



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA
EL CONTROL DE UNA REMALLADORA INDUSTRIAL
UTILIZADA EN EL PROCESO DE MAQUILADO TEXTIL”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

AUTOR: EDISON PAÚL REMACHE SAGVA

DIRECTOR: Ing. PABLO EDUARDO LOZADA YÁNEZ

Riobamba – Ecuador

2021

©2020, Edison Paúl Remache Sagva

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Remache Sagva Edison Paúl, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba,

A handwritten signature in purple ink, appearing to read "Remache Edison", with a large, stylized flourish above it.

Edison Paúl Remache Sagva

060444415-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de Titulación, tipo: Propuesta Tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL CONTROL DE UNA REMALLADORA INDUSTRIAL UTILIZADA EN EL PROCESO DE MAQUILADO TEXTIL.”**, de responsabilidad del señor **EDISON PAÚL REMACHE SAGVA** ha ido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autorizada su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|---|--------------|--------------|
| Ing. José Luis Morales Gordon Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL | _____ | 2021-04-05 |
| Ing. Pablo Eduardo Lozada Yanes Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | _____ | 2021-04-05 |
| Ing. José Enrique Guerra Salazar Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL | _____ | 2021-04-05 |

DEDICATORIA

El presente trabajo, dedico a mis padres Ricardo y María, a mi amada esposa Mónica y querida hija Estefanía, por su amor y su apoyo incondicional. A mis hermanos, hermanas, tías y primos por sus consejos y el cariño brindado.

Paúl

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y estar siempre conmigo, al Ingeniero José Guerra y Ingeniero Pablo Lozada por toda su paciencia, y apoyo brindado en la ejecución de este trabajo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para el desarrollo del país.

Paúl

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|--------------|---------------------------------------|
| 3D | 3 Dimensiones |
| A | Amperios |
| AC | Alternating Current |
| Cm | Centímetros |
| DC | Direct Current |
| dB | Decibelio |
| Gb | Giga byte |
| Ghz | Giga Herz |
| GPIO | General-Purpose Input/Output |
| GUI | Graphical User Interface |
| HDMI | High-Definition Multimedia Interface |
| HMI | Interfaz Humano Máquina |
| I | Corriente |
| IDE | Integrated Drive Electronics |
| IR-FC | Infrared- Radiation |
| KW | Kilo-Watt |
| L | Long |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| mA | Mili Amperios |
| Mm | Milímetro |
| NTSC | National Television Standards Comitee |
| °C | Grados Centígrados |
| PAL | Phase Alternate Line |
| PCB | Printed Circuit Board |
| PLA | Ácido Poli láctico |
| PLG | Pulgada |
| PWM | Pulse-Width Modulation |
| R | Resistencia |
| RAM | Memoria de Acceso Aleatorio |

| | |
|-------------|------------------------------|
| RPM | Revoluciones Por Minuto |
| SD | Segure Digital |
| TFT | Thin Film Transistor |
| USB | Universal Serial Bus |
| V | Voltios |
| VDC | Voltaje en Corriente Directa |
| Vin | Voltaje de Entrada |
| Vout | Voltaje de Salida |
| W | Watts |
| Wh | Vatts por hora |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|----------------------------|------|
| ÍDICE DE ABREVIATURAS..... | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xiv |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xvi |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xix |
| RESUMEN..... | xx |
| ABSTRACT..... | xxi |

1. INTRODUCCIÓN

| | | |
|-------|------------------------------------|---|
| 1.1 | Antecedentes | 1 |
| 1.2 | Planteamiento del problema | 2 |
| 1.3 | Justificación del proyecto..... | 3 |
| 1.4 | Objetivos | 4 |
| 1.4.1 | <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 1.4.2 | <i>Objetivos Específicos</i> | 4 |
| 1.5 | Alcance | 5 |

2. MARCO TEÓRICO

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1 | Industria textil en el Ecuador | 6 |
| 2.2 | Confección textil | 7 |
| 2.2.1 | <i>Equipos y materiales para la confección de una prenda a vestir</i> | 7 |
| 2.2.2 | <i>Proceso para la confección textil</i> | 8 |
| 2.2.3 | <i>Control de calidad</i> | 9 |
| 2.3 | Máquinas usadas en la confección textil | 9 |
| 2.4 | Máquina remalladora industrial para el maquilado textil..... | 12 |
| 2.5 | Máquina Remalladora Pegasus M800 | 12 |
| 2.5.1 | <i>Partes constitutivas de la máquina</i> | 13 |
| 2.5.2 | <i>Estación de costura de la máquina</i> | 14 |
| 2.5.3 | <i>Enhebrado de la máquina</i> | 15 |
| 2.6 | Estudio operacional de la máquina remalladora pegasus M800..... | 16 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 2.6.1 | <i>Fuente generadora de energía mecánica</i> | 16 |
| 2.6.1.1 | <i>Consumo de corriente</i> | 17 |
| 2.6.2 | <i>Sistemas de seguridad</i> | 17 |
| 2.6.2.1 | <i>Procedimientos adicionales para mejorar la protección del operario</i> | 18 |
| 2.6.3 | <i>Niveles de Ruido</i> | 19 |
| 2.6.3.1 | <i>Métodos para prevenir y proteger al operario del ruido industrial</i> | 20 |
| 2.6.4 | <i>Mantenimiento</i> | 21 |
| 2.6.4.1 | <i>Mantenimiento diario</i> | 21 |
| 2.6.4.2 | <i>Mantenimiento Predictivo</i> | 22 |
| 2.6.5 | <i>Ajuste de tensión del hilo</i> | 23 |
| 2.6.6 | <i>Iluminación</i> | 24 |
| 2.7 | Sistemas de control para la máquina remalladora | 24 |
| 2.7.1 | <i>Manual</i> | 24 |
| 2.7.1.1 | <i>Posicionamiento de la aguja</i> | 25 |
| 2.7.2 | <i>Electrónico</i> | 26 |
| 2.8 | Sistemas desarrollados relacionados al trabajo de titulación propuesto | 27 |
| 2.8.1 | <i>Hightex HVP-70</i> | 27 |
| 2.9 | Placas de desarrollo | 28 |
| 2.9.1 | <i>Análisis comparativo de las placas de desarrollo</i> | 29 |
| 2.10 | Acoples Mecánicos | 30 |
| 2.10.1 | <i>Acoplamiento Rígidos</i> | 31 |
| 2.10.2 | <i>Acoplamiento Flexibles</i> | 31 |
| 2.10.3 | <i>Análisis comparativo de los acoplamiento mecánicos</i> | 32 |
| 2.11 | Motor de corriente directa | 33 |
| 2.11.1 | <i>Análisis comparativo de motores de corriente directa</i> | 33 |
| 2.12 | Sensores | 34 |
| 2.12.1 | <i>Análisis comparativos de sensores</i> | 35 |
| 2.13 | Dispositivos de visualización y control | 35 |
| 2.13.1 | <i>Análisis comparativo de pantallas</i> | 36 |
| 2.14 | Tipo de control | 36 |

3. METODOLOGÍA

| | | |
|------------|--|----|
| 3.1 | Requerimientos del prototipo | 38 |
| 3.2 | Consolidación general del prototipo | 38 |
| 3.3 | Arquitectura de <i>hardware</i> del sistema | 40 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 3.3.1 | <i>Etapa de Alimentación</i> | 41 |
| 3.3.2 | <i>Etapa de obtención de datos</i> | 41 |
| 3.3.3 | <i>Etapa de Procesamiento</i> | 41 |
| 3.3.4 | <i>Etapa de visualización</i> | 42 |
| 3.4 | Selección del hardware para la construcción del sistema | 43 |
| 3.4.1 | <i>Dispositivos de procesamiento</i> | 43 |
| 3.4.1.1 | <i>Raspberry Pi 3 Model B</i> | 43 |
| 3.4.2 | <i>Dispositivos de obtención de datos</i> | 44 |
| 3.4.2.1 | <i>Sensor mini final de carrera Pololu 1528</i> | 45 |
| 3.4.2.2 | <i>Sensor Infrarrojo IR FC-51</i> | 46 |
| 3.4.2.3 | <i>Sensor óptico para encoder FC-03</i> | 47 |
| 3.4.3 | <i>Dispositivo de visualización</i> | 49 |
| 3.4.3.1 | <i>Pantalla Nextion TFT 5 pulgadas</i> | 49 |
| 3.4.4 | <i>Dispositivos Adicionales</i> | 50 |
| 3.4.4.1 | <i>Relé electromecánico</i> | 50 |
| 3.4.4.2 | <i>Regulador de voltaje lm7812</i> | 51 |
| 3.4.4.3 | <i>Optoacoplador MOC3021</i> | 52 |
| 3.4.4.4 | <i>Amplificador Operacional LM358</i> | 52 |
| 3.4.4.5 | <i>Motor Brushless</i> | 53 |
| 3.4.4.6 | <i>Driver Motor Brushless</i> | 54 |
| 3.4.4.7 | <i>Acople flexible Lovejoy L70</i> | 55 |
| 3.4.5 | <i>Dispositivo de Alimentación</i> | 55 |
| 3.4.5.1 | <i>Fuente conmutada s600-48</i> | 55 |
| 3.4.5.2. | <i>Adaptador de corriente micro USB</i> | 56 |
| 3.5 | Acondicionamiento de señales | 57 |
| 3.5.1 | <i>Acondicionamiento de señales IN GPIO</i> | 57 |
| 3.5.1.1 | <i>Diseño del acondicionador de señales</i> | 58 |
| 3.5.2 | <i>Acondicionamiento de señal para el control de la luminaria</i> | 62 |
| 3.5.2.1 | <i>Señal para control del motor</i> | 62 |
| 3.6 | Diagrama de conexión general | 63 |
| 3.6.1 | <i>Diagrama conexión del sistema posicionamiento de la aguja</i> | 65 |
| 3.6.2 | <i>Diagrama de conexión del sistema de seguridad.</i> | 66 |
| 3.6.3 | <i>Diagrama de conexión del sistema detector de presencia de tela</i> | 66 |
| 3.6.4 | <i>Diagrama de conexión para el control del motor</i> | 67 |
| 3.6.5 | <i>Diagrama de conexión del sistema de iluminación</i> | 67 |
| 3.7 | Diseño PCB | 68 |
| 3.7.1 | <i>Placa General</i> | 68 |

| | | |
|-------------|--|----|
| 3.7.1.1 | <i>Fabricación del circuito impreso PCB</i> | 69 |
| 3.8 | Diseño de la estructura para el sistema | 69 |
| 3.8.1 | <i>Acople para los sensores fin de carrera</i> | 69 |
| 3.8.2 | <i>Soporte y base del motor</i> | 70 |
| 3.8.3 | <i>Cubierta del motor</i> | 70 |
| 3.8.4 | <i>Acople para los sensores ópticos</i> | 70 |
| 3.9 | Construcción del prototipo | 71 |
| 3.9.1 | <i>Maquinado del acople flexible</i> | 71 |
| 3.9.2 | <i>Instalación del acople máquina-motor</i> | 72 |
| 3.9.3 | <i>Instalación del sistema de posicionamiento de la aguja</i> | 72 |
| 3.9.4 | <i>Instalación de la cubierta y pantalla de visualización</i> | 73 |
| 3.9.5 | <i>Instalación de los sensores fin de carrera</i> | 73 |
| 3.9.6 | <i>Instalación del sensor infrarrojo</i> | 74 |
| 3.9.7 | <i>Instalación del pedal de control</i> | 74 |
| 3.9.8 | <i>Instalación del gabinete eléctrico</i> | 75 |
| 3.9.9 | <i>Conexiones Eléctricas</i> | 75 |
| 3.9.9.1 | <i>Dimensionamiento del cable conductor</i> | 76 |
| 3.9.9.2 | <i>Cableado eléctrico</i> | 76 |
| 3.10 | Diseño del software | 77 |
| 3.10.1 | <i>Requerimientos de software</i> | 77 |
| 3.10.2 | <i>Herramienta de software Qt</i> | 77 |
| 3.10.3 | <i>Diagrama de flujo general</i> | 77 |
| 3.10.4 | <i>Obtención de señales</i> | 79 |
| 3.11 | Desarrollo de la interfaz gráfica de desarrollo | 80 |
| 3.11.1 | <i>Interfaz Principal</i> | 80 |
| 3.11.2 | <i>Interfaz para consultar el tiempo de funcionamiento de la máquina</i> | 81 |
| 3.11.3 | <i>Interfaz de Mantenimiento</i> | 82 |
| 3.12 | Pruebas y Resultados del Prototipo | 83 |
| 3.13 | Estabilidad del sistema | 83 |
| 3.13.1 | <i>Prueba de velocidad de costura</i> | 83 |
| 3.13.2 | <i>Prueba de posicionamiento final de la aguja</i> | 84 |
| 3.14 | Prueba de calibración de la distancia para la detección de tela | 84 |
| 3.15 | Prueba de tiempos de producción | 86 |
| 3.15.1 | <i>Producción con tecnología tradicional</i> | 86 |
| 3.15.2 | <i>Producción con el prototipo</i> | 87 |
| 3.16 | Prueba de mediciones de corriente | 88 |
| 3.16.1 | <i>Máquina implementada con tecnología tradicional</i> | 89 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 3.16.1.1 | <i>Análisis del consumo energético</i> | 90 |
| 3.16.2 | <i>Máquina implementada con el prototipo</i> | 91 |
| 3.16.2.1 | <i>Análisis del consumo energético</i> | 92 |
| 3.16.3 | <i>Estudio comparativo del consumo energético</i> | 93 |
| 3.17 | Prueba de generación de ruido | 93 |
| 3.18 | Prueba de funcionamiento del sistema | 94 |
| 3.18.1 | <i>Prueba de comunicación de los diferentes dispositivos</i> | 94 |
| 3.18.2 | <i>Prueba para la ejecución del mantenimiento predictivo</i> | 95 |
| 3.18.3 | <i>Prueba para consultar el tiempo de trabajo</i> | 95 |

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

| | | |
|--------------|--|-----|
| 4.1 | Cronograma de actividades | 97 |
| 4.2 | Recursos y Materiales | 97 |
| 4.2.1 | <i>Talento Humano</i> | 97 |
| 4.2.2 | <i>Presupuesto</i> | 97 |
| 4.2.3 | <i>Análisis Económico</i> | 98 |
| 4.2.4 | <i>Económico</i> | 99 |
| 4.2.5 | <i>Equipos y Materiales</i> | 99 |
| 5. | CONCLUSIONES | 100 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 101 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tabla 1-2: | Modelos de máquina remalladora según el número de hilos | 12 |
| Tabla 2-2: | Especificaciones técnicas | 12 |
| Tabla 3-2: | Función de las partes de la máquina remalladora | 13 |
| Tabla 4-2: | Función de las partes de una estación de costura tipo remalladora..... | 15 |
| Tabla 5-2: | Datos técnicos del motor con embrague..... | 17 |
| Tabla 6-2: | Límites de ruido según el tipo de suelo | 20 |
| Tabla 7-2: | Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares..... | 24 |
| Tabla 8-2: | Ventajas y desventajas de la Remalladora M800 | 25 |
| Tabla 9-2: | Ventajas y desventajas de la remalladora Jack Jk-798E-4..... | 27 |
| Tabla 10-2: | Análisis comparativo de las placas de desarrollo | 29 |
| Tabla 11-2: | Análisis comparativo de acoples mecánicos | 32 |
| Tabla 12-2: | Análisis comparativo de motores de corriente continua | 33 |
| Tabla 13-2: | Análisis comparativo de sensores | 35 |
| Tabla 14-2: | Análisis comparativo de pantallas..... | 36 |
| Tabla 15-2: | Análisis comparativo de los tipos de control..... | 37 |
| Tabla 1-3: | Principales características de la Raspberry Pi3 B..... | 44 |
| Tabla 2-3: | Ventajas y desventajas de los sensores final de carrera | 45 |
| Tabla 3-3: | Especificaciones principales del sensor infrarrojo | 47 |
| Tabla 4-3: | Especificaciones técnicas del sensor óptico FC-03 | 48 |
| Tabla 5-3: | Especificaciones de la pantalla..... | 50 |
| Tabla 6-3: | Especificaciones técnicas del relé | 51 |
| Tabla 7-3: | Especificaciones técnicas del regulador lm7812 | 51 |
| Tabla 8-3: | Especificaciones técnicas del Optoacoplador MOC3021 | 52 |
| Tabla 9-3: | Especificaciones técnicas del Motor Brushless. | 54 |
| Tabla 10-3: | Especificaciones técnicas del driver para el Motor Brushless | 54 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 11-3: | Características Material tipo E-A..... | 55 |
| Tabla 12-3: | Características fuente conmutada s600-48 | 56 |
| Tabla 13-3: | Especificaciones técnicas del adaptador de corriente | 57 |
| Tabla 14-3: | Señales a ser acondicionadas | 58 |
| Tabla 15-3: | Resistencias que integran el circuito conmutador | 62 |
| Tabla 16-3: | Resistencias del circuito acondicionador para luminaria..... | 63 |
| Tabla 17-3: | Conexiones de terminales y módulos..... | 65 |
| Tabla 18-3: | Tipos y materiales de construcción | 71 |
| Tabla 19-3: | Medidas de los ejes | 71 |
| Tabla 20-3: | Calibre de conductor con temperaturas hasta 30°C | 75 |
| Tabla 21-3: | Dimensionamiento del conductor | 76 |
| Tabla 22-3: | Señales de la interfaz gráfica del usuario | 79 |
| Tabla 23-3: | Prueba de velocidad del prototipo..... | 83 |
| Tabla 24-3: | Prueba posicionamiento de la aguja..... | 84 |
| Tabla 25-3: | Prueba de calibración de la distancia para la detección de tela | 85 |
| Tabla 26-3: | Medidas del short deportivo..... | 86 |
| Tabla 27-3: | Tiempos de costura con tecnología tradicional | 87 |
| Tabla 28-3: | Prueba producción con el prototipo | 87 |
| Tabla 29-3: | Tiempos de costura del short deportivo. | 90 |
| Tabla 30-3: | Consumo energético de la tecnología tradicional..... | 91 |
| Tabla 31-3: | Tiempos de costura con el prototipo | 92 |
| Tabla 32-3: | Consumo energético del prototipo | 93 |
| Tabla 33-3: | Prueba nivel de ruido | 94 |
| Tabla 34-3: | Registro del estado de sensores y funciones de la HMI | 95 |
| Tabla 1-4: | Cronogramas de actividades , relación actividad vs. Tiempo..... | 97 |
| Tabla 2-4: | Costo del prototipo..... | 98 |
| Tabla 3-4: | Análisis económico..... | 99 |
| Tabla 3-4: | Equipos y Materiales utilizados | 99 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 1-2. | Proceso de la industria textil. | 6 |
| Figura 2-2. | Proceso para la confección textil de una prenda a vestir. | 8 |
| Figura 3-2. | Máquinas para la industria textil. | 10 |
| Figura 4-2. | Partes de la máquina remalladora. | 13 |
| Figura 5-2. | Estación de costura de la máquina remalladora | 14 |
| Figura 6-2. | Guía para el enhebrado | 15 |
| Figura 7-2. | Enhebrado de la máquina remalladora M800..... | 16 |
| Figura 8-2. | Motor con embrague mecánico..... | 16 |
| Figura 9-2. | Mecanismos de seguridad..... | 18 |
| Figura 10-2. | Mecanismos de seguridad..... | 18 |
| Figura 11-2. | Mantenimiento diario máquina remalladora. | 22 |
| Figura 12-2. | Mantenimiento preventivo máquina remalladora..... | 23 |
| Figura 13-2. | Ajuste de tensión del hilo..... | 23 |
| Figura 14-2. | Sistema de control manual máquina remalladora..... | 25 |
| Figura 15-2. | Control manual para el posicionamiento de la aguja..... | 26 |
| Figura 16-2. | Remalladora automática Jk-798E-4..... | 26 |
| Figura 17-2. | Equipo Hightex modelo hvp-70..... | 28 |
| Figura 18-2. | Fallas de los acoplamientos mecánicos..... | 30 |
| Figura 1-3. | Consolidación general del prototipo. | 39 |
| Figura 2-3. | Arquitectura de hardware del sistema. | 40 |
| Figura 3-3. | Diagrama de bloques de la etapa obtención de datos. | 41 |
| Figura 4-3. | Diagrama de bloques de la etapa de procesamiento. | 42 |
| Figura 5-3. | Diagrama de bloques de la etapa de visualización. | 42 |
| Figura 6-3. | Raspberry Pi3 Modelo B..... | 43 |
| Figura 7-3. | Distribución de los pines de la Raspberry Pi3..... | 44 |
| Figura 8-3. | Mini final de carrera. | 45 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 9-3. | Partes de un sensor final de carrera..... | 46 |
| Figura 10-3. | Sensor Infrarrojo..... | 46 |
| Figura 11-3. | Principio de funcionamiento del sensor infrarrojo. | 47 |
| Figura 12-3. | Módulo sensor óptico FC-03. | 48 |
| Figura 13-3. | Principio de funcionamiento del sensor óptico FC03..... | 49 |
| Figura 14-3. | Pantalla Nextion TFT. | 50 |
| Figura 15-3. | Relé electromecánico..... | 50 |
| Figura 16-3. | Regulador de voltaje Lm7812..... | 51 |
| Figura 17-3. | Optoacoplador MOC3021..... | 52 |
| Figura 18-3. | Amplificador operacional LM358. | 53 |
| Figura 19-3. | Motor Brushless..... | 53 |
| Figura 20-3. | Driver motor brushless. | 54 |
| Figura 21-3. | Acople flexible Lovejoy L70. | 55 |
| Figura 22-3. | Fuente conmutada S600-48. | 56 |
| Figura 23-3. | Adaptador de corriente micro USB..... | 56 |
| Figura 24-3. | Esquema acondicionador. | 57 |
| Figura 25-3. | Circuito BJT emisor común. | 58 |
| Figura 26-3. | Circuito conmutador en corte..... | 59 |
| Figura 27-3. | Circuito equivalente en serie..... | 59 |
| Figura 28-3. | Circuito switch en saturación..... | 60 |
| Figura 29-3. | Esquema del acondicionador de luminaria..... | 62 |
| Figura 30-3. | Esquema del acondicionador de señal enable. | 63 |
| Figura 31-3. | Diagrama general de conexiones del prototipo. | 64 |
| Figura 32-3. | Diagrama de conexión para posicionar la aguja. | 65 |
| Figura 33-3. | Diagrama de conexión del sistema de seguridad..... | 66 |
| Figura 34-3. | Diagrama de conexión para sensor de presencia. | 66 |
| Figura 35-3. | Diagrama de conexión para el control del motor. | 67 |
| Figura 36-3. | Diagrama de conexión sistema de iluminación. | 68 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 37-3. | (A) circuito impreso PCB, (B) Vista 3D de la placa. | 68 |
| Figura 38-3. | Placa general terminada. | 69 |
| Figura 39-3. | Diseño acople compartimiento, (A) lateral, (B) frontal. | 69 |
| Figura 40-3. | Diseño, (A) Soporte del motor, (B) Base del motor. | 70 |
| Figura 41-3. | Diseño cubierta del motor. | 70 |
| Figura 42-3. | Soporte para los sensores ópticos. | 71 |
| Figura 43-3. | Instalación; (A) Base del motor, (B) Acople motor-máquina. | 72 |
| Figura 44-3. | Vista frontal del sistema instalado. | 72 |
| Figura 45-3. | Instalación de la cubierta del motor. | 73 |
| Figura 46-3. | Instalación sensores fin de carrera. | 73 |
| Figura 47-3. | Instalación del sensor infrarrojo. | 74 |
| Figura 48-3. | Pedal de control. | 74 |
| Figura 49-3. | Vista frontal del gabinete instalado. | 75 |
| Figura 50-3. | Cableado del sistema eléctrico del prototipo. | 76 |
| Figura 51-3. | Diagrama de flujo. | 78 |
| Figura 52-3. | Ventana principal. | 81 |
| Figura 53-3. | Interfaz estadísticas de horas trabajadas de la máquina. | 82 |
| Figura 54-3. | Interfaz del mantenimiento predictivo. | 82 |
| Figura 55-3. | Recopilación de datos de distancia. | 85 |
| Figura 56-3. | Medición de corriente. | 89 |
| Figura 57-3. | Medición de corriente. | 94 |
| Figura 58-3. | Interfaz de configuración y ejecución del mantenimiento. | 95 |
| Figura 59-3. | Registro de horas-trabajo en general. | 96 |

ÍNDICE DE GRAFICOS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gráfico 1-2. | Consumo de corriente | 17 |
| Gráfico 2-2. | Niveles de ruido de la estación remalladora | 19 |
| Gráfico 1-3. | Patrón del short deportivo. | 86 |
| Gráfico 2-3. | Tiempos de producción por unidad | 88 |
| Gráfico 3-3. | Producción por hora | 88 |
| Gráfico 4-3. | Curva característica de corriente del motor AC..... | 89 |
| Gráfico 5-3. | Porcentajes del accionamiento del motor | 90 |
| Gráfico 6-3. | Curva característica de corriente del prototipo..... | 91 |
| Gráfico 7-3. | Porcentajes del accionamiento del prototipo | 92 |
| Gráfico 8-3. | Porcentajes del accionamiento del prototipo | 93 |

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de implementar un sistema electrónico para el control de una remalladora industrial para reemplazar el sistema de control tradicional que posee. Se recopiló y analizó la información relevante de investigaciones previas, a partir de lo cual se determinó los requisitos necesarios para el diseño del sistema. Para la implementación se utilizaron sensores fin de carrera, infrarrojo y ópticos, en coordinación con una interfaz hombre máquina (HMI) que permite al operario visualizar y gobernar funciones del sistema comandada por una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3 modelo B encargada de controlar la parte lógica del sistema y diversos dispositivos electrónicos idealmente configurados. La energía mecánica la genera un motor de corriente directa (DC) unida continuamente al eje de la máquina por medio de un acople flexible. El diseño lógico del algoritmo fue programado en QT e incluye el control manual y automático de la máquina, posicionamiento de la aguja y un registro histórico de las horas trabajadas para efectuar un plan de mantenimiento predictivo. A partir de la implementación y ejecución se demostró que el sistema ahorra un 75.05 % de energía, mejora un 11.34 % en cuanto a tiempos de producción, minimizando la generación de ruido en un 27.97 % en comparación al sistema con tecnología tradicional. Se concluye que la implementación del sistema mejora los tiempos de producción permitiendo el ahorro de energía eléctrica, reduciendo las afectaciones auditivas que puede contraer el operario de la máquina y cuidando el buen funcionamiento de la máquina con el registro de horas trabajadas. Con la finalidad de evitar pérdidas y obtener el máximo aprovechamiento de los recursos es recomendable adjuntar al sistema un procedimiento capaz de realizar el corte de hilo automático y detectar la ruptura en línea del enhebrado.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <MAQUILADO TEXTIL>, <SISTEMA DE CONTROL>, <CONFECCIÓNTEXTIL>

ABSTRACT

The aim of this research project was to implement an electronic system for the control of an industrial mending machine and thus replace the current traditional control system. In order to determine the necessary design requirements for the system, information was collated from prior research. For the implementation, end-of-stroke, infrared and optical sensors were used, in coordination with a human machine interface (HMI) that allows the operator to visualize and govern system functions commanded by a Raspberry Pi 3 model B development card in charge of controlling the logical part of the system and various ideally configured electronic devices. Mechanical energy is generated via a direct current (DC) motor continuously connected to the machine shaft by means of a flexible coupling. The logical design of the algorithm was programmed in QT and includes manual and automatic control of the machine, positioning of the needle and a historical record of the hours worked to carry out a predictive maintenance plan. From the implementation and execution, it was shown that the system saves 75.05% in energy, improves 11.34% in terms of production times and minimizes noise generation by 27.97% compared to the traditional technology system. It was found that by implementing the system, production times improved, which in turn saved electrical energy, reduced the exposure of the machine operator to hearing impairment and supported maintenance and proper machine functioning with the record of hours worked. In order to minimize losses and obtain the maximum use of resources, it is recommended that a procedure is added to the system which can perform automatic thread trimming and detecting threading line breaks.

Keywords: <ELECTRONIC ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <TEXTILE MAQUILA>, <CONTROL SYSTEMS>, <TEXTILES AND GARMENTS>.

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil fue la primera en desarrollarse y gracias al constante avance tecnológico ha hecho posible el desarrollo de nuevas tecnologías para la fabricación de tejidos inteligentes, aditamentos, herramientas y maquinaria industrial para elaborar prendas a vestir con acabados más definidos, amigables con el medio ambiente y sobre todas las cosas el avance tecnológico en la industria permite mejorar la calidad, costos, tiempos de producción lo que mantiene a la industria competitiva y a la vanguardia de las exigencias del mercado.

La implementación de sistemas de control y automatización de procesos en una empresa textil es una de las principales claves para mejorar la calidad y la competitividad en el mercado. En una primera fase, los desarrollos técnicos se concentraron en la automatización de máquinas y procesos. Hoy en día la automatización se ha extendido a todos los procesos que involucran la fabricación de textiles, desde la recolección de materia prima, el hilado, el tejido, la fabricación textil, el empaquetado, el seguimiento de la distribución y todos los procesos que involucran a la tienda y a todos los canales digitales: el control de stock, los pedidos, la comercialización, el ciclo de vida del producto y el cliente, así como todos los aspectos relacionados con la omnicanalidad(Practics, 2017).

La industria constituye una importante fuente de ingresos y empleo, actualmente los países de mayor relevancia son los asiáticos. Los mayores cambios se registraron en la década del 60, a raíz de la rápida aparición de nuevos centros de producción en esa región. No obstante la tendencia al desplazamiento geográfico de la producción, los países industrializados mantienen su competitividad gracias a la modernización del aparato de producción(Bustamante, 2017).

Esta industria constituye una importante fuente de ingresos y empleo para muchos países, en particular para países en desarrollo. En el año 2001 representó el 2.5% del comercio mundial de mercancías y el 3.3% del comercio mundial de manufacturas(Angulo Luna, 2004, p. 42). El sector textil es el segundo de Ecuador que genera más empleo, con 174. 250 puestos de trabajo que representan el 21 % de los que produce la industria manufacturera del país(Revista Líderes, 2017).

1.1 Antecedentes

La historia de la máquina de coser es un buen ejemplo de cómo una idea sencilla puede evolucionar gradualmente y recibir aportes de muchos hasta convertirse en una máquina compleja, con la incorporación a ella de nuevas ideas e inventos afines.

La industria textil es una de las que más cambios tecnológicos sufre. La maquinaria va evolucionando y en los últimos años los cambios han sido significativos, tanto en ingeniería como en desarrollo. Estas innovaciones han obligado a todas las empresas que han deseado seguir en la cabecera del sector reinvertir continuamente en equipo y desarrollo (Montenegro Juan, 2012).

En los últimos años el país se ha visto involucrado en un crecimiento investigativo basado en mejoras para los sistemas de confección textil lo que ha acarreado la realización de estudios desde la creación de sistemas tecnológicos que ayudan en el proceso de maquilado, así como en la logística del mismo donde destacan investigaciones como:

- “ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA INDUSTRIAL CON SUS ADITAMENTOS Y SU INCIDENCIA EN LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA CONFECCIÓN DE ROPA INFANTIL”, muestra el buen uso de los recursos de la empresa textil para mejorar la confección y calidad de las prendas del Ecuador y a su vez incentivar la compra de producto nacional a las pequeñas industrias y demostrar que no es necesario demasiado capital para empezar un buen negocio. (Calderón, 2017).

- “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS COLECTORES DE PELUSA Y HORÓMETROS PARA UNA MAQUINA DE COSER INDUSTRIAL OVERLOCK Y UNA RECUBRIDORA”, que, después de sus respectivas pruebas del prototipo señala su mejora en el proceso de confección, implementa un sistema de mantenimiento preventivo de las máquinas con la ayuda de los horómetros y cuida de la salud laboral del operador con la implementación del sistema de colector de pelusa (Santacruz Ron, 2017).

