



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA-IIoT  
DE MONITOREO DE PAROS EN MÁQUINAS DE TEJIDO,  
PARA REDUCIR TIEMPOS DE CORTE.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniería Electrónica y  
Telecomunicaciones

**Autor:**

**MALDONADO JARA, PAUL EDUARDO**

**Tutor:**

**PhD. RENTERÍA BUSTAMANTE LEONARDO FABIÁN**

**Riobamba, Ecuador.**

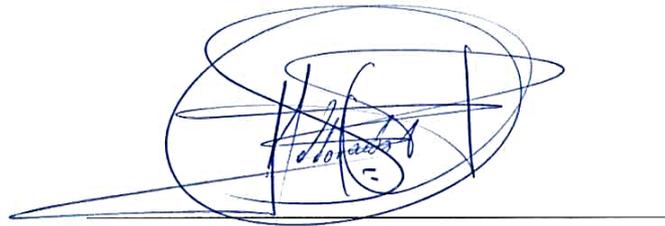
**2023**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, PAUL EDUARDO MALDONADO JARA, con cédula de ciudadanía 060404029-5, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA-IIoT DE MONITOREO DE PAROS EN MÁQUINAS DE TEJIDO, PARA REDUCIR TIEMPOS DE CORTE, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 21 de junio del 2023



Paul Eduardo Maldonado Jara.

C.I: 060404029-5

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA-IIoT DE MONITOREO DE PAROS EN MÁQUINAS DE TEJIDO, PARA REDUCIR TIEMPOS DE CORTE, presentado por PAUL EDUARDO MALDONADO JARA, con cédula de identidad número 060404029-5, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de junio del 2023.

PhD. Carlos Ramiro Peñafiel Ojeda  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE  
GRADO



Firma

MsC. Marco Antonio Nolivos Vimos  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
GRADO



Firma

PhD. Manuel Antonio Meneses Freire  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
GRADO



Firma

PhD. Rentería Bustamante Leonardo  
Fabián  
TUTOR



Firma

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA-IIoT DE MONITOREO DE PAROS EN MÁQUINAS DE TEJIDO, PARA REDUCIR TIEMPOS DE CORTE”, presentado por PAUL EDUARDO MALDONADO JARA, con cédula de identidad número 060404029-5, bajo la tutoría de PhD. Leonardo Fabián Rentería Bustamante; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de junio del 2023.

Presidente del Tribunal de Grado

PhD. Carlos Ramiro Peñafiel Ojeda



Firma

Miembro del Tribunal de Grado

MsC. Marco Antonio Nolivos Vimos



Firma

Miembro del Tribunal de Grado

PhD. Manuel Antonio Meneses Freire



Firma



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-02.20  
VERSIÓN 02: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **MALDONADO JARA PAUL EDUARDO** con CC: **060404029-5**, estudiante de la Carrera **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA-IIoT DE MONITOREO DE PAROS EN MÁQUINAS DE TEJIDO, PARA REDUCIR TIEMPOS DE CORTE**", cumple con el **0 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 9 de junio de 2023



Firmado electrónicamente por:  
**LEONARDO FABIAN  
RENERIA BUSTAMANTE**

PhD. Rentería Bustamante Leonardo Fabián.  
**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Con profunda gratitud, dedico este trabajo a mis amados padres, cuyo apoyo incondicional ha sido el pilar de mi vida. En cada uno de los momentos, tanto los felices como los desafiantes, siempre han estado a mi lado, brindándome su amor, aliento y sabiduría. A través de su guía inquebrantable, me han enseñado el valor del esfuerzo y la importancia de perseguir mis sueños. Sin su amor y apoyo, no estaría aquí hoy, y por eso les estaré eternamente agradecido.

A mi querido hermano y a mis queridos tíos y primos, les agradezco de corazón por sus palabras de aliento y gestos de apoyo. Vuestra presencia constante en mi vida ha sido un verdadero regalo. Juntos hemos compartido risas, alegrías y momentos inolvidables que atesoraré para siempre. Vuestra confianza en mis habilidades y vuestro aliento inquebrantable me han dado la fuerza para superar los desafíos y alcanzar mis metas. Nuestro vínculo familiar es un tesoro que valoro profundamente.

A mis abuelos, quiero expresar mi gratitud por su amor y sabiduría que han dejado una huella imborrable en mi vida. A través de sus consejos y enseñanzas, han sido mis guías silenciosos, brindándome apoyo y dirección en cada paso que he dado. Siempre siento su amor y presencia en mi vida, y honro su legado al esforzarme por ser la mejor versión de mí mismo.

A toda mi familia en general, quiero agradecerles por su contribución en mi desarrollo y éxito. Cada uno de ustedes ha tenido un impacto significativo en mi vida, ya sea a través de conversaciones inspiradoras, gestos de apoyo o simples momentos compartidos. Vuestra presencia ha sido un recordatorio constante de la importancia de la unidad familiar y del valor de tener un sistema de apoyo sólido. Estoy bendecido de tenerlos en mi vida.

A mis amigos y futuros colegas, ustedes han sido mi fuerza en la etapa universitaria y más allá. Los recuerdos que hemos creado juntos, las risas compartidas y los desafíos superados, siempre serán recordados con cariño. Vuestra amistad ha sido un faro de luz en momentos de dificultad y un motivo de celebración en los triunfos compartidos. Espero con ansias los reencuentros, ya sea en el ámbito laboral o social, para seguir construyendo una amistad duradera.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a las empresas colaboradoras ITALTRONIX y TORNASOL por su invaluable apoyo en este proyecto. Sin su generosidad y respaldo, este proyecto no habría sido posible.

Asimismo, quiero agradecer de manera especial a los ingenieros docentes por compartir sus vastos conocimientos, brindar valiosos consejos y ofrecer un apoyo incondicional a lo largo de mi carrera. Su guía y dedicación han sido fundamentales para mi desarrollo profesional.

No puedo dejar pasar esta oportunidad sin agradecer también a mi familia. Su amor incondicional, apoyo constante y aliento inquebrantable han sido el motor que me ha impulsado en cada paso de este camino. Su presencia ha sido mi mayor fuente de inspiración y estoy profundamente agradecido por tenerlos a mi lado.

A las empresas colaboradoras ITALTRONIX y TORNASOL, a los ingenieros docentes, a mi familia y amigos, les agradezco de corazón por su contribución, aliento y presencia en mi vida. Su apoyo ha sido fundamental para mi crecimiento personal y profesional. Estoy verdaderamente agradecido y honrado de tenerlos a mi lado en este viaje.

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN .....	15
CAPÍTULO I.....	18
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3    OBJETIVOS .....	20
1.3.1    GENERAL .....	20
1.3.2    ESPECÍFICOS .....	20
CAPÍTULO II .....	21
2.    MARCO TEÓRICO.....	21
2.1    ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	21
2.2    MÁQUINA CIRCULAR DE TEJIDO DE PUNTO .....	21
2.3    AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	22
2.3.1    Modelo de un sistema automatizado. ....	22
2.4    COMPONENTES DE LA AUTOMATIZACIÓN .....	25
2.4.1    Controlador Lógico Programable (PLC).....	25
2.4.2    Sistema de sensado.....	25
2.4.3    Sistema de monitoreo .....	27
2.4.4    Internet Industrial de las cosas (IIoT).....	28
2.4.5    Protocolos de Comunicación.....	29
CAPÍTULO III.....	33
3.    METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1    TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.1    INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA .....	33

3.1.2	INVESTIGACIÓN CUASI EXPERIMENTAL .....	33
3.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	33
3.2.1	MÉTODO NO EXPERIMENTAL .....	33
3.2.2	MÉTODO CUANTITATIVO.....	34
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	34
3.3.1	POBLACIÓN.....	34
3.3.2	MUESTRA.....	34
3.4	HIPÓTESIS.....	34
3.4.1	HIPÓTESIS NULA.....	34
3.4.2	HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	34
3.5	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	35
3.6	TÉCNICA .....	35
3.7	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	36
3.8	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.9	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	36
3.9.1	VARIABLE DEPENDIENTE .....	36
3.9.2	VARIABLE INDEPENDIENTE .....	37
3.10	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.10.1	DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	38
CAPÍTULO IV.....		48
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1	RESULTADOS DE TIMPO DE PAROS MÁQUINA POR TIPO 1 .....	49
4.1.1	PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA VARIABLE DE TIEMPO DE PARO MÁQUINA. ....	50
4.1.2	PRUEBA DE HIPÓTESIS SOBRE EL TIEMPO DE RESPUESTA ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	51
4.1.3	PRUEBA DE MANN-WHITNEY (Prueba no paramétrica). ....	51
4.2	RESULTADOS DE TIMPO DE PAROS MÁQUINA POR TIPO 2 .....	52
4.3	RESULTADOS DE TIMPO DE PAROS MÁQUINA POR TIPO 3 .....	54
CAPÍTULO V. ....		56
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
5.1	CONCLUSIONES .....	56
5.2	RECOMENDACIONES .....	57
BIBLIOGRAFÍA.....		58
ANEXOS.....		62

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1:</b> Tabla de variable dependiente.....	36
<b>Tabla 2:</b> Tabla de variables independientes.....	37
<b>Tabla 3:</b> Comparativa de elementos de control.....	43
<b>Tabla 4:</b> Resultados previos con relación tiempo-tipo.....	48
<b>Tabla 5:</b> Resultados posterior con relación tiempo-tipo.....	49
<b>Tabla 6:</b> Prueba de normalidad antes y después de la implantación del sistema.....	50
<b>Tabla 7:</b> Cuadro de resumen de procesamiento de casos.....	50
<b>Tabla 8:</b> Resultado de pruebas de normalidad.....	50
<b>Tabla 9:</b> Resultado de pruebas de MANN-WHITNEY.....	52
<b>Tabla 10:</b> Resultados estadísticos descriptivos.....	53
<b>Tabla 11:</b> Resultado de pruebas no paramétricas (p-valor).....	53
<b>Tabla 12:</b> Tabla del test de Fisher para comparar dos variaciones.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Máquina de tejer circular .....	22
<b>Figura 2:</b> Modelo en bloques de un sistema automatizado .....	23
<b>Figura 3:</b> Elementos de la automatización de un proceso .....	23
<b>Figura 4:</b> Esquema de un PLC.....	25
<b>Figura 5:</b> Sensor sin contacto con el hilo .....	26
<b>Figura 6:</b> Sistema de monitoreo SCADA.....	27
<b>Figura 7:</b> Sistema SCADA industrial .....	28
<b>Figura 8:</b> Internet Industrial de las Cosas.....	29
<b>Figura 9:</b> Protocolo Wi-Fi .....	30
<b>Figura 10:</b> Protocolo Bluetooth.....	31
<b>Figura 11:</b> Protocolo MQTT .....	31
<b>Figura 12:</b> Protocolo OPC-UA.....	32
<b>Figura 13:</b> Protocolo LoRaWan .....	32
<b>Figura 14:</b> Máquina circular de tejido .....	38
<b>Figura 15:</b> Esquema de bloques del sistema.....	38
<b>Figura 16:</b> Esquema general del sistema .....	39
<b>Figura 17:</b> Sensor de aguja.....	40
<b>Figura 18:</b> Sensor de picado .....	40
<b>Figura 19:</b> Sensor de hueco .....	41
<b>Figura 20:</b> Sensor de caída .....	41
<b>Figura 21:</b> Equipo Phototex fm-10m.....	42
<b>Figura 22:</b> Acoplamiento de señal.....	42
<b>Figura 23:</b> Etapa de control .....	43
<b>Figura 24:</b> Diagrama de flujo del funcionamiento general de la máquina de tejido.....	44
<b>Figura 25:</b> Instalación de Switch para comunicación Ethernet.....	45

<b>Figura 26:</b> Equipos en Red.....	46
<b>Figura 27:</b> Pantalla principal del sistema SCADA, selección de turnos.....	46
<b>Figura 28:</b> Pantalla de información de: tiempos, paros y gráfico de estados de la máquina. .....	47
<b>Figura 29:</b> Selector de tipos de fallos por scanner. ....	49
<b>Figura 30:</b> Diagrama de cajas de tiempos antes y después de rotura o daño de hilo. ....	52
<b>Figura 31:</b> Diagrama de cajas de tiempos antes y después de interrupción del pulsante STOP. ....	53
<b>Figura 32:</b> Diagrama de cajas de tiempos antes y después de interrupción por scanner....	55

## RESUMEN

Un sistema SCADA está basado en computadora para recopilar y analizar datos en tiempo real y tomar decisiones adecuadas, basadas en el análisis de variables. Estos se utilizan en los sistemas industriales en general, para adquirir datos, monitorear, controlar, supervisar máquinas, repartos, plantas o equipos industriales. Pueden ser simples o complejos, como un sistema que monitorea toda la actividad en una planta de energía nuclear o la actividad de un sistema de agua municipal.

El Internet de las cosas (IoT) describe una red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. El IoT industrial (IIoT) hace referencia a la aplicación de la tecnología IoT en entornos industriales, especialmente con respecto a la instrumentación y control de sensores y dispositivos que utilizan tecnologías en la nube. En ocasiones, IIoT recibe el nombre de cuarta ola de la revolución industrial, o bien Industria 4.0.

Las máquinas circulares son usadas para la fabricación y elaboración de tela que posteriormente será la materia prima de otros productos. En los inicios de la industria textil, William Lee logró mecanizar los movimientos de formación de malla que se realizaban de forma manual con dos agujas. En nuestros días existen diferentes tipos de máquinas para tejido de punto, las de última tecnología vienen equipadas con sistemas eléctricos que hacen de su manejo y control una tarea más simple; además se ha logrado mayor seguridad para los operarios, así como también se ha incrementado la eficiencia.

La aplicación del IIoT en la fabricación textil puede brindar beneficios como la identificación temprana de problemas en los procesos productivos, el monitoreo en tiempo real de los equipos, la mejora de la calidad de los productos, la reducción de los costos de mantenimiento y la optimización de la producción. Además, la automatización de procesos mediante el IIoT puede aumentar la eficiencia energética, reducir el consumo de agua y minimizar el impacto ambiental.

**Palabras claves:** IIoT, Monitoreo, SCADA, Automatización, Tejido

## ABSTRACT

A SCADA system is computer-based and is used to collect and analyze real-time data and make appropriate decisions based on variable analysis. These systems are widely used in industrial settings to acquire data, monitor, control, and supervise machinery, distribution, plants, or industrial equipment. They can be simple or complex, such as a system that monitors all activity in a nuclear power plant or a municipal water system.

The Internet of Things (IoT) describes a network of physical objects ("things") that are embedded with sensors, software, and other technologies to connect and exchange data with other devices and systems via the Internet. Industrial IoT (IIoT) refers to the application of IoT technology in industrial environments, particularly in sensor instrumentation and control devices that utilize cloud technologies. IIoT is sometimes referred to as the fourth wave of the industrial revolution or Industry 4.0.

Circular knitting machines are used to produce and process fabric, which serves as the raw material for other products. In the early days of the textile industry, William Lee mechanized the manual mesh formation movements that were performed using two needles. Nowadays, there are different types of knitting machines, with the latest technology incorporating electrical systems that simplify their operation and control. This has improved safety for operators and increased efficiency.

Applying IIoT in textile manufacturing can provide benefits such as early identification of problems in production processes, real-time equipment monitoring, improved product quality, reduced maintenance costs, and production optimization. Furthermore, process automation through IIoT can increase energy efficiency, reduce water consumption, and minimize environmental impact.

**Keywords:** IIoT, Monitoring, SCADA, Automation, Textile.



Reviewed by: Marcela González  
C.I. 0603017708  
English Professor

## INTRODUCCIÓN

SCADA (Control, Supervisión y Adquisición de Datos) es un sistema basado en computadora para recopilar y analizar datos en tiempo real y tomar decisiones adecuadas, basadas en el análisis de variables [1]. Se utilizan en los sistemas industriales en general, para adquirir datos, monitorear, controlar, supervisar máquinas, repartos, plantas o equipos industriales, tales como telecomunicaciones, control de distribución del agua, desechos fecales y pluviales, de sistemas de nivel y presión de fluidos, sistemas industriales de pesaje y densidad, energía, refinación y transporte de petróleo y gas, etc.

Los sistemas SCADA pueden variar en complejidad, desde configuraciones simples que supervisan las condiciones ambientales de un pequeño edificio de oficinas, hasta sistemas altamente complejos que monitorean toda la actividad en una planta de energía nuclear o en un sistema de agua municipal [1]. Este tipo de software es un notable avance en la automatización industrial, ya que posibilita la representación visual de los procesos de producción en una interfaz y la generación de alarmas y alertas en tiempo real, garantizando una gestión segura y completa del proceso que se está controlando.

El concepto de Internet de las cosas (IoT) se refiere a una red de objetos físicos ("cosas") que están equipados con sensores, software y otras tecnologías para establecer conexiones y compartir datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Estos dispositivos abarcan desde objetos cotidianos en hogares hasta herramientas industriales avanzadas [2].

El Internet de las cosas industrial (IIoT) se refiere a la implementación de la tecnología IoT en entornos industriales, particularmente en lo que respecta a la incorporación y control de sensores y dispositivos utilizando tecnologías basadas en la nube. Ambos sistemas desarrollados se basan en la nube y en sistemas interconectados.

Recientemente, las industrias han utilizado la comunicación máquina a máquina (M2M) para hacer posibles la automatización y el control inalámbricos [3]. Sin embargo, con el surgimiento de tecnologías basadas en la nube y sus aliados, como la analítica y el aprendizaje automático, las industrias pueden alcanzar un nivel adicional de automatización que les permite generar nuevos ingresos y modelos de negocio. A menudo, el IIoT se denomina la cuarta ola de la revolución industrial, también conocida como Industria 4.0. A continuación, se presentan algunos ejemplos de usos comunes del IIoT:

- Fabricación inteligente.
- Activos conectados, mantenimiento preventivo y predictivo.
- Redes eléctricas inteligentes.
- Ciudades inteligentes.

- Logística conectada.
- Cadenas de suministro digitales inteligentes.

Las máquinas de tejido de punto circular, también conocidas como máquinas circulares, son utilizadas en la fabricación y elaboración de telas que se convertirán en materia prima para otros productos. Estas máquinas se basan en la formación de bucles de hilo que luego se transforman en mallas. Aunque las máquinas de tejido de punto circular pueden variar en los elementos que dan forma a cada malla en la tela, su estructura general permanece constante [4].

Durante los primeros años de la industria textil en 1589, William Lee consiguió automatizar los movimientos de formación de mallas que solían hacerse manualmente con dos agujas. De este modo, logró inventar el principio fundamental de la formación mecánica del punto, el cual ha perdurado hasta la actualidad. En nuestros días existen diferentes tipos de máquinas para tejido de punto, las de última tecnología vienen equipadas con sistemas eléctricos que hacen de su manejo y control una tarea más simple; además se ha logrado mayor seguridad para los operarios, así como también se ha incrementado la eficiencia [5].

Para superar los problemas descritos se planteó mediante este trabajo de investigación los siguientes objetivos, definir los requerimientos de diseño, diseñar un sistema de adquisición de señales para la máquina circular de tejido, implementar el sistema de monitoreo y finalmente comparar los resultados obtenidos de las diferentes pruebas de campo.

La presente investigación describe el proceso necesario para poder alcanzar los resultados propuestos, está conformada por cinco capítulos donde se define y estructura la misma, desde el planteamiento del problema hasta las conclusiones y recomendaciones obtenidas:

Capítulo I: Está conformado por el planteamiento del problema, justificación del problema y los objetivos; mediante este capítulo se presenta la problemática de los tiempos de corte producidas por las fallas no monitoreadas en máquinas de tejido circular.

Capítulo II: Proporciona una explicación detallada del marco teórico de la investigación, donde se exponen los fundamentos teóricos y se describen los conceptos relevantes. También se discuten las ventajas de los dispositivos electrónicos y mecánicos para el monitoreo de fallas en máquinas circulares de tejido.

Capítulo III: Se detalla el proceso de la metodología utilizada para el análisis y diseño del sistema de monitoreo, concluyendo que el enfoque del estudio se centró en el grupo de posibles fallas. Además, se llevó a cabo una revisión minuciosa de los diseños electrónicos, eléctricos, de programación de alto nivel y mecánicos para ser utilizados en la implementación del prototipo, basándose en las hojas de información de los componentes.

Capítulo IV: Presenta la implementación del sistema, en el que se logró alcanzar los objetivos planteados previamente. Se describe detalladamente las pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento, permitiendo obtener resultados para realizar una comparación de un estado previo y un estado post instalación del sistema de monitoreo.

Capítulo V: Se presentan las conclusiones y los resultados obtenidos durante la investigación. Además, se incluyen recomendaciones para futuros trabajos.

