



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE POSTGRADO



Facultad de
Posgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

**“SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UNA MÁQUINA INDUSTRIAL
UTILIZADA EN EL PROCESO DE TINTURADO DE PRENDAS
EMPLEANDO MANUFACTURA FLEXIBLE”**

Tesis de Maestría presentada en cumplimiento parcial de los requisitos de la Maestría en
Mecatrónica: Mención Procesos Industriales

AUTOR: Ing. Henry Daniel Cervantes Tafur

DIRECTOR: PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

IBARRA - ECUADOR

2022



Facultad de
Posgrado

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Como directora del trabajo de investigación con el tema: “SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UNA MÁQUINA INDUSTRIAL UTILIZADA EN EL PROCESO DE TINTURADO DE PRENDAS EMPLEANDO MANUFACTURA FLEXIBLE”, trabajo que fue realizado por Cervantes Tafur Henry Daniel, previo a la obtención del título de Magister en mecatrónica mención procesos industriales, doy fe de que la obra mencionada reúne los requisitos y méritos suficientes para ser públicamente sustentada en juicio para ser oportunamente aprobada.

Ibarra, 20 de marzo de 2022

PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio
Directora de tesis



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002581583		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cervantes Tafur Henry Daniel		
DIRECCIÓN:	Río Santiago 3-39 Río Curaray		
EMAIL:	hdcervantes@utn.edu.ec henrycervantestafur@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	NO	TELÉFONO MÓVIL:	0984970328

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UNA MÁQUINA INDUSTRIAL UTILIZADA EN EL PROCESO DE TINTURADO DE PRENDAS EMPLEANDO MANUFACTURA FLEXIBLE”
AUTOR:	Cervantes Tafur Henry Daniel
FECHA:	20/3/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Mecatrónica Mención Procesos Industriales
ASESOR / DIRECTOR:	PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 de marzo de 2022

EL AUTOR:

.....
Ing. Henry Daniel Cervantes Tafur



REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: POSGRADO – UTN

Fecha: Ibarra, 20 de marzo de 2022

Henry Daniel Cervantes Tafur: “SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UNA MÁQUINA INDUSTRIAL UTILIZADA EN EL PROCESO DE TINTURADO DE PRENDAS EMPLEANDO MANUFACTURA FLEXIBLE” / **GRADO MAGISTER EN MECATRÓNICA MENCIÓN PROCESOS INDUSTRIALES**, Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

DIRECTOR: PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

El objetivo general de esta tesis fue: Implementar un sistema automatizado flexible en una máquina industrial utilizada para el proceso de tinturado de fibras textiles en la empresa YANTEX.

Entre los objetivos específicos estaban: Evaluar el proceso actual y los parámetros idóneos para ejecutar los ciclos de tinturado en la empresa YANTEX.

Diseñar la solución tecnológica, a partir de los parámetros recomendados, que resuelva la necesidad de la empresa y flexibilice la ampliación del portafolio de productos.

Ejecutar pruebas de funcionamiento del sistema diseñado.

Implementar el sistema automatizado a la máquina tinturadora

PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio
Directora

Ing. Henry Daniel Cervantes Tafur
Autor

DEDICATORIA

A mi Monita, por quitarte tanto tiempo y soportarme durante mis interminables fines de semana de estudios; este es un logro mutuo.

Henry

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Yantex por la apertura y confianza para el desarrollo de esta solución tecnológica.

Al Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio por las facilidades brindadas para llevar a cabo mis estudios, y aportar de esta manera con mi superación personal.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, como mi alma máter durante mi paso por la educación superior.

A mi tutora, la PhD. Brizeida Gámez, por su aporte en el correcto desarrollo de esta tesis.

Henry

ÍNDICE DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	I
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	II
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	III
CONSTANCIAS	IIIV
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. Capítulo I: El Problema.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Alcance.....	5
2. Capítulo 2: Marco Referencial	6
2.1. Marco Teórico.....	6
2.1.1. Proceso de tinturado.....	6
2.1.2. Automatización del tinturado en la industria textil.....	9
2.1.3. Manufactura flexible (FMS)	11
2.2. Marco legal.....	12
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador 2008	12
2.2.2. Convenios Internacionales	14
2.2.3. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Decreto Ejecutivo 2393.....	15
2.2.4. Reglamento de riesgos de trabajo en instalaciones eléctricas. Acuerdo ministerial 13	18
3. Capítulo III: Marco Metodológico	19
3.1. Descripción del área de estudio.....	19
3.2. Enfoque y tipo de investigación.....	20
3.3. Procedimientos.....	21

3.3.1. Diseño de la investigación	21
3.4. Consideraciones ambientales	22
4. Capítulo IV: Resultados y Discusión	23
4.1 Especificaciones del sistema a diseñar (características esperadas y restricciones)	23
4.2 Resultados y Análisis	23
4.1.1. Solución propuesta.....	24
4.1.2. Solución de ingreso de agua	28
4.1.3. Automatización del giro del tambor	29
4.1.4. Ingreso de químicos y tintes	31
4.1.5. Control de las curvas de calentamiento	32
4.1.6. Sistema Integrado, configuración y programación	34
4.1.7. Puesta en marcha y producto obtenido.	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS.....	42
Anexo 1.....	44
Anexo 2.....	46
Anexo 3.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes de la máquina de tinturado de prenda de la empresa	
YANTEX.....	25
Tabla 2: Matriz de selección de variador de frecuencia.....	30
Tabla 3: Matriz de selección del controlador de temperatura	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Stone washing / dyeing treatments machines for 35 kg	6
Figura 2.2: Máquina de tinturado de prenda de yantex.....	7
Figura 2.3: Diagrama de proceso para tinturado (receta).....	8
Figura 2.4: Muestra de una curva de temperaturas para el proceso de tinturado de prenda	9
Figura.3.1: Localización de la empresa YANTEX	19
Figura 3.2: Zona de influencia de YANTEX	20
Figura 4.1: Estructura de la máquina de tinturado de prenda vista isométrica frontal	24
Figura 4.2: Estructura de la máquina de tinturado de prenda vista isométrica posterior.....	24
Figura 4.3: Estructura de la máquina de tinturado de prenda vista isométrica inferior	25
Figura 4.4: Diagrama P&ID de la máquina tinturadora.....	27
Figura 4.5: Controlador de flujo de agua	28
Figura 4.6: Mecanismo de transmisión de movimiento	29
Figura 4.7: Variador de frecuencia Weg CFW300	31
Figura 4.8: Motor-bomba auxiliar de ingreso de químicos.....	32
Figura 4.9: Controlador de Temperatura DTB4848.....	34
Figura 4.10: Sistema implementado.....	35
Figura 4.11: Bloque de comunicaciones	35
Figura 4.12: Variador de frecuencia implementado.....	36
Figura 4.13: Interfaz hombre máquina implementada	37

Figura 4.14: Diagrama de flujo del proceso automatizado de tinturado de prendas	38
Figura 4.15: Producto final tinturado	40

RESUMEN

El proceso de teñido de textiles en la empresa Yantex, en sus inicios, se realizaba en una máquina operada manualmente. Esto trajo como consecuencia problemas en la calidad del producto, prendas con colores no homogéneos, baja calidad de la tela, coloración deficiente y pérdidas económicas, debido a que el proceso dependía del criterio del operador. Para solventar esta situación se propuso implementar un sistema automatizado flexible en una máquina industrial utilizada para el proceso de tinturado de fibras textiles en la empresa YANTEX. Este sistema se desarrolló a partir del conocimiento del proceso de tinturado y las posibles variantes para dar flexibilidad a la máquina. Se diseñó el sistema y se seleccionaron los dispositivos robustos que se adaptan a las necesidades del proceso, conformando un arreglo de Controlador Lógico Programable (PLC), Interfaz Hombre-Máquina (HMI), variador de frecuencia, controlador de temperatura y sensor de temperatura. Estos dispositivos intercambian información a través de una red modbus RTU con capa física RS485. Como resultados se obtuvo la implementación de un sistema que garantiza la repetitividad de la curva de temperaturas, entre lotes de producción, lo que concluye en producción con calidad superior, color homogéneo, posibilidad de incremento de la capacidad de procesamiento, disminución de pérdidas por desperdicios, y consecuentemente incrementa la vida útil de la máquina. Adicionalmente, se consiguió dar flexibilidad en la producción gracias a la programación amigable de la interfaz hombre máquina, a través de la cual el operador puede programar ciclos de tinturado para diferentes colores y tejidos, incrementando de esta forma, el portafolio de la empresa.

Palabras clave: Máquina automatizada, Tinturado automatizado de prendas, Celda manufactura flexible.

ABSTRACT

The textile dyeing process in the Yantex company, in its beginnings, was carried out in a manually operated machine. This resulted in quality problems of the product, garments with non-homogeneous colors, poor fabric quality, poor coloring and economic losses, since the process control depended on the operator's criteria. To solve this situation, it was proposed to implement a flexible automated system in an industrial machine used for the dyeing process of textile fibers in the YANTEX company. This system was developed from the knowledge of the dyeing process and the possible variants to give flexibility to the machine. The system was designed and the robust devices that adapt to the needs of the process were selected, forming an arrangement of Programmable Logic Controller (PLC), Human-Machine Interface (HMI), frequency inverter driver, temperature controller and temperature sensor. These devices exchange information through a Modbus RTU network with RS485 physical layer. As a result, the implementation of a system that guarantees the repeatability of the temperature curve between production batches was obtained, which concludes in production with superior quality, homogeneous color, possibility of increasing processing capacity, reduction of waste losses, and consequently increases the useful life of the machine. Additionally, flexibility in production was achieved thanks to the friendly programming of the man-machine interface, through which the operator can program dyeing cycles for different colors and fabrics, therefore increasing the company's portfolio.

Keywords: Automated Machine, Automated Garment Dyeing, Flexible Manufacturing Cell.

1. Capítulo I: El Problema

1.1. Planteamiento del Problema

La empresa YANTEX, ubicada en Ibarra, se dedica a comercializar tejidos tinturados bajo pedido. El proceso de teñido se realiza utilizando una máquina industrial del tipo tinturado de prenda (14 Kg), manejada manualmente por un operador desde el año 2016.

El proceso de tinturado, llevado a cabo en la empresa, consiste en la inmersión de los tejidos en una solución de agua y tintes, los mismos son sometidos a una rampa de temperatura con tiempos cronometrados en ascenso y descenso. Los tejidos se colocan dentro de un contenedor que se mantiene en constante movimiento. Todas estas operaciones se realizan de forma controlada. En este proceso es necesario inspeccionar variables como: temperatura, tiempo, y velocidad de giro, tarea que actualmente es realizada por un operador.