Las investigaciones desarrolladas tienen su aporte significativo para mejorar los procesos, el buen aprovechamiento de los recursos y mejorar las condiciones ambientales de trabajo tanto del operador como de la máquina.

1.2 Planteamiento del problema

La remalladora industrial tiene un gran porcentaje de utilidad en el proceso de maquilado textil, con ella se realiza el armado y cerrado de la prenda a vestir, al mismo tiempo que realiza esta función ejecuta el corte de tela en exceso para terminar con una costura homogénea, si se presenta

un abrupto movimiento puede incurrir en un corte fuera del límite permitido lo que ocasionará la pérdida de la pieza en proceso de costura.

La tecnología presente en las máquinas industriales para el maquilado textil tiene un avance importante en los últimos años, en sus inicios fue totalmente manual por la acción de un pedal mecánico, posterior a ello se implementó una máquina eléctrica gracias al motor de corriente alterna (AC) acoplado al sistema mecánico para generar el movimiento requerido, en la actualidad la tecnología esta suplantando al motor de corriente alterna para incorporar motores de corriente continua (DC) que gracias a sus bondades operacionales, al desarrollo de software y hardware se implementa máquinas electrónicas automáticas y semiautomáticas mejorando su rendimiento y de fácil adaptación para el operario, así tenemos las empresas desarrolladores de esta tecnología, por ejemplo: Juki, Pegasus, Brother, Singer, Siruba, ... entre las marcas más conocidas del medio local.

Para lograr un mejor resultado, la prevención de riesgos debe abordarse teniendo en cuenta los cambios en las condiciones físicas de trabajo y la forma como se organiza. El diseño de estas nuevas plantas requiere de una adaptación efectiva a las nuevas condiciones laborales, ambientales, materiales, energéticas, además de ser técnicamente viable y económicamente factible, por lo que es necesario procesos en los que se optimice el consumo de materias primas, de energía, de agua y la generación de contaminantes.

1.3 Justificación del proyecto

La industria textil está experimentando una dramática evolución, la cual es generada por factores tales como los cambios en la demanda de productos textiles (por efecto de la moda, la tecnología de punta, la globalización), la presión cada vez más fuerte para asegurar la rentabilidad. En consecuencia, las exigencias de los clientes para un mejor servicio y soluciones hechas a la medida van en aumento(Calderón, 2017).

Según estimaciones de la Asociación de Industriales Textiles del Ecuador (AITE), es el segundo sector manufacturero que más mano de obra emplea, aproximadamente 50.000 personas laboran directamente y más de 200.000 indirectamente(INEC, 2012).

Es así que la industria textil enfrenta una creciente presión a las inquietudes sobre el medio ambiente, la salud, ecología, marcas y etiquetas ecológicas confrontadas con las exigencias técnicas, debido a que se considera como una de las principales generadoras de contaminantes por el manejo de materiales peligrosos, emisiones al aire, residuos sólidos y líquidos, consumos

de energía y generación de grandes cantidades de aguas residuales altamente coloreadas y constituidas por compuestos difícilmente biodegradables(Puente, 2016).

Tradicionalmente las máquinas de coser poseen un motor de corriente alterna sin control alguno accionado por un pedal mecánico, en ocasiones este genera cortes y costuras defectuosos por el accionamiento abrupto del motor llegando en casos a perder la prenda en confección, así también, el no tener un registro para el mantenimiento preventivo y por la falta de supervisión de las condiciones operacionales del motor se genera daños prematuros en él.

Por lo expuesto anteriormente, se ha identificado como problemática la falta de innovación tecnológica en los procesos de maquilado textil ya sea por factores económicos o simplemente por la falta de cultura de innovación. El presente trabajo de titulación propone la inclusión de una propuesta tecnológica que se adapte a las máquinas industriales que utilizan tecnología tradicional presente en la mayor parte de las industriales textiles. Se plantea la implementación de un sistema electrónico para el control de la máquina industrial tipo remalladora debido a su importancia e incidencia en el proceso de maquilado textil. Este sistema tiene la finalidad de reemplazar la tecnología tradicional de común uso en la actualidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Implementar un sistema electrónico para el control de una remalladora industrial utilizada en el proceso de maquilado textil.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los sistemas de control que utiliza la máquina remalladora industrial actualmente.
- Establecer los requerimientos y el diseño que debe cumplir el sistema a implementar.
- Determinar los recursos hardware y software necesarios para llevar a cabo la implementación del diseño.
- Verificar si el sistema implementado cumple con los requerimientos establecidos para el diseño.

1.5 Alcance

El trabajo de titulación está encaminado a la construcción de un prototipo electrónico que servirá para el control de una remalladora industrial utilizada en el proceso de maquilado textil, por medio de la integración de sistemas de control y monitoreo enlazados entre sí. Con el objetivo de mejorar las bondades operativas de la máquina se promueve el interés de aportar por medio de la ejecución de este proyecto con la construcción de un modelo de prototipo original que ayude a suplir y mejorar las condiciones de trabajo para el operador, además otro objetivo primordial de la generación de este proyecto es disminuir el consumo energético, mejorar los tiempos de producción tomando en consideración el cuidado y seguridad para el operario, por estas razones se propuso el desarrollo del trabajo de titulación “Implementación de un sistema electrónico para el control de una remalladora industrial en el proceso de maquilado textil”.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se da una breve reseña histórica de la industria textil en el Ecuador, el proceso de la confección textil y las máquinas que utiliza, además identifica las partes constitutivas de la máquina remalladora, los factores adversos, la tecnología que utiliza y el tipo de mantenimiento que se le da, finalmente presenta equipos desarrollado referente al tema.

2.1 Industria textil en el Ecuador

La industria textil mantiene un lazo importante con la confección textil, este sector se encarga de fabricar la materia prima para la confección de prendas a vestir, inicia con el proceso de hilatura para obtener hilo del algodón, lana, y demás materias parecidas, luego por la tejeduría y los acabados para finalmente obtener los tejidos (telas) con el color y el diseño requerido para utilizar en la fabricación de ropa y otras prendas como lo indica la figura 1-2.



Figura 1-2. Proceso de la industria textil

Fuente: shorturl.at/iltU9

En el Ecuador tiene su origen desde el periodo de los incas, el uso de textiles y tejidos servía para mostrar la situación socioeconómica entre sus habitantes. Hasta inicios del siglo XX se utilizaba como materia prima lada de oveja para fabricar los tejidos en los denominados obrajes y los chorrillos instalados por los españoles en la sierra centro, en las provincias de Pichincha, Imbabura, Chimborazo y Tungurahua esto con el único fin de aprovechar la mano de obra

indígena, posteriormente y gracias a las importaciones se introdujo el algodón a partir de 1950 y comienza a utilizarse como materia prima para la confección textil.

Hoy por hoy, la industria textil ecuatoriana fabrica productos provenientes de todo tipo de fibras naturales y sintéticas, siendo las más utilizadas el ya mencionado algodón, el poliéster, el nylon, los acrílicos, lana y la seda(AITE, 2012).

El sector textil es el segundo de Ecuador en generar más empleo, según la última encuesta realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) este genera 120.000 empleos directos entre los sectores formal e informal, es importante señalar que la fabricación de textiles y prendas de vestir forman parte de la Industria Manufacturera del país. En los últimos 11 años, este sector ha mantenido una participación promedio de entre 1% y 2% en el PIB total, de acuerdo a datos del Banco Central del Ecuador. En cambio, dentro de la industria manufacturera, su participación promedio es de alrededor del 15,87% con respecto al PIB(INEC, 2012, p. 2).

El crecimiento textil ecuatoriano se ve mermado ante la competencia internacional, pues no parece tener una senda de crecimiento sostenido en muchos de los casos la falta de accesibilidad a tecnología, créditos bancarios y políticas que ayuden a fortalecer a la empresa hace que su producto no sea reconocido a nivel internacional, esto ha derivado a que gran parte las empresas de confección textil se enfoquen solo en el mercado local con líneas de producción únicas como son prendas de vestir para hombre, mujeres, bebés, accesorios para cocina, baño, dormitorio, ropa interior..etc.

2.2 Confección textil

Es el proceso encargado del diseño, corte y costura (maquila) de tejidos para fabricar un modelo de prenda seleccionada, para ello se requiere de varios equipos y herramientas necesarios para el fin requerido.

2.2.1 Equipos y materiales para la confección de una prenda a vestir

Para obtener una prenda a vestir es necesario utilizar los materiales y equipos correctos, entre ellos se tiene:

- **Telas.-** Son tejidos compuestos por hilos entrelazados, estas pueden ser producto del trabajo humano o del telar. Son utilizadas para muchas cosas, pero su uso principal es el de la

vestimenta y en definitiva, conocer los tipos de telas y sus usos es de vital importancia(Dsigno, 2017).

- **Maquinaria Textil.-** En la industria textil se usan varias máquinas para coser y hacer vestimentas, así como otros bienes textiles que se utilizan de manera cotidiana. Dicha maquinaria varía mucho en cuestiones de tamaño y va desde las máquinas usadas en las grandes fábricas textiles hasta las máquinas de coser familiares(Maquiclick, 2014).
- **Herramientas y accesorios.-** En el mundo de la confección existen un gran número de herramientas que tienen una función específica en la restauración o confección de prendas, según el proceso de corte y confección está integrado por varias etapas tales como elegir la prenda y el modelo con el cliente, tomar las medidas, trazar los patrones y cortarlos en la tela, hilvanar las piezas, probar la prenda y confeccionar para la entrega. En cada una de estas etapas se emplean materiales y herramientas que se deben organizar y cuidar para asegurar su correcto funcionamiento y prevenir cualquier tipo de accidente(Luvianos, 2016).

2.2.2 Proceso para la confección textil

Para confeccionar una prenda a vestir, esta debe tener un proceso de fabricación que inicia desde el diseño o patronaje, luego el corte y cocido de las piezas de tela para formar la prenda, para dar paso posteriormente al control de calidad, y finaliza con la comercialización y uso de la ropa o prenda a vestir.

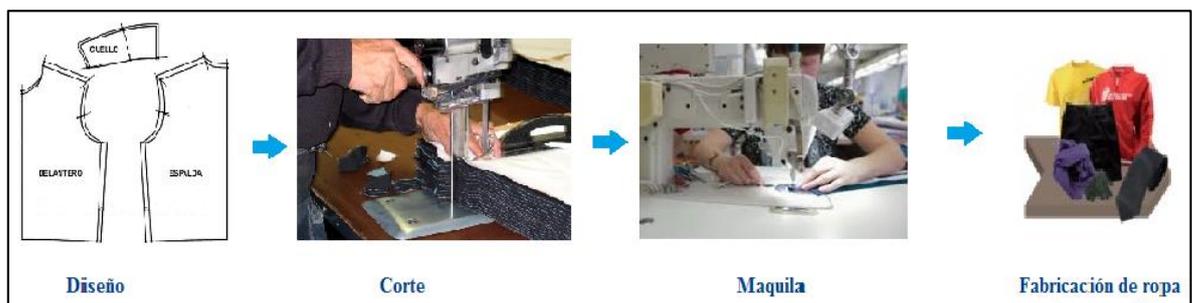


Figura 2-2. Proceso para la confección textil de una prenda a vestir

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.2.3 *Control de calidad*

Es la actividad que consiste en inspeccionar el producto y separar aquel que es aceptable, de acuerdo a unos determinados estándares, del que no lo es (MEJIA, 2018, p. 31).

Según la Red Textil Argentina, “La calidad en la confección de indumentaria refiere a las características y funciones de una prenda que satisfacen las necesidades implícitas y explícitas del consumidor”, es una secuencia de pasos y controles, entre ellos se tiene.

- **Insumos:** Consiste en la verificación de la calidad de insumos (materias primas y avíos) por medio de ensayos comparativos respecto a especificaciones preestablecidas. Tiene como objetivo evaluar y seleccionar a los productos como a los proveedores de los mismos.
- **Diseño:** Controla la correcta interpretación del modelo seleccionado, las especificaciones técnicas, las muestras, correcciones.
- **Tejido:** Analiza y verifica la densidad, revirado, estabilidad dimensional y tono.
- **Patronaje:** Verifica el trazo adecuado del molde y la calidad de las medidas.
- **Corte:** Es el control de fidelidad del tizado, cantidad de patrones, su ubicación, fidelidad de las formas del corte y agrupamiento adecuado de tallas.
- **Costura:** Consiste en el control de las puntadas, colocación de avíos, concordancia con las medidas del modelo, y adecuado uso de plantilla de ubicación.
- **Acabados:** Es la verificación de todos los servicios fuera de la empresa en la terminación de la prenda, estén conforme a especificación.

2.3 **Máquinas usadas en la confección textil**

Para la confección de la prenda de vestir, existe una gran diversidad de máquinas, gracias a la acción de su mecanismo permiten coser sobre superficies rústicas, blandas, gruesas y finas con mayor rapidez y menor esfuerzo, las máquinas industriales son de gran tamaño y por lo general éstas realizan funciones determinadas, pegar botones, hacer ojales, unir piezas, etc (Santacruz Ron, 2017, p. 7).

En la figura 3-2 se muestra una gran variedad de máquinas de coser tipo industriales, estas forman un taller de corte y confección.



Figura 3-2. Máquinas para la industria textil

Fuente: <https://n9.cl/9vaof>

Un gran porcentaje de fábricas aún mantienen operativas máquinas con tecnología tradicional, es decir, su mecanismo es accionado por un motor de corriente alterna comandadas por un pedal mecánico. Entre las básicas y las más importantes se tiene:

- **Máquina Recta:** Es muy común en los talleres de confección y la más usada en la industria textil. Sirve para coser toda clase de telas, ya sean delgadas o gruesas, el aspecto de costura es igual por arriba y por abajo. Esta máquina generalmente es de una sola aguja, pero existe también varios modelos con doble aguja que sirve para costuras paralela(Ayala Valdez, 2012, p. 23).
- **Máquina Remalladora:** Conocida también como overlook, cumple la función de unir piezas, realizar costuras de la tela y al mismo tiempo cumple con la función de cortar el excedente de tela con la cuchilla que viene incorporado en su mecanismo(Santacruz Ron, 2017, p. 7).
- **Máquina Recubridora:** Realiza costuras planas, pespunte decorativos, dobleces, acabados con elásticos ideal para tejidos de punto, de fácil maniobrabilidad con casi todo tipo de tela y según la necesidad realiza el trabajo con una, dos y tres agujas, con el uso de aditamentos (embudos) adaptados al mecanismo se puede generar distintas formas de costura dando acabados finos y elegantes(Santacruz Ron, 2017, p. 8).

- ***Máquina Collaretera:*** Esta máquina permite cubrir los orillos de las telas sobrepuestas sobre otra con fines decorativos. Es especialmente utilizada en tejidos de punto, aunque también puede usarse en tejidos planos. Puede ser muy útil en la confección de ropa interior y telas elásticas(Lafayette, 2020).
- ***Máquina Atracadora:*** Con el tipo de costura que genera esta máquina se da firmeza y durabilidad a la unión de piezas, las mismas que por su naturaleza están sometidas a una constante fricción por quien vista o de uso la prenda, así por ejemplo asegurar presillas, bolsillos, aberturas(Macoin, 2016).
- ***Máquina Zigzag:*** Tienen una gran variedad de tipos de puntadas decorativas sin la necesidad de adaptar aditamentos a su mecanismo, al igual que la máquina recta son muy comunes para trabajos domésticos y en la industria de la confección textil, por lo general son utilizadas para dar acabados en prendas y accesorios de baño(Santacruz Ron, 2017, p. 8).
- ***Máquina ojaladora y botonera:*** Son máquinas de costura simple que trabajan conjuntamente, utilizadas para realizar los acabados en prendas de vestir como camisas, pantalones vaqueros, jeans y cualquier otra prenda que requieran el uso de botones para utilizarlos, primero se realiza el ojal y luego se pega el botón(Lafayette, 2020).
- ***Máquina Bordadora:*** Son máquinas de bordar industriales o computarizadas, se utilizan para realizar trabajos profesionales a través de la digitalización y las tecnologías más avanzadas. La principal ventaja que ofrecen es el gran ahorro de tiempo que suponen, por ello son utilizadas en la industria textil(Dioni, 2015).
- ***Máquina Cortadora:*** Según su forma pueden ser circulares o verticales de diferentes tamaños y de uso industrial, para realizar el corte necesita ser manipulada por un operario el mismo que la guiará por los trazos previamente dibujados sobre la tela(Santacruz Ron, 2017, p. 15).
- ***Estampadora:*** Son máquinas de escritorio que trabajan con temperaturas muy altas y su tamaño varía según el diseño a estampar, se pueden encontrar modelos semiautomáticos y, son utilizadas para las múltiples técnicas de estampado con el cual se transfiere a la prenda por medio de calor el diseño impreso en hojas especiales para esta actividad(Calderón, 2017, p. 51).

2.4 Máquina remalladora industrial para el maquilado textil

Son máquinas capaces de facilitar acabados profesionales a grandes velocidades de costura, en la actualidad existe una gran variedad de marcas y modelos, para su aplicación en las distintas áreas de trabajo podemos clasificarlos por el número de hilos que utiliza para elaborar el tipo de costura, así lo muestra la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Modelos de máquina remalladora según el número de hilos

| Modelo | N° Agujas | N° Ancoras | Tipo de costura |
|---------|-----------|------------|---|
| 3 hilos | 1 | 2 | - Sobrehilado |
| 4 hilos | 2 | 2 | - Sobrehilado - Falsa puntada de seguridad |
| 5 hilos | 2 | 3 | - Sobrehilado - Puntada de seguridad |
| 6 hilos | 2 | 3 | - Sobrehilado - Falsa puntada de seguridad - Puntada de seguridad |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se basa exclusivamente en el estudio de la máquina de coser tipo remalladora de la marca *Pegasus modelo M800*.

2.5 Máquina Remalladora Pegasus M800

Este modelo esta configurado para realizar una costura con 5 hilos a grandes velocidades, motivo por el cual es una de las más populares del medio local al momento de empezar con un centro de confección textil. En la tabla 2-2 se ilustra las especificaciones técnicas más importantes que la caracterizan.

Tabla 2-2: Especificaciones técnicas

| Pegasus M800 | |
|-------------------------------|--|
| Sistema de control | Manual |
| N° de hilos | 5 |
| Tipos de tejido | -Sobre hilado de 3 hilos -Cadeneta de seguridad |
| Velocidad máxima | 6.000 rpm |
| Sistema de lubricación | Aceite |
| N° de agujas | 2 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.5.1 Partes constitutivas de la máquina

La máquina se constituye por diversos sistemas: mecánico, enhebrado y lubricación, su correcto funcionamiento depende del buen uso y mantenimiento de los mismos. En la figura 4-2 se muestra las partes de la máquina remalladora.

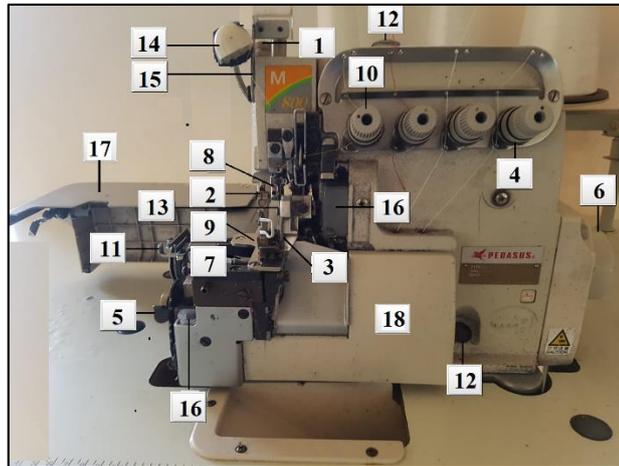


Figura 4-2. Partes de la máquina remalladora

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

A continuación, se muestra en la tabla 3-2 el nombre y función de las partes que constituyen la máquina remalladora expuestas en la figura 4-2.

Tabla 3-2: Función de las partes de la máquina remalladora

| N° | NOMBRE | FUNCIÓN |
|----|--------------------------------|--|
| 1 | Tornillo Prénsatela | Ajusta la presión con la que sujetará el prénsatela |
| 2 | Prénsatela | Prensa y estira la tela, sujetándola a la placa de agujas |
| 3 | Cuchillas | Cortan el exceso de tela al momento que se realiza la costura |
| 4 | Ruletas de los tensores | Ajustan la tensión de los hilos de las agujas y de las áncoras |
| 5 | Diferencial | Regula la forma de la costura según el tipo de tela |
| 6 | Ruleta | Regula el número de puntadas por pulgada |
| 7 | Ancoras | Conjuntamente con las agujas forman la costura |
| 8 | Soporte de agujas | Pieza donde descansan las agujas |
| 9 | Placa de agujas | Sobre esta se ubica la cadeneta del sobrehilado |
| 10 | Tensores | Regulan la tensión de los hilos de agujas y áncoras |

| | | |
|----|-------------------------------|--|
| 11 | Guía de hilo | Dirige el enhebrado de hilos de agujas y áncoras |
| 12 | Medidor de lubricante | Permite observar el nivel de lubricante |
| 13 | Aguja | Conjuntamente con las áncoras forman la costura |
| 14 | Lámpara Led | Mejora la iluminación local |
| 15 | Palanca prénsatela | Libera o sujeta el prénsatelas |
| 16 | Reservorios | Almacena refrigerante para las agujas y áncoras |
| 17 | Compartimiento Lateral | Protege el sistema mecánico del exterior |
| 18 | Compartimiento Frontal | Protege el sistema mecánico del exterior |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.5.2 Estación de costura de la máquina

La máquina de coser remalladora antes de iniciar el proceso de costura necesita una serie de elementos y equipos, deben estar correctamente instalados y cumplir normas de seguridad, este conjunto forma la estación de trabajo para la máquina. En la figura 5-2 se muestra las partes de la estación de trabajo para la máquina remalladora Pegasus M800.

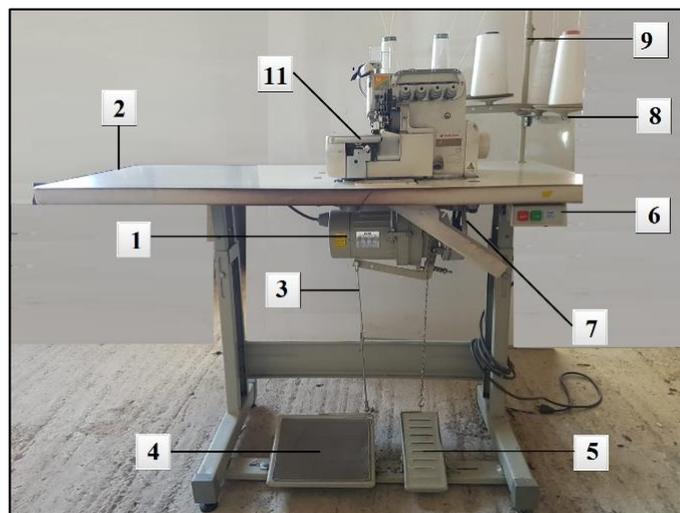


Figura 5-2. Estación de costura de la máquina remalladora

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

A continuación, se muestra en la tabla 3-2 el nombre y la función de las partes que conforman la estación de costura de la máquina expuestas en la figura 5-2.

Tabla 4-2: Función de las partes de una estación de costura tipo remalladora

| N° | NOMBRE | FUNCIÓN |
|----|-----------------------------|---|
| 1 | Motor | Genera el movimiento requerido para el sistema mecánico de la máquina de coser |
| 2 | Mesa | Soporte de la máquina de coser |
| 3 | Varilla del embrague | Conecta el pedal de acelerador con el embrague del motor |
| 4 | Pedal Acelerador | Varia el posicionamiento del embrague del motor para obtener la velocidad deseada |
| 5 | Pedal Prénsatelas | Quita el seguro del prénsatelas para su libre manipulación |
| 6 | Interruptor | Da paso al encendido y apagado de la máquina de coser |
| 7 | Correa o banda | Transmite el movimiento del eje del motor al eje de la máquina de coser |
| 8 | Porta conos | Soporte para los hilos |
| 9 | Plato | Transporta los desperdicios generados por las cuchillas |
| 10 | Brazos guía | Soporte y guía para el enhebrado hasta los tensores |
| 11 | Cabezal | Máquina de coser tipo remalladora |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.5.3 Enhebrado de la máquina

Para el correcto tejido en el proceso de costura es de mucha importancia realizar el enhebrado correcto de los hilos, respetando la orientación de cada uno de ellos para evitar la ruptura y enrollamiento de los mismos. En la figura 6-2 se muestra la guía de enhebrado para la máquina remalladora Pegasus M800.

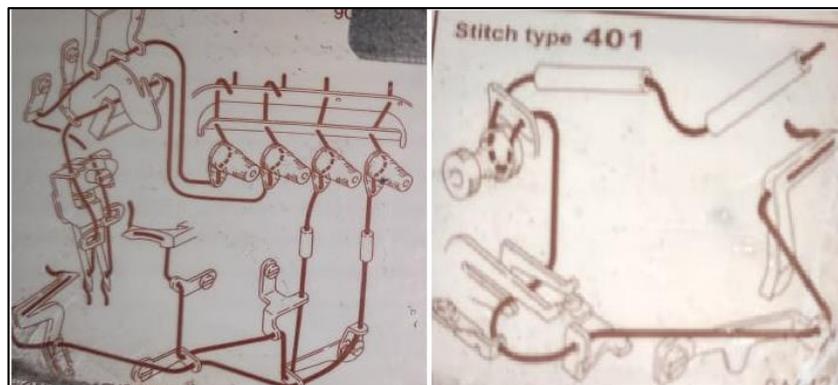


Figura 6-2. Guía para el enhebrado

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En la figura 7-2 se muestra el enhebrado correcto de los 5 hilos, que tiene como punto final en 2 agujas y 3 garfios por medios de los cuales la máquina tiene la capacidad de realizar el tejido correspondiente.

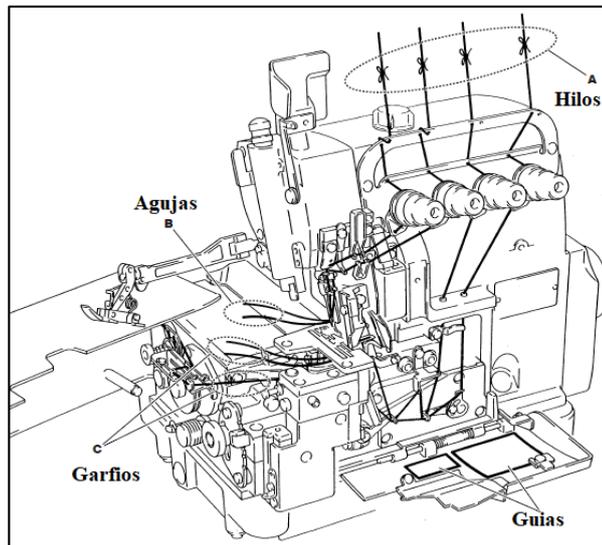


Figura 7-2. Enhebrado de la máquina remalladora M800
 Fuente: (Pegasus, 2004, p. 102).

2.6 Estudio operacional de la máquina remalladora pegasus M800

Tiene como objetivo realizar un estudio y análisis de parámetros específicos de la estación de costura tipo remalladora de la marca Pegasus modelo M800 entre ellos se estudia.

2.6.1 Fuente generadora de energía mecánica

Para realizar el proceso de costura, la máquina remalladora necesita de un ente externo que genere la energía mecánica necesaria para poner en marcha su sistema mecánico y así iniciar con el proceso de costura, En este caso utiliza como fuente generadora de energía mecánica un motor con embrague mecánico de la marca ISM® que se alimenta con corriente alterna (AC), sus especificaciones técnicas se las muestra en la figura 8-2.



Figura 8-2. Motor con embrague mecánico
 Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En la tabla 5-2 se muestra los datos técnicos operacionales del motor ilustrado anteriormente

Tabla 5-2: Datos técnicos del motor con embrague

| CLUTCH MOTOR ISM® | | |
|---|-------------|-----------|
| MODELO NS.412 400w 2P Monofásico de corriente alterna | | |
| Hertz | 50 | 60 |
| Voltaje | 110 / 220 | 110 / 220 |
| Amperios | 6.0 / 3.0 | 5.2 / 2.6 |
| Rpm | 2860 | 3450 |
| Torque de inicio (g.m) | 36 | 38 |
| Capacitor | 25 uF 250 v | |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.6.1.1 Consumo de corriente

En la gráfica 1-2 se ilustra el consumo de corriente eléctrica del motor, evidenciando un elevado consumo al momento de energizar el motor, posteriormente se estabiliza a valores normales de consumo.

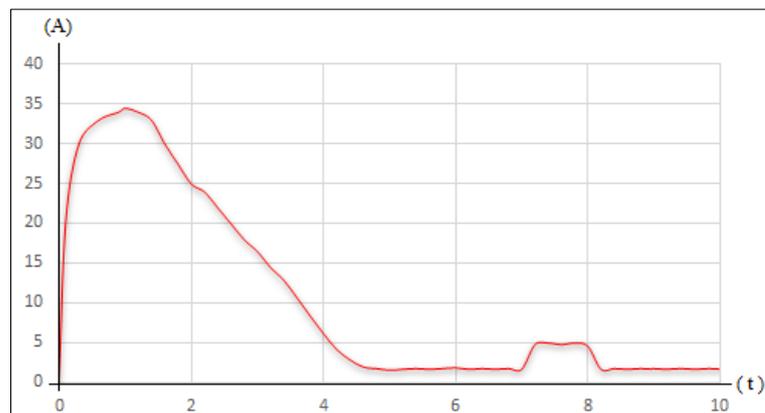


Gráfico 1-2. Consumo de corriente

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.6.2 Sistemas de seguridad

Para precautelar la seguridad del operario, la máquina remalladora está constituida con diversos mecanismos que ayudan a disminuir el riesgo de accidentabilidad, además de recomendar interrumpir el suministro de corriente antes de realizar cualquier cambio o ajuste a la máquina. En la figura 9-2 se ilustra los mecanismos de seguridad que incorpora la máquina.

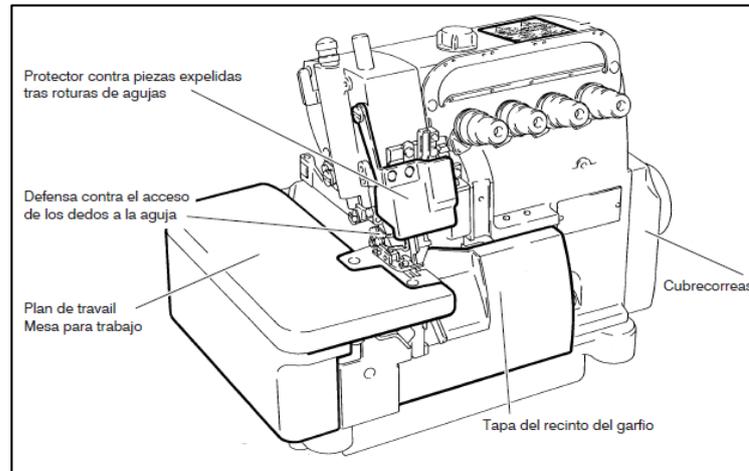


Figura 9-2. Mecanismos de seguridad

Fuente: (Pegasus, 2004, p. 89).

2.6.2.1 Procedimientos adicionales para mejorar la protección del operario

Además de los sistemas de protección que tiene la máquina ya implementados, se ha detectado posibles zonas de alta peligrosidad que requieren un control de su estado en tiempo real antes de dar paso a la ejecución del proceso de costura para precautelar la integridad del operario y a la vez de la máquina, las zonas puestas a consideración se ilustran en la figura 10-2.

