



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN MECATRÓNICA

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DETECTOR DE ROTURAS  
Y FIN DE HILO EN UNA MÁQUINA CORDONERA ARTESANAL.”

AUTOR: WILLAN JONATHAN MALDONADO MORALES

DIRECTOR: ING. IVÁN IGLESIAS

IBARRA - ECUADOR

MAYO – 2022



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100335020-2		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	MALDONADO MORALES WILLAN JONATHAN		
<b>DIRECCIÓN:</b>	BARRIO ROMERILLO ALTO, CALLE PRINCIPAL JUAN BAUTISTA		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:wjmaldonadom@utn.edu.ec">wjmaldonadom@utn.edu.ec</a> <a href="mailto:dromero463@gmail.com">dromero463@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	0988169198	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0993859625

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DETECTOR DE ROTURAS Y FIN DE HILO EN UNA MÁQUINA CORDONERA ARTESANAL.”
<b>AUTOR (ES):</b>	WILLAN JONATHAN MALDONADO MORALES
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	27 ABRIL DE 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<b>PREGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	<b>INGENIERO EN MECATRONICA</b>
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	<b>ING. IVAN IGLESIAS NAVARRO</b>

## 1. CONSTANCIA

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 27 de Abril 2022



---

Jonathan Maldonado Morales  
C.I.: 100335020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director certifico que el trabajo de grado titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DETECTOR DE ROTURAS Y FIN DE HILO EN UNA MÁQUINA CORDONERA ARTESANAL.”, fue desarrollado por el egresado Willan Jonathan Maldonado Morales con cedula Nro. 100335020-2, bajo mi supervisión, lo cual certifico en honor a la verdad.

---

MSc. Iván Iglesias Navarro  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## AGRADECIMIENTO

El trabajo presentado aquí, así como también gran parte del camino hasta llegar a este momento fue gracias a mi madre, quien con su cariño supo apoyarme en todo momento, con su ejemplo me inspiro a jamás rendirme, y demostrarme que la derrota solo existe cuando dejamos de intentarlo. Agradezco a mi madre, mi más grande inspiración y fortaleza ayer, hoy y siempre.

## I. RESUMEN

La industria textil es de gran importancia en Ecuador, es una de las cuales genera más empleo y puestos de trabajo; si bien existen empresas dedicadas a una producción industrial, también existen micronegocios dedicados a una producción artesanal, una de estas es la producción de cordones. La importancia de esta radica en una encuesta realizada por (Palacios, 2012), donde un 48% de 240 encuestados adquirieron semanalmente entre 14 a 16 carretes (200m de cordón).

Si bien la producción de cordón cuenta con máquinas especializadas en la producción y detección de errores como puede ser la rotura de hilo, este último mecanismo está ausente en máquinas artesanales causando un porcentaje de cordón defectuoso por falta de detección de ausencia de hilo. Esta tesis se enfocó en el diseño e implementación de un dispositivo que pueda detectar dichos errores.

Se planteó el uso de diferentes componentes electrónicos que formen un dispositivo que puedan detectar la rotura del hilo y la tensión de estos durante la producción de cordones, abordando parámetros importantes como costo y sencillez, ya que se trata de máquinas artesanales de bajo costo.

Como resultado se obtuvo un dispositivo que se adapta a diferentes tipos de máquinas ya que su funcionamiento es independiente de las mismas, la tensión a medir tiene lugar en hilos de diferentes materiales a pesar de que este trabajo se centró en el hilo de poliéster. Para su funcionamiento se tienen modos automático y manual que detectan la rotura del hilo y detienen la producción evitando un cordón defectuoso.

## **II. ABSTRACT**

The textile industry is of great importance in Ecuador, it is one of which generates more employment and jobs; although there are companies dedicated to industrial production, there are also microbusinesses dedicated to artisanal production, one of these is the production of cords. The importance of this lies in a survey conducted by (Palacios, 2012), where 48% of 240 respondents acquire weekly between 14 to 16 reels (200m of cord).

Although the production of cord has machines specialized in the production and detection of errors such as thread breakage, this last mechanism is absent in artisanal machines causing a percentage of defective cord due to lack of detection of absence of thread. This thesis focused on the design and implementation of a device that can detect such errors.

The use of different electronic components that form a device that can detect the breakage of the thread and the tension of these during the production of cords was proposed, addressing important parameters such as cost and simplicity, since they are low-cost handmade machines.

As a result, a device was obtained that adapts to different types of machines since its operation is independent of them, the tension to be measured takes place in threads of different materials despite the fact that this work focused on polyester yarn. For its operation there are automatic and manual modes that detect the breakage of the thread and stop the production avoiding a defective cord.

## ÍNDICE

I. RESUMEN .....	6
II. ABSTRACT .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
1. CAPITULO I.....	13
INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. TEMA .....	13
1.2. PROBLEMA.....	13
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos .....	15
1.4. ALCANCE.....	15
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	15
1.6. CONTEXTO .....	16
2. CAPITULO II.....	18
REVISIÓN LITERARIA.....	18
2.1. FABRICACIÓN DE CORDONES .....	18
2.1.1. Maquinaria usada en la producción de cordones.....	18
2.1.2. Materia prima para el trenzado de cordones.....	19
2.2. MÁQUINAS TRENZADORAS (CORDONERAS).....	19
2.2.1. Máquina trenzadora de punto. ....	19
2.2.2. Máquina trenzadora de punto circular de pequeño diámetro. ....	19
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS HILOS USADOS .....	20
2.3.1. Fibras textiles.....	20
2.3.2. Propiedades mecánicas de la fibra textil.....	21
2.4. HILO DE POLIÉSTER EN LA FABRICACIÓN DE CORDONES.....	23
2.4.1. Hilo de poliéster. ....	23
2.4.2. Propiedades del poliéster. ....	24
2.4.3. Tenacidad del poliéster.....	24
2.5. SENSORES DE TENSIÓN DE HILO .....	25
2.5.1. Sensor definición general. ....	26
2.5.2. Sensores de presión. ....	27
2.5.3. Sensores de presión piezoresistivo .....	27
2.5.4. Sensores de medición de tensión textil.....	28
2.5.5. Acondicionadores de señal. ....	29
2.6. SENSORES DE PRESENCIA DE HILO .....	30

3.	CAPITULO III .....	31
	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....	31
3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA CORDONERA ARTESANAL .....	31
3.2.	TENSIÓN MÁXIMA DEL HILO DE POLIÉSTER SIN PROVOCAR ROTURA .....	32
3.3.	DISEÑO DEL DISPOSITIVO CAD .....	33
3.3.1.	Tensor de hilo. ....	35
3.3.2.	Soporte KY-040.....	36
3.3.3.	Base. ....	36
3.3.4.	Tapa superior. ....	36
3.3.5.	Sujeción tensores. ....	37
3.3.6.	Ensamble del CAD. ....	37
3.4.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO .....	39
3.4.1.	Medición.....	40
3.4.2.	Procesamiento de datos .....	42
3.4.3.	Activación de motor .....	42
3.5.	ALGORITMO Y CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN .....	43
3.6.	MANUFACTURA DE LOS ELEMENTOS DISEÑADOS .....	44
3.6.1.	Circuito simulado. ....	45
3.6.2.	Diseño PCB y circuito armado. ....	48
3.6.3.	Elementos electrónicos usados .....	49
3.6.4.	Estructura portadora de conos de hilo .....	50
3.6.5.	Caja del dispositivo .....	51
3.7.	REDISEÑO DE COMPONENTES .....	52
3.7.1.	Tornillo de ajuste.....	52
3.7.2.	Encoder ky-040. ....	52
3.8.	IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO EN LA MÁQUINA CORDONERA .....	53
4.	CAPITULO IV .....	55
	PRUEBAS Y RESULTADO.....	55
4.1.	COMPROBACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.....	55
4.2.	VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES EN LAS DIMENSIONES DEL CAD .....	56
4.3.	SIMULACIÓN DE ROTURA DE HILO EN LA MÁQUINA APLICADA .....	57
4.4.	EXPONER A LA MÁQUINA APLICADA UN TRABAJO CONTINUO MONITOREADO .....	57
5.	CAPITULO V .....	61

5.1. CONCLUSIONES .....	61
5.2. RECOMENDACIONES.....	62
6. BIBLIOGRAFÍA .....	63
ANEXO A1 (Circuito electrónico general del dispositivo).....	66
ANEXO A2 (Circuito electrónico de indicadores led).....	67
ANEXO A3 (Circuito electrónico de encoders ky-040) .....	68
ANEXO B (Código de programación) .....	69
ANEXO C (Circuito PCB) .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Máquina trenzadora de punto circular (agujas).....	18
Figura 2: Máquina trenzadora de punto de alta velocidad.....	19
Figura 3: Fibras textiles .....	20
Figura 4: Diagrama de tenacidad textil .....	22
Figura 5: Grafica media carga-deformación de un hilado de poliéster de uso textil.....	24
Figura 6: Tensores mecanicos de tension de hilo .....	25
Figura 7 Carrete giratorio de la máquina actual .....	25
Figura 8: Filetas portadoras de conos de hilo .....	26
Figura 9: Esquema de funcionamiento de un sensor.....	27
Figura 10: Esquema de funcionamiento de un sensor piezoresistivo.....	28
Figura 11: Aparato de medición de tensión de hilo textil FS1 .....	28
Figura 12: Aparato de medición de tensión de hilo textil MZ Series .....	28
Figura 13: Sensor de tensión, JZHL-3 de medición de hilo, cuerda de alambre, JZHL-T1 de medición de tensión.....	28
Figura 14: PLC572 100N 200N 500N alambre hilo Tensión de sensor .....	28
Figura 15: Proceso de acondicionamiento de señales .....	29
Figura 16: máquina trenzadora de punto circular de pequeño diámetro .....	31
Figura 17: Carrete giratorio para la fabricación de cordón.....	31
Figura 18: tensor de ajuste actual de la máquina cordonera .....	33
Figura 19: Tensor de hilo textil .....	35
Figura 20: adaptación de tensor a la placa KY-040 .....	36
Figura 21: Componente Base del dispositivo cad .....	36
Figura 22: Componente tapa superior .....	37
Figura 23:Componente sujeción tensores .....	37
Figura 24: Ensamble del dispositivo.....	38
Figura 25: Dispositivo cad.....	38
Figura 26: Etapas de funcionamiento del circuito electrónico .....	39
Figura 27: Flujograma de funcionamiento general del circuito electrónico .....	39
Figura 28: Encoder rotativo incremental ky-040 .....	40
Figura 29: Pulsos de salida encoder ky-040 .....	41
Figura 30: Flujograma etapa de medición.....	41
Figura 31: Chip armega128a .....	42
Figura 32: Funcionamiento de los finales de carrera .....	43
Figura 33: Flujograma de algoritmo de programación .....	44
Figura 34: Conexiones ky-040 .....	45
Figura35: confecciones indicadores leds y finales de carrera .....	45
Figura 36: Circuito de potencia simulado.....	46
Figura 37: Circuito botonera de control.....	47
Figura 38: circuito de programación y funcionamiento del microcontrolador.....	47
Figura 39: diseño PCB impreso y baquelita.....	48
Figura 40: Placas PCB en baquelita .....	48
Figura 41: Estructura de filetas .....	50
Figura 42: Factor de seguridad encontrado .....	51
Figura 43: Deformación unitaria por fuerza transversal.....	51
Figura 44: Dispositivo físico propuesto .....	52

Figura 45: Sensor ky-040 modificado .....	53
Figura 46: Adaptación tensor de hilo y modulo ky-040 .....	53
Figura 47: dispositivo implementado en la máquina cordonera .....	54
Figura 48: Conexiones realizadas para la implementación del dispositivo.....	54
Figura 49: Dispositivo conectado y sin presencia de hilos .....	55
Figura 50: Simulación de presencia de hilo en el dispositivo.....	56
Figura 51: dispositivo con tensión de hilo fuera de los rangos .....	56
Figura 52: 5 hilos implementados en el dispositivo .....	58
Figura 53: dispositivo encendido con presencia de 5 hilos.....	58
Figura 54: máquina cordonera junto con el dispositivo trabajando en conjunto.....	60

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Propiedades físicas del hilo de poliéster .....	24
Tabla 2: Curva Tenacidad – Alargamiento del hilo de poliéster.....	24
Tabla 3: Características de la máquina cordonera.....	31
Tabla 4: Piezas usadas en la fabricación de la caja del dispositivo.....	34
Tabla 5: componentes electrónicos usados .....	49

# 1. CAPITULO I INTRODUCCIÓN

## 1.1. TEMA

Diseño e implementación de un dispositivo detector de roturas y fin de hilo en una máquina cordonera artesanal.

## 1.2. PROBLEMA

La industria textil en Ecuador tiene un peso muy significativo en su economía, a pesar de su contracción con una caída de un 11.3% en 2020, es el segundo sector industrial en generar más empleo y puestos de trabajo (Gomez Illescas, 2020). La pequeña industria textil, ha logrado un mayor desarrollo en el país sin la necesidad de grandes capitales, puesto que sus técnicas de elaboración no han sido muy especializadas, y en un moderado porcentaje sus operarios son meramente artesanales (Palacios, 2012). Una de las actividades que tiene el sector es la producción de cordones, para enfatizar su importancia se realizó una encuesta con 240 participantes en Antonio Ante en la cual se obtuvieron los siguientes datos según (Palacios, 2012): 40% de cordón se obtiene de Ibarra y Atuntaqui, un 48% adquieren semanalmente entre 14 y 16 carretes de cordón (200m de cordón). Se entiende entonces el impacto de la industria textil en la economía de los micronegocios dedicados a esta producción, mismos que a su vez conciben la importancia de ofrecer al cliente un producto de calidad.

La producción de cordones se basa en el uso de máquinas trenzadoras o cordoneras, cuya materia prima son hilos de algodón, poliéster, entre otros (Palacios, 2012), estas máquinas propiamente trabajan mediante la utilización de agujas que unen y forman patrones con los hilos, obteniendo como resultado entre otras cosas los cordones de zapatos y ropa; estos productos son la combinación de varios hilos, la ausencia de uno de ellos significa un cordón defectuoso, entre los factores causantes de esto se tiene su rotura. Es de conocimiento empírico que la calidad del producto final depende de la tensión que se tenga en el hilo al momento de trenzarlo; una tensión inadecuada puede provocar un producto de mala calidad, generando pérdidas de producción, por tanto, se refleja la importancia de mantener su monitoreo constante con el fin de evitar un cordón imperfecto o detectar rotura

en alguno de los hilos por una tensión de cero. Se especifica que en máquinas industriales de alta velocidad se cuentan con un dispositivo de parada automática en caso de que el hilo se rompa, esto reduce efectivamente la tasa de eliminación (Cinteria Maquinaria, 2020), y aumenta el tiempo de producción efectiva del cordón (estos dispositivos no están presentes en máquinas artesanales).

La producción de cordón artesanal se limita al monitoreo continuo de la tensión en los hilos, aunque esto conlleve a disminuir la fabricación de cordones imperfectos, esto podría ser por causa de no encontrarse en el mercado un dispositivo fácil de manejar y adaptable a dicha máquinas. Cabe destacar que en la actualidad se cuentan con sensores detectores de tensión de hilo como lo presenta (Direct Industry, 2021) con su dispositivo G3s, mismo que mide la tensión del hilo a través de un control manual. Así mismo (efegemu solutions, 2021) muestra diferentes sensores de tensión que proporcionan datos capaces de ser procesados por un microcontrolador. Se destaca entonces la relevancia y posibilidad de diseñar un dispositivo capaz de monitorear la tensión del hilo, y que aunado a otros elementos de control permitirían su implementación, con esto se evitaría un cordón de mala calidad producido por una posible rotura o inadecuada tensión en uno o varios hilos usados por la máquina cordonera.

Por tanto, la producción de cordones en el área textil artesanal representa empleo a los habitantes del lugar y aumento de la economía del sector donde se encuentre la microempresa de cordones, de aquí la importancia de mantener un trabajo continuado por parte de la máquina trenzadora así como también de obtener un producto de calidad, por medio de la detección de posibles fallos en la producción del cordón: como puede ser uno de ellos el no tener la tensión adecuada en los hilos, misma que podría ocasionar una posible rotura del hilo, además la detección del final del cono también representa una mala tensión. Para máquinas industriales de alta velocidad esta solución se encuentra implementada, mas no existe solución para máquinas artesanales, por ende, se busca implementar esta solución por medio de diferentes elementos electrónicos que unidos formen un dispositivo adaptable a máquinas cordoneras artesanales.

### **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General.**

Implementar un dispositivo que detecte las roturas y finales de cono de hilo de poliéster, a través de la medición y monitoreo continuo de su tensión aplicado en una máquina cordonera artesanal.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar las características de la máquina cordonera donde se implementará la solución.
2. Analizar la tensión máxima que puede soportar el hilo de poliéster sin provocar rotura.
3. Diseñar posibles soluciones de dispositivo a implementar en la máquina.
4. Implementar el dispositivo y verificar su correcto funcionamiento

## **1.4. ALCANCE**

Se propone el diseño de un dispositivo que permita la entrada y salida de 10 hebras de hilo con monitoreo continuo de su tensión con ajuste manual de la misma, señal de salida de arranque para el motor de la máquina controlado por un microcontrolador que lo apaga en caso de no cumplirse la tensión requerida, botonera de start, stop y paro de emergencia, indicadores de tensión actual del hilo, estructura de colocación de 10 conos de hilo.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Con el presente proyecto se busca solucionar la verificación del trabajo continuo de parte de un operario en la máquina cordonera, y un incorrecto funcionamiento de esta en caso de terminarse el cono de hilo o generarse una rotura y no estar presente algún trabajador. Esto disminuirá la producción de cordones defectuosos por ausencia de alguna hebra de hilo.

Al trabajar la máquina con agujas, hace que la tensión se vuelve primordial para garantizar un producto de calidad, (Palacios, 2012) realiza una encuesta dirigida a productores y comercializadores de cordón industrial de Imbabura y pichincha con 15 encuestados demostrando que: 47% de los encuestados se enfocan en la calidad de su producto al momento de la producción aumentando con sexto sus ventas. He aquí la

importancia de monitorear la tensión de los hilos usados y por ende la calidad del producto final.