La producción de la empresa depende directamente del técnico, y la calidad del producto está sujeta a su criterio; teniendo en cuenta el error humano. Esto trae como consecuencia que los productos no sean homogéneos entre paradas de la máquina, en cuanto a calidad de la tela y del color (tinturado). También implica pérdidas económicas debido a los costos tan variantes en la producción; es decir que, en los casos en los cuales el proceso tarda más de lo necesario existen pérdidas de energía eléctrica, pérdidas por desgaste de la maquinaria y pérdidas del tiempo. Se estima que en promedio un 20% del costo actual, representa un exceso, sin considerar que, al hacer el trabajo en el tiempo justo, se podría procesar nuevas cargas y obtener mayor producción.

Otro inconveniente asociado a la operación manual de los procesos en la empresa tiene que ver con la variabilidad del producto final en la calidad entre lotes producidos, no permite trabajar con grandes volúmenes de producción, por lo que la empresa no puede adquirir pedidos mayores a pesar de que su capacidad lo permite, lo que impide su crecimiento.

En la industria textil existen máquinas tinturadoras automatizadas que se encargan de controlar todos los parámetros involucrados en el proceso, pero su costo está por el orden de los \$50 000.00 a \$70 000.00 dólares americanos, lo cual representa una inversión que, en la actualidad, la empresa no puede cubrir.

Para resolver la problemática planteada y consolidar el crecimiento de la

empresa YANTEX, se propone implementar un sistema que asegure la repetibilidad de los parámetros del proceso con alta precisión, para garantizar homogeneidad de la calidad del producto entre cada lote producido en diferentes iteraciones, y que, además permita incrementar las posibilidades de producción, agrandando la cartera de productos ofertados al cliente final.

1.2. Antecedentes

En la industria textil, especialmente en la tintorería, son evidentes los desperdicios causados, según (Báez et al, 2013) existen veintiocho factores considerados en el comportamiento humano de influencia en el trabajo de las personas, el error humano es el mayor causante de muchos accidentes y pérdidas y por lo tanto es deseable evitarlo. El peor daño es la contaminación ambiental y el desperdicio de energía, el mal uso de agua residual, calor y desperdicio de electricidad.

Saltos (2018) desarrolló una máquina tinturadora para el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte, la cual tiene todos sus procesos manuales. En este trabajo se indica la importancia del cumplimiento estricto de “las recetas”, refiriéndose de esta manera al proceso del tinturado, y recomienda realizar la automatización para garantizar la calidad del producto. También muestra el proceso adecuado según la teoría de la ciencia textil, en el que se manipulan cinco variables: cantidad de producto, relación de baño, velocidad de rotación de las prendas, la temperatura y el tiempo; sin embargo, en el caso que abordará, la cantidad de producto y la relación de baño son constantes por lo que se descartan del objetivo de control.

El control de procesos automático permite a la empresa garantizar continuidad en su proceso de producción manteniendo altos estándares de calidad en el tiempo, (Lindholm y Johansen, 2018) indica en su investigación que la implementación de sistemas de producción digitalizados, confiere a las empresas mayor control del producto en su producción, y permite posicionarse competitivamente de cara a la globalización. Xie (2012) presenta en su investigación los efectos positivos del control distribuido implementado en una máquina tinturadora, y concluye indicando que tuvo excelentes resultados; con esta información se confirma el planteamiento propuesto, los sistemas de control mejoran el proceso

Para abordar el diseño del sistema se tienen varios instrumentos de recolección de información que pueden ser usados, necesariamente los ingenieros encargados de la automatización deben comprender los requisitos del cliente, a pesar de que esto representa

un desafío debido a la informalidad en las PYMES, Zheng *et al* (2019) presenta un enfoque de diseño flexible orientado a este tipo de empresas, con el que pretende disminuir el tiempo de diseño y eliminar el proceso reiterado de modificación del sistema y su consecuente valor económico; para complementar esta fase, Magnanini *et al* (2021) demuestra una metodología analítica para afirmar la optimización de la configuración y reconfiguración de los sistemas de fabricación cuando están ya en producción, lo que aporta en la robustez del sistema flexible.

Durante el progreso de esta tesis, se tuvo presente el concepto de manufactura flexible, con el cual se busca responder estratégicamente al mercado tan variante en el que se desenvuelve la empresa como lo indica (Terkaj *et al*, 2008), aseguró también en su publicación, que es necesario racionalizar la implementación de la flexibilidad en los sistemas de fabricación, y dimensionarla considerando la problemática interna y externa de la empresa.

La integración de los conocimientos resultado de la experiencia del operador, con los requerimientos empresariales y la planificación del sistema flexible se plasman en una solución que en la ingeniería se conoce como sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), Schreck *et al* (2006) aclara que el sistema de supervisión y control es único para cada instalación a controlar debido a las características ya mencionadas, y finaliza indicando la importancia de la simulación de los sistemas SCADA contrastados con los requerimientos, para asegurar los resultados planificados.

Otro punto sensible, al que se le debe prestar especial atención, al momento de diseñar la solución es a la interconexión industrial entre equipos, es decir a las comunicaciones industriales. Según el análisis expuesto por Papacharalampopoulos *et al* (2016), refleja varias afecciones al desempeño del control de la planta, resultado de errores en la comunicación, y menciona por ejemplo la pérdida de paquetes, el retraso en las señales y la distorsión por ruido. Estos estudios demandan la verificación del ambiente industrial y las posibles afecciones sobre el sistema de control diseñado.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Implementar un sistema automatizado flexible en una máquina industrial utilizada para el proceso de tinturado de fibras textiles en la empresa YANTEX.

1.3.2. Objetivos Específicos

Evaluar el proceso actual y los parámetros idóneos para ejecutar los ciclos de tinturado en la empresa YANTEX.

Diseñar la solución tecnológica, a partir de los parámetros recomendados, que resuelva la necesidad de la empresa y flexibilice la ampliación del portafolio de productos.

Ejecutar pruebas de funcionamiento del sistema diseñado.

Implementar el sistema automatizado a la máquina tinturadora

1.4. Justificación

El desarrollo de la presente investigación permite contar con una máquina controlada por un sistema automatizado, el cual suple el problema de la repetibilidad en cada iteración ya que, el control de las variables involucradas en el proceso, responderán a un punto de control establecido y no al criterio humano. Asimismo, las variables están regidas por un código de programa que se encarga de que en cada iteración se repitan las condiciones de teñido, logrando productos con la misma calidad de color y propiedades físicas de la tela, garantizando homogeneidad entre varias paradas de la máquina.

En el ámbito económico, cada vez que el operador deja en funcionamiento la máquina durante un tiempo mayor al necesario, surgen pérdidas económicas para la empresa, derivadas del consumo de energía térmica y eléctrica, desgaste de la máquina y de tiempo. Actualmente, la empresa recibe un encargo de trabajo que se demora 5 horas en entregar, por lo que procesa solo un pedido por jornada de 8 horas; la implementación propuesta aumentará la eficiencia de la máquina, alargará la vida útil y asegurará la calidad del producto final, esto significa para YANTEX minimización de pérdidas e incremento en la producción y consecuentemente mayores utilidades.

Por otra parte, en la industria textil existen varios proveedores de maquinaria automatizada a nivel internacional; sin embargo, en Ecuador son muy pocos productores de este tipo de maquinaria textil, y de estos, según los datos encontrados, ninguno involucra la automatización en la maquinaria. En este sentido, la investigación representará un aporte a la industria ecuatoriana y específicamente en el área de la automatización podría servir como referencia para futuros estudios e implementaciones.

Finalmente, en relación con el crecimiento industrial del país, el desarrollo de este proyecto permite contribuir con el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025

proporcionando a la empresa YANTEX la oportunidad de generar un mayor volumen de producción, y la posibilidad de producir nuevas variantes del producto, lo que implica el desarrollo de la empresa. De esta manera se benefician directa e indirectamente los productores y consumidores del producto.

1.5. Alcance

El desarrollo de este trabajo involucra el diseño de un sistema automatizado que controle el proceso de tinturado de la máquina industrial sin marca de la empresa YANTEX. Este sistema se desarrolla a partir del análisis de los tres parámetros acordados con el propietario, temperatura, velocidad de giro del tambor y tiempo de ciclos; responderá a sus requerimientos y será instalado en la máquina que posee la empresa, minimizará las pérdidas y permitirá fácilmente configurar a través de una interfaz hombre – máquina, distintos ciclos según el proceso deseado. De este modo se cumple con la premisa de tener un sistema basado en el concepto de manufactura flexible.

2. Capítulo 2: Marco Referencial

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Proceso de tinturado

2.1.1.1. Máquinas para tinturar en prenda. Este tipo de máquinas existen con varias configuraciones, puede ser horizontales como la máquina de la figura 2.1 o verticales, varían principalmente por la capacidad de procesamiento.

Uno de los parámetros que caracteriza a estas máquinas es que trabajan a presión, es decir que cuando ya inician el calentamiento de agua, se genera una presión de vapor en la cámara interna, de acuerdo con Velarde (2013, pág. 35,56), indica en su trabajo que a pesar de que estos equipos tienen un costo elevado, tienen mejor poder de difusión y fijación, y considera que, para minimizar los problemas y las fallas en el tinturado, se debe entre otras cosas controlar las variables del proceso.

Figura 2.1

Máquina de tratamientos de lavado / tintura para 35 Kg



Nota. Adaptado de *Cosmotex Textile Machinery Manufacturers*, 2021, COLL-LORAS SA (<http://www.cosmotex.net/stone-washing-machine-sp70>).

La máquina para tinturar que posee Yantex, mostrada en la figura 2.2; está conformada por un doble tambor horizontal, el tambor externo está construido con camisa, que cumple la función de intercambiador de calor y suministra energía a la mezcla de agua-tinte. El calor es generado por un caldero en forma de vapor y circula por la camisa hasta alcanzar la temperatura deseada para el proceso. El tambor interno gira

accionado por un motor eléctrico a través de un reductor de velocidad, que permite mover las prendas y la mezcla.

El proceso de tinturado de prendas aplicado en esta empresa, se lo conoce como “proceso por agotamiento”, de acuerdo con Luckuán, (2012, pág. 40), es necesario seguir rigurosamente la receta de instrucciones para garantizar el color deseado en la prenda tratada.

Figura 2.2

Máquina de tinturado de prenda de YANTEX.



La máquina encargada de completar el proceso, debe cumplir religiosamente la receta, indicada por el técnico, representada en el diagrama de la figura 2.3 y graficada en la figura 2.4.

