

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“AUTOMATIZACIÓN PARCIAL DE MÁQUINA DE TINTURADO
JIGGER X17”**

EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

ABRAHAM ANIBAL CONSTANTE RODRÍGUEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo va dirigido con expresa gratitud a mis maestros de estudio, porque me han dado el conocimiento necesario para desenvolverme en la vida.

Agradezco a mis maestros de trabajo, porque han fomentado en mi la responsabilidad y la capacidad de desenvolverme en el ámbito laboral.

Agradezco a mis padres que con su ejemplo de perseverancia me han dado la luz que debo seguir y finalmente a mi esposa que con su suave pero constante cooperación me ayudado a culminar esta etapa de la vida.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis hijos Michael y Adrián para que el resultado de esto les sirva como ejemplo de constancia y que cada etapa de la vida que se propongan sepan culminarla con la tenacidad del caso.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ph. D. Douglas Plaza

EVALUADOR

M.Sc. Efrén Herrera

EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

.....
Abrahan Constante Rodríguez

RESUMEN

La máquina JIGGER X17 consta de una cubierta hermética de 6 m³ de capacidad, de los cuales 2 m³ de su parte inferior comprenden una tina en donde se aloja agua a unos 90° C con los tintes necesarios para hacer el teñido.

Dentro de los 6 m³ en la parte superior existen 2 grandes rodillos de 2.5 m de largo por 35 cm de diámetro movidos por 2 motores trifásico de 7.5 Hp, que son los responsables de mover los rollos de tela de un lado a otro, haciéndolos pasar por la ayuda de dos rodillos más pequeños hasta el fondo de la tina.

La velocidad con que se mueven los rodillos es variable en todo el proceso dependiendo de la cantidad de tela acumulada por cada rodillo R₁ y R₂. No así los motores que tienen 2 velocidades, la de proceso y la de frenado.

Para que esta funcione, tenemos los motores acoplados a los rodillos por un sistema de reducción de velocidad de engranajes cónicos, lo que nos permite un cambio extremadamente constante de velocidad en los rodillos.

La parte principal de la automatización de la máquina es poder sensar la tensión de la tela y corregir a tiempo las velocidades de enrollamiento de la tela, si es que la

tela está demasiado tensa en unos segundos se romperá y si está demasiado suelta, la tela se colgará de los rodillos y se enredará y rápidamente se va a tensar y por consiguiente tiende a romperse.

Debido al requerimiento de la fábrica se optó por trabajar sobre los mismos motores con velocidad controlada por este sistema cónico de engranajes y no con nuevos motores con velocidades variables eléctricamente.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO 1.....	1
1 AUTOMATIZACION PARCIAL DE MÁQUINA DE TINTURADO JIGGER X17	1
1.1 Objetivo General.....	1
1.2 Metodología	2
1.3 Funcionamiento de la máquina JIGGER X17	3
1.3.1 Identificación de los componentes existentes.....	5
1.3.2 Elegir el tipo de transductor.....	5
1.3.3 El potenciómetro	5
1.3.4 PIC.....	8
1.3.5 Características del PIC 16F870/71.....	9
CAPÍTULO 2.....	11

2	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	11
2.1	Programando el PIC	12
2.2	Diseño y construcción de la electrónica	15
2.3	Resultados.....	16
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
	BIBLIOGRAFÍA.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0.1: Máquina JIGGER X17	xii
Figura 0.2: Funcionamiento de los rodillos.....	xiii
Figura 1.1: Sistema de control en lazo cerrado.....	2
Figura 1.2: Funcionamiento de los rodillos.....	3
Figura 1.3: PIC 16F870/71.....	9
Figura 2.1: Funciones Hidráulicas.....	12
Figura 2.2: Diagrama de flujo para implementar el programa	13
Figura 2.3: Programa grabado en el PIC 16F870.....	14
Figura 2.4: Diagrama del control de tensión de tela	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Valores de voltaje para la tarjeta de control	7
Tabla 1.2: Características del PIC 16F870/71	10

INTRODUCCIÓN

En la industria textil existen procesos como el tinturado, lavado y planchado de rollos de tela que se fabrican en ella. La máquina que trabajamos en su automatización parcial se llama JIGGER X17 que mostramos en la figura 1 y en ella se pueden realizar procesos de tinturado o también lavado de tela o paño para planchado.



Figura 0.1: Máquina JIGGER X17

Lo básico es entender el funcionamiento de la máquina, de esta manera sabremos como eliminar y reemplazar los elementos que tienen problema, El proceso consiste en llevar la tela de un rodillo a otro haciéndola pasar por una tina de agua con tinte o el detergente necesario según el proceso que se escoja.