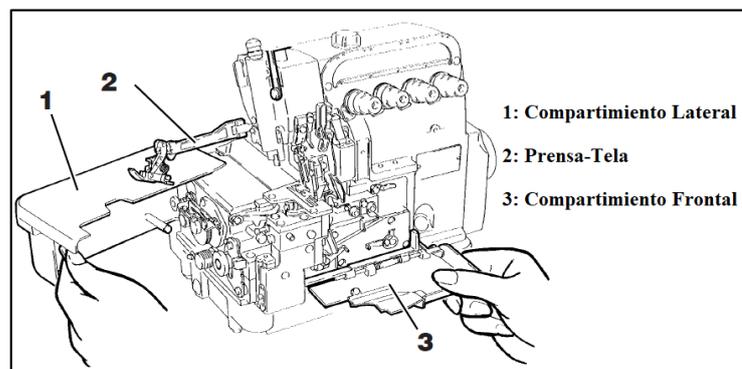


Figura 10-2. Mecanismos de seguridad

Fuente: (Pegasus, 2004, p. 96).

- **Compartimiento Lateral y Frontal:** Tienen la finalidad de resguardar del exterior el sistema mecánico del enhebrado, el compartimiento lateral para el tejido tipo cadeneta de seguridad, y el otro para el tejido sobre hilado de 3 hilos, su posición correcta (cerrada) antes de iniciar la costura garantiza la no accidentabilidad por incrustación de objetos extraños en el sistema mecánico, caso contrario (abierto) no da inicio al proceso de costura.
- **Prensa – Tela:** Asegura la fijación de la pieza a coser con el arrastra tela, su posición correcta (cerrada) antes de iniciar la costura evita colisión con el sistema de agujas y la descalibración de las mismas, caso contrario (abierto) no da paso al proceso de costura.

2.6.3 Niveles de Ruido

El mecanismo propio de la fuente de energía mecánica actúa como fuente de contaminación auditiva por la acción misma de su mecanismo interno de funcionamiento y su sistema mecánico de control, tiene efecto directo sobre el operario que permanece estático junto a él. En la gráfica 2-2 se muestra los niveles de ruido que produce la estación de costura.

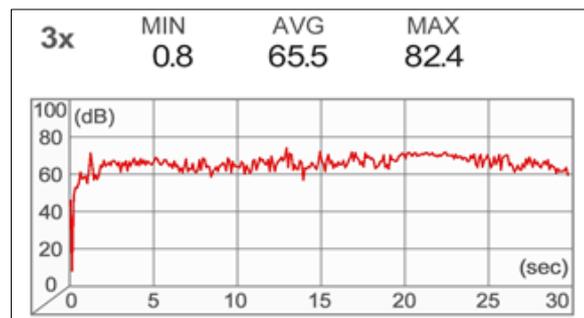


Gráfico 2-2. Niveles de ruido de la estación remalladora
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Según la Organización Mundial de la salud (OMS) por sus siglas, 55 decibeles es el nivel de ruido que el oído humano puede tolerar sin alterar su salud. Y dependiendo del tiempo de exposición, ruidos mayores a los 60 decibeles pueden provocarnos malestares físicos dolor de la cabeza, agitación de la respiración dando como resultados fatiga y tensión en los músculos.

Además, en la normativa vigente de la Cámara de Industria y Producción del Ecuador (CIP) por sus siglas, en la normativa técnica que establece los límites permisibles de ruido ambiente para

fuentes fijas y móviles, en su libro VI anexo 5 argumenta que, para fuentes fijas generadoras de ruido en zonas industriales no debe sobrepasar un máximo de 75 dB con miras para la protección del ser humano contra daños o pérdidas de la audición(MAE, 2012, p. 7). En la tabla 6-2 se muestra los niveles de ruido admisibles para ambientes laborables según el uso del suelo.

Tabla 6-2: Límites de ruido según el tipo de suelo

| TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO | LÍMITES DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)] | |
|---|--|------------------|
| | DE 06H00 A 20H00 | DE 20H00 A 06H00 |
| Zona hospitalaria y educativa | 55 | 45 |
| Zona Residencial | 60 | 50 |
| Zona Residencial mixta | 65 | 55 |
| Zona Comercial | 65 | 55 |
| Zona Comercial mixta | 70 | 60 |
| Zona Industrial | 75 | 65 |
| Zonas de Preservación de Hábitat | 60 | 50 |

Fuente: (MAE, 2012).

2.6.3.1 Métodos para prevenir y proteger al operario del ruido industrial

De acuerdo con el plan de prevención de riesgos laborales de cada instalación, deben tomarse medidas para minimizar los efectos perjudiciales del ruido industrial en los trabajadores. Unas directrices genéricas para conseguirlo pueden ser:

- **Reducción de ruido en su origen:** Cabe la posibilidad de fijar las máquinas que más ruido emiten e instalar el material necesario para evitar vibraciones o focos de ruido. También se pueden instalar paneles acústicos en la sala para conseguir un rendimiento sonoro adecuado(Ideatec, 2018).
- **Modificación de procesos productivos para disminuir el ruido:** Este punto es quizá más complicado para las empresas, pero a la hora de cuidar la salud de los trabajadores no se debería evitar ningún esfuerzo(Ideatec, 2018).

- **Reemplazo del dispositivo generador de ruido:** Basándose en un análisis de la tecnología utilizada en los procesos de producción, y de la factibilidad que tenga la empresa, la innovación tecnológica brinda grandes beneficios al reemplazar la tecnología existente por dispositivos que realizan el mismo trabajo, pero con niveles menores de generación de ruido.

2.6.4 Mantenimiento

Toda máquina de coser requiere un mantenimiento para su correcto funcionamiento, la máquina remalladora tanto en la parte externa como en la interna esta compuesta por una gran variedad de piezas móviles y fijas susceptibles al desgaste. Por eso, es necesario llevar a cabo un plan de mantenimiento riguroso a esta máquina por el trabajo continuo que realiza durante varias horas al día y por la gran velocidad a la que trabaja.

La importancia de tener un plan de mantenimiento trae grandes beneficios si se aplica de la forma correcta, con el fin de evitar pérdidas económicas, bajo rendimiento de producción y para garantizar la disponibilidad de la máquina se tiene en consideración los siguientes procedimientos.

2.6.4.1 Mantenimiento diario

Por la acción de corte de tela que realiza la máquina remalladora es inevitable que esta genere pelusa , conjuntamente con las horas acumuladas de trabajo diario y con los residuos de aceite obliga al operario realizar las siguientes actividades.

- Limpiar los residuos de pelusa y polvo acumulada en los dientes de arrastre, prénsatelas, barra de agujas, cabezal y la mesa de trabajo ayudándose de una brocha, paño y aspiradora respectivamente.
- Revisar los niveles de lubricante tanto en los reservorios de refrigeración como el de la máquina.
- Para el no uso prolongado de la máquina desenchufarla y posicionar la aguja hacia abajo.
- Al fin de cada jornada cubrir la máquina con su respectivo cobertor.
- Comunicar cualquier anomalía que presente la máquina como pueden ser: sonidos raros, costura defectuosa, rotura de hilo constante

En la figura 11-2 se muestra el mantenimiento diario que se aplica a la máquina remalladora industrial al finalizar la jornada de trabajo.



Figura 11-2. Mantenimiento diario máquina remalladora
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.6.4.2 *Mantenimiento Predictivo*

Se lo realiza comúnmente de forma semanal o quincenal y según las horas acumuladas de trabajo para evitar daños permanentes a futuro que se podría generar en cualquier pieza o parte de la máquina y demás accesorios, para efectuar el mismo el operario debe realizar las siguientes actividades.

- Revisar el estado de la banda que conecta el eje del motor con el de la máquina.
- Sustituir el aceite lubricante cada 3 meses.
- Lubricar los diferentes mecanismos exteriores de la máquina como son: los pedales, embrague del motor, tapa del diferencial, etc.
- Revisar el estado de los dientes del arrastra telas y funcionamiento del motor.
- Ajustar los diversos tornillos que posicionan a las diferentes partes o piezas de la máquina.
- Cambio de las agujas.
- Calibración de los pedales de acelerador y embrague.
- Revisar el estado del sistema de lubricación.

En la figura 12-2 se muestra el cambio de aceite lubricante considerado el más importante en el mantenimiento preventivo que se realiza a la máquina remalladora industrial.



Figura 12-2. Mantenimiento preventivo máquina remalladora
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.6.5 *Ajuste de tensión del hilo*

La configuración de la tensión del hilo en la máquina es bastante más compleja por la mayor cantidad de hilos involucrados. Para ajustar la tensión de los hilos, cuenta con un sistema de postes con perillas. En cada uno de estos postes hay dos arandelas sujetadas por un resorte, el hilo se pasa entre las arandelas y la perilla imprime mayor o menor presión sobre el resorte, modificando la tensión de los hilos(MTESS, 2011, p. 62).

En la figura 13-2 se muestra el ajuste de tensión de los hilos, si se gira la tuerca superior de ajuste hacia la derecha, aumenta la tensión del hilo, si gira hacia la izquierda reduce la tensión. Por otra parte, sobre la tela con la que se está probando, girando hacia la derecha, se le da más presión al prensa – tela, y girando hacia la izquierda, se le resta presión.

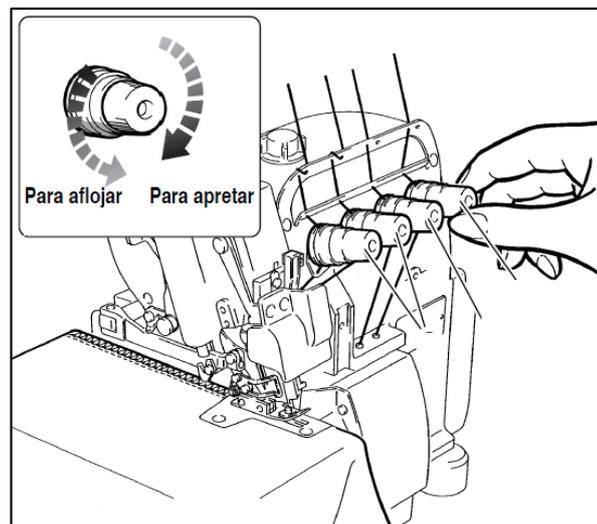


Figura 13-2. Ajuste de tensión del hilo
Fuente: (Pegasus, 2004, p. 97).

2.6.6 Iluminación

La iluminación del área de producción es fundamental, tanto para el trabajador como para el resultado de su trabajo. La fatiga visual tiene una alta incidencia en los trabajadores de la costura y puede, además, generar errores en la tarea. Se puede mejorar la iluminación intentando aumentar al máximo el ingreso de luz natural o adaptando un sistema de iluminación local para la máquina de coser (MTESS, 2011, p. 72). En la tabla 7-2 se muestra los niveles de iluminación requeridos según la actividad a desarrollar.

Tabla 7-2: Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares

| ILUMINACIÓN MÍNIMA | ACTIVIDADES |
|--------------------|---|
| 20 luxes | Pasillos, patios y lugares de paso. |
| 50 luxes | Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos. |
| 100 luxes | Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores. |
| 200 luxes | Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas. |
| 300 luxes | Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía. |
| 500 luxes | Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo. |
| 1000 luxes | Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería. |

Fuente: (Villegas Carrasco, 2017, p. 7).

2.7 Sistemas de control para la máquina remalladora

Actualmente podemos encontrar en los talleres de confección textil máquinas remalladoras con sistemas de control manual y automáticos las mismas que se detallan a continuación.

2.7.1 Manual

En la figura 14-2 se muestra el principio de funcionamiento, básicamente se basa en un motor con embrague de corriente alterna, su eje se adapta al de la máquina remalladora mediante una banda

por medio del cual transmite el movimiento que este genera, todos los accionamientos mecánicos son manejados manualmente por el operario. La mayoría de máquinas remalladoras existentes en los talleres de confección textil poseen este sistema.

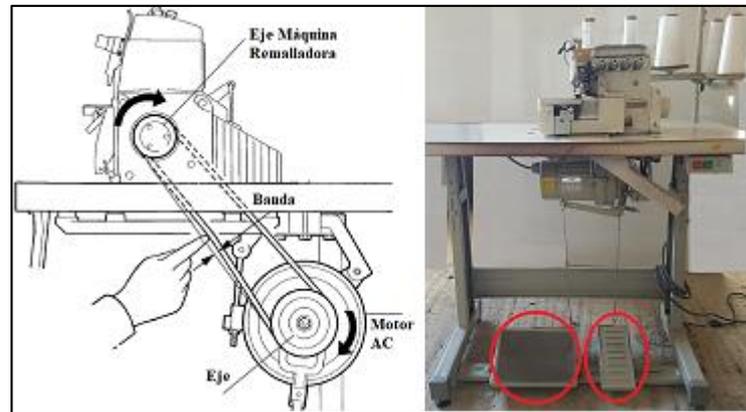


Figura 14-2. Sistema de control manual máquina remalladora
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

El sistema de control se conforma por dos palancas, pedal levanta pie (derecha) y, pedal accionador (de arranque a la izquierda). En la tabla 7-2 se muestra las ventajas y desventajas del sistema manual que posee la máquina modelo M800.

Tabla 8-2: Ventajas y desventajas de la Remalladora M800

| Ventajas | Desventajas |
|-----------------------|---|
| Valor comercial bajo | No posee sistema de seguridad extras ni monitoreo |
| Mantenimiento regular | Control de velocidad limitada |
| Fácil operatividad | Consumo de energía alto |
| | Genera ruido y en ocasiones hasta vibraciones |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.7.1.1 Posicionamiento de la aguja

Para introducir una nueva pieza en posición de costura es de gran ayuda que la aguja se encuentre en posición libre (hacia arriba), y por lo contrario es de mucha ayuda que la aguja se encuentre en posición enclavada (hacia abajo) al momento de pegar el elástico ya que por acción del alado

de la prenda este ayuda como seguro para que la pieza no resbale. En la figura 15-2 se muestra el mecanismo que se utiliza para posicionar la aguja.

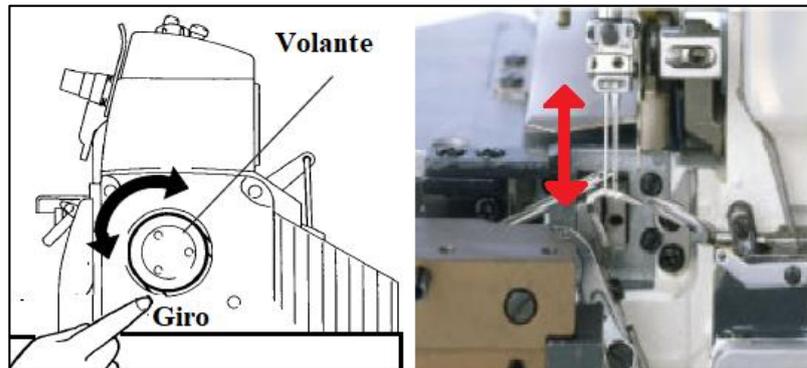


Figura 15-2. Control manual para el posicionamiento de la aguja
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.7.2 *Electrónico*

La marcha de la máquina lo genera un servo motor de corriente directa de tamaño reducido con respecto a los motores utilizados en máquinas de coser manuales, se complementa con uno o varios accesorios electrónicos o neumáticos comandados por la unidad de procesamiento de señales a través de un panel de control lo que facilita y acelera determinadas funciones como pueden ser: corte automático de hilo, alza prensatelas automáticos, sistema de absorción de pelusas, cosido automático lo que reduce la intervención del operario en casi todas las funciones además de incluir sistemas de seguridad. En la figura 16-2 se muestra la máquina remalladora de control automática y en la tabla 9-2 sus ventajas y desventajas.



Figura 16-2. Remalladora automática Jk-798E-4
Fuente: <https://bit.ly/2tRSS1M>.

Tabla 9-2: Ventajas y desventajas de la remalladora Jack Jk-798E-4

| Ventajas | Desventajas |
|---|------------------------|
| Corte de hilo Automático | Valor comercial alto |
| Alza prendas automático | Mantenimiento riguroso |
| Costura automática | |
| Menor consumo energético | |
| Sistema de seguridad | |
| Sistemas de absorción de pelusa | |
| Configuración manual y automática | |
| Mayor productividad | |
| Operatividad a grandes velocidades | |
| Transmisión de movimiento motor-maquina | |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.8 Sistemas desarrollados relacionados al trabajo de titulación propuesto

El avance tecnológico ha hecho que se desarrollen máquinas remalladoras totalmente automáticas, sin embargo, también se ha desarrollado un sistema que se adapta a las máquinas manuales de tecnología tradicional, este sistema incluye un servo motor de bajo consumo energético y silencioso configurable a través de un panel de control de fácil manipulación por el operario.

Por su importancia y necesidad se ha desarrollado un sistema afín al trabajo propuesto en este documento el mismo que se describe a continuación.

2.8.1 *Hightex HVP-70*

Este equipo fue desarrollado por la empresa *Hightex* con el objetivo de disminuir el consumo energético que tienen las máquinas industriales para la confección textil siendo una mejor alternativa en relación a los motores con embrague, esta constituido por un servo motor de bajo consumo con control de velocidad y sentido de giro a través de un panel de control numérico. La figura 17-2 muestra el equipo adaptado a una máquina de coser.

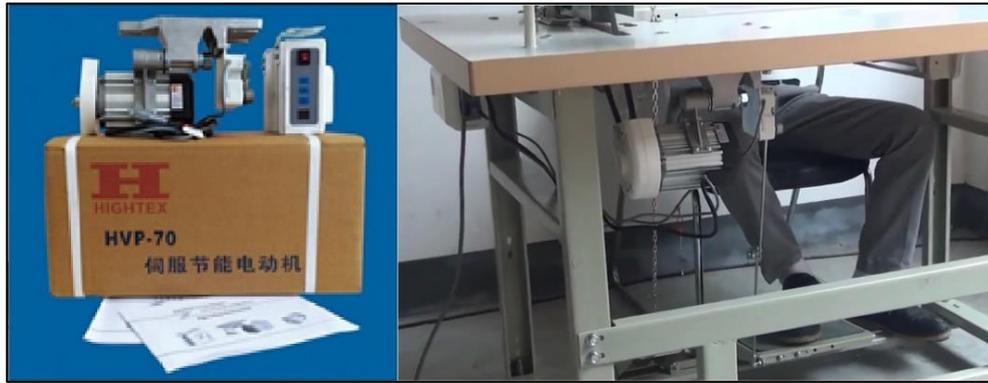


Figura 17-2. Equipo Hightex modelo hvp-70

Fuente: <https://bit.ly/2SeW5Sc>

Las características de este equipo se detallan a continuación.

- Comparados con los motores actuales (Clutch Motor), este nuevo modelo puede ahorrar entre un 75% en el consumo, siendo así amortizable en apenas 8 meses de uso.
- Cuenta con un panel numérico en donde se puede regular la potencia del motor (750W), la velocidad máxima y el sentido de giro del mismo.
- A diferencia de los Clutch Motors, tiene una mejor regulación de la velocidad, pudiendo utilizarlo con facilidad a su más mínima velocidad.
- Totalmente silenciosos (funcionan únicamente cuando se aprieta el acelerador de la máquina).
- Permite regular la velocidad máxima, desde 1600rpm a 4200rpm.
- Su peso y su tamaño equivalen a 1/3 de los motores convencionales.

Para cumplir con la implementación del proyecto propuesto es indispensable incorporar al sistema diversos dispositivos electrónicos, eléctricos y mecánicos que ayuden a conceptualizar la ejecución del mismo, A continuación, se analiza los dispositivos más importantes para su posterior selección de acuerdo a las necesidades requeridas para la ejecución del prototipo.

2.9 Placas de desarrollo

Estas placas están compuestas por algún microcontrolador de empresas como Microchip, Atmel, etc. También cuentan con un procesador de alguna plataforma como ARM, y no tienen un sistema operativo, además solo responden a un lenguaje en particular (Carrasco Paredes, 2018, p. 39).

- **Raspberry Pi:** Es un ordenador de bajo coste y tamaño reducido, tanto es así que cabe en la palma de la mano, considerado como un ordenador simple compuesto por un SoC, CPU, memoria RAM, puertos de entrada y salida de audio y vídeo, conectividad de red, ranura SD para almacenamiento, reloj, una toma para la alimentación, conexiones para periféricos de bajo nivel(Xataka, 2018a).
- **Arduino:** Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso(Fernández, 2020).
- **Nodemcu:** Es una placa de desarrollo de microcontrolador, algo muy parecido a Arduino MKR1000 wifi, la nodemcu tiene también conexión wifi incorporada lo que la hace una candidata excelente para desarrollar proyectos del Internet of things o internet de las cosas(Rivera Morales, 2020).

2.9.1 Análisis comparativo de las placas de desarrollo

En la actualidad existe una gran variedad de tarjetas para el desarrollo de sistemas completos, estas son diseñadas bajo determinadas características y funciones que abarcan diferentes plataformas de aplicación. En la tabla 10-2 muestra un análisis comparativo de varias placas de desarrollo con microcontroladores.

Tabla 10-2: Análisis comparativo de las placas de desarrollo

| | Raspberry Pi | Arduino | Node MCU |
|---------------------|---|--|---|
| Características |  |  |  |
| Procesador | BCM & ARM 64 bits | ATmega 16 bits | Xtensa Single Core 32 bits |
| Software | Libre, multiplataforma | Libre | Libre |
| Frecuencia de Reloj | 1.4 Ghz | 16 Mhz | 160 Mhz |
| Puertos Usb | 4 | 1 | No |

| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------|-------------|
| Ethernet | Si | No | Si |
| Puerto HDMI | Si | No | No |
| Ram | 1 Mb | 8 Kb | 32 Kb |
| Conectividad | Wifi Bluetooth 4.1 | No | Wifi |
| Entradas y Salidas | 40 | 54 | 30 |
| Voltajes de Operación | 3.3 V / 10mA | 5V / 15mA | 5V / 110mA. |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En vista a las especificaciones técnicas de cada familia de tarjetas de desarrollo puestos a consideración en la tabla 4-2, la familia Raspberry Pi tiene las mejores características en cuanto a capacidad de memoria ram y frecuencia de trabajo, además que facilita la comunicación con los diversos periféricos de entrada y salida con los puertos que vienen incorporados en su arquitectura sin la necesidad de instalar módulos externos, lo que lo hace idóneo para la aplicación en el desarrollo de este proyecto.

2.10 Acoples Mecánicos

Son dispositivos que tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Las fallas en los acoplamientos se deben a efectos internos tales como un maquinado inapropiado o de mala calidad, así como del material del cual esta construido vinculando el diseño que tiene el mismo. En las fallas externas principalmente se da por la mala selección del acoplamiento y el desalineamiento excesivo que se ilustra en la figura 18-2.

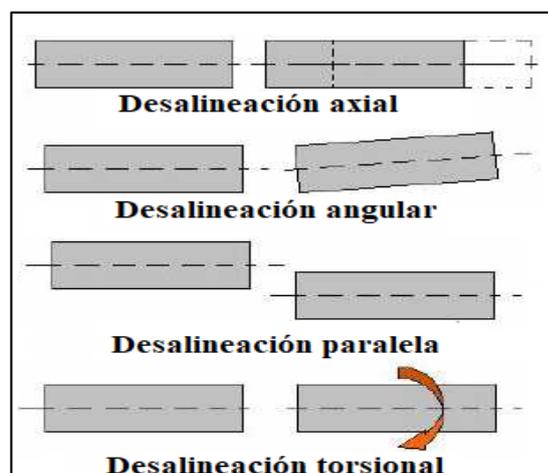


Figura 18-2. Fallas de los acoplamientos mecánicos

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

2.10.1 Acoplamientos Rígidos

Son diseñados para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos en los cuales se requiere una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse; en tales casos el acople debe diseñarse de tal forma que sea capaz de transmitir el torque en los ejes.

Los acoplamientos rígidos deben emplearse solo cuando la alineación de los dos ejes puede mantenerse con mucha precisión, no solo en elemento en que se instalan, sino también durante la operación de las máquinas. Si surge desalineación angular, radial o axial significativa, aquellas tensiones que son difíciles de predecir y pueden conducir a una falla temprana del eje debida a fatiga pueden ser inducidas sobre los ejes.

2.10.2 Acoplamientos Flexibles

Son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular. Es un hecho real que siempre habrá alguna desalineación entre un eje impulsor y un eje impulsado, por lo cual deben ocuparse “acoplamientos flexibles”. Es decir el propósito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par de torsión requerido desde el eje impulsor al impulsado y compensar el desalineamiento angular, paralelo o una combinación de ambos, con numerosas funciones complementarias como proporcionar desplazamiento axial y así mismo restringirlo(Quilodrán Jopia, 2007, p. 2). Entre ellos se tiene:

- **Acoplamientos de manguito elástico:** Es un cilíndrico pero con muchos cortes radiales, dando la apariencia de un muelle. Permite mucha desalineación y es de reducido tamaño, si bien no permite la transmisión de elevados pares, son muy utilizado en electrodomésticos, de una sola pieza, mecanizados en aleación de aluminio templado y anodizado. Bajo demanda especial, se pueden fabricar en acero inoxidable. Son aptos para transmisiones que requieran pares moderados y cuando la desalineación en los ejes no sea muy grande.(Hincapié, 2008, p. 14).
- **Acoplamientos de cadena:** Se caracteriza por su tipo de engranaje, sobresalen por su sencillez, todo lo que se necesita son dos ruedas dentadas y un trozo de cadena doble. Por lo general se utiliza a baja velocidades, excepto cuando se les agrega una cubierta especial, metálica o de plástico, para contener el lubricante de lo contrario sería expulsado por la acción de las fuerzas centrífugas. Este tipo se utiliza en aplicaciones acopladas cerradas(Quilodrán Jopia, 2007, p. 4).

- **Acoplamiento quijada de goma:** Estos acoplamientos absorben la desalineación por la flexión de uno o más de sus componentes, Con el tiempo esta flexión puede hacer que falle el elemento el cual deberá remplazarse. Resulta evidente que cuanto menor sea la desalineación que deba absorber el acoplamiento, menor será la flexión que deben sufrir los elementos pudiendo así obtenerse un servicio más largo sin problemas. (Quilodrán Jopia, 2007, p. 5).

2.10.3 Análisis comparativo de los acoplamientos mecánicos

En la tabla 11-2 se muestran los diferentes acoples mecánicos con sus especificaciones técnicas según su tipo y características.

Tabla 11-2: Análisis comparativo de acoples mecánicos

| NOMBRE | DESALINEACIÓN TOLERADA | | | | CONSIDERAR |
|------------------------------|------------------------|---------|----------|------------------|--------------------------------|
| | AXIAL | ANGULAR | PARALELA | TORSIONAL | |
| Acoplamientos rígidos | Grande | Ninguna | Ninguna | Ninguna | Se exige alineación |
| Mango de goma | Moderada | Ligera | Ninguna | Ninguna | Ninguna |
| De disco flexible | Ligera | Ligera | Ligera | Ligera o ninguna | Capacidad de absorber impacto. |
| Helicoidal de fuelle | Ligera | Grande | Moderada | Ninguna | Gran capacidad de par torsor. |
| Quijadas de goma | Ligera | Ligera | Ligera | Moderada | Gran absorción de impacto. |

Fuente: (Quilodrán Jopia, 2007, p. 7).

En vista a las especificaciones técnicas de los dispositivos puestos a consideración en la tabla 11-2, el acople mecánico flexible tipo quijada de goma tiene las mejores características en cuanto a las tolerancias admisibles referentes a la desalineación axial, paralela, torsional, angular y gran absorción de impacto gracias al elemento elastómero que posee, además de la fácil comercialización existente en el mercado local que lo convierte en el acople más utilizado en la industria e idóneo para la aplicación en el desarrollo de este proyecto.

2.11 Motor de corriente directa

Es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético. Un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina antes que pueden ser o bien devanados de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa a través de delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas.

2.11.1 Análisis comparativo de motores de corriente directa

La existencia de una gran variedad de motores de corriente directa hace que sea más fácil la utilización de los mismo según sus funcionalidades y el campo de aplicación. En la Tabla 12-2 se detallan las características de los motores a consideración para la implementación de este proyecto.

Tabla 12-2: Análisis comparativo de motores de corriente continua

| Características | Motor sin escobillas (BLDC) | Motor con escobillas |
|------------------------------------|--|---|
| Conmutación | Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall | Conmutación por escobillas |
| Mantenimiento | Mínimo | Periódico |
| Durabilidad | Mayor | Menor |
| Curva Velocidad / par | Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida Moderada. | A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par. |
| Eficiencia Alta | Sin caída de tensión por las escobillas. | Moderada |
| Potencia de salida / Tamaño | Alta. Menor tamaño debido a mejores características térmicas porque los bobinados están en el estator, que al estar en la carcasa tiene una mejor disipación de calor. | Baja. El calor producido en la armadura es disipado en el interior aumentando la temperatura y limitando las características. |
| Inercia del rotor | Baja. Debido a los imanes permanentes en el rotor | Alta. Limita las características dinámicas. |

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| Rango de velocidad | Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por escobillas/conmutador. | Bajo. El límite lo imponen principalmente las escobilla |
| Ruido eléctrico generado | Bajo | Arcos en las escobillas |
| Coste de construcción | Alto. Debido a los imanes permanentes | Bajo. |
| Control | Complejo y caro | Simple y barato. |
| Requisitos de control | Un controlador es requerido siempre para mantener el motor funcionando. El mismo puede usarse para variar la velocidad. | No se requiere control si no se requiere una variación de velocidad. |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Según las características de la tabla 12-2 y en base a las necesidades requeridas el motor de corriente continua sin escobillas, es el equipo que sobresale por su rango de velocidad, bajo ruido eléctrico, alta potencia de salida y bajo requerimiento de mantenimiento lo hace ideal para la implementación en el desarrollo de este proyecto.

2.12 Sensores

El término sensor se refiere a un elemento de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema. Al elemento activo de un sensor se le conoce comúnmente como transductor. El diseño de sensores y transductores siempre involucra alguna ley o principio físico o químico que relaciona la cantidad de interés con algún evento medible (MecatrónicaLATAM, 2018). A continuación, se detallan algunos sensores.

- **Sensores de movimiento:** Se encargan de recopilar información del estado de un robot, permitiendo un alto grado de control y precisión del robot con respecto a su entorno.
- **Sensores ultrasónicos:** Son detectores de proximidad que divisan objetos a distancia, emiten un sonido y miden el tiempo que la onda tarda en regresar cuando se refleja en un objeto, el eco recibido por el sensor se convierte en una señal eléctrica (Cárdenas, 2015).
- **Sensores infrarrojos:** Son dispositivos opto electrónicos que miden la radiación electromagnética infrarroja que emiten los cuerpos que se ubican en su campo de visión. La radiación se encuentra en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible por lo cual se vuelve imperceptible para el ojo humano (Carrasco Paredes, 2018, p. 40).

2.12.1 Análisis comparativos de sensores

Existe una gran variedad de sensores que cumple la misma funcionabilidad, sin embargo, unos sobresalen por sus características. En la tabla 13-2 se detallan las características de los sensores anteriormente expuestos.

Tabla 13-2: Análisis comparativo de sensores

| Características | Infrarrojo | Ultrasónico | Movimiento |
|---------------------|--|--------------|--------------|
| Rango de medición | 1 a 25 mm. | 10 a 80 cm. | 1 a 15 mm. |
| Control | Posee un trimpot para ajustar sensibilidad | ----- | ----- |
| Ángulo de detección | --- | 15 ° | 25 ° |
| Frecuencia | 25 Hz. | 40 Hz. | ---- |
| Error relativo | +/- 1 mm. | +/- 3 mm. | +/- 10 mm. |
| Alimentación | 5 V | 5 V | 5 – 12 V |
| Señal de salida | 0 ó 1 lógico | 0 ó 1 lógico | 0 ó 1 lógico |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En base a los datos recabados en la tabla 13-2 el sensor infrarrojo debido a sus características ofrece un mayor rango moderado para la detección del objeto, gracias al trimpot que posee se puede modificar la sensibilidad para la detección del mismo, su salida digital y la alimentación que posee lo hace ideal para su uso en la implementación de este proyecto.