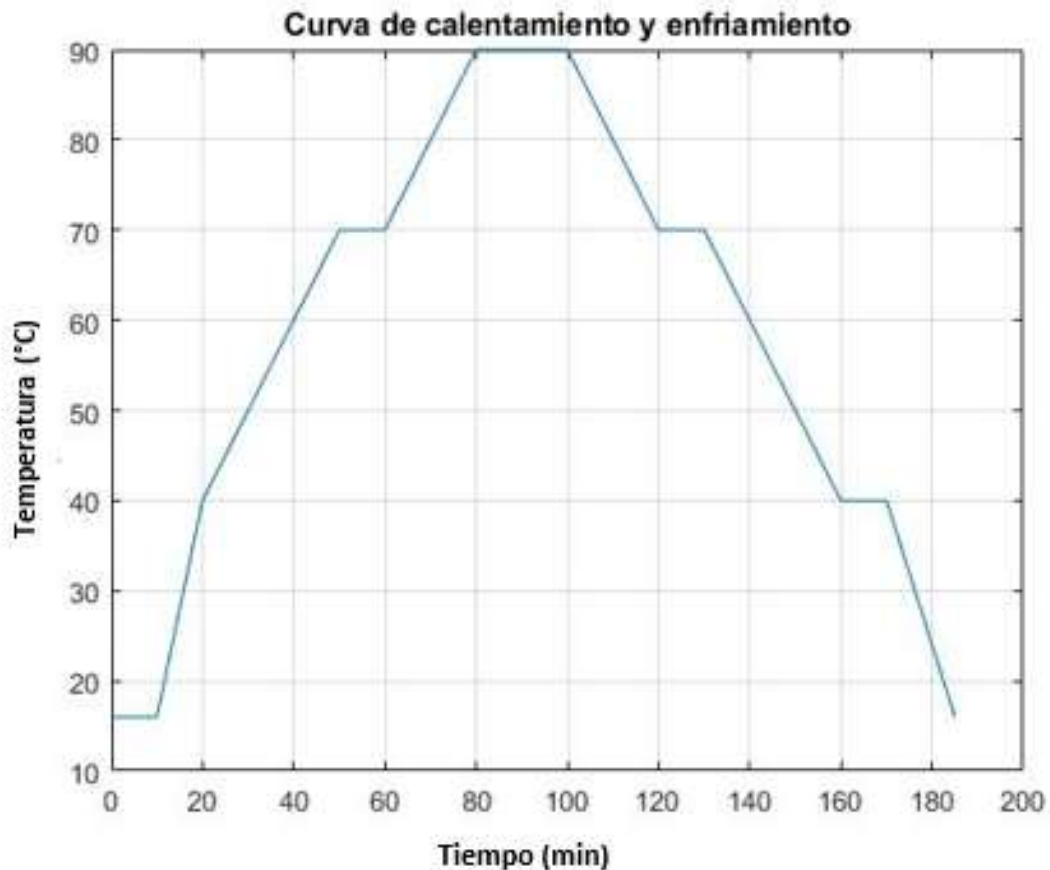
Figura 2.3

Diagrama de proceso para tinturado (receta)



Figura 2.4

Muestra de una curva de temperaturas para el proceso de tinturado de prenda



2.1.1.2. Calidad de textiles procesados. De acuerdo con el propietario de la empresa, la calidad de la prenda se mide por el color obtenido, la fijación y el ajamiento que presenta al finalizar el proceso. Es así que, desde el ángulo de estudio de este trabajo, la calidad de la automatización es el reflejo de la calidad del producto final

2.1.2. Automatización del tinturado en la industria textil

2.1.2.1. Sistemas SCADA y DCS. La automatización de los procesos en la industria textil, incrementan la producción y mejoran el producto final; la implementación de un sistema SCADA en el tercer nivel de la pirámide de automatización de acuerdo con la norma ANSI/IEEE1010 aplicado a este proceso, permite al operador controlar a distancia una parte del proceso, sin embargo, la implementación de un sistema DCS es la opción adecuada para este caso, debido a que el proceso inevitablemente requiere al inicio y al final de la presencia de un operador que se encargue de ingresar la materia prima y sacar el producto terminado; es así que no se justifica implementar un

sistema SCADA que permita controlar remotamente, más sin embargo, en un futuro en cuanto se incremente la cantidad de máquinas, se puede escalar fácilmente a un sistema de estas características que permita operar en el cuarto nivel de la pirámide gestionando la producción.

2.1.2.2. Comunicación industrial. El protocolo de comunicación usado por excelencia a nivel industrial es modbus RTU funcionando con capa física RS 485, este protocolo garantiza inmunidad al ruido, y está disponible en el 99% de dispositivos industriales de control; con simples instrucciones se solicita o envía información a la estación deseada. Actualmente se encuentra también muy difundido el protocolo de comunicación modbus TCP-IP que también es un protocolo seguro y de fácil manejo, sin embargo, no se encuentra en todos los dispositivos, lo que puede representar un problema a la hora de automatizar.

2.1.2.3. Controladores de temperatura. Los controladores de temperatura son instrumentos de campo utilizados para la medición y control de la temperatura. Estos dispositivos tienen la entrada de temperatura la misma que puede ser de un RTD o termopar dependiendo el modelo y la salida a relé o transistor, internamente tienen un procesador electrónico que se encarga de ejecutar el control en función de lo requerido por el usuario, son capaces de ejecutar un control on – off, control PID, o control por rampa programable. Se seleccionó el controlador de la marca Delta DTB 4848 por sus características de trabajo y porque cuenta con una interfaz de comunicación RS-485 incorporada (Modbus ASCII, RTU), lo que permite la lectura de datos desde el PLC maestro. Este controlador, de acuerdo a la página oficial de ©Delta Electronics (2020) DTB está equipado adicionalmente con salida de señal de voltaje lineal y control de salida dual, capaz de ejecutar controles de calefacción y refrigeración simultáneamente en un sistema de control de temperatura y alcanzar rápidamente la temperatura objetivo. <https://www.deltaww.com/en-US/products/Temperature-Controllers/142>

2.1.2.4. Control de velocidad en motores trifásicos AC. En motores de corriente alterna trifásicos el método de control de velocidad más usado en la industria es mediante la variación de frecuencia. De acuerdo con Singh y Chaturvedi (2014), indican en su estudio que cuando se mantiene constante el V / f , la magnitud del campo magnético en el estator se mantiene aproximadamente constante en todo el rango de operación, es así que los sistemas de transmisión de motores de inducción trifásicos accionados por un inversor de fuente de voltaje PWM controlado por V / f (V / Hz) han sido ampliamente utilizados en las aplicaciones industriales. La tecnología actual

utilizada en los variadores de frecuencia para motores asíncronos trifásicos facilita la instalación y configuración del modo de trabajo.

2.1.2.5. Control de nivel de líquidos. El nivel de líquidos se puede

administrar usando varios métodos, uno de ellos es de forma indirecta, a través del caudal que circula por la tubería de ingreso de fluido, para lo cual se usa un caudalímetro que contabilice la cantidad de líquido que circula por ella; este método es efectivo para controlar el nivel en recipientes que no tienen flujo de salida, es decir, en recipientes en los cuales se requiere controlar el llenado.

2.1.3. Manufactura flexible (FMS)

2.1.3.1. Contextualización y nuevas posibilidades. La manufactura

flexible a nivel global, es consecuencia de la dinámica del mercado, los usuarios de un producto, están a la expectativa de mejoras continuas o cambios que den un nuevo enfoque o mejor servicio; o en su defecto, las condiciones cambiantes debido a eventos no contemplados como por ejemplo el escenario impuesto por la pandemia desatada a nivel mundial por la aparición del virus SARS Cov-2.

Estas condiciones obligan a las industrias a contar con sistemas de fabricación con capacidad de reconfiguración como indica (Magnanini *et al*, 2021) en su publicación. En el entorno industrial, el concepto de manufactura flexible ha evolucionado, es así que ha aterrizado gracias a la realidad de las empresas en una cierta flexibilidad para reaccionar ante un cambio, ya sean anunciados o desconocidos (Shivanand, 2006).

Chandra & Tombak (1992), clasifica a esta flexibilidad en dos categorías: La flexibilidad de la máquina para producir nuevos tipos de productos y la flexibilidad en el orden de producción de un producto.

Del mismo modo, Burger et al (2017), hace referencia a la flexibilidad de un proceso desde dos aristas, la primera es desde la organización del orden del proceso considerando varias máquinas para realizar la misma operación en una parte, así como la capacidad del sistema para absorber cambios a gran escala, como el volumen o la capacidad.

Pero este concepto de flexibilidad en la fabricación, contextualizado en la empresa Yantex, concluye en una máquina con un sistema que permite fácilmente incrementar la producción, es decir, que trabaja en la clasificación de producción de varios tipos de productos, ampliando el portafolio de negocio con distintas tonalidades de

prenda, lo que posibilita el incremento del mercado y consecuentemente garantiza el trabajo continuo, permitiendo a la empresa proyectarse a la adquisición de nuevas máquinas de este tipo. La flexibilidad del proceso no se genera para un mismo producto, el proceso (receta de tinturado) es rígido, sin embargo, el aporte que permeabiliza el sistema lo hace la diversificación de productos.

2.1.3.2. Adaptabilidad estructural y electrónica de la máquina. La implementación del controlador lógico programable (PLC) por definición ya aporta flexibilidad al cambio del proceso de fabricación, sin embargo, al unir este dispositivo tecnológico con un sistema de supervisión y control en una interfaz hombre – máquina (HMI), la maniobrabilidad de la máquina para intercambiar entre distintos productos finales, se facilita. El proceso de fabricación de distintos productos se flexibiliza, sin cambios en la estructura de la máquina, lo que beneficia a la empresa al no afectar los costos de producción.

2.2. Marco legal

El ordenamiento jurídico ecuatoriano asegura desde la Constitución de la República y las demás normas vinculadas, la supremacía del ser humano sobre el bien material, así como también contempla el bienestar, y los derechos a la salud y al trabajo entre otros, de tal modo que contempla varios parámetros para la ejecución de este en ambientes industriales, entre las leyes, convenios y demás reglamentos en los que este trabajo de titulación se ampara para ser ejecutado se tienen:

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador 2008

Art. 276.- “El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

1. Mejorar la calidad y esperanza de vida, y aumentar las capacidades y potencialidades de la población en el marco de los principios y derechos que establece la Constitución.