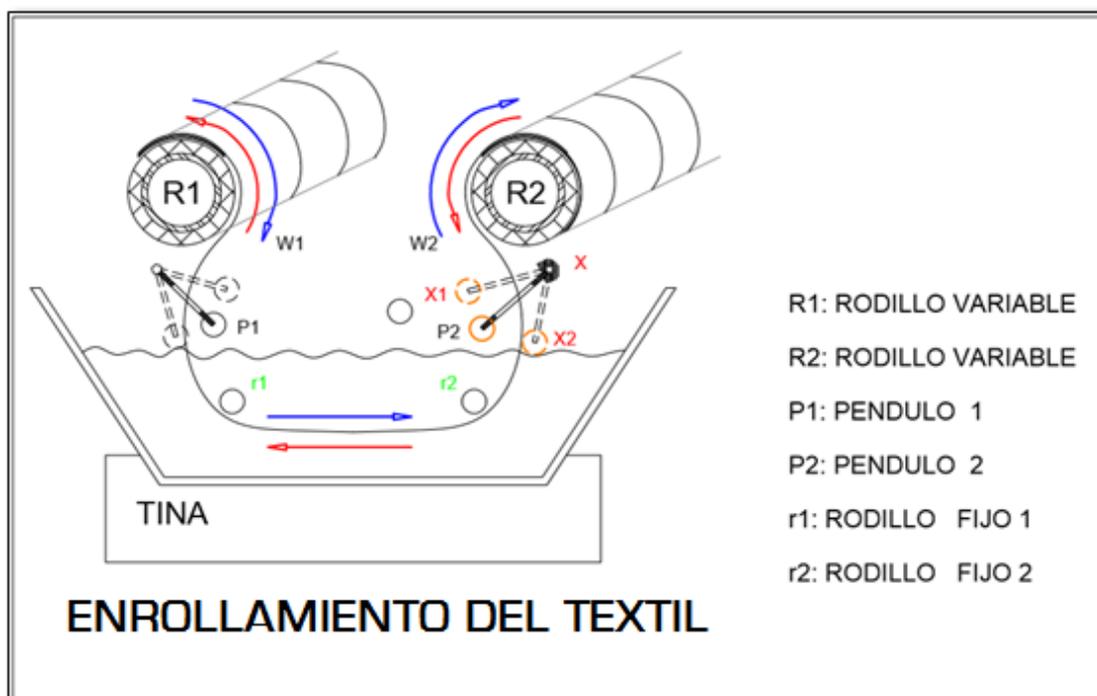


Figura 0.2: Funcionamiento de los rodillos

Debemos entender que la tela durante todo el ciclo se necesita mantener su velocidad lineal constante y para esto es necesario poder controlar la velocidad angular W_1 y W_2 de cada rodillo R_1 y R_2 durante todo el proceso, como lo podemos apreciar en las figura 2.

Para esto la máquina consta de dos motores que mueven cada rodillos R_1 y R_2 y aunque estos motores no son de velocidad variable, si podemos controlar la velocidad de los rodillos ya que están acoplados cada uno a un sistema de engranaje cónicos, que permiten aumentar o disminuir la velocidad de manera suave para que con esto podamos disponer de una velocidad constante de tela.

En la máquina existen un sistema de control hidráulico de válvulas que permiten accionar un pistón, el cual da lugar al desplazamiento de un cilindro, que a su vez

acciona el sistema de engranaje cónico en cada motor permitiendo que la velocidad angular de los rodillos varié en forma inversamente proporcional. Todo este sistema es accionado por un péndulo oscilatorio que se mueve en contacto con la tela, así, si la tela se temple, el péndulo se mueve en sentido horario y si la tela se afloja este regresa con la ayuda de un resorte en sentido contra horario.

Nuestra solución consistió en reemplazar todo el sistema de control hidráulico y mecánico por un control de lazo cerrado basado en microcontroladores, pues estos nos permiten programar las funciones muy particulares de nuestro sistema y todo esto es accionado por el mismo péndulo oscilatorio que existe en la máquina.

Se escogió la **máquina de tinturado JIGGER X17** para el trabajo por ser importante en los procesos que realiza en la industria y porque sus motores y rodillos, así como el control eléctrico están en excelente estado.

Como veremos en el desarrollo de este proyecto la solución que proponemos al problema de control fue la mejor opción para poner en marcha el equipo, con esto se demuestra que con los recursos necesarios se puede realizar una reingeniería en estos equipos que están fuera de servicio, pues partes mecánicas de las mismas hasta partes eléctricas como motores se les puede aprovechar al máximo su vida útil.