2.13 Dispositivos de visualización y control.

Permiten mostrar y controlar la información de determinados procesos al usuario de manera visual y táctil, un visualizador de una señal de video se lo denomina comúnmente pantalla. A continuación, se muestra algunos ejemplos de los mismos.

- **Pantalla tipo LCD:** Viene del inglés Liquid Crystal Display, o sea pantalla de cristal líquido, es un dispositivo informativo, de grandes dimensiones y fácil de leer. Uso conveniente de todas sus funciones por medio de botones de control. Permite visualizar la información en todo momento.

- **Pantallas tipo tft:** Posee la tecnología TFT LCD (*Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display*) es una variante de pantalla de cristal líquido (LCD) que usa tecnología de transistor de película delgada (TFT) para mejorar su calidad de imagen (Samsung, 2018).

Permite una interfaz hombre máquina por medio de su pantalla que muestra la información además de ejecutar comandos desde la misma sin la necesidad de utilizar botones físicos, su arquitectura permite el uso de la pantalla táctil resistivo integrado, utiliza un puerto serie para la comunicación.

2.13.1 Análisis comparativo de pantallas

Existe una gran variedad de dispositivos para la visualización y control utilizados en la industria que cumple la misma funcionabilidad, sin embargo, unos sobresalen por sus características. En la tabla 14-2 se detallan las características de los dispositivos expuestos anteriormente.

Tabla 14-2: Análisis comparativo de pantallas

| Características | Nextion TFT | LCD |
|----------------------|------------------|-------|
| Resolución | Alta | Baja |
| Pantalla | Táctil Resistivo | ---- |
| Alimentación | 5 V | 5 V |
| Consumo de corriente | 410 mA | 25 mA |
| Memoria flash | 16 Mb. | ---- |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Basándonos en los datos obtenidos en la tabla 14-2, la pantalla tft debido a sus características ofrece un dinamismo y comodidad para la monitorización y control táctil de la información que se muestra en ella lo que le hace ideal para su uso en la implementación de este proyecto.

2.14 Tipo de control

Se basa en el funcionamiento requerido por el sistema para cumplir los requerimientos del mismo (Gamboa Cedeño, 2017, p. 30), para esto se realiza un análisis con de cada uno de los tipos de control en base a los parámetros que se ilustran en la tabla 9-3

Tabla 15-2: Análisis comparativo de los tipos de control

| Parámetros | Control On - Off | Control Integral Proporcional | Control Integral | Control Proporcional Integral |
|--|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| Control de fácil implementación | ✓ | x | x | x |
| Programación de fácil entendimiento y realización | ✓ | x | x | x |
| Fácil Mantenimiento | ✓ | x | x | x |
| Recomendable para proceso de poco riesgo | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta. | ✓ | x | x | x |
| Tiene un simple mecanismo de construcción | ✓ | x | x | x |
| Mínimo desgaste de los equipos de controlados | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Facilidad para tomar resultados | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Inmunidad al ruido | ✓ | x | x | ✓ |
| Sistema sin compensadores | ✓ | x | x | x |

Fuente: (Gamboa Cedeño, 2017, p.30).

En base a los parámetros ilustrados en la tabla 15-2, el tipo de Control On – Off se adapta idealmente para la ejecución de este prototipo al ser un sistema de regulación más simple y económica.

3. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se detalla la concepción general del sistema para el control de la máquina remalladora industrial, se establecen los requerimientos necesarios para su diseño tanto de *hardware* y *software*, selección de equipos y dispositivos electrónicos y eléctricos previo un análisis teórico.

3.1 Requerimientos del prototipo

En base a la revisión teórica realizada en el capítulo anterior, se detallan a continuación los requerimientos que debe cumplir el sistema a implementar considerando las características funcionales de la máquina remalladora industrial de la marca *Pegasus®* modelo M800.

- Control de velocidad
- Control de posicionamiento de la aguja
- Selección de trabajo manual y automático
- Menor consumo de energía eléctrica
- Sistema de seguridad adicionales para el operario
- Registro de horas de trabajo para ejecutar un plan de mantenimiento predictivo
- Sistema que genere menor ruido
- Iluminación local
- Interfaz hombre – máquina de fácil interpretación

3.2 Consolidación general del prototipo

El sistema en general está constituido por sensores, dispositivos eléctricos, electrónicos además de una parte mecánica. Principalmente su funcionamiento se basa en una tarjeta de desarrollo comandada por una interfaz hombre-máquina encargada de toda la parte lógica del sistema, envía y recibe las señales para ejecutar las diversas funciones constituidas en su código de programación.

Con la implementación del sistema se busca reemplazar la tecnología que posee la máquina, tradicionalmente esta constituida por un motor de corriente alterna el mismo que transmite energía mecánica de eje a eje a través de una polea, el nuevo motor trabaja con una fuente de alimentación

DC, este se conecta directamente con el eje de la máquina a través de un acople flexible teniendo algunas ventajas como el reducir el consumo eléctrico, menor fuente de ruido además de la capacidad de seleccionar el posicionamiento de la aguja, control de tiempo de trabajo para generar un plan de mantenimiento preventivo, un panel de control y diversos sistemas de seguridad para el operario. En la figura 1-3 se observa la consolidación general del prototipo.

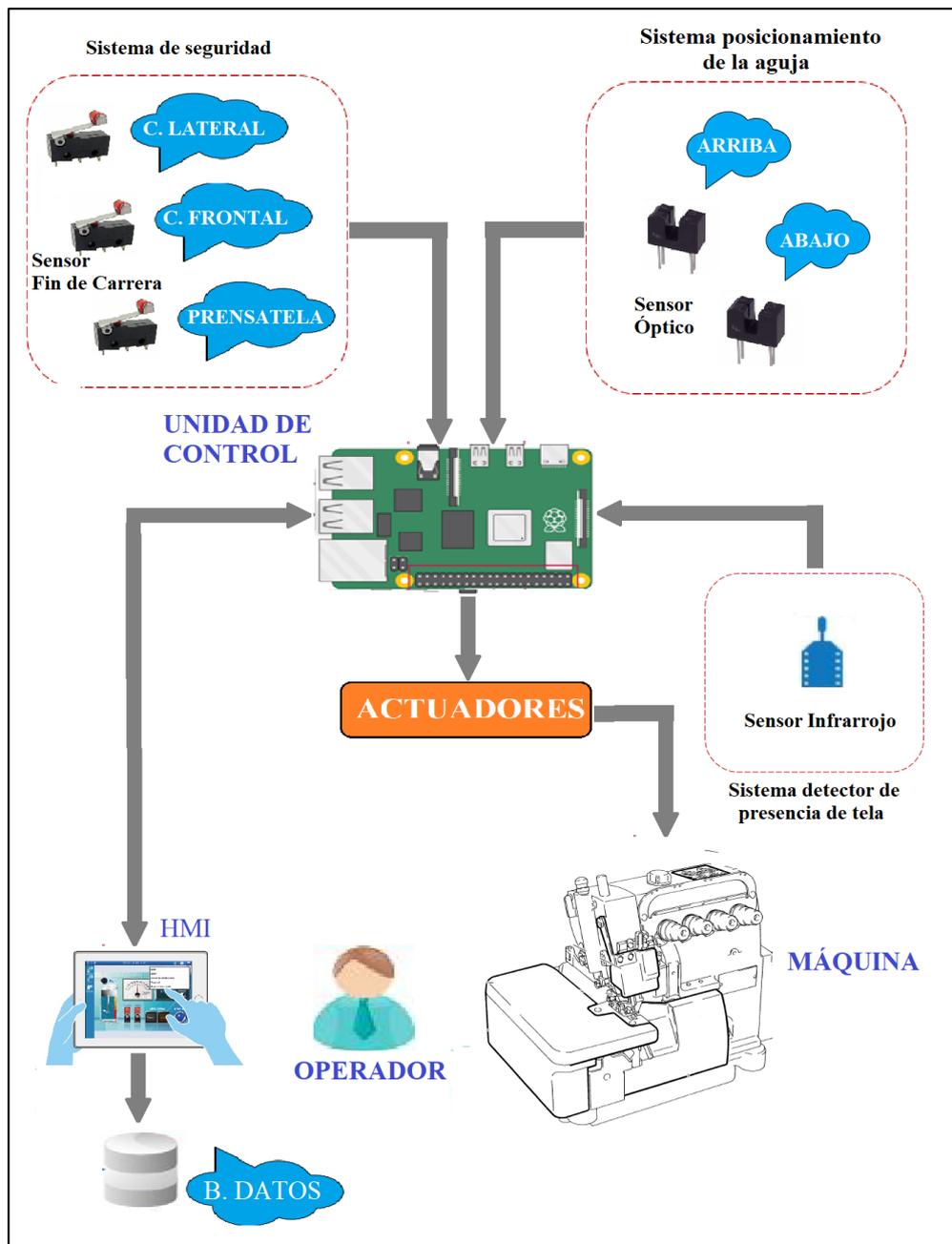


Figura 1-3. Consolidación general del prototipo

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.3 Arquitectura de *hardware* del sistema

En la figura 2-3 se puede observar las diferentes etapas que conforman el sistema a implementar, en la *etapa de obtención de datos* se encuentran los sensores debidamente apostados para detectar el posicionamiento de la aguja, además de los finales de carrera que detectan el estado de apertura o cerrado de los compartimientos de la máquina, estos son los encargados de transmitir la información del entorno hacia la *etapa de procesamiento*. Está gobernada por la tarjeta de desarrollo raspberry Pi3 encargada ejecutar toda la lógica del algoritmo descrita en su código de programación, a través de su microcontrolador este se encarga del procesamiento de las señales enviadas por los sensores y a su vez de proporcionar las órdenes a los actuadores. Todo el proceso, control y estado de funcionamiento del sistema pueden ser conocidos en la etapa de visualización. La etapa de alimentación provee toda la energía necesaria para el funcionamiento de todos los componentes del sistema.

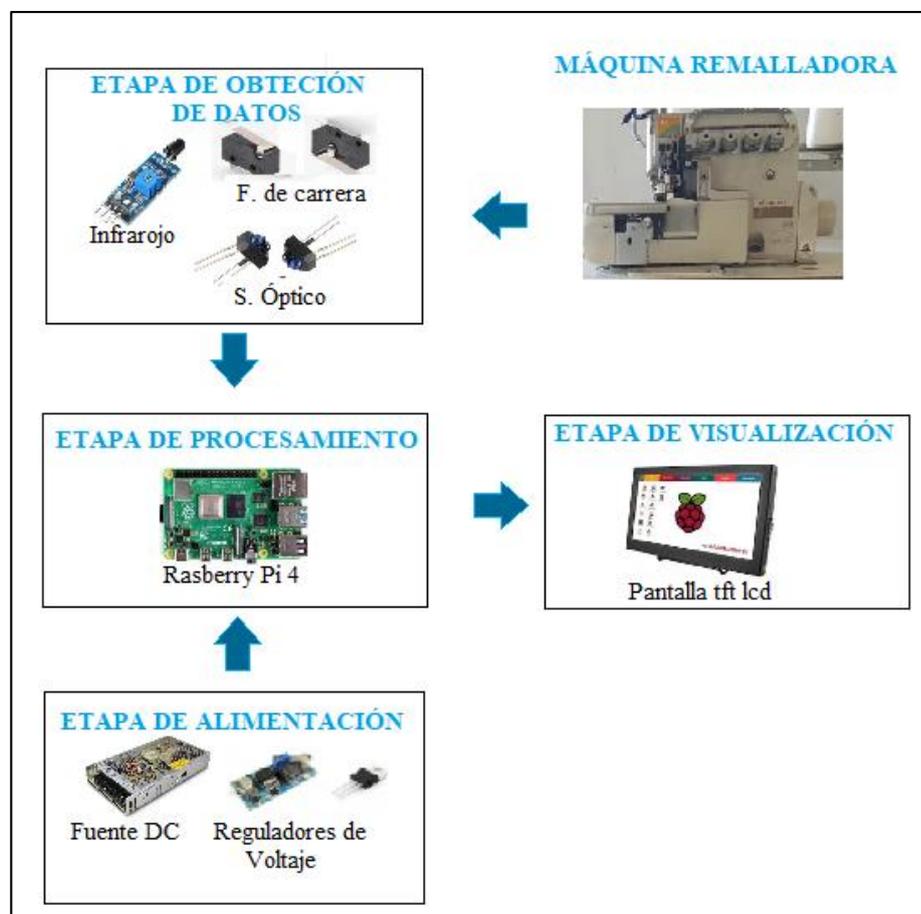


Figura 2-3. Arquitectura de hardware del sistema

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tras analizar la arquitectura de *hardware* del sistema y con la finalidad de dar un sentido del funcionamiento a continuación, se define las etapas que conforman el sistema.

3.3.1 Etapa de Alimentación

Encargada en suministrar la energía necesaria a los componentes que constituyen el prototipo. Esta conformado por una fuente de voltaje DC capaz de suministrar los 48 V con la corriente que necesita el motor y su driver, regulador de tensión que disminuyen el nivel de voltaje a uno admisible por determinados dispositivos, sensores y demás equipos para su correcto funcionamiento.

3.3.2 Etapa de obtención de datos

Su función es recibir las señales originarias de los diversos sensores y equipos que componen el sistema para su posterior procesamiento. El diagrama de bloques que simboliza la figura 3-3 que describe esta etapa.

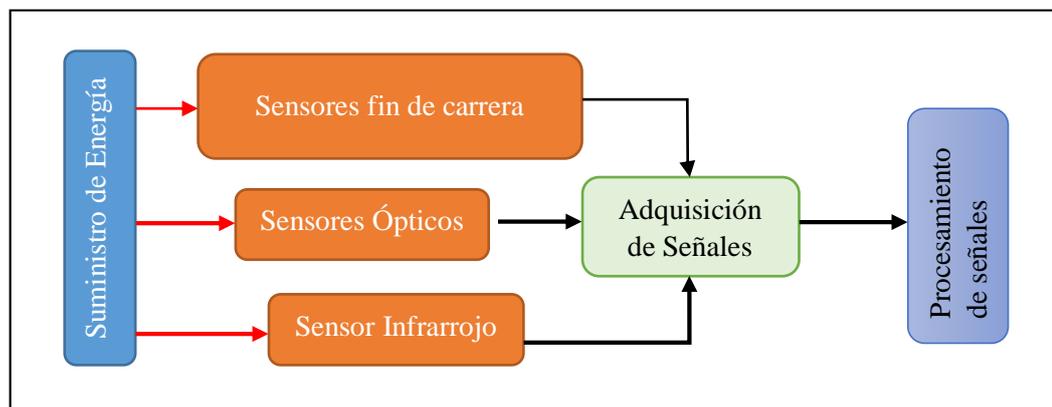


Figura 3-3. Diagrama de bloques de la etapa obtención de datos
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.3.3 Etapa de Procesamiento

Las señales obtenidas de los compartimientos 1, 2 y 3 son procesadas junto con las de los sensores ópticos, infrarrojo y las señales originadas por la unidad de control y visualización. Una vez procesadas por la tarjeta de desarrollo se generan señales de salida, encargadas de crear las

acciones deseadas en cada uno de los actuadores. En la figura 4-3, se muestra el diagrama de bloques de esta etapa.

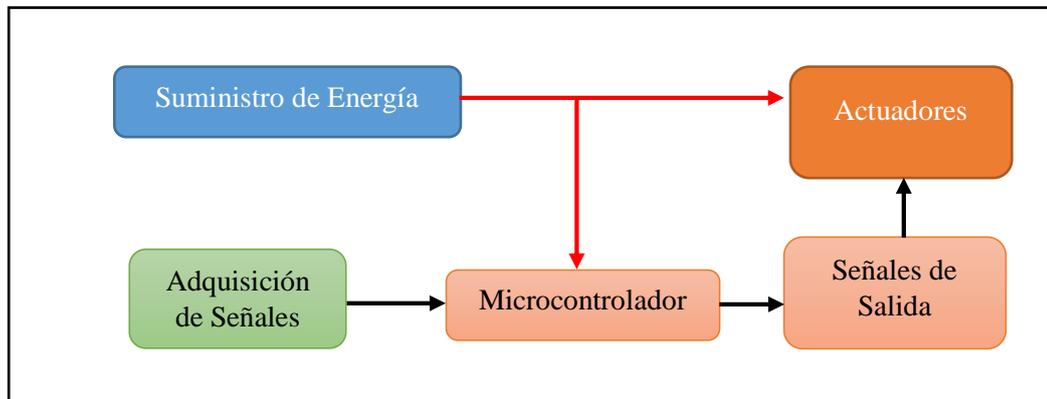


Figura 4-3. Diagrama de bloques de la etapa de procesamiento
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.3.4 Etapa de visualización

Los datos procesados son transmitidos a la interfaz hombre – máquina, es una pantalla tft de 5 plg, en la cual se puede visualizar toda la información, el estado de los compartimientos, posicionamiento de la aguja, velocidad del motor, registro horas de trabajo de la máquina, además de la manipulación para el control del trabajo manual o automático, además proporcionar alertas visuales. En la figura 5-3 se observa el diagrama de bloques de esta etapa.

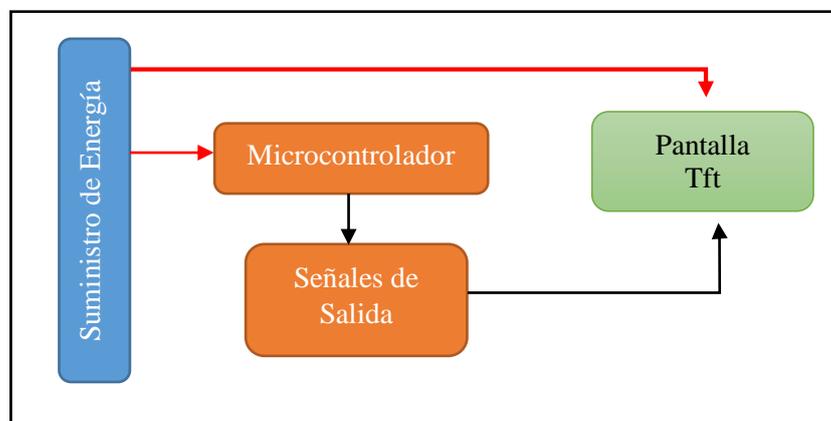


Figura 5-3. Diagrama de bloques de la etapa de visualización
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4 Selección del *hardware* para la construcción del sistema

Después de revisar los requerimientos necesarios del *hardware*, se procede a seleccionar los equipos, dispositivos electrónicos necesarios y apropiados para construir el sistema.

3.4.1 *Dispositivos de procesamiento*

Encargados de realizar el trabajo lógico del sistema por medio de la unidad central de procesamiento, procesan toda la información obtenida desde sus periféricos, órdenes y, a través de un algoritmo de programación obtiene un resultado específico.

3.4.1.1 *Raspberry Pi 3 Model B*

Considerada como un ordenador compacto, entre sus características principales que definen su rendimiento tenemos su procesador *Quad-Core* para trabajar a una frecuencia de 1.20Ghz acompañada de una memoria ram de 1Gb, ideal para desarrollar proyectos en diferentes campos de aplicación gracias a sus prestaciones, versatilidad, accesibilidad y soporte convirtiéndola en una de las más cotizadas del mercado(Xataka, 2018b). En la figura 6-3 muestra la arquitectura física de la Raspberry Pi3 B.



Figura 6-3. Raspberry Pi3 Model B

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

La arquitectura de la Raspberry Pi3 B tiene la ventaja de ofrecer una gran diversidad de puertos, pines de entrada y salida, además de características que se muestran en la tabla 1-3

Tabla 1-3: Principales características de la Raspberry Pi3 B

| CARACTERÍSTICAS | |
|-------------------------------|--|
| SoC | Broadcom BCM2837 |
| Procesador | 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 |
| Ram | 1GB |
| Salida de video | Conector RCA (PAL y NTSC), HDMI (rev1.3 y 1.4), Interfaz DSI para panel LCD |
| Salidas de audio | Jack de 3.5 mm, HDMI |
| Almacenamiento | SD / MMC / ranura para SDIO |
| Conectividad de red | Puerto RJ-45 (ethernet) de 10/100Mbps vía hub USB Wi-Fi 802.11bgn, Bluetooth 4.1 |
| Fuente de alimentación | 5 V vía Micro USB o puerto GPIO |
| Dimensiones | 85mm x 53mm |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

La figura 7-3 muestra la distribución de los pines que conforman la placa pueden, estos pueden ser de 5V, 3.3V y varios pines de tierra (0V), que no son configurables. Los pines restantes son GPIO (pines I/O de propósito general) los cuales son tolerantes a señales de 3.3V y brindan una salida del mismo voltaje. Los pines GPIO pueden ser configurados como salida digital o PWM.

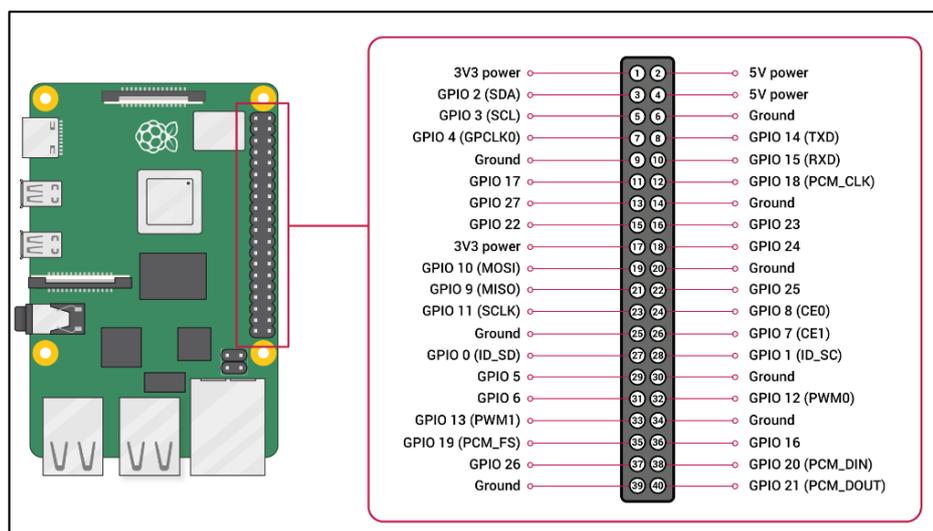


Figura 7-3. Distribución de los pines de la Raspberry Pi3

Fuente: <https://bit.ly/3jDqunR>

3.4.2 Dispositivos de obtención de datos

Dispositivos diseñados para captar la información del entorno donde trabajan, dependiendo de sus características operacionales, estos son diseñados para medir fenómenos físicos como voltaje,

corriente, temperatura, distancia entre los más comunes, la información la obtienen en forma de señales analógicas que posteriormente deben ser acondicionadas para transformarlas a señales digitales y ser procesadas por un microcontrolador.

3.4.2.1 Sensor mini final de carrera Pololu 1528

Conocidos como sensores de contacto o interruptor de posición, generalmente están situados en un elemento móvil o al final de un recorrido para detectar la llegada o partida de un elemento en una determinada posición. La salida de los finales de carrera es binaria y la única información que nos da, es si el objeto está en una posición determinada o no. Hablando en términos tecnológicos, los finales de carrera son sensores electromecánicos y por lo tanto, disponen de partes mecánicas enlazadas a partes eléctricas (Grupo Novelec, 2018). La figura 8-3 muestra el sensor final de carrera Pololu 1528.

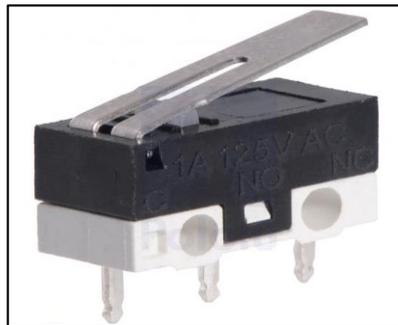


Figura 8-3. Mini final de carrera
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

El sensor final de carrera tiene un gran campo de aplicación, es así que los podemos encontrar en la electricidad, electrónica, neumática o mecánica. En la tabla 2-3 muestra las ventajas y desventajas al utilizar este tipo de sensores.

Tabla 2-3: Ventajas y desventajas de los sensores final de carrera

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| - Tienen la capacidad de detectar cualquier tipo de objeto independientemente del material del que esté hecho. | - A su salida produce rebotes, que son imprescindibles de eliminar al conectarlos a un sistema electrónico si se quieren evitar malas lecturas. |
| - No se ven afectados por ninguna interferencia del exterior. | |
| - La salida la forman uno o más contactos libres de potencial. | |
| - Funcionamiento mecánico. | |
| - No tiene imanes en su cuerpo por lo que no se ve afectado por la electricidad estática. | |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

- **Principio de funcionamiento**

El movimiento mecánico, manual u automático que pueda ejercer sobre determinado objeto actúa sobre la palanca o pistón de accionamiento haciéndola abrir o cerrar el contacto eléctrico del interruptor, esta señal eléctrica se utiliza para posicionar, contar, parar, posicionar o iniciar una secuencia operativa al actuar sobre los elementos de la máquina(Goncalves, 2014). En la figura 9-3 vemos de forma general las partes internas que constituyen un sensor final de carrera Pololu 1528.

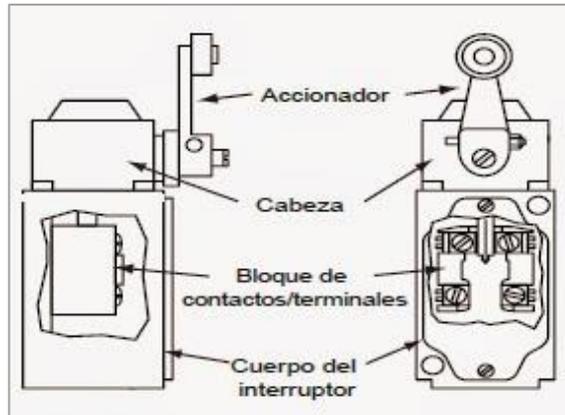


Figura 9-3. Partes de un sensor final de carrera
Fuente: <https://n9.cl/jnt93>

3.4.2.2 Sensor Infrarrojo IR FC-51

También llamado fotoeléctrico y en este caso es un sensor tipo difuso-reflectivo, tienen la capacidad de detectar la presencia de algún objeto a distancia a través de la variación de la intensidad de luz(Autonics, 2013, p. 7). La figura 10-3 muestra un sensor infrarrojo tipo difuso-reflectivo y sus especificaciones técnicas en la tabla 3-3.

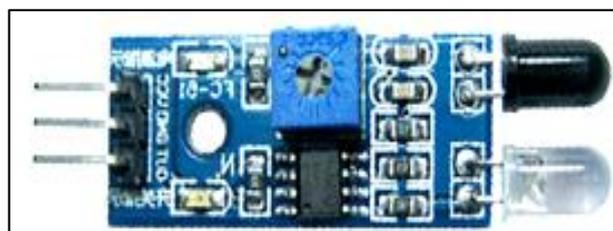


Figura 10-3. Sensor Infrarrojo
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 3-3: Especificaciones principales del sensor infrarrojo

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Voltaje de operación | 5V DC |
| Corriente de consumo | 43 mA |
| Distancia de detección | 10mm-25mm |
| Dimensiones | 32x14x10 mm |
| Peso | 3 gramos |
| Señal de salida | Digital [“1”-“0”] lógico |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

- **Principio de Funcionamiento**

En la estructura del sensor infrarrojo tipo difuso-reflectivo todos sus componentes están instalados en un mismo cuerpo, este funciona de tal manera que el haz de luz producido rebota en el objeto a detectar, este se refleja de manera diferente según el brillo del cuerpo detectado y según el nivel de variación este genera un voltaje proporcional a la variación. Este sensor es capaz de diferenciar el brillo con el que se refleja la señal de luz producida (Autonics, 2013, p. 7). La figura 11-3 ilustra el principio de funcionamiento del sensor.

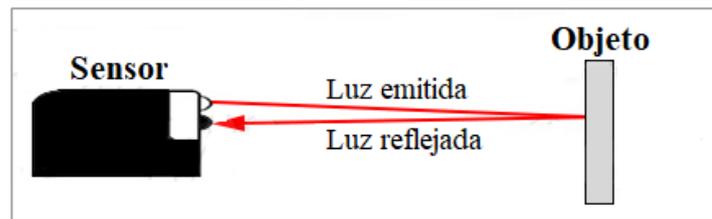


Figura 11-3. Principio de funcionamiento del sensor infrarrojo

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.2.3 Sensor óptico para encoder FC-03

Este módulo contiene un sensor emisor receptor infrarrojo, que consta en un lado con un LED emisor IR y por el otro lado, un foto diodo receptor. Ambos componentes están ubicados frente a frente, separados por una distancia de 5mm, permitiendo que un objeto externo pueda interrumpir el haz de luz infrarrojo, generando cambios en la señal lógica digital de salida (KEYENCE, 2014). La figura 12-3 ilustra la arquitectura física del sensor para encoder FC-03.

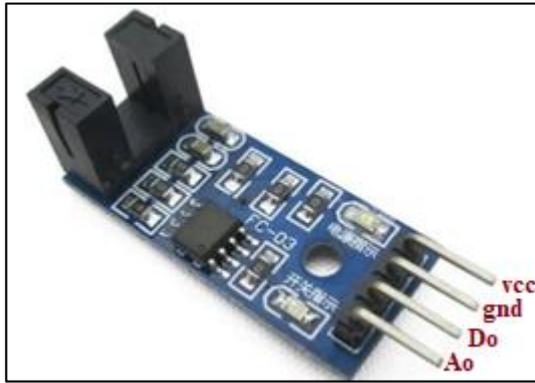


Figura 12-3. Módulo sensor óptico FC-03

Fuente: <https://bit.ly/37QnVg0>

El tiempo de respuesta es rápido, constituido por un fototransistor de silicio, recubierto sobre un eje óptico fusionado en una carcasa termoplástica. La tabla 4-3 ilustra las especificaciones técnicas más importantes del sensor óptico.

Tabla 4- 3: Especificaciones técnicas del sensor óptico FC-03

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|--|-----------|
| Voltaje de operación | 3.3V a 5V |
| Salida Digital | ON/OFF |
| Potencia de disipación | 100 mW |
| Corriente pico en sentido directo | 1A |
| Temperatura de operación máxima | 85 °C |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

- **Principio de funcionamiento**

Estos sensores de ranura establecen un haz de luz directo entre el emisor y el receptor, con un espacio entre ellos que puede ser ocupado por un objeto y al interceptar el haz se activa la detección, son muy usadas para controles de apertura, velocidad o detección de objetos (Autonics, 2013, p. 4). La figura 13-3 ilustra el principio de funcionamiento del sensor.

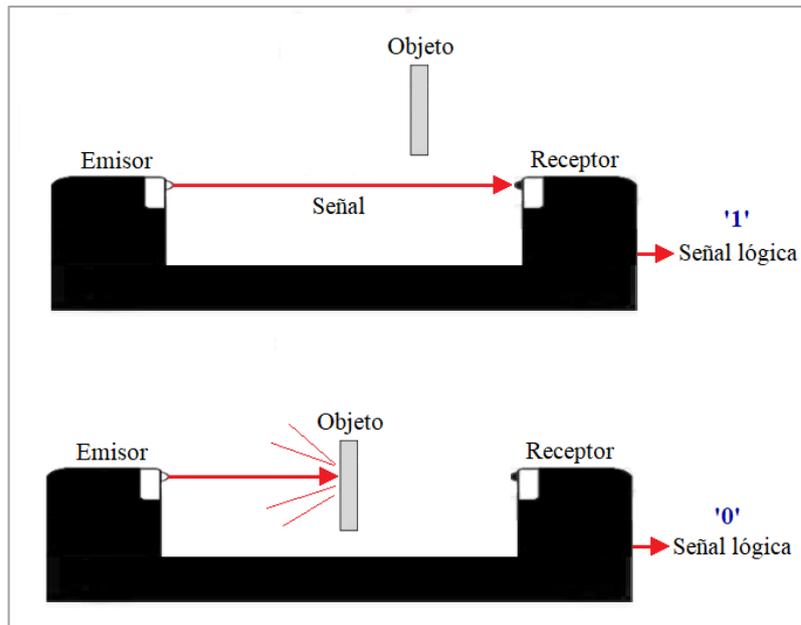


Figura 13-3. Principio de funcionamiento del sensor óptico FC03
 Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.3 Dispositivo de visualización

Tiene como finalidad permitir la intercomunicación entre la máquina y el usuario, este equipo se encuentra en la unidad de control del sistema.

3.4.3.1 Pantalla Nextion TFT 5 pulgadas

Posee la tecnología Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display (TFT LCD), es una variante de pantalla de cristal líquido (LCD) que usa tecnología de transistor de película delgada (TFT) para mejorar su calidad de imagen. (Samsung, 2018).

Permite una interfaz hombre máquina (HMI) por medio de su pantalla que muestra la información además de ejecutar comandos desde la misma sin la necesidad de utilizar botones físicos, su arquitectura permite el uso de la pantalla táctil resistivo integrado, utiliza un puerto serie para la comunicación con la tarjeta de desarrollo. De fácil configuración y programación que permite desarrollar proyectos en cualquier campo de aplicación. La figura 14-3 muestra la arquitectura física de la pantalla y sus especificaciones técnicas en la tabla 5-3.



Figura 14-3. Pantalla Nextion TFT
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 5-3: Especificaciones de la pantalla

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Resolución | 800 x 480 pixeles |
| Pantalla | Táctil resistivo integrado |
| Voltaje de operación | 5 Vdc |
| Consumo de corriente | 410 mA |
| Memoria Flash | 16 Mb |
| Dimensiones | 108mm. (L) x 64.8 mm (W). |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4 Dispositivos Adicionales

3.4.4.1 Relé electromecánico

Diseñados para trabajar como un interruptor, estos dispositivos son controlados por un circuito eléctrico que lleva una bobina con núcleo de hierro y al ser esta energizada se transforma en un electroimán lo que permite la apertura o cierre de sus contactos, el relé puede influir en el funcionamiento de otro circuito (Quishpe Quishpe, 2013, p. 69). La figura 15-3 ilustra la arquitectura física del relé electromecánico y sus especificaciones técnicas en la tabla 6-3.



Figura 15-3. Relé electromecánico

Fuente: <https://bit.ly/31SSLAD>

Tabla 6-3: Especificaciones técnicas del relé

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|------------------------------|--|
| Tamaño | 27.6 x 21.5 x 34 (mm.) |
| Capacidad de contacto | 28 V dc / 220 V ac 5A |
| Voltaje de la bobina | DC 6, 12, 24, 36, 110V / AC 6, 12, 24, 36, 110, 220V |
| Vida útil: | mecánica 10,000,000 / eléctrica 100,000 |
| Terminal: | Placa de circuito impreso, empotrable |
| Dimensiones | 108mm. (L) x 64.8 mm (W). |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4.2 Regulador de voltaje lm7812

Regulador de voltaje que emplea limitación de corriente interna, apagado térmico y protección de área de funcionamiento segura. Su diseño está orientado principalmente como regulador de 12 Vcd fijo, este dispositivo se puede utilizar con componentes externos para voltajes y corrientes ajustables (ElectroCrea, 2013). La figura 16-3 muestra la arquitectura física del regulador de voltaje lm7812 y sus especificaciones técnicas en la tabla 7-3.

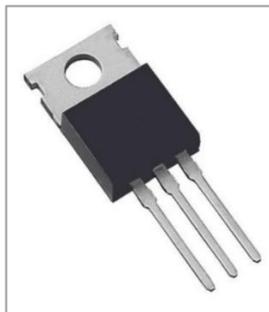


Figura 16-3. Regulador de voltaje Lm7812

Fuente: <https://n9.cl/m0a19>

Tabla 7-3: Especificaciones técnicas del regulador lm7812

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Tensión de entrada máxima | 35 Vcd |
| Tensión de salida fija | 12 Vcd |
| Salida de corriente | 1 A. |
| Temperatura de funcionamiento | -40 ° C a +125 ° C |
| Encapsulado | To-220 |
| Número de pines | 3 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4.3 Optoacoplador MOC3021

Es un dispositivo electrónico ampliamente utilizada en la electrónica de potencia y de control gracias a su salida tipo triac, permite crear un aislamiento óptico entre las etapas de control y de potencia(Carrood Electrónica, 2011). La figura 17-3 ilustra el diagrama general y la arquitectura física del optoacoplador MOC3021 y sus especificaciones técnicas en la tabla 8-3.

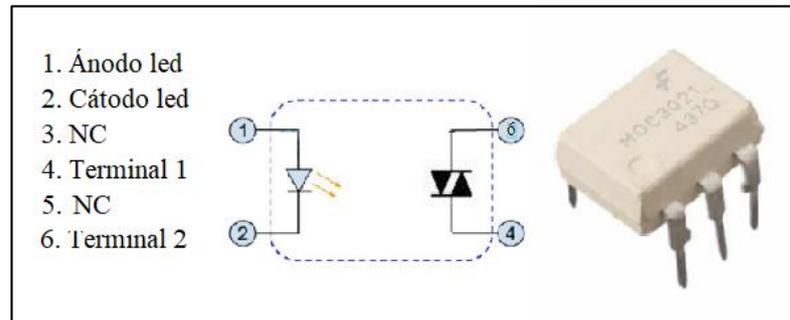


Figura 17-3. Optoacoplador MOC3021

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 8-3: Especificaciones técnicas del Optoacoplador MOC3021

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|---|-------------|
| Canal de aislamiento | Óptico |
| Voltaje de aislamiento | 7500Vpp |
| Encapsulado | Dip 6 pines |
| Imax. Emisor | 60 mA |
| Voltaje inverso del Emisor | 3 V. |
| Imax. Del receptor | 1 A. |
| Voltaje Receptor en estado apagado | 400 V |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4.4 Amplificador Operacional LM358

Es un dispositivo electrónico que encapsula dos amplificadores operacionales de alta ganancia con dos entradas y una salida, estos son diseñados para amplificar una señal de entrada según la función de transferencia deseada(ElectroCrea, 2013). La figura 18-3 ilustra el diagrama general y la arquitectura física del amplificador operacional LM358.

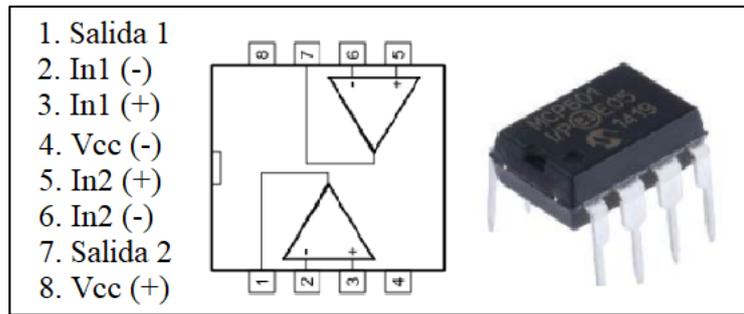


Figura 18-3. Amplificador operacional LM358

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4.5 Motor Brushless

Los motores de corriente continua sin escobillas (BLDC) son uno de los tipos de motores que más popularidad ha ganado en los últimos años. Los motores BLDC tienen la característica de que no emplean escobillas en la conmutación para la transferencia de energía; en este caso, la conmutación se realiza electrónicamente. Esta propiedad elimina el gran problema que poseen los motores eléctricos convencionales con escobillas, los cuales producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor, son ruidosos y requieren una sustitución periódica y, por tanto, un mayor mantenimiento (Fajri, 2012, p. 1). La figura 19-3 ilustra el motor brushless y sus especificaciones técnicas en la tabla 9-3.

Para seleccionar el motor partimos de las especificaciones de funcionamiento de la máquina remalladora y de los objetivos a cumplir, la máquina puede trabajar con una velocidad máxima de 3.500 rpm. Los motores de corriente directa tipo brushless son fáciles de controlar por medio de algoritmos de programación, silenciosos y trabajan a grandes velocidades sin requerir mucho torque.



Figura 19-3. Motor Brushless

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 9-3: Especificaciones técnicas del Motor Brushless.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|---------------------------|-------------------|
| Número de fases | 3 |
| Número de polos | 8 |
| Voltaje nominal | 48Vdc. |
| Velocidad | 3600 rpm, +/- 10% |
| Corriente de carga | 1.8A. |
| Torque | 1.27 Nm. |
| Potencia | 400W. |
| Corriente Máxima | 10A. |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4.6 Driver Motor Brushless

El desarrollo de controladores para motores ayuda a optimizar los tiempos de implementación de proyectos. Conocido la corriente, tensión, potencia y número de fases del motor, el controlador debe ser dimensionado para trabajar con estos valores. El control de su velocidad, el sentido de giro y su posición final lo realiza de manera electrónica, procesa las señales recibidas y las envía directamente al motor mediante pulsos eléctricos. La figura 20-3 ilustra el driver para el motor brushless y sus especificaciones técnicas en la tabla 10-3.



Figura 20-3. Driver motor brushless

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 10-3: Especificaciones técnicas del driver para el Motor Brushless

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|---------------------------|-------------|
| Número de fases | 3 |
| Voltaje de alimentación | 25 – 50 Vcd |
| Señal de salida | + 5 Vcd |
| Puerto | ethernet |
| Señal de control | +5 Vcd |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.4.7 Acople flexible Lovejoy L70

Es un acoplamiento que trabaja a compresión de gran uso en la industria, diseñada para transmitir energía mecánica entre dos ejes, absorben vibraciones generadas por ejes posiblemente no alineados entre sí. La figura 21-3 muestra el acople flexible Lovejoy L70. Se compone por tres piezas, dos caras simétricas fundidas en acero y un elemento elástico en forma de estrella los mismos se detalla a continuación (Lovejoy, 2004).

Caras Lovejoy tipo L: Fabricadas de acero sintetizado, vienen con agujeros mecanizados con claveta y un tornillo prisionero sobre sí.

Elemento elástico: Según el modelo se fabrica en cuatro calidades, el material estándar de fabricación caucho nitrilico de color negro de gran elasticidad tipo E-A. La tabla 11-3 muestra las características del material tipo E-A.



Figura 21-3. Acople flexible Lovejoy L70
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 11-3: Características Material tipo E-A

| CARACTERÍSTICAS | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|------|--------|-------------|---------------|---------|-------------|---------|------------|
| Tipo | Temperatura | | Dureza | Elasticidad | Desalineación | | Resistencia | | Factor par |
| | -40 | +100 | | | angular | radial | Aceite | química | |
| E-A | -40 | +100 | 80A | Alta | 1° | 0.38 mm | Baja | Baja | 1 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.5 Dispositivo de Alimentación

3.4.5.1 Fuente conmutada s600-48

Es una fuente de corriente continua de modo conmutado, incorpora un regulador de conmutación para convertir la energía eléctrica de manera mucho más eficiente en comparación con otros modelos. Lleva un sistema de protección contra cortocircuitos, sobrecarga y sobretensión, de alta

eficiencia y vida útil. La figura 22-3 muestra la fuente conmutada s600-48 y sus especificaciones técnicas en la tabla 12-3.



Figura 22-3. Fuente conmutada S600-48
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 12-3: Características fuente conmutada s600-48

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|---------------------------|---------------|
| Tensión de entrada | 110 – 220 Vac |
| Corriente de entrada | 7 Aac |
| Tensión de salida | 48 Vdc |
| Corriente de salida | 12A. |
| Potencia de salida | 600W |
| Sistema de enfriamiento | Aire |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.4.5.2. Adaptador de corriente micro USB

Para hacer funcionar una Raspberry Pi nos puede valer con cualquier cargador micro USB. Pero para que el rendimiento de la misma sea correcto, esta tiene que cumplir los requerimientos necesarios de voltaje y corriente requeridos. La figura 23-3 ilustra el adaptador de corriente utilizado para energizar la tarjeta de desarrollo y sus especificaciones técnicas en la tabla 13-3.



Figura 23-3. Adaptador de corriente micro USB
Fuente: <https://n9.cl/dsbv4>.

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas del adaptador de corriente

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|---------------------------|---------------|
| Entrada | 100 a 240 Vca |
| Corriente de entrada | 3000 mA |
| Tensión de salida | 5 Vdc |
| Interfaz de salida | Micro USB |
| Potencia de salida | 15W |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.5 Acondicionamiento de señales

La señal de salida de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser por ejemplo demasiado pequeña, y sería necesario amplificarla; podría contener interferencias que eliminar; ser no lineal y requerir su linealización; ser análoga y requerir su digitalización; ser digital y convertirla en análoga; ser un cambio de voltaje y convertirla a un cambio de corriente de magnitud adecuada, etc. A todas estas modificaciones se les designa por lo general con el término “Acondicionamiento de Señales” (Lara, 2012).

3.5.1 Acondicionamiento de señales IN GPIO

Los dispositivos que forman parte del sistema se polarizan con una fuente de 5Vcd y a su salida entregan su señal del mismo valor, es necesario tener en cuenta que la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi3 en sus pines configurados como “Entrada” admite tensiones de 2 a 3.3 Vcd como señales en estado lógico “HIGH”, y tensiones de 0 a 0.8 Vcd para nivel en estado lógico “LOW”. Por lo contrario, si se lo configura como “Salida” este entregara una señal en estado lógico “HIGH” DE 3.3. En la figura 24-3 se ilustra un esquema del acondicionador de señal.

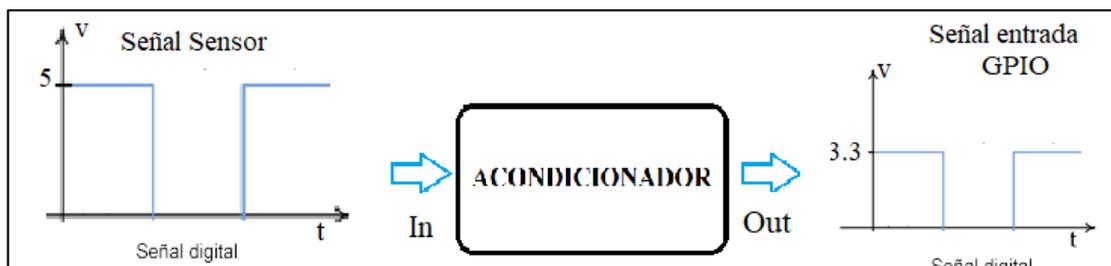


Figura 24-3. Esquema acondicionador

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En la tabla 14-3 se muestra las señales de entrada a ser acondicionadas.

Tabla 14-3: Señales a ser acondicionadas

| SEÑALES DE ENTRADA GPIO | | |
|--|-----------------|---------------------|
| MÓDULO | Señal de salida | Señal acondicionada |
| Sensor infrarrojo (presencia de tela) | 5V | 2 a 3.3V |
| Sensor prénsatela | | |
| Sensor compartimiento lateral | | |
| Sensor compartimiento frontal | | |
| Sensor óptico posición aguja libre | | |
| Sensor óptico posición aguja enclavada | | |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.5.1.1 Diseño del acondicionador de señales

En la figura 25-3 se ilustra un circuito basado en transistor BJT (Bipolar Junction Transistor) en configuración de emisor común, su función es trabajar como “conmutador” variando su operación en estado de saturación y corte en dependencia de la señal de entrada V_{in} . El diseño presentado a continuación tiene como objetivo obtener en V_{out} una un nivel de tensión de 3.3 Vcd admisibles como señal de entrada para los pines GPIO de la Raspberry.

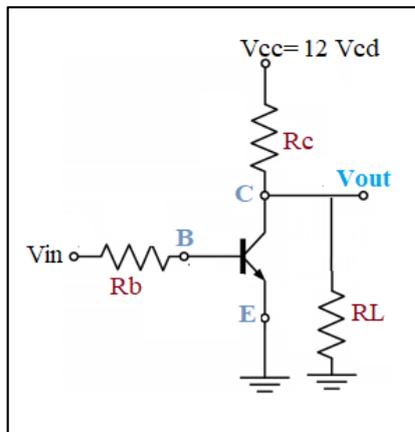


Figura 25-3. Circuito BJT emisor común

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Para determinar los valores de las resistencias se realiza el análisis en cada caso que se muestra a continuación.

- **Análisis con $V_{in}= 0$**

Con $V_i = 0$ en base, el transistor permanece en estado de corte conmutador “off”, gracias a la polarización del colector por V_{cc} , hay una corriente que circula por R_c y R_L asemejando un circuito en serie. La figura 26-3 muestra el análisis del circuito con $V_i = 0$.

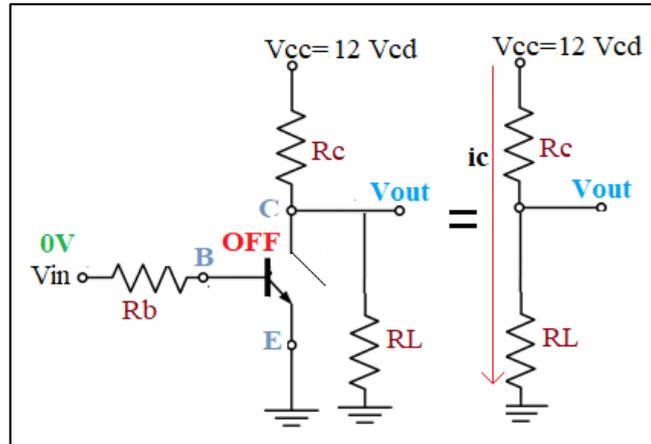


Figura 26-3. Circuito conmutador en corte
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Para que el voltaje de V_{out} sea lo más aproximado a 3.3 volts asumimos el valor de R_c basándonos en la ley Ohm en un circuito en serie, la resistencia es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la intensidad que circula por él, es decir, mientras mayor sea el voltaje de caída en dicha resistencia mayor será su valor óhmico.

$$R_L < R_c$$

En la figura 27-3 se ilustra el planteamiento establecido en base a la caída de voltaje requerido en R_L y se procedió a adoptar su valor comercial en ohmios, a partir de este valor inicia el cálculo para encontrar los demás datos de resistencia que conforman el circuito.

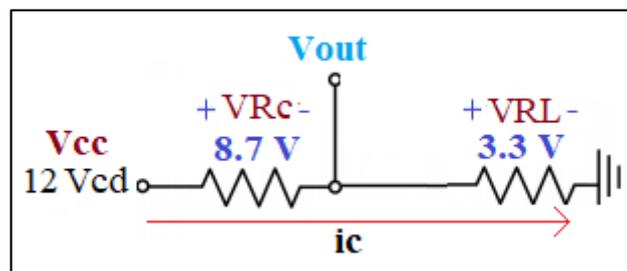


Figura 27-3. Circuito equivalente en serie
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

$$R_L = 330\Omega \quad \rightarrow \text{valor comercial}$$

El circuito equivalente representa un circuito resistivo en serie, se determina los valores de I_c y R_c aplicando las leyes correspondientes dando los siguientes resultados.

$$I_c = \frac{V_{RL}}{R_L} = 10 \text{ mA} \quad ; \quad R_c = \frac{V_{Rc}}{I_c} = 870 \Omega$$

$$R_c = 910 \Omega \rightarrow \text{valor comercial}$$

Con el valor comercial de R_c , se establece la I_c real del circuito para posteriormente encontrar el valor de V_{out} :

$$I_{cr} = \frac{V_{Rc}}{R_{Lr}} = \frac{8.7 \text{ V}}{910 \Omega} = 9.6 \text{ mA}$$

$$V_{out} = R_L \times I_{cr} = 3.17 \text{ V}$$

Donde:

- R_L = Resistencia de carga
- R_c = Resistencia de colector
- I_c = Corriente de colector
- V_{cc} = Voltaje de polarización
- I_{cr} = Corriente de colector real
- V_{out} = Voltaje de salida

- **Análisis con $V_{in} = 5\text{V}$**

Con la polarización de base el transistor se activa, para que trabaje en como conmutador “on” es necesario que el transistor trabaje en zona de saturación. La figura 28-3 muestra la configuración del transistor con entrada $V_i=5 \text{ V}$ y su equivalencia en estado de saturación.

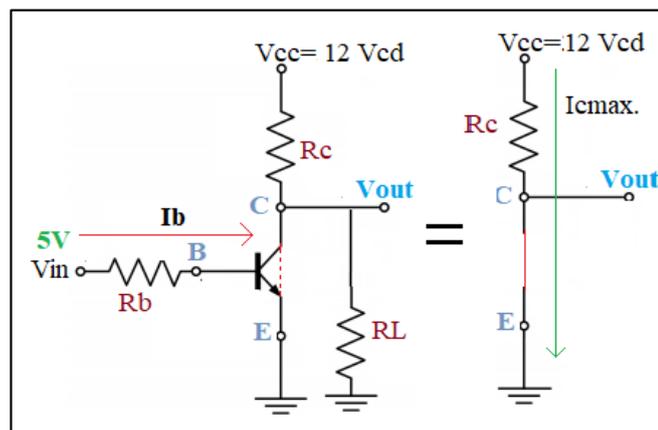


Figura 28-3. Circuito switch en saturación

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Para hallar el valor de I_{csat} que pondrá el circuito en saturación, se necesario considerar que $V_{ce} = 0$, para posteriormente determinar la I_b y R_b .

$$I_{csat} = \frac{V_{cc}}{R_c} = 13.18 \text{ mA}$$

Con el valor de $H_{fe}=200$ que corresponde a un transistor 2n3094 encontramos el valor de I_b

$$I_{csat} = \beta I_b$$
$$I_b = \frac{13.18 \text{ mA}}{200} = 65.9 \mu\text{A}$$

Con el valor de I_b encontramos el R_b partiendo del análisis del circuito de base

$$-V_{in} + V_{Rb} + 0.7 = 0$$

$$R_b = \frac{4.3 \text{ V}}{65.9 \mu\text{A}} = 65250.37 \Omega$$

$$R_b = 68 \text{ K}\Omega \rightarrow \text{valor comercial}$$

Cuando el transistor se encuentra en estado de saturación, se produce un cortocircuito virtual entre el colector y el emisor que está conectado a tierra.

$$V_{out} = V_e = 0$$

Donde:

$R_b = \text{Resistencia de base}$

$I_b = \text{corriente de base}$

$I_{csat} = \text{Corrinete de colector en saturación}$

$V_{Rb} = \text{voltaje en resistencia de base}$

$\beta = \text{Ganancia del transistor}$

$R_c = \text{Resistencia de colector}$

$V_c = \text{Voltaje de colector}$

En la tabla 15-3 se ilustra los valores determinados de las resistencias tras el análisis correspondiente.

Tabla 15-3: Resistencias que integran el circuito conmutador

| Resistencia | | Valor |
|-------------------------|------|---------------|
| Resistencia de colector | (Rc) | 910 Ω |
| Resistencia de base | (Rb) | 68 k Ω |
| Resistencia de carga | (RL) | 910 Ω |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.5.2 Acondicionamiento de señal para el control de la luminaria

Al configurar el terminal como salida, esta entrega un voltaje de 3.3 Vcd, la señal servirá para controlar una luminaria que trabaja a 110Vca. Pero antes de ello esta señal deber ser acondicionada para controlar dicha acción. La figura 29-3 ilustra el acondicionador de la señal para el control de la luminaria.

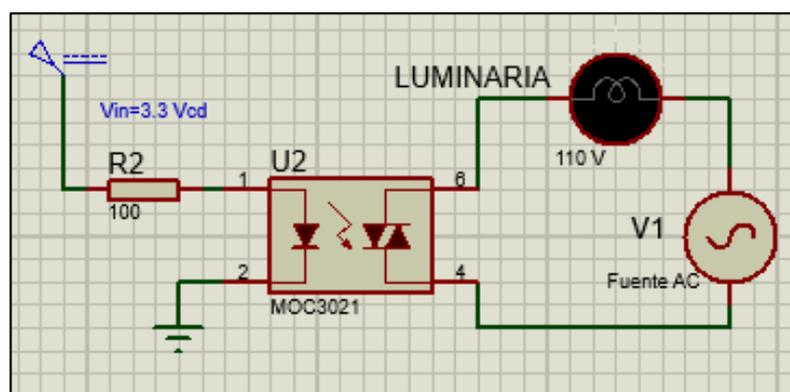


Figura 29-3. Esquema del acondicionador de luminaria

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

- Al recibir la señal V_{in} en estado “HIGH” el diodo led se polariza y emite el haz de luz, el gate del triac reacciona a este fenómeno para actuar como un interruptor, consecuentemente este da paso a la energía que suministra la fuente de AC conectado a sus terminales ánodo para alimentar la luminaria.
- Cuando el estado lógico de V_{in} es “LOW” no se polariza el diodo led y consecuentemente el triac cierra paso y corta el suministro de la fuente de CA.
- El optoacoplador permite crear un aislamiento óptico entre las etapas de control y de potencia.

3.5.2.1 Señal para control del motor

El motor esta gobernado por un controlador que necesita una señal PWM de 5Vcd para su control, es necesario elevar la señal de 3.3 Vcd que entrega la tarjeta de desarrollo. La figura 30-3 ilustra el diagrama de conexión de amplificador operacional en configuración no inversora.

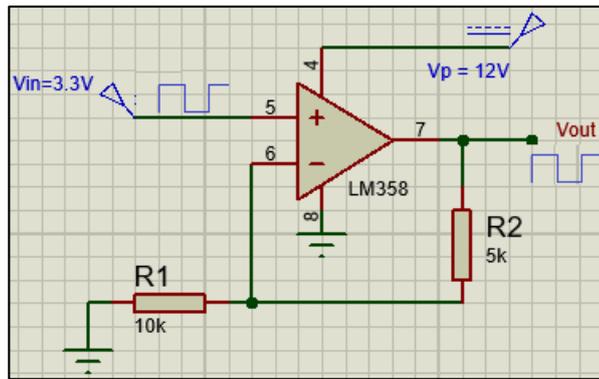


Figura 30-3. Esquema del acondicionador de señal enable
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Para encontrar los valores de la resistencia partimos de la fórmula del amplificador operacional en configuración no inversora y determinamos los valores de R1 y R2 al conocer que $V_{out} = 5V$

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

$$\frac{R2}{R1} = 0.515151, \quad R1 > R2$$

$$R1 = 10k\Omega, \quad R2 = 5.1k\Omega$$

Donde:

V_{in} = Voltaje de entrada

V_{out} = Voltaje de salida

En la tabla 16-3 se ilustra los valores de las resistencias que forman el circuito acondicionador para la luminaria determinados tras su respectivo análisis.

Tabla 16-3: Resistencias del circuito acondicionador para luminaria

| Resistencia | Valor |
|-------------|--------|
| R1 | 10 kΩ |
| R2 | 5.1 kΩ |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.6 Diagrama de conexión general

La figura 31-3 ilustra las conexiones de los diferentes equipos y dispositivos electrónicos que forman el sistema. A continuación, se describe el funcionamiento del procesador central.

- La tarjeta de desarrollo Raspberry Pi3 modelo B es la encargada de procesar las señales provenientes de los sensores y del panel de control y visualización.

- La fuente conmutada s600-48, es la encargada de suministrar los 48Vdc necesarios para el motor y su controlador, para alimentar la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3.
- Se utiliza un adaptador de corriente particular que suministra el voltaje y corriente necesarios para su funcionamiento.
- La señal emitida por la tarjeta de desarrollo hacia el controlador del motor es tratada por un acondicionador de señal a un nivel lógico admisible por este equipo.
- El circuito acondicionador para las señales de entrada hacia la tarjeta de desarrollo están acondicionadas por un conmutador basado en BJT en configuración de emisor común.
- La señal para el control de la iluminación esta acondiciona electrónicamente para activar una luminaria con alimentación de 110Vca.
- La tarjeta de desarrollo se comunica el panel de control y visualización por medio de su puerto HDMI.
- La electrónica externa que sirve como acondicionador de señales para las entradas GPIO de la Raspberry son polarizadas con 12 Vcd, tensión regulada por el LM7812.

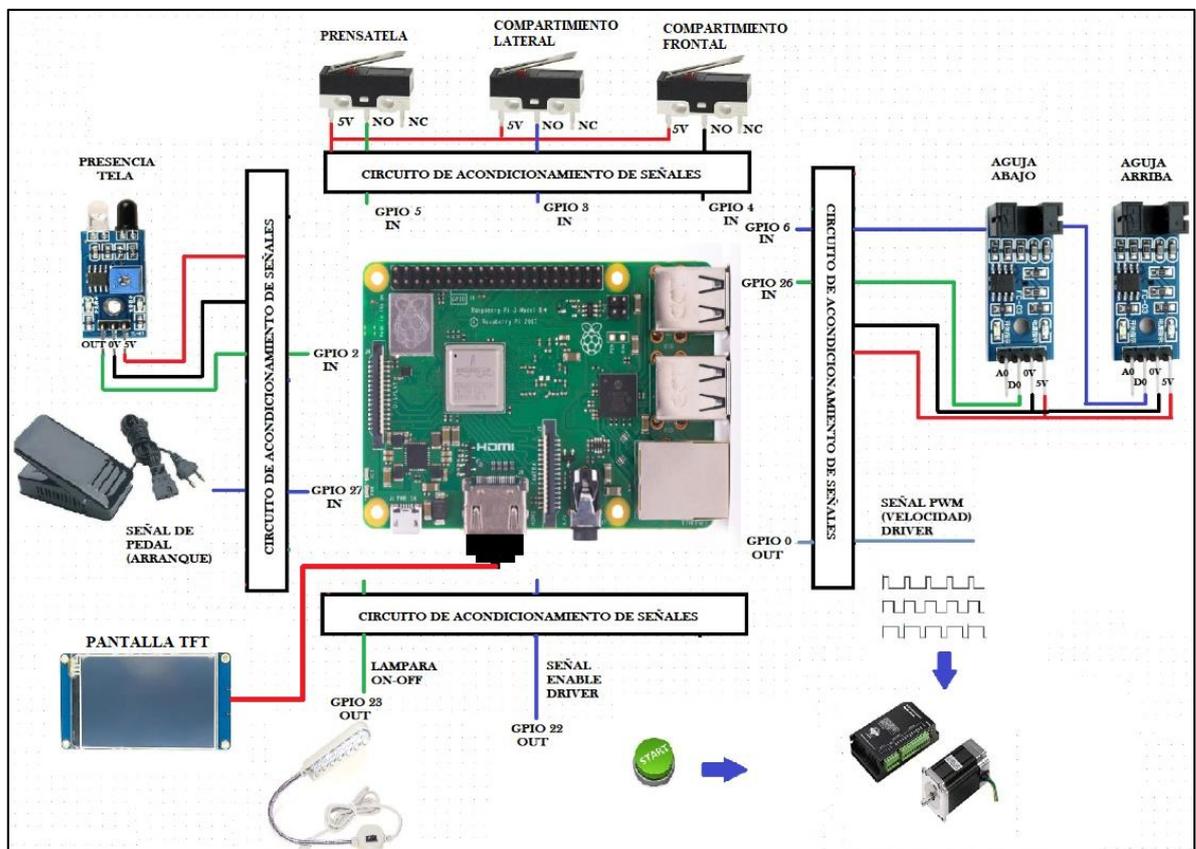


Figura 31-3. Diagrama general de conexiones del prototipo

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En la tabla 17-3 se detallan las conexiones del procesador central con los dispositivos y módulos que forman el *hardware* del sistema.

Tabla 17-3: Conexiones de terminales y módulos

| RASPBERRY PI 3 MODEL B | | |
|------------------------|-------------|--|
| Nomenclatura | Nº Terminal | Descripción |
| In GPIO 2 | 13 | Sensor infrarrojo (presencia de tela) |
| Out GPIO 22 | 31 | Señal “enable” driver del motor |
| In GPIO 5 | 18 | Sensor prénsatela |
| In GPIO 3 | 15 | Sensor compartimiento lateral |
| In GPIO 4 | 16 | Sensor compartimiento frontal |
| In GPIO 6 | 22 | Sensor óptico posición aguja “libre” |
| In GPIO 6 | 32 | Sensor óptico posición aguja “enclavada” |
| Out GPIO 23 | 33 | Señal Luminaria |
| Out GPIO 0 | 11 | Señal “PWM” driver del motor |
| Out Power | 2 | 5 Vdc. |
| Out Power | 1 | 3.3 Vdc. |
| Ground | 6 | 0 V. |
| Puertos | | |
| Puerto HDMI | | Pantalla Tft 5plg, |
| Puerto Micro USB | | Fuente de poder tarjeta de desarrollo |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.6.1 Diagrama conexión del sistema posicionamiento de la aguja

Para el control de la posición de la aguja se utiliza dos sensores ópticos FC-03, la señal enviada es acondicionada, estos irán debidamente configurados en posiciones estratégicas junto al eje del motor para identificar la ubicación de la aguja, libre (arriba) y enclavada (abajo). La figura 32-3 ilustra la conexión de los sensores con la tarjeta de desarrollo.

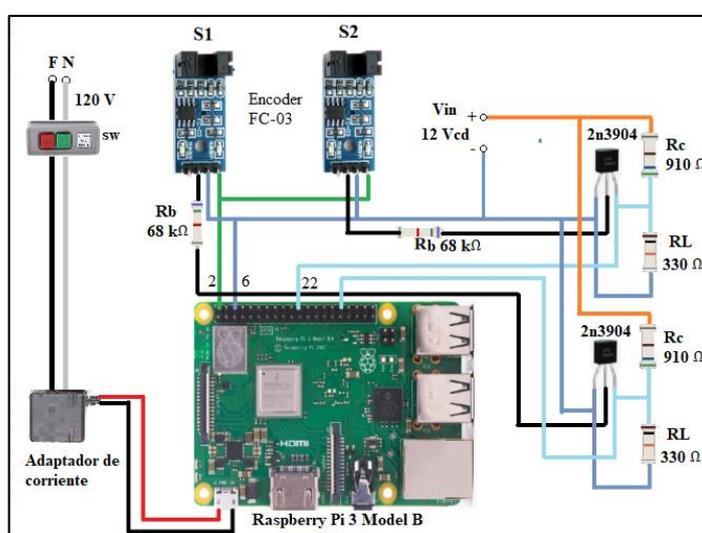


Figura 32-3. Diagrama de conexión para posicionar la aguja

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.6.2 Diagrama de conexión del sistema de seguridad.

Para mejorar la seguridad del operario, se incorporan a la maquina remalladora los sensores fin de carrera ubicados en la zona del prénsatelas, compartimiento lateral y compartimiento frontal zonas consideradas de alto riesgo de accidentabilidad para con el operario, esto garantiza la no operatividad del sistema cuando al menos uno de ellos se encuentre en estado lógico “LOW”. La figura 33-3 muestra el diagrama de conexiones.

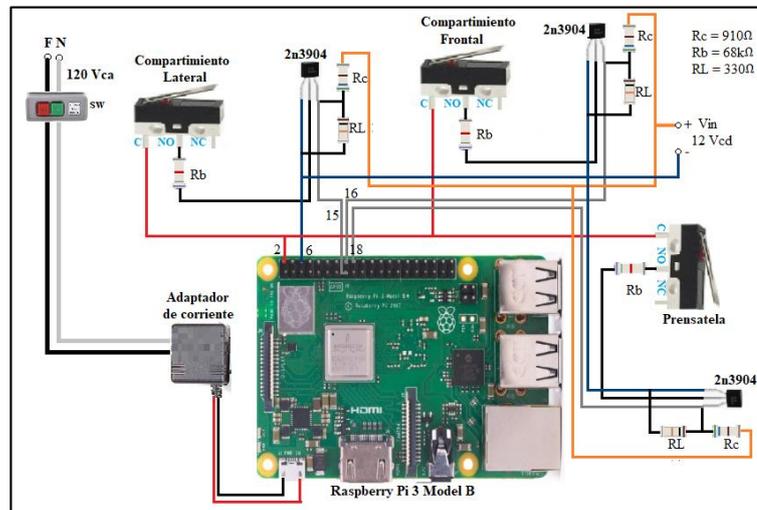


Figura 33-3. Diagrama de conexión del sistema de seguridad
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.6.3 Diagrama de conexión del sistema detector de presencia de tela

El sistema puede trabajar en modo automático configurable desde el panel de control gracias al sensor infrarrojo que detecta la presencia de tela para iniciar el proceso de costura. La figura 34-3 muestra el diagrama de conexión del sensor infrarrojo.

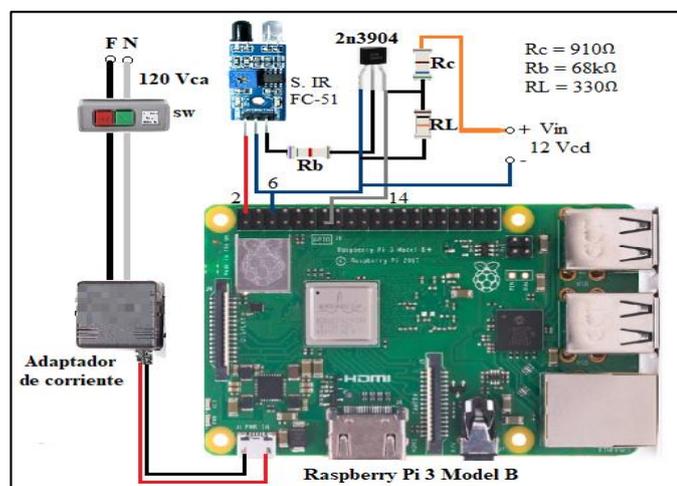


Figura 34-3. Diagrama de conexión para sensor de presencia de tela
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.6.4 Diagrama de conexión para el control del motor

La operatividad del motor está basada en el accionamiento del pedal en cuanto al modo manual, y en el modo automático tras el orden de inicio desde el panel de control, esta configurado para enviar una señal al driver del motor, pero antes dicha señal debe ser acondicionada para que pueda ser interpretada por el mismo, posteriormente el driver procesa las señales y según su configuración hará trabajar al motor. La figura 35-3 ilustra el diagrama de conexión para el control del motor.

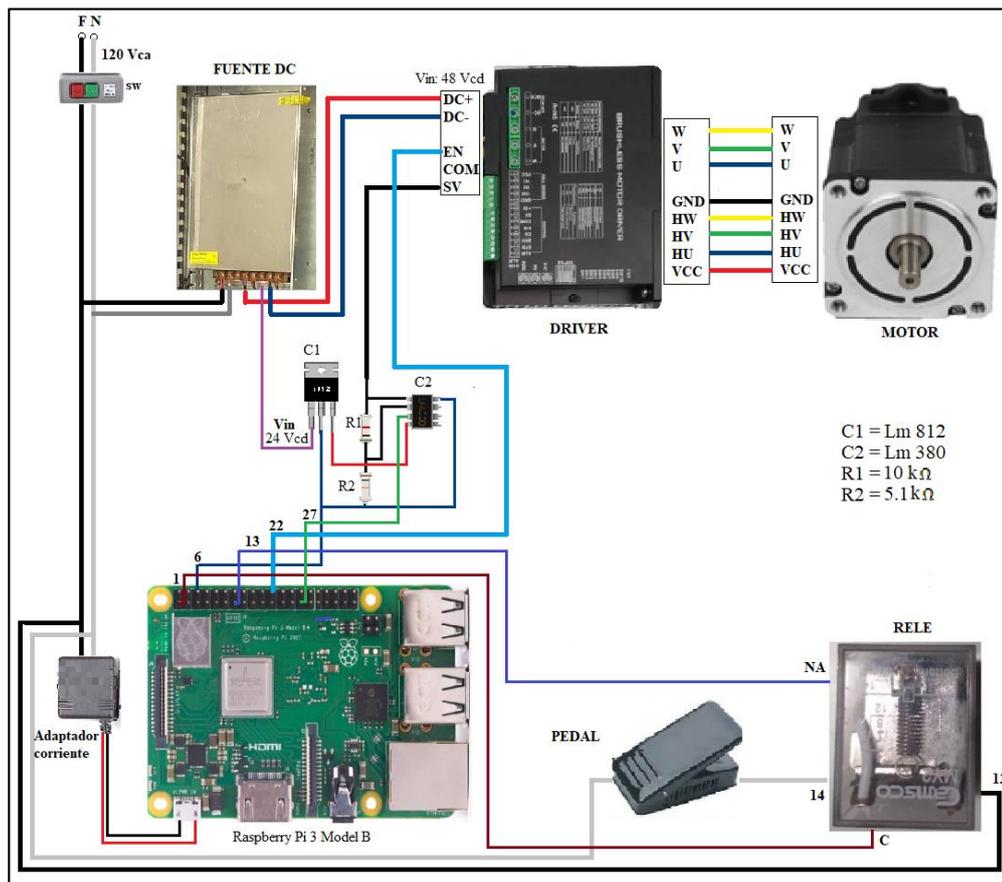


Figura 35-3. Diagrama de conexión para el control del motor

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.6.5 Diagrama de conexión del sistema de iluminación

La incorporación del sistema de iluminación mejora las condiciones de trabajo para el operario, al recibir la señal digital “OUT” proveniente de la tarjeta de desarrollo, esta es acondicionada para activar una luminaria que trabaja a 110 Vca. La figura 36-3 muestra el diagrama de conexión.

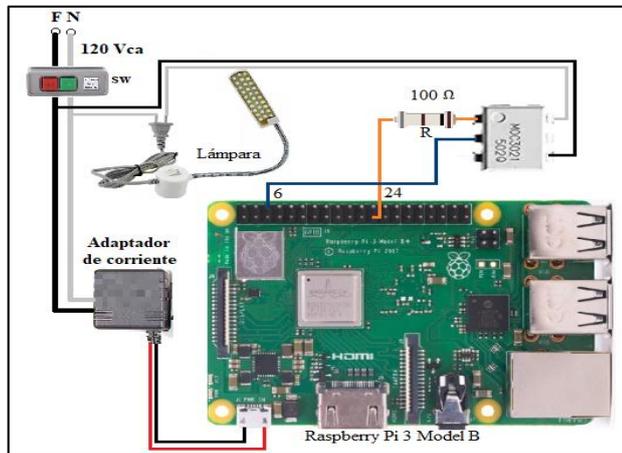


Figura 36-3. Diagrama de conexión sistema de iluminación
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.7 Diseño PCB

Tras dimensionar los diferentes dispositivos electrónicos se procedió a realizar la simulación asistido por computador, con el fin de validar la información obtenida en este apartado se procedió a equipar el circuito en un protoboard para corroborar datos y resultados que garantizan el buen funcionamiento del sistema en general.

Para facilitar la conexión de los diferentes dispositivos y módulos se realizó el diseño de una sola placa PCB. La placa se diseñó con la ayuda del *software* Proteus versión 8.9.

3.7.1 Placa General

En la figura 37-3 se muestra circuito impreso PCB y su vista en 3D obtenidas tras el diseño de la placa general.

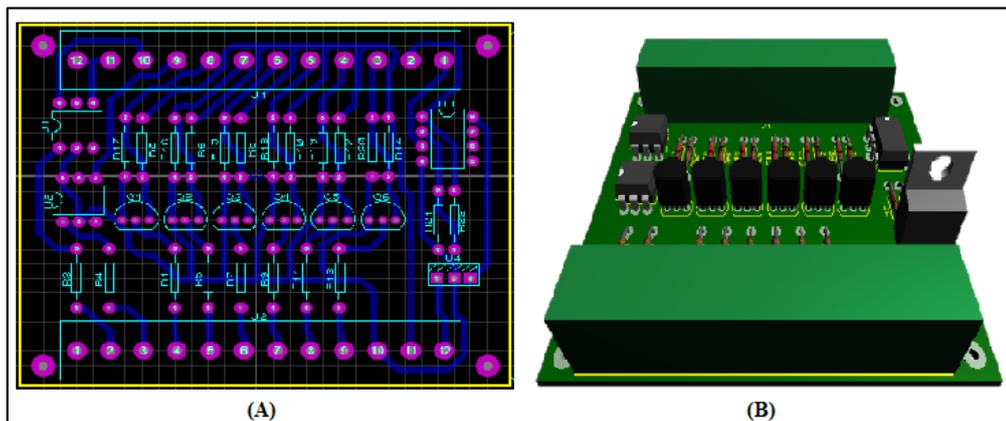


Figura 37-3. (A) circuito impreso PCB, (B) Vista 3D de la placa
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.7.1.1 Fabricación del circuito impreso PCB

Después del diseño, simulación, armado en protoboard y corroborado el buen funcionamiento del sistema en general se procedió a la fabricación del circuito impreso PCB de la placa. Por su resistencia y fácil accesibilidad se utilizó baquelita de fibra de vidrio de 74.5mm (ancho). x 62mm (largo), sobre esta se revela el diseño del circuito previamente impreso en papel encerado que transfiere el diseño a la placa por medio de transferencia térmica. Luego se procede a sumergir la placa en ácido cloruro férrico para eliminar el cobre de las zonas fuera del área de impresión del circuito, Al instante se perfora las zonas dispuestas para finalmente proceder a soldar los diferentes elementos que conforman la placa y quedando lista para su uso. La figura 38-3 muestra la placa general.

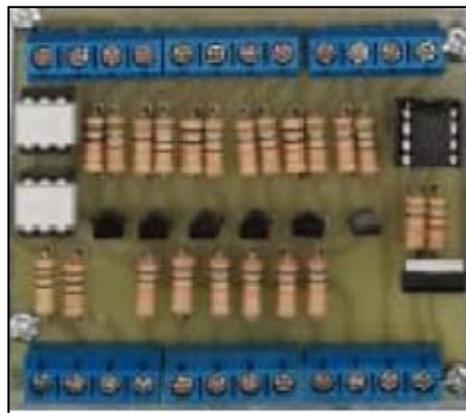


Figura 38-3. Placa general terminada
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.8 Diseño de la estructura para el sistema

En la implementación del sistema fue necesario el diseño de varias piezas para adecuar los diversos dispositivos y equipos en la máquina remalladora. Las piezas fueron diseñadas usando el *software* SolidWorks.

3.8.1 Acople para los sensores fin de carrera

Una vez definido el lugar a donde irán ubicado los sensores se procedió a realizar el diseño del acople para el compartimento frontal y lateral que se muestra en la figura 39-3.

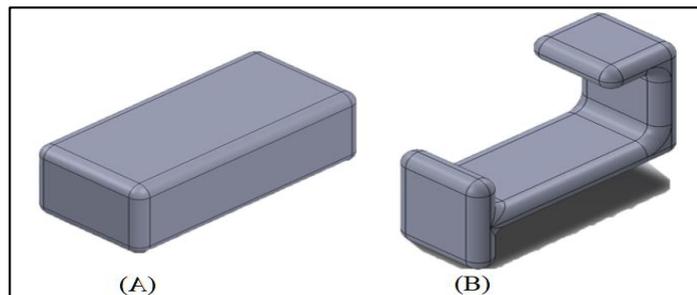


Figura 39-3. Diseño acople compartimento, (A) lateral, (B) frontal
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.8.2 Soporte y base del motor

El soporte se diseñó para fijar al motor con la mesa de trabajo de la máquina remalladora, conjuntamente con la base estos van dispuestas a nivel con el eje del motor. La figura 40-3 muestra el diseño del soporte y la base.

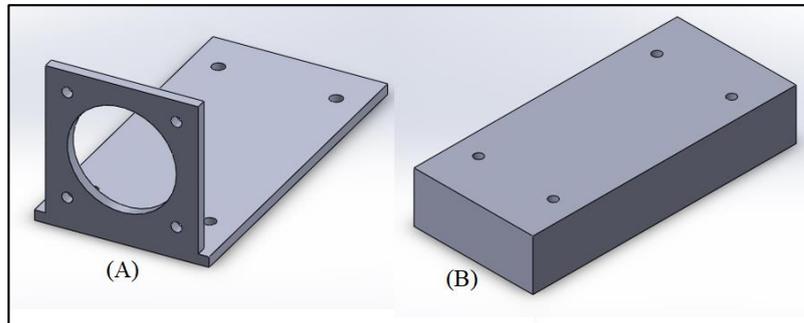


Figura 40-3. Diseño, (A) Soporte del motor, (B) Base del motor
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.8.3 Cubierta del motor

La estructura de la cubierta esta diseñada para cubrir al motor del ambiente externo e incluir el panel de control y visualización. La figura 41-3 muestra el diseño de la cubierta.

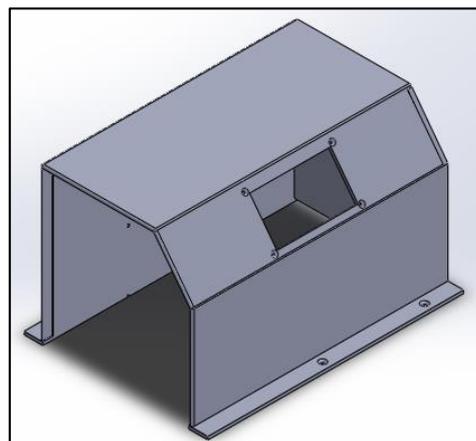


Figura 41-3. Diseño cubierta del motor
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.8.4 Acople para los sensores ópticos

El soporte para los sensores ópticos se diseñó en coordinación con un disco que lleva una parte hueca a un extremo para que se acople al eje del motor. En la a figura 42-3 muestra el diseño obtenido

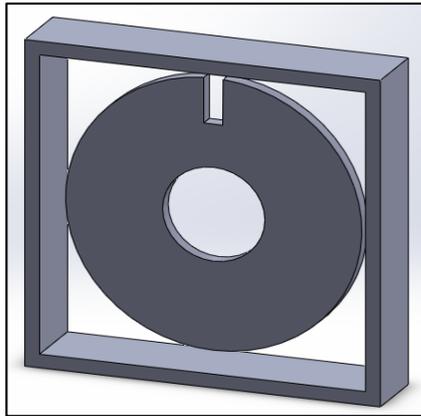


Figura 42-3. Soporte para los sensores ópticos

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9 Construcción del prototipo

Los diseños que conforman el sistema fueron elaborados en distintos materiales, los mismos se describen en la tabla 18-3.

Tabla 18-3: Tipos y materiales de construcción

| DESCRIPCION | | |
|-------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Pieza | Construcción | Material |
| Acoples sensor fin de carrera | Impresión 3D | PLA (ácido poli-láctico) |
| Cubierta del motor | Impresión 3D | PLA (ácido poli-láctico) |
| Soporte del motor | Manual | Tol laminado negro de 3.5mm |
| Base del motor | Manual | Madera tratada |
| Acople flexible | Maquinado | Hierro fundido |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.1 Maquinado del acople flexible

Para conectar el eje del motor con el eje de la máquina fue necesario adaptar el acople a las medidas que tiene cada uno de los ejes, para obtener la medida lo más exacta posible se utilizó el calibrador pie de rey para su posterior mecanizado con la ayuda de un torno industrial. La tabla 19-3 indica las medidas que tiene los ejes.

Tabla 19-3: Medidas de los ejes

| MEDIAS | | |
|---------------------|----------|----------|
| Eje | Diámetro | Longitud |
| Máquina remalladora | 12mm | 26mm |
| Motor | 14 mm | 30mm |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.2 Instalación del acople máquina-motor

Una vez terminadas las piezas requeridas se procedió a realizar el acople entre el eje del motor y el eje de la máquina remalladora, para instalar el acople que unirá ambos ejes fue necesario nivelarlos para ello se hizo uso de la base previamente fabricada que va conjuntamente con el soporte del motor para unirse con la mesa de trabajo de la máquina, se utilizó tornillos M7 con tuercas y arandelas de presión. La figura 43-3 muestra el acople entre ejes.



Figura 43-3. Instalación; (A) Base del motor, (B) Acople motor-máquina

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.3 Instalación del sistema de posicionamiento de la aguja

El disco se instala al eje del motor, mientras que los sensores se instalaron en la parte superior e inferior del soporte de tal manera que el disco al girar pase entre el emisor y receptor, cada vez que la parte hueca pase entre ellos se genere la señal respectiva, una censa la posición “libre” de la aguja (sensor superior), y la otra la posición “enclavada” (sensor inferior). La figura 44-3 muestra el sistema de posicionamiento de la aguja instalado.

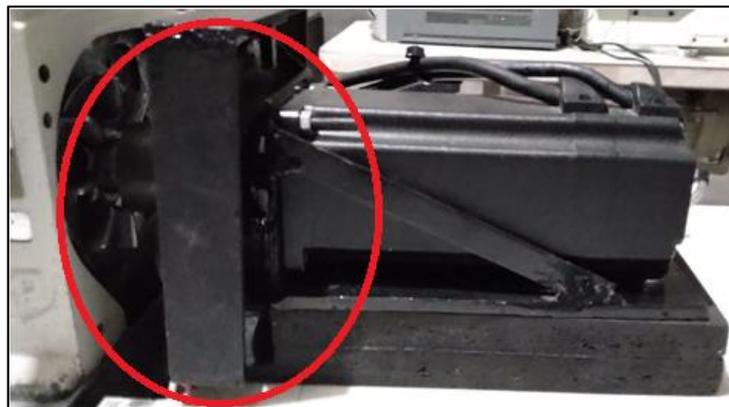


Figura 44-3. Vista frontal del sistema instalado

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.4 *Instalación de la cubierta y pantalla de visualización*

La cubierta es de fácil instalación y se ajusta a la mesa de trabajo de la máquina remalladora por medio de tornillos M5, la pantalla de visualización se instaló en la parte frontal de la cubierta para el fácil acceso al control y visualización por parte del operario como lo ilustra la figura 45-3



Figura 45-3. Instalación de la cubierta del motor
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.5 *Instalación de los sensores fin de carrera*

La adaptación de estos sensores a la máquina remalladora fueron para mejorar la seguridad para el operario, los sensores del compartimiento frontal (A) y lateral (B), fueron instalados con los acoples diseñados anteriormente y el sensor del prénsatela se instaló de forma directa así como lo muestra la ilustración (C) de la figura 46-3.

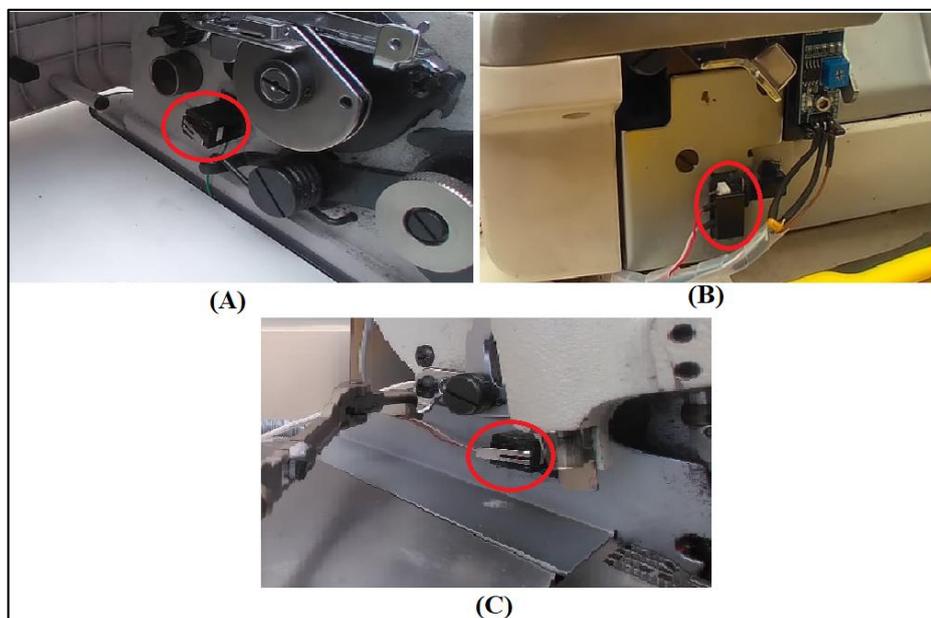


Figura 46-3. Instalación sensores fin de carrera
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.6 *Instalación del sensor infrarrojo*

Este sensor se instaló por debajo de la plataforma del arrástratela (A), luego se realizó una perforación en la plataforma orientada hacia el sensor (B) para que detecte la presencia de tela que se posa sobre esta, tal como lo muestra la figura 47-3.

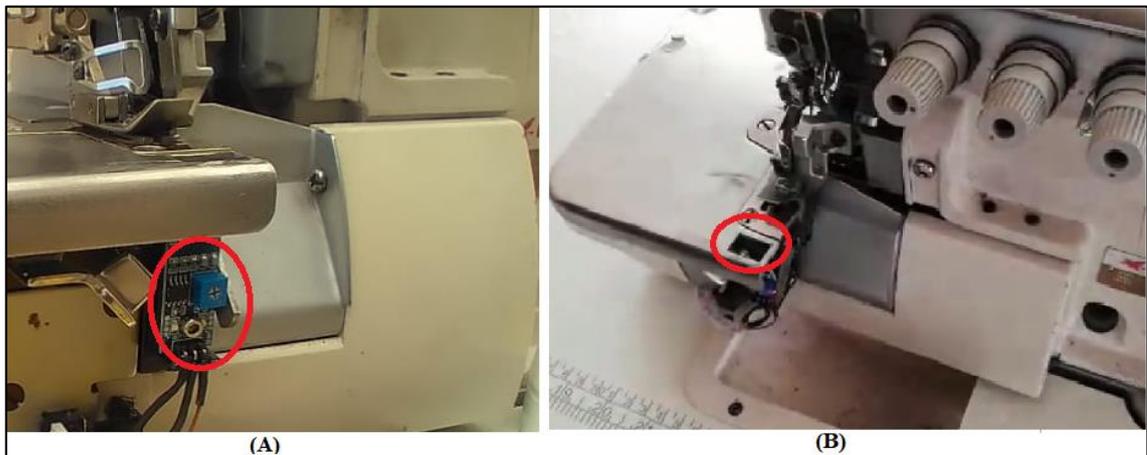


Figura 47-3. Instalación del sensor infrarrojo

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.7 *Instalación del pedal de control*

Se procedió a instalar el pedal para la puesta en marcha del prototipo, al estar en constante contacto y accionamiento por el operario se aseguró al riel de la base de la máquina con pernos para su mayor resistencia. La figura 48-3 muestra el pedal instalado.



Figura 48-3. Pedal de control

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.8 Instalación del gabinete eléctrico

Finalmente se procedió a instalar el gabinete considerando el tamaño de los instrumentos para la conexión, equipos y dispositivos que incluirá se dimensionó el gabinete eléctrico óptimo, se eligió uno de 60cm x 40cm disponible en el mercado que está construido en acero galvanizado, prontamente se procedió a instalar todos los equipos, canaletas, borneras de conexión, rieles metálicos etc. El gabinete se aseguró al lado derecho de la mesa de trabajo de tal manera que no obstruya en el normal funcionamiento de la máquina. La figura 49-3 ilustra el gabinete instalado.



Figura 49-3. Vista frontal del gabinete instalado
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.9 Conexiones Eléctricas

Antes de dar inicio con las conexiones eléctricas se procedido a dimensionar el calibre del conductor requerido para cada caso. Basándonos en la tabla de especificaciones de cada dispositivo se buscó el calibre que cumpla con los requerimientos tomando en referencia la tabla 20-3 que se muestra a continuación.

Tabla 20-3: Calibre de conductor con temperaturas hasta 30°C

| AWG | Sección del cable mm ² | Carga eléctrica en Amperio (Número de hilos) | | | | |
|-----|-----------------------------------|---|-------|--------|---------|----------|
| | | hasta 3 | 4 - 6 | 7 - 24 | 25 - 42 | 43 y mas |
| 24 | 0,21 | 2 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,0 |
| 22 | 0,33 | 3 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,5 |
| 20 | 0,52 | 5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 |
| 18 | 0,82 | 7 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 3,5 |
| 16 | 1,31 | 10 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 |
| 14 | 2,08 | 15 | 12,0 | 10,5 | 9,0 | 7,5 |
| 12 | 3,32 | 20 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 10,0 |
| 10 | 5,26 | 30 | 24 | 21 | 18 | 15 |

Fuente: (SAB BROCKSKES, 2016).

3.9.9.1 Dimensionamiento del cable conductor

En base a información obtenida de la tabla expuesta anteriormente se procedido a seleccionar el calibre del cable para cada configuración que se expone en la tabla 21-3.

Tabla 21-3: Dimensionamiento del conductor

| Configuración | | Calibre Conductor |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| Raspberry | Sensor fin de carrera | 24 AWG |
| | Sensor infrarrojo | 24 AWG |
| | Sensor óptico | 24 AWG |
| | Driver Motor | 24 AWG |
| Driver | Motor | 16 AWG |
| | Fuente de poder | 16 AWG |
| Prototipo | Red Eléctrica | 12 AWG |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.9.9.2 Cableado eléctrico

Obtenido el calibre del cable conductor se procedido a realizar las conexiones eléctricas, en determinados casos y para facilitar las conexiones se utilizó puentes eléctricos, cada punto de conexión se acoplo un terminal eléctrico para garantizar una mayor rigidez al punto de conexión.

Los cables se distribuyeron de forma técnica y segura, para ello se utilizó canaletas y cinta organizadora de cable, finalmente realizaron pruebas de continuidad para corroborar en buen estado de las conexiones. La figura 50-3 ilustra la implementación final del prototipo listo para realizar las respectivas pruebas.



Figura 50-3. Cableado del sistema eléctrico del prototipo

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.10 Diseño del software

El diseño del programa general del prototipo se realiza en el software Qt, se parte definiendo los requerimientos específicos que debe satisfacer, se presenta el diagrama de flujo, las funciones y librerías utilizadas para definir el *software* que cumplirá con la tarea de procesar, transmitir y mostrar la información generada en la ejecución del sistema.

3.10.1 *Requerimientos de software*

- Diseñar una interfaz visual amigable e intuitiva para el usuario que muestre el estado de los diferentes parámetros y sensores en tiempo real.
- Diseñar una interfaz visual que permita la entrada de información para establecer el control manual o automático del sistema en general, control de la velocidad y selección de la posición de la aguja.
- Permitir el control para el encendido y apagado de una luminaria monofásica.
- Establecer un plan de mantenimiento predictivo en función a las horas trabajadas por el sistema.
- Los datos de trabajo de la máquina son almacenados únicamente cuando el motor entre en funcionamiento.
- Mostrar un historial diario, semanal o trimestral en horas trabajadas por la máquina.

3.10.2 *Herramienta de software Qt*

Qt facilita el desarrollo de una aplicación, en este trabajo se adoptan dos herramientas incluidas al instalar Qt para facilitar el proceso, Qt Creator y Qt Designer. De este modo, Qt Creator se utiliza como IDE de programación y Qt Designer como “editor gráfico de widgets”, además cuenta con un sin número de librerías que brindan diferentes funcionalidades al *software* y la facilidad de realizar cualquier proceso.

3.10.3 *Diagrama de flujo general*

Se procedió a desarrollar una representación gráfica de los distintos pasos y procesos que sigue nuestro programa secuencia lógica que seguirá el algoritmo, figura 51-3 ilustra el diagrama de flujo de todo el sistema.

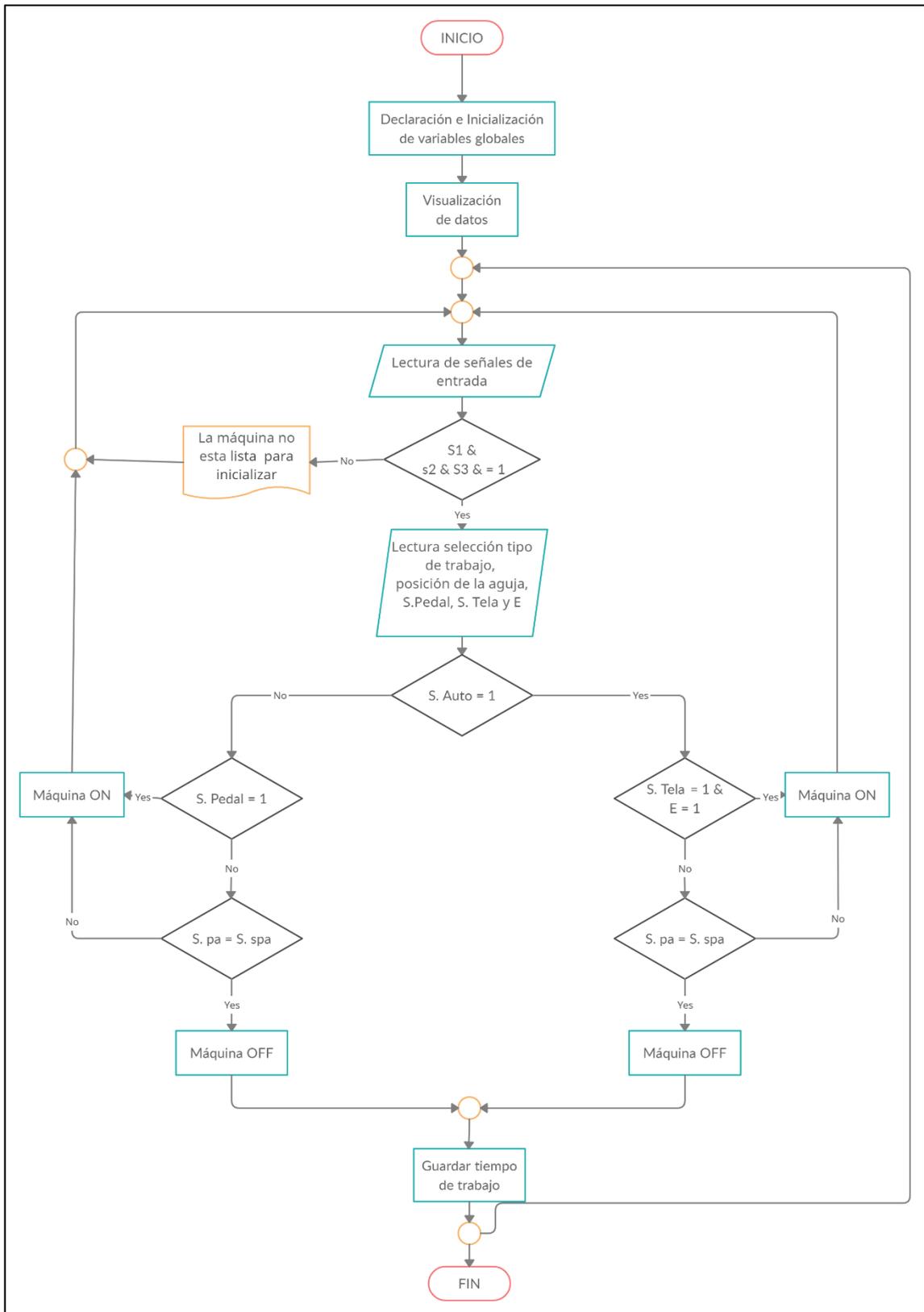


Figura 51-3. Diagrama de flujo
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.10.4 Obtención de señales

La obtención de cada una de las señales de funcionamiento se realiza mediante las instrucciones que facilita *Qt*, se consideraron señales de entrada digitales tanto físicas mediante sensores y pulsos, así como también por instrucciones en software.

Qt es una herramienta de gran utilidad que permite la creación de widgets o elementos gráficos de manera visual, los mismos que pueden interactuar con el usuario mediante la interfaz gráfica y obtener señales o instrucciones propias del proceso. En la tabla 22-3 se detallan las utilizadas en el desarrollo de la interfaz.

Tabla 22-3: Señales de la interfaz gráfica del usuario

| SEÑAL | WIDGET | FUNCION |
|----------------------------|-------------|---|
| Modo de operación | QPushButton | Automático o manual. |
| Consultas | | Realiza las consultas, tiempo de funcionamiento de la máquina. |
| Cambio de ventana | | Permite navegar por las ventanas existentes en el programa. |
| Velocidad del motor | Slider | El usuario puede ajustar la velocidad de costura. |
| Información | QDialog | Muestra la información como tiempo de funcionamiento de la máquina. |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Para el ciclo de inicio:

- En primera instancia con la herramienta Qt Designer se realiza el diseño de la interfaz gráfica de nuestro panel de control y visualización.
- Se realiza la inclusión de librerías y ventanas secundarias.
- Declaración e inicialización de las variables globales que se utilizará.
- Se define las funciones **crearTablaHistorialMantenimiento()**; **crearTablaTiempoDeFuncionamiento()**; **crearTablaPosicionAguja()**; y **crearTablaUltimoValorVelocidades**.
- Se inicializa la comunicación y se configura las entradas y salidas de los dispositivos.

Para el ciclo de repetición:

- Se procede a identificar el estado de los sensores correspondientes, s1 al compartimiento lateral, s2 al frontal y s3 al prénsatelas.

- Se pregunta el estado de los sensores con el siguiente comando $s1 \& s2 \& s3 = 1$.
- De ser falsa, el algoritmo sale del bucle e inicia el proceso nuevamente hasta cumplir con la condicionante.
- Al cumplir, el algoritmo pasa al nuevo bloque y se da lectura al parámetro de selección de tipo de trabajo manual o automático, posición final de la aguja, señal del pedal, señal sensor de tela, señal sensor posición arriba, señal sensor de posición abajo y enable,
- Se pregunta si el parámetro de selección de tipo de trabajo cumple la siguiente condicionante **S. Auto = 1**, de ser así toma otro bloque con la siguiente condición **S. Tela = 1 & E = 1**, de ser afirmativo pone en estado operativo a la máquina caso contrario el motor reduce la velocidad hasta encontrar y cumplir la condicionante **S.pa = S. spa** para detener el motor y generar el tiempo de trabajo del mismo.
- Si la respuesta a la condicionante **S. Auto = 1** es falsa indica que se encuentra en modo de trabajo manual y dependerá de la señal del pedal en la siguiente condición, **S, Pedal = 1** para activar el motor en caso de ser verdadero y caso contrario el algoritmo reducirá la velocidad del motor hasta encontrar la posición de la aguja deseada para detener el motor y generar tiempo de trabajo del mismo.

3.11 Desarrollo de la interfaz gráfica de desarrollo

Para la interacción del usuario con el sistema se desarrolló una interfaz gráfica dentro del software *QtDesigner*, se logró fácilmente debido a que es un software propio para la realización de GUI. Los *QWidgets* que componen la interfaz gráfica pueden ser creados mediante programación como objetos o de forma gráfica.

3.11.1 Interfaz Principal

La ventana principal que conforma la GUI está compuesta de *QWidgets* que permiten la interacción del usuario en cuanto a la calibración del motor para su funcionamiento en costura y la visualización de información importante del estado de los sensores, es decir del estado de funcionamiento de la máquina. La figura 52-3. Muestra la interfaz de control para el motor.

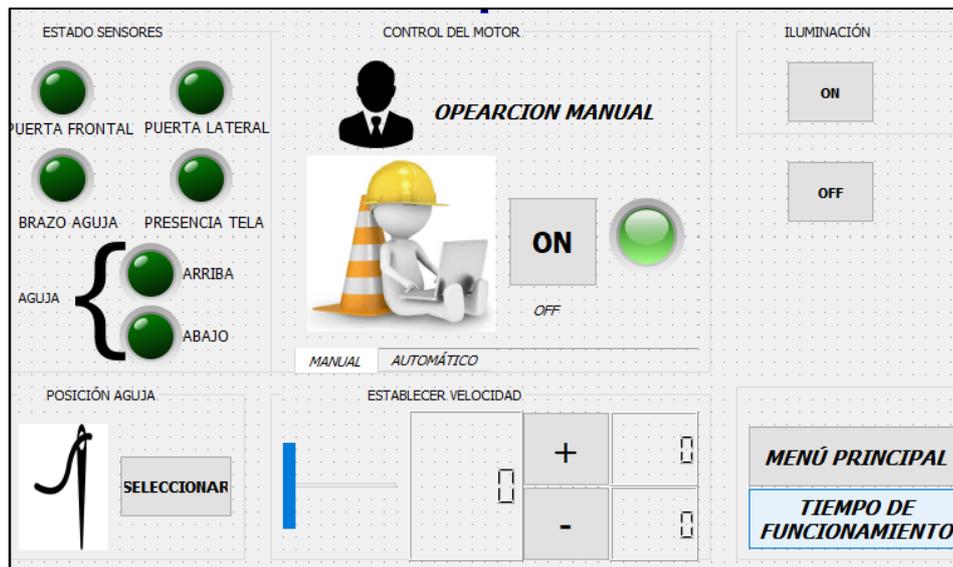


Figura 52-3. Interfaz principal
 Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Los elementos principales que conforma la ventana principal son:

- **ESTADO DE SENSORES:** Indica el estado de cada uno de los sensores que forman parte del sistema.
- **CONTROL DEL MOTOR:** Selección de la forma de trabajo de la máquina, forma manual o automática.
- **LIMITES DE VELOCIDAD:** Se puede ajustar el límite máximo y mínimo en el que puede trabajar el motor.
- **ESTABLECER VELOCIDAD:** Se determina la velocidad a la que va a trabajar el motor, esta debe estar entre el límite máximo y mínimo anteriormente ajustado.
- **POSICIONAMIENTO DE LA GUJA:** Selección de la posición final de la aguja, libre o enclavada.
- **VENTANAS:** Se puede navegar entre las diferentes ventanas que conforman el proyecto.

3.11.2 Interfaz para consultar el tiempo de funcionamiento de la máquina

La pantalla de información acerca del tiempo de funcionamiento es muy importante para conocer las horas totales que ha trabajado la máquina, misma que puede mostrarse de diferentes maneras como por texto o gráficamente. La figura 53-3 ilustra la interfaz

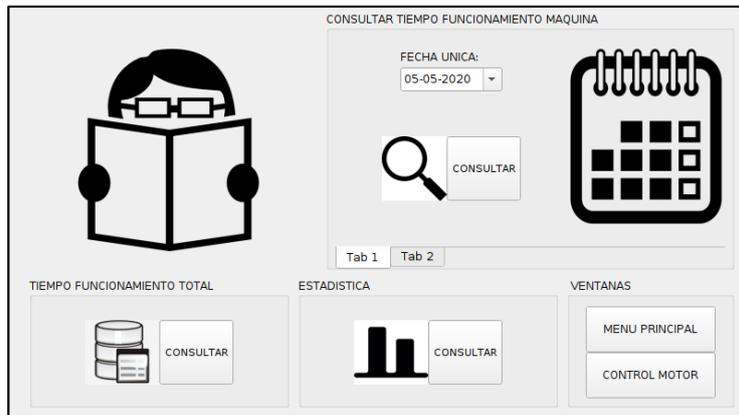


Figura 53-3. Interfaz estadísticas de horas trabajadas de la máquina
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Cada una de las funcionalidades de la interfaz se detalla a continuación.

- **CONSULTAR TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MÁQUINA:** Se puede determinar el tipo de consulta que se desea realizar, ya sea en una sola fecha o en un periodo de tiempo.
- **TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO TOTAL:** El botón consultar permite el procesamiento de la información, considerando el tiempo determinado y muestra la información.
- **ESTADÍSTICA:** Permite tener acceso a graficas estadísticas del tiempo de funcionamiento de la máquina.
- **VENTANAS:** Se puede navegar entre las diferentes ventanas que conforman el proyecto.

3.11.3 Interfaz de Mantenimiento

Esta interfaz está dedicada exclusivamente para el apartado de mantenimiento, se establece un tiempo estimado en horas o minutos según sea la configuración, cada vez que el motor que la maquina entre el funcionamiento el conteo va decreciendo hasta llegar a cero, en este caso el sistema emitirá una alerta para que se tome las medidas necesarias,

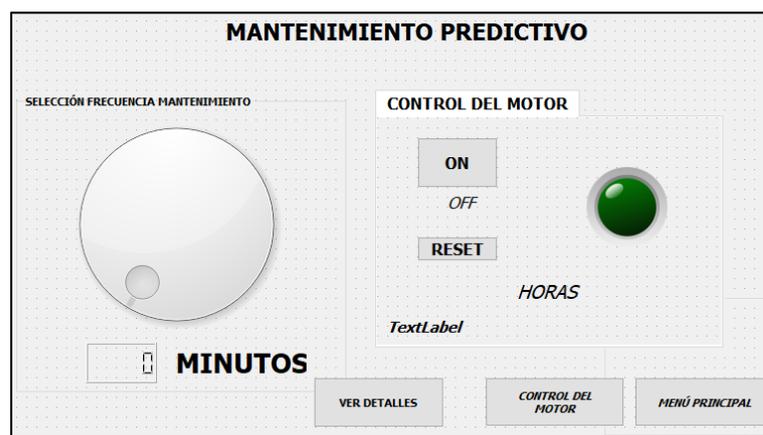


Figura 54-3. Interfaz del mantenimiento predictivo
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.12 Pruebas y Resultados del Prototipo

Con la implementación del sistema se procedió a realizar las pruebas al prototipo, Las pruebas consistieron en medir: la estabilidad, tiempos de ejecución del prototipo puesto en marcha, consumo de corriente y para finalizar el análisis del consumo energético.

3.13 Estabilidad del sistema

El objetivo de estas pruebas es evaluar la variabilidad del prototipo, para lo cual se tomaron 10 muestras de cantidad de tiempo que le tomo al equipo para cumplir el objetivo planteado, tiempos que fueron comparados con un equipo patrón. Se determinó el error absoluto, la media (\bar{x}) y el coeficiente de variación (σ) mediante análisis probabilístico con la herramienta Excel 2016. Para ello se dividió en dos pruebas: velocidad de costura y posicionamiento de la aguja.

3.13.1 Prueba de velocidad de costura

Esta prueba se realizó con el objetivo de establecer el error en cuanto al valor real que registra la velocidad del motor con la dispuesta en la HMI, para ello se utilizó un tacómetro digital DT-2234C+ con capacidad de medir velocidades hasta 99.999 rpm con un error aproximado del $\pm 0.05\%$, se registró el valor real de la velocidad del motor conociendo que su valor nominal de 3600 rpm, los valores obtenidos que se muestran en la tabla 23-3 son el resultado de la prueba.

Tabla 23-3: Prueba de velocidad del prototipo

| Nº de muestra | Velocidad Programada (%) | Velocidad (rpm) | | Error Absoluto (rpm) |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------|---------|----------------------|
| | | Nominal | Medida | |
| 1 | 10 | 360 | 359.12 | 0.88 |
| 2 | 20 | 720 | 719.05 | 0.95 |
| 3 | 30 | 1080 | 1078.88 | 1.12 |
| 4 | 40 | 1440 | 1439.03 | 0.97 |
| 5 | 50 | 1800 | 1798.95 | 1.05 |
| 6 | 60 | 2160 | 2159.16 | 0.84 |
| 7 | 70 | 2520 | 2519.03 | 0.97 |
| 8 | 80 | 2880 | 2878.98 | 1.02 |
| 9 | 90 | 3240 | 3238.85 | 1.15 |
| 10 | 100 | 3600 | 3599.05 | 0.95 |
| Media | | | | 0.99 |
| Desviación Estándar | | | | 0.097524 |
| Coefficiente de variación (%) | | | | 9.85 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En la tabla 23-3 se presenta los datos obtenidos de la prueba, con los cuales se determinó un error mínimo de 0.88 rpm, error máximo de 1.15 rpm y un coeficiente de variación de 9.85%, valor menor al 10 %. Por lo que se concluye que la repetitividad en la medición de la velocidad del motor en relación a la programada desde el panel de control es homogénea representando un sistema estable(Llamosa, et al., 2007, p. 457).

3.13.2 Prueba de posicionamiento final de la aguja

Para realizar la siguiente prueba se utilizó un cronómetro para medir la cantidad de tiempo que transcurre desde el instante que se suelta el pedal de control hasta que la aguja se situe en la posición requerida, los datos de la prueba se muestran en la tabla 24-3.

Tabla 24-3: Prueba posicionamiento de la aguja

| Nº de muestra | Tiempo Deseado (s) | Tiempo medido (s) | | Error Absoluto (s) | |
|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | Posición Abajo | Posición Arriba | Error P. Abajo | Error P. Arriba |
| 1 | 0.5 | 1.35 | 1,23 | 0.85 | 0.73 |
| 2 | 0.5 | 1.57 | 1,38 | 1.07 | 0.88 |
| 3 | 0.5 | 1.39 | 1,39 | 0.89 | 0.89 |
| 4 | 0.5 | 1.38 | 1,25 | 0.88 | 0.75 |
| 5 | 0.5 | 1.62 | 1,28 | 1.12 | 0.78 |
| 6 | 0.5 | 1.26 | 1,34 | 0.76 | 0.84 |
| 7 | 0.5 | 1.22 | 1,16 | 0.72 | 0.66 |
| 8 | 0.5 | 1.27 | 1,32 | 0.77 | 0.82 |
| 9 | 0.5 | 1.35 | 1,21 | 0.85 | 0.71 |
| 10 | 0.5 | 1.40 | 1,53 | 0.9 | 1.03 |
| Media | | 1.618 | 1.309 | 0.881 | 0.809 |
| Desviación Estándar | | 0.128 | 0.107 | | |
| C. de Variación (%) | | 9.288 | 8.215 | | |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Con los datos obtenidos de la prueba se determinó el error promedio para situar la aguja en posición “arriba” y “abajo” de 0.881 s y 0.809s respectivamente y un coeficiente de variación de en ambos casos menor al 10 %. Por lo que se concluye que el prototipo implementado presenta estabilidad en la posición final de la aguja(Llamosa, et al., 2007, p. 457).

3.14 Prueba de calibración de la distancia para la detección de tela

El objetivo de esta prueba fue calibrar la exactitud al medir la distancia con el sensor Infrarrojo IR FC-51 para el reconocimiento de la presencia de tela y comprobar que el código no incluye errores, se basó en el análisis de 10 muestras, desde un punto referencial comparando cada una con un equipo de medición patrón. En la figura 55-3 ilustra el proceso para obtener las muestras y los datos obtenidos a través de la consola de aplicación.

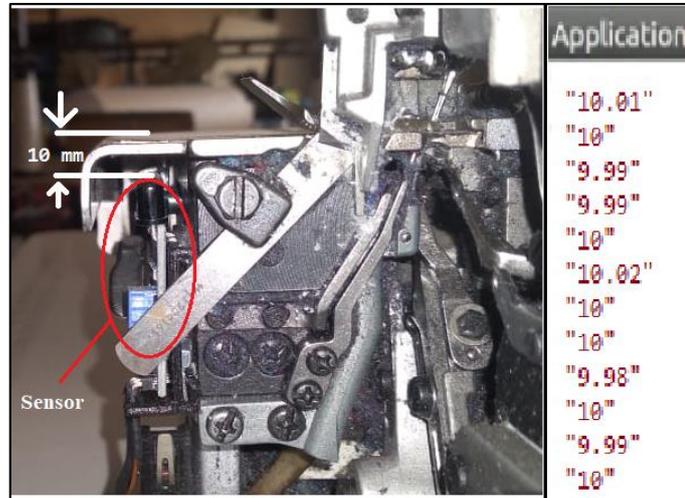


Figura 55-3. Recopilación de datos de distancia
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En la tabla 25-3, se presenta los resultados de esta prueba y se verifica que el prototipo mide valores con un error absoluto promedio de 0.007 mm, además que la desviación estándar indica una muestra homogénea es decir que los datos tomados evidencian la estabilidad del prototipo.

Tabla 25-3: Prueba de calibración de la distancia para la detección de tela

| Nº de muestra | Distancia Referencia (mm) | Distancia Medida Sensor IR FC | Error Absoluto (mm) |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1 | 10 | 10.01 | 0.01 |
| 2 | 10 | 10 | 0 |
| 3 | 10 | 9.99 | 0.01 |
| 4 | 10 | 9.99 | 0.01 |
| 5 | 10 | 10 | 0 |
| 6 | 10 | 10.02 | 0.02 |
| 7 | 10 | 10 | 0 |
| 8 | 10 | 10 | 0 |
| 9 | 10 | 9.98 | 0.02 |
| 10 | 10 | 10 | 0 |
| Media | | | 0.007 |
| Desviación Estándar | | | 0.0082 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.15 Prueba de tiempos de producción

Para el desarrollo de esta prueba se consideró la confección de una prenda a vestir deportiva tipo short talla 40 por ser la prenda que se fabrica en gran número en el taller a donde trabajará el prototipo. El análisis de tiempos de costura se las realizó con la ayuda de un cronómetro para medir la cantidad de tiempo que se demora en cada caso. El gráfico 1-3 muestra el diseño patrón del short deportivo a confeccionar con sus respectivas medidas ilustradas en la tabla 26-3.

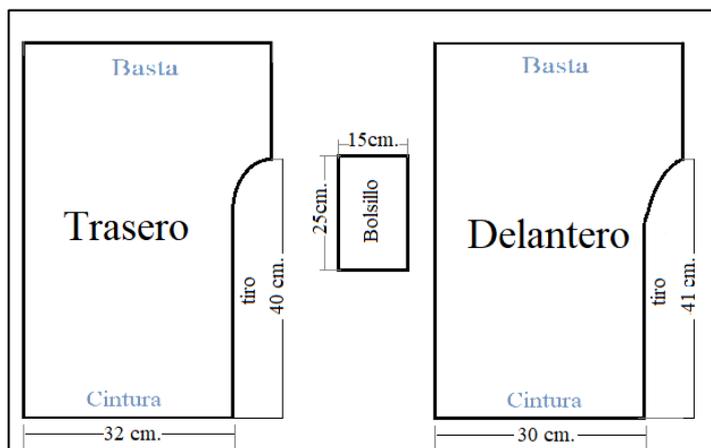


Gráfico 1-3. Patrón del short deportivo.

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 26-3: Medidas del short deportivo

| Pieza | Descripción | Longitud (cm) |
|------------------|--------------|---------------|
| Delantera | Tiro | 41 |
| | Cintura | 64 |
| | Entre pierna | 15 |
| Trasera | Tiro | 40 |
| | Cintura | 60 |
| | Entre pierna | 15 |
| ----- | Bolsillo | 65 |
| Total | | 300 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.15.1 Producción con tecnología tradicional

La prenda deportiva tomada a consideración tiene un diseño básico, que incluye un solo bolsillo y sin costuras de adorno. A continuación, se ilustra en la tabla 27-3 los tiempos de costura en cada caso, se obtuvo como resultado un total de 111.22 segundos que interviene la máquina remalladora en el proceso de costura de una sola prenda.

Tabla 27-3: Tiempos de costura con tecnología tradicional

| N° de Muestra | TIEMPOS DE COSTURA (s.) | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------|----------|---------------------|----------|
| | Tiro Delantero | Tiro Trasero | Bolsillo | Delantero y Trasera | Elástico |
| 1 | 9.29 | 10.25 | 10.35 | 45.23 | 33.96 |
| 2 | 9.51 | 11.36 | 9.12 | 42.83 | 34.23 |
| 3 | 9.61 | 9.57 | 11.35 | 43.21 | 32.94 |
| 4 | 11.25 | 10.52 | 11.54 | 42.54 | 38.52 |
| 5 | 10.52 | 9.85 | 10.27 | 42.88 | 37.16 |
| 6 | 9.62 | 10.65 | 11.95 | 42.95 | 35.71 |
| 7 | 11.23 | 11.32 | 9.54 | 45.82 | 34.25 |
| 8 | 9.58 | 10.65 | 10.81 | 44.26 | 33.78 |
| 9 | 10.56 | 9.67 | 11.21 | 45.39 | 37.69 |
| 10 | 10.64 | 11.05 | 10.87 | 46.54 | 38.62 |
| Promedio | 10.181 | 10.489 | 10.701 | 44.165 | 35.686 |
| Promedio General | | | | | 111.222 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.15.2 Producción con el prototipo

Los datos obtenidos en esta prueba se ilustran en la tabla 28-3, se obtuvo como resultado que el prototipo se demora 98.63 s.

Tabla 28-3: Prueba producción con el prototipo

| N° de Muestra | TIEMPOS DE COSTURA (s.) | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------|----------|---------------------|----------|
| | Tiro Delantero | Tiro Trasero | Bolsillo | Delantero y Trasera | Elástico |
| 1 | 8.65 | 11.54 | 10.23 | 44.69 | 29.85 |
| 2 | 9.21 | 10.69 | 9.85 | 40.29 | 28.47 |
| 3 | 8.54 | 9.62 | 11.11 | 39.57 | 27.91 |
| 4 | 9.23 | 9.84 | 10.73 | 39.84 | 30.84 |
| 5 | 8.46 | 9.46 | 9.68 | 40.71 | 28.43 |
| 6 | 9.62 | 9.79 | 10.58 | 39.57 | 29.61 |
| 7 | 10.96 | 10.63 | 10.84 | 40.98 | 28.51 |
| 8 | 10.96 | 9.47 | 9.46 | 43.58 | 30.58 |
| 9 | 9.28 | 9.29 | 9.68 | 44.5 | 31.19 |
| 10 | 10.64 | 9.82 | 9.63 | 40.58 | 28.64 |
| Promedio | 9.555 | 10.015 | 10.179 | 41.431 | 27.44 |
| Promedio General | | | | | 98.63 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Con esta prueba se corroboró que el sistema reduce el tiempo de costura respecto a la máquina con tecnología tradicional en un 11.34 %, en el gráfico 2-3 se ilustra los tiempos de producción de cada tecnología por unidad terminada.

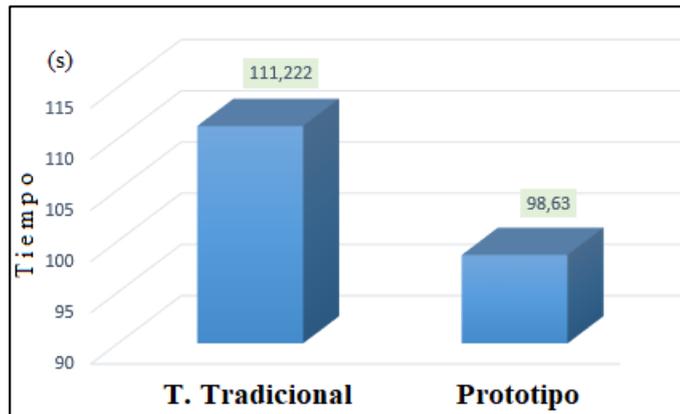


Gráfico 2-3. Tiempos de producción por unidad

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

En base a los resultados obtenidos, en el gráfico 3-3 se muestra las unidades producidas en una hora.

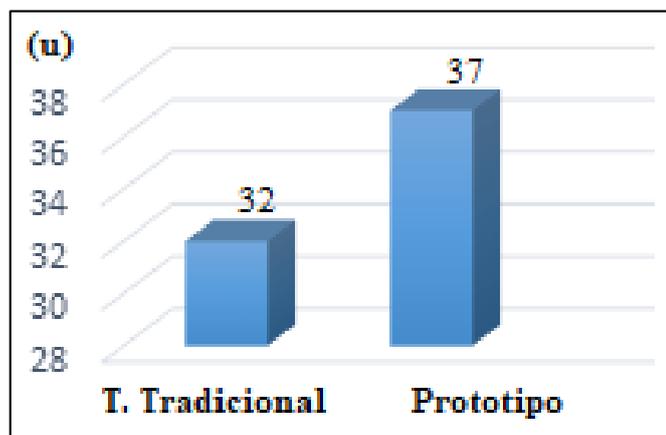


Gráfico 3-3. Producción por hora

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.16 Prueba de mediciones de corriente

El objetivo de esta prueba fue determinar la corriente requerida por las dos tecnologías para efectuar su trabajo, para lo cual con la ayuda de la pinza eléctrica Hytais modelo Ts-202 se realizó las mediciones de corriente en la línea de alimentación principal del cada sistema, proceso que se ilustra en la figura 56-3.



Figura 56-3. Medición de corriente
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.16.1 Máquina implementada con tecnología tradicional

Se procedió a realizar un registro de corriente para establecer la magnitud consumida por el sistema en cada caso de accionamiento del motor.

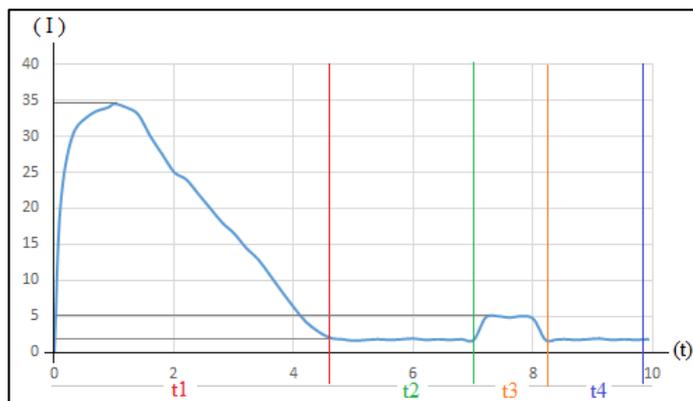


Gráfico 4-3. Curva característica de corriente del motor AC
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

- **Análisis t1:** A partir del encendido del motor el consumo de corriente inicia desde 0 A. hasta una corriente pico de 35 A. que disminuye gradualmente hasta estabilizarse en aproximadamente 4.8 s.
- **Análisis t2:** A partir de los 4.8s. la corriente del motor se estabiliza quedando en reposo y consume una corriente aproximada de 1.8 A.
- **Análisis t3:** Representa el consumo de corriente por el tiempo que sea accionado el pedal de la máquina, consume una corriente aproximada 5.2 A. cada vez que sea presionado el pedal.

Posteriormente se realizó el análisis de los tiempos de accionamiento del motor (reposos o puesta en marcha) para producir una prenda deportiva en cada caso expuesto anteriormente. La tabla 29-3 ilustra los datos obtenidos de la prueba.

Tabla 29-3: Tiempos de costura del short deportivo.

| COSTURA | A. DEL MOTOR | | TOTAL (s) |
|----------------------------|----------------|--------------|---------------|
| | En marcha (s.) | Reposo (s.) | |
| Tiro Delantero | 2.06 | 8.12 | 10.18 |
| Tiro Trasero | 1.94 | 8.54 | 10.48 |
| Bolsillo | 4.03 | 6.67 | 10.70 |
| Delantero y trasera | 24.51 | 19.65 | 44.16 |
| Elástico | 8.23 | 27.45 | 35.68 |
| TOTAL | 40.77 | 70.43 | 111.22 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Con la prueba realizada se determinó los tiempos de accionamiento del motor, para el estado en reposo y puesto en marcha son 70.43 s y 40.77 s respectivamente. En el gráfico 5-3 se muestra los porcentajes correspondientes en relación al total del tiempo consumido.

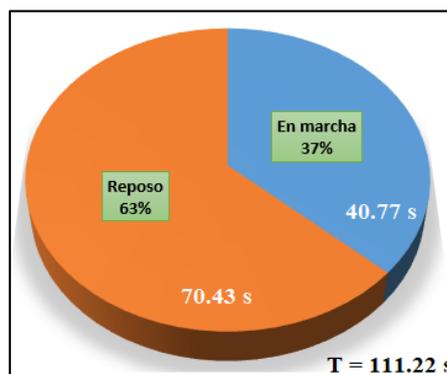


Gráfico 5-3. Porcentajes del accionamiento del motor
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.16.1.1 Análisis del consumo energético

Se desarrolló los cálculos correspondientes en cada caso de análisis para determinar el valor total de la energía consumida, los resultados se muestran en la tabla 30-3 donde se evidencia un total de 40653.36 Ws consumidos con esta tecnología.

Tabla 30-3: Consumo energético de la tecnología tradicional

| TECNOLOGÍA TRADICIONAL | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|------------------------|
| Accionamiento del motor | Tensión de entrada (Vca) | Consumo de corriente (A) | Potencia (W) | Tiempo de accionamiento (s) | Energía Consumida (Ws) |
| Puesta en Marcha | 120 | 5.2 | 624 | 40.77 | 25440.48 |
| Reposo | 120 | 1.8 | 216 | 70.43 | 15212.88 |
| TOTAL | | | | | 40653.36 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.16.2 Máquina implementada con el prototipo

Se procedió a realizar un registro de corriente para establecer la magnitud consumida por el sistema en cada caso de accionamiento del prototipo.

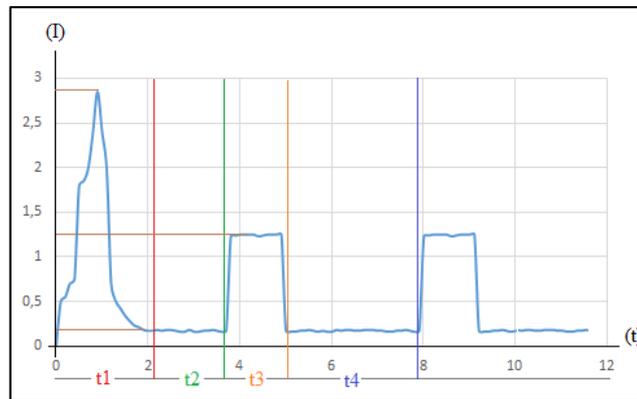


Gráfico 6-3. Curva característica de corriente del prototipo

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

- **Análisis t1:** Al encender el prototipo el consumo de corriente inicia desde 0 A. hasta una corriente pico de 2.85 A. aproximadamente y disminuye gradualmente hasta estabilizarse en aproximadamente 2.2s.
- **Análisis t2:** A partir de los 2.2 s. la corriente del prototipo se estabiliza quedando en reposo y consume una corriente aproximada de 0.18 A.
- **Análisis t3:** Representa el consumo de corriente al momento de ser accionado el pedal del prototipo, genera movimiento en su eje y lo transfiere al eje de la máquina por medio de una banda, consume una corriente aproximada 1.8 A. cada vez que sea accionado el pedal.

Posteriormente se realizó el análisis de los tiempos de accionamiento del sistema (reposos o puesta en marcha) para producir una prenda deportiva en cada caso expuesto anteriormente. La tabla 31-3 ilustra los datos obtenidos de la prueba.

Tabla 31-3: Tiempos de costura con el prototipo

| COSTURA | ESTADO DEL MOTOR | | TOTAL (s) |
|---------------------|------------------|--------------|--------------|
| | Accionado (s) | Reposo (s) | |
| Tiro Delantero | 1.83 | 7.73 | 9.56 |
| Tiro Trasero | 2.04 | 7.98 | 10.02 |
| Bolsillo | 4.15 | 6.03 | 10.18 |
| Delantero y trasero | 24.36 | 17.07 | 41.43 |
| Elástico | 8.93 | 18.51 | 27.44 |
| TOTAL | 41.31 | 57.32 | 98.63 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Con la prueba realizada se determinó los tiempos de accionamiento del sistema, para el estado en reposo y puesto en marcha son 57.32 s y 41.31 s respectivamente. En el gráfico 7-3 se muestra los porcentajes correspondientes en relación al total del tiempo consumido.

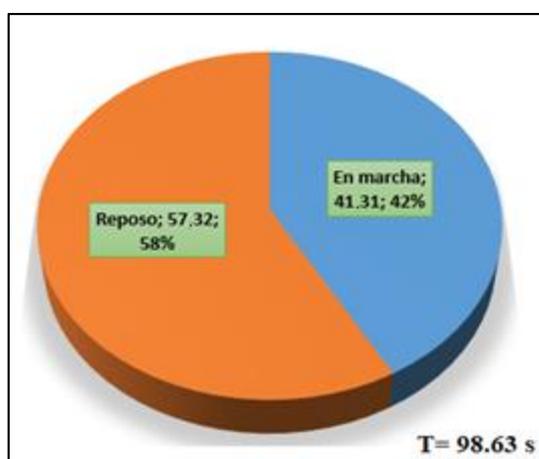


Gráfico 7-3. Porcentajes del accionamiento del prototipo
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.16.2.1 Análisis del consumo energético

Se desarrolló los cálculos correspondientes en cada caso de análisis para determinar el valor total de la energía consumida, los resultados se muestran en la tabla 32-3 donde se evidencia un total de 10161.07 Ws consumidos con esta tecnología.

Tabla 32-3: Consumo energético del prototipo

| PROTOTIPO | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|------------------------|
| Accionamiento del motor | Tensión de entrada (Vca) | Consumo de corriente (A) | Potencia (W) | Tiempo de accionamiento (s) | Energía Consumida (Ws) |
| Puesta en Marcha | 120 | 1.8 | 216 | 41.31 | 8922.96 |
| Reposo | 120 | 0.18 | 21.6 | 57.32 | 1238.112 |
| TOTAL | | | | | 10161.07 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.16.3 Estudio comparativo del consumo energético

Con los resultados obtenidos en los análisis de consumo energético se procedió a realizar un estudio con el objetivo de establecer cuál de las tecnologías consume energía eléctrica en mayor cantidad, el gráfico 8-3 muestra los niveles de consumo energético de cada tecnología.

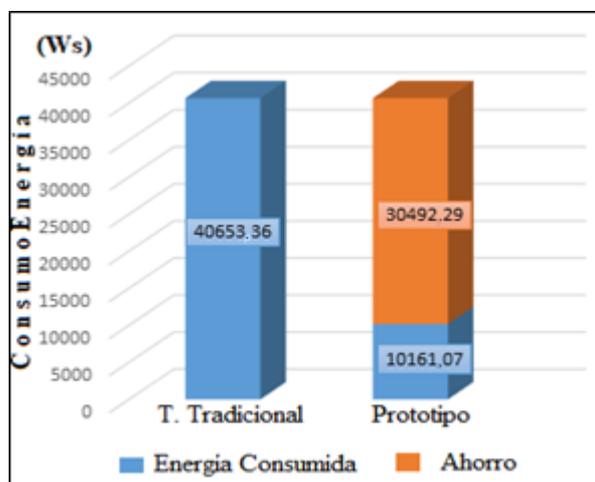


Gráfico 8-3. Porcentajes del accionamiento del prototipo
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Como se puede apreciar, el prototipo consume 10161.07 Ws, que representa el 24.95% de los que consume la tecnología tradicional, esto representa un ahorro del 75.05% de energía.

3.17 Prueba de generación de ruido

El propósito de esta prueba es medir los niveles de ruido que genera cada una de las tecnologías, para esta prueba se utilizó un medidor de niveles de sonido con un error de ± 1.5 dB, se procedió a realizar la prueba en condiciones normales de trabajo ubicando el dispositivo al nivel del órgano auditivo del operador, dando como resultado los datos expuestos en la tabla 33-3.

Tabla 33-3: Prueba nivel de ruido

| N° de muestra | Nivel de Ruido (dB) | |
|-----------------|---------------------|--------------|
| | T. Tradicional | Prototipo |
| 1 | 59.63 | 49.63 |
| 2 | 68.47 | 48.14 |
| 3 | 63.58 | 44.63 |
| 4 | 66.12 | 47.21 |
| 5 | 67.24 | 47.88 |
| 6 | 68.36 | 49.61 |
| 7 | 67.3 | 47.11 |
| 8 | 64.84 | 45.27 |
| 9 | 66.47 | 46.57 |
| 10 | 63.71 | 46.33 |
| PROMEDIO | 65.57 | 47.23 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

El promedio del nivel de ruido que genera la tecnología tradicional es de 65.57 dB contra los 47.23 dB que genera el prototipo, en base a la información obtenida, se afirma que el prototipo implementado reduce los niveles del ruido aproximadamente en un 27.97 %.

3.18 Prueba de funcionamiento del sistema

3.18.1 Prueba de comunicación de los diferentes dispositivos

Con la ejecución de esta prueba se corroboró el buen funcionamiento del sistema, la prueba realizada se ilustra en la figura 57-3, en la tabla 34-3 se muestra el registro en tiempo real del estado de los sensores y funciones del sistema comparando el estado físico de la máquina con lo mostrada en la HMI del sistema.



Figura 57-3. Medición de corriente

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

Tabla 34-3: Registro del estado de sensores y funciones de la HMI

| Sensor / Sistema | Estado Físico | Indicador en HMI |
|---------------------------------|---------------|------------------|
| Sensor cubierta lateral | Cerrado | Activo |
| Sensor cubierta frontal | Cerrado | Activo |
| Sensor presencia de tela | Cerrado | Activo |
| Sensor prensa tela | Cerrado | Activo |
| Sistema posición aguja | Activo | Activo (arriba) |
| Luminaria | Inactivo | Inactivo |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.18.2 Prueba para la ejecución del mantenimiento predictivo

Con la ejecución de esta prueba se corroboró el buen funcionamiento del sistema, se estableció un tiempo de 3 min para su demostración y registro del mismo, en la figura 58-3 se muestra la configuración del tiempo y el mensaje que emite el sistema una vez terminado el tiempo previamente establecido.

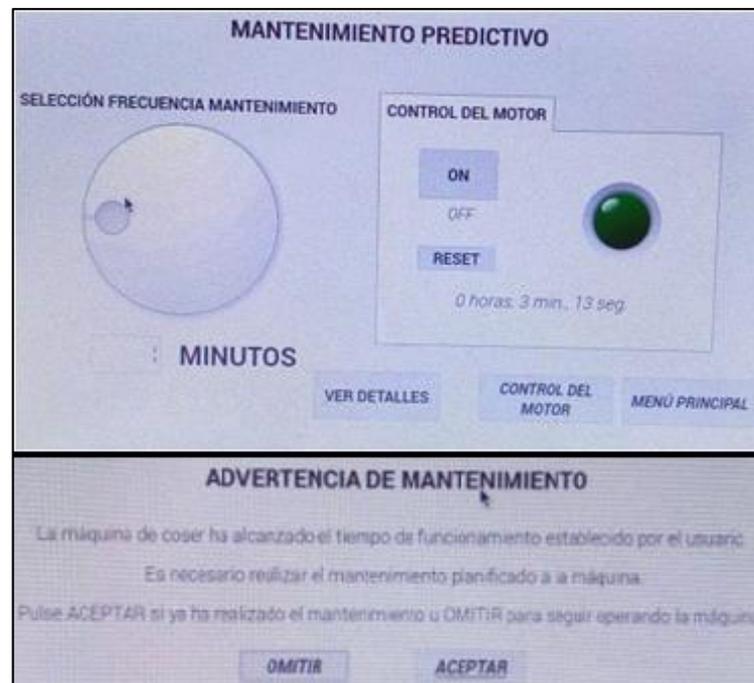


Figura 58-3. Interfaz de configuración y ejecución del mantenimiento

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

3.18.3 Prueba para consultar el tiempo de trabajo

El objetivo de esta prueba es evidenciar el tiempo real de trabajo de la máquina, tomando en cuenta que el algoritmo registra los datos de trabajo únicamente cuando el sistema esta puesto en

marcha, la figura 59-3 muestra los resultados obtenidos por el algoritmo y el equipo utilizado para medir la cantidad de tiempo transcurrido.



Figura 59-3. Registro de horas-trabajo en general
Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1 Cronograma de actividades

A continuación, se muestra la relación actividad vs tiempo, es decir, se exponen las actividades que se realizaron durante la implementación total del proyecto especificando el tiempo de duración de cada una de ellas como lo indica la tabla 1-4

Tabla 1-4: Cronogramas de actividades , relación actividad vs. Tiempo

| ACTIVIDAD | TIEMPO ESTIMADO MES/SEMANAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|
| | 1er Mes | | | | 2do Mes | | | | 3er Mes | | | | 4to Mes | | | | 5to Mes | | | | 6to Mes | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Determinar los sistemas de control y monitoreo que utiliza la máquina remalladora industrial actualmente. | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Establecer los requerimientos y el diseño que debe de cumplir el sistema a implementar. | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Determinar los recursos hardware y software necesarios para llevar a cabo la implementación del diseño. | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Verificar si el sistema implementado cumple con los requerimientos establecidos para el diseño. | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Desarrollo documentación escrita | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Presentación y Defensa del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

4.2 Recursos y Materiales

4.2.1 Talento Humano

Edison Paúl Remache Sagva, es el ejecutor en su totalidad del presente trabajo de titulación. La integración de metodologías de la investigación y el compromiso personal permitieron la culminación exitosa del proyecto, consiguiendo alcanzar los requerimientos planteados y los objetivos.

Msc. Pablo Eduardo Lozada Yáñez, Mcs. José Enrique Guerra Salazar, director y miembro del trabajo de titulación quienes, con su conocimiento y experiencia colaboraron para el desarrollo y culminación de este proyecto.

4.2.2 Presupuesto

Tabla 2-4: Costo del prototipo

| CANTIDAD | COMPONENTE | V. UNITARIO | V. TOTAL |
|---------------------------|---------------------------------|-------------|---------------|
| Equipos | | | |
| 1 | Fuente de alimentación | 120.00 | 220.00 |
| 1 | Motor y driver | 150.00 | 150.00 |
| 1 | Kit Raspberry Pi3 B | 90.00 | 90.00 |
| 1 | Pantalla tft lcd 5plg. | 60.00 | 60.00 |
| 1 | Acople LoveJoy L70 | 32.21 | 32.21 |
| 1 | Relé Electromecánico | 7.25 | 7.25 |
| 1 | Gabinete Eléctrico | 55.00 | 55.00 |
| Dispositivos electrónicos | | | |
| 1 | Sensor infrarrojo IR FC-51 | 2.00 | 2.00 |
| 1 | Regulador Lm 7812 | 0.85 | 0.85 |
| 2 | Optoacoplador Moc 3021 | 1.20 | 2.40 |
| 3 | Sensor mini final de carrera | 0.85 | 2.55 |
| 6 | Transistor 2N3904 | 0.35 | 2.10 |
| 1 | Opam LM358 | 1.00 | 1.00 |
| 1 | Sensor infrarrojo | 2.00 | 2.00 |
| 2 | Sensor óptico FC-03 | 2.50 | 5.00 |
| 20 | Resistencias ¼ watt. | 0.8 | 1.60 |
| 1 | Placa circuito impreso | 4.50 | 4.50 |
| Diseños | | | |
| 2 | Soporte sensor final de carrera | 200 | 4.00 |
| 1 | Cubierta del motor | 10.00 | 10.00 |
| 1 | Base del gabinete | 12.00 | 12.00 |
| 1 | Sistema posición de aguja | 10.00 | 10.00 |
| Varios | | | |
| 6 mts. | Manguera corrugada ½ plg | 0.35 | 2.10 |
| 1 | Canaleta | 7.50 | 7.50 |
| 2mts. | Organizador de cable | 0.50 | 1.00 |
| 2mts. | Cable UTP | 0.50 | 1.00 |
| 1 | Riel de montaje | 3.00 | 3.00 |
| 4 | Kit perno m3 | 0.25 | 1.00 |
| 4 | Kit perno m5 | 0.40 | 1.60 |
| 10 mts | Cable # 16 | 0.35 | 3.50 |
| SUBTOTAL | | | 695.16 |
| EXTRAS 10% | | | 69.51 |
| TOTAL | | | 764.67 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

De acuerdo a los obtenidos en la tabla 4-2 el costo de implementación del prototipo tiene un valor aproximado de **USD 764.67**.

4.2.3 Análisis Económico

Con los datos previamente obtenidos se procede a realizar una proyección sobre el impacto económico que resulta en la producción con el prototipo implementado en comparación con la tecnología tradicional, para ello se establece el margen de rentabilidad de USD 0.25 por unidad producida mismos que se ilustran en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Análisis económico

| Tecnología | Producción (h) | Producción diaria (7 h) | Rentabilidad por unidad (USD) | Total (USD) |
|-------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|
| Tradicional | 32 u. | 224 u. | 0.25 | 56 |
| Prototipo | 37 u. | 259 u. | | 64.75 |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 3-4, la diferencia de rentabilidad del prototipo es de 8.75 dólares americanos (USD) respecto a la tradicional en 7 horas que corresponde a la producción diaria, con esto se deduce que el prototipo se amortizará en aproximadamente 4 meses de trabajo.

4.2.4 Económico

La financiación total del proyecto está cubierta por el proponente del mismo.

4.2.5 Equipos y Materiales

En este apartado se detallan los equipos y materiales utilizados para el desarrollo e implementación de prototipo en sus diferentes etapas. La tabla 3-4 muestra a detalle lo utilizado.

Tabla 4-4: Equipos y Materiales utilizados

| Equipos / Materiales | Detalle |
|---------------------------|--|
| Equipos de oficina | Computadora portátil |
| Software | Qt Creator V.4.8: Programación de la tarjeta de desarrollo y HMI. Word V.2016: Procesamiento y edición de texto. Proteus V.8.9: Diseño y simulación electrónico Excel V2016: Procesamiento de datos estadísticos. SolidWorks V.2018: Diseño CAD 3D Cronometro Digital: Mediciones de tiempo |
| Equipos de campo | Pinza amperimétrica: Mediciones de corriente sin necesidad de abrir el circuito. Tacómetro digital: Mediciones de la velocidad del motor en rpm. Multímetro Digital: Mediciones de voltaje, corriente, resistencia y pruebas de continuidad. |
| Herramientas | Pinzas, cortadora, peladora de cable, destornillador plano, hexagonal y estrella. caudín, taladro, etc... |

Realizado por: Remache Sagva, Edison, 2021.

5. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema electrónico para el control de una remalladora industrial utilizada en el proceso de maquilado textil, este prototipo reemplaza la tecnología tradicional que controla la máquina remalladora al sustituir el motor AC por uno DC incorporando además una interfaz de visualización y control para el operario.
- En base a las pruebas realizadas se verificó que la máquina remalladora implementada con el sistema de control electrónico tiene un consumo energético mucho menor a lo consumido por la tecnología tradicional, el ahorro que genera el prototipo es del 75.05%.
- El control de la posición de la aguja agiliza el proceso de confección disminuyendo los tiempos de costura lo que se ve reflejado en el aumento de producción, con las pruebas realizadas se demostró que el prototipo reduce el tiempo de producción hasta un 11.32 % en comparación a la tecnología tradicional.
- Al implementar los sensores fin de carrera en los compartimientos lateral, frontal y del prénsatelas se tiene control sobre ellos, mismo que deberán estar siempre cerrados o fijos en su posición natural para dar marcha al proceso de costura caso contrario el sistema no da paso en marcha con el fin de evitar posibles daños al sistema mecánico de la máquina y como sistema de seguridad para el operario.
- Al llevar un registro exacto de las horas trabajadas por la máquina, se puede desarrollar un programa de mantenimiento predictivo, muy concretamente al cambio de lubricante de la máquina para garantizar el buen funcionamiento del sistema mecánico interno y la vida útil de la misma.
- De las pruebas realizadas en cuanto al nivel de ruido generado por cada tecnología, se tomó datos de la máquina en operación en condiciones normales de trabajo, se obtuvo valores que indican que el prototipo es más silencioso respecto al otro hasta en un 27.97%.

6. RECOMENDACIONES

- Incorporar un sistema para el corte del tejido automático, esto ayudará a evitar pérdidas de materia prima y optimizar los recursos.
- Incorporar un sistema para la detección de ruptura en línea del enhebrado.
- Incorporar un sistema que cense el nivel de lubricante, esto con la finalidad de detectar fugas de aceite.
- Incorporar un sistema de enfriamiento para la aguja evitando el corte del enhebrado por calor que genera la misma al ejecutar cada puntada.

GLOSARIO

Industria Textil: Es la actividad económica dedicada a la manufactura de hilos, fibras, telas y otros materiales para obtener productos derivados como la ropa. Frente a otros sectores, por la gran cantidad de mano de obra que emplea a lo largo de todo el mundo. Además, al necesitar maquinaria liviana, puede instalarse en cualquier lugar del globo donde pueda aprovechar el menor coste por hora hombre de trabajo(Guillermo Westreicher, 2016).

Maquila: Funciona a partir de un contrato, (denominado comúnmente contrato de maquila), el cual plantea como objetivo de compromiso que la empresa maquiladora utilice su capacidad instalada y procesos productivos para la fabricación de productos tangibles o la prestación de servicios intangibles (dentro de un programa de producción pre-determinado), destinados, en la mayoría de los casos, al mercado de exportación; dichos productos son encargados por una empresa extranjera(La república, 2009).

Microcontrolador: Se define como un dispositivo electrónico embebido o un circuito integrado que encapsula varios recursos, la ventaja de este elemento que se puede programar de acuerdo a la necesidad que suscite el entorno en el que se lo va a emplear, es capaz de ejecutar con total autonomía previo a la carga de instrucciones predefinidas cualquier tipo de trabajo que se lo encomiende(Artero, 2013, p. 62).

Raspberry Pi: Es una minicomputadora de la gama de hardware libre que constituida de una placa simple empleada en el ámbito educativo para estudiantes del área de informática y electrónica principalmente, el soporte de software para este dispositivo es de código abierto. Está constituida esencialmente por un procesador, memoria RAM, puertos USB, GPU, HDMI, ETHERNET, requiere de una micro SD pues no incluye memoria interna. La potencialidad de la Raspberry Pi la hace suficientemente potente como para poder tomar el lugar de una computadora de escritorio(Salcedo & Cendrós, 2006, pp. 63-64).

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN DE INDUSTRIAS TEXTILES DEL ECUADOR (AITE). *Historia y Actualidad.*[En línea]. 2012 [Consulta: 21 enero 2020]. Disponible en: <https://www.aite.com.ec/industria.html>.

ANGULO LUNA, M.A. *Análisis del cluster textil en el Perú.* (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. 2004. pp. 42. [Consulta: 21 enero 2020]. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/angulo_lm/cap2.PDF.

AUTONICS. *Sensores fotolétricos.* [en línea]. 2013, pp. 15. [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dominion.com.mx/descargas/sensores-fotoelectricos.pdf>.

AYALA VALDEZ, M.I. *Manual de uso y función de accesorios de máquinas de coser para la confección textil.* (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Universidad del Azuay, Quito - Ecuador. , 2012, pp. 1. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/293>.

BUSTAMANTE, R., *La industria textil y confecciones.* [en línea]. 2017, [Consulta: 21 octubre 2020]. Disponible en: <http://aptpperu.com/la-industria-textil-y-confecciones/>.

CALDERÓN, C. *Análisis de la maquinaria industrial con sus aditamentos y su incidencia en los tiempos de producción en la confección de ropa infanti.* (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. 2017, pp. 45.

CÁRDENAS, A. *Sensor Ultrasónico.* [en línea]. ElectroCrea. 2015, [Consulta: 27 octubre 2020]. Disponible en: <https://electrocrea.com/blogs/tutoriales/33306499-sensor-ultrasonico>.

CARRASCO PAREDES, A.J. *Propuesta de un sistema de evasión de obstáculos para un drone aplicado a la inspección en redes de distribución y transmisión para la empresa eléctrica Riobamba S.A.* (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Escuela Superior Politécnica de Chimborazol, Riobamba - Ecuador. 2018, pp. 84. [Consulta: 25 octubre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10821/1/108T0278.pdf>.

CARROD ELECTRÓNICA. *Optoacoplador MOC3021.*[En línea]. 2011, [Consulta: 9 enero 2021]. Disponible en: <https://www.carrod.mx/products/optoacoplador-moc3021-salida-triac>.

DIONI. *Bordadoras industriales* [en línea]. 2015, [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.maquinasdecoserdioni.com/bordar/industrial.html>.

DSIGNO. *Los tipos de telas y sus usos.* [en línea]. Escuela de Diseño. 2017, [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.dsigno.es/blog/disenio-de-moda/tipos-de-telas-y-sus-usos>.

ELECTROCREA. *Regulador de voltaje LM7812.* [en línea]. 2013, [Consulta: 27 octubre 2020]. Disponible en: <https://electrocrea.com/products/regulador-de-voltaje-lm7812>.

FAJRI, M. *Motor Brushless.* [en línea]. 2012, [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: <http://masteringenieros.com/wp-content/uploads/pdf/MI50N/-www-adsnt-recursos-masteringenieros-file-motor.pdf>.

FERNÁNDEZ, Y. *Arduino.* [en línea], Xataka. 2020, [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>.

GAMBOA CEDEÑO, A.J. *Modernización del sistema de supervisión, control y monitoreo del sistema de aire acondicionado para el sistema de barra segura y sistema digital de supervisión y control (sdsc) de la central hidroeléctrica san francisco.* (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador. 2017, pp. 30, [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6524/1/108T0192.pdf>

GONCALVES, E., *Fines de Carrera.* [en línea]. 2014, [Consulta: 20 julio 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/acpicegudomonagas/fines-de-carrera>.

GRUPO NOVELEC. *Finales de carrera.* [en línea]. 2018, [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>.

GUILLERMO WESTREICHER. *Industria textil.* [en línea]. 2016, [Consulta: 26 enero 2021]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/industria-textil.html>.

HINCAPIÉ, J.F. *Acoples, Transmisiones de Potencia.* [en línea]. 2008, [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/22912955-Clasificacion-los-rigidos-los-flexibles-los-hidraulicos-los-magneticos.html>.

IDEATEC. *Ruido industrial, qué es y cómo prevenirlo.* [en línea]. 2018, [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ideatec.es/ruido-industrial/>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). *Infoeconomía - Análisis sectorial.* [en línea]. 2012, [Consulta: 21 enero 2020]. Disponible en:

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info6.pdf>.

KEYENCE. *Fundamentos del Sensor.* [en línea]. 2014, [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/classification/>.

LA REPÚBLICA. *El sistema de maquila como alternativa para producir a bajo costo.* [en línea]. Empresa & Economía. 2009, [Consulta: 26 enero 2021]. Disponible en: <http://empresayeconomia.republica.com/comercio-exterior/el-sistema-de-maquila-como-alternativa-para-producir-a-bajo-costo.html>.

LAFAYETTE. *Las distintas máquinas de coser más útiles de acuerdo con cada tejido.* [en línea]. 2020, [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.lafayette.com/conoce-las-distintas-maquinas-de-coser-mas-utiles-de-acuerdo-con-cada-tejido-2/>.

LARA, P. *Introduccion a la Mecatronica.* [en línea]. 2012, [Consulta: 30 octubre 2020]. Disponible en: <http://1538445.blogspot.com/2012/11/>.

LOVEJOY. *Jaw Type Couplings.* [en línea]. 2004, [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://www.lovejoy-inc.com/products/jaw-type-couplings/>.

LUVIANOS, M. *Herramientas para corte y confección.* [en línea]. Aprende Institute. 2016, [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://aprende.com/blog/moda-y-belleza/corte-y-confeccion/herramientas-infaltables-en-tu-negocio-de-corte-y-confeccion/>.

MACOIN. *Tipos de máquinas de coser.* [en línea]. 2016, [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.macoinsl.com/blog/tipos-de-maquinas-de-coser/>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA (MAE). *Norma Técnica Que Establece Los Límites Permisibles De Ruido Ambiente Para Fuentes Fijas Y Fuentes Móviles.* [en línea]. 2012, [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en: http://www.cip.org.ec/attachments/article/450/ANEXO_5_RUIDO.pdf.

MAQUICLICK. *Tipos de maquinaria industrial para los textiles.* [en línea]. *Máquinas Industriales.* 2014, [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/tipos-de-maquinaria-industrial-para-los-textiles/>.

MECATRÓNICALATAM. *Sensores.* [en línea]. 2018, [Consulta: 26 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/>.

MEJIA, M. *Calidad En Los Procesos De Producción De La Empresa Textil Creaciones*

Marman. (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta - Ecuador. 2018, pp. 78, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1007/1/ULEAM-ADM-0027.pdf>.

MONTENEGRO JUAN. *Avances en la industria textil*. [en línea]. 2012, [Consulta: 23 noviembre 2020]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/produccionantares/home/avances/avances-en-la-industria-textil>.

MINISTERIO DEL TRABAJO, EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL (MTESS). *Operador de máquina industrial de overlock*. [en línea]. Secretaria de Empleo, Secr. Empl. 2011, pp. 90 [Consulta: 17 diciembre 2020]. Disponible en: http://www.trabajo.gov.ar/downloads/formacioncontinua/MD_INDUSTRIA_TEXTIL_INDUMENTARIA_Operador_de_maquina_overlock.pdf.

PEGASUS. *Overlook serie M800*. [en línea]. 2004, [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: https://doc-0g-9g-docs.googleusercontent.com/docs/securesc/mc15ikkejhnh57agq20j496dn9cmcln5/plhc4uburp4fssrlri6tt63n95gohi3f/1608076275000/00004885989063249712/10233127659241966113/0B6dPQmhNsRc_MGRjZTNhNGUtMjFfIOS00MzA4LWExNTItMzZiOTlmZTI2MjI2?e=download&a.

PRACTICS. *Procesos en una empresa textil*. [en línea]. 2017, [Consulta: 24 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.practicbs.com/procesos-en-una-empresa-textil/>.

QUILODRÁN JOPIA, V. *Acoplamiento Mecánicos*. [en línea]. 2007, pp. 14. [Consulta: 25 octubre 2020]. Disponible en: https://docplayer.es/storage/42/22912955/1608184290/76wTobC_E67ahqyxVaWgrg/22912955.pdf.

QUISHPE QUISHPE, H.D. *Diseño y construcción de un tablero práctico para controlar de forma manual o automática el encendido de luminarias para un parqueadero*. (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador. 2013, pp. 65, [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6757/1/CD-5132.pdf>.

REVISTA LÍDERES. *Sector textil es el segundo de Ecuador que genera más empleo*. [en línea]. 2017, [Consulta: 6 enero 2020]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/sector-textil-ecuador-genera.html>.

RIVERA MORALES, J.A. *NodeMCU*. [en línea]. Pasión Electrónica. 2020, [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: <https://pasionelectronica.com/nodemcu-que-es/>.

SAB BROCKSKES. *AWG en mm² - Construcciones de conductores americanas*. [en línea]. 2016, [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.sab-cables.eu/productos/datos-tecnicos/cables-electricos/construccionesdevenasamericanas.html>.

SAMSUNG. *Pantallas TFT LCD*. [en línea]. 2018, [Consulta: 24 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.samsung.com/latin/support/computing/what-means-tft-lcd/>.

SANTACRUZ RON, L.P. *Diseño e implementación de sistemas colectores de pelusa y horómetros para una máquina de coser industrial overlock y una recubridora*. (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador. 2017. pp. 43. [Consulta: 2 enero 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17395/1/CD-7896.pdf>.

VILLEGAS CARRASCO, C.A. *Plan de manejo de los niveles de iluminación del área administrativa de una empresa se servicios metrológicos de Guayaquil*. (Trabajo de Titulación).(Pregrado): Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Quito - Ecuador. 2017, pp. 1. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14844/1/UPS-GT002012.pdf>.

XATAKA. *Raspberry Pi 3 B*. [en línea]. 2018, [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombrando>.