2. Construir un sistema económico, justo, democrático, productivo, solidario y sostenible basado en la distribución igualitaria de los beneficios del desarrollo, de los medios de producción y en la generación de trabajo digno y estable

Capítulo cuarto Soberanía económica. Sección primera: Sistema económico y política económica.

Art. 283.- El sistema económico es social y solidario; reconoce al ser humano

como sujeto y fin; propende a una relación dinámica y equilibrada entre sociedad, Estado y mercado, en armonía con la naturaleza; y tiene por objetivo garantizar la producción y reproducción de las condiciones.

El sistema económico se integrará por las formas de organización económica pública, privada, mixta, popular y solidaria, y las demás que la Constitución determine. La economía popular y solidaria se regulará de acuerdo con la ley e incluirá a los sectores cooperativistas, asociativos y comunitarios.

Sección séptima. Política comercial:

Art. 304.- La política comercial tendrá los siguientes objetivos:

1. Desarrollar, fortalecer y dinamizar los mercados internos a partir del objetivo estratégico establecido en el Plan Nacional de Desarrollo.
2. Regular, promover y ejecutar las acciones correspondientes para impulsar la inserción estratégica del país en la economía mundial.
3. Fortalecer el aparato productivo y la producción nacionales.
4. Contribuir a que se garanticen la soberanía alimentaria y energética, y se reduzcan las desigualdades internas.
5. Impulsar el desarrollo de las economías de escala y del comercio justo.
6. Evitar las prácticas monopólicas y oligopólicas, particularmente en el sector privado, y otras que afecten el funcionamiento de los mercados

Capítulo sexto. Trabajo y producción. Sección primera: Formas de organización de la producción y su gestión.

Art. 319.- Se reconocen diversas formas de organización de la producción en la economía, entre otras las comunitarias, cooperativas, empresariales públicas o privadas, asociativas, familiares, domésticas, autónomas y mixtas. El Estado promoverá las formas de producción que aseguren el buen vivir de la población y desincentivará aquellas que atenten contra sus derechos o los de la naturaleza; alentará la producción que satisfaga la demanda interna y garantice una activa participación del Ecuador en el contexto internacional.

Art. 326.- El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:

1. El Estado impulsará el pleno empleo y la eliminación del subempleo y del

desempleo.

2. Los derechos laborales son irrenunciables e intangibles. Será nula toda estipulación en contrario.

3. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales, reglamentarias o contractuales en materia laboral, estas se aplicarán en el sentido más favorable a las personas trabajadoras.

4. A trabajo de igual valor corresponderá igual remuneración.

5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar

Sección octava. Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.

2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.

3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

2.2.2. Convenios Internacionales

2.2.2.1. CVN 119: Protección de la maquinaria

Parte III Utilización

Art. 6.- 1. La utilización de máquinas que tengan alguna parte peligrosa, incluyendo los órganos de trabajo (punto de operación), desprovista de disposiciones adecuados de protección, deberá prohibirse por la legislación nacional o impedirse por otras medidas de análoga eficacia. Sin embargo, cuando esta prohibición de la máquina, se aplicará en toda la medida en que lo permita esta utilización.

2. Las máquinas deberán protegerse de manera que se respeten los reglamentos y las normas nacionales de seguridad e higiene del trabajo.

2.2.2.2. CVN 127: Peso máximo que puede transportar un trabajador

Art. 2.- 1. El presente Convenio se aplica al transporte manual y habitual de

carga.

2. El presente Convenio se aplica a todos los sectores de actividad económica para los cuales el Estado Miembro interesado mantenga un sistema de inspección del trabajo

2.2.3. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Decreto Ejecutivo 2393

Art. 6.- Del ministerio de industrias, comercio, integración y pesca:

1. El Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca colaborará en la política general de prevención de riesgos a través de las siguientes acciones:

a) Prohibiendo la importación, venta, exhibición y utilización de máquinas, equipos y productos que no cumplan con las estipulaciones del presente Reglamento.

b) Incentivando la instalación de industrias dedicadas a la fabricación de productos destinados a la protección personal y colectiva de los trabajadores y facilitando la importación de los mismos, cuando no existan homólogos de fabricación nacional.

c) Toda maquinaria, equipo y productos que vaya a ser importado, vendido, utilizado, exhibido o producido deberá ser acompañado de una descripción minuciosa de los riesgos del trabajo que puedan ocasionar y de las normas de seguridad e higiene industrial que pueden prevenirlos.

d) Las máquinas y equipos serán utilizados solamente para las funciones establecidas y fijadas en su diseño que deberá estar certificado por la empresa constructora.

Art. 53.- Condiciones generales ambientales: Ventilación, temperatura y humedad.

1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.

2. En los locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de 30 metros cúbicos, salvo que se efectúe una renovación total del aire no inferior a 6 veces por hora.

3. La circulación de aire en locales cerrados se procurará acondicionar de modo que los trabajadores no estén expuestos a corrientes molestas y que la velocidad no sea superior a 15 metros por minuto a temperatura normal, ni de 45 metros por minuto en ambientes calurosos.

4. En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos,

químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y solo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.

5. Se fijan como límites normales de temperatura grados C (sic) de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo dentro de tales límites, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan.

6. En los centros de trabajo expuestos a altas y bajas temperaturas se procurará evitar las variaciones bruscas.

7. En los trabajos que se realicen en locales cerrados con exceso de frío o calor se limitará la permanencia de los operarios estableciendo los turnos adecuados

Art. 54.- Calor.

1. En aquellos ambientes de trabajo donde por sus instalaciones o procesos se origine calor, se procurará evitar el superar los valores máximos establecidos en el numeral 5 del artículo anterior.

2. Cuando se superen dichos valores por el proceso tecnológico, o circunstancias ambientales, se recomienda uno de los métodos de protección según el caso:

a) Aislamiento de la fuente con materiales aislantes de características técnicas apropiadas para reducir el efecto calorífico.

b) Apantallamiento de la fuente instalando entre dicha fuente y el trabajador pantallas de materiales reflectantes y absorbentes del calor según los casos, o cortinas de aire no incidentes sobre el trabajador. Si la visibilidad de la operación no puede ser interrumpida serán provistas ventanas de observación con vidrios especiales, reflectantes de calor.

c) Alejamiento de los puestos de trabajo cuando ello fuese posible. d) Cabinas de aire acondicionado.

Título III Aparatos, máquinas y herramientas. Capítulo I Instalaciones de máquinas fijas.

Art. 73.- Ubicación. En la instalación de máquinas fijas se observarán las siguientes normas:

1. Las máquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones.

2. Se ubicarán sobre suelos o pisos de resistencia suficiente para soportar las cargas estáticas y dinámicas previsibles. Su anclaje será tal que asegure la estabilidad de la máquina y que las vibraciones que puedan producirse no afecten a la estructura del edificio, ni importen riesgos para los trabajadores.

3. Las máquinas que, por la naturaleza de las operaciones que realizan, sean fuente de riesgo, para la salud, se protegerán debidamente para evitarlos o reducirlos. Si ello no es posible, se instalarán en lugares aislantes o apartados del resto del proceso productivo. El personal encargado de su manejo utilizará el tipo de protección personal correspondiente a los riesgos a que esté expuesto.

4. Los motores principales de las turbinas que impliquen un riesgo potencial se emplazarán en locales aislados o en recintos cerrados, prohibiéndose el acceso a los mismos del personal ajeno a su servicio y señalizando tal prohibición.

Art. 82.- Transmisiones por correa. reglamento de seguridad y salud de los trabajadores.

1. Las transmisiones por correa, situadas a menos de 2.60 metros del suelo o de una plataforma de trabajo estarán protegidos por resguardos.

Art. 86.- Interruptores. Los interruptores de los mandos de las máquinas estarán diseñados, colocados e identificados de forma que resulte difícil su accionamiento involuntario.

Art. 87.- Pulsadores de puesta en marcha. Los pulsadores de puesta en marcha deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. No sobresalir ni estar al ras de la superficie de la caja de mandos, de tal manera que obliguen a introducir el extremo del dedo para accionarlos, dificultando los accionamientos involuntarios.

2. Preferiblemente de menor tamaño que los de parada.

Art. 88.- Pulsadores de parada. Los pulsadores de parada serán fácilmente accesibles desde cualquier punto del puesto de trabajo, sobresaliendo de la superficie en la que estén instalados [...]

Art. 92.- Mantenimiento.

1. El mantenimiento de máquinas deberá ser de tipo preventivo y programado.

2. Las máquinas, sus resguardos y dispositivos de seguridad serán revisados, engrasados y sometidos a todas las operaciones de mantenimiento establecidas por el fabricante, o que aconseje el buen funcionamiento de las mismas [...]

2.2.4. Reglamento de riesgos de trabajo en instalaciones eléctricas. Acuerdo ministerial 13

Art. 3.- Identificación de aparatos y circuitos:

1. Los aparatos y circuitos que componen una instalación eléctrica deben identificarse con etiquetas o rótulos, o por otros medios apropiados con el objeto de evitar operaciones equivocadas que pueden provocar accidentes;
2. El conductor neutro y los conductores de puesta a tierra y de protección, deben diferenciarse claramente de los otros conductores.

3. Capítulo III: Marco Metodológico

3.1. Descripción del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la empresa YANTEX, ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia San Francisco, específicamente en la calle María Teresa de Calcuta 15-74, la ubicación geográfica se muestra en la figura 3.1. YANTEX es una fábrica de textiles que se encarga de producir prendas tinturadas para consumo interno y externo, es decir se encarga de tinturar piezas en lotes de 14 Kg las mismas que más adelante serán transformadas internamente en bufandas, ponchos y sacos; el mercado objetivo de la comercialización son las ferias de Tulcán y Quito, pero adicionalmente se tiene clientes externos que son otras fábricas de la provincia, específicamente de Atuntaqui y Otavalo, la zona de influencia de la empresa en el país se muestra en la figura 3.2.

Figura.3.1.

Localización de la empresa YANTEX



Fuente: Recuperado de Google maps

Figura 3.2
Zona de influencia de YANTEX



Fuente: Recuperado de Google maps

3.2. Enfoque y tipo de investigación

En el desarrollo de esta tesis, se utilizó el concepto de investigación aplicada, ya que se aportó a la industria textil solucionando un problema específico relacionado con el tinturado de prendas. La investigación realizada se basó en la investigación científica por lo que en este documento se dejaron claros los conceptos utilizados, la metodología y los resultados obtenidos.