## CAPÍTULO I

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las organizaciones industriales han optado por la transformación digital como un objetivo estratégico para volverse más eficientes, flexibles y orientadas al cliente. En este contexto, el concepto de internet de las cosas (IoT) se llevó a los entornos industriales como un habilitador digital para conectar, monitorear y controlar todos los activos industriales, de manera que, en cualquier momento y en cualquier lugar [2], los tomadores de decisiones tengan una visión clara sobre el estado actual de la organización y puedan planificar rápidamente en función de datos valiosos.

La aplicación del Internet Industrial de las cosas (IIoT) en la fabricación textil, puede ayudar a obtener una visión profunda del proceso preciso de producción y sus mecanismos subyacentes [2]. Esta transición hacia la industria 4.0, la adopción en la industria textil, ofrece medios para mejorar la eficiencia de los recursos y la competitividad, desarrollando nuevos modelos de negocios.

Todos estos enfoques requieren que el proceso de fabricación en industrias textiles se construya sobre una infraestructura de datos integral, que hace posible adquirir, reenviar, fusionar y almacenar datos acumulados. Esto significa que las máquinas de producción deben estar equipadas con interfaces adecuadas para que sus datos sean completamente accesibles en cualquier momento durante el proceso de fabricación. Por lo tanto, la implementación de un sistema SCADA - IIoT en las empresas requiere una adaptación fundamental de sus infraestructuras técnicas y digitales [1], [2].

Particularmente, la fábrica TEXTILES TORNASOL dispone de diferentes tipos y modelos de máquinas tanto modernas como antiguas. Las máquinas modernas cuentan con dispositivos de monitoreo local que permiten un correcto funcionamiento, mientras que las máquinas antiguas, aun siendo productivas, carecen del registro físico del seguimiento de producción, no disponen del monitoreo local, además muchos de sus sensores de detección de paros, están rotos, son defectuosos, o si se eliminan, en algunos casos no pueden ser sustituidos por ser componentes obsoletos o no disponibles en el mercado local; en consecuencia aumentan los tiempos de producción, baja calidad del producto y se producen paros máquina mucho más frecuentes.

Por estas razones es difícil saber qué tipo de causales de paro se produjeron, el tiempo total del paro, el tiempo que el obrero tardó en poner en marcha la máquina, el tiempo total que la máquina estuvo en funcionamiento, los metros producidos, etc.

La máquina circular de tejido Mayer & Cie. Modelo MV4, o máquinas similares antiguas de otros fabricantes, no cuentan con monitoreo electrónico, en consecuencia, los tiempos de paro máquina no son controlados por ende no se puede determinar con precisión el tiempo de producción efectiva, ni los tiempos totales de paros, tampoco la índole de las causales de paro máquina. Para dar solución a este problema se requiere la implementación de un sistema electrónico de monitoreo SCADA-IIoT.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

ITALTRONIX trabaja en el sector de la automatización y el control electrónico, responde a solicitudes específicas de clientes para el monitoreo de variables de medición en plantas del sector industrial y civil. Ha diseñado sistemas de supervisión, control, visualización, centralización, automatización en empresas ecuatorianas y del exterior.

“TEXTILES TORNASOL es una empresa ecuatoriana fundada en 1985 en la ciudad de Quito, con experiencia en la producción y comercialización de tejidos de punto de poliéster y algodón. Sus productos están destinados a la confección de prendas de vestir (camisetas, uniformes, vestimenta deportiva, etc.) con una amplia gama de colores y diseños” [6].

Las empresas requieren mejorar el sistema de monitoreo de la máquina, ya que, la implementación de nueva tecnología requiere una fuerte inversión económica, pero al realizar la comparación de una máquina circular con más de veinte años de trabajo con una nueva, se observan pocos cambios en su estructura física. En este caso es importante buscar el mejoramiento y la eficiencia de la máquina mediante la implementación de diferentes adaptaciones de índole electrónico, eléctrico y mecánico, para conseguir un buen funcionamiento, optimizar los recursos, mejorar la calidad y aumentar la producción.

Por ende, en las máquinas antiguas es necesario la implementación de nuevos equipos, componentes y sistemas de alerta adecuados, que ayuden a obtener un monitoreo modernizado, logrando ser igual o mejor al de las máquinas modernas.

El proyecto fue factible gracias a la colaboración de las empresas ITALTRONIX y TEXTILES TORNASOL, las cuales prestaron las facilidades necesarias para la elaboración e implementación del proyecto de investigación.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo SCADA-IIOT mediante el uso de herramientas de automatización que permitan determinar las causas de paro en las máquinas circulares de tejido de punto de la empresa TEXTILES TORNASOL, permitiendo así mejorar la eficiencia de la máquina y de la producción.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Definir los requerimientos de diseño, mediante el análisis del funcionamiento de una máquina circular de tejido, con la finalidad de sentar las bases necesarias para la implementación del sistema de monitoreo.
- Diseñar un sistema de adquisición de señales de la máquina circular de tejido mediante el uso de sensores para su procesamiento y comparar los diferentes protocolos de comunicación usados en los sistemas de monitoreo industrial para determinar el más apropiado.
- Implementar el sistema de monitoreo diseñado y desarrollar pruebas de campo para la puesta en marcha de la máquina circular de tejido de punto.
- Comparar los resultados de las pruebas de campo luego de la implementación del sistema de monitoreo con datos previos a la automatización, para la validación y medición de la eficiencia del sistema.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Un antecedente importante de la automatización en la actualidad se encuentra en la Revolución Industrial del siglo XVIII, durante la cual se desarrollaron máquinas y procesos de producción que permitieron a las fábricas producir bienes de manera más rápida y eficiente [4].

Uno de los primeros ejemplos de automatización fue el telar mecánico inventado por Edmund Cartwright en 1784, el cual permitía a un solo operador producir una gran cantidad de tela en menos tiempo que los métodos tradicionales que requerían varios trabajadores [5].

Con el tiempo, la automatización se expandió a otros sectores industriales, como la producción de automóviles y la industria alimentaria, y se convirtió en un elemento clave en la fabricación de muchos productos [6]. Hoy en día, la automatización ha avanzado enormemente gracias al uso de la electrónica y la informática [7], y se ha convertido en una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia y la productividad en las empresas [8].

#### **2.2 MÁQUINA CIRCULAR DE TEJIDO DE PUNTO**

El tejido en círculo es una técnica que permite crear patrones circulares sin la necesidad de costuras visibles. Los calcetines y las manoplas son prendas de vestir comunes que se fabrican con este tipo de tejido [9].

Debido al tiempo que puede requerir tejer telas, muchos fabricantes utilizan máquinas de tejer circular para acelerar el proceso. Con estas máquinas, es posible producir prendas con diferentes materiales, hilos de distintos grosores, colores y texturas, y patrones de tejido complejos. La máquina cuenta con varias piezas móviles, que permiten una drástica reducción del tiempo de producción.

El cabezal de tejer es la parte de la máquina que controla la aguja y la pinza, mientras que las platinas mantienen la prenda terminada alejada de las agujas en movimiento. Cada plomada se compone de dos partes principales, la nariz y el pecho, que trabajan junto con las levas de la plomada. A través de estas partes y sistemas, la máquina de tejer circular permite una producción rápida y eficiente de prendas de vestir con diversos patrones y materiales, un ejemplo de estas máquinas se puede observar en la figura 1.



**Figura 1:** Máquina de tejer circular

## **2.3 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

La automatización se define como el proceso mediante el cual se utilizan tecnologías y sistemas para realizar tareas y procesos de manera autónoma, sin la necesidad de intervención humana directa [10]. Este proceso puede incluir el uso de maquinaria, robótica, control de procesos y sistemas informáticos, entre otros [11].

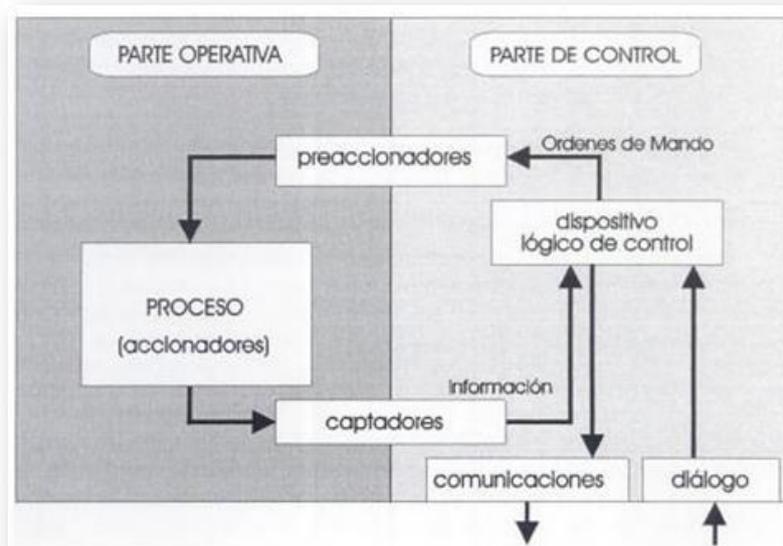
### **2.3.1 Modelo de un sistema automatizado.**

Un sistema automatizado consta de dos partes fundamentales: la parte operativa y la parte de control [12]. La parte operativa se refiere a la parte física del sistema que realiza la tarea o proceso automatizado. Esta parte puede incluir elementos como sensores, actuadores, motores, transportadores, y otros componentes mecánicos y eléctricos necesarios para llevar a cabo la tarea.

Por otro lado, la parte de control es la parte lógica del sistema que supervisa, controla y coordina la actividad de la parte operativa. Esta parte incluye componentes como controladores, programas de software, interfaces de usuario, y otros elementos que permiten programar y gestionar el comportamiento del sistema automatizado. La parte de control es

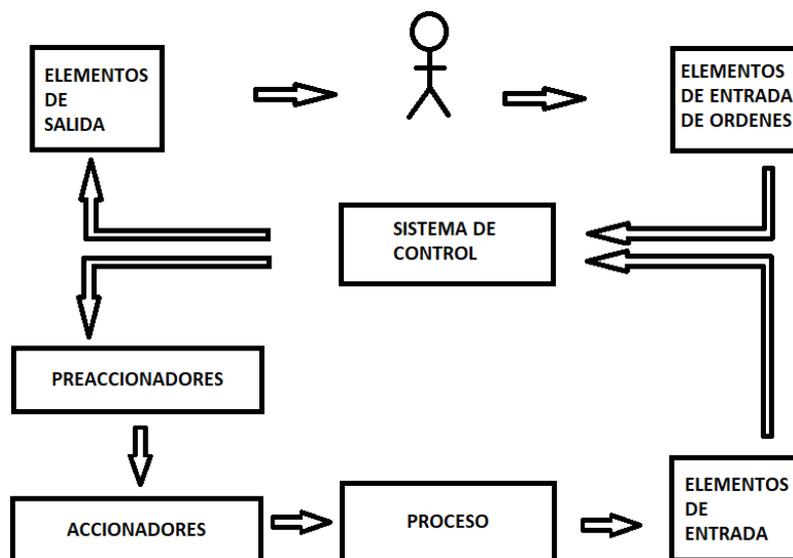
fundamental para garantizar que el sistema automatizado funcione correctamente y de manera coordinada con la parte operativa.

Es importante tener en cuenta que la interacción entre la parte operativa y la parte de control es un aspecto crítico de la automatización. Un diseño adecuado y una integración efectiva de ambas partes pueden mejorar la eficiencia, precisión y seguridad del sistema automatizado, tal como se puede apreciar en la figura 2.



**Figura 2:** Modelo en bloques de un sistema automatizado

Cuando se busca automatizar un proceso, es importante considerar un conjunto de elementos que cumplen una función específica dentro del mismo [13], en la figura 3 se muestra un esquema sobre la automatización de un proceso.



**Figura 3:** Elementos de la automatización de un proceso

A continuación, se proporciona información detallada sobre cada uno de estos elementos:

- **Elementos de entrada de órdenes:** Los componentes de entrada de órdenes son aquellos que permiten introducir instrucciones para que la parte de control del sistema coordine y controle la actividad de la parte operativa. Según la norma ISO 8373:2012, estos elementos se dividen en dispositivos de programación y dispositivos de control [14].
- **Elementos de entrada de Información:** son componentes del sistema automatizado que permiten la captura y procesamiento de información relevante para el proceso de automatización. Según la norma ISO 8373:2012, los elementos de entrada de información pueden clasificarse en tres tipos principales: sensores, dispositivos de entrada y sistemas de comunicación [14].
- **Elementos de Salida de la información:** son componentes del sistema automatizado que permiten la transmisión de información relevante hacia el exterior del sistema. Según la norma ISO 8373:2012 sobre robots industriales, los elementos de salida de información pueden clasificarse en dos tipos principales: dispositivos de salida y sistemas de comunicación [14].
- **Elementos Preaccionadores y Accionadores:** son componentes del sistema automatizado que permiten la ejecución de acciones específicas en el proceso automatizado. Según la norma IEC 60050-351:2016 sobre automatización industrial, los elementos preaccionadores y accionadores se clasifican como componentes activos del sistema [15].

Los elementos preaccionadores son aquellos que reciben información del sistema de control y realizan acciones previas a la ejecución de la acción final. Por otro lado, los elementos accionadores son aquellos que ejecutan la acción final del proceso automatizado. Es importante destacar que los elementos preaccionadores y accionadores están estrechamente relacionados y trabajan en conjunto para garantizar el correcto funcionamiento del proceso automatizado.

- **Sistemas de Control:** son componentes clave de un sistema automatizado, ya que son los encargados de supervisar y regular el proceso para garantizar su correcto funcionamiento. Según la norma IEC 60050-351:2016 sobre automatización industrial, un sistema de control es un "conjunto de elementos que interactúan entre sí para garantizar la ejecución automática de un proceso con los requisitos especificados" [15].

Los sistemas de control pueden clasificarse en diferentes categorías según sus características y funcionalidades. Una de las clasificaciones más comunes es según su tipo de control, que puede ser continuo o discreto. En el control continuo, el sistema de control monitorea y ajusta constantemente el proceso en tiempo real, mientras que, en el control discreto, el sistema de control actúa de forma secuencial, ejecutando acciones en momentos específicos del proceso.

## 2.4 COMPONENTES DE LA AUTOMATIZACIÓN

### 2.4.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Hoy en día, gran parte de los procesos industriales fundamentales son realizados gracias a la maquinaria automatizada, desde la producción de electricidad hasta el tejido de telas. La tecnología de automatización ha permitido mejorar significativamente la producción e innovación. Sin embargo, el nivel actual de automatización no se habría alcanzado sin la invención crucial del controlador lógico programable [16].

El controlador lógico programable es un dispositivo electrónico compacto que recibe datos a través de sus entradas y emite instrucciones a través de sus salidas, tal como se puede apreciar en la figura 4. Su función principal es controlar las operaciones de un sistema utilizando la lógica programada en su interior. En la industria o en los procesos, el PLC es la unidad central de control, y si se programa adecuadamente, puede lograr los objetivos requeridos para una operación efectiva y segura.

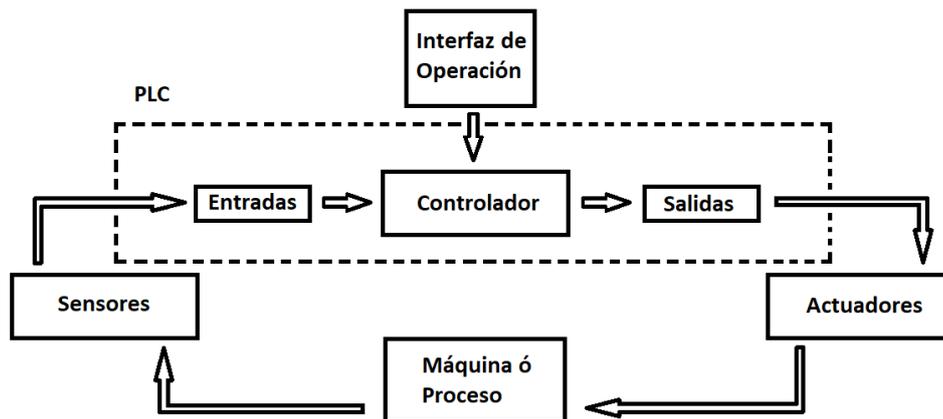


Figura 4: Esquema de un PLC

En el pasado, se usaba la lógica de relés y contactores que incluía intervención humana y errores, pero la aplicación de microprocesadores, microcontroladores y herramientas específicas como el PLC, el SCADA y los sistemas de control distribuido han mejorado la productividad, precisión, eficiencia y flexibilidad, reduciendo la intervención humana y automatizando el proceso. La automatización se enfoca en la operación eficiente y la repetición precisa de un proceso mediante la incorporación de mecanismos y secuencias de control en el orden adecuado, tolerando desviaciones aceptables en la salida del proceso [17].

### 2.4.2 Sistema de sensado

Es esencial monitorear la producción de una máquina de tejer industrial para programar y planificar los pedidos. Sin embargo, uno de los principales desafíos en el control de la

producción es la ocurrencia de fallas durante la fabricación de tejidos de punto. Estas fallas son inevitables debido a diversos factores, como el deterioro del tejido con el tiempo, el desgaste abrasivo de la materia prima, la aplicación excesiva de fuerzas y los choques entre los elementos del tejido y las levas [18].

Durante la producción, es posible que ocurra una falla en una aguja que provoque un mal funcionamiento, ya sea de manera permanente o aleatoria. Es esencial para el control de calidad y la producción tener un registro de cuántas fallas ocurren en una máquina de tejer industrial.

Se han creado diversas herramientas para identificar posibles fallas durante la producción, tales como sensores de pestillo cerrado, técnicas que implican el uso de sensores capacitivos, y sistemas de reconocimiento de patrones para detectar agujas defectuosas [19].

Se han creado diferentes métodos para detectar fallas durante la producción, como la detección de pestillo cerrado, el uso de sensores capacitivos y el reconocimiento de patrones para detectar agujas dañadas. También se utiliza la detección óptica para controlar los tejidos, lo cual es un enfoque común [20]. Estos son solo algunos ejemplos de posibles enfoques para la detección de fallas. Otro enfoque, que implica la inspección de materias primas, no se ha explorado tanto. El detector de rotura de hilo es uno de los dispositivos más primitivos y funciona mediante los principios de la gravedad [21]. Sin embargo, este sensor tiende a ser reemplazado por sensores ópticos sin contacto con el hilo, un ejemplo se puede observar en la figura 5; probablemente debido al efecto del detector de rotura de hilo en la tensión del hilo, que puede volverse más variable en comparación con el uso de un sensor óptico.



**Figura 5:** Sensor sin contacto con el hilo

La tecnología actual de detección de fallas puede ser efectiva en casos específicos, pero no es capaz de detectar todas las fallas y carece de integración y aportación de información valiosa. Por ejemplo, el detector de agujas más utilizado solo puede detectar pestillos

cerrados o agujas levantadas debido a una culata rota, y no es capaz de detectar anzuelos rotos o agujas dañadas.

### 2.4.3 Sistema de monitoreo

La llegada de la Industria 4.0 ha llevado a que las tecnologías preexistentes se adapten a este cambio para aprovechar completamente sus beneficios. Un ejemplo es la integración de los sistemas de monitoreo, el Internet de las Cosas y los sistemas SCADA; dada la cantidad de elementos presentes en una planta, es esencial tener una visión completa de estos para obtener información o realizar operaciones de control. Durante mucho tiempo, los sistemas SCADA han sido ampliamente utilizados en la industria para el monitoreo y control de procesos industriales.

Un sistema SCADA bien diseñado brinda la posibilidad a un operador en sitio de supervisar, controlar máquinas y procesos que se encuentran en distintas ubicaciones remotas, tal como se puede apreciar en la figura 6. Con esto, se pueden reducir gastos y tiempo al eliminar la necesidad de que el personal de mantenimiento visite cada sitio para realizar inspecciones, según lo afirmado por [22].

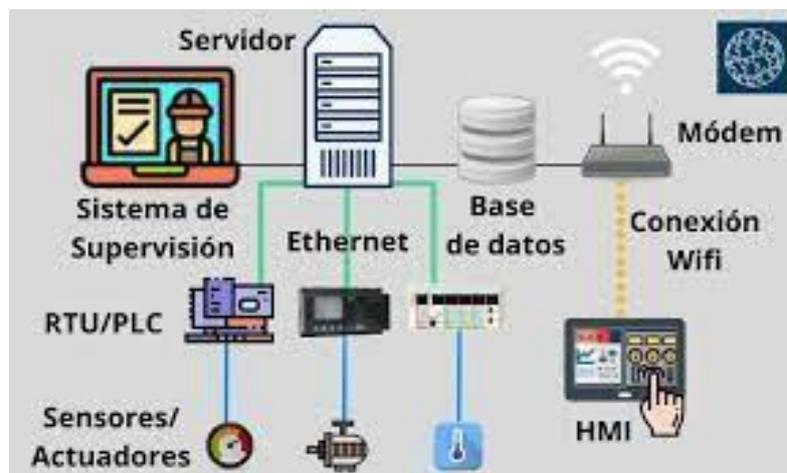


Figura 6: Sistema de monitoreo SCADA.