CAPÍTULO 1

1 AUTOMATIZACION PARCIAL DE MÁQUINA DE TINTURADO JIGGER X17

1.1 Objetivo General

El objetivo general del proyecto es poner en funcionamiento una máquina que sirve para tinturar y lavar tela en la industria textil y que opera con dispositivos mecánicos, hidráulicos y eléctricos que ha dejado de prestar servicios por los desgastes en los vástagos de las válvulas y que no se pueden encontrar actualmente en el mercado.

La intención es desarrollar un sistema para controlar la velocidad de la tela, teniendo en cuenta que esta depende de la velocidad de los rodillos para permitir los ciclos de lavado y tinturado.

Una vez reemplazado los elementos hidráulicos que no sirven por nuestro sistema, la vida útil de la máquina se prolongará.

1.2 Metodología

La metodología que desarrollaremos se basa en observar los parámetros técnicos de funcionamiento de la máquina, así como el funcionamiento de cada elemento mecánico o eléctrico de misma, para luego poder identificar de qué componentes podemos prescindir y reemplazar por otros sin que afecte su funcionamiento.

Para esto se planteó usar un lazo de control cerrado como se muestra en la figura 1.1, cuyo valor de retroalimentación $y_m(t)$ son los voltajes tomados de nuestro transductor M, y nuestro dispositivo de control C está basado en microcontroladores por su versatilidad de programación, así también nuestro dispositivo actuador V va a ser nuestra electroválvula (On – Off) con centro cerrado y descarga a tanque; y nuestra planta P estará conformada por el sistema de motores y rodillos. También tenemos en nuestro sistema el valor $w(t)$ que son las perturbaciones exteriores, tales como vibraciones de los muelles de los rodillos, que afectan la posición de la tela.

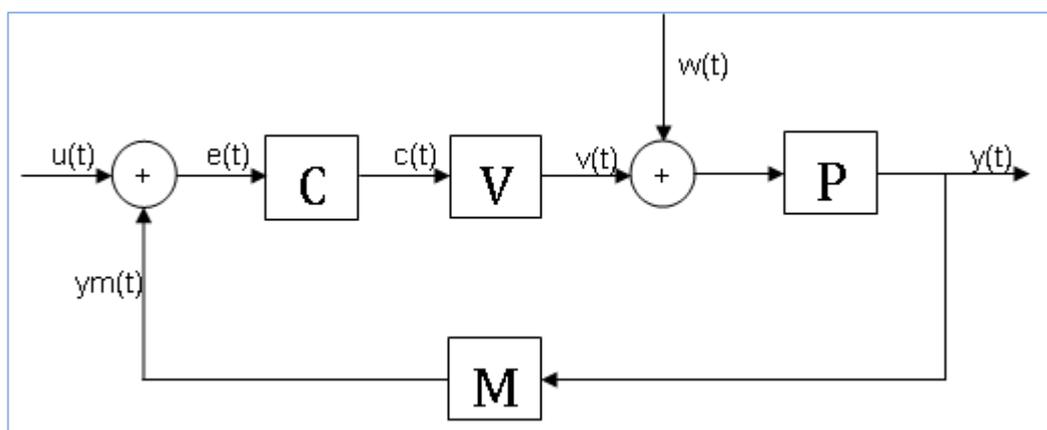


Figura 1.1: Sistema de control en lazo cerrado

1.3 Funcionamiento de la máquina JIGGER X17

La máquina consta de una cubierta hermética de 6 m³ de capacidad, de los cuales 2 m³ de su parte inferior comprenden una tina en donde se aloja agua a unos 90° C con los tintes necesarios para hacer el teñido en el caso de tinturado o con soda caustica en el caso del proceso de lavado.

Dentro de los 6 m³ en la parte superior existen 2 grandes rodillos de 2.5 m de largo por 35 cm de diámetro movidos por 1 motor trifásico de 7.5 Hp, para cada uno, los cuales son los responsables de enrollar los bultos de tela de un lado a otro, haciéndolos pasar con la ayuda de dos rodillos más pequeños al fondo de la tina en donde se encuentra la solución para tinturado o lavado según el proceso. En cualquiera de los dos casos al final del proceso se realiza un enjuague de la tela para quitar los residuos de los químicos.