Se abordó el problema desde un enfoque ingenieril, con la recolección de los datos de producción y la parametrización del proceso, desde la base documental y desde la visión del operador de la máquina, esto permitió definir adecuadamente las necesidades del proceso en la empresa; con esta información se consideraron las soluciones posibles. Ineludiblemente se enfocó el planteamiento de la solución desde la ingeniería, respondiendo a la necesidad de esta empresa de una manera eficaz y se lograron resultados (productos) con un proceso de tinturado eficiente.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Diseño de la investigación

Se presenta la organización en cadena de las fases que se ejecutaron para alcanzar los objetivos específicos planteados y resolver la necesidad de la empresa.

Fase 1: Evaluación del Proceso: Se buscó información del proceso objetivo de esta investigación para la determinación de los parámetros que fueron los puntos de control con los cuales se trabajó.

Actividad 1: Investigación de la teoría referente al proceso de tinturado

Se realizó la obtención de información bibliográfica referente al tinturado de prendas y las máquinas usadas para este proceso.

Actividad 2: Entrevista al personal involucrado en el proceso.

Usando este instrumento se comprendió el proceso realizado y se recopilaron los parámetros de operación de la máquina.

Fase 2: Discriminación de los parámetros susceptibles de mejoramiento Se analizaron los datos obtenidos y se determinaron todas las mejoras que se pueden realizar al proceso.

Actividad 1: Análisis de los parámetros involucrados

Se analizaron los factores que produjeron pérdidas en el proceso.

Actividad 2: Selección de procesos a intervenir.

Se establecieron los procesos que se pueden automatizar en la máquina de tinturado.

Actividad 3: Especificaciones del sistema a diseñar.

Se describieron las características y restricciones asociadas al problema planteado.

Fase 3: Diseño de la solución Se diseñó un sistema que ejecute el proceso de tinturado automáticamente con la máquina existente, bajo los parámetros óptimos de funcionamiento, para incrementar la capacidad de producción garantizando la calidad del servicio, y teniendo en cuenta la posibilidad de expansión o crecimiento y la situación económica de la empresa.

Actividad 1: Planteamiento de la solución considerando principios de flexibilidad de la manufactura y la situación económica de la empresa.

Se esquematizó el proceso con los posibles dispositivos que permitieron responder automáticamente a cada etapa del tinturado, y adicionalmente permitieron tener

un proceso flexible de producción, manteniéndose dentro de las posibilidades económicas de la empresa.

Actividad 2: Selección de dispositivos y arquitectura del sistema.

Se seleccionaron los dispositivos que cumplieron los requerimientos de la empresa, considerando la flexibilidad del proceso. Se consideraron las comunicaciones industriales entre dispositivos y la estructura más adecuada para su buen funcionamiento.

Actividad 3: Diseño de programas.

A partir de un flujograma establecido del proceso a realizar, se generaron los códigos de programa de los dispositivos.

Actividad 4: Ensamblado del sistema.

Se armó el sistema in situ con los dispositivos seleccionados, y se programaron los controladores.

Fase 4: Comprobación de la calidad del servicio Se ejecutaron las pruebas de funcionamiento para detección y corrección de errores.

Actividad 1: Pruebas y corrección de errores.

Se probó el sistema para verificar el cumplimiento de los parámetros requeridos. Se detectaron los errores y se reprogramaron los controladores, hasta cumplir con el proceso de tinturado.

Fase 5: Implementación del sistema.

Actividad 1: Puesta en marcha.

Se dejó en funcionamiento el sistema y se tomaron datos para comprobar las mejoras obtenidas.

3.4. Consideraciones ambientales

Se abordó el problema objeto de esta investigación desde una arista ambientalista, responsable con la naturaleza al disminuir el mal uso de la energía térmica y eléctrica, además de disminuir los residuos evacuados al ambiente; en este trabajo se tuvieron en cuenta los principios de ética ambiental que describe (Lecaros, 2013) en su estudio; al automatizar el proceso, también se estandariza el tiempo y se evita su mal uso ahorrando desgaste mecánico y abriendo la posibilidad de más ciclos por jornada, o visto desde otro ángulo, se cubre la misma orden de trabajo en menor tiempo.

Al iniciar esta investigación, se presentaron varios desperdicios como se describió en el planteamiento del problema, es por esto que fue inevitable el ignorar las afecciones medioambientales.

4. Capítulo IV: Resultados y Discusión

4.1 Especificaciones del sistema a diseñar (características esperadas y restricciones)

Para lograr esta solución considerando la teoría de los sistemas de automatización industrial, se requiere que, en concordancia con la receta de la empresa para ejecutar el proceso de tinturado, y apegado a la normativa expuesta en el marco legal, las características y condiciones esperadas como resultado de este trabajo sean:

- El rango de trabajo de temperatura sea de 8°C a 110°C
- La activación de los actuadores debe ser automática
- El motor debe cambiar de giro cada cierto tiempo; este parámetro debe ser configurable.
- El motor debe tener velocidad variable; este parámetro debe ser fácilmente configurable.
- El llenado del tambor principal debe ser automático y configurable.
- El sistema debe poseer un dispositivo para ingreso de líquidos a presión en el tambor, durante el proceso.
- Las variables del proceso (Tiempo total del proceso, paso en ejecución, tiempo faltante del paso actual, punto de control de temperatura, temperatura actual) deben ser mostradas al operador.
- Los dispositivos deben trabajar a 110V o 220V
- El sistema debe ser flexible de tal forma que permita fácilmente cambiar los parámetros del proceso para tener diferentes posibilidades de producción.
- El sistema debe tener la capacidad de repetir los procesos con iguales condiciones, entre paradas.
- El sistema de automatización no debe superar los \$4000.00 dólares americanos.

4.2 Resultados y Análisis

Para resolver esta necesidad de la industria textil, en primera instancia, se presenta la máquina que es la base sobre la cual se implementó las mejoras, luego se realizó un análisis y se determinó los subprocesos o procedimientos a intervenir; se seleccionó el hardware necesario, se diseñó y desarrolló el software que comande el proceso, posteriormente se implementó y se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar los resultados esperados.

4.1.1. Solución propuesta

La máquina base usada para plantear la solución, está conformada por las partes que se muestran en la figura 4.1, figura 4.2 y figura 4.3, y se describen en la tabla 1.

Figura 4.1

Estructura de la máquina de tinturado de prenda vista isométrica frontal

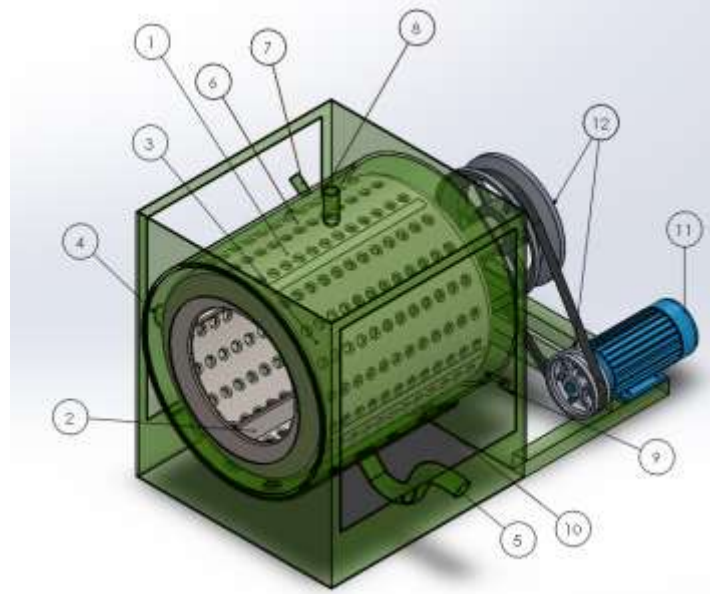


Figura 4.2

Estructura de la máquina de tinturado de prenda vista isométrica posterior

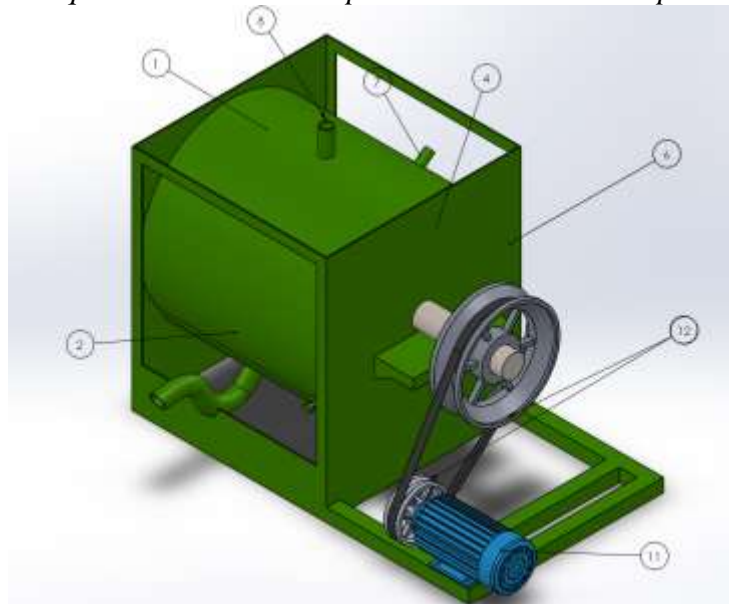


Figura 4.3

Estructura de la máquina de tinturado de prenda vista isométrica inferior

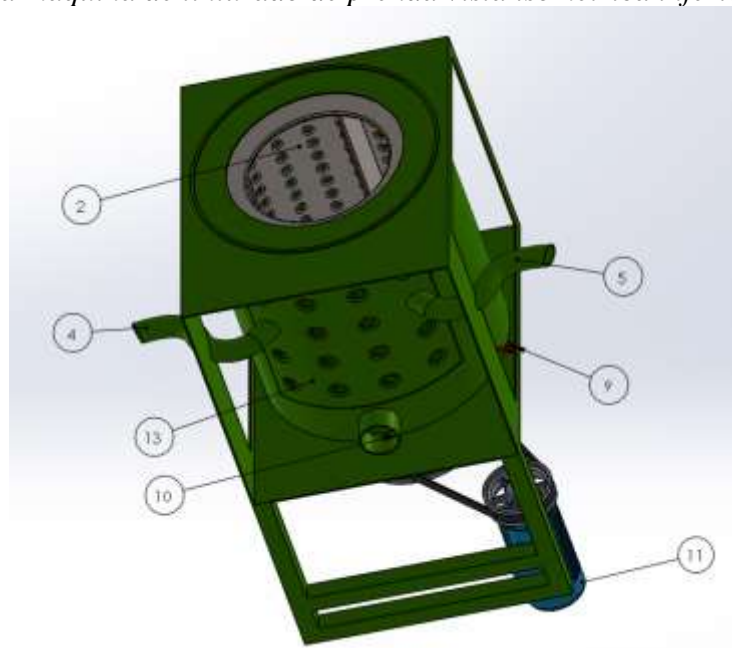


Tabla 1

Componentes de la máquina de tinturado de prenda de la empresa YANTEX

Número	Descripción
1	Tambor externo fijo
2	Tambor interno giratorio
3	Estructura de soporte
4	Tubería de entrada de vapor / agua al intercambiador de calor
5	Tubería de salida de vapor / agua al intercambiador de calor
6	Tubería de ingreso de químicos al proceso
7	Tubería de ingreso de agua al proceso
8	Tubería de liberación de presión (respiradero)
9	Termopozo roscado
10	Tubería de salida de agua del proceso
11	Motor eléctrico
12	Sistema de transmisión mecánica (poleas y correa)
13	Camisa Intercambiador de calor