En la misma encuesta realizada por (Palacios, 2012) dirigida a productores y comercializadores de cordón industrial de Imbabura y pichincha se demuestra que de 15 encuestados: un 87% determinan el precio de venta del cordón guiándose en el mercado y el costo de producción, esto puede interpretarse como fijar el precio de acuerdo con sus competidores, lo que ocasionaría posibles fechas con ganancias no significativas. Entonces, en el caso de una mala tensión del hilo y provocarse una rotura en máquinas no automatizadas para monitorear su tensión, esto ocasionaría una cantidad de material dañado disminuyendo aún más las ganancias en fechas con pocas ventas.

## **1.6. CONTEXTO**

(Suarez Imbaquingo, 2017) presenta la reconstrucción y automatización de una máquina cordonera. Se implementan elementos electrónicos, eléctricos y mecánicos para un correcto funcionamiento del equipo. El equipo reconstruido se plantea que se use en las prácticas de la planta textil por parte de los estudiantes. El estudio e implementación de elementos electrónicos permiten a la máquina detenerse de manera automática por si sola dependiendo su funcionamiento.

(Direct Industry, 2021) presenta dispositivo de medición de tensión del hilo. Este dispositivo mide la tensión de manera manual, teniendo una entrada de 10 hebras. Esto es muy usado en las máquinas cuya materia prima son hilos. Su funcionamiento podría permitir la implementación en máquinas cordoneras cuya entrada de hilos en hasta un máximo de 10 hebras.

(efegemu solutions, 2021) presenta diferentes tipos de sensores de tensión de hilo. Usan medición de la tensión por newtons de hasta 2000N. aplicable a hilos usados en el área textil. Puede ser una solución al dispositivo que se pretende diseñar o una alternativa a la creación de un nuevo diseño.

(Suarez, V., Fonseca V., & Vacca G., 2015) realizan una investigación para la implementación de un sistema de control de alimentación de hilo de trama. Se implementa

un diseño de un sistema de control híbrido en lazo cerrado, compuesto por un control PID y un control lógico Discreto. Permite proveer de manera uniforme e ininterrumpida el hilo que necesita un telar para fabricar la tela. La alimentación continua del hilo en la máquina permite solucionar problemas de continuidad de materia prima en equipos que usan hilos.

(Jacobó Ochoa & Moncada Moncada, 2020) determinan la influencia de las propiedades físicas del algodón y el poliéster sobre la calidad del hilo PAMP 65/35 Ne=36/1. Con esto se logra describir gráficamente el comportamiento de sus propiedades, tales como porcentaje de impurezas, fibras cortas, finura y longitud de fibra. Esto permite la compra de materia prima con un mejor concepto sobre la calidad de esta. Al saber sus características físicas, se puede determinar la tensión que este podría resistir.

(Palacios, 2012) desarrolla un estudio para la creación de una microempresa de producción de cordón. En este trabajo posee información sobre el hilo de poliéster que se usa en la fabricación, entre otras cosas. Los diferentes precios encontrados en el hilo de poliéster muestran la calidad del producto final. Las tensiones a medir en el hilo se buscan que sean promediadas con los diferentes hilos encontrados en el mercado.

(Buendía Guillen & Islas Cortes, 2008) realizan un estudio para determinar las propiedades mecánicas del hilo de poliéster en función de las condiciones del proceso. Se han procesado hilos de poliéster en una máquina de doble torsión GC96FF de la firma RPR, previamente estirados en una máquina DW24-2 Barmag. Como resultado se han obtenido ecuaciones de regresión múltiple, por el procedimiento "Stepwise" para las propiedades mecánicas de los hilos en función de las condiciones de los procesos aplicados.

## 2. CAPITULO II REVISIÓN LITERARIA

### 2.1. FABRICACIÓN DE CORDONES

La fabricación de cordones es una actividad recurrente dentro del sector textil, siendo una de las que generan más empleos y puestos de trabajo como lo afirma (Gomez Illescas, 2020). Atuntaqui es una de las ciudades con mayor producción; un análisis realizado por (Palacios, 2012, págs. 63, 64) demuestra que un 100% de empresas de confección textil emplean el cordón industrial para su proceso de acabado, adquiriendo entre 14 a 16 carretes (200m de cordón por carrete) por semana; mientras que los productores tienen una producción de entre 50 a 100 carretes.

#### 2.1.1. Maquinaria usada en la producción de cordones.

La producción de cordones tiene lugar por medio de máquinas trenzadoras de punto de alta velocidad y trenzadoras de punto circular, mismas que realizan el trenzado de diferente manera dependiendo el tipo de cordón que se requiera. Los principales pasos en el proceso de fabricación de los cordones son los siguientes (Feria Virtual, 2019):

- Para máquinas trenzadoras de punto circular; montar hilo en filetas, trenzar cordón y cabetear (colocar la punta de acetato), ver **Figura 1**.



Figura 1: Máquina trenzadora de punto circular (agujas)

- Para máquina trenzadora de punto de alta velocidad; bobinar hilo en carretes más pequeños, montar carretes en máquina, trenzar cordón y cabetear, ver **Figura 2**.



*Figura 2: Máquina trenzadora de punto de alta velocidad*

### **2.1.2. Materia prima para el trenzado de cordones.**

Dentro de los materiales para la producción de cordones se encuentran: poliéster, nylon, polipropileno, algodón, algodón encerado, fibra de carbono, yute, hilos metálicos, entre otros (EcuRed, 2020).

## **2.2. MÁQUINAS TRENZADORAS (CORDONERAS)**

Las máquinas trenzadoras permiten la transformación de un conjunto de hilos de un mismo material o una combinación de estos, en un cordón redondo o plano. (Liasa la industria algodonera, 2018) especifica que el cordón se fabrica con máquinas trenzadoras y tiene como característica que la materia prima se va entrelazando entre ella formando diferentes diseños. Como producto final se tiene cordón trenzado y cordón tejido.

### **2.2.1. Máquina trenzadora de punto.**

Para la realización de cordón trenzado se usan máquinas trenzadoras de punto, en la cual la alimentación de materia prima (hilos) es directa desde conos o bobinas, para un trabajo más productivo y eficiente como lo afirma (Market Place, 2020). Estas máquinas usan varias hebras de hilo que forman el cordón, el número de hilos dependerá del grosor que se requiera en el producto final, teniendo también una combinación de varias hebras de hilo formando un solo.

### **2.2.2. Máquina trenzadora de punto circular de pequeño diámetro.**

El cordón tejido es hecho en tejido jersey, elaborado por máquinas circulares de pequeño diámetro; este cordón difiere del trenzado por su estructura ya que el primero entrelaza los hilos y el segundo teje de forma circular con un solo hilo (Paredes Caiza, 2018).

## 2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS HILOS USADOS

El hilo es aquella hebra que se caracteriza por su longitud y por su finura y a su vez se clasifica de acuerdo con la cantidad de torsiones con las que cuenta la hebra. Los hilos pueden estar formados por 1, 2 o 3 cabos. Cuando está formado por dos cabos o más, significa que el hilo en realidad son dos hilos entrelazados y retorcidos entre sí. El hilo de un solo cabo es muy fino, por lo tanto, poco duradero y de baja calidad. Generalmente, los hilos son muy utilizados en la industria de la confección, costura y fabricación (Quiminet.com, 2011).

### 2.3.1. Fibras textiles.

Para la fabricación de cordones se usan fibras textiles naturales o sintéticas, el primer grupo está constituido por todas aquellas fibras que se encuentran en estado natural y que no exigen más que una ligera adecuación para ser hiladas y utilizadas como materia textil. El segundo grupo lo forman una gran diversidad de fibras que no existen en la naturaleza, sino que han sido fabricadas mediante un artificio industrial (Ecured, s.f.).

Una fibra es un sólido con una pequeña sección transversal en comparación con una elevada relación longitud-sección, ver **Figura 3**. Están compuestas por millones de largas cadenas moleculares individuales, de discreta estructura química, las cuales afectan sus propiedades. En la producción textil para que una fibra pueda ser aceptable debe cumplir con tres parámetros como son: flexibilidad, elasticidad y resistencia, sin estas tres condiciones la fibra no servirá en el proceso de hilado de buena calidad (Lockuan lavado, 2013, pág. 2).



Figura 3: Fibras textiles

### 2.3.2. **Propiedades mecánicas de la fibra textil.**

Las propiedades mecánicas de las fibras influyen en el trabajo de trenzado y tejeduría del producto textil. Estas se analizan dependiendo del producto que se esté realizando y la utilidad que se le dará; la calidad se refleja en estas propiedades, a continuación, se describen estas según (Lockuan lavado, 2013, págs. 3, 4).

- ***Flexibilidad.***

Las fibras deben soportar flexiones repetitivas sin disminuir su resistencia a la rotura. Sin una adecuada flexibilidad sería imposible el trenzado y tejido de las fibras para su conversión en productos elaborados, además esta propiedad influye mucho en la calidad del producto final, puesto que la libertad de movimiento de las prendas de vestir se refleja en la flexibilidad de la fibra.

- ***Elasticidad.***

Esta propiedad facilita la tejeduría, aumenta la duración del material y es de gran importancia en los procesos de acabado.

Se tiene una diferencia entre elasticidad y elongación.

La elongación representa cuanto puede alargarse la fibra sin provocar rotura, así, si un hilo se alarga de 100 cm a 112 cm antes de romperse, por lo tanto, posee un 12% de alargamiento a la elongación. Mientras que la elasticidad es la capacidad para recuperarse de una deformación; si una fibra se estira un 10% y luego al quitarle la carga que hace que se estire, si esta vuelve a su longitud inicial, entonces la fibra es totalmente elástica; si partimos del hecho que su longitud inicial es de 100 cm y esta al quitarle la carga vuelve a 102 cm, entonces se dice que la fibra tiene un 80% de elasticidad.

- ***Resistencia a la tracción (tenacidad).***

Es necesario que la fibra posea suficiente resistencia a la tracción para ser trabajada, ya que el trenzado y tejido requiere de una tensión adecuada en el hilo. Además, la calidad del producto final depende de esta propiedad, puesto que demuestra la durabilidad del producto en el uso que se le dé.

- *Formulas y diagrama de tenacidad textil.*

Ecuación 1: (1)

$$\text{tenacidad} = \frac{dN}{\text{tex}}$$

Siendo  $\frac{dN}{\text{tex}}$  la unidad de medida textil, donde:

- dN: deci Newton; fuerza aplicada al hilado hasta provocar su rotura, llamado también fuerza de rotura.
- tex: número tex; Peso en gramos de 1000 m de hilo

Ecuación 2: (2)

$$\text{tex} = K \cdot \frac{P}{L}$$

Donde:

- K: constante igual a 1000m/gr
- P: peso del hilo
- L: longitud del hilo

La **Figura 4** muestra el diagrama de tenacidad textil (diagrama extraído de (Bonet Aracil, 2019)).

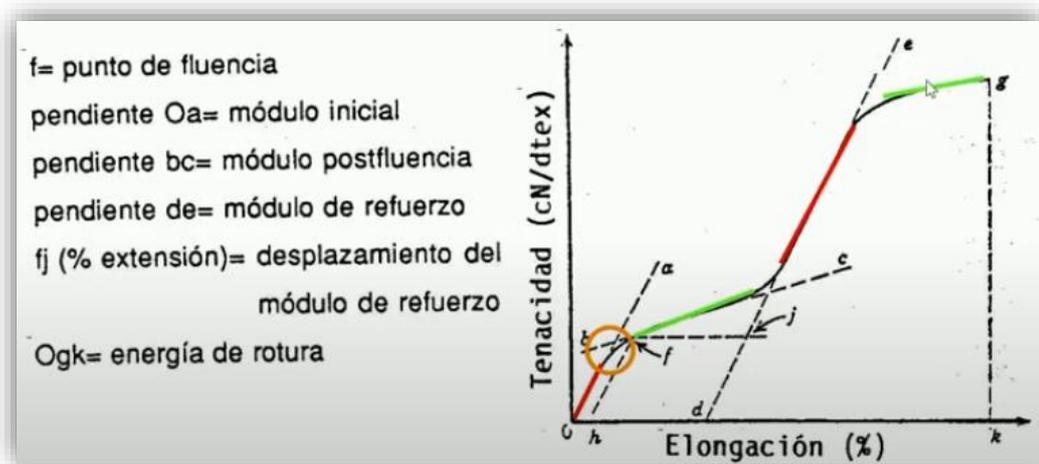


Figura 4: Diagrama de tenacidad textil

Se tiene que:

- La primera zona roja representa el punto de fluencia del material, la deformación se recupera al ser estirado el material.
- La zona plástica se representa con la línea verde, el material al ser estirado no vuelve a su longitud inicial.
- La segunda línea roja representa una segunda zona elástica, el material vuelve a la longitud de la zona plástica al ser estirado.
- Se tiene una segunda zona plástica, el material no volvería a la longitud de la primera zona plástica.

Por tanto, se tiene dos zonas elásticas y dos zonas plásticas.

#### 2.4. HILO DE POLIÉSTER EN LA FABRICACIÓN DE CORDONES

La información mostrada anteriormente muestra las diferentes materias primas (hilos) usadas en la fabricación de los cordones; se trata de fibras naturales y sintéticas, las cuales presentan propiedades mecánicas específicas para garantizar la calidad del producto final, así como también la facilidad en la elaboración del cordón.

El presente trabajo se centra en un solo material que es el cordón de poliéster, el cual se analizará con el fin de encontrar los parámetros necesarios para la creación del diseño del dispositivo que plantea esta tesis.

##### 2.4.1. Hilo de poliéster.

El poliéster, es un material polimérico fabricado a partir de carbón, aire, agua y productos petrolíferos, es muy duradero y resistente, por lo cual no se encoge ni se arruga, además que se tiñe de manera muy fácil: Algo muy positivo para la industria textil, pero malo para quitar manchas. Esta fibra no resiste temperaturas medias y altas, se derrite y se quema al mismo tiempo, así que o se plancha el poliéster a bajas temperaturas, o no se plancha en absoluto (Mark Athletic, 2020).

#### 2.4.2. Propiedades del poliéster.

Las propiedades más interesantes del poliéster (PET) radican en su elevada resistencia a la tracción, al calor y a los agentes químicos, así como al frote. Por lo general se fabrican con alta tenacidad (resistencia a la tracción) y tenacidad media. La siguiente tabla muestra las propiedades físicas del hilo de poliéster según (Carrion, págs. 12, 13)

Tabla 1: Propiedades físicas del hilo de poliéster

Propiedades del hilo de poliéster		
	Tenacidad alta	Tenacidad media
Tenacidad en seco (dN/tex)	5,8 – 7,3	3,6 – 4,5
Tenacidad en húmedo (dN/tex)	5,8 – 7,3	3,6 – 4,5
Alargamiento a la rotura (%)	8 – 11	15 – 30
Modulo inicial (dN/tex)	100 – 120	90 – 105
Rigidez media (dN/tex)	59	25
Trabajo de rotura medio (dN-cm/tex-cm)	0,295	0,454

#### 2.4.3. Tenacidad del poliéster.

(Islas Cortes, Guillen Buendía, & Olvera Gracia, 2009) en su trabajo realizan una prueba experimental para explicar el comportamiento de los materiales viscoelásticos (materiales que tienen la propiedad de la elasticidad). Por medio del uso de **dinamómetro Statimat M de Tex techno**, el ensayo de tracción realizado muestra los siguientes resultados para el hilo de poliéster.

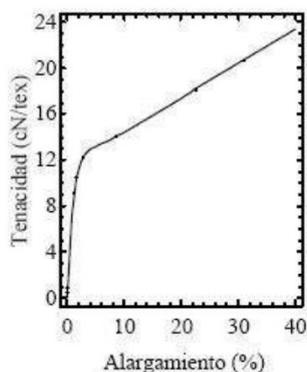


Figura 5: Grafica media carga-deformación de un hilado de poliéster de uso textil.

Tabla 2: Curva Tenacidad – Alargamiento del hilo de poliéster

Alargamiento (%)	Tenacidad (cN/tex)
0,01	0,500
0,10	0,9014
1,20	9,190
1,67	10,510
2,80	12,260
8,60	14,070

22,5	18,100
30,96	20,690

Se puede observar que, pasado la zona elástica del ensayo, ver Figura 5, la relación tenacidad – alargamiento se torna lineal hasta llegar a la zona de rotura. Esto muestra los valores con los cuales se podría trabajar con el hilo.

## 2.5. **SENSORES DE TENSIÓN DE HILO**

Se puede entender hasta este punto cómo funciona la máquina trenzadora y los requerimientos necesarios para que el hilo de poliéster puede ser trabajado y posterior la calidad de su acabado en el cordón; una de sus propiedades es la tenacidad, que es la energía que puede absorber el material antes de provocar su rotura, esta energía se puede entender como la fuerza ejercida por los sensores de hilo entre el carrete giratorio y las filetas, necesaria para la fabricación del cordón y su calidad final; las **Figuras 6, 7, 8** muestran respectivamente las partes mencionadas de la máquina.



Figura 6: Sensores mecánicos de tensión de hilo



Figura 7 Carrete giratorio de la máquina actual



Figura 8: Filetas portadoras de conos de hilo

Con el fin de mantener la tensión adecuada (fuerza ejercida) en el hilo se tiene diferentes sensores que miden y controlan dicha propiedad, estos sensores se encuentran instalados en máquinas trenzadoras de alta velocidad para producción industrial como indican las especificaciones de las máquinas en (Feria Virtual, 2019).

La función de los sensores mencionados es medir la tensión del hilo y controlarla, lo cual es una función que pertenece a sensores piezoresistivo, quienes varían su resistencia de acuerdo con la fuerza a la que estén sometidos y generan una corriente eléctrica que se usa como una variable para el propósito requerido.

A continuación, se muestran diferentes sensores usados para este propósito, más otros tipos de sensores que pueden ser usados para medir la fuerza ejercida.