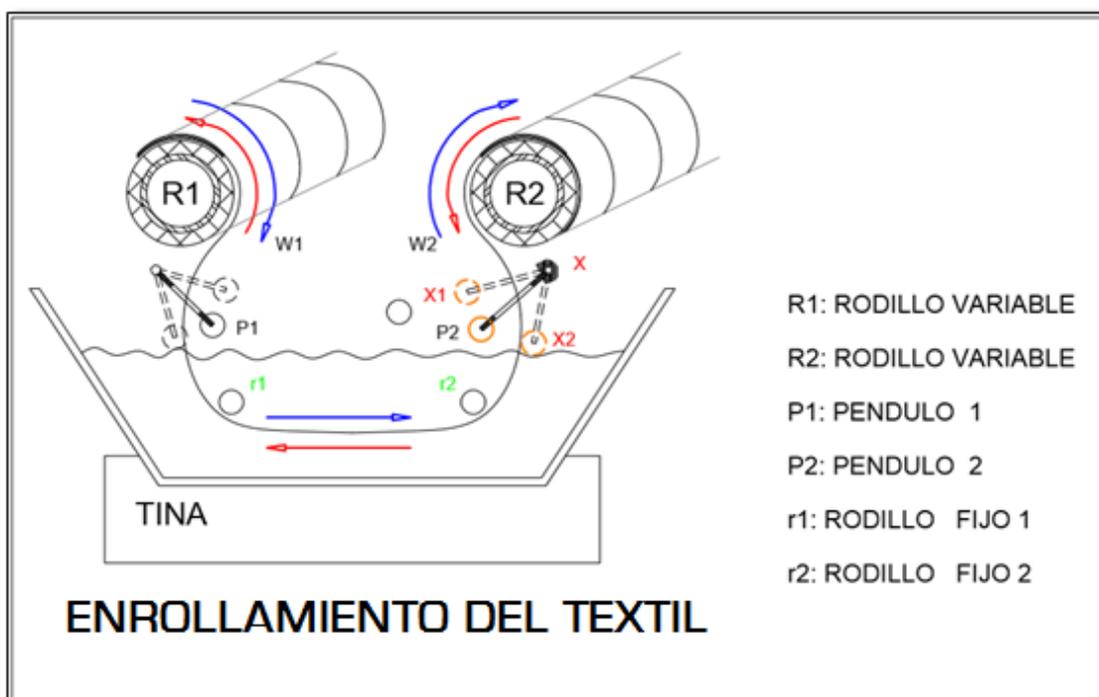


Figura 1.2: Funcionamiento de los rodillos

La velocidad con que se mueven los rodillos es variable en todo el proceso dependiendo de la cantidad de tela acumulada por cada rodillo R_1 y R_2 señalados en la figura 1.2, no así los motores que tienen 2 velocidades, la de proceso y la de frenado.

Para que esta funcione, tenemos los motores acoplados a los rodillos por un sistema de reducción de velocidad de engranajes cónicos, lo que nos permite un cambio extremadamente suave de velocidad en los rodillos.

Una vez explicado esto, se concluye que la tensión de la tela depende directamente de la velocidad de los rodillos, pues si el proceso inicia con los rodillos girando en sentido horario a medida que el volumen de la tela se va acumulando en el rodillo R_2 es necesario una disminución de la velocidad proporcional en el rodillo R_1 y cuando el sentido de giro cambia a contra horario sucede que a medida que el rodillo R_1 aumenta su tamaño también debe disminuir su velocidad, y la velocidad W_2 del rodillo R_2 debe aumentar, a medida de que su volumen disminuye, como se puede entender en la figura 1.2.

El equipo anteriormente constaba de un sistema de válvulas hidráulicas de accionamiento mecánica que censaba la tela por medio de un rodillo tipo péndulo P_2 , el cual al momento de moverse a la posición X_1 significa que la tela se está templando y cuando busca la posición X_2 según se muestra en la figura 1.2, esto significa que la tela se está aflojando y en condiciones de trabajo normales el péndulo buscara una posición intermedia.

1.3.1 Identificación de los componentes existentes.

Una vez explicado el funcionamiento de la máquina JIGGER X17, es fácil saber que elementos debemos dejar, y de cuales podemos prescindir.

Los rodillos R_1 , R_2 así como los rodillos r_1 y r_2 que mantienen la tela sumergida en el tinte son elementos que no vamos a tocar.

Los péndulos P_1 y P_2 son los que nos permiten identificar o sensar la tensión de la tela para de esta manera poder corregir las velocidades angulares (W_1 y W_2) de los rodillos R_1 y R_2 para no permitir que la tela se cuelgue o se temple demasiado,

1.3.2 Elegir el tipo de transductor.

Una vez entendido el funcionamiento de cada elemento en la máquina podemos apreciar de que el punto central de rotación de cualquiera de los dos péndulos P_1 o P_2 , nos sirve para mover con ayuda de un sistema de engranaje con relación 3 a 1 a un transductor, que para este caso escogimos al potenciómetro, y de esta manera transformar un movimiento oscilatorio en una señal eléctrica.