Los sistemas SCADA se aplican comúnmente en diversos campos, como el suministro de agua, la fabricación farmacéutica, el procesamiento de alimentos [23], la distribución de petróleo y gas, la energía eólica y las comunicaciones a gran escala [24], como se ha señalado en estudios previos [25].

Debido a la importancia de estas aplicaciones, el mercado de sistemas de seguimiento y supervisión se encuentra en constante crecimiento [26]. Además de los sectores de aplicación mencionados previamente, se están presentando nuevos desafíos asociados a paradigmas emergentes como el "Internet de las Cosas" y el "Internet de los Servicios".

En la actualidad, con la creciente conexión a Internet de un gran número de objetos y la introducción de datos en la red, se hace cada vez más necesario el desarrollo de aplicaciones que puedan recopilar esta información. En esta nueva era, se requerirá un mayor rendimiento y se establecerán requisitos más estrictos para cumplir con las demandas de esta tecnología emergente [27].

En términos industriales, los sistemas SCADA tienen que detectar las fallas de manera rápida para que puedan ser reparadas automáticamente o mediante soluciones alternativas. Un sistema de monitoreo efectivo puede ser beneficioso al brindar una visión general del sistema, un ejemplo se puede visualizar en la figura 7, lo que puede ayudar en la identificación de problemas de rendimiento y en la planificación de la capacidad.

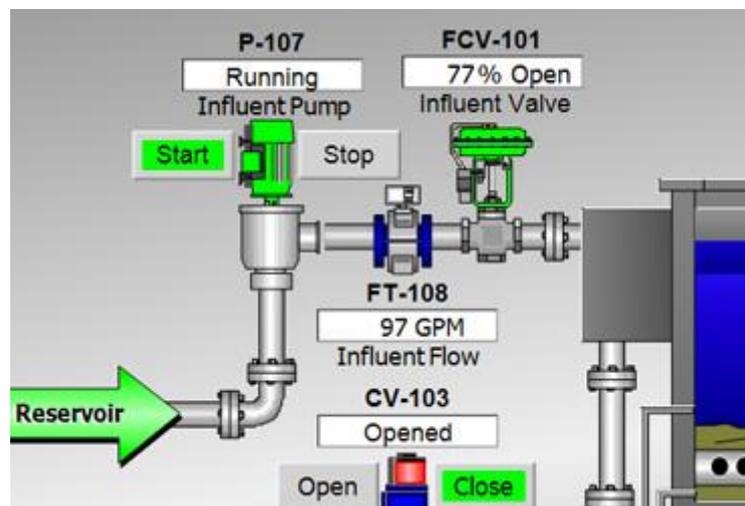


Figura 7: Sistema SCADA industrial

#### 2.4.4 Internet Industrial de las cosas (IIoT)

IIoT, o Internet Industrial de las Cosas, es una tecnología que utiliza sensores y actuadores inteligentes con el objetivo de optimizar los procesos industriales y de fabricación. También conocida como Industria 4.0 o Internet Industrial, esta tecnología aprovecha el poder de las máquinas inteligentes y el análisis en tiempo real para recopilar y analizar los datos producidos por máquinas en entornos industriales. La premisa del IIoT es que las máquinas inteligentes superan a los seres humanos en la captura y análisis de datos en tiempo real, así como en la comunicación de información relevante que puede ser utilizada para tomar decisiones comerciales de manera más ágil y precisa [28].

Las empresas pueden aprovechar los sensores y actuadores conectados para detectar ineficiencias y problemas de manera anticipada, lo que resulta en ahorros de tiempo y dinero, así como en la mejora de los esfuerzos de inteligencia comercial, un ejemplo se puede apreciar en la figura 8.



**Figura 8:** Internet Industrial de las Cosas

La aplicación de IIoT en la fabricación tiene un potencial significativo para mejorar el control de calidad, adoptar prácticas sostenibles y ecológicas, rastrear la cadena de suministro y aumentar la eficiencia general. En el ámbito industrial, el IIoT desempeña un papel fundamental en procesos como el mantenimiento predictivo, la mejora del servicio en campo, la gestión de energía y el seguimiento de activos.

#### 2.4.4.1 Desafíos

Los riesgos más significativos asociados con el uso de IIoT están relacionados con la seguridad. A menudo, los dispositivos IIoT siguen utilizando contraseñas predeterminadas [28], incluso después de haber sido implementados en producción. Además, muchos dispositivos IIoT transmiten datos en texto claro, lo que los hace vulnerables a los ataques de los piratas informáticos que pueden interceptar los datos. Asimismo, un atacante puede hacerse con un dispositivo IIoT inseguro y utilizarlo como punto de partida para lanzar un ataque contra otros recursos de la red.

#### 2.4.5 Protocolos de Comunicación

Cuando se menciona el concepto de Internet de las cosas, se hace referencia a una amplia variedad de dispositivos que se encuentran interconectados a través de la red [29]. Es esencial contar con una red de comunicación eficiente entre estos dispositivos para que puedan operar correctamente, y es en este punto donde los protocolos de comunicación IoT desempeñan un papel fundamental.

Los protocolos de comunicación para el Internet de las cosas son métodos que aseguran la protección adecuada de los datos que se intercambian entre los dispositivos conectados a

IoT. Los dispositivos de IoT se pueden conectar a través de una red IP o no IP, con diferencias en su alcance, potencia y uso de memoria.

Según se ha señalado, las conexiones entre dispositivos IoT a través de redes IP resultan complejas y demandan un alto consumo de memoria y energía, pero no presentan problemas de alcance. Por otro lado, las redes no IP, como Bluetooth, requieren una menor cantidad de memoria y energía, aunque presentan limitaciones en cuanto a su alcance [29].

Los protocolos más usados son:

#### 2.4.5.1 Wi-Fi

Uno de los protocolos de comunicación IoT más destacados es el Wi-Fi. Esta conexión es ideal para el entorno de redes de área local (LAN) y ofrece una transferencia de datos rápida, su logotipo se muestra en la figura 9.



Figura 9: Protocolo Wi-Fi

Es capaz de procesar grandes cantidades de datos, por lo que muchos desarrolladores lo prefieren. El Wi-Fi se basa en el estándar IEEE 802.11n y se utiliza principalmente en hogares y empresas, ofreciendo un rango de transferencia de cientos de megabits por segundo, lo que resulta útil para transferir archivos, pero consume mucha energía, lo que lo hace inadecuado para muchas aplicaciones de IoT.

#### 2.4.5.2 Bluetooth

Según Sonne [29], Bluetooth es una tecnología de comunicación de corto alcance que se utiliza comúnmente para enviar pequeñas cantidades de datos a dispositivos personales como relojes inteligentes.

Es un protocolo IoT importante, especialmente para dispositivos móviles. Actualmente, la mayoría de las empresas de desarrollo de IoT utilizan la versión de Bluetooth de baja energía o Bluetooth Smart para sus productos de consumo. Esta versión es altamente escalable y flexible para adaptarse a las innovaciones del mercado, además de tener un bajo consumo de energía, lo que la convierte en una base real para el IoT, tal como se puede observar en la figura 10.



Figura 10: Protocolo Bluetooth

### 2.4.5.3 MQTT

El protocolo MQTT es una forma liviana de enviar flujos de datos simples desde sensores a aplicaciones y middleware. Este protocolo funciona a través de la red TCP/IP para proporcionar flujos de datos confiables pero simples, y puede trabajar con cualquier red que proporcione conexiones bidireccionales, ordenadas y sin pérdidas. MQTT se compone de tres elementos principales: el suscriptor, el editor y el broker, tal como se puede observar en la figura 11. Es una opción preferida para redes inalámbricas con restricciones de ancho de banda ocasionales o conexiones poco confiables [29].

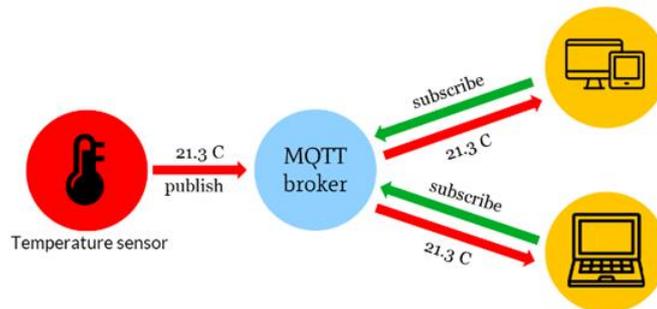


Figura 11: Protocolo MQTT

### 2.4.5.4 OPC-UA

El protocolo OPC UA es una de las tecnologías de comunicación más relevantes tanto para la Industria 4.0 como para el IoT. Se encuentra bajo el paraguas del protocolo de comunicación industrial Machine-to-Machine (M2M). Similar a MQTT, OPC UA es un estándar que no depende de una plataforma específica, permitiendo que distintos sistemas y dispositivos puedan intercambiar información mediante el envío de mensajes de solicitud y respuesta entre servidores y clientes [29], tal como se puede observar en la figura 12.

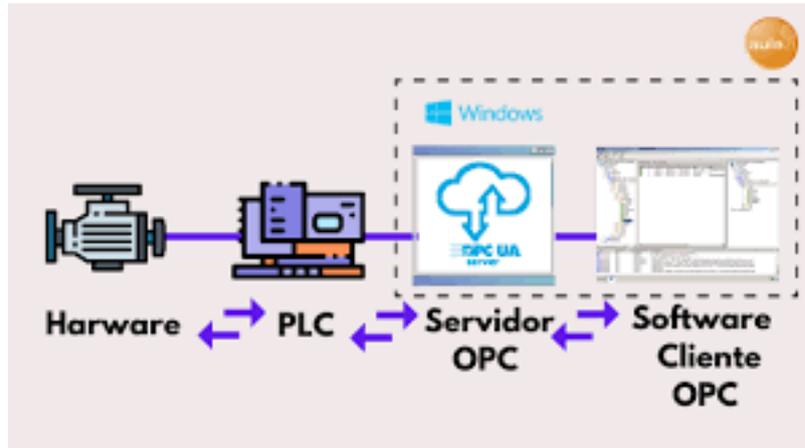


Figura 12: Protocolo OPC-UA

### 2.4.5.5 LoRaWan

LoRa es una red de radio de largo alcance que ofrece una solución de bajo costo y seguridad móvil para aplicaciones de IoT, ciudades inteligentes e industriales. Ofrece una alta eficiencia energética y es compatible con una gran cantidad de dispositivos en red. Un ejemplo práctico de su uso es la implementación de sistemas de alumbrado público inteligente cómo se puede observar en la figura 13, donde las luces de la calle están conectadas a una puerta de enlace LoRa que utiliza el protocolo LoRaWAN. Además, cuenta con la capacidad de detectar señales por debajo del nivel de ruido, seguridad integrada y posicionamiento sin GPS.

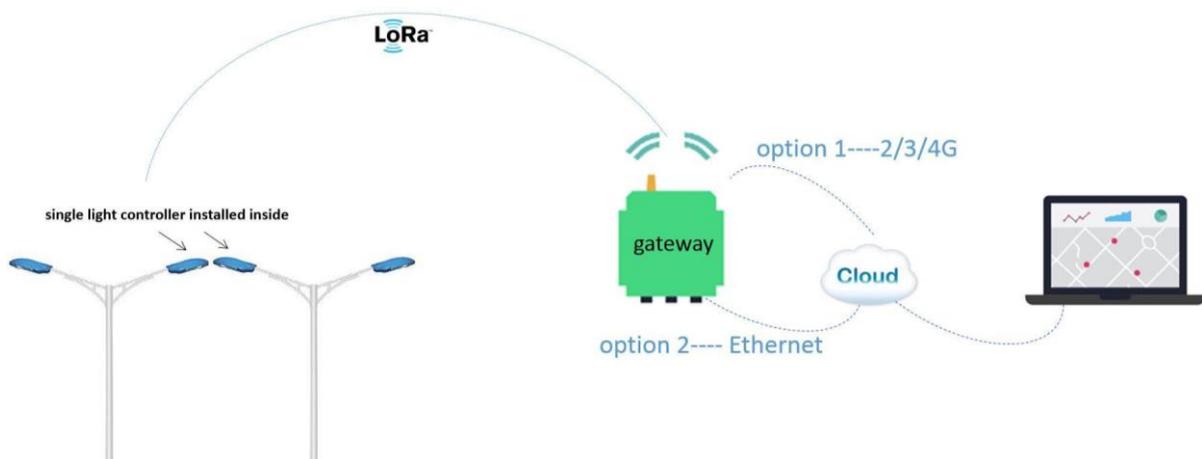


Figura 13: Protocolo LoRaWan

## **CAPÍTULO III**

### **2.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.6.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

Durante el desarrollo de esta investigación, se recolectó datos sobre las operaciones llevadas a cabo en una fábrica textil, con el propósito de identificar una estrategia óptima para automatizar la máquina circular de tejido. Esto se realizó para disminuir los gastos de producción, los tiempos de paro y al mismo tiempo mejorar la calidad del producto final.

#### **2.6.2 INVESTIGACIÓN CUASI EXPERIMENTAL**

En el desarrollo de la presente investigación, se realizó la recopilación de datos de diferentes sensores referente al tiempo de producción de la máquina circular, de igual manera se tomó en cuenta el tiempo de paro que sufre debido a diferentes errores, y se obtuvo un archivo con los diferentes datos recolectados, el mismo que permitió realizar un análisis de funcionalidad.

### **2.7 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.7.1 MÉTODO NO EXPERIMENTAL**

Se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador.

- Los sucesos no son controlados después del inicio de un ciclo de tejido de la máquina circular.
- Los diferentes tipos de paro máquina se producen en el transcurso de un ciclo de tejido.
- Serán medidas en Tiempo (segundos)

Una vez que se tuvo claro el funcionamiento de la máquina de tejido circular que era operada manualmente, se pudo identificar los componentes requeridos para automatizar y optimizar el proceso, y lograr un desempeño adecuado durante la implementación. La automatización y optimización se desarrolló utilizando diversas herramientas de software.

## **2.7.2 MÉTODO CUANTITATIVO**

Implicó la recopilación y el análisis de datos cuantificables. La medición es esencial porque permitió la observación empírica y su conexión con la dimensión conceptual de la investigación.

- Los diferentes tipos de causales de paro provocaban la interrupción de la máquina, generando un intervalo de tiempo de pausa en la producción.
- Este tipo de causales pueden ser producidos por: daño de hilo, aguja, hueco en la trama.

## **2.8 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **2.8.1 POBLACIÓN**

La población estará definida por los fenómenos que fueron definidos y delineados en el análisis del problema de investigación, los cuales van a ser los tiempos de paro máquina.

Se considera una población finita ya que el número de elementos que componen la población pueden ser enumerados.

### **2.8.2 MUESTRA**

La muestra es una parte de la población, seleccionada de forma aleatoria, para asegurar que los datos tengan una confiabilidad del 100%, se tomó todos los valores de la población.

## **2.9 HIPÓTESIS**

### **2.9.1 HIPÓTESIS NULA**

$H_0: Med1 = Med2$

La mediana (Med1) de los tiempos de respuesta antes de la implementación es igual a la mediana de los tiempos de respuesta después de la implementación (Med2).

### **2.9.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

$H_1: Med1 \neq Med2$

La mediana (Med2) de los tiempos de respuesta después de la implementación es significativamente diferente a la mediana de los tiempos de respuesta antes de la implementación (Med1).

## 2.10 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

A continuación, se detallan las etapas que se ejecutaron en la investigación.

- **Etapa 1**

Revisión y recopilación de información de la máquina circular de tejido de punto, por medio de una visita técnica de observación a la máquina para ver en qué estado se encuentra y diagrama eléctrico relacionado (si existiera).

- **Etapa 2**

Definir los requerimientos de diseño, mediante el análisis del funcionamiento de una máquina circular de tejido, con la finalidad de sentar las bases necesarias para la implementación del sistema de monitoreo.

- **Etapa 3**

Análisis y diseño de cómo se realizará la adquisición de las diferentes señales de la máquina circular de tejido mediante el uso de sensores, definir los equipos a utilizar (PLC y PC – HMI Touch) y comparación de los diferentes protocolos de comunicación usados en los sistemas de monitoreo industrial para determinar el más apropiado.



- **Etapa 4**

Desarrollo del sistema de monitoreo empleado el software de programación del PLC y SCADA para la comunicación HMI.

- **Etapa 5**

Realizar la instalación del nuevo sistema en la máquina circular de tejido y desarrollar pruebas de campo para la puesta en marcha.

- **Etapa 6**

Análisis de los datos recopilados previos a la automatización con los datos luego de la implementación del sistema de monitoreo, para la validación y medición de la eficiencia del sistema.

## 2.11 TÉCNICA

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se utilizó la técnica de observación debido a que se debe tomar en cuenta el tiempo exacto del funcionamiento de todos los procesos de la máquina circular de tejido.

## 2.12 FUENTES DE INFORMACIÓN

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación se recopiló información de diversas fuentes como páginas web, artículos académicos, libros especializados, documentos en la web, así como también se obtuvo las hojas de datos técnicos de los sensores utilizados. Esto se realizó con el objetivo de tener acceso a información actualizada y relevante en relación a la automatización, ya que el internet es una de las herramientas más utilizadas en la actualidad para este fin.

## 2.13 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

- **Procedimientos cuasi Experimentales:** se definió los requisitos necesarios, la planificación, de igual manera se definen y analizan las variables que se son necesarias para la automatización de la máquina circular de tejido, luego se verificó el correcto funcionamiento de la automatización y el sistema de monitoreo.
- **Análisis Bibliográfico:** se realizó la revisión bibliográfica de manera detallada mediante la lectura de artículos científicos de alto impacto, enfocados en el diseño, automatización y sistemas de monitoreo de procesos industriales.

## 2.14 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

### 2.14.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Mejorar la eficiencia de la máquina de tejido circular en la empresa textil Tornasol evitando paros innecesarios.

Tabla 1: Tabla de variable dependiente.

NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Tiempo de paro máquina	Comprende el tiempo de cuanto se demora desde que se produjo el fallo causado por algún tipo de paro, hasta el momento de reanudación de ciclo de tejido.	Los paros máquina pueden producirse por diferentes tipos de sucesos, los cuales pueden ser de tipo 1, 2, 3 o 4.	Observación directa con cronómetro. Monitoreo mediante automatización SCADA.

### 2.14.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo SCADA-IIoT para la máquina de tejido circular en la empresa textil Tornasol.

**Tabla 2:** Tabla de variables independientes.

NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<b>Tipo 1</b>	Daño de hilo	Rotura de hilos de tejido por varios motivos: nudos, motas, mala calidad de la materia prima.	Observación directa con cronómetro. Monitoreo mediante automatización SCADA.
<b>Tipo 2</b>	Interrupción por pulsante STOP	Falta de materia, cambio de partida, emergencia o por mantenimiento eléctrico/mecánico.	Observación directa con cronómetro. Monitoreo mediante automatización SCADA.
<b>Tipo 3</b>	Interrupción por scanner	Barrido, manchas, mariposeo, mota tejida y pique, son los defectos que puede llegar a tener la tela, estos son causados por las variables de Tipo 1 y 2, adicionalmente otros motivos son: las impurezas en el ambiente, líquidos o grasa.	Observación directa con cronómetro. Monitoreo mediante automatización SCADA.

### 2.15 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para empezar el desarrollo de esta investigación se realizó un proceso de caracterización, lo que permitió reconocer cada uno de los componentes que conforman la máquina circular de tejido. Este paso es fundamental para mejorar o automatizar un equipo o máquina. Al examinar los componentes de la máquina circular de tejido, tal como se muestra en la figura 14, se pudo obtener el estado de cada uno de estos.



Figura 14: Máquina circular de tejido

### 2.15.1 DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Mediante el análisis del funcionamiento de una máquina circular de tejido y las condiciones de funcionamiento se definió el diseño, el mismo que se muestra en la figura 15 con la finalidad de sentar las bases necesarias para la implementación del sistema de monitoreo.