#### 2.5.1. **Sensor definición general.**

Los sensores son transductores capaces de convertir estímulos mecánicos, químicos, ópticos, entre otros, a señales eléctricas significativas, **ver Figura 9**. Dicho de otra manera, los sensores son capaces de medir y convertir la dimensión de una variable física a una señal eléctrica.

La característica más importante de un sensor es su sensibilidad; una medida de la diferencia en la salida del sensor como función del cambio en la consistencia de la entrada.

Idealmente, los sensores deberían ser suficientemente sensibles a los estímulos de entrada y no deberían influir en la medida tomada. A menudo, es necesario amplificar, condicionar o modificar la salida para generar información útil y fiable (Gené Carbó, 2020, pág. 26).



Figura 9: Esquema de funcionamiento de un sensor

### 2.5.2. Sensores de presión.

Estos son transductores de presión, muy habituales en cualquier proceso industrial o sistema de ensayo; transforma una magnitud física en una señal eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida. Los formatos con los cuales se puede encontrar son diferentes y sus rangos de medida y precisión varían mucho en función de la aplicación (Sensing, 2019).

### 2.5.3. Sensores de presión piezoresistivo

Un sensor piezoresistivo es un dispositivo que hace uso de cambios en la resistividad de ciertos materiales semiconductores cuando estos se someten a una tensión mecánica para efectuar una acción electrónica. Esto provoca un cambio correspondiente en cualquier corriente eléctrica que pasa a través del dispositivo, que se traduce en una medición o lectura (sapiensman, 2020).

El efecto piezoresistivo se aprovecha para crear una gama de dispositivos semiconductores sensibles utilizados para registrar y medir las fuerzas que inducen al estrés tales como la aceleración y la presión. Sus aplicaciones más relevantes se encuentran en la medición de la tensión mecánica. La **Figura 10** muestra la composición general de un sensor piezoresistivo, donde la señal de salida cambia conforme aumenta la presión deformando el diafragma.

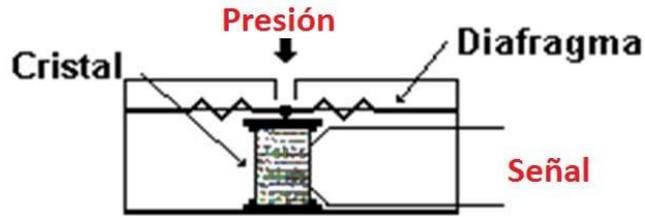


Figura 10: Esquema de funcionamiento de un sensor piezoresistivo

#### 2.5.4. Sensores de medición de tensión textil.

Como se ha demostrado, los sensores de medición de presión son muy usados para calcular la tensión mecánica de un componente, el efecto piezoresistivo hace posible dicha medición para escalas altas y menores. Dependiendo la aplicación a la cual estará sometido se encuentran en diferentes presentaciones, en el área textil podemos encontrar diferentes dispositivos que miden la tensión textil de los hilos como se muestran en las **Figuras 11, 12, 13, 14** (imágenes extraídas de (Direct Industry, 2021)).



Figura 11: Aparato de medición de tensión de hilo textil FS1



Figura 12: Aparato de medición de tensión de hilo textil MZ Series



Figura 14: PLC572 100N 200N 500N alambre hilo Tensión de sensor



Figura 13: Sensor de tensión, JZHL-3 de medición de hilo, cuerda de alambre, JZHL-T1 de medición de tensión

La medición de estos sensores permite la operación en continua o estacionaria, pueden medir pequeñas tensiones de hilos y del tex hasta 1000 de las fibras y de alambres finos hasta 2 milímetros Ø, así como medir la tensión de las cintas de la materia textil, de las películas, de las hojas, etc. Los sensores están disponibles con diversas trayectorias para el material, combinación de 3 rodillos con trayectoria circular, el material se dirige sobre los rodillos, disponible con diversas señales de salida, se puede montar usando los tres hilos en la superficie inferior del cuerpo o dependiendo su construcción.

#### 2.5.5. Acondicionadores de señal.

Como ya se ha mencionado los sensores transforman una magnitud obtenida por efectos físicos, mecánicos o químicos en una señal eléctrica de salida, esta señal no puede ser procesada por los actuadores, por tanto, debe ser adaptada y amplificada. Además, en ocasiones se necesita que la señal sea lineal para un mejor procesamiento y para ello se hace uso de circuitos acondicionadores de señal. La **Figura 15** muestra el esquema general de funcionamiento de un circuito acondicionador.

Según (Serna Ruiz, Ros Garcia, & Rico Noguera, 2010, pág. 11), un circuito acondicionador es aquel que toma la señal medida por lo sensores, y la procesa con el fin que sea válida por los circuitos actuadores o por equipos de instrumentación, como son multímetros, osciloscopios, LCD, entre otros. Entre los circuitos acondicionadores de señal más usados podemos encontrar:

- Divisores de tensión mediante resistencias.
- Puente de Wheatstone.
- Transistores.
- Amplificadores operacionales.
- Microcontroladores.



Figura 15: Proceso de acondicionamiento de señales

## 2.6. **SENSORES DE PRESENCIA DE HILO**

Entre este tipo de sensores se encuentran los capacitivos e inductivos, mismos que son reemplazados por los sensores de tensión de hilo ya que si la tensión es de cero nos da a entender que no existe presencia de hilo, así mismo estos están presentes en máquinas industriales como lo especifican las características de las máquinas en (Direct Industry, 2021).

Por tanto, los sensores para el diseño y construcción del dispositivo planteado en este trabajo de grado serán los antes mencionados, puesto que con tensión de cero estos tendrían la función de detectar la presencia o ausencia de hilo.

### 3. CAPITULO III DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA CORDONERA ARTESANAL

Para el presente trabajo de grado, la implementación se plantea en una máquina cordonera artesanal; se trata de una máquina trenzadora de punto circular de pequeño diámetro, ver **Figura 16 y 17**.



Figura 16: máquina trenzadora de punto circular de pequeño diámetro



Figura 17: Carrete giratorio para la fabricación de cordón

A continuación, se muestran las características de la máquina actual en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Características de la máquina cordonera

<b>CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA MÁQUINA CORDONERA ARTESANAL</b>	
<b>Nombre específico</b>	Máquina trenzadora de punto circular de pequeño diámetro
<b>Alimentación de corriente</b>	110V
<b>Forma de trabajo</b>	Tejedora circular

<b>Numero de hilos para producción</b>	2 – 5
<b>Numero de hilos que llegan a carrete giratorio</b>	1
<b>Potencia de la máquina</b>	0.75 hp
<b>Filetas (portadoras de conos de hilo)</b>	0
<b>Interruptor Start</b>	Si
<b>Interruptor Stop</b>	No
<b>Paro de emergencia</b>	No
<b>Estado general de la máquina</b>	Requiere mantenimiento correctivo

Si bien existen diferentes máquinas para la fabricación de cordón, el trabajo de grado actual se centra en la implementación de un dispositivo que detecte la rotura del hilo, por tanto, las características mencionadas en la **Tabla 3** se centran en parámetros necesarios para el diseño, construcción y posterior implementación del dispositivo planteado.

Para una especificación más exacta, en la **Tabla 3** se muestran 5 hilos para la producción de cordón y 1 hilo para la alimentación del carrete giratorio; en el punto [2.3](#) de este documento se aclara que varios cabos pueden unirse y formar un solo hilo con la finalidad de aumentar la calidad del cordón producido, por tanto, la máquina cordonera actual puede trabajarse hasta con 5 hilos que formarán un solo, el cual será la alimentación de materia prima del carrete giratorio.

El dispositivo planteado tiene la función de analizar la tensión de cada uno de los hilos individualmente antes de unirse al carrete giratorio.

### **3.2. TENSIÓN MÁXIMA DEL HILO DE POLIÉSTER SIN PROVOCAR ROTURA**

Este parámetro es fundamental para un correcto funcionamiento de la máquina cordonera, puesto que representa hasta qué punto es aceptable el aumento de tensión en el hilo; si bien se había planteado encontrar la magnitud donde tiene lugar la rotura del hilo de poliéster, no se debe descartar un análisis de la forma habitual de trabajo del carrete giratorio.

Tal como se muestra en la **Tabla 3** las características se enfocan específicamente en la máquina, por tanto, la tensión también debería dirigirse a la requerida por el carrete giratorio; una observación de trabajo en la fabricación de cordón encontró que la forma actual de ajuste de tensión se da en un tornillo con paso de 1mm, siendo 3.5 vueltas el máximo que se puede dar sin que el carrete trabe el hilo, ver **Figura 18**.



Figura 18: tensor de ajuste actual de la máquina cordonera

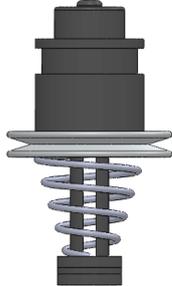
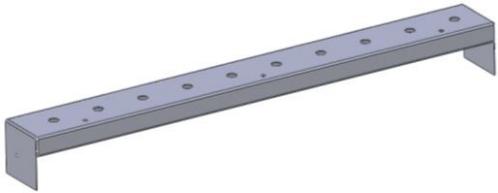
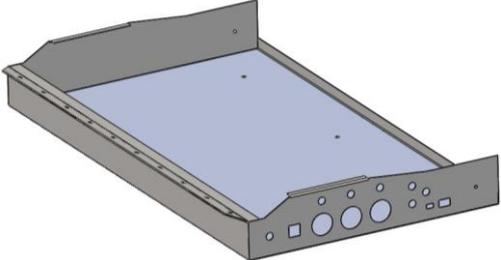
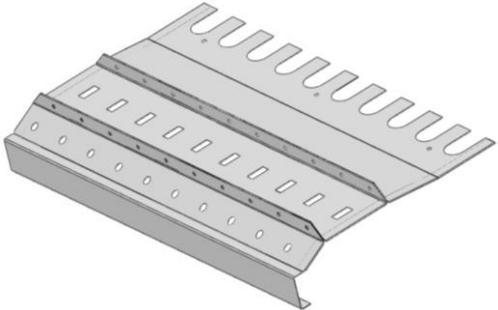
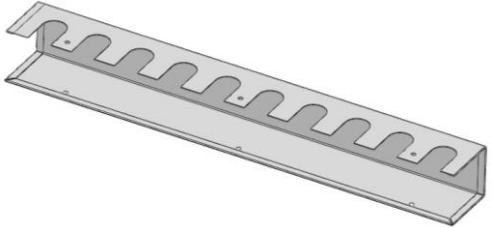
Por tanto, tomando en cuenta que el tensor escogido tiene un paso igual al tensor actual, y que el resorte de ajuste es ligeramente diferente, los valores de tensión aceptables se tomarán de manera empírica, puesto que el número de vueltas del tensor actual se aleja demasiado de los valores que podrían causar rotura, haciendo irrelevante buscar la magnitud de tensión donde el hilo se rompe.

De esta manera se proponen dos formas de ajuste, una automática que guardaría los valores de entre 2 y 2,5 vueltas como rango aceptable de tensión, y otra manual donde los rangos de tensión serán igualados a un tensor guía, el cual, si aumenta o disminuye su valor, el resto de los tensores deberán ajustarse a esta magnitud.

### 3.3. DISEÑO DEL DISPOSITIVO CAD

Esta sección describe diferentes piezas simuladas, que formarán la estructura portadora de elementos electrónicos y componentes mecánicos usados en la medición propuesta en este trabajo.

Tabla 4: Piezas usadas en la fabricación de la caja del dispositivo

<b>PIEZAS USADAS PARA LA FABRICACIÓN DE LA CAJA DEL DISPOSITIVO</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ESQUEMA</b>
<b>Tensor de hilo</b>	Aplica presión entre dos placas por donde pasa el hilo	
<b>Soporte ky-040</b>	Permite la sujeción de los tensores en la placa en sí.	
<b>Base</b>	Soporte del circuito electrónico, sensores de medición y botonera de control.	
<b>Tapa superior</b>	Establece guías de conducción de los hilos y recubre al circuito y demás componentes.	
<b>Sujeción tensores</b>	Sujeción de los tensores a la base y tapa.	

---

**Dispositivo  
CAD**

Ensamble del dispositivo



---

Excepto el tensor de hilo los demás componentes mostrados en la **Tabla 4** están diseñados con lámina de acero inoxidable 304 con espesor 0.4 mm. Su manufactura es de chapa metálica y las dimensiones generales de la caja son: 310x160x45 mm.

Los planos de los diferentes componentes mostrados en la **Tabla 4**, se muestran en el anexo D (planos del dispositivo).

A continuación, se describe con más detalle cada pieza a usar.

### 3.3.1. Tensor de hilo.

El trabajo que cumple el tensor es aplicar presión sobre dos placas a través de la compresión de un resorte, donde tiene lugar el paso del hilo. La presión se da por medio de una tuerca de ajuste, ver **Figura 19**.



Figura 19: Tensor de hilo textil

Cabe destacar que existen otros tensores de hilo en el mercado disponibles para las diferentes máquinas de coser existentes. El tensor mostrado en la **Figura 19** es el que se usará y adaptará en la creación del dispositivo planteado.

### 3.3.2. Soporte KY-040.

Este componente se usa para fijar los sensores a la posición deseada en el dispositivo. De forma general los sensores se unen a las máquinas bordadoras a través de su adaptador de máquina mostrado en la **Figura 19**, para este trabajo se usará el tornillo de ajuste como base del sensor, mismo que se fijará en el soporte KY-040, ver **Figura 20**.

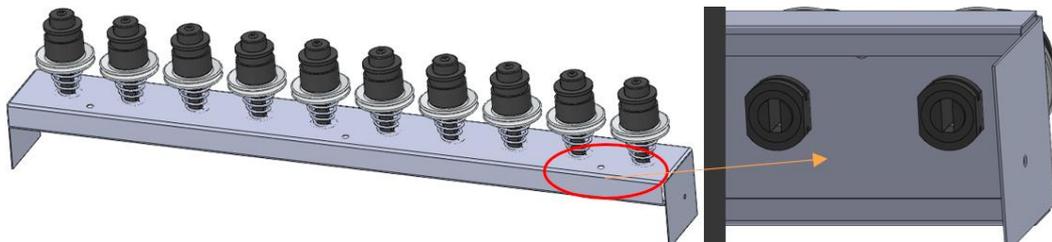


Figura 20: adaptación de sensor a la placa KY-040

La disponibilidad de separación de sensor a sensor por las dimensiones de las placas es de 30mm.

### 3.3.3. Base.

La base permite la sujeción de los elementos electrónicos y demás componentes de la caja del dispositivo. Además, le da estabilidad para su posterior implementación a la máquina cordonera. La base también es el lugar del tablero de control y salidas de alimentación y control del relé del motor, ver **Figura 21**.

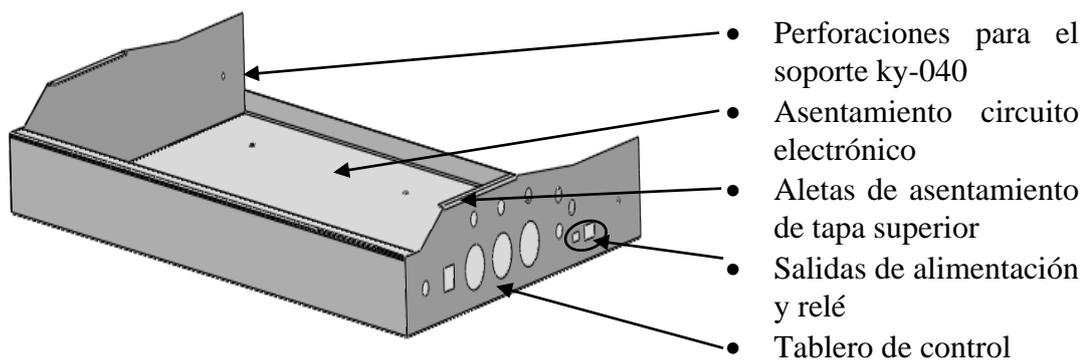


Figura 21: Componente Base del dispositivo cad

### 3.3.4. Tapa superior.

Esta pieza permite el paso del hilo por las diferentes perforaciones encontradas en sus aletas guías, además cubre el circuito electrónico dando paso solo a leds indicadores de

trabajo actual y finales de carrera usados por el circuito, cabe destacar que también le da rigidez y estabilidad a la caja, ver **Figura 22**.

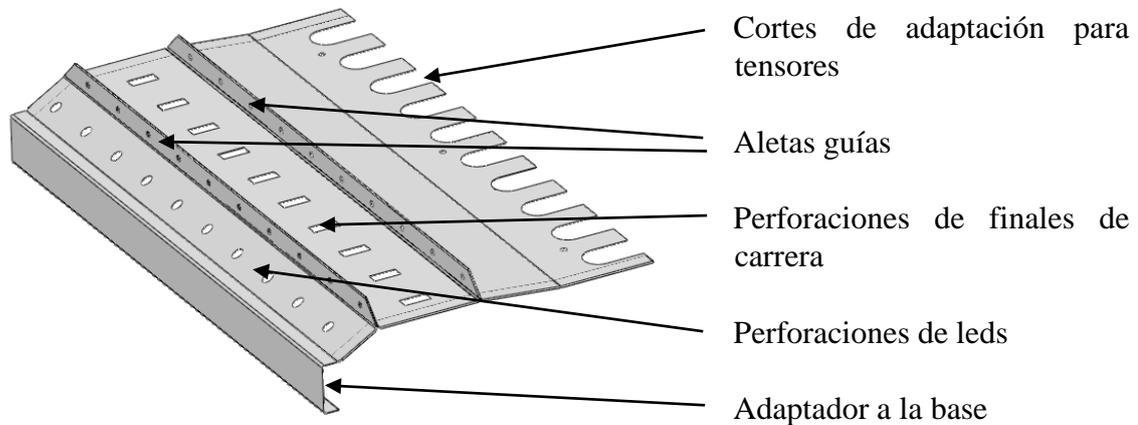


Figura 22: Componente tapa superior

### 3.3.5. Sujeción sensores.

Esta fija a la base, tapa superior y soporte KY-040 de modo que brinda la rigidez final al dispositivo para su correcto funcionamiento. Incorpora al igual que la tapa superior cortes para los sensores, ver **Figura 23**.