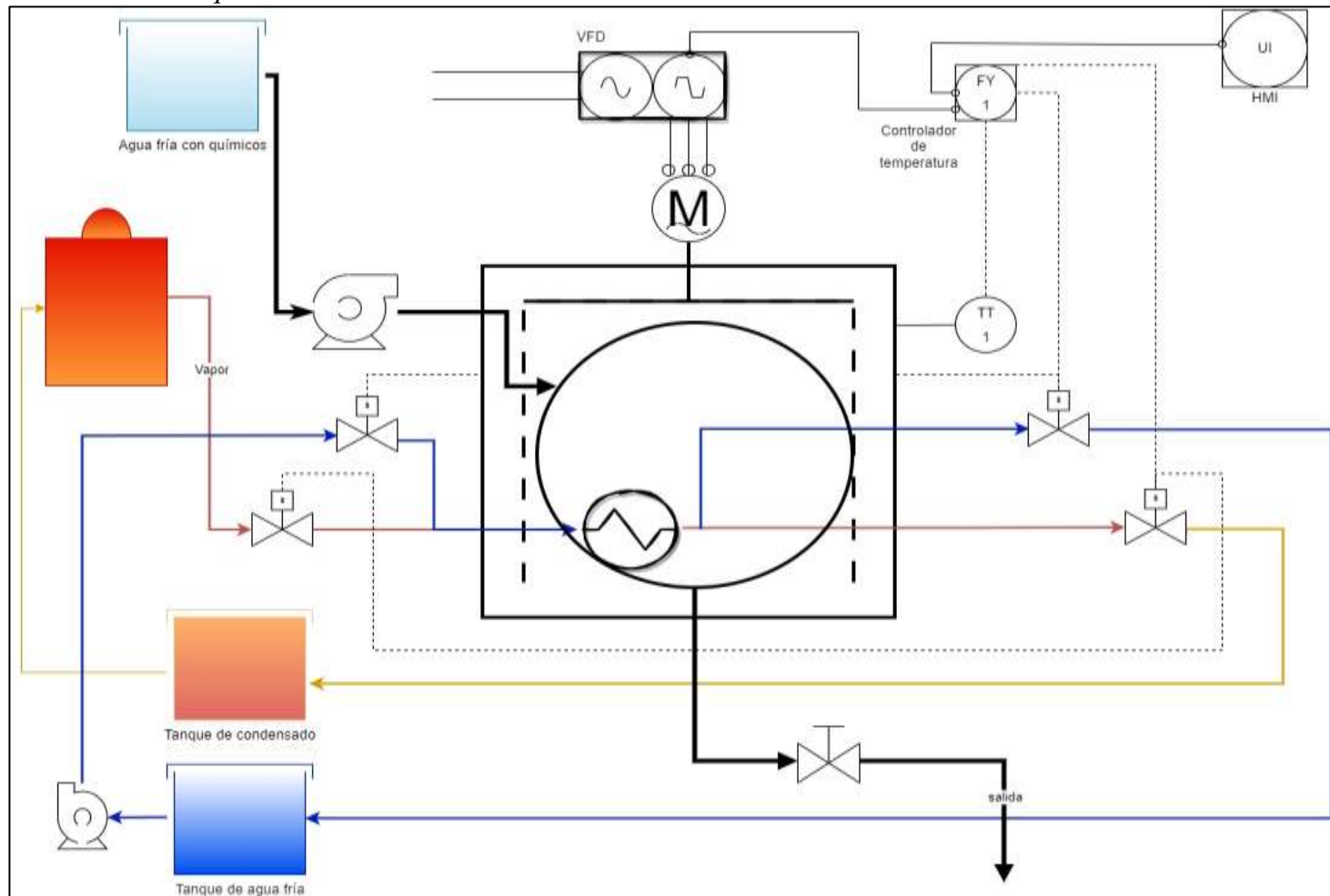
Del análisis del proceso de tinturado, se determinó que los procedimientos susceptibles de mejoramiento son:

- a. Ingreso de agua (cantidad de litros)
- b. Automatización del giro del tambor
- c. Ingreso de químicos y tintes
- d. Administración de las curvas de calentamiento

Con estas consideraciones, se propuso un sistema conformado por un PLC para comandar a los demás dispositivos, una pantalla HMI que sea la interfaz con el operador, un driver variador de frecuencia para lograr el control de velocidad y el cambio de giro del motor, al mismo tiempo transforma la red eléctrica bifásica en trifásica para alimentar el motor, un controlador de temperatura que será el encargado de administrar las curvas de calentamiento en los tiempos adecuados, un caudalímetro para controlar el nivel de agua en el tambor, un sensor de temperatura que retroalimente al sistema de control y un conjunto de cuatro electroválvulas para controlar el paso de vapor para calentar o agua fría para enfriar, circulando por el intercambiador de calor del sistema.

Con este conjunto de equipos se realiza el diagrama de procesos mostrado en la figura 4.4 que representa la solución propuesta, que puede ser conformada por diversos dispositivos. Los componentes fueron seleccionados en base a los requerimientos planteados en el apartado anterior, y usando la matriz de selección que garantiza técnicamente la mejor solución.

Figura 4.4
Diagrama P&ID de la máquina tinturadora



4.1.2. Solución de ingreso de agua

Para controlar el nivel de agua en el tambor externo, se seleccionó el flujómetro Digiten mostrado en la figura 4.5, la selección de este controlador cuantitativo, responde a las buenas características de precisión, costo muy competitivo en comparación de otros dispositivos industriales, disponibilidad inmediata en el mercado nacional y gracias a que resuelve plenamente el requerimiento del proceso de tinturado.

Figura 4.5
Controlador de flujo de agua



Fuente: Recuperado de <https://www.digiten.shop/collections/flow-controller>

Características relevantes y especificaciones técnicas:

Muestra el volumen de líquido que pasa por minuto, puede funcionar con diferentes sensores de flujo a través del ajuste del valor K.

Muestra el volumen total del flujo, la temperatura del flujo y la temperatura detectada claramente; los iconos personalizados en la pantalla indican el estado de funcionamiento del controlador de un vistazo.

Requisitos de alimentación del controlador:

12 VDC.

Precisión de medición: $\pm 1\%$.

Salida para válvula solenoide: 12 VDC, máx. 5 A.

Sensor de temperatura: 32.0-248.0 °F/32-212°F, NTC3950, precisión:

$\pm 1^{\circ}\text{C}/\pm 1^{\circ}\text{F}$

Volumen total máximo: 999999 G/L.

Rango de cantidad: 0 – 9999 G/L.

Rango de caudal: 0 – 999999,99/LPM (GPM)

Entorno de funcionamiento:

Temperatura: 32.0 – 122.0 °F/32 – 122 °F

Humedad relativa: < 85%.

4.1.3. Automatización del giro del tambor

Para mejorar el tinturado de las prendas, el proceso involucra el cambio de giro en el motor que está acoplado al tambor giratorio a través de la caja reductora y el acople mecánico de poleas como se muestra en la figura 4.6, para lo cual se plantea usar un variador de frecuencia programado, y se evaluaron tres opciones bajo las consideraciones técnicas y de presupuesto del propietario usando la matriz de selección mostrada en la tabla 2, las calificaciones de cada opción se asignaron entre 0 y 10, de donde resulta como mejor opción el variador WEG CFW300 mostrado en la figura 4.7.

Figura 4.6

Mecanismo de transmisión de movimiento



Tabla 2*Matriz de selección de variador de frecuencia*

		Opción Variador de frecuencia para motor de 5 HP					
		Delta VFD037E23A		WEG CFW300		Chint Nvf2	
Criterio	Peso (%)	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Información existente	20	5	1	5	1	3	0,6
Software de programación libre	25	9	2,25	9	2,25	2	0,5
Costo	30	4	1,2	7	2,1	9	2,7
Comunicaciones	10	6	0,6	6	0,6	4	0,4
Garantía	15	5	0,75	5	0,75	1	0,15
Total	100 %		5,8		6,7		4,35

Figura 4.7
Variador de frecuencia Weg CFW300



Fuente: Recuperado de <https://www.weg.net/catalog/weg/US/en/Drives/Variable-Speed-Drives/Micro-and-Mini-Drives/Variable-Speed-Drive-CFW300/DRIVE-CFW300A01P6S1NB20/p/13056492>

En el variador se programó el cambio de giro usando el software weg programming suite WPS 2.5, el código se muestra en el anexo 1. Para que el variador se comunique con la unidad maestra, se configura la comunicación modbus RTU, asignándole la dirección 4 y se conectó por medio de la capa física RS 485, se habilita el mando remoto de esta manera se establece el acceso a las diferentes variables de mando y supervisión del dispositivo.

4.1.4. Ingreso de químicos y tintes

Se acopló un motor-bomba de ½ HP al tambor externo de la máquina, a través de una válvula check; en la succión de la bomba se coloca una pequeña tolva en la que se depositará los químicos a ser ingresados en el proceso como se muestra en la figura 4.8.

Este motor es activado por medio de un relé de estado sólido cuando la unidad master lo considere, esta administración de ingreso de químicos queda netamente a criterio del operador por lo que se deja la opción de encendido manual en la interfaz hombre máquina que está ubicada en el tablero de control, de esta forma el operador debe colocar los insumos en la tolva y activar el motor desde el tablero.

Figura 4.8

Motor-bomba auxiliar de ingreso de químicos



4.1.5. Control de las curvas de calentamiento

El calentamiento es quizás la parte más delicada en este proceso, es así que el control debe estar muy ajustado para garantizar una buena calidad del producto final.