1.3.3 El potenciómetro

Existen varios tipos de potenciómetros, están los de pista de carbón que entregan una curva logarítmica y su capacidad de disipación de energía es muy baja. También están los potenciómetro de alambre que disipan

más potencia y cuya curva de respuesta es totalmente lineal, estos potenciómetros vienen en presentaciones según su rango de movimiento, así tenemos las de varias vueltas (5 vueltas, 10 vueltas) y los de una sola vuelta que es lo que escogimos para el proyecto. Una vez encontrado el potenciómetro que nos ayuda a sensor la tensión de la tela, se realiza la polarización a 5 VDC y subdividimos este voltaje en 40 partes iguales, cuya posición central tomará el valor de 2.5 VDC y según el rango de giro de potenciómetro los valores reales de trabajo están entre 1.25 VDC y 3.75 VDC, cuyos valores se muestran en la tabla 1.1

Voltaje	Estado
3.75	Máx. Tensión
3.625	
3.5	
3.375	
3.25	
3.125	
3.000	Rango Máximo Estable
2.875	
2.75	
2.625	
2.5	PUNTO OPTIMO (TEORICO)
2.375	Rango mínimo Estable
2.250	
2.125	
2.000	
1.875	
1.75	
1.625	
1.5	Mín. Tensión
1.375	
1.25	

Tabla 1.1: Valores de voltaje para la tarjeta de control

1.3.4 PIC

Eligiendo el microprocesador. El microprocesador que elegimos para el desarrollo del proyecto es el PIC de la familia 16F87X (controlador de interface periférica) de la gama media de 8 BITS. Cuentan con una memoria de programación de tipo EEPROM superior lo que permite programarla fácilmente utilizando dispositivos de programación de PIC. Esta familia consta de los siguientes modelos de acuerdo a la cantidad de terminales y encapsulados:

PIC 16F870	PIC16F874 A
PIC 16F871	PIC 16F875A
PIC 16F872	PIC 16F876A
PIC 16F873A	PIC 16F877A

La "A" al final del número indica que el modelo contiene módulos de comparación analógica.

En el proyecto el PIC que utilizaremos es el 16F870 que se muestra en la figura 1.3.

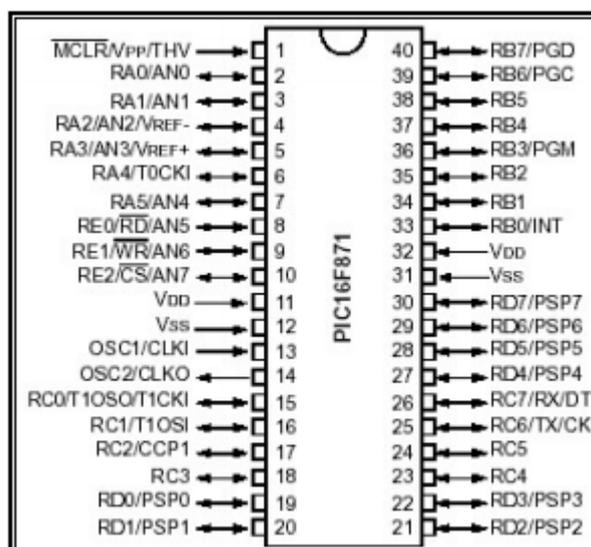


Figura 1.3: PIC 16F870/71

1.3.5 Características del PIC 16F870/71

Las principales características del PIC son:

- Memoria de programa 3584 bytes (Flash)
- Ram 128 bytes
- EEPROM 64 bytes
- 22 pinout I/O (PIC 16F870) y 33 (PIC 16F871)
- 22 mA por pinout
- Entradas análogas, 6 (PIC 16F870), 8 (PIC 16F871)

En la tabla 1.2 observaremos con mayor detalle las características del PIC que utilizaremos en el proyecto:

Key Features PICmicro^{MT} Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023)	PIC16F870	PIC16F871
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	2K	2K
Data Memory (bytes)	128	128
EEPROM Data Memory	64	64
Interrupts	10	11
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3
Capture/Compare/PWM modules	1	1
Serial Communications	USART	USART
Parallel Communications	----	PSP
10-bits Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions

Tabla 1.2: Características del PIC 16F870/71

CAPÍTULO 2

2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Ya identificado el potenciómetro como elemento de lectura y debido al tipo de datos que se va a manejar, se decidió tomar como elemento de programación un PIC para evaluar los valores de voltaje del potenciómetro y dependiendo de esto se manda una señal a la electroválvula V_1 indicada en la figura 2.1 que será la causante de los cambios de movimiento del pistón K_1 , que nos dará como resultado los cambios de velocidad de los rodillos.

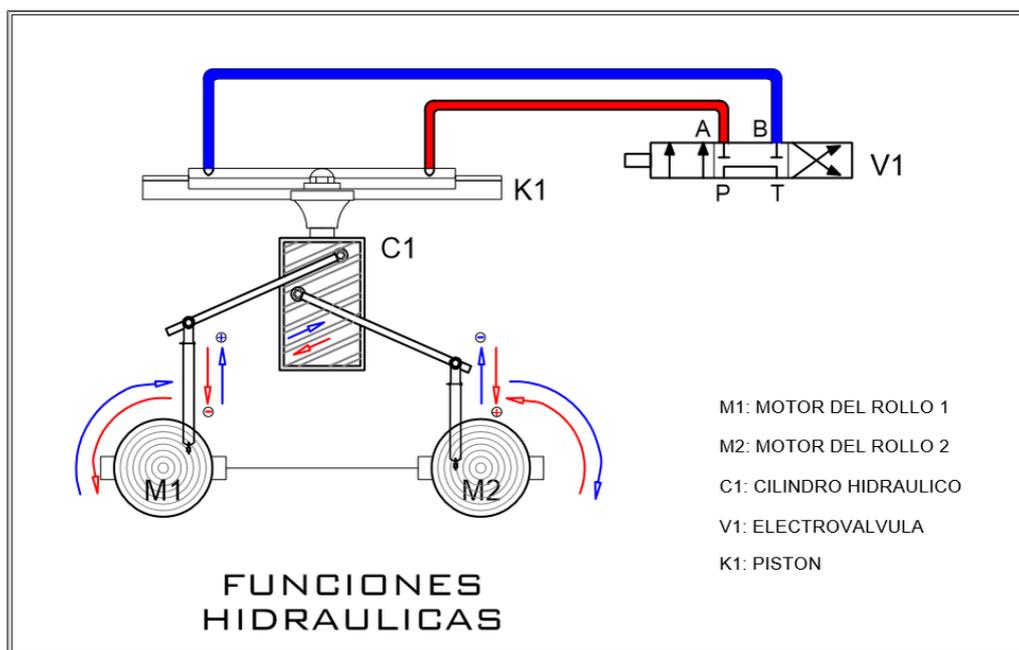


Figura 2.1: Funciones Hidráulicas

2.1 Programando el PIC

El PIC que elegimos es el **PIC 16F870** que nos permite grabar un programa sencillo en **lenguaje C**, y de esta manera con los valores que envía el potenciómetro identificamos cual es el sentido de movimiento del tap central del potenciómetro para saber qué tipo de corrección hay que realizar en la tensión de la tela.

En la figura 2.2 podemos observar el diagrama de flujo utilizado para programar el PIC 16F870, y en la figura 2.3 se muestra el programa grabado en el mencionado PIC.