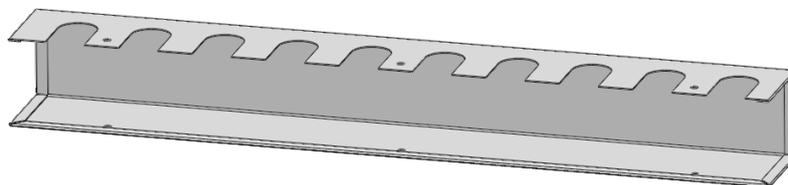


Figura 23:Componente sujeción sensores

### 3.3.6. Ensamble del CAD.

Se ha descrito el funcionamiento de las piezas de manera individual, la forma correcta de unión para un funcionamiento aceptable se puede mostrar en la **Figura 24**. Donde el orden de ensamble que garantiza el armado correcto del dispositivo es: *base (1)* al circuito electrónico, seguido del *soporte ky-040 (2)*, posicionamiento de la *tapa superior (3)*, armado de la pieza *sujeción de sensores (4)*, y por último colocación de los *sensores (5)*.

Este ensamble se aclara a más detalle en el anexo E (manual de usuario) sección: *elementos de ensamble*.

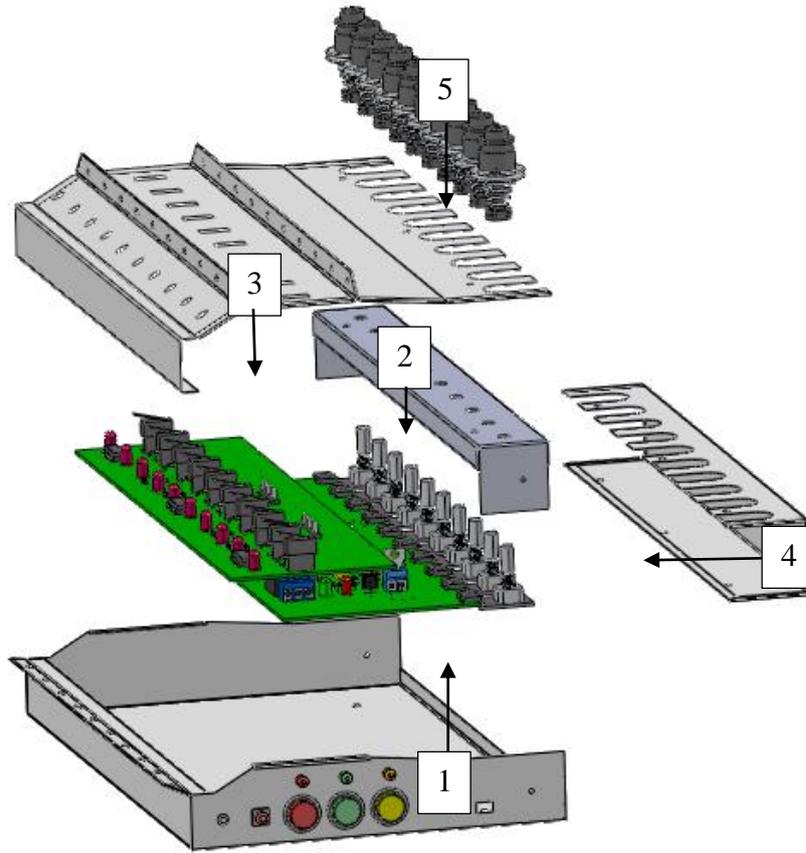


Figura 24: Ensamble del dispositivo

Como resultado se obtiene el siguiente dispositivo mostrado en la **Figura 25**.



Figura 25: Dispositivo CAD

### 3.4. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO

El circuito electrónico permite la medición de tensión conforme al ajuste aplicado en los tensores usados, transformando estas medidas en una señal eléctrica que pueda ser procesada y emitir una salida de trabajo. De forma general se tendrán 3 etapas donde la señal medida será procesada y emitirá la salida respectiva a los diferentes componentes electrónicos, permitiendo la activación o desactivación del motor de la máquina. En la **Figura 26** se muestran las diferentes etapas que formarán el circuito.



Figura 26: Etapas de funcionamiento del circuito electrónico

La forma general de operación de las etapas se muestra en el siguiente diagrama de flujo representado en la **Figura 27**:

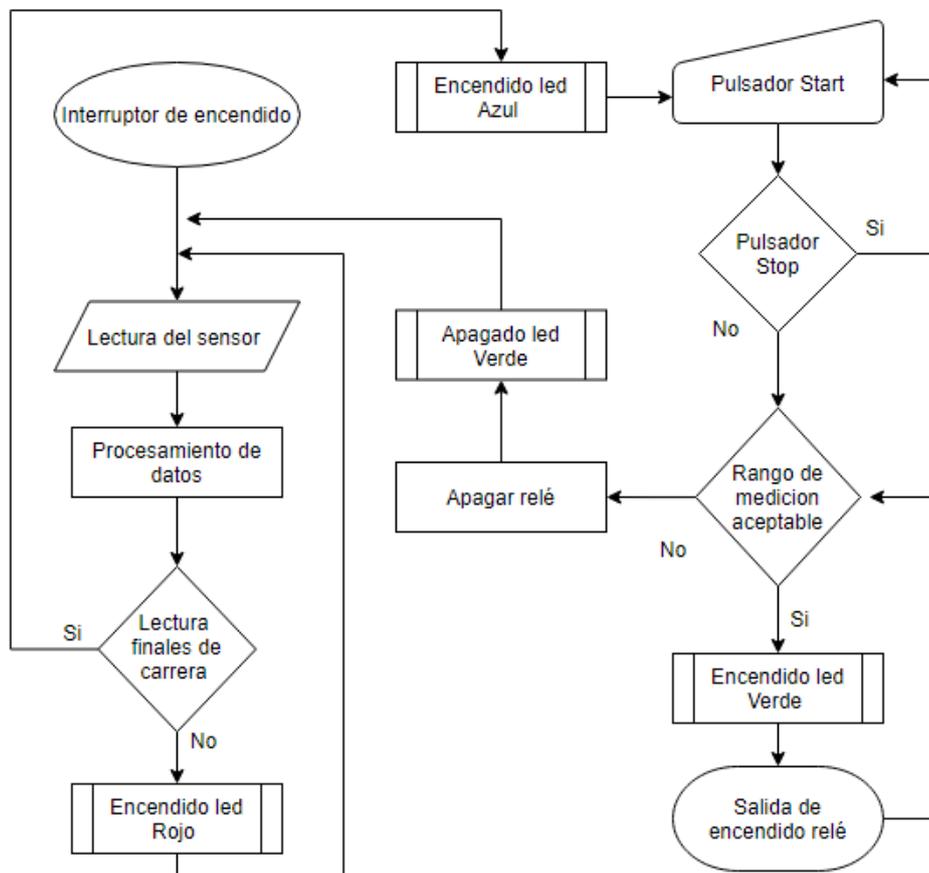


Figura 27: Flujograma de funcionamiento general del circuito electrónico

A continuación, se muestran con detalle las etapas del circuito y los componentes a usar.

### 3.4.1. Medición.

Para el diseño del dispositivo se tomaron en cuenta las mediciones mínimas que proporciona templar un hilo, estas representan pequeñas variaciones de fuerza, que para este caso serán implementadas por el tensor de hilo; al girar el tensor se tiene una presión en las placas que es el lugar por donde pasará el hilo al carrete giratorio, con el fin de contar el número de vueltas necesaria. Para poner en marcha la máquina cordonera se hará uso del *encoder ky-040*, el cual se muestra en la **Figura 28**.

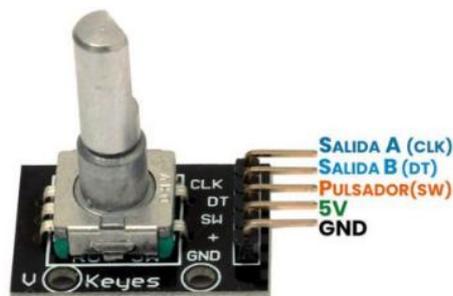


Figura 28: Encoder rotativo incremental ky-040

El *encoder rotativo ky-040* es un codificador incremental con dos salidas desfasadas que indica la dirección en la que está girando el eje. Cuenta con 12 posiciones (cada 30°) donde su número de vueltas es infinito y bidireccional. Las salidas A y B indican la dirección del giro.

#### Especificación y características

- Voltaje de Alimentación: 5V
- Corriente: 10 mA
- Desfase entre señal A y B: 90°
- Rotación Angular: 30°
- Ciclos por Resolución (CPR): 20
- Dimensiones: 20 x 30 x 30 mm
- Peso: 10g

La forma de trabajar con las señales A y B se muestran en la **Figura 29**, donde a medida que el encoder gira se tiene las salidas en alto y bajo de acuerdo con el sentido de giro, estas señales luego serán procesadas para el funcionamiento del circuito electrónico.

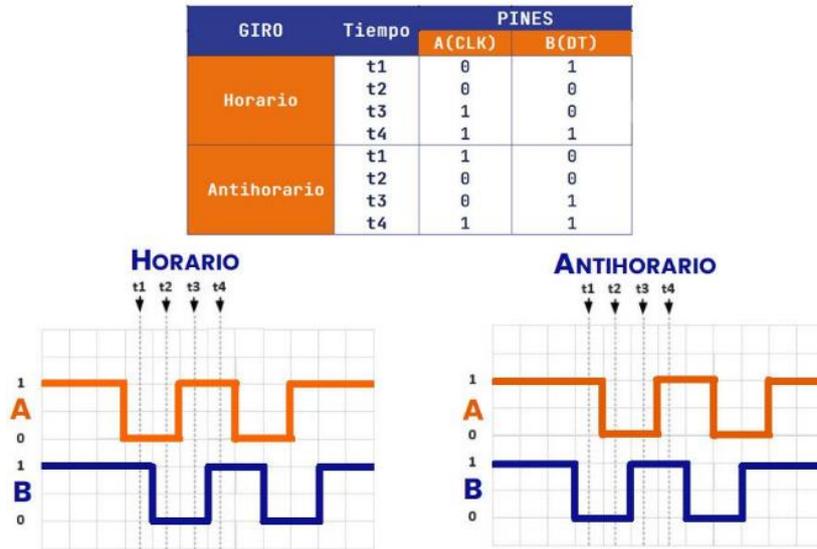


Figura 29: Pulsos de salida encoder ky-040

Para funcionamiento de esta etapa se plantea que la lectura se la realice en dos modos: automático y manual; estos modos compararán rangos de valores de tensión preestablecidos y medidos en un tensor que se usará como guía respectivamente. El siguiente flujograma presentado en la **Figura 30** muestra como trabajara la etapa de medición.

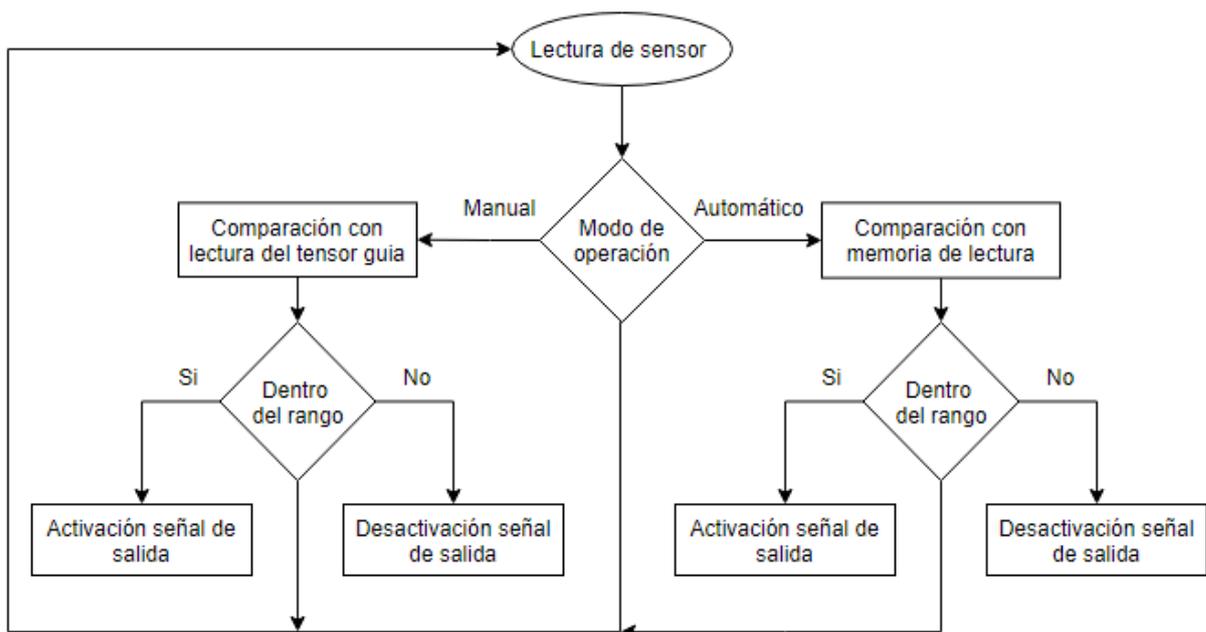


Figura 30: Flujograma etapa de medición

El módulo ky-040 reemplaza a los sensores de tensión de hilo o sensores piezoresistivo que podrían usarse; este no varía de modo significativo el resultado final de medición de tensión, ya que el encoder solo cuenta el número de vueltas aplicado en el tensor que se está usando.

#### 3.4.2. **Procesamiento de datos**

La señal proveniente del encoder como se ha mostrado se comparará con otras lecturas con el fin de emitir la señal de salida correspondiente, estas señales serán procesados por el chip atmega128a, ver **Figura 31**.



Figura 31: Chip atmega128a

#### 3.4.3. **Activación de motor**

La activación de motor tiene lugar tras las mediciones y comparaciones de las señales provenientes de los sensores. La señal de activación pone en alto un relé y leds indicadores que muestran el trabajo actual y el ajuste que requieren los tensores para que se tenga la salida deseada.

Para que esta señal tenga lugar se debe comprobar a través de un final de carrera la presencia del hilo, un led indicador mostrará si se tiene una salida o no de parte del final de carrera.

El procesamiento de estos datos se da en el chip atmega128a mostrado anteriormente cuyo funcionamiento se muestra en la **Figura 32**.

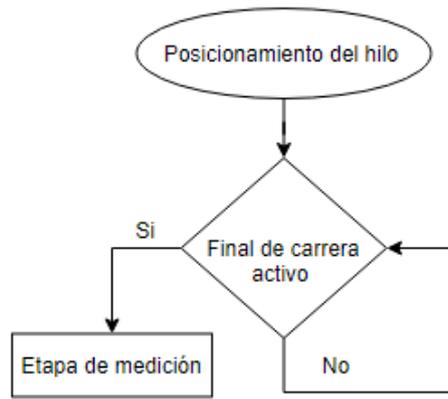


Figura 32: Funcionamiento de los finales de carrera

### 3.5. ALGORITMO Y CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

El algoritmo usado se basa en la medición y control de hasta 10 entradas, las cuales permiten la activación del relé que representa al motor e indicadores led. Además, se usan finales de carrera como indicadores de presencia de hilo, los cuales interfieren directamente en la activación del relé de arranque del motor. El algoritmo de programación se muestra en la **Figura 33**.

El código completo de programación se puede observar en el *anexo B (código de programación)*.

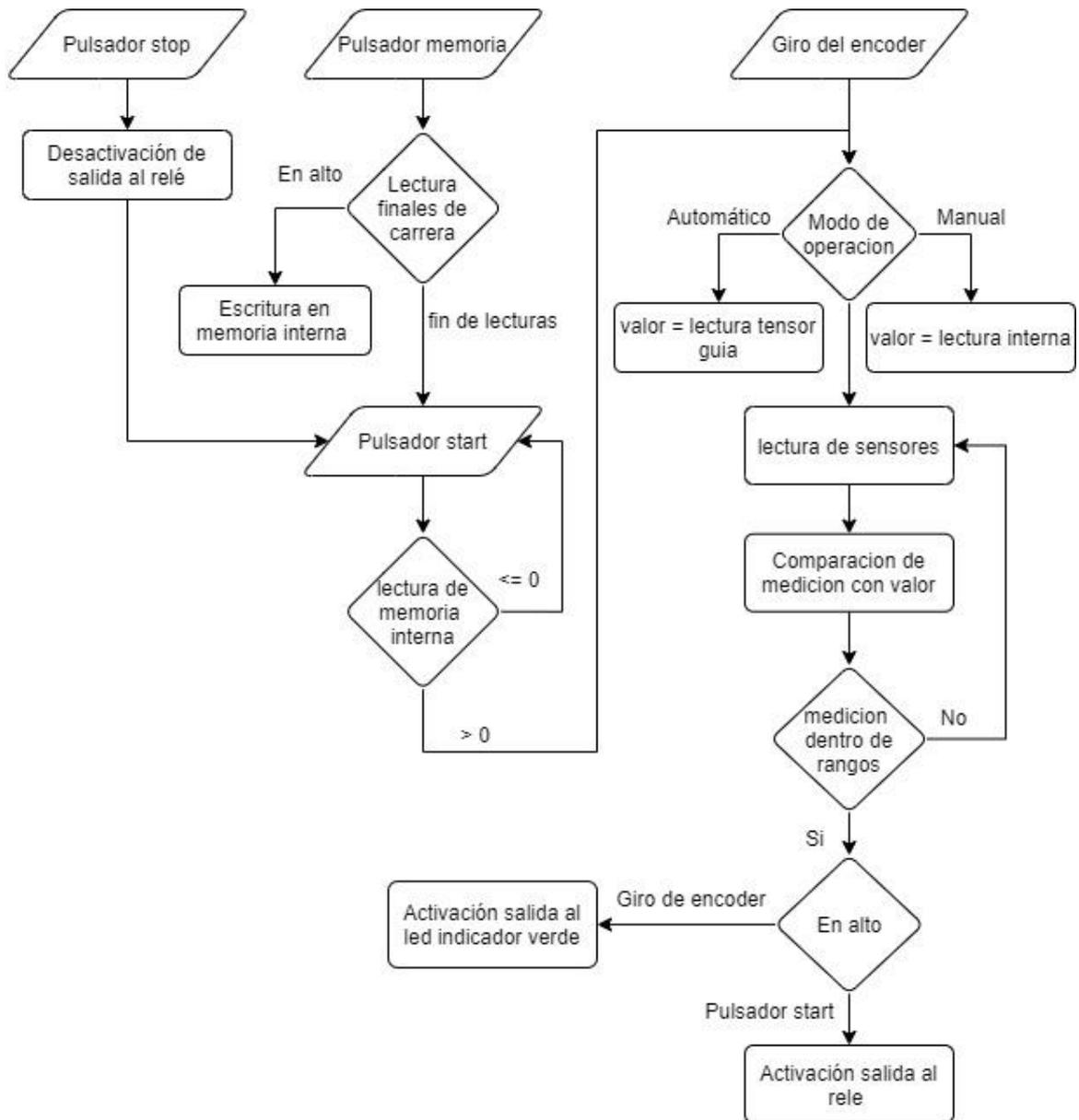


Figura 33: Flujograma de algoritmo de programación

Para una mejor explicación del funcionamiento del dispositivo consulte el anexo B manual de usuario, sección: *puesta en marcha*.