Para garantizar homogeneidad en la calidad del producto terminado entre lotes de producción, el control de las curvas se delegó a un controlador de temperatura “pirómetro” programado, este dispositivo se seleccionó considerando la posibilidad de comunicación industrial modbus RS 485 con la intención de integrarlo al sistema a través del PLC, el sistema estará trabajando entre los 12 y los 100 °C por lo que la mejor opción para muestrear esta señal es un sensor PT100 o PT1000, considerando que su respuesta es lineal y altamente confiable.

Para la selección del controlador se usa la tabla 3, en donde se considera los criterios técnicos y los de disponibilidad económica de la empresa, usando la matriz de selección mostrada, las calificaciones de cada opción se asignaron entre 0 y 10, de donde resulta como mejor opción el controlador Delta DTB 4848 mostrado en la figura 4.9

Tabla 3*Matriz de selección del controlador de temperatura*

		Opción de controlador de procesos			
		Delta DTB 4848		RkC Rex C-100	
Criterio	Peso (%)	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Información existente	5	10	0,5	8	0,4
Tipo de sensor de entrada PT100	5	10	0,5	10	0,5
Salida SSR / Relé	20	2	0,4	10	2
Modo de control Rampa / meseta	20	10	2	0	0
Tipo de control dual	10	10	1	0	0
Costo	10	5	0,5	10	1
Comunicaciones	20	10	2	0	0
Temperatura ambiente de servicio	5	8	0,4	8	0,4
Garantía	5	10	0,5	5	0,25
Total	100%		7,8		4,55

El controlador se programa usando la función de programación de rampas, el

control del programa PID por 8 patrones (patrón No. 0 ~ 7) es compatible con la serie DTB. Cada patrón contiene 8 pasos (paso No. 0 ~ 7), un enlace parámetro de patrón, un parámetro de ciclo y un parámetro de paso real, permiten unir entre bucles de 8 patrones para formar una secuencia más larga si se requiere.

Figura 4.9

Controlador de Temperatura DTB4848



4.1.6. Sistema Integrado, configuración y programación

Todo el sistema se integró a través del PLC Panasonic FPOR C14 y se supervisa y controla desde el interfaz humano – máquina Panasonic GT03 – E, como se muestra en la figura 4.10. El PLC se encarga de las comunicaciones del sistema; enlaza las variables del variador de frecuencia y del controlador de temperatura con la HMI, el programa realizado se muestra en el anexo 2, este programa usa principalmente el bloque de comunicaciones modbus F145F146_MODBUS_MASTER mostrado en la figura 4.11, en el cual, se puede indicar directamente en el parámetro **FunctionCode***, el comando Modbus requerido para leer o escribir. Es importante indicar que la comunicación debe realizarse ordenadamente una instrucción a la vez, es así que en la programación del PLC en el anexo 2 se puede encontrar el algoritmo de escritura en cascada, uno a la vez, usando temporizadores y relés auxiliares desde la red 22 hasta la red 34.

Figura 4.10
Sistema implementado



Figura 4.11
Bloque de comunicaciones

```
F145F146_MODBUS_MASTER
EN                               ENO
Port
SlaveAddress
FunctionCode*
StartRegister
NumberOfRegisters
MasterData
```

Figura 4.12

Variador de frecuencia implementado



La HMI implementada es una pantalla a color de 3.5” de la marca Panasonic mostrada en la figura 4.13; cuenta con comunicación serial por protocolo modbus RTU/ASCCI y adicionalmente tiene un puerto de comunicación serial que trabaja bajo protocolo MEWTOCOL-COM de Panasonic el cual es un controlador de comunicación de pulso estándar que facilita la interacción entre dispositivos de la misma marca.

En la HMI se programa la interfaz considerando la norma ISA101 de tal manera que la interacción con el operador es intuitiva y fácil de entender, la programación se muestra en el anexo 3.

Para ejecutar un ciclo de tinturado, el operador debe realizar el proceso detallado en la figura 4.14 a través de la HMI empezando con la pantalla # 0, este es el proceso original con unas variaciones que introduce la automatización y que a pesar que toma unos dos minutos al inicio para la configuración, permiten conseguir la mejora en la calidad deseada y libera al operador durante aproximadamente dos horas que es el tiempo de trabajo de la máquina, para que realice otras actividades, a medida que se interactúa con la pantalla # 0, ésta redirige a las diferentes pantallas programadas para cumplir el proceso. Finalmente, el operador conoce cuando termina el ciclo de tinturado gracias a la activación de la luz piloto roja colocada en el tablero de mando.

En la pantalla de “Operación” se encuentra información adquirida por el PLC desde el controlador de temperatura y desde el variador de frecuencia en tiempo real de los parámetros del proceso, en ella, el operador encuentra:

4.1.6.1. El paso por el que está cursando el ciclo de tinturado

Este paso corresponde a la programación realizada en el controlador de

temperatura, como se indicó en el apartado 4.1.5 es importante notar que existen 8 patrones y cada patrón tiene 8 pasos, esto aporta a la flexibilidad de la máquina puesto que se podría escalar fácilmente la máquina para realizar trabajos de hasta 64 pasos; actualmente son suficientes 8 pasos de un solo patrón para cumplir con los ciclos de tinturado.

4.1.6.2. El tiempo faltante

Se refiere al tiempo que falta para culminar los pasos programados, esta información es importante para el operador para llevar un control y una correcta administración de su tiempo, además le da la capacidad de controlar el tiempo en el que debe ingresar un químico en caso de requerirlo.

4.1.6.3. Punto de control

Indica la consigna de temperatura a la que debe llegar la máquina, es un parámetro de control el cual en comparación con la temperatura real permite al operador verificar el correcto funcionamiento de la máquina.

4.1.6.4. Temperatura real

Es la temperatura obtenida por el sensor PT100, este valor es leído por el PLC desde el controlador de temperatura, se muestra en la HMI en grados centígrados y con una precisión de un decimal. Permite al operador comparar con el punto de control para verificar el correcto funcionamiento de la máquina.

4.1.6.5. Sentido de giro del motor

Muestra el sentido de giro del motor, permite verificar el cambio de giro del tambor giratorio, esta información la obtiene el PLC del variador mostrado en la figura 4.12.