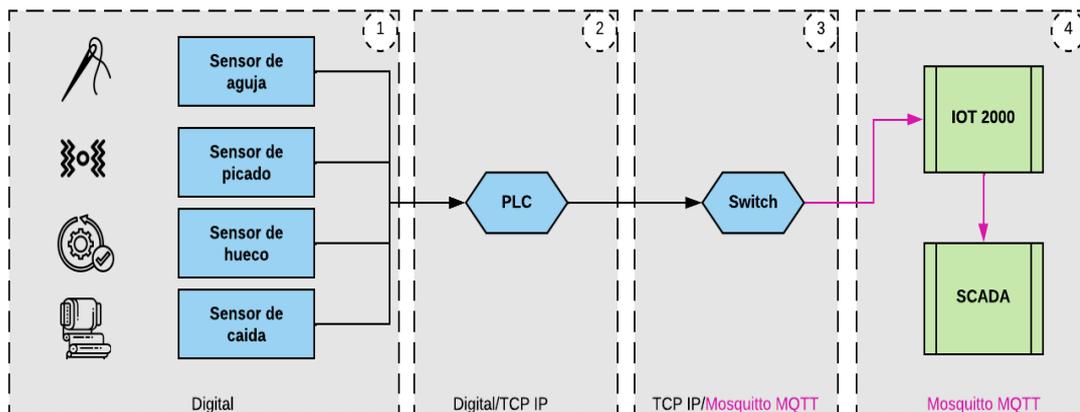
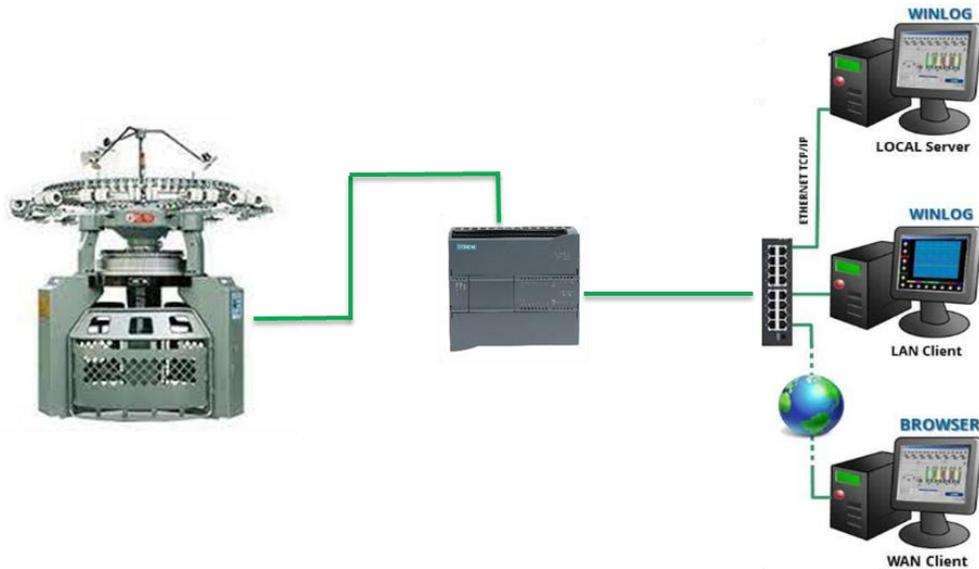


Figura 15: Esquema de bloques del sistema

El sistema esta esta compuesto por 4 etapas: etapa de sensado, etapa de control, etapa de comunicación y etapa de monitoreo; de manera general los sensores se encuentran ubicados en la máquina circular de tejido, esta información se envia al PLC que cumple la función de control, la información procesada es enviada mediante el protocolo TCP IP con un switch al elemento IOT 2000 para finalmente tener el sistema de monitoreo SCADA el cual se puede dividir en interno que es aquel que realiza la visualización en la propia empresa y externo que es aquel usuario que puede acceder mediante una conexión a internet desde cualquier lugar, una forma general se muestra en la figura 16.



**Figura 16:** Esquema general del sistema

A continuación se detallan cada una de las etapas del esquema de etapas:

### 2.15.1.1 Etapa de sensado

Esta conformada por cuatro tipo de señales digitales, las mismas que provienen de 4 diferentes sensores: sensor de aguja, sensor de picado, sensor de hueco y sensor de caída.

- **Sensor de aguja**

Es un sensor digital del tipo NPN, envía una señal lógica HIGH (alto) mientras su circuito no es interrumpido; cuando la aguja esta rota la señal se interrumpe el contacto con la galga y se emite una señal de LOW (bajo). El sensor utilizado se muestra en la figura 17.



**Figura 17:** Sensor de aguja

- **Sensor de picado**

Conocido como sensor de detección de hilo, es un elemento electromecánico que permite alimentar el hilo bajo una tensión. Por lo general se recoge el mismo en un carrete para alimentar a las agujas según el requerimiento del diseño de la tela. El sensor utilizado se muestra en la figura 18.



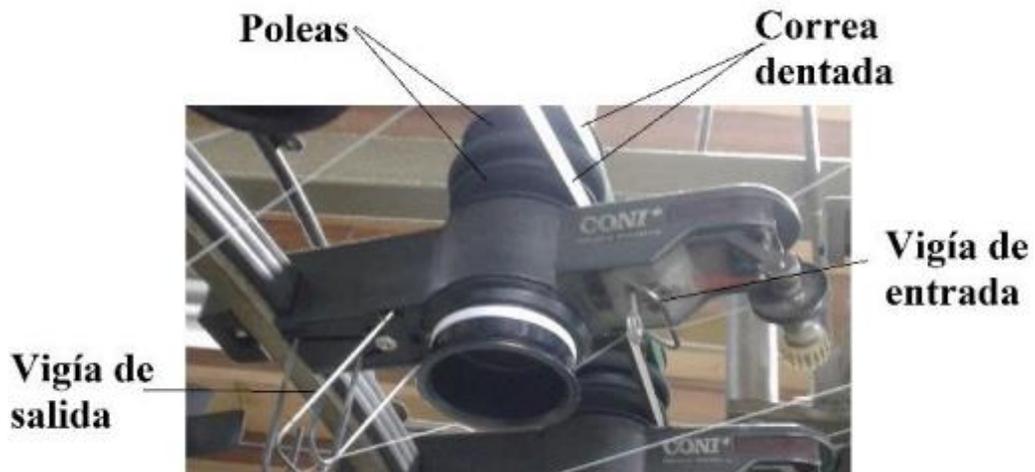
**Figura 18:** Sensor de picado

Este equipo posibilita una alimentación continua de hilo al tejido, incluso cuando su consumo es irregular. El cuerpo de la bobina atrae el hilo desde el carrete y lo suministra al sistema de forma uniforme. Si se produce una rotura del hilo, el interruptor de conmutación mecánico desciende y activa una luz de alarma en el dispositivo y en el sistema de monitoreo.

- **Sensor de hueco**

Este elemento permite que se entregue una cantidad constante de hilo con una tensión mínima y uniforme, por lo general su ubicación varía en cada máquina circular de tejido de acuerdo a los diferentes fabricantes, en este caso en específico está ubicado en la parte superior y su funcionamiento es en conjunto con el sensor de picado. Este compuesto de una

correra dentada, una bobina de hilo y diferentes engranes mecánicos, funcionan con un voltaje de 24 Voltios Alternos, un ejemplo de este sensor se puede observar en la figura 19.



**Figura 19:** Sensor de hueco

- **Sensor de caída**

Es un sensor que esta encargado de controlar el tejido en la máquina circular, posee tres posiciones diferentes en donde las agujas adoptan alturas diferentes. En la figura 20 se puede apreciar un ejemplo de este elemento.



**Figura 20:** Sensor de caída

Los sensores antes descritos estan conectados a un sistema computarizado propio de la máquina (Phototex fm-10m), el cual posee conectores DB-9 y una pantalla LCD que permite visualizar las diferentes fallas, tal como se puede apreciar en la figura 21.



Figura 21: Equipo Phototex fm-10m

Al ser un equipo que viene con la máquina circular de tejido fue necesario identificar la señal proveniente de cada sensor para poder llevarla al nuevo elemento de control (PLC), para esto fue necesario realizar un circuito de acoplamiento para cada señal, el circuito se puede visualizar en la figura 22.

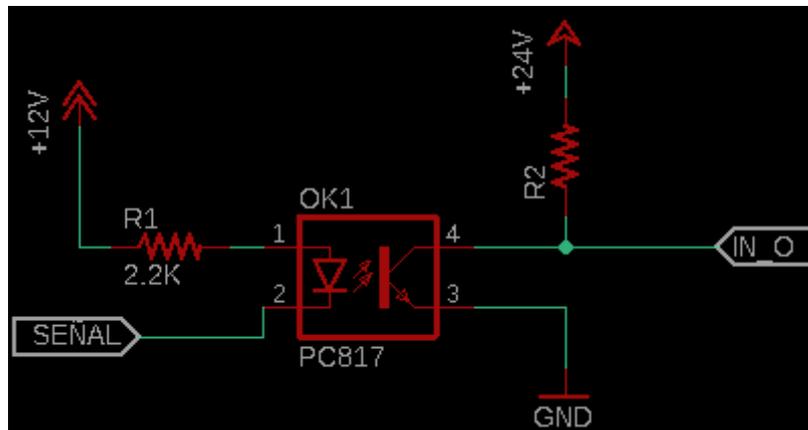


Figura 22: Acoplamiento de señal

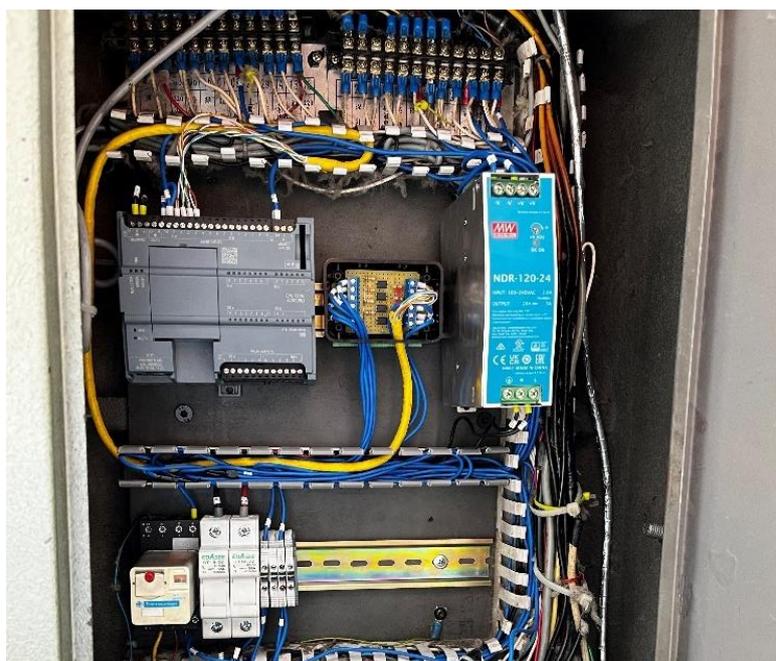
### 2.15.1.2 Etapa de control

En esta fase se procedió a implementar un elemento de control extra a los existentes en la máquina circular de tejido; para determinar el mejor elemento se realizó una comparativa de diferentes fabricantes y modelos existentes en el mercado local, la tabla 3 muestra esta comparación.

**Tabla 3:** Comparativa de elementos de control.

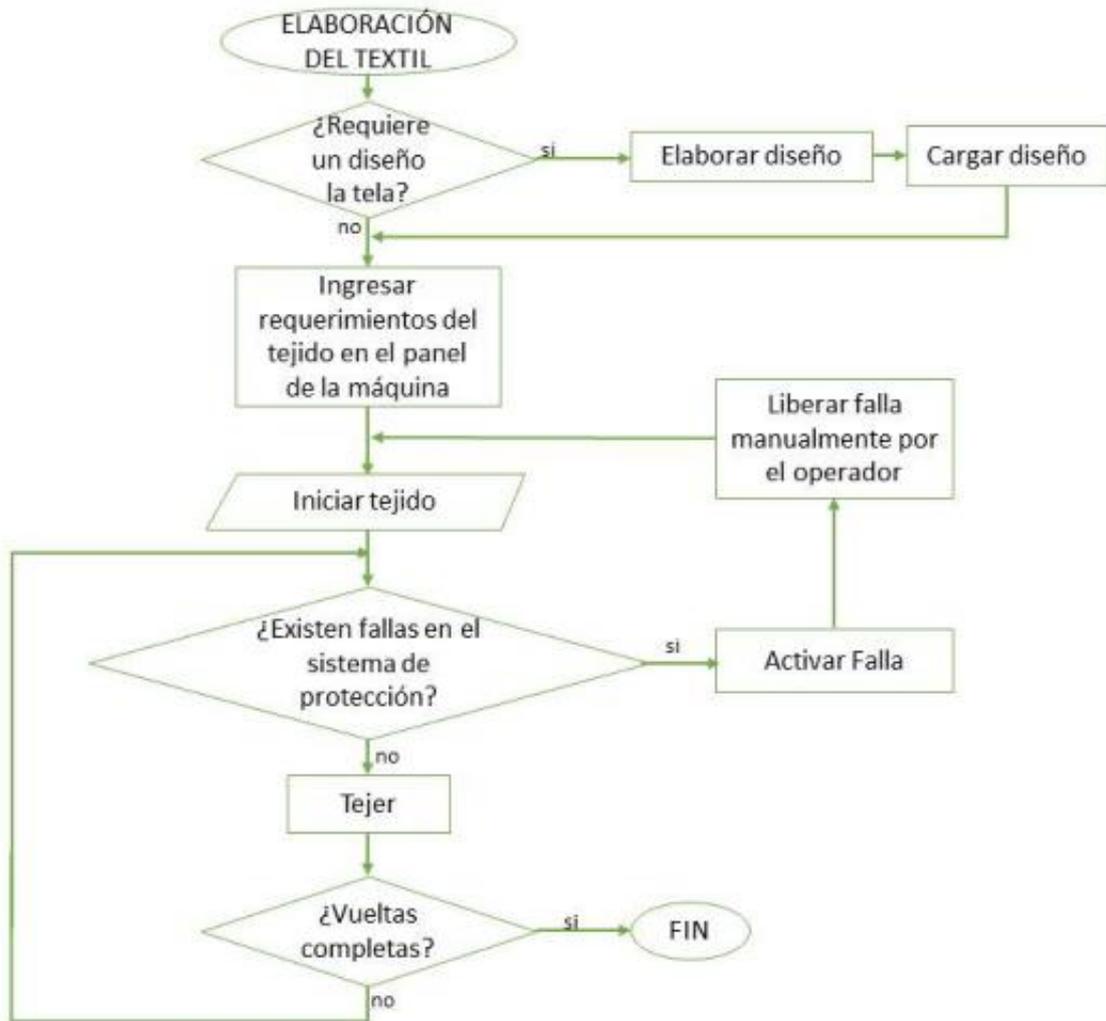
PLCs				
<b>Características</b>	Logo	S7-1200	SLC-500	90-30-341
<b>Memoria</b>	8.5 Kb	3Mb	3Mb	5Mb
<b>Número de Entradas</b>	4	14	Modular	Modular
<b>Número de salidas</b>	4	10	Modular	Modular
<b>Tipo de salida</b>	Rele	Rele	Rele	Transistor
<b>Display</b>	Si	No	No	No
<b>Protocolos de comunicación</b>	Ethernet	Ethernet	RS-232/422/423	RS-232/422/423
<b>Precio (\$)</b>	250	700	900	950

De acuerdo a la comparativa realizada se determinó que el elemento de control óptimo para esta investigación es el PLC S7-1200 con el modelo CPU 1214C AC/DC/RLY, el mismo que fue instalado en un tablero metálico junto a la máquina circular de tejido, tal como se puede apreciar en la figura 23.



**Figura 23:** Etapa de control

En el PLC se encuentra el programa que se encarga de realizar el monitoreo y control de fallas dadas por los diferentes sensores; para realizar el nuevo programa de control fue necesario determinar el funcionamiento lógico de la máquina circular de tejido, para esto se desarrolló un diagrama de flujo general, el mismo que se muestra en la figura 24.



**Figura 24:** Diagrama de flujo del funcionamiento general de la máquina de tejido.

Con este diagrama de flujo general, se procedió a realizar la programación del PLC, la misma que fue desarrollada en el software TIA Portal mediante el uso de segmentos tal como se puede observar en el anexo 4, cada uno de los cuales contiene secuencias lógicas realizadas mediante el uso del lenguaje de programación Leader, como se puede apreciar en el anexo 4.

### 2.15.1.3 Etapa de comunicación

En esta etapa se implementó un Switch tp-link que contiene 5 puertos RJ-45 y un protocolo de comunicación Ethernet mediante TCP-IP con un estándar de control de flujo IEEE 802.3x que proporciona una transferencia de datos continua, la información a ser transferida es la proveniente del PLC hacia la etapa de monitoreo, por lo cual se debió configurar las diferentes direcciones IP, además se tuvo que instalar en un cajetín plástico junto a la máquina tal como se muestra en la figura 25.



**Figura 25:** Instalación de Switch para comunicación Ethernet.

### 2.15.1.4 Etapa de monitoreo

Para cumplir con el objetivo de realizar el sistema de monitoreo se utilizó el equipo SIMATIC IOT 2000 que permite transferir la información de la etapa de control a la nube mediante diferentes protocolos.

En primer lugar se debió instalar el sistema operativo en este equipo, para ello se debe utilizar una tarjeta micro SD y hacer uso de un programa denominado Disk Imager, una vez instalado el sistema operativo se debe realizar la configuración de la dirección IP.

Para lograr obtener el sistema de monitoreo se deben conectar en red el PLC y el IOT 2000 a través del switch, de igual manera se debe establecer una dirección IP de acceso ya sea a computadores locales o la nube, tal como se muestra en la figura 26.

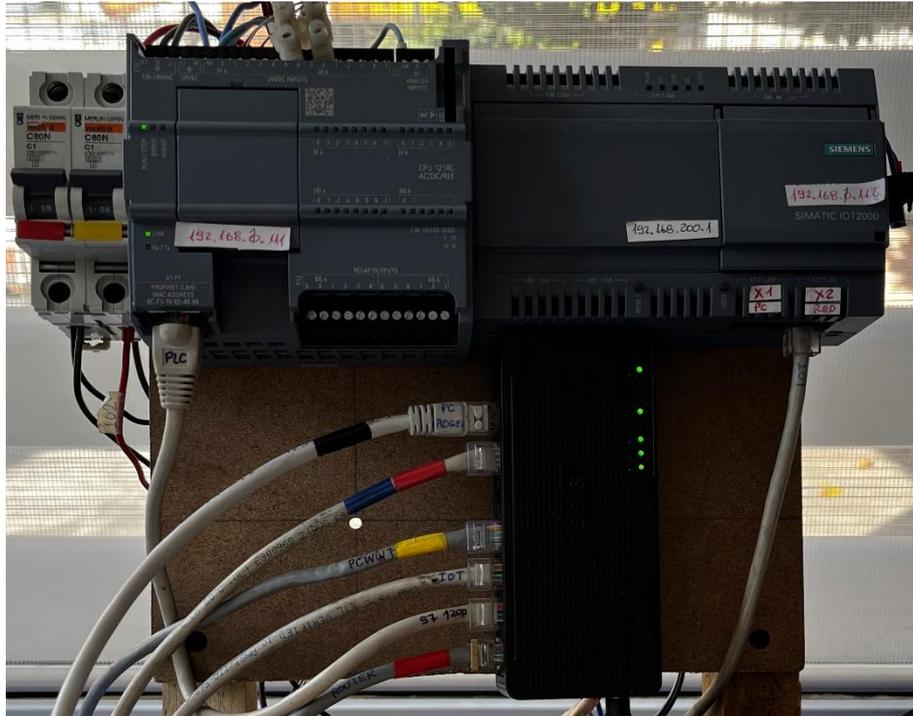


Figura 26: Equipos en Red.

Una vez que los equipos están en red, se realizó la programación del SCADA en donde se ubicó una sección de administración de turnos de los operadores pudiendo configurar los horarios de entrada y salida; de igual manera, se realizó una sección en donde se puede monitorear todas las máquinas circulares de tejido que estan en la empresa, tal como se puede observar en la figura 27.

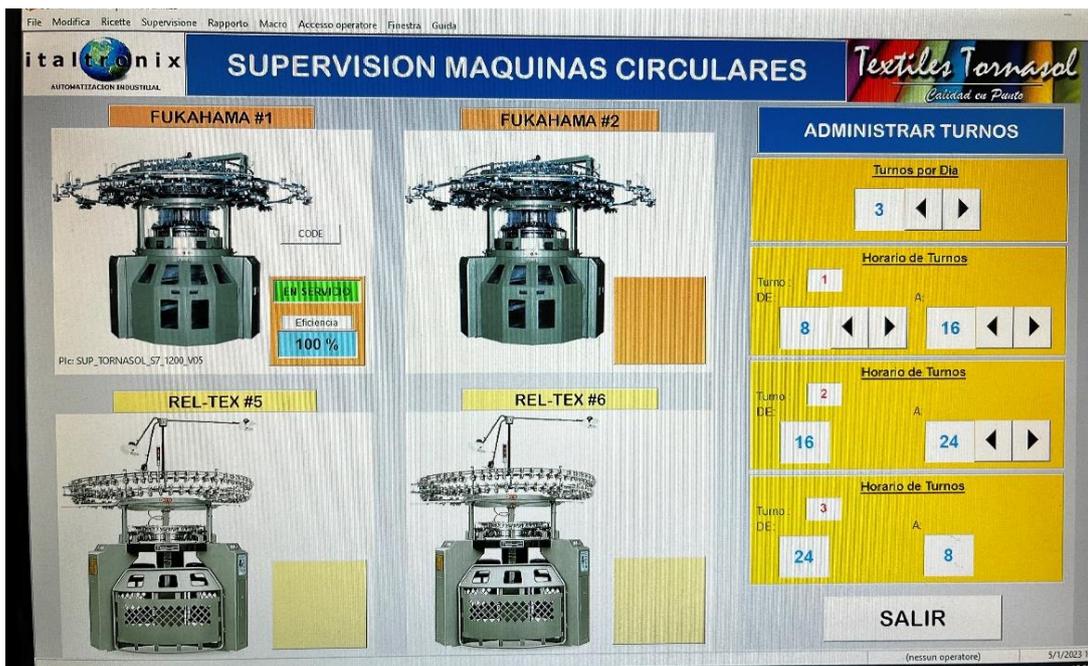


Figura 27: Pantalla principal del sistema SCADA, selección de turnos.

En la pantalla principal se puede seleccionar una máquina en específico, se abrirá una nueva ventana en donde se podrá visualizar el turno, el número de máquina, el tiempo de trabajo, servicio y global de la máquina; también se puede visualizar parámetros de producción como es la velocidad del motor, la cantidad de pulsos y las piezas; de igual manera se puede visualizar la eficiencia de la máquina en el turno, lo que permite el llenado de las hojas de control de la empresa (Anexo 1 y 2) de una mejor manera. Todos estos datos son acompañados de gráficos lo que permite tener una referencia histórica del desempeño de la máquina, la presentación de este entorno se puede visualizar en la figura 28.

Cabe señalar que la misma información está disponible desde un enlace mediante una página web que por razones de confidencialidad y seguridad no se puede detallar.

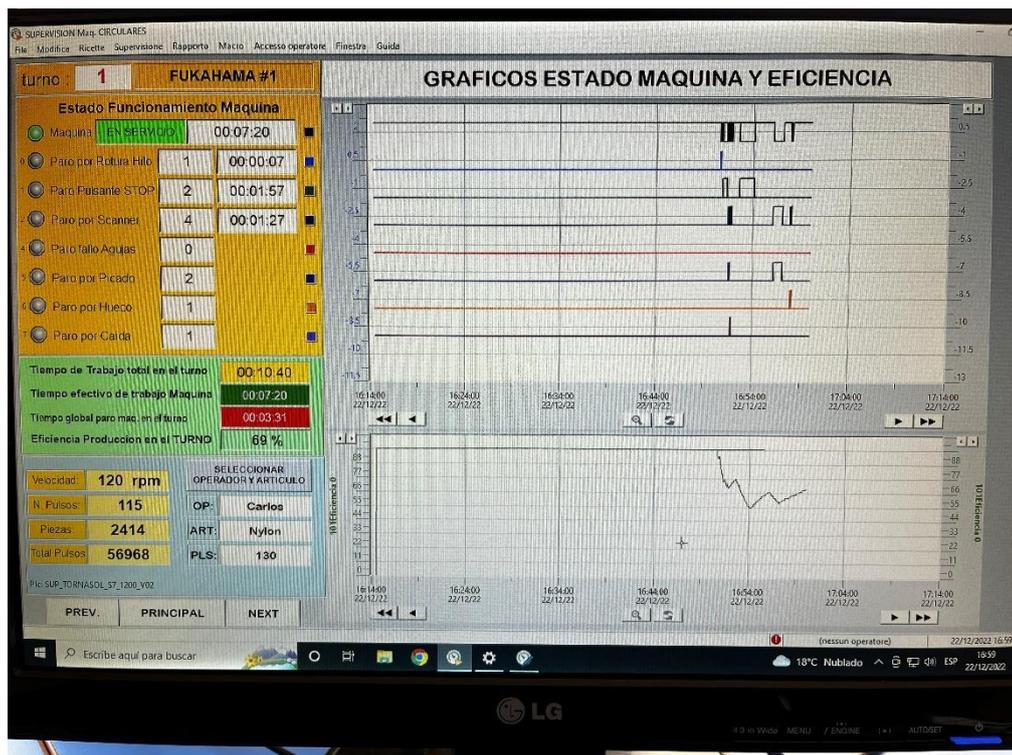


Figura 28: Pantalla de información de: tiempos, paros y grafico de estados de la máquina.

## CAPÍTULO IV

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recopilaron los datos de los tiempos de respuesta de tipo 1, 2 y 3 durante un periodo de dos semanas, teniendo en cuenta un turno de producción diario. Esto nos brindó la oportunidad de obtener resultados comparativos tanto antes como después de la implementación del sistema (tabla 4, tabla 5). Esta recopilación de datos nos permitió realizar comparaciones precisas de los efectos de la implementación y analizar cómo se vieron afectados los tiempos de respuesta en cada tipo.

Tiempos de producción previos a la implementación del sistema.

**Tabla 4:** Resultados previos con relación tiempo-tipo

<b>Variables</b>	<b>Tipo 1 T. RH</b>	<b>Tipo 2 T. PARADA STOP</b>	<b>Tipo 3 T. SCANNER</b>
<b>Número de paros</b>	322	26	6
<b>Tiempo por Tipo de variable</b>	10:11:01	7:37:09	0:45:07
<b>Tiempo total</b>	18:33:17		

Una vez concluida la observación se instaló el sistema que se conformaba por Software mediante el sistema SCADA HMI controlado mediante PLC Siemens utilizando TIA Portal, y por Hardware utilizando un selectos de tipo de fallo por scanner como se puede ver en la figura 29.



**Figura 29:** Selector de tipos de fallos por scanner.

Una vez implementado el sistema se procedió nuevamente a la recolección de datos, pero de manera automatizada, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5:** Resultados posterior con relación tiempo-tipo.

<b>Variables</b>	<b>Tipo 1 T. RH</b>	<b>Tipo 2 T. PARADA STOP</b>	<b>Tipo 3 T. SCANNER</b>
<b>Número de paros</b>	231	22	5
<b>Tiempo por Tipo de variable</b>	3:23:09	7:37:30	0:28:00
<b>Tiempo total</b>	11:28:39		

Como se puede observar en la tabla 2 y 3 se marca una diferencia significativa en los tiempos de producción y se procede al análisis estadístico.

### 3.1 RESULTADOS DE TIEMPO DE PAROS MÁQUINA POR TIPO 1

Comparación de los tiempos antes y después medidos por daño de hilo.

### 3.1.1 PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA VARIABLE DE TIEMPO DE PARO MÁQUINA.

Se procedió hacer una prueba de normalidad obteniendo así los diferentes resultados.

**Tabla 6:** Prueba de normalidad antes y después de la implantación del sistema.

Pruebas de normalidad							
	Temporalidad	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo Paro Máquina	Antes	,177	322	< ,001	,797	322	,000
	Después	,221	233	< ,001	,784	233	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como p-valor es igual a  $0.001 < 0.05$  los datos no provienen de una distribución normal en ambos casos; por tal motivo se precedió hacer un análisis no paramétrico.

**Tabla 7:** Cuadro de resumen de procesamiento de casos.

Resumen de procesamiento de casos							
	Temporalidad	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiempo Paro Máquina	Antes	322	100,0%	0	0,0%	322	100,0%
	Después	233	100,0%	0	0,0%	233	100,0%

**Tabla 8:** Resultado de pruebas de normalidad.

Descriptivos						
	Temporalidad			Estadístico	Error estándar	
Tiempo Paro Máquina	Antes	Media		113,85	4,343	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		105,31	
			Límite superior		122,40	
		Media recortada al 5%		104,69		
		Mediana		97,00		
		Varianza		6074,704		
		Desviación estándar		77,940		
		Mínimo		40		
		Máximo		547		
		Rango		507		
		Rango intercuartil		90		

		Asimetría	2,015	,136	
		Curtosis	6,327	,271	
	Después	Media	52,31	1,926	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	48,51	
			Límite superior	56,10	
		Media recortada al 5%	49,50		
		Mediana	42,00		
		Varianza	864,266		
		Desviación estándar	29,398		
		Mínimo	0		
		Máximo	171		
		Rango	171		
		Rango intercuartil	26		
		Asimetría	2,067	,159	
		Curtosis	5,944	,318	

En el valor de la mediana se puede observar que existe una reducción del tiempo de después de la implementación ante un paro máquina.

### 3.1.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS SOBRE EL TIEMPO DE RESPUESTA ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN.

- **Hipótesis nula**

$H_0: Med1 = Med2$

La mediana (Med1) de los tiempos de respuesta antes de la implementación es igual a la mediana de los tiempos de respuesta después de la implementación (Med2).

- **Hipótesis alternativa**

$H_1: Med1 \neq Med2$

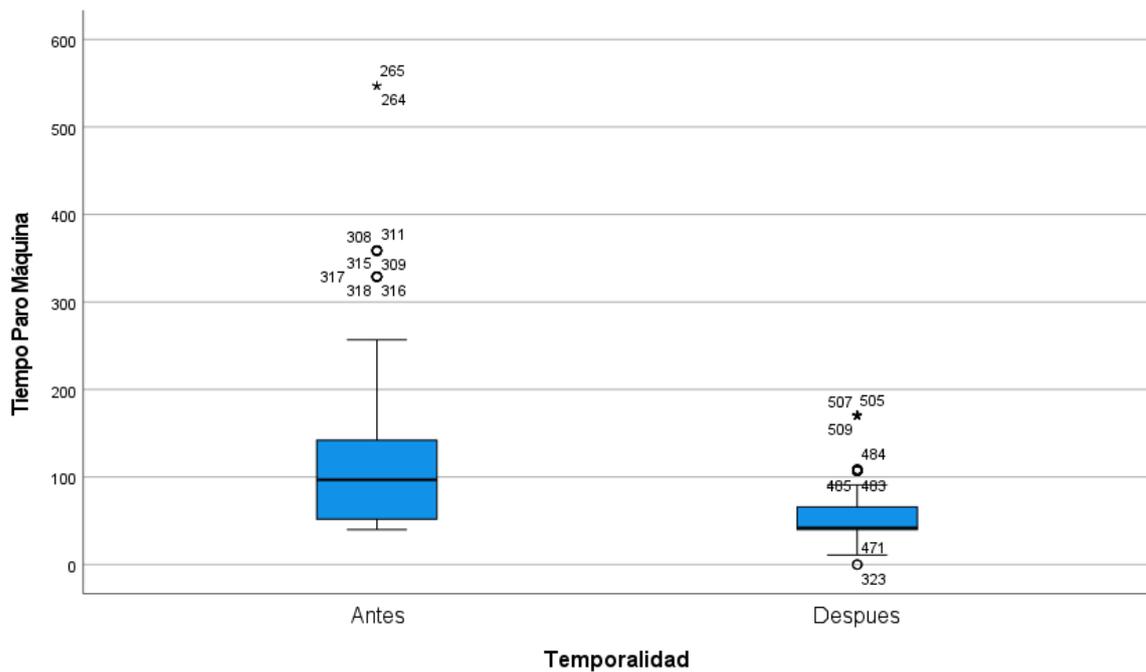
La mediana (Med2) de los tiempos de respuesta después de la implementación es significativamente diferente a la mediana de los tiempos de respuesta antes de la implementación (Med1).

### 3.1.3 PRUEBA DE MANN-WHITNEY (Prueba no paramétrica).

**Tabla 9:** Resultado de pruebas de MANN-WHITNEY.

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Tiempo Paro Máquina
U de Mann-Whitney	13226,500
W de Wilcoxon	40487,500
Z	-13,057
Sig. asin. (bilateral)	< ,001
a. Variable de agrupación: Temporalidad	

Debido a que p-valor es igual a  $0.001 < 0.05$  no se acepta  $H_0$  es decir que la mediana (Med2) de los tiempos de respuesta después de la implementación es significativamente diferente a la mediana de los tiempos de respuesta antes de la implementación (Med1).



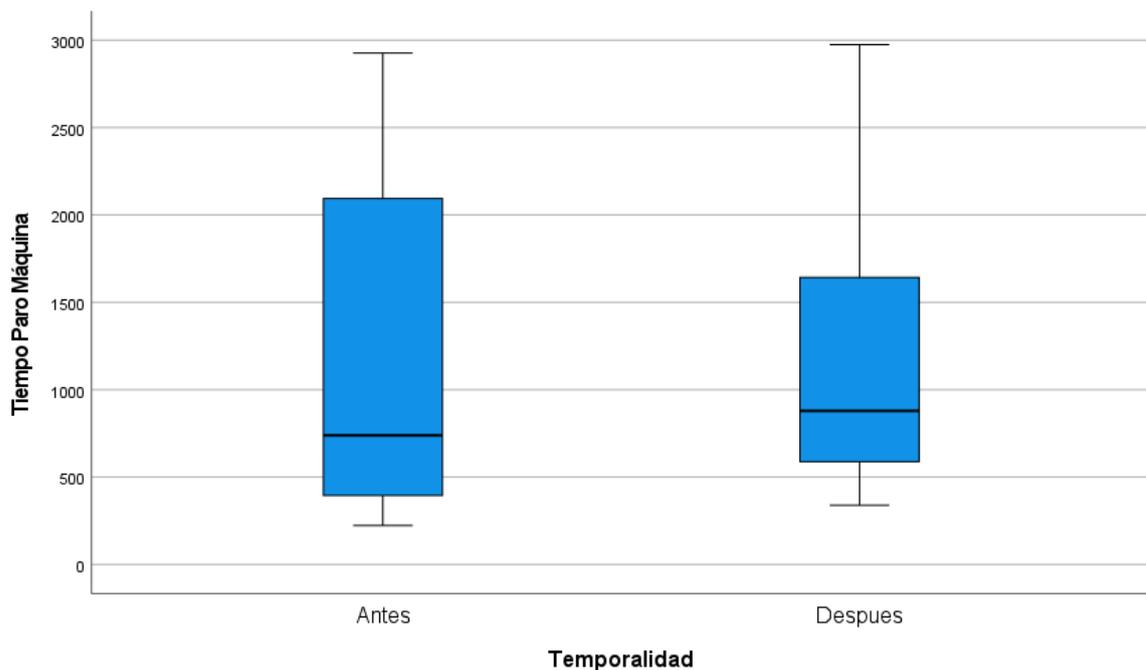
**Figura 30:** Diagrama de cajas de tiempos antes y después de rotura o daño de hilo.

Como se observa en la figura 30 los tiempos de respuesta antes son significativamente más dispersos y mayores que los tiempos de respuesta después de la implementación.

### 3.2 RESULTADOS DE TIMPO DE PAROS MÁQUINA POR TIPO 2

Comparación de los tiempos antes y después medidos por la interrupción del pulsante STOP.

En la figura 31 se puede observar que el promedio de los tiempos de respuesta antes y después de la implementación es similar. Sin embargo, se aprecia una diferencia en la dispersión de los tiempos. Es importante mencionar que algunos valores atípicos, que se encuentran fuera del rango normal en los tiempos posteriores a la implementación, no fueron considerados en el análisis. Estos valores atípicos pueden deberse a diversas razones, siendo una de las más comunes el daño mecánico. La reparación de este tipo de daño implica un tiempo de paro significativamente mayor al promedio.



**Figura 31:** Diagrama de cajas de tiempos antes y después de interrupción del pulsante STOP.

**Tabla 10:** Resultados estadísticos descriptivos.

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Tiempo Paro Máquina	45	1139,53	834,729	224	2975
Temporalidad	45	1,44	,503	1	2

**Tabla 11:** Resultado de pruebas no paramétricas (p-valor).

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Tiempo Paro Máquina

U de Mann-Whitney	207,000
W de Wilcoxon	532,000
Z	-,983
Sig. asin. (bilateral)	,326
a. Variable de agrupación: Temporalidad	

Debido a que p-valor es igual a  $0.326 > 0.05$  no se rechaza  $H_0$ , es decir que las medianas de los tiempos de respuesta después de la implementación (Med2) con los tiempos de respuesta antes de la implementación (Med1) son similares, indicando que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, concluyendo que la intervención a los paros de tipo 2 son los mismos en ambas situaciones.

### 3.3 RESULTADOS DE TIMPO DE PAROS MÁQUINA POR TIPO 3

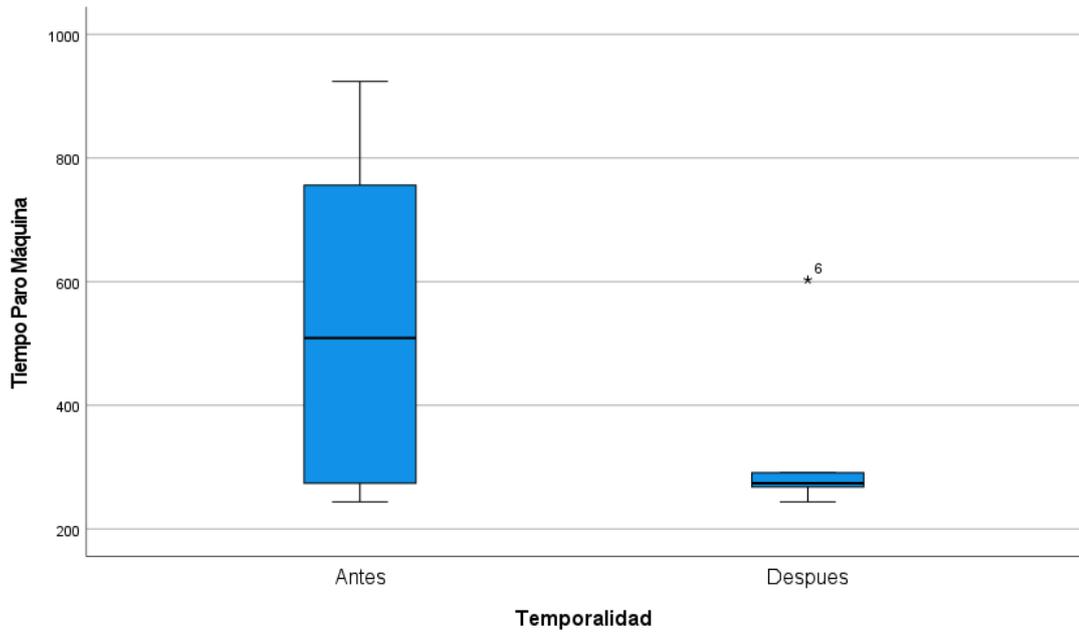
Comparación de los tiempos antes y después medidos por la interrupción por scanner.

Como p-valor es igual a  $0.0009035 < 0.05$  se rechaza  $H_0$  es decir que la mediana (Med2) de los tiempos de respuesta después de la implementación es significativamente diferente a la mediana de los tiempos de respuesta antes de la implementación (Med1).

**Tabla 12:** Tabla del test de Fisher para comparar dos variaciones.

Test de Fisher para comparar dos variaciones			
F = 233.6	num df = 4	denom df = 3	p-value = 0.0009035
<b>Hipótesis alternativa:</b> la verdadera proporción de variaciones no es igual a 1			
<b>Intervalo de confianza del 95 por ciento:</b> 15.46913 2331.13022			
<b>Estimaciones de muestra:</b> relación de variaciones 233.5989			

Aunque existe un valor atípico que está fuera del rango normal en los tiempos tomados después de la implementación (figura 32), lo que indica que los daños ocasionados en el tejido no toman el mismo tiempo de reparación.



**Figura 32:** Diagrama de cajas de tiempos antes y después de interrupción por scanner.

## **CAPÍTULO V.**

### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

Mediante el análisis detallado del funcionamiento de la máquina circular de tejido resultó en la definición de los requerimientos de diseño necesarios para el desarrollo exitoso del sistema de monitoreo. Esta etapa inicial resultó esencial para establecer una base sólida y garantizar que el sistema cumpliera con los objetivos establecidos.

Se diseñó un sistema de adquisición de señales para la máquina circular de tejido, junto con la comparación de los protocolos de comunicación, tras considerar varios factores, se determinó que la comunicación a través de Ethernet era la opción más adecuada, permitió obtener una solución efectiva para el monitoreo y control del sistema.

La implementación del sistema de monitoreo y la realización de pruebas de campo en diferentes escenarios fueron fundamentales para corregir sus falencias, logrando la puesta en marcha efectiva de la máquina circular de tejido de punto.

La comparación de los resultados de las pruebas de campo antes y después de la implementación del sistema de monitoreo en la máquina circular de tejido de punto en textiles Tornasol, demostraron que el sistema de monitoreo fue efectivo en la detección de fallas y permitió una rápida intervención, logrando una reducción de los tiempos de respuesta en paros máquina para evitar la pérdida de producción.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Implementar capacitaciones de índole teórico -práctico a los funcionarios de la empresa (directivos-operarios) que facilite la operatividad eficiente y eficaz del sistema de monitoreo que conlleve al logro de un registro prolijo y detallado en la hoja de control de producción de tejedura.
- Realizar un estudio minucioso y un análisis profundo de las características técnicas y mecánicas del sistema de funcionamiento de máquinas circulares de tejido diferentes o de otras marcas para determinar las señales correctas que se usarán en el sistema de monitoreo, ya que no de ser así el funcionamiento del sistema no sería el óptimo.
- Para garantizar una comunicación eficiente entre el sistema físico y el servidor web, se recomienda utilizar una red Ethernet de alta velocidad y baja latencia. La elección de una red Ethernet permite una transmisión de datos rápida y confiable, lo que es esencial para lograr una comunicación en tiempo real entre ambos sistemas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Considine, «PROCESO/MANUAL DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROLES INDUSTRIALES,» 2019.
- [2] Oracle, 2021. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot/>.
- [3] RedHat, 2021. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>.
- [4] SINTELLI, «SINTELLI XINDA PRECISION MACHINE,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.xdknitmachinery.com/circular-knitting-machines-an-ultimate-guide/#:~:text=The%20sinker%20is%20the%20part,too%20much%20on%20the%20yarn..>
- [5] Kock, Gemuenden y Killen, «Project automation and technological innovation in the automotive industry: A case study,» *International Journal of Production Economics*, vol. 198, pp. 13-24, 2018.
- [6] T. TORNASOL, «[www.textilestornasol.com](http://www.textilestornasol.com),» 2020. [En línea]. Available: <https://www.textilestornasol.com/quienessomos.htm>. [Último acceso: noviembre 2022].
- [7] E. J. Hobsbawm, «The age of capital,» *Vintage*, pp. 1848-1875, 2017.
- [8] C. Russell, «The impact of technology on employment: Edmund Cartwright and the power loom.,» *The Economic History Review*, vol. 71, n° 2, pp. 474-496, 2018.
- [9] G. Chryssolouris y D. Mavrikios, «Smart automation for the Industry 4.0 era.,» *CIRP Annals*, vol. 67, pp. 683-704, 2018.

- [10] J. Liu y Y. Wang, « The impact of automation on labor productivity: A comparative study between the US and China.,» *Economic Modelling*, vol. 91, pp. 42-52, 2020.
- [11] American Society of Mechanical Engineers [ ASME ], «Handbook: Safety Code for Elevators and Escalators,» *ASME A17.1/CSA B44*, 2020.
- [12] International Organization for Standardization [ ISO ], «Manipulating industrial robots,» *ocabulary and presentation of characteristics. ISO.*, 2019.
- [13] International Organization for Standardization [ISO], «ISO 8373:2012 Manipulating industrial robots,» *Vocabulary and presentation of characteristics. ISO.*, 2019.
- [14] InfoPLC, «InfoPLC,» 2020. [En línea]. Available: [http://www.infoplac.net/files/documentacion/automatas/infoPLC\\_net\\_Teoria\\_iniciacion\\_Automata.pdf](http://www.infoplac.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_Teoria_iniciacion_Automata.pdf).
- [15] International Organization for Standardization [ISO], «ISO 8373:2012 Manipulating industrial robots,» *Vocabulary and presentation of characteristics.*, 2012.
- [16] International Electrotechnical Commission [IEC], «IEC 60050-351:2016,» *International Electrotechnical Vocabulary - Part 351: Control technology*, 2016.
- [17] Polycase, 2020. [En línea]. Available: <https://www.polycase.com/techtalk/electronics-tips/what-is-a-programmable-logic-controller.html>.
- [18] G. Mallikarjun, 2019. [En línea]. Available: <https://journals.aijr.org/index.php/ajgr/article/view/185>.

- [19] Groz-beckert, 2015. [En línea]. Available: [http://www.groz-beckert.com/sprache\\_english.asp](http://www.groz-beckert.com/sprache_english.asp) .
- [20] Protechna, «Digital Needle Sensor Type 4020,» 2020. [En línea]. Available: [http://www.protechna.de/e/nadtast\\_dd.htm](http://www.protechna.de/e/nadtast_dd.htm).
- [21] Memminger-IRO, «Fabric Scanner LMW 3,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.memminger-iro.de/> .
- [22] Memminger-IRO, «Yarn detectors OFW/UFW,» 2000. [En línea]. Available: <http://www.memminger-iro.de/>.
- [23] A. Goel y R. Mishra, «Adquisición remota de datos usando el sistema SCADA inalámbrico,» *International Journal of Engineering (IJE)* , 2016.
- [24] K. Preuß y M. Cabassud, «Procedimiento de implementación de una estrategia avanzada de supervisión y control en la industria farmacéutica,» *Práctica de ingeniería de control*, 2003.
- [25] D. Gaushell y H. Darlington, «Control de supervisión y adquisición de datos,» *Actas del IEEE*, 1987.
- [26] G. Cembrano y J. Quevedo, «Control óptimo de una red de distribución de agua en un sistema de control de supervisión,» *Práctica de ingeniería de control* , 2017.
- [27] Comisión Europea DG Sociedad de la Información y Medios, «Monitoreo y control: el mercado actual, su evolución hasta 2020 y el impacto de las TIC en estos,» *Presentación del taller*, 2017.
- [28] B. Apolloni y M. Fiaschè, «Cosas sociales - La creación de instancias de SandS,» *013 IEEE 14th International Symposium on a World of Wireless Mobile y Redes Multimedia WoWMoM 2013*, 2013.

- [29] TechTarget, 2021. [En línea]. Available: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>.
- [30] S. Sonne, 2021. [En línea]. Available: <https://hashstudioz.com/blog/top-iot-communication-protocols-2020/>.
- [31] J. Hungerford, «CÓMO DE SCADA,» 2020.
- [32] G. Buhler, L. Pestel y H. Hait, «Requirements in regard to future circular knitting assurance systems-Parctical trial with a future-oriented monitoring system,» *Melliand textilberichte*, 1994.
- [33] E. Garcia, «Automatización de Procesos Industriales.,» 2020. [En línea]. Available: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54693882/automatizacion\\_de\\_procesos\\_industriales.pdf?1507776294=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DAUTOMATIZACION\\_DE\\_PROCESOS\\_INDUSTRIALES.pdf&Expires=1601768793&Signature=QR6OK5S2iuMG9TcS5pjyyMvXzA3qs](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54693882/automatizacion_de_procesos_industriales.pdf?1507776294=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DAUTOMATIZACION_DE_PROCESOS_INDUSTRIALES.pdf&Expires=1601768793&Signature=QR6OK5S2iuMG9TcS5pjyyMvXzA3qs).

## ANEXOS

**Anexo 1:** Resultados previos y posteriores a la implementación del sistema.

Para comprender de una mejor manera las siguientes tablas, se debe considerar que:

- **RH:** rotura de hilo (cantidad de fallas)
- **FA:** falla de aguja (cantidad de fallas)
- **PC:** falla de picado (cantidad de fallas)
- **CD:** falla de caída (cantidad de fallas)
- **RV:** reventado (cantidad de fallas)
- **CT:** caída total (cantidad de fallas)
- **HC:** falla de hueco (cantidad de fallas)
- **MA:** mancha de aceite (cantidad de fallas)
- **FL:** falla de licra (cantidad de fallas)
- **T. RH:** tiempo de rotura de hilo (horas)
- **T. SCANNER:** tiempo producido por escanear la máquina (horas)
- **T. PARADA STOP:** tiempo en que la máquina dejó de funcionar (horas)

Tabla de tiempos de respuesta antes de la implementación:

#	RH	FA	PC	CD	RV	CT	HC	MA	FL	T. RH	T. SCANNER	T. PARADA STOP
1	4									0:13:58		0:14:51
2	6									0:25:41		0:06:29
3	17									0:26:14		0:12:43
4	9									0:29:27		0:06:35
5	12									0:35:14		0:09:51
6	14						1			0:32:47	0:08:29	0:21:03
7	15									0:39:01		
8	17									0:40:11		0:15:56
9	9						1			0:16:18	0:12:36	0:05:46
10	10									0:08:15		0:48:47
11	33									0:22:54		0:34:54

12	7									0:17:02		0:03:44
13	39									0:33:47		0:37:46
14	2						1			0:08:09	0:15:24	0:11:30
15	12									0:27:01		0:05:59
16	12									0:19:23		0:07:33
17	45									0:39:02		0:04:28
18	2						1			0:18:15	0:04:04	0:48:47
19	8									0:15:54		0:05:39
20	13									0:17:44		0:13:04
21	9						1			0:19:51	0:04:34	0:37:46
22	11									0:24:19		0:12:19
23	1									0:01:37		0:10:22
24	5									0:29:54		0:34:54
25	6						1			0:32:54	0:00:34	0:34:54
26	4									0:16:09		0:11:29

Tabla de tiempos de respuesta después de la implementación:

Los valores en los tiempos de parada stop señalados se deben a un fallo mecánico por tal motivo no se los tomaron en cuenta al momento del analisis.

#	RH	FA	PC	CD	RV	CT	HC	MA	FL	T. RH	T. SCANNER	T. PARADA STOP
1	0						1			0:00:00	0:10:03	0:14:09
2	7									0:12:37	0:07:47	0:27:41
3	58									1:03:34	1:13:10	3:01:27
4	2									0:02:20	0:00:00	0:08:40
5	4									0:03:17	0:01:47	2:41:31
6	45						1			0:30:11	0:04:51	1:14:40
7	2									0:03:03	0:00:13	0:22:00

8	9								0:04:50	0:00:12	0:09:16
9	9					1			0:04:32	0:04:28	0:16:04
10	11								0:02:09	0:00:04	0:27:05
11	0								0:00:00	0:00:00	0:07:33
12	5								0:02:04	0:04:06	0:49:35
13	6								0:03:55	0:00:03	0:14:38
14	4								0:07:08	0:04:13	0:15:26
15	10					1			0:08:15	0:04:04	0:48:47
16	3								0:03:54	0:00:00	0:05:39
17	3								0:01:44	0:00:13	0:13:04
18	7					1			0:19:51	0:04:34	0:37:46
19	8								0:04:19	0:00:15	0:12:19
20	3								0:01:37	0:00:02	0:10:22
21	33								0:22:54	0:00:34	0:34:54
22	2								0:00:55	0:00:07	0:07:52

Anexo 2: Hoja de control de producción de tejido

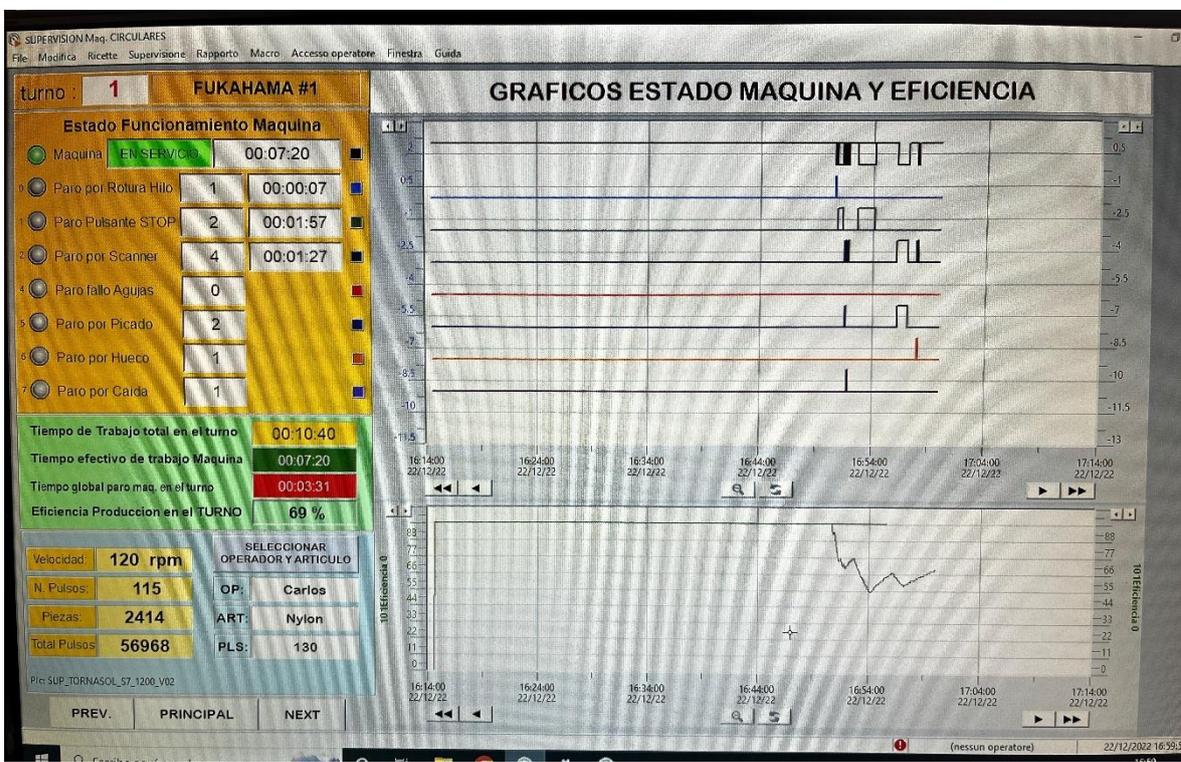
Máquina #14		Fecha 21/12/2017		Control de Producción Tejeduría												Rev 27/3/2017					
COLOR DIVISA: PZV	PZV	Gramaje Armaque:	Lote	# de Plaza	Peso Kg	FA	PC	CD	RV	CT	HC	MA	FL	HI	HF	TURNO ON	TURNO OFF	Observaciones			
1	Pzve	207	2282	2282	45.14																
2			2283	2283	45.00																
3			2284	2284	45.00																
4			2285	2285	44.90																
5			2286	2286	45.00																
6			2287	2287	45.00																
7			2288	2288	45.00																
8			2289	2289	45.05																
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
TOTAL PZ				TOTAL KG TURNO 1				PRODUCCIÓN DIARIA POR CADA TURNO A SACAR								ESTADÍSTICA CALCULADORA DE ACUERDO A LA REV Y CANTIDAD DE VUELTAS QUE SALE LA HEZANOTA SI BALAN LA PRODUCCION JUSTIFICAR CON UN					
RESPONSABLE TURNO #1 Pzve				NO1				NO2		NO3		NO4		NO5		NO6		NO7		NO8	
1	Pzve	col. Formada	2291	2292	45.18																
2			2293	2294	45.15																
3			2295	2296	45.20																
4			2297	2298	45.18																
5			2299	2300	46.00																
6			2301	2302	44.95																
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
TOTAL PZ				TOTAL KG TURNO 2				TOTAL PIEZAS DIA				TOTAL PRODUCCION DIA									

RESPONSABLE TURNO #2 Pzve

FA Falla de aguja - PC Picado - CD Caida - RV Revenido - CT Caida Total - HC Huevo - MA Marcha de Acople - FL Falla de Lira - HI Hora Inicio - HF Hora fin

**Anexo 3:** Pruebas de funcionamiento del sistema.





## Anexo 4: Programación de lógica TIA Portal

The screenshot displays the Siemens TIA Portal software interface for programming a PLC. The main workspace shows a ladder logic program with 18 segments, each containing a specific instruction. The instructions are as follows:

Segmento	Instruction
Segmento 1:	MAQUINA A ON
Segmento 2:	Entradas ROTURA HILO
Segmento 3:	Memoria MAQUINA EN RUN - ON_MAQ
Segmento 4:	Memoria PARO POR ROTURA HILO
Segmento 5:	Memoria PARO POR PULSANTE STOP
Segmento 6:	Memoria PARO POR SCANNER
Segmento 7:	SEÑAL SENSOR CUANTA VUELTAS
Segmento 8:	Entradas Digitales - CODIFICADAS 9 A 4 LINEAS
Segmento 9:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - AGUJAS
Segmento 10:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - PICADO
Segmento 11:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - HUECO
Segmento 12:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - CAIDA
Segmento 13:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - CAIDA TOTAL
Segmento 14:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - REVENTADO
Segmento 15:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - MARCHA A.
Segmento 16:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - FALLA LICRA
Segmento 17:	PULSANTE LEVADA
Segmento 18:	RESET PARTIDA

The interface also shows a project tree on the left with the following structure:

- Dispositivos
  - SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_120...
  - Agregar dispositivo
  - Dispositivos y redes
    - PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/PS]
    - Configuración de disp... Online y diagnóstico
    - Bloques de programa
      - Agregar nuevo blo...
      - In/Out [OB123]
      - Main [OB1]
      - Q\_Binario [OB126]
      - VELOCIDAD [OB12...
      - DATOS [DB22]
      - P [OB16]
      - Bloques de sistema
      - Objetos tecnológicos
      - Fuentes externas
      - Variables PLC
      - Trans. de datos PLC

The top of the window shows the 'TIA Portal' title bar and various menu options like 'Instrucciones', 'Test', 'Tareas', 'Librerías', and 'Complementos'. The bottom status bar indicates the current project is 'Proyecto SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200...'.

Siemens - C:\Users\PAUL\Documents\Automation\PROYECTOS V16\TORNASOL\CIRCULARES de TEJIDO\SUP\_V04\SUP\_V041\SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04

Totally Integrated Automation PORTAL

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Guardar proyecto Deschacar conexión online Establecer conexión online

Árbol del proyecto SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04 PLC\_1 [CPU 1214C-ACDCR1v] Bloques de programa In/Out [OB123]

Programación PLC

Dispositivos

- SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04
  - Agregar dispositivo
  - Dispositivos y redes
  - PLC\_1 [CPU 1214C-ACDCR1v]
    - Configuración de dispositivos
    - Online y diagnóstico
    - Bloques de programa
      - Agregar nuevo bloque
      - In/Out [OB123]
        - Main [OB1]
        - Q\_Binario [OB126]
        - VELOCIDAD [OB127]
        - DATOS [DB22]
        - P [DB16]
        - Bloques de sistema
          - Objetos tecnológicos
          - Fuentes externas
          - Variables PLC
          - PLC\_Torcoc.dia.datos.PLC

Vista detallada

Nombre	Dirección
Segmento 9:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - AGUJAS -
Segmento 10:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - PICADO -
Segmento 11:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - HUECO -
Segmento 12:	Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - CAIDA -

Comentario

```

%M1010.2 %M1600.4
"IN2_SCANNER" "Dig_4_CD_Caida"
          P
          *P.P[13]

%M1010.2 %M1011.3
"IN2_SCANNER" "Mem_Dig_4_CD"
          N
          *P.P[14]

%M1011.3 %M1011.3
"Mem_Dig_4_CD" "Mem_Dig_4_CD"
          S
          *P.P[13]

%M1011.3 %M1011.3
"Mem_Dig_4_CD" "Mem_Dig_4_CD"
          R
          *P.P[14]

%M1011.3 %DB22.DBX208.7
"Mem_Dig_4_CD" "DATOS"
          DatoBool[7]
  
```

Segmento 13: Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - CAIDA TOTAL -

Segmento 14: Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - REVENTADO -

Segmento 15: Memoria FALLO DETECTADO POR EL SCANNER - MARCHA A -

100%

Información Diagnóstico Plug-ins

Vista general In/Out (OB123) Proyecto SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04

Instrucciones Test Tareas Librerías Complementos

Opciones Favoritos Instrucciones básicas

- General
- Operaciones lógicas
- Temporizadores
- Contadores
- Comparación
- Funciones matemáticas
- Transferencia
- Conversión
- Control del programa
- Operaciones lógicas
- Desplazamiento y rotación

Instrucciones avanzadas Tecnología Comunicación Paquetes opcionales



Siemens - C:\Users\PAUL\Documents\Automation\PROYECTOS V16\TORNASOL\CIRCUITARES de TEJIDOSUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04

Totally Integrated Automation PORTAL

Proyecto Edición Ver Inserir Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Guardar proyecto Deshacer conexión online Establecer conexión online

Árbol del proyecto SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04 > PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > Main [OB1]

Dispositivos

- SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04
- Agregar dispositivo
- Dispositivos y redes
- PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly]
- Configuración de dispositivos
- Online y diagnóstico
- Bloques de programa
- Agregar nuevo bloque
- In/Out [OB123]
- Main [OB1]
- Q\_Binario [OB126]
- VELOCIDAD [OB12...
- VELOCIDAD [OB22]
- P [DB16]
- Bloques de sistema
- Objetos tecnológicos
- Fuentes externas
- Variables PLC
- Tiempo de datos PLC

Vista detallada

Nombre	Dirección

Interfaz de bloque

Segmento 1: In 0.0 Contador ROTURA HILO en segundos

Ruler 192.168.100.3 máscara 255.255.255.248

Interfaz de instrucciones

- Instrucciones básicas
  - General
  - Operaciones lógicas
  - Temporizadores
  - Contadores
  - Comparación
  - Funciones matemáticas
  - Transferencia
  - Conversión
  - Control del programa
  - Operaciones lógicas
  - Desplazamiento y r...
- Instrucciones avanzadas
- Tecnología
- Comunicación
- Paquetes opcionales

100%

Información Diagnóstico Plug-Ins

jes

Vista del portal Vista general

Main (OB1)

Proyecto SUP\_CIR\_TORNASOL\_S7\_1200\_V04



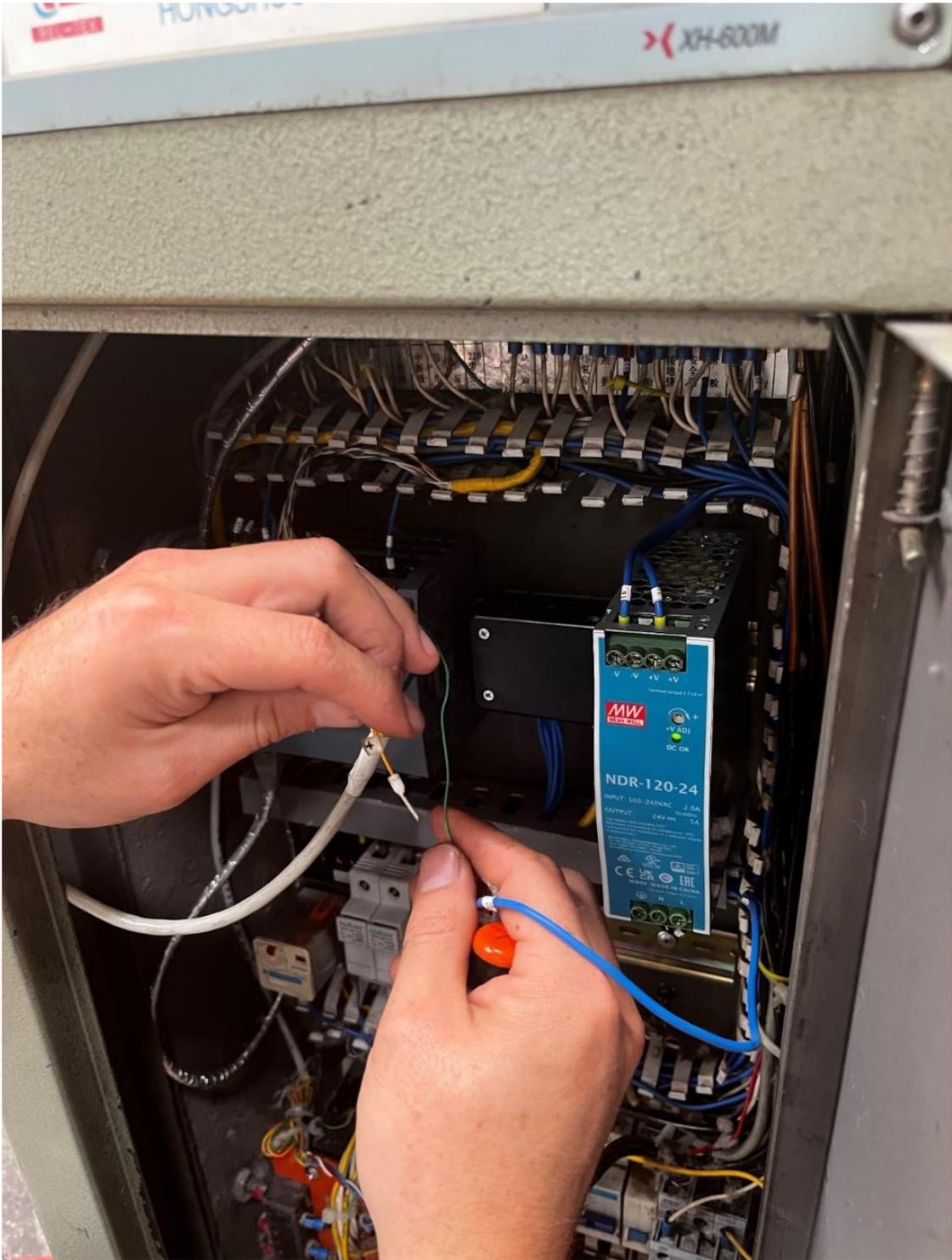


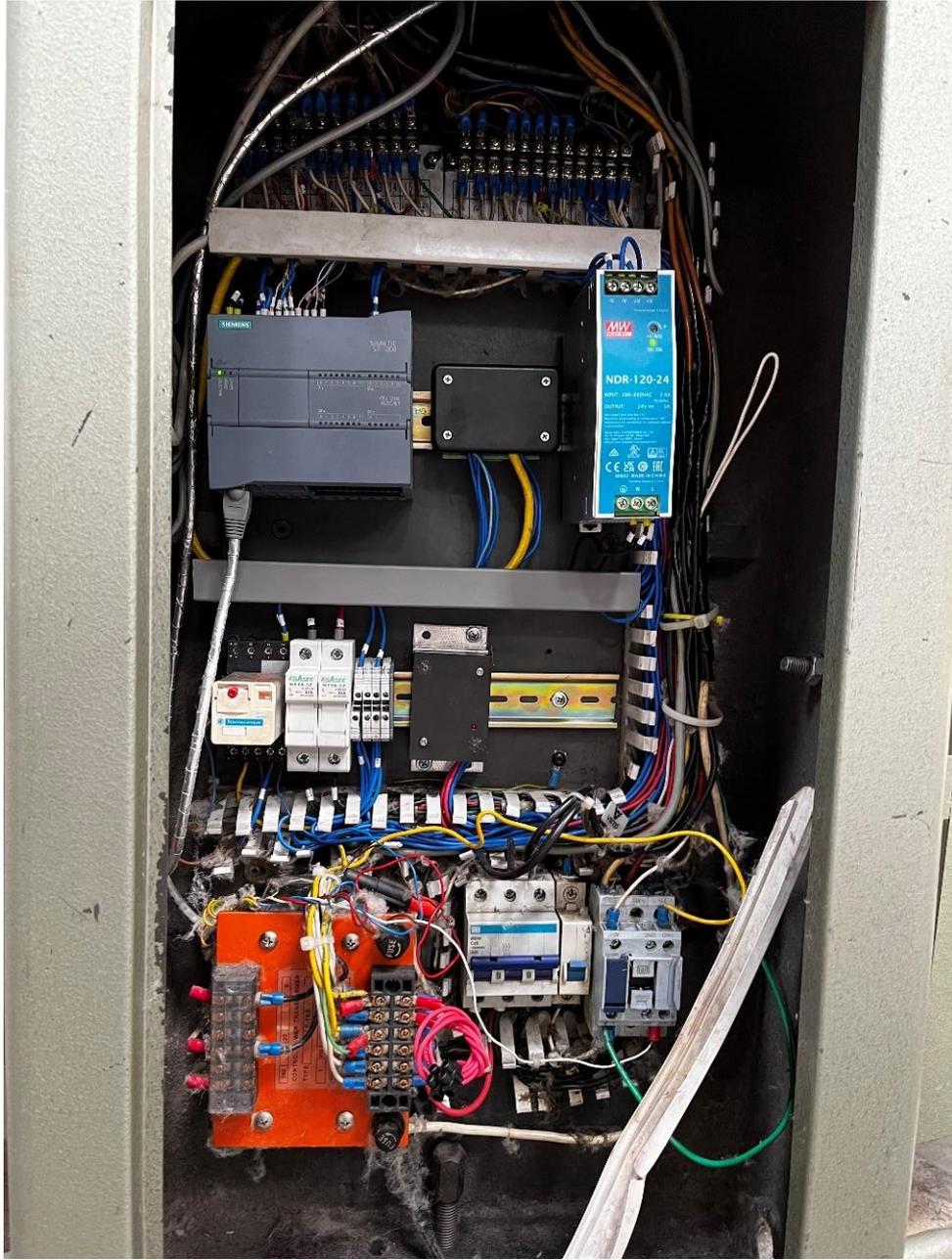




**Anexo 5:** Instalación de equipos en el tablero de control: PLC, conversor de señales de npn a pnp, fuente de 24v.







Anexo 6: Panel de control FK-0301M de la máquina de tejido de punto.



Panel de control FK-0301M, señales de control.



PROGRAMADOR REL-TEX  
HONGSHUO MACHINERY  
MODELO XH-600M

44	41
45	42
46	43

44 -	41 -
45 - Start	42 - V+
46 - COM	43 - V-

CONECTOR 1 = ENTRADAS (14 Pines)

27	34
26	33
25	32
24	31
23	30
22	29
21	28

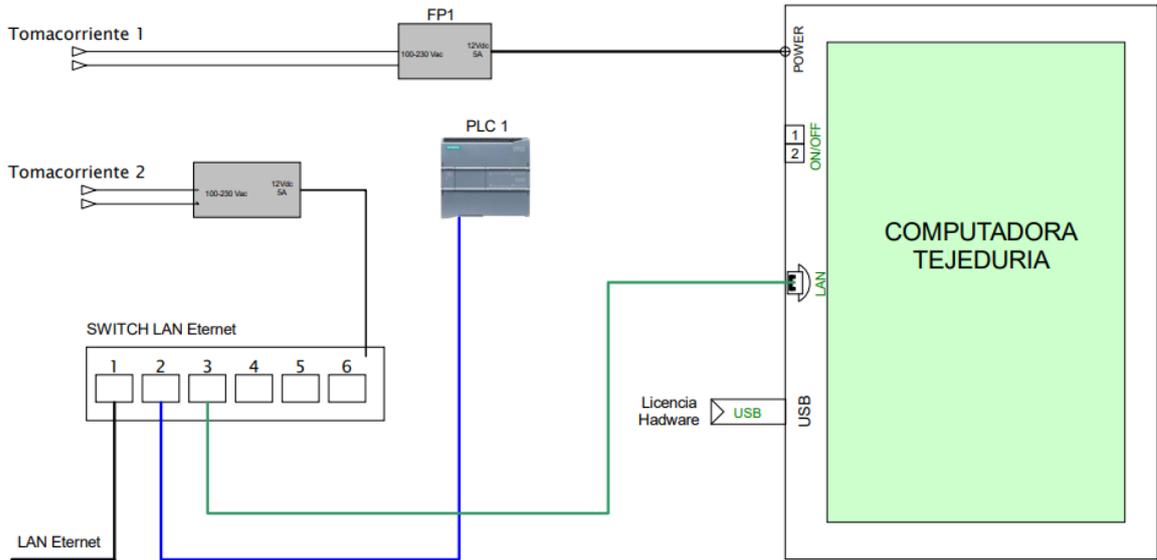
27 - Cambio Normal	34 - Detecta Telas
26 - Falta Presion Aire	33 - Marcha (Boton amarillo)
25 - Falta Aceite	32 - Parar (Pulsante rojo)
24 - Alarma Puerta	31 - Comienzo
23 - Contador Vueltas	30 - L 0V
22 - +12	29 - Rotura hilo Medio
21 - Rotura Hilo	28 - Detector Agujas

CONECTOR 2 = SALIDAS (16 Pines)

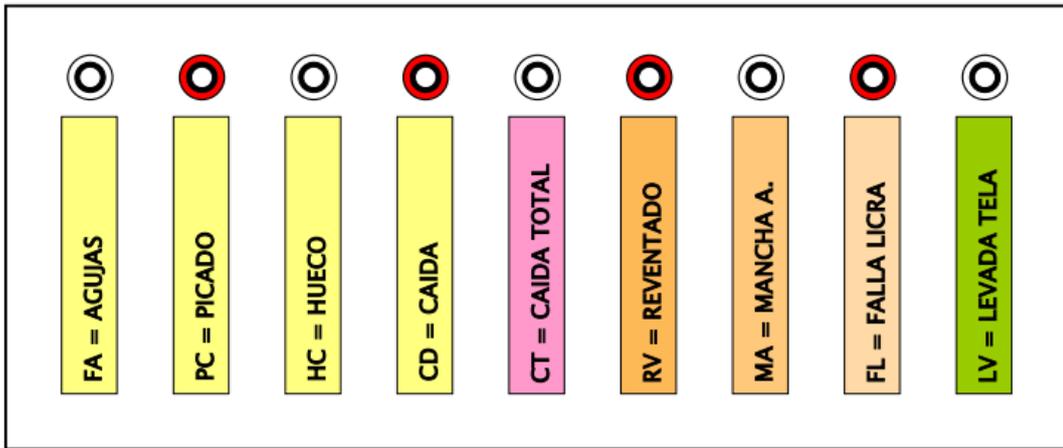
08	16
07	15
06	14
05	13
04	12
03	11
02	10
01	09

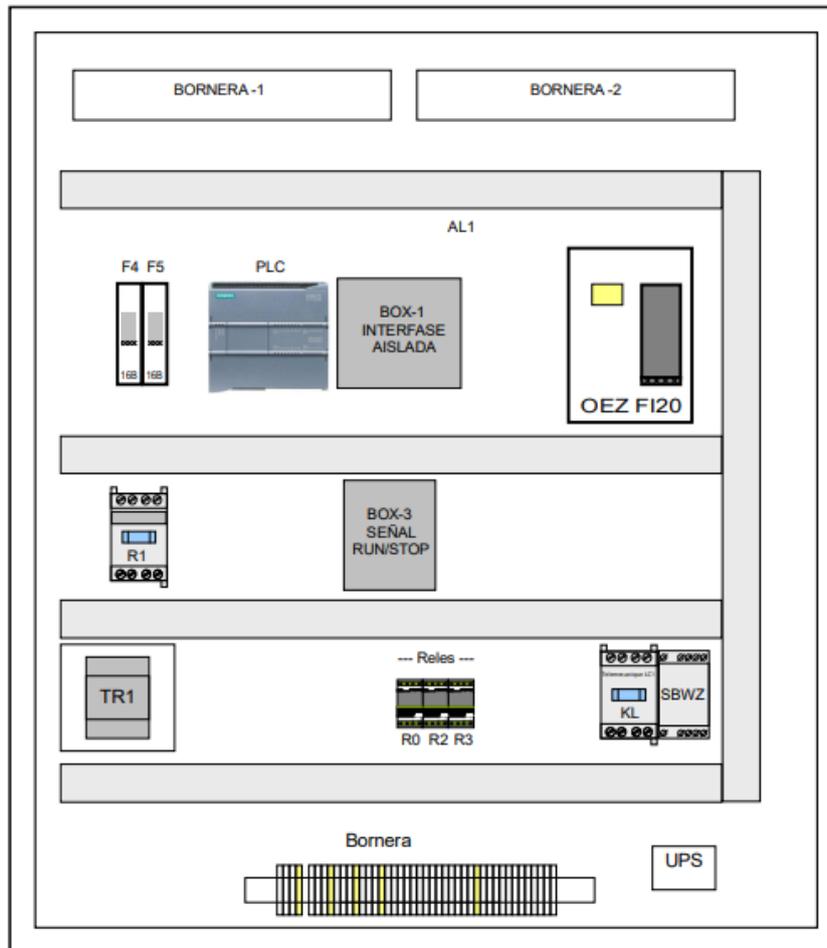
08 - Luz amarilla	16 - Luz verde (Run/Stop)
07 - Luz roja	15 - Bomba aceite
06 - L 0V	14 - Luces marquecina
05 - 12V (luces)	13 - Lampara iluminacion
04 - 24V	12 - Ventilador
03 - H 0V	11 - Apertura marco
02 - 110V	10 - Contactor potencia
01 - 220V	09 - Tres luces

**Anexo 7:** Folleto del diagrama eléctrico.



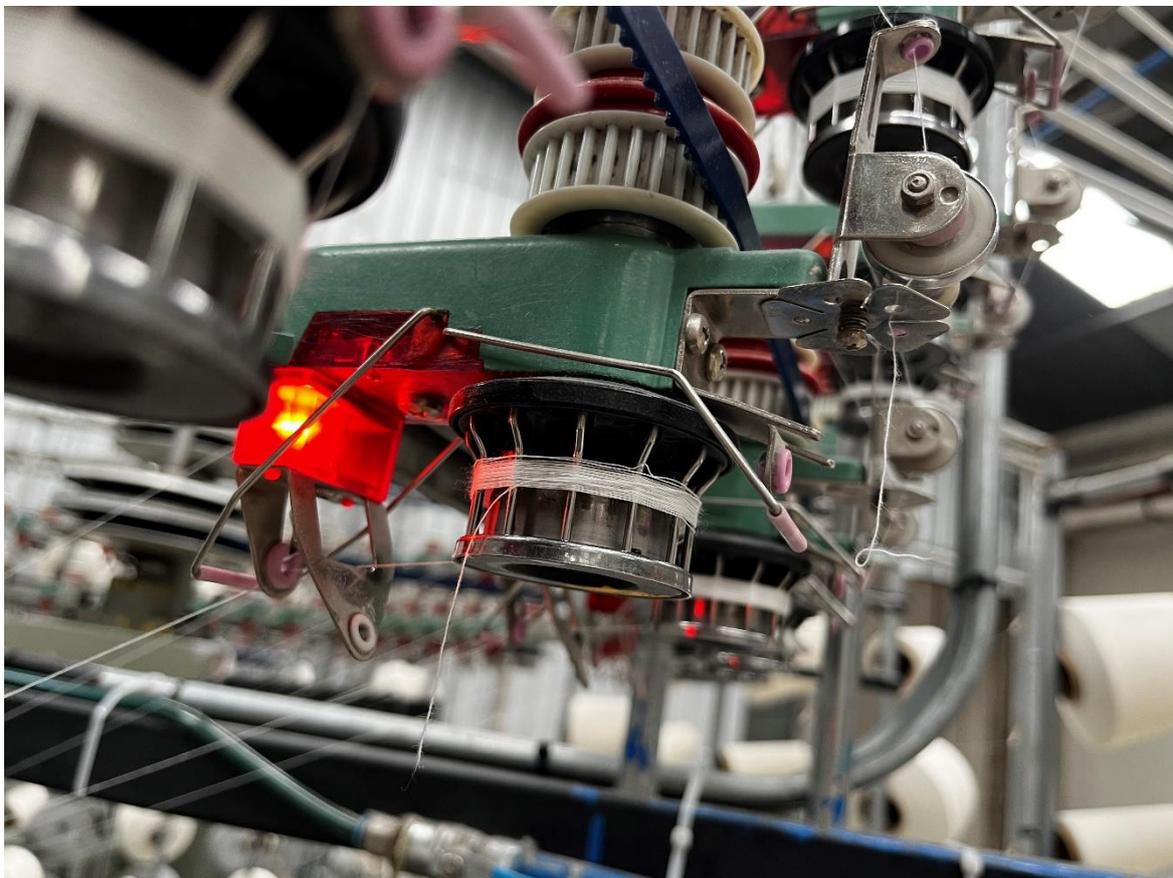
**BOX 2 - CODIFICADOR DE SEÑALES FALLAS MAQUINA**



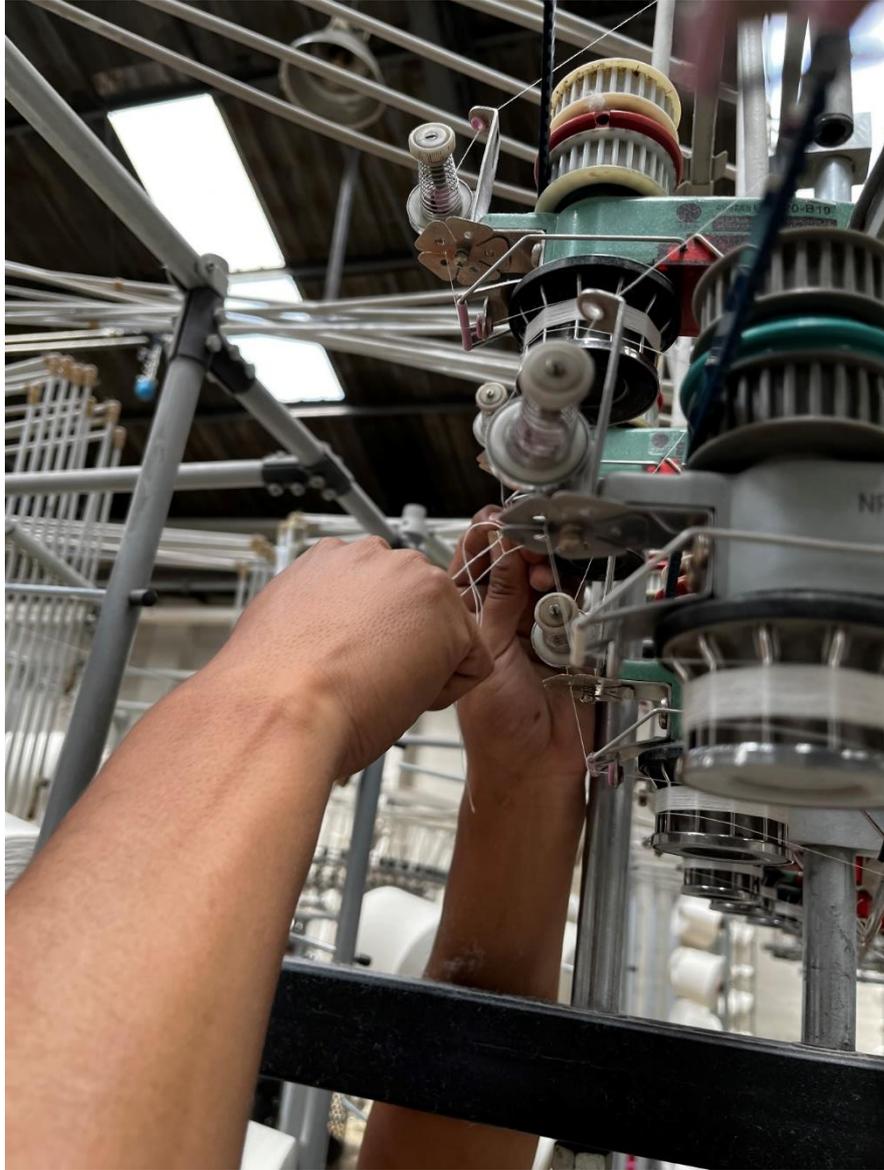


**Anexo 8:** Tipos de paros máquina.

Paro por rotura de hilo.



Paro por hilo roto.



Daño de hilo por nudo.



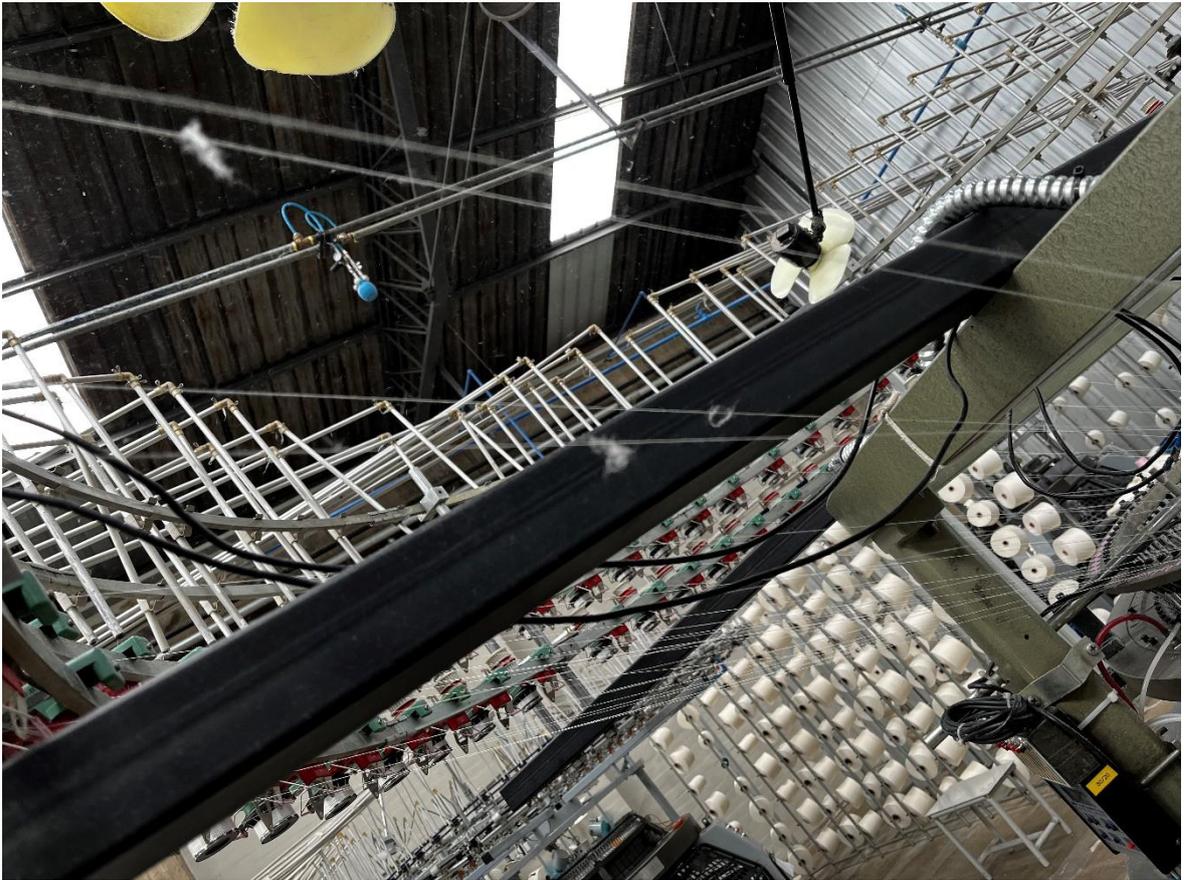
Daño de aguja.



Parada por scanner, daño por hueco en tela.

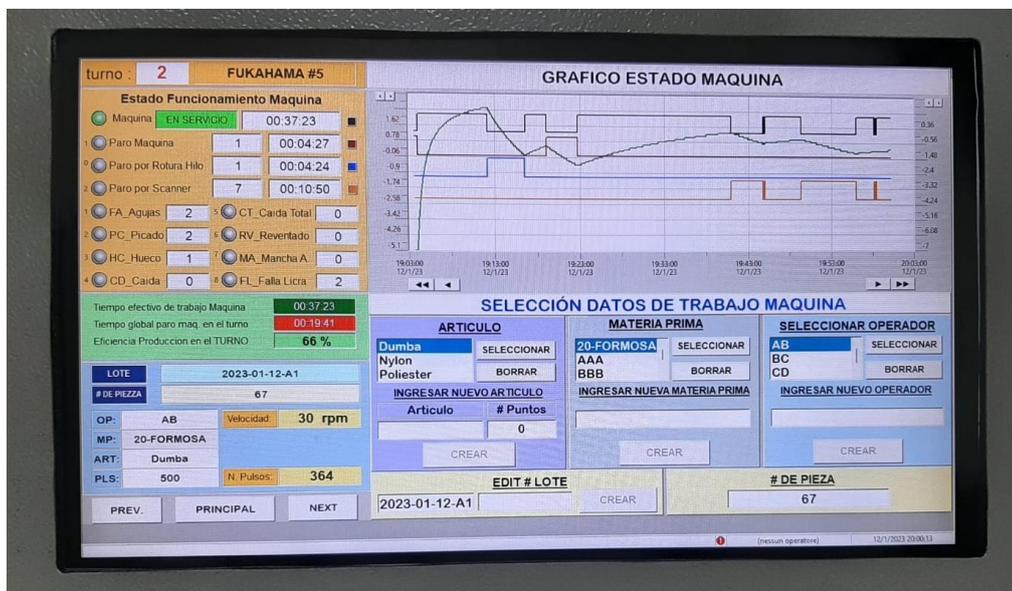
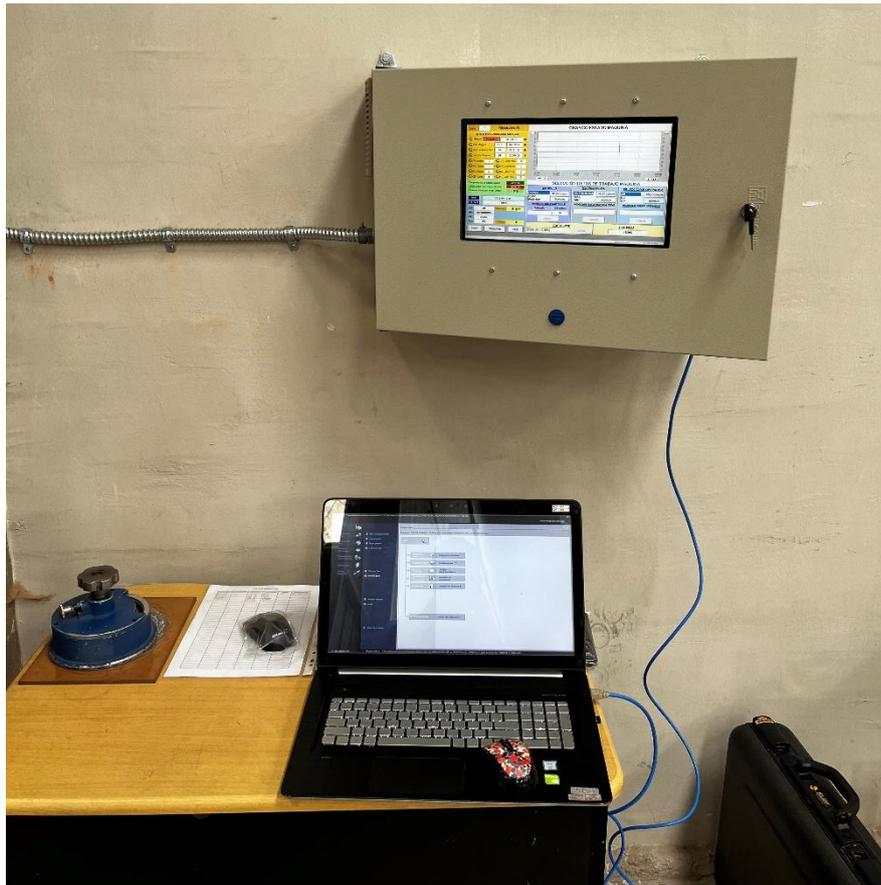


Paro por mota.



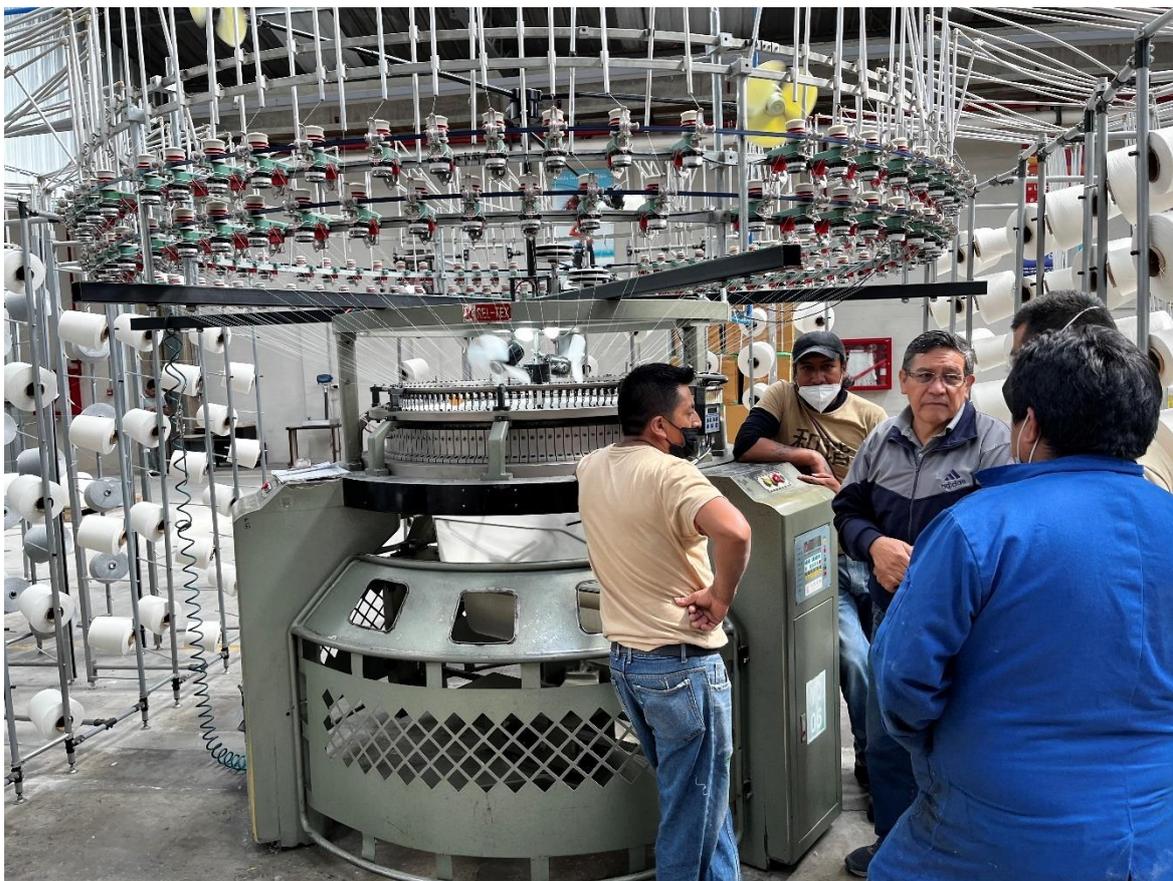
**Anexo 9:** Puesta en marcha del sistema.







**Anexo 10:** Charla del funcionamiento del sistema con el personal operador de la máquina.



Anexo 11: Aplicaciones Winlog server con soporte HTML5 Web-Client.

The screenshot displays a web-based interface for machine monitoring and data management. The browser's address bar shows the URL: 192.168.1.188/webclient/. The interface is divided into several functional areas:

- Turno:** 1 (CIRCULAR\_N1)
- Estado Funcionamiento Maquina:** Maquina EN SERVICIO (03:32:17). Below this, there are indicators for 'Paro General Maq.' (2, 00:51:07) and 'Paro por Rotura ...' (3, 00:02:49).
- Paro por Scanner:** 2 (00:00:51). Below this, there are indicators for 'FA\_Agujas' (1, 5 CT\_Calda Total, 0), 'PC\_Picado' (1, 6 RV\_Reventado, 0), 'HC\_Hueco' (0, 7 MA\_Mancha A., 0), and 'CD\_Caida' (0, 8 FL\_Falla Licra, 0).
- Operational Metrics:**
  - Tiempo efectivo de trabajo Maquina: 03:32:17
  - Tiempo global paro maq. en el turno: 00:54:47
  - Eficiencia Produccion en el TURNO: 80 %
- Production Data:**
  - LOTE: 8ccm
  - # DE PIEZA: 242
  - OP: Aneloa
  - MP: 24\_Formoza
  - ART: Dumba
  - PLS: 500
  - Velocidad: 30 rpm
  - PESO: 0.00 Kg.
  - N. Pulsos: 8
- GRAFICO ESTADO MAQUINA:** A chart showing 'Eficiencia' at 80% and 'Velocidad de guiño' at 30 rpm.
- SELECCIÓN DATOS DE TRABAJO MAQUINA:** A section for selecting work data, divided into three categories:
  - ARTICULO:** Includes 'SELECCIONAR', 'BORRAR', and 'INGRESAR NUEVO ARTICULO' buttons, with a '# Puntos' field set to 0 and a 'CREAR' button.
  - MATERIA PRIMA:** Includes 'SELECCIONAR', 'BORRAR', and 'INGRESAR NUEVA MATERIA PRIMA' buttons, with a 'CREAR' button.
  - SELECCIONAR OPERADOR:** Includes 'SELECCIONAR', 'BORRAR', and 'INGRESAR NUEVO OPERADOR' buttons, with a 'CREAR' button.
- LOTE:** A section for lot management, including a 'CREAR' button and a '# DE PIEZA' field set to 242.
- Navigation:** Buttons for 'PREV.', 'PRINCIPAL', and 'NEXT' are located at the bottom of the interface.

File Modifica Ricette Supervisione Rapporto Macro Accesso operatore Finestra Guida

**turno : 1 CIRCULAR\_N1**

**Estado Funcionamiento Maquina**

Maquina **EN SERVICIO** 03:34:48

1 Paro General Maq. 2 00:51:07

0 Paro por Rotura Hilo 3 00:02:49

2 Paro por Scanner 3 00:01:13

1 FA\_Agujas 1 5 CT\_Caida Total 0

2 PC\_Picado 1 6 RV\_Reventado 0

3 HC\_Hueco 0 7 MA\_Mancha A. 0

4 CD\_Caida 1 8 FL\_Falla Licra 0

Tempo efectivo de trabajo Maquina 03:34:48

Tempo global paro maq. en el turno 00:55:09

Eficiencia Produccion en el TURNO 80 %

LOTE 8ccm

# DE PIEZZA 242

OP: Aneioa Velocidad: 30 rpm

MP: 24\_Formoza PESO 0.00 Kg.

ART: Dumba N. Pulsos: 83

PLS: 500

### GRAFICO ESTADO MAQUINA

11:06:00 29/05/23 11:16:00 29/05/23 11:26:00 29/05/23 11:36:00 29/05/23 11:46:00 29/05/23 11:56:00 29/05/23 12:06:00 29/05/23

Asse tempi...

### SELECCIÓN DATOS DE TRABAJO MAQUINA

**ARTICULO**

Dumba HB-600 Nylon

SELECCIONAR BORRAR

INGRESAR NUEVO ARTICULO

Articulo # Puntos

CREAR 0

**MATERIA PRIMA**

20-FORMOSA 24 Formoza AAA

SELECCIONAR BORRAR

INGRESAR NUEVA MATERIA PRIMA

CREAR

**SELECCIONAR OPERADOR**

Aneioa Diego Arcos Ivan Celi

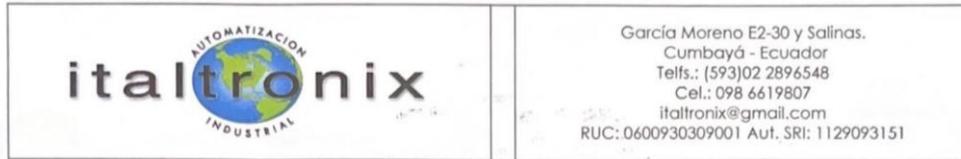
SELECCIONAR BORRAR

INGRESAR NUEVO OPERADOR

LOTE 242 # DE PIEZZA

CREAR

**Anexo 12:** Carta de compromiso ITALTRONIX.



Quito, 9 de junio 2022

Para: A quien corresponda

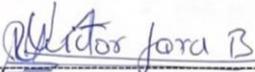
Asunto: CARTA DE COMPROMISO

Por medio de la presente, yo **Víctor Manuel Jara Brito** Gerente propietario de la empresa "ITALTRONIX" me comprometo en la cooperación del proyecto de investigación titulado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA-IIoT DE MONITOREO DE PAROS, EN MAQUINAS CIRCULARES DE TEJIDOS, PARA ANALISIS Y REDUCCION DE TIEMPOS EN TEXTILES TORNASOL".

Me permito indicar que dicha cooperación por parte de la empresa Italtronix estará a cargo de **Paul Eduardo Maldonado Jara** egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo, a quién de ser adjudicado el proyecto se le prestarán las facilidades necesarias para su dedicación al mismo.

ITALTRONIX realizará el financiamiento correspondiente de los materiales y equipos necesarios para el diseño y realización del proyecto de investigación.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
**Víctor Manuel Jara Brito**  
Gerente  
ITALTRONIX.

**Anexo 13: Carta de compromiso TORNASOL.**



Luis Calderon S3-29 y Av. Cordova Galarza  
Telfs.: (593) 2 230 6463 / 230 66561  
Cel.: 0998 567 641

E-mail: info@textilestornasol.com  
Quito - Ecuador

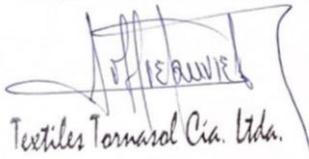
**Quito 15 de junio del 2022**

A petición del interesado. -

**CARTA DE COMPROMISO**

Mediante la siguiente carta de compromiso, manifiesto el interés para la colaboración entre la empresa **ITALTRONIX** y **Textiles TORNASOL**; esta colaboración tiene como objetivo la implementación del sistema de monitoreo de paros máquina, que se desarrollará en el proyecto de tesis de grado de ingeniería electrónica y telecomunicaciones, elaborado por el señor Paul Eduardo Maldonado Jara. Los equipos se instalarán en una máquina circular de tejido de punto de nuestra empresa.

Autorizo al Sr. **Paul Eduardo Maldonado Jara**, con cedula de identidad número **060404029-5**, al uso de las instalaciones de la empresa Textiles TORNASOL que prestará las facilidades necesarias para la instalación y recopilación de las informaciones, antes y después de ser instalado el sistema.



Textiles Tornasol Cía. Ltda.

**Ing. Joffre Izurieta Sánchez**  
**Gerente General**  
**Industrial Textiles Tornasol**