### 3.6. MANUFACTURA DE LOS ELEMENTOS DISEÑADOS

En las secciones anteriores se establecieron los parámetros de trabajo del dispositivo, y diseño CAD, con los cuales el funcionamiento del dispositivo tendrá lugar. En esta sección se mostrará la construcción de este, así como también el diseño y construcción de la estructura para los conos de hilo.

### 3.6.1. Circuito simulado.

El circuito simulado se realizó en Proteus, en donde junto a sus tres etapas se le añadió un circuito de potencia para el relé. Las siguientes ilustraciones, para un mejor entendimiento, mostrarán las conexiones establecidas para un sensor, puesto que el resto de los sensores se guiarán en la misma configuración de conexión.

- **Conexión del encoder ky-040**

En la **Figura 34** se muestran las conexiones del encoder, donde las señales de clk y dt se conectan a los pines del microcontrolador atmega128a, la salida sw del módulo no se usa y el resto de los pines usan las conexiones de vcc y gnd.

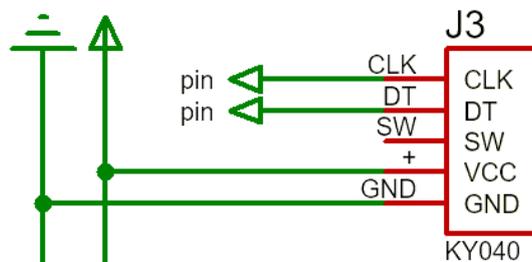


Figura 34: Conexiones ky-040

- **Indicadores leds y lectura de finales de carrera**

Se estableció el uso de un led RGB con cátodo común con el fin de disminuir espacio en el dispositivo y eliminar conexiones como se muestra en la **Figura 35**, además también se aprecian las conexiones de finales de carrera con los pines del microcontrolador.

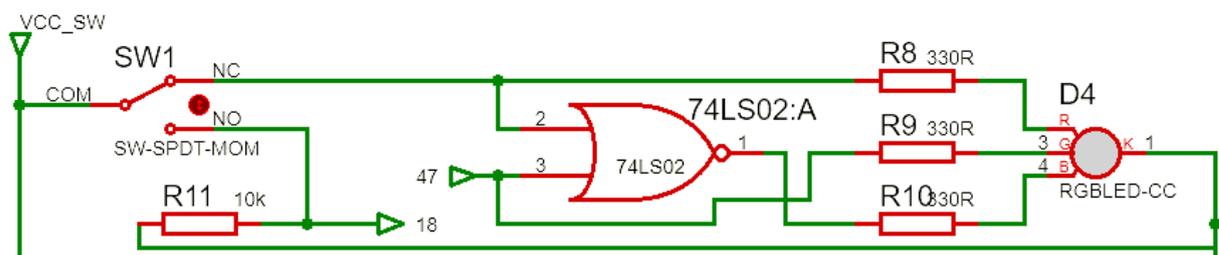


Figura 35: confecciones indicadores leds y finales de carrera

- **Circuito de potencia**

El circuito de potencia sirve de activación del relé puesto que la corriente de salida de los pines del microcontrolador no es suficiente para activar un relé. Este circuito se basa en el transistor 2n3904 cuyas características son las siguientes:

- Transistor NPN.
- Voltaje de ruptura Colector-Emisor: 40V
- Voltaje de saturación Colector-Emisor: 200 mV,  $I_b=5$  mA,  $I_c=50$  mA
- Corriente máxima de Colector: 200 mA
- Ganancia de corriente DC: 100 @  $I_c=10$ mA,  $V_{ce}=1$ V
- Máxima disipación de potencia: 625mW

En la **Figura 36** se muestra el circuito de potencia simulado

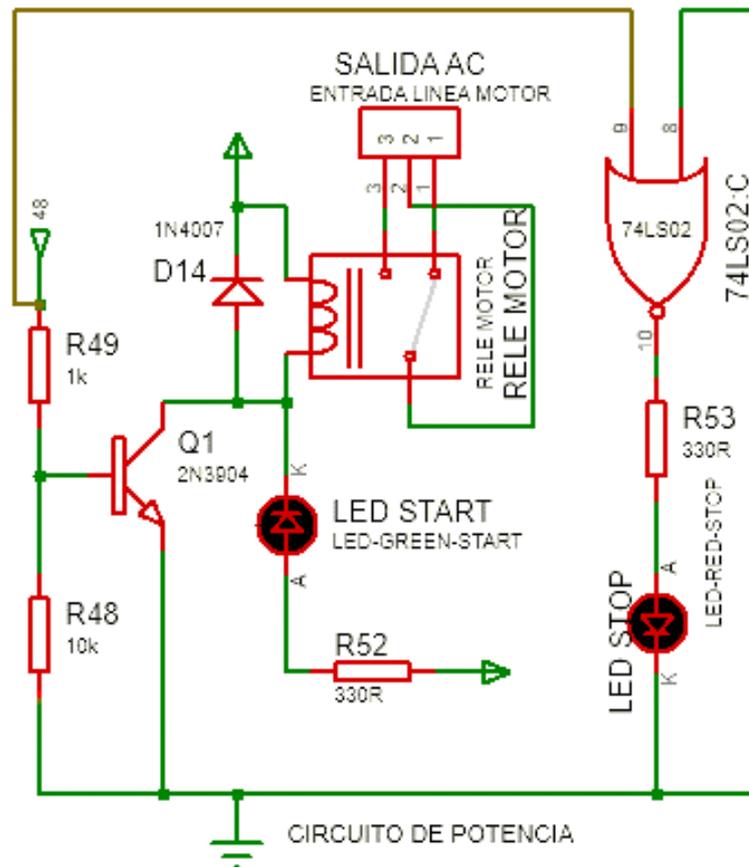


Figura 36: Circuito de potencia simulado

- **Procesamiento de datos y demás circuitos**

El procesamiento de datos como se ha descrito se llevará a cabo en el microcontrolador atmega128a, el resto de los circuitos mostrados en la **Figura 37 y 38** son pulsadores de control y conexiones de carga del algoritmo de programación respectivamente.

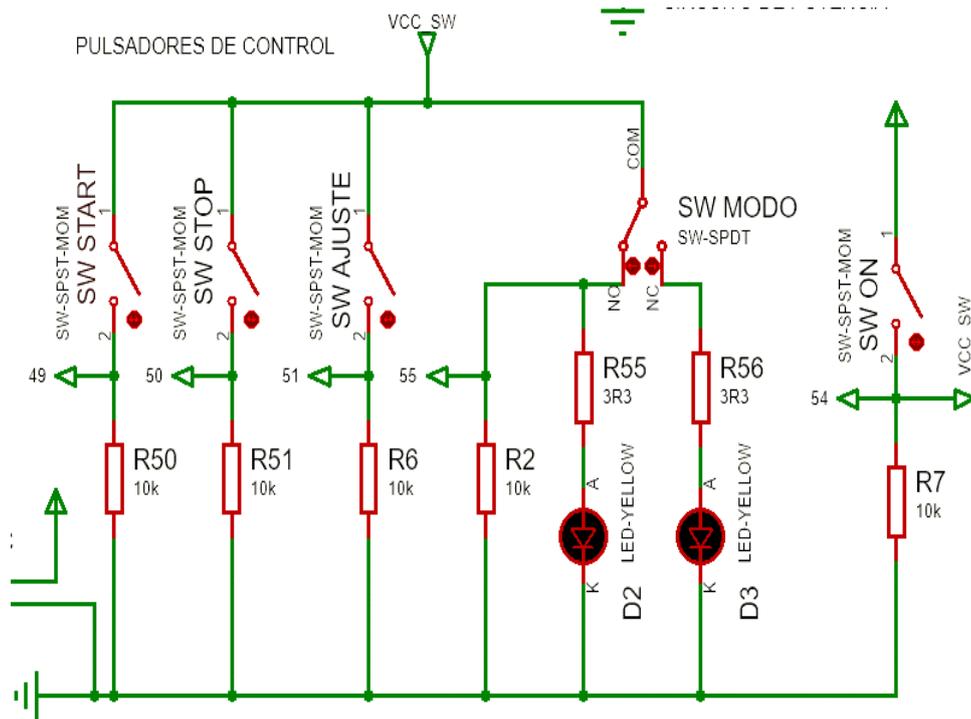


Figura 37: Circuito botonera de control

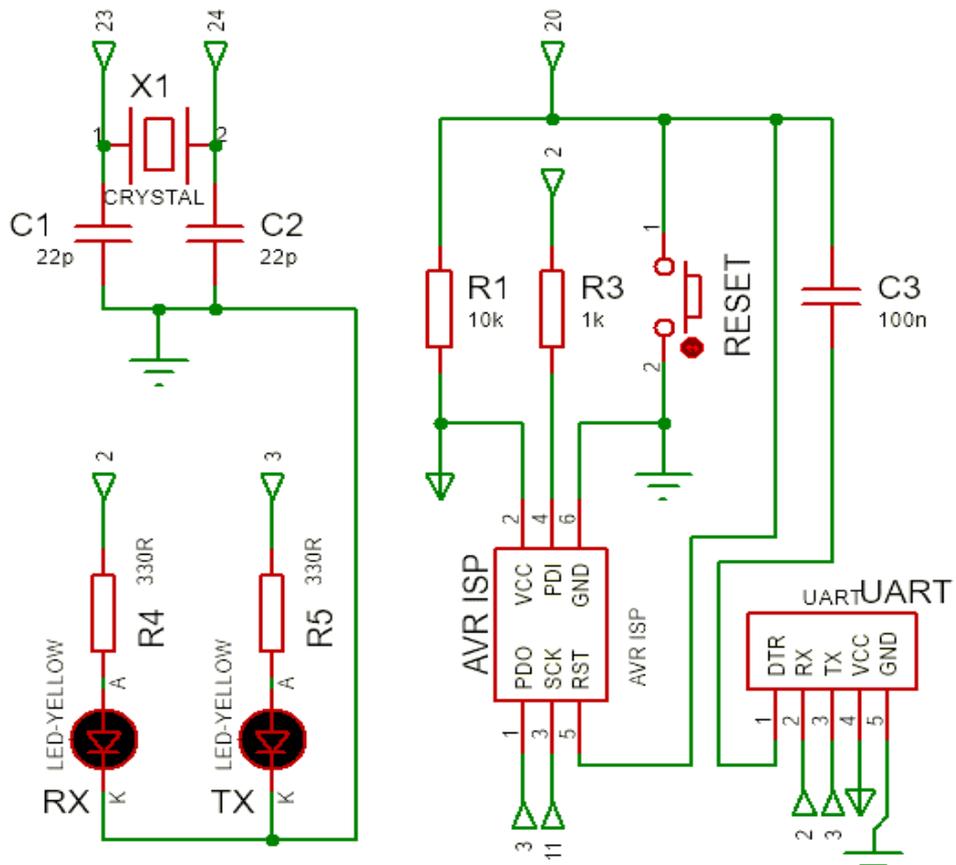


Figura 38: circuito de programación y funcionamiento del microcontrolador

### 3.6.2. Diseño PCB y circuito armado.

El circuito físico se implementó dentro de 2 placas, las cuales se dividen en placa de mando y salida de indicadores, la segunda placa se superpone en la primera por razones de construcción de la caja del dispositivo, esto se puede apreciar en las **Figuras 39 y 40**.

El circuito simulado completo en proteus se encuentra en los *anexos A1, A2, A3* de este documento.

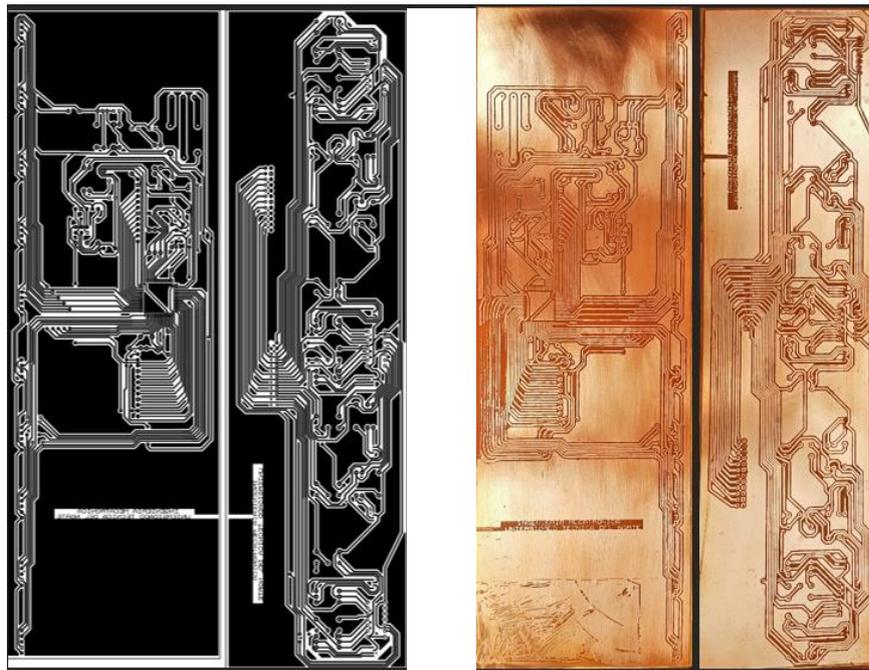


Figura39: diseño PCB impreso y baquelita

Visite el *anexo C (diseño PCB)* en este documento para verificar el tamaño real del diseño PCB.

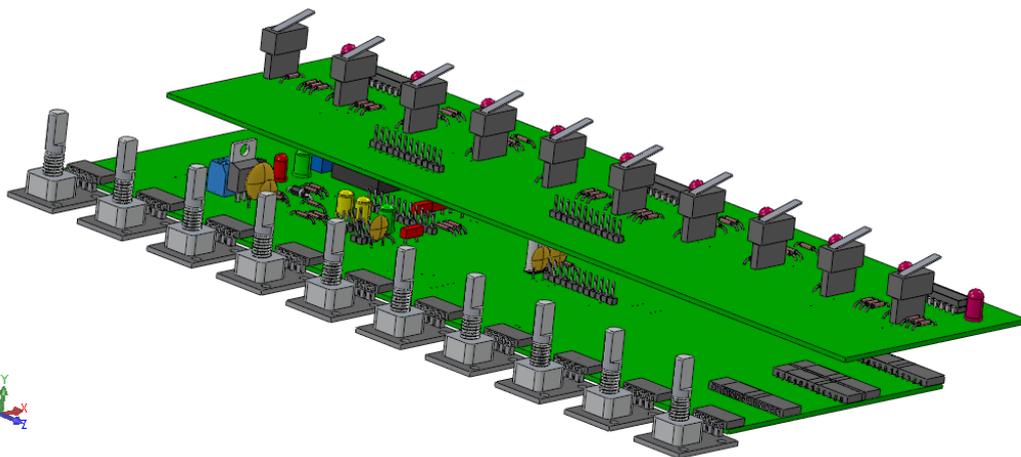


Figura 40: Placas PCB en baquelita

### 3.6.3. Elementos electrónicos usados

Los siguientes son los elementos usados para el diseño y construcción del dispositivo.

Tabla 5: componentes electrónicos usados

<b>ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN</b>			
	Descripción	Unidades	Valor
<b>Microcontrolador</b>	Atmega128a	1	-
<b>Transistor npn</b>	2n3904	1	-
<b>Leds</b>	Rojo	1	-
	Amarillo	4	-
	Verde	1	-
	RGB	10	-
<b>Switch</b>	Finales de carrera	10	-
	Pulsador	4	-
	Interruptor	2	-
<b>Borneras</b>	2 pines	1	-
	3 pines	1	-
<b>Relé</b>	relé de 5V	1	-
<b>Encoder</b>	ky-040	10	-
<b>Resistencias</b>	Resistencia eléctrica de ½ W	36	330Ω
		2	1kΩ
		17	10kΩ
<b>Cristal</b>	oscilador	1	16Mhz
<b>Capacitores</b>	Capacitores cerámicos	2	22pF
		1	100nF
<b>Compuerta NOR</b>	Integrado 74LS02	3	-
<b>Baquelita</b>	Tamaño A4	1	-

### 3.6.4. Estructura portadora de conos de hilo

La estructura permite sostener los conos de hilo mientras alimentan a la máquina para la fabricación del cordón, tras su paso por el dispositivo. El cad de la estructura propuesta es la siguiente, ver **Figura 41**.