Figura 4.13

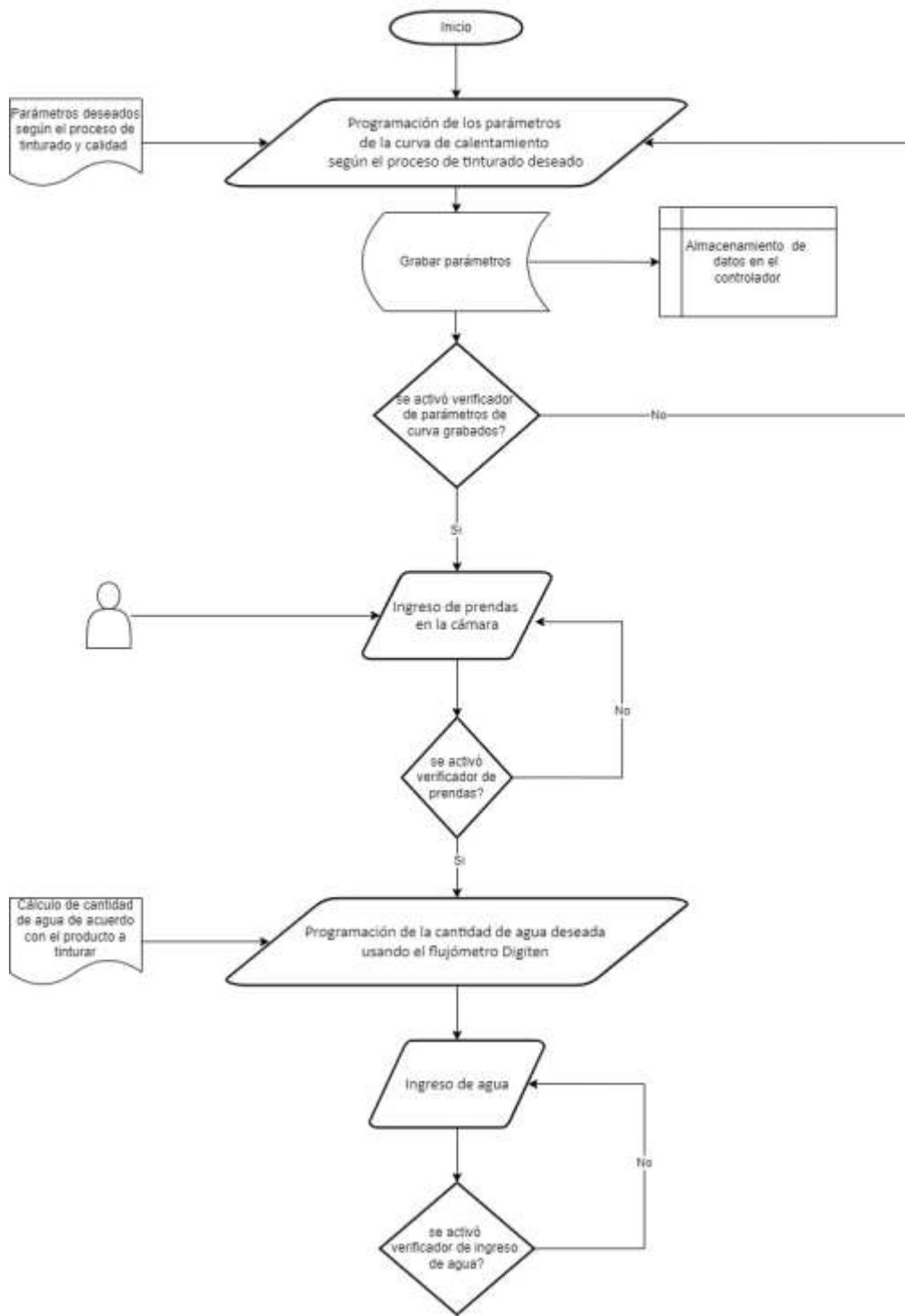
Interfaz hombre máquina implementada

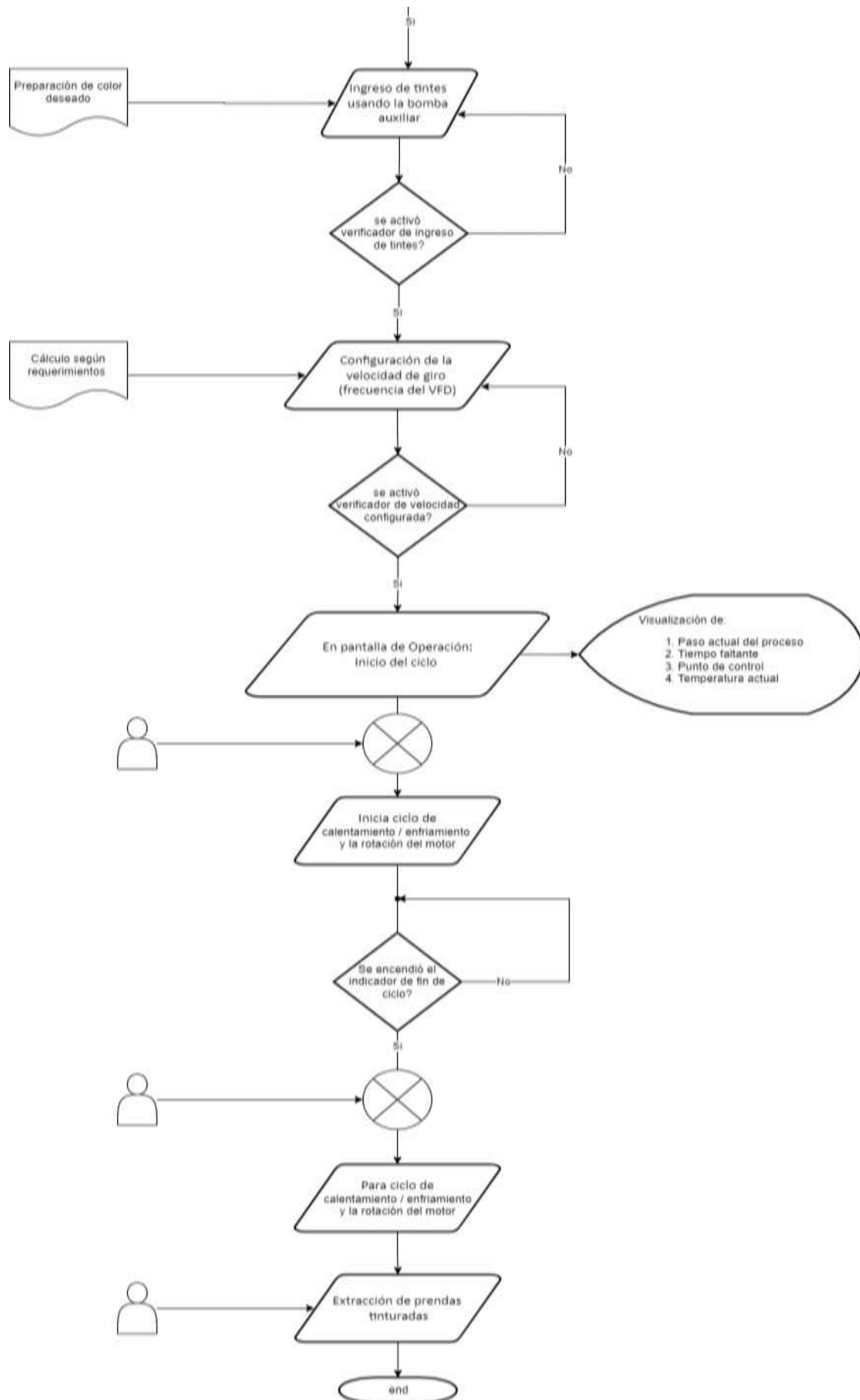


Figura 4.14

Diagrama de flujo del proceso automatizado de tinturado de prendas

Diagrama de flujo del proceso automatizado de tinturado de prendas





4.1.7. Puesta en marcha y producto obtenido.

Para probar el funcionamiento del sistema, se ejecuta un ciclo de tinturado en vacío, durante el ciclo se activa la función de “auto tuning” del controlador para que se determinen las constantes del compensador acorde con la dinámica de la máquina, luego se realiza una segunda prueba con carga y se comprueba que los parámetros establecidos en el inicio trabajan satisfactoriamente, obteniendo la primera carga de prendas tinturadas.

De acuerdo con la experiencia del propietario de la empresa, la prenda tinturada resultante mostrada en la figura 4.15, tiene una buena distribución del color. Gracias al control de velocidad del motor, se logra la ruptura de fibra controlada, característica deseada en este proceso, además se tiene una esponjosidad, es decir tela con volumen, logrado gracias al control de temperatura implementado. El producto final demuestra excelente solidez al lavado, al planchado y a la exposición al sol, por otro lado, la solidez al frote es moderada a baja, a pesar que el tipo de fibra utilizada en la empresa es el acrílico y por naturalidad presenta esta debilidad, sin embargo, el control de la velocidad de giro también abre la posibilidad de controlar el “pilling” y garantizar una larga vida útil de la prenda.

Figura 4.15
Producto final tinturado



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En términos generales, la calidad del lote de prendas producidas depende principalmente de la repetibilidad que pueda tener la máquina en la curva de calentamiento, esta repetibilidad está sujeta al desempeño del caldero y a las condiciones ambientales, es en este punto que se vuelve importante el controlador PID propio del pirómetro, que se encarga de compensar estas pequeñas variaciones.

La flexibilidad de la producción se evidenció en la facilidad de programación desde la interfaz hombre-máquina, las distintas curvas de procesamiento de tinturado, lo que incrementó el portafolio de productos, y agregó la versatilidad para convertirla en máquina de tratamiento de fibras, o programar su autolavado.

La variación de velocidad de giro del tambor, en el proceso de Yantex se ejecuta alrededor de las revoluciones por minuto (rpm) establecidas por el técnico (dato confidencial), para lo cual se debe tener en cuenta que a la velocidad nominal del motor eléctrico que es a 60Hz, el conjunto mecánico reductor más el acople de poleas, gire el tambor a las mismas revoluciones establecidas, de esta forma cuando se requiera aumentar o disminuir las rpm, no se alterará en gran medida la vida útil del motor si se aumenta o rebaja la frecuencia de trabajo nominal.

La prueba de tinturado realizada con 10 kg de prendas, ostenta un excelente resultado, la prenda resultante tiene buena calidad de tinturado, se evidencia un desempeño satisfactorio de la máquina.

La automatización del proceso liberó al operador y le permite ejecutar tareas de secado, doblado y almacenamiento de los lotes producidos anteriormente, mejorando los tiempos de entrega al cliente final.

Los lotes producidos en varias paradas de la máquina, presentan a la vista y al tacto, las mismas características en cuanto al color y calidad de prenda.

Es recomendable cambiar el sistema de enfriamiento del motor eléctrico actual, por un sistema independiente al eje rotor.

REFERENCIAS

- Báez, YA, Rodríguez, MA, De la Vega, EJ y Tlapa, DA (2013). FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ERROR HUMANO DE LOS TRABAJADORES EN LÍNEAS DE MONTAJE MANUAL. *Información tecnológica*, 24, 67-78.
- CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008. Ultima modificación: 25-ene.-2021(Ecuador)
- CVN 119: PROTECCION DE LA MAQUINARIA. Convenio 119. Registro Oficial 63 de 17-may.-1972. Ultima modificación: 23-jun.-1969
- CVN 127: PESO MAXIMO QUE PUEDE TRANSPORTAR UN TRABAJADOR. Convenio 127. Registro Oficial 99 de 22-ene.-1969
- Lecaros Urzúa, Juan Alberto. (2013). La ética medio ambiental: principios y valores para una ciudadanía responsable en la sociedad global. *Acta bioethica*, 19(2), 177-188. <https://dx.doi.org/10.4067/S1726-569X2013000200002>
- Lindholm, J., & Johansen, K. (2018). Is Design Automation a Feasible Tool for Improving Efficiency in Production Planning and Manufacturing Processes? *Procedia Manufacturing*, 25, 194-201. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.074>
- Magnanini, M. C., Terkaj, W., & Tolio, T. (2021). Robust optimization of manufacturing systems flexibility. *Procedia CIRP*, 96, 63-68. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.053>
- Papacharalampopoulos, A., Stavropoulos, P., Stavridis, J., & Chryssolouris, G. (2016). The Effect of Communications on Networked Monitoring and Control of Manufacturing Processes. *Procedia CIRP*, 41, 723-728. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.041>
- REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES. Decreto Ejecutivo 2393. Registro Oficial 565 de 17-nov.-1986. Ultima modificación: 21-feb.-2003
- REGLAMENTO DE RIESGOS DE TRABAJO EN INSTALACIONES ELECTRICAS. Acuerdo Ministerial 13. Registro Oficial 249 de 03-feb.-1998. Ultima modificación: 14-jun.-2017
- Salto Jiménez, J. S. (2018-02-07). Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de un equipo multifuncional lavadora-tinturadora para realizar procesos textiles en prendas de algodón, para la Planta Académica Textil (Bachelor's thesis). Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7932>

- Singh, A. K., Chaturvedi, D. K., & Singh, J. (2014, 2014//). Speed Control of Three Phase Induction Motor Drive Using Soft Computing Technique. Paper presented at the Proceedings of the Third International Conference on Soft Computing for Problem Solving, New Delhi.
- Schreck, G., Lisounkin, A., & Krüger, J. (2006, 2006//). Integrated Knowledge and Simulation-Based Facility Supervision and Control. Paper presented at the Information Technology For Balanced Manufacturing Systems, Boston, MA.
- Terkaj, W., Tolio, T., & Valente, A. (2008). A Review on Manufacturing Flexibility. *Design of Flexible Production Systems: Methodologies and Tools*, 41.
- Velarde Santos, R. (2013). *Implementación de mejoras en el proceso de teñido disperso sobre fibra poliéster*. [Monografía para optar el Título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] http://ateneo.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2662/Velarde_Santos_Rina_Esther_2013.pdf?sequence=1
- Xie, S. (2012). The Design of Auto-control System on Overflow Dyeing Machine. *Physics Procedia*, 24, 2094-2098. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.02.307>
- Zheng, C., Qin, X., Eynard, B., Bai, J., Li, J., & Zhang, Y. (2019a). SME-oriented flexible design approach for robotic manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 53, 62-74. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.09.010>

Anexo 1

Programa realizado en el variador de frecuencia

giro1 - tintu - Main Ladder - 23/09/2021 01:46 - 1 / 2

1:



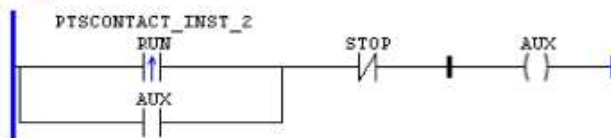
Tag	Group	Datatype	Comment
VELOCIDAD	GLOBAL	INT	Variable para configurar la velocidad

2:



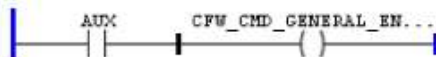
Tag	Group	Datