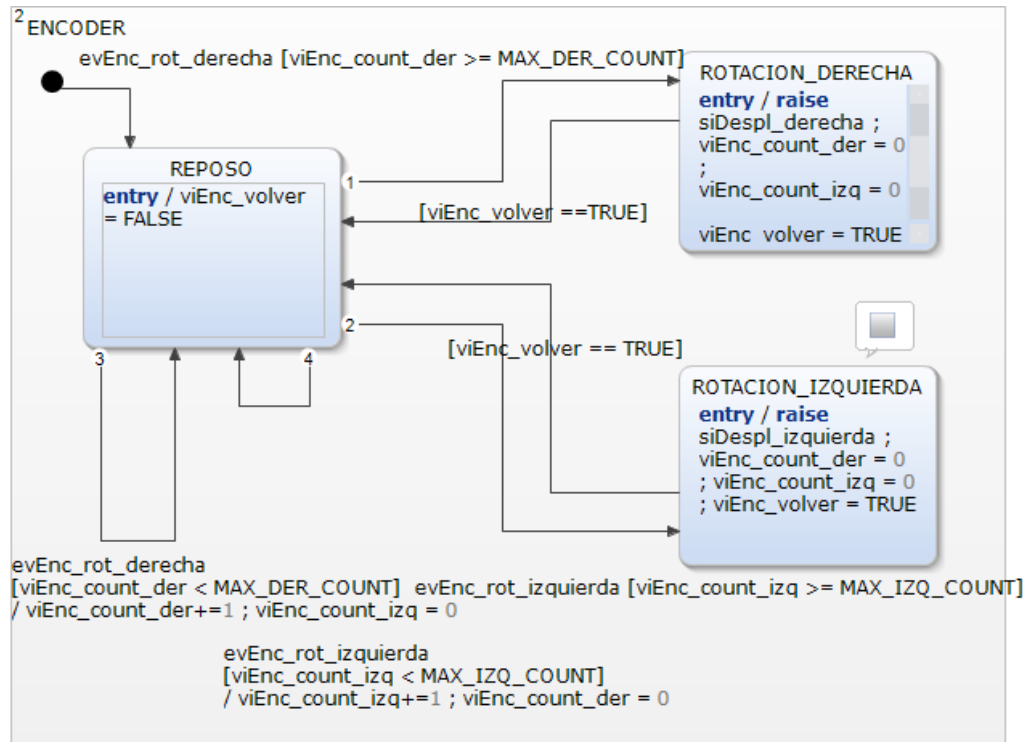


Figura 3.5: Diagrama de estados del encoder.

La figura 3.5 muestra los estados del encoder, el mismo corrobora el desplazamiento (de qué sentido se desplazó).

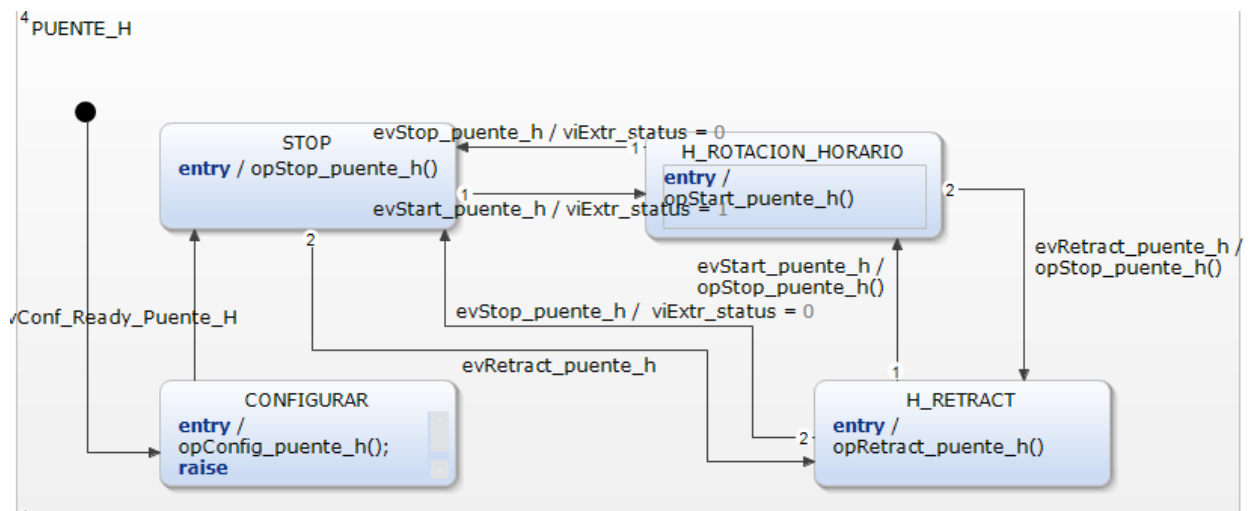


Figura 3.6: Diagrama de estados del puente H (control del motor de continua).