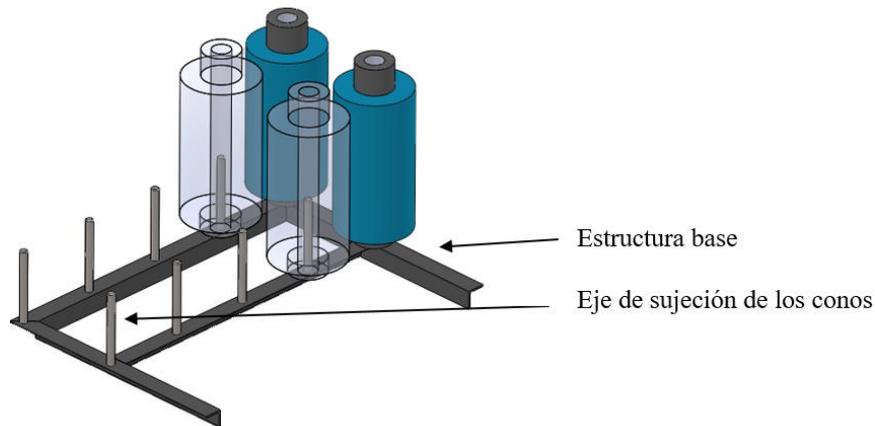


Figura 41: Estructura de filetas

La adaptación se hará fijando los finales de hierro angular mostrados en la **Figura 41** a la estructura de la máquina cordonera

- **Análisis estático de la estructura**

Los conos tienen un peso de aproximadamente 500g, el análisis estático se realizó con una fuerza total propuesta de 50N, esta fuerza es más que suficiente para garantizar soporte por una deformación causada por fuerza transversal. Los resultados se presentan en las **Figuras 42 y 43**:

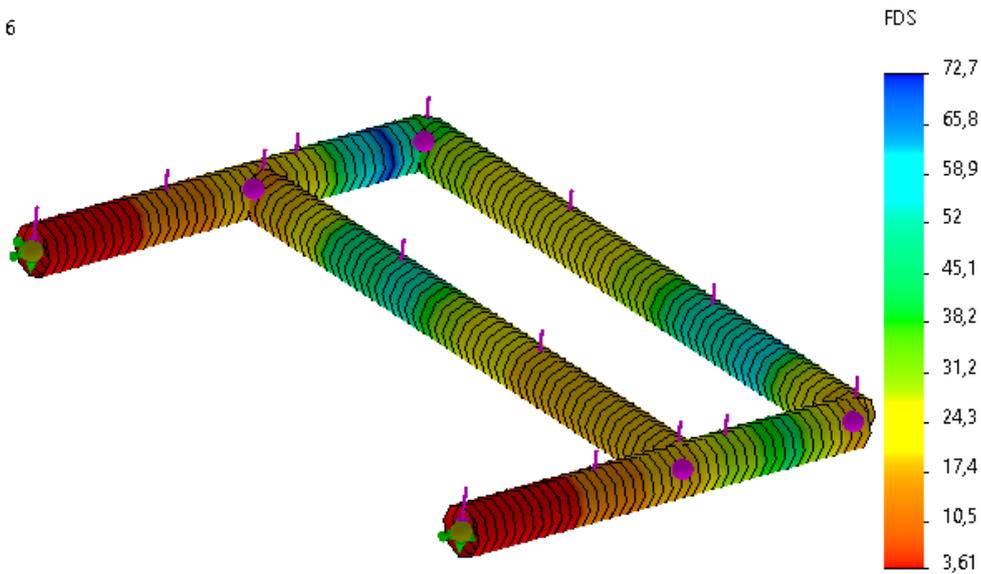


Figura 42: Factor de seguridad encontrado

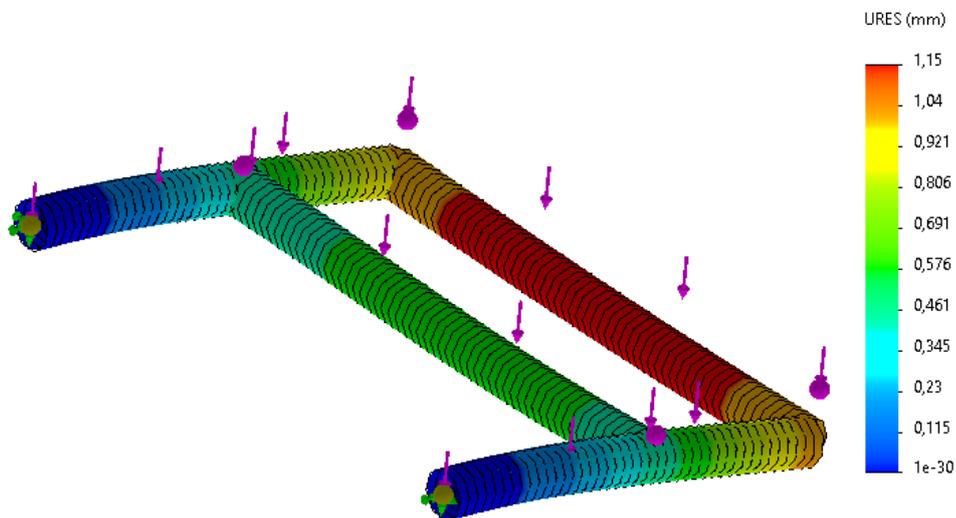


Figura 43: Deformación unitaria por fuerza transversal

Se puede observar en las **Figuras 42 y 43**, un factor de seguridad mínimo de 3,61 y una deformación unitaria máxima de 1,15 mm respectivamente; estos son parámetros aceptables para la construcción de la estructura.

### 3.6.5. Caja del dispositivo

La caja del dispositivo representa todas las piezas anteriormente mostradas en el dispositivo CAD, como se ha mencionado se hará uso de chapa metálica, el resultado final se muestra en la **Figura 44**.



Figura 44: Dispositivo físico propuesto

### 3.7. REDISEÑO DE COMPONENTES

El rediseño de componentes se basa en modificaciones a los elementos electrónicos usados para la creación del dispositivo, con el fin que estos puedan adaptarse para el trabajo final.

#### 3.7.1. Tornillo de ajuste.

El tornillo de ajuste se usa como base del tensor, el cual se mantiene fijo en la estructura de soporte ky-040; la adaptación permite el giro completo del tensor dando como resultado además de la compresión del resorte, un sube y baja conforme se ajuste la tensión en las placas de este.

#### 3.7.2. Encoder ky-040.

La forma de trabajar que tiene el encoder es en conjunto con el tensor de hilo, para que este pueda recibir la lectura del encoder. Se realizó la siguiente modificación al sensor, la cual consiste en una operación de desbaste sobre la palanca del sensor como se muestra en la **Figura 45**.

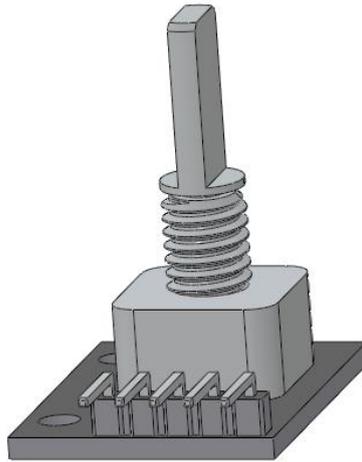


Figura 45: Sensor ky-040 modificado

Su posterior adaptación al tensor de hilo se muestra en la siguiente **Figura 46**.

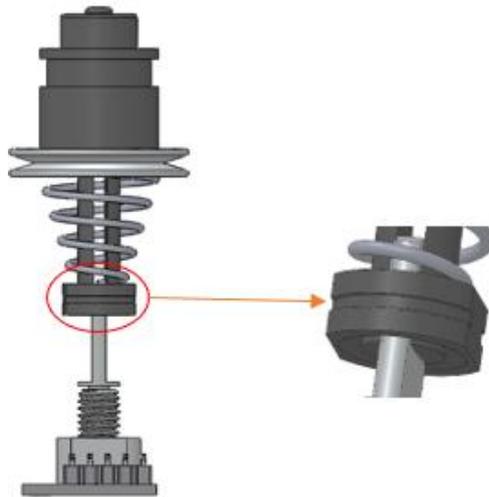


Figura 46: Adaptación tensor de hilo y modulo ky-040

### 3.8. IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO EN LA MÁQUINA CORDONERA

Para la implementación se buscó el lugar óptimo que brinde una alimentación de materia prima (hilo de poliéster) a la máquina garantizando el trabajo continuo del carrete giratorio. Mientras que la estructura de filetas se colocó bajo los mismos parámetros que el dispositivo con la diferencia que este alimenta de materia prima al dispositivo, el lugar escogido se muestra en la **Figura 47**.

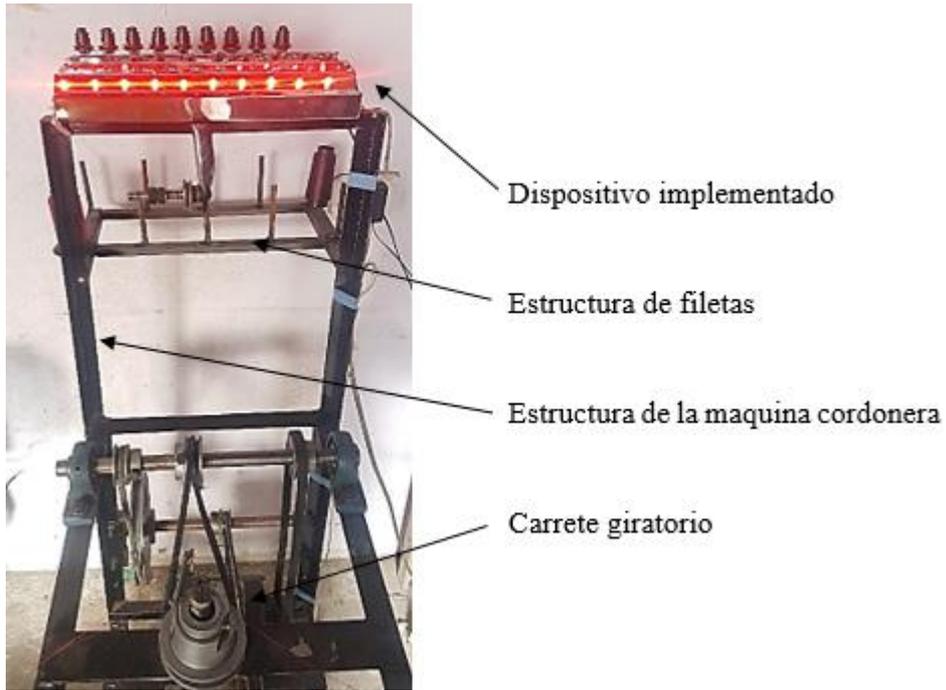


Figura 47: dispositivo implementado en la máquina cordonera

Las conexiones realizadas para el correcto funcionamiento son las siguientes, ver **Figura 48**.

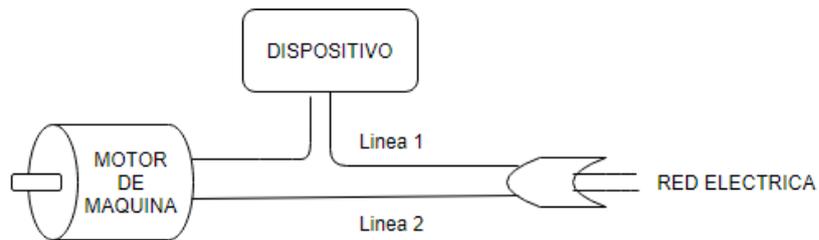


Figura 48: Conexiones realizadas para la implementación del dispositivo

## 4. CAPITULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADO

#### 4.1. COMPROBACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO

Como se ha descrito anteriormente la funcionalidad del dispositivo consiste en emitir una salida conforme las lecturas de encoder que representan la tensión que tiene el tensor. El funcionamiento correcto está representado por leds indicadores que informan el cambio que se debe realizar o a su vez que todo funciona correctamente.

Un led RGB con salida color rojo representa la ausencia del hilo en las aletas guía, este cambia a azul al detectar presencia de hilo y tensión fuera de los rangos establecidos en modo manual o automático, el led RGB se torna verde con la presencia de hilo y tensión dentro de rangos.

Al conectar el dispositivo y no ubicar hilos en las aletas guía se debe indicar un color rojo en todos los leds como se muestra en la **Figura 49**.



Figura 49: Dispositivo conectado y sin presencia de hilos

Al conectar el modo manual y simular la presencia de hilo con la pulsación de los finales de carrera, los leds RGB respectivos cambian su color a verde ya que comparan su tensión con el tensor guía, mismo que representa el tensor 1 (tensor más próximo al panel de control) y puede usarse como cualquier otro, ver **Figura 50**.



Figura 50: Simulación de presencia de hilo en el dispositivo

El color azul como se describió es presencia de hilo y tensión fuera de rangos, la **Figura 51** muestra un cambio de color del led RGB al girar su tensor correspondiente cuando se encuentra el final de carrera respectivo en alto.



Figura 51: dispositivo con tensión de hilo fuera de los rangos

#### 4.2. VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES EN LAS DIMENSIONES DEL CAD

La verificación consiste que los hilos no se entrecrucen y puedan ser conducidos por las aletas guías hasta llegar al carrete giratorio, para que esto pueda darse se tomó a consideración el diámetro de las placas en el tensor que es de 25mm, por tanto, la separación de tensor a tensor es de 30mm.

Así mismo las dimensiones del dispositivo deben ser aceptables para su fácil implementación en la máquina cordonera, esto se puede apreciar en la **Figura 47**, donde este se ubica por encima de la estructura de la máquina y su estructura de filetas se ubica debajo del dispositivo permitiendo su funcionamiento sin entrecruces de hilos.

### **4.3. SIMULACIÓN DE ROTURA DE HILO EN LA MÁQUINA APLICADA**

Se tiene la activación de color rojo por parte de los leds RGB cuando el dispositivo no detecta la presencia de hilo, un color azul o verde cuando si lo hace, por tanto, se entiende que la rotura del hilo tiene lugar cuando los finales de carrera pasan de un estado alto (presencia de hilo) a bajo (ausencia de hilo), esto se da siempre y cuando la salida al relé este activa.

En la **Figura 49** se aprecia que al pasar el final de carrera de estado bajo a alto el led RGB pasa a color azul o verde. La simulación por corte de hilo puede entenderse como pasar, el final de carrera, a estado bajo mientras esté en funcionamiento la máquina, cambiando el color del led a rojo y apagando la salida al relé.

### **4.4. EXPONER A LA MÁQUINA APLICADA UN TRABAJO CONTINUO MONITOREADO**

En esta sección se mostrarán los resultados encontrados tras la implementación del dispositivo y estructura de filetas en la máquina cordonera. Se tomará el máximo de número de hilos con los cuales la máquina fabrica cordón simulando un corte de hilo y cambiar la tensión durante el funcionamiento de la máquina en los modos automático y manual.

En las **Figuras 52 y 53** se muestran los 5 hilos conectados a 5 tensores, estos se unen formando un solo hilo que llega al carrete, cuando el carrete gira jala a los hilos dando paso a templar estos por la fricción generada en las placas del tensor. Esta tensión es mínima y suficiente para pasar los leds correspondientes a color verde (tensión dentro de los rangos) o azul (tensión fuera de los rangos) al pasar los finales de carrera de estado bajo a alto.

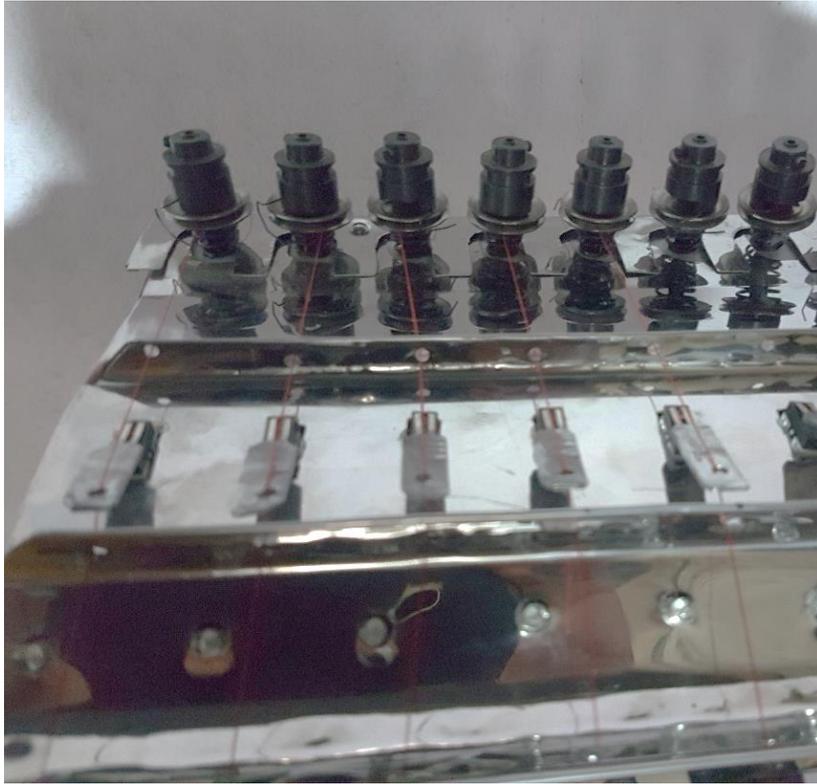


Figura 52: 5 hilos implementados en el dispositivo

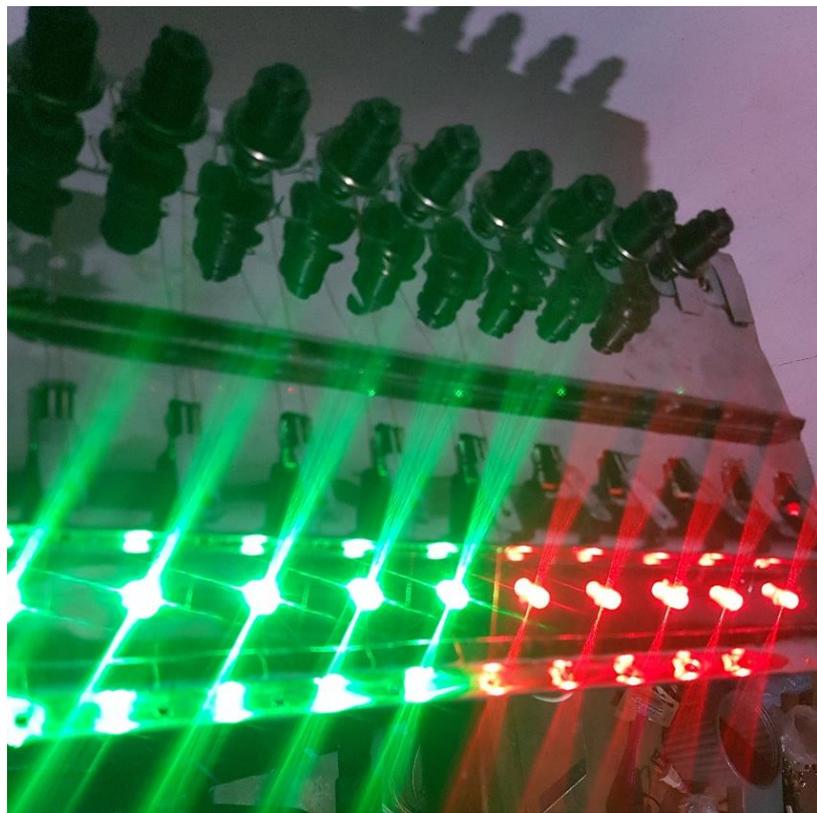


Figura 53: dispositivo encendido con presencia de 5 hilos

Para iniciar el funcionamiento de la máquina se debe presionar el botón de memoria, mismo que guardará la información de los finales de carrera donde se encuentran los hilos, permitiendo una activación o desactivación del relé de arranque solo cuando sus sensores correspondientes son manipulados. El resto de los sensores y finales de carrera son ignorados durante el funcionamiento del motor.