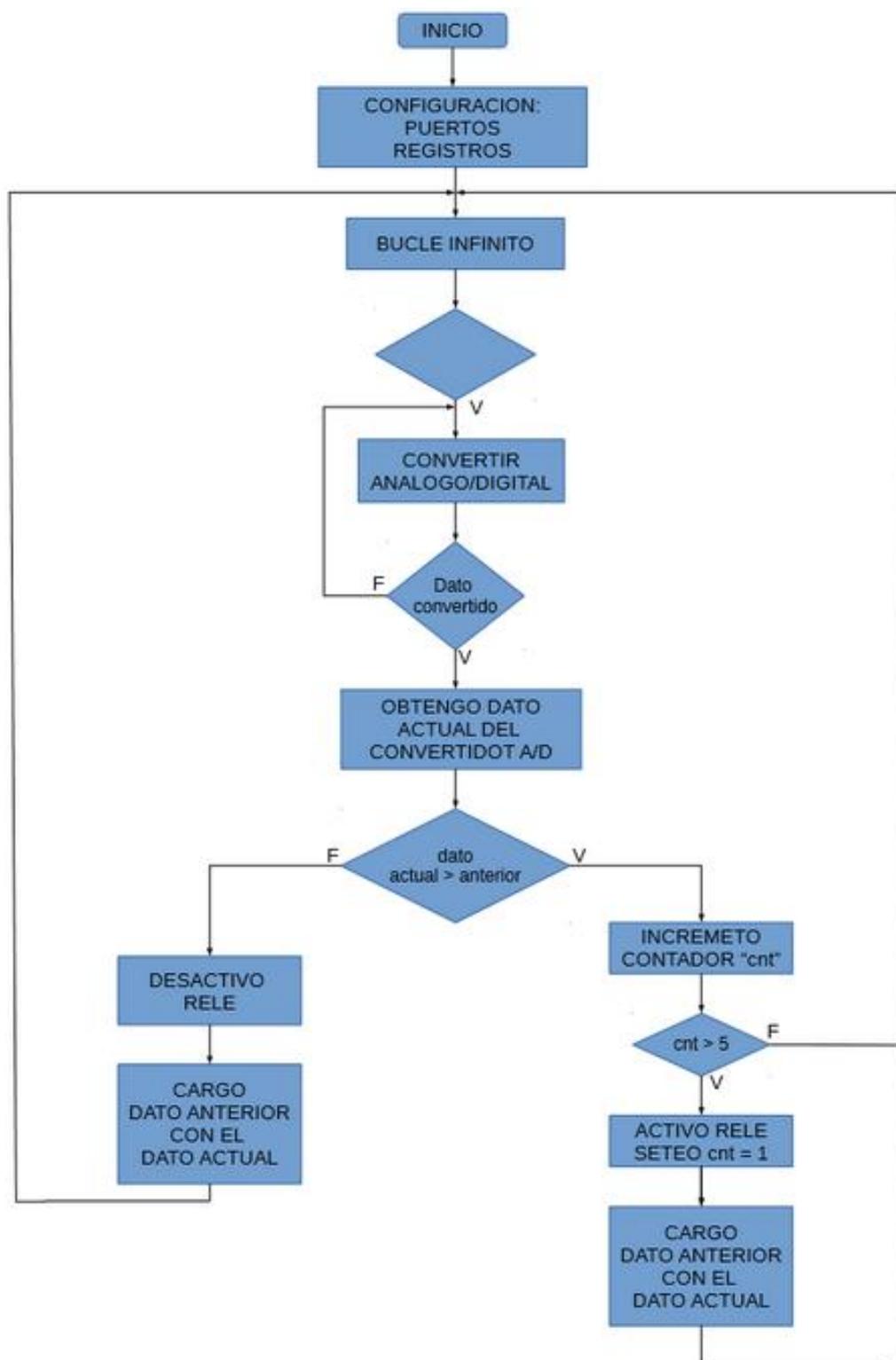


Figura 2.2: Diagrama de flujo para implementar el programa

```

#include <p18f870.h>

#pragma config WDT = OFF
//turn off watch dog timer
#pragma config LVP = OFF

void main(void){
int adc_result;
int adc_ant= 0x00;
int cnt;
TRISA = 0xFF;
TRISC = 0x00;
OSCCON = 0x76;
ADCON1 = 0x10;
ADCON0 = 0x81;

while (1){
//inf
// PORTA for A/D use
ADCON0 |= 0x05;
// set
the Go bit
while (ADCON0bits.GO == 1); // wait until the Go bit i
adc_result = ADRES;
if(adc_result>adc_ant)
cnt++;
else{
if(cnt==0){
PORTC = 0x00;
}
else
cnt--;
}
if(cnt>5){
PORTC = 0xff;
cnt = 1;
}
}
}
}

```

Figura 2.3: Programa grabado en el PIC 16F870

La manera de identificar el valor de la pendiente (positivo o negativo) es subdividir los 5 voltios de polarización del potenciómetro en varios pequeños valores así como muestra la tabla 1 y tomar el punto central que es 2.5 voltios como punto de estabilización o dicho de otra manera tensión ideal de la tela o punto óptimo (teórico). A partir de este punto testeamos valores iniciales y final, continuamente de voltaje en el potenciómetro, si la diferencia del valor final menos el inicial es positivo la tensión en la tela es alta y se envía una señal a la válvula hidráulica V_1 para que corrija el sistema de engranajes con por medio del cilindro C1. Y si el valor de la diferencia entre el punto final y el punto inicial es negativo significa que se está perdiendo tensión en la tela y se envía una señal off a la válvula hidráulica V_1 para que deje de corregir la tensión de la tela con el sistema de engranajes según se muestra en la figura 2.1.

2.2 Diseño y construcción de la electrónica

En la figura 2.4 presentamos el esquemático de la circuitería para el control de la electroválvula.

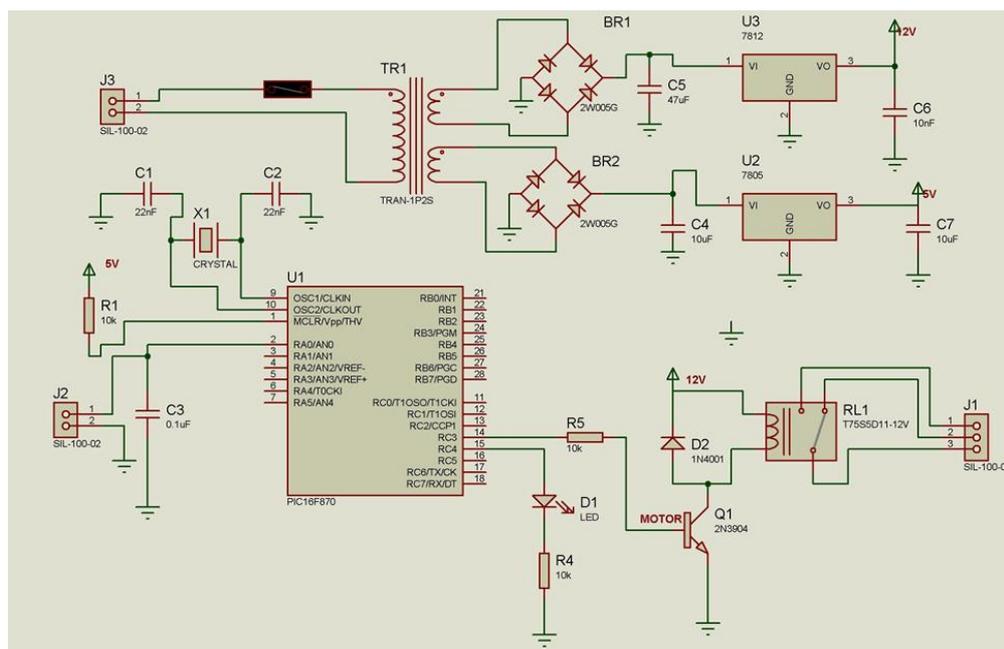


Figura 2.4: Diagrama del control de tensión de tela

Para la polarización de los elementos de control utilizamos una fuente de 5 voltios y para el accionamiento del relay se utilizó una fuente 12 voltios con sus respectivos reguladores.

También se implementaron dos micro-interruptores, uno al final de la tensión mínima y el otro al final de la tensión máxima que son activados mecánicamente por unas levas colocadas en el péndulo P_2 , esto sirve, cuando el sistema se sale de control, para que se active el freno eléctrico de los motores y no se rompa la tela.

2.3 Resultados

El alcance del presente trabajo no incluye un análisis comparativo debido a que por mucho tiempo el sistema estuvo sin operar, los componentes se volvieron obsoletos, por tanto el principal resultado es haber conseguido mediante un controlador electrónico la operatividad de la máquina al cien por ciento y como prueba de ello es su producción

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Con este proyecto desarrollado permitimos que un elemento útil en la industria textil pueda seguir en funcionamiento puesto que de otra manera al no existir los elementos de control mecánicos e hidráulicos la maquina seria desechada.
2. Este tipo de sistemas para sensar la tensión de la tela que pusimos puede ser utilizado en cualquier otro sistema similar como por ejemplo en la industria gráfica, ya que también manejan rollos pero en este caso de papel.
3. Al principio no pudimos observar un ciclo de trabajo de la máquina con tela porque no servía el control del sistema hidráulico de válvula, así que nuestra experiencia se basó en la observación del funcionamiento de cada uno de los elementos por separado, y al final nuestro objetivo de ver funcionar a la máquina en un ciclo completo al cien por ciento se logró.

Recomendaciones

1. Se recomienda que el ambiente donde está instalado la circuitería y el transductor (potenciómetro) esté libre de humedad debido a que el lugar de trabajo de estos equipos textiles es alto en humedad porque trabajan directamente con una tina de agua a 90° C generalmente.
2. Es importante que el sistema de detección de fallas que consta de 2 micros wisch sea monitoreado regularmente puesto que ellos son los que van a imprimir un frenado rápido a los motores que manejan cada rodillo en caso de una falla de control.
3. Aunque se puso elementos de control, transductores y circuitos electrónicos cuyos tiempos de respuestas son casi instantáneos, no se puede mejorar el tiempo de reacción de los rodillos pues la velocidad de los mismos depende de un sistema hidráulico y de engranajes cuyo tiempo de reacción es más lento, así que se recomienda cambios periódicos de filtros de aceite y limpiezas de tanque para que no perturbe el funcionamiento de las líneas de presión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual técnico de Funcionamiento de máquina JIGGER X17
- [2] Palacios Enrique, Microcontroladores PIC16F84, Primera Edición, Alfaomega.
- [3] Kernighan Brian, Ritchie Dennis, Lenguaje de Programación C, Segunda Edición, Peerson Educación.
- [4] <https://www.alldatasheet.com>, fecha de consulta julio del 2015
- [5] <https://www.microchip.com> fecha de consulta julio del 2015