El control del motor se realiza con el diagrama de estado de la figura 3.6. Se observa 4 estados, en donde el estado inicial es de la configuración los pines gpio de la EDU-CIAA. Los otros 3 estados setean el estado del motor (apagado, encendido o reversa).

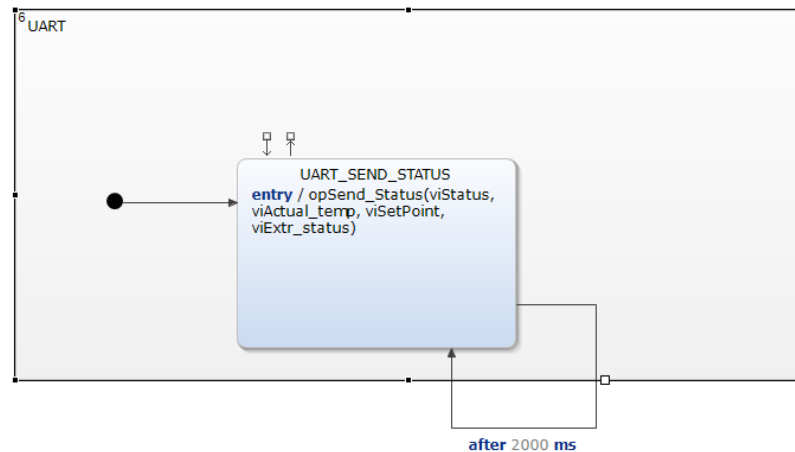


Figura 3.7: Diagrama de estados del envío de mensajes por UART.

El envío por UART presenta un solo estado que se repite cada 2 segundos, esto se observa en la figura 3.7.

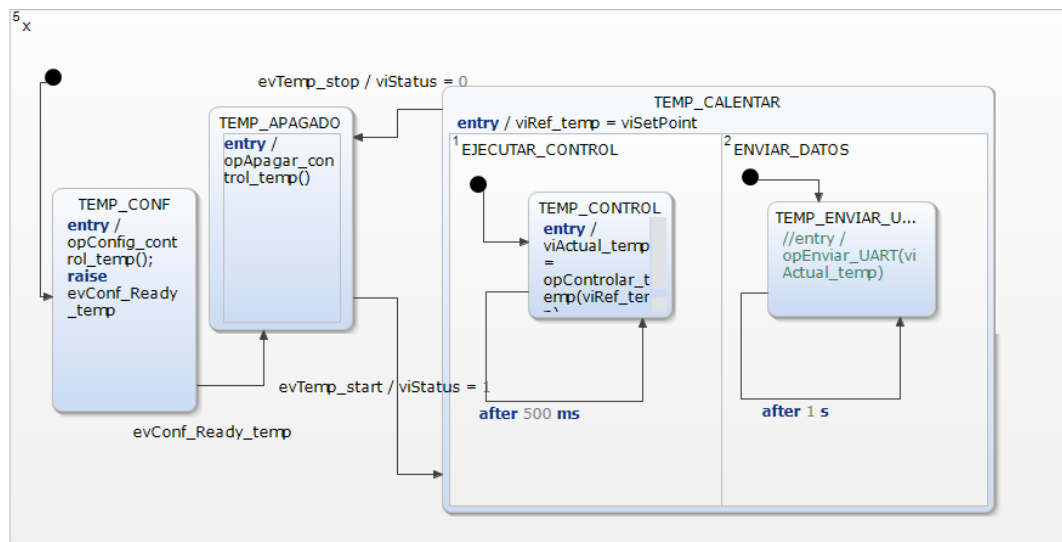


Figura 3.8: Diagrama de estados sensado y control de temperatura.

Para el control de temperatura se observa un estado inicial que sirve para la configuración del ADC. Luego, se mantiene en un ciclo entre los estados de apagado de la

[illegible]

Por último, en la figura 3.9 se observa los estados del menú realizado. El mismo consta con un menú principal que se divide en 3 submenús.



CAPÍTULO 4

Ensayos y resultados

4.1 Pruebas funcionales del hardware

La primera prueba realizada sobre el trabajo es comprobar el funcionamiento correcto de la partes mecánicas armadas. Para eso, se armó el producto y manualmente se revisó el funcionamiento de la mecánica.

La segunda prueba incluyó agregar el motor de continua para poder revisar la velocidad y el movimiento a esa velocidad. En esta prueba, se encontró un problema con el torque generado por el motor, el mismo provocaba que la piezas de plástico se rompieran por un giro inesperado sobre ellas (las piezas giraban con la mecha). La solución a este problema fue atornillar las piezas a un bloque de madera.

Por último, se probó el correcto calentamiento del extremo del cilindro revisando el circuito mencionado en la figura 3.2. Se colocó la resistencia cartucho y se utilizó una señal de pwm constante para controlar a qué temperatura aumenta. Luego, se varió el pwm para ver cómo modifica la temperatura. La figura 2.1 muestra la mecánica del reciclador completo, mientras la figura 4.1 muestra una de las uniones de la mecánica (la mecha de madera con el motor de continua).

4.2 Pruebas funcionales del software

La primera prueba tenía que ver con el control y sensado de la temperatura. Para eso se midió la temperatura a través del ADC (como se mencionó anteriormente) y luego se aplicó una planta para lograr aumentar la temperatura al menor tiempo posible sin pasarse del valor establecido. Con la medición de la temperatura mencionada anteriormente, se mandó el valor al puerto serie para visualizar en la computadora.

La segunda prueba era controlar que el valor de la temperatura medida con el termistor es la equivalente en la punta. Para eso, se usó un multímetro con una termocupla en sus terminales (con la capacidad de medir grados °C) y se revisó que el valor del multímetro sea el mismo con el medido en el termistor. La figura 4.2 muestra lo que se recibió la computadora por puerto serie en una terna donde indica si la temperatura está prendida (ON/OFF). El segundo valor indica la temperatura medida por

el termistor (un valor numérico). El último carácter indica la temperatura a la que se tiene que llegar (otro valor numérico). La terna está separado por el caracter ‘,’.

Por último, se probó el módulo de WiFi desconectado con el resto de las placa y controlamos si actualizaba la página web. Para comprobar el correcto funcionamiento, se transmitió por puerto serie los valores random hacia el módulo de Wifi y luego se actualizaba la página web.

4.3 Unión de las partes del reciclador

La última prueba de todas fue comprobar el conjunto de las partes de la máquina. Se comprobó, principalmente, las partes por separados. Realizando la unificación de todas las partes y se logrando reciclar plástico triturado. La figura 4.3 muestra el filamento extraído por el reciclador.



Figura 4.1: Unión de la mecha con el motor de continua.

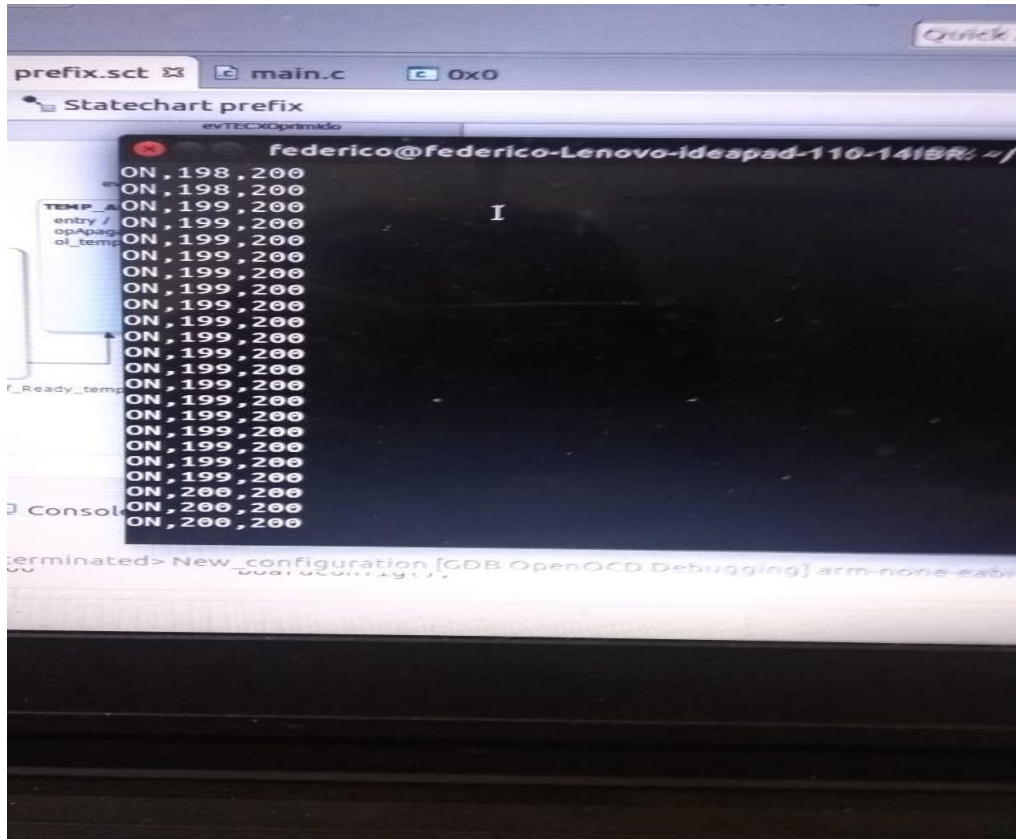


Figura 4.2: Transmisión de datos para el control de temperatura.

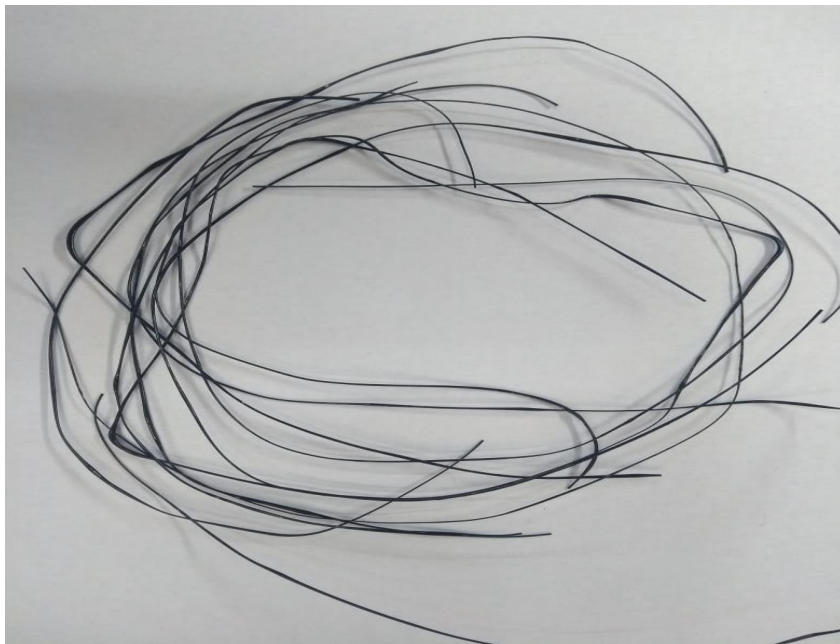


Figura 4.3: Filamento extraído por el reciclador.

CAPÍTULO 5

Conclusiones

5.1 Conclusiones generales

La principal conclusión se consigue en la facilidad de hacer diagramas de estados a través de la herramienta Yakindu, la misma define estados, variables y operaciones que luego en el código se editan para realizar la tarea que uno decide hacer (creo funciones con sus argumentos y variables globales que luego en el código se puede definir dichas funciones).

Otra conclusión importante es la división de tareas formado por el equipo de trabajo, sin una planificación (informe de planificación) previo nos dio la pauta para lograr el trabajo en el tiempo determinado, o por lo menos lograr una presentación prolija y tener documentación sobre el trabajo.

Finalmente, realizar una tarea de mecánica avanzada puede generar problemas a futuro si es que no se tuvo en cuenta en el informe de planificación del trabajo con un riesgo posible.

5.2 Próximos pasos

El trabajo tiene varias mejoras, en esta sección se mencionan algunas:

- Lograr un diámetro constante a través de una rueda hueca y una rueda plana para darle forma de cilindro al filamento de salida con un diámetro determinado.
- Enrollar el filamento de salida del trabajo en un cilindro de plástico para luego usar directamente con la impresora 3D.
- Conseguir una trituradora de plástico para lograr problema de tamaño
- Enfriar el filamento de salida a una velocidad que permite enrollar el filamento a la salida del proceso.
- Diseñar una fuente de tensión continua para conectar a la red directamente.



Bibliografía

[1] YAKINDU(2016, Jun 26). YAKINDU Documentation [Online]. Available:
<https://www.itemis.com/en/yakindu/state-machine/>

[2] Proyecto CIAA (2016, Jun 26). EDU-CIAA-NXP [Online]. Available:
<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php>

[3] Repositorio del trabajo final usado. Available:
https://github.com/Federiconunezfrau/Reciclador_PLA.git

[4] Hoja de datos del termistor. Available:

Buscar en google “NTC Thermistor Farnell datasheet” y descargar el pdf