En cualquier momento mientras se encuentre activa la salida al relé es posible apagar la máquina de tres formas distintas, en secciones anteriores ya se han descrito 2 de estas las cuales son por corte de hilo y tensión fuera de rangos. La tercera forma es al pulsar el botón de stop, el cual no requiere condiciones extras, sino que se trata de un apagado normal.

Para el monitoreo del funcionamiento de la máquina con el dispositivo se dejó de manipular de alguna manera a estos componentes dando como resultado un funcionamiento normal siempre y cuando se cumplan los parámetros de tensión y corte de hilo, como se muestra en la **Figura 54**.

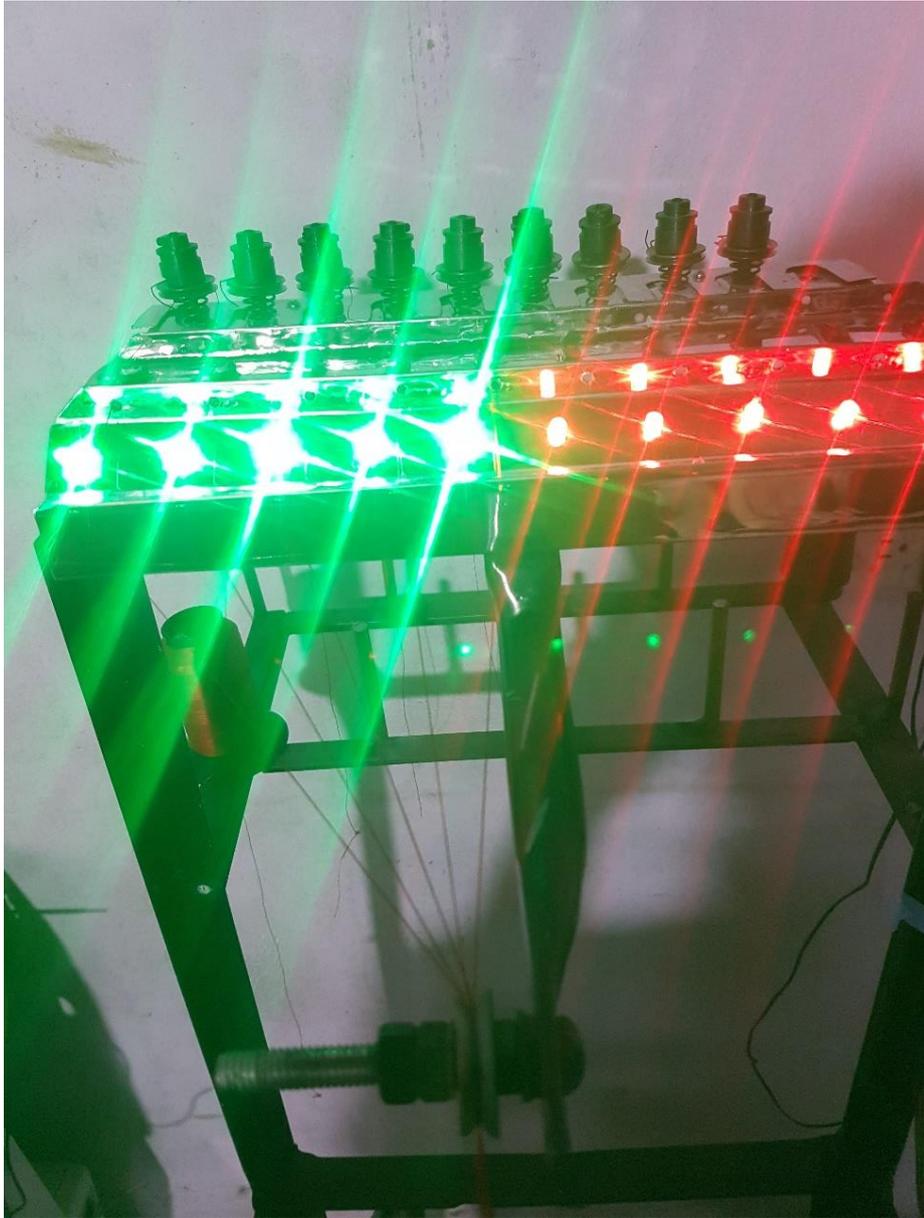


Figura 54: máquina cordonera junto con el dispositivo trabajando en conjunto

## 5. CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

A través de la medición y monitoreo continuo de la tensión del hilo el dispositivo implementado fue capaz de detectar roturas y finales de cono de hilo siendo funcional, aunque el hilo no sea de poliéster, debido al rango de magnitud de tensión que requiere la maquina cordonera artesanal donde se implementó.

Teniendo en cuenta el análisis de las características de la máquina, teniendo como prerrequisitos: sencillez y costo; la adaptación de un tensor al módulo ky-040 como reemplazo de los sensores piezoresistivo, usados habitualmente, permitió la correcta medición de tensión en los hilos, cumpliendo con los objetivos propuestos en la tesis.

Se planteaba inicialmente aplicar pesos al hilo de poliéster con el fin de detectar en qué medida se produce la rotura del hilo, esto conllevaría a establecer los parámetros de tensión adecuados para el trabajo del dispositivo. En una observación y análisis real del trabajo de la máquina cordonera, se encontró que en ningún caso el tensor se ajusta de manera que ni si quiera se acerque a la rotura del hilo, por tanto, se descartó este experimento por ser irrelevante para el diseño y construcción del dispositivo.

Se observó que la tensión aplicada por el tensor seleccionado es mucho mayor a la que requiere la máquina, esto llevó a trabar el hilo en el carrete giratorio causando rompimientos del cordón por excesiva magnitud de tensión, aunque el ajuste del tensor no era máximo, por tanto, esta se redujo hasta el punto de que la máquina cordonera pueda tener un trabajo normal.

Se concluye que los valores empíricos de tensión adecuados están en 3 vueltas completas del tensor como máximo y 2,5 vueltas como óptimo, esto se da luego de un análisis de trabajo real de la máquina donde se encontró que la tensión requerida era mínima para garantizar que el carrete no se trabe con el hilo por excesiva tensión.

La implementación del dispositivo no tuvo inconvenientes, ya que el funcionamiento de la máquina y el dispositivo son independientes, aunque trabajen en conjunto. De igual forma la estructura de filetas brindó soporte a los conos de hilo conforme se había simulado, demostrando que el análisis estático era correcto.

Las pruebas de tensión y corte de hilo mostraron resultados positivos respecto al funcionamiento en conjunto de la máquina y el dispositivo, desactivándose el relé cada vez que ocurrían estos eventos, a la vez que los indicadores (leds) conectados mostraban el estado del trabajo de la máquina.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

El tensor seleccionado, como se ha mencionado, puede aplicar una tensión mucho mayor que la necesaria para la máquina, se recomienda cambiarlo o a su vez manufacturar uno, esto ayudaría a bajar los costos por materiales haciendo más rentable la construcción del dispositivo.

Se recomienda no instalar el dispositivo en la máquina como tal ya que las vibraciones de esta podrían, con el tiempo, dañar el circuito electrónico, ocasionando eventos erróneos de corte y tensión.

Para una producción en masa del dispositivo se recomienda disminuir las entradas de hilo hasta 6, siendo esto suficiente para la fabricación del cordón. Además de buscar una solución de reemplazo para el módulo ky-040 lo que conllevaría a bajar aún más los costos de producción, poniendo el dispositivo al alcance del productor artesanal.

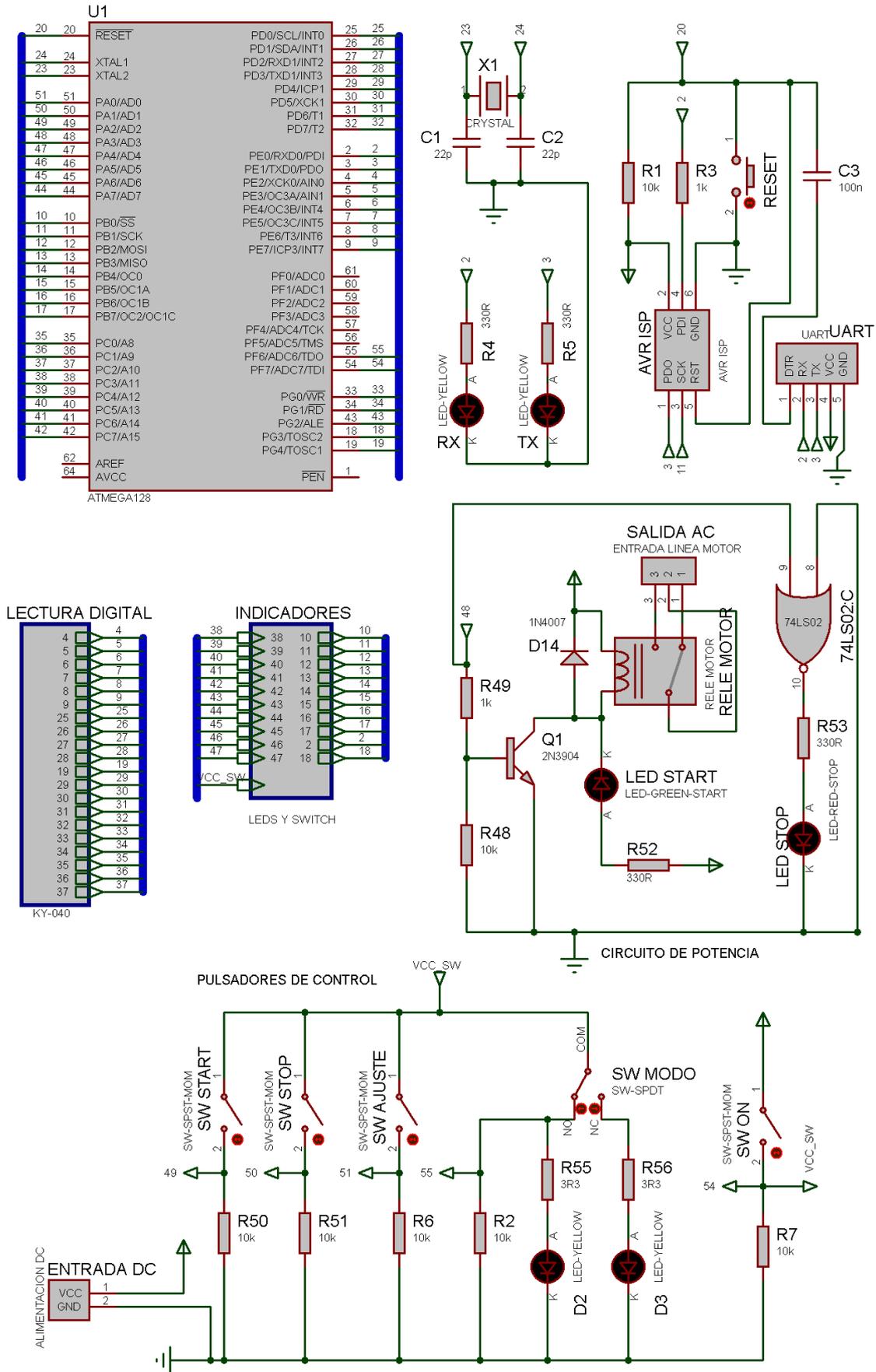
## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Bonet Aracil, M. A. (30 de Sep de 2019). Textiles. tenacidad. | UPV. Youtube, España. Recuperado el 18 de Jun de 2021, de [https://www.youtube.com/watch?v=y\\_JYMkGntLU](https://www.youtube.com/watch?v=y_JYMkGntLU)
- Buendia Guillen, G., & Islas Cortes, A. M. (2008). Las propiedades mecanicas de hilos texturizados en funcion de las condiciones del proceso. *Memorias 20º Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México*, 167 - 174. Recuperado el 10 de Mar de 2021, de <https://atictac.org.mx/pdf/memoria-extenso%2020.pdf#page=168>
- Carrion, D. F. (s.f.). Materiales para el diseño de productos textiles. *[Informe de ingeniería]*. Escuela politecnica de Cataluña, Cataluña. Recuperado el 17 de Jun de 2021, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/191549/poliester-5467.pdf>
- Cinteria Máquinaria. (2020). *Máquinaria Textil - Máquina de Tejer - Máquina Trenzadora de Alta Velocidad - Máquina para Trenzar Hilos*. Obtenido de <http://machine-textile.com/3-braiding-machine.html>
- Direct Industry. (2021). *Direct Industry*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/eltex-of-sweden-ab/product-25241-709171.html>
- EcuRed. (2020). *Cordon (Calzado)*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Cord%C3%B3n\\_\(calzado\)](https://www.ecured.cu/Cord%C3%B3n_(calzado))
- Ecured. (s.f.). *Fibra textil*. Recuperado el 11 de Ago de 2021, de [https://www.ecured.cu/Fibra\\_textil](https://www.ecured.cu/Fibra_textil)
- efegemu solutions. (2021). *Sensores de tension de hilo*. Obtenido de <https://www.fegaut.com/es/productos/sistemas-de-medicion-de-fuerzas-sensores-de-tension-de-hilo/20-77/>
- Feria Virtual. (2019). *Rius-Comatex - Trenzadoras*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Textil/FeriaVirtual/Producto-Trenzadoras-de-punto-de-alta-velocidad-Mc-87366.html>
- Gené Carbó, R. (2020). Estudio y diseño de sensores textiles tactiles. *[Tesis de Ingeniería]*. Universidad politecnica de cataluña, Barcelona, España. Recuperado el 19 de Jun de 2021, de [file:///C:/Users/willi/Downloads/REPORT\\_Gen%C3%A9\\_Carb%C3%B3\\_Ricard.pdf](file:///C:/Users/willi/Downloads/REPORT_Gen%C3%A9_Carb%C3%B3_Ricard.pdf)
- Gomez Illescas, S. A. (26 de Mayo de 2020). *Fashion Law & Moda*. Obtenido de La industria Textil en Ecuador: <https://enriqueortegaburgos.com/la-industria-textil-en-el-ecuador/>
- Islas Cortes, A. M., Guillen Buendia, G., & Olvera Gracia, M. (2009). Viscoelasticidad de hilos de poliester usando el modelos de Zurek y su modificado. *Instituto Politecnico Nacional. ESIME-UPA, Cd. Mexico*, 39, 40. Recuperado el 18 de Jun de 2021, de <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n72ne/zurek.pdf>
- Jacobo Ochoa, A., & Moncada Moncada, J. C. (2020). Las propiedades fisicas del algodón y el poliester y su influencia en la calidad del hilo pamp 65/35 ne=36/1. *[Tesis de Ingeniería]*. Universidad Nacional de Callao, Callao, Peru. Recuperado el 07 de Mar de 2021, de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4582/LAS%20PROPIEDAD%20FISICAS%20DEL%20ALGOD%C3%93N%20Y%20EL%20POLI%20ESTER%20Y%20SU%20INFL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

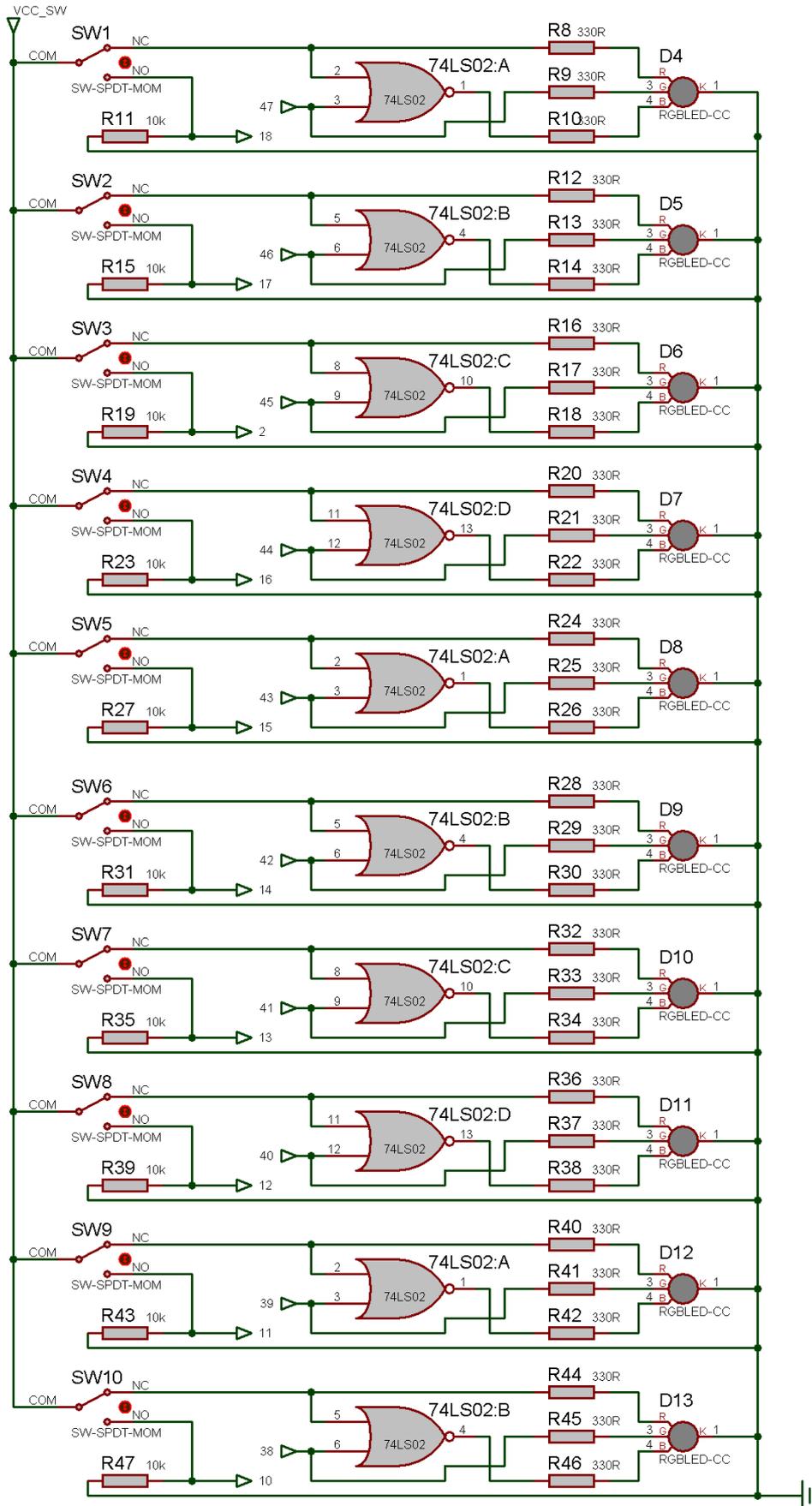
- Liasa la industria algodonera. (2018). *Cordon trenzado*. Obtenido de <https://www.laindustrialalgodonera.com/productos/cordon-trenzado>
- Lockuan lavado, F. E. (2013). *La industria textil y su control de calidad* (Vol. 1). Fidel Lockuán. Recuperado el 17 de Jun de 2021, de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=al9HRXdx6kC&oi=fnd&pg=PA2&dq=caracteristicas+del+hilo+textil&ots=6KPyGaEZmo&sig=JNzuWvKFtamciXVZx1jwZiU3uq8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=al9HRXdx6kC&oi=fnd&pg=PA2&dq=caracteristicas+del+hilo+textil&ots=6KPyGaEZmo&sig=JNzuWvKFtamciXVZx1jwZiU3uq8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Mark Athletic. (2020). *Mark Athletic*. Recuperado el 17 de Jun de 2021, de Conoce la diferencia entre un hilo de algodón y poliester: <https://www.playerasmark.com/conoce-la-diferencia-entre-un-hilo-de-algodon-y-poliester/>
- Market Place. (2020). *Máquina trenzadora de punto circular*. Obtenido de <https://marketplaceapimex.com/máquina-trenzadora-de-punto-circular-5ff8c36736058.html>
- Palacios, R. (2012). Estudio de factibilidad para la creacion de una microempresa de produccion y comercializacion de cordon industrial producido con poliester y algodón en la ciudad de atuntaqui, canton antonio ante. *[Tesis de Ingenieria]*. Universidad Tecnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 09 de Mar de 2021, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1342/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>
- Paredes Caiza, S. L. (2018). Diseño y construccion de una máquina tejedora de cordon de fibras naturales para el taller de vestuario de la escuela de diseño de la pontificia univerdidad catolica del ecuador sede - ibarra. *Tesis de Licenciatura* ]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede - Ibarra, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 16 de Jun de 2021, de <https://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/275/1/Santiago%20Paredes%20Tesis-2018.pdf>
- Quiminet.com. (13 de Sep de 2011). *El hilo de poliester*. Recuperado el 17 de Jun de 2021, de <https://www.quiminet.com/articulos/el-hilo-de-poliester-63449.htm>
- sapiensman. (2020). *Oficios tecnicos*. Obtenido de Sensor Piezoresistivo: [http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion\\_industrial12.php](http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion_industrial12.php)
- Sensing. (2019). *Sensores de medida*. Recuperado el 20 de Jun de 2021, de Sensores de presion: <https://sensores-de-medida.es/medicion/sensores-y-transductores/sensores-de-presion/>
- Serna Ruiz, A., Ros Garcia, F. A., & Rico Noguera, J. C. (2010). *Guia practica de sensores*. España: Creaciones Copyright SL, 2010. Recuperado el 21 de Jun de 2021, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensores+de+presion&ots=BwdN8Z3tn8&sig=T799pZQWguMiIHkhkIUG5z8fYAA#v=onepage&q&f=false>
- Suarez Imbaquingo, D. A. (2017). Reconstruccion, automatizacion y puesta en funcionamiento de un equipo para la fabricacion de cordones textiles para la planta textil. *[Tesis de Ingenieria]*. Universidad Tecnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 08 de Mar de 2021, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7408/1/04%20IT%20212%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Suarez, V., H. F., Fonseca V., A., & Vacca G., H. (Ene de 2015). Sistema de control para alimentador de hilo de trama. [*Vision Electronica*], 9(1). Recuperado el 06 de Mar de 2021, de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/11019/11866>

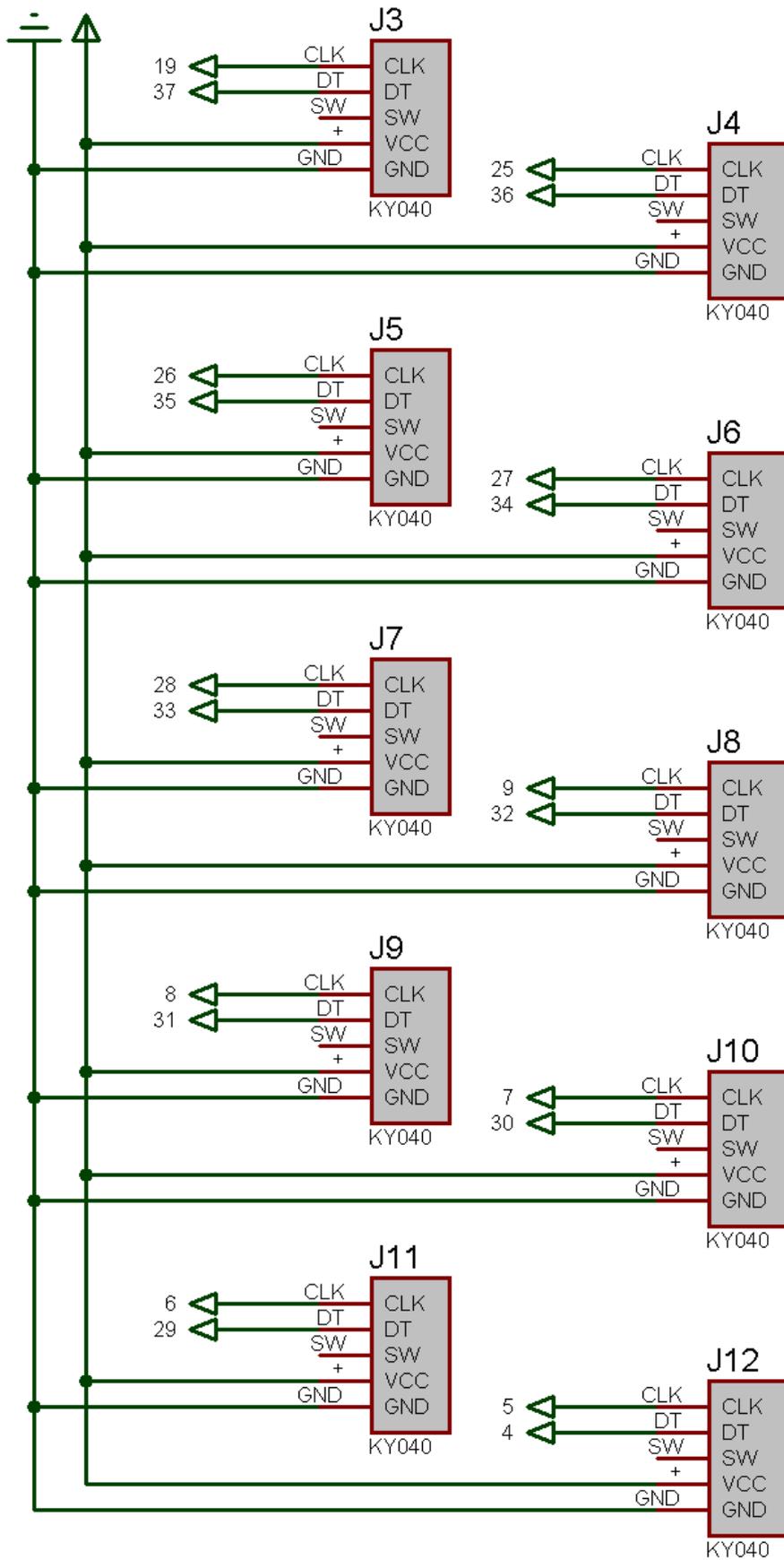
## ANEXO A1 (Circuito electrónico general del dispositivo)



## ANEXO A2 (Circuito eletrônico de indicadores led)



### ANEXO A3 (Circuito eletrônico de encoders ky-040)



## ANEXO B (Código de programación)

```
volatile int automatico = 60;
volatile int vmin, vmax, lec_modo;
int pulsadores, sensores;
int aux, aux1;

//////////PINES DE ENTRADA//////////

///FUNCIONAMIENTO
int rele = 41;
int start = 42;
int paro = 43;
int nueva_lectura = 44;
int modo = 46;

///PULSADORES
int pulsador[] = { 16, 15, 0, 14, 13, 12, 11,
10, 9, 8};

///CLK DE ENCODER
int clk[] = { 17, 18, 19, 20, 21, 7, 6, 5, 4, 3};

///DT DE ENCODER
int dt[] = { 30, 29, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22,
2};

//////////PINES DE SALIDA//////////
int led[] = { 40, 39, 38, 37, 36, 35, 34, 33,
32, 31};

//////////VARIABLES DE ALMACENAMIENTO//////////

///LECTURA DE TENSORES
volatile int lectura[10];

///PROCESO ACTUAL
volatile int proceso[10];

void setup() {
  for (int i = 0; i <= 9 ; i++) { //pines fc
    pinMode(pulsador[i], INPUT);
  }
  for (int i = 0; i <= 9; i++) { //pines clk
    pinMode(clk[i], INPUT);
  }
  for (int i = 0; i <= 9; i++) { //pines dt
    pinMode(dt[i], INPUT);
  }
  for (int i = 0; i <= 9; i++) { //leds
    pinMode(led[i], OUTPUT);
  }
  for (int i = 42; i <= 46; i++) { //pines de
funcionamiento
    pinMode(i, INPUT);
  }
  pinMode(rele, OUTPUT);
  pinMode(1, OUTPUT);

  digitalWrite(rele, LOW);

  lec_modo = digitalRead(modo);
  if (lec_modo == LOW) {
    vmax = automatico + 2;
    vmin = automatico - 2;
  } else {
    vmax = lectura[0] + 2;
    vmin = lectura[0] - 2;
  }

  //////////INTERRUPCIONES//////////

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
1]), ky040_1, FALLING);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
2]), ky040_2, FALLING);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
3]), ky040_3, FALLING);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
4]), ky040_4, FALLING);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
5]), ky040_5, FALLING);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
6]), ky040_6, FALLING);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
7]), ky040_7, FALLING);
}
```

```

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(clk[
8]), ky040_8, FALLING);
}

void loop() {

    if (digitalRead(start) == HIGH) { //
activacion de rele
        iniciar();
    }
    if (digitalRead(paro) == HIGH) { //
desactivacion de rele
        digitalWrite(rele, LOW);
    }
    if (digitalRead(nueva_lectura) == HIGH)
{//puladores actuales
        verificar();
        nuevo_rango();
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
            digitalWrite(1, HIGH);
            delay(200);
            digitalWrite(1, LOW);
            delay(200);
        }
    }
    if (digitalRead(modos) != lec_modos) { //
ajuste modos manual/auto
        lec_modos = digitalRead(modos);
        nuevo_rango();
    }

    ///////////////Lectura de Encoders 0 - 9
    if (digitalRead(clk[0]) == 1) {
        aux = 0;
    }
    if (digitalRead(clk[0]) == 0 && aux ==
0) {
        lectura[0] += encoder(clk[0], dt[0], 0);
        if (lec_modos == 1) {
            rango();
        }
        aux = 1;
    }
    if (digitalRead(clk[9]) == 1) {
        aux1 = 0;
    }

    if (digitalRead(clk[9]) == 0 && aux1 ==
0) {
        lectura[9] += encoder(clk[9], dt[9], 9);
        aux1 = 1;
    }
    ///////////////Activación de indicadores

    for (int i = 0; i <= 9; i++) {
        if (digitalRead(pulsador[i]) == LOW) {
            digitalWrite(led[i], LOW);
            if (procesos[i] == HIGH) {
                digitalWrite(rele, LOW);
                for (int i = 0; i <= 10; i++) {
                    digitalWrite(1, HIGH);
                    delay(100);
                    digitalWrite(1, LOW);
                    delay(100);
                }
                while (digitalRead(start) == LOW
&&
                    digitalRead(nueva_lectura) ==
LOW &&
                    digitalRead(pulsador[i]) ==
LOW) {
                    digitalWrite(led[i], LOW);
                    delay(200);
                    digitalWrite(led[i], HIGH);
                    delay(200);
                }
            } else {
                if (lectura[i] <= vmax && lectura[i] >=
vmin) {
                    digitalWrite(led[i], HIGH);
                } else {
                    digitalWrite(led[i], LOW);
                    if (procesos[i] == HIGH) {
                        digitalWrite(rele, LOW);
                    }
                }
            }
        }
    }

    ///////////////CODIGO DE INICIO////////////////

    void iniciar() {
        aux = lectura[0];

```

```

if (digitalRead(modos) == HIGH) {
    rango();
}
pulsadores = 0;
tensores = 0;
for (int i = 0; i <= 9 ; i++) {
    if (proceso[i] == 1) {
        if (lectura[i] <= vmax && lectura[i] >=
vmin) {
            tensores += 1;
        }
        pulsadores += 1;
    }
}
if (pulsadores == tensores && pulsadores
!= 0) {
    digitalWrite(rele, HIGH);
}
lectura[0] = aux;
}

////////CALCULO DE TENSIÓN MODO
        AUTO Y MANUAL////////

void rango() {
    vmin = lectura[0] - 2;
    vmax = lectura[0] + 2;
}

////CAMBIO MODO MANUAL/AUTO///

void nuevo_rango() {
    if (lec_modos == 0) {
        vmax = automatico + 2;
        vmin = automatico - 2;
    } else {
        vmax = lectura[0] + 2;
        vmin = lectura[0] - 2;
    }
    for (int i = 0; i <= 9; i++) {
        if (proceso[i] == HIGH) {
            if (lectura[i] > vmax || lectura[i] <
vmin) {
                digitalWrite(rele, LOW);
            }
        }
    }
}

//VERIFICAR PULSADORES ACTIVOS
void verificar() {
    for (int i = 0; i <= 9 ; i++) {
        proceso[i] = 0;
        if (digitalRead(pulsador[i]) == 1) {
            proceso[i] = 1;
        }
    }
}

//CÓDIGO DE LECTURA ENCODERS//

void ky040_1() {
    lectura[1] += encoder(clk[1], dt[1], 1);
}
void ky040_2() {
    lectura[2] += encoder(clk[2], dt[2], 2);
}
void ky040_3() {
    lectura[3] += encoder(clk[3], dt[3], 3);
}
void ky040_4() {
    lectura[4] += encoder(clk[4], dt[4], 4);
}
void ky040_5() {
    lectura[5] += encoder(clk[5], dt[5], 5);
}
void ky040_6() {
    lectura[6] += encoder(clk[6], dt[6], 6);
}
void ky040_7() {
    lectura[7] += encoder(clk[7], dt[7], 7);
}
void ky040_8() {
    lectura[8] += encoder(clk[8], dt[8], 8);
}

////////CODIGO GENERAL LECTURA DE
        ENCODERS////////

int encoder(int clk, int dt, int x) {
    int data = digitalRead(dt);
    static unsigned long t1 = 0;
    unsigned long t2 = millis();
    int giro = 0;
    int tiempo = 1;
}

```

```

while (digitalRead(clk) == 0 && tiempo > 0) {
  if (tiempo > 12000) { //bucle infinito
    if (data == 1 ) {
      giro = -1;
    } else {
      giro = 1;
    }
    tiempo = -2;
  }
  if (data != digitalRead(dt) && t1 < t2 )
  {
    t1 = t2;
    if (data == 1 ) {
      giro = -1;
    } else {
      giro = 1;
    }
  }
  tiempo += 1;
}

}

if (digitalRead(mod0) == HIGH) {
  rango();
}
if ((lectura[x] + giro) > vmax || (lectura[x]
+ giro) < vmin) {
  if (proceso[x] == 1) {
    digitalWrite(rele, LOW);
  }
  digitalWrite(led[x], LOW);
} else {
  if (digitalRead(pulsador[x]) == HIGH) {
    digitalWrite(led[x], HIGH);
  } else {
    digitalWrite(led[x], LOW);
  }
}
return giro;
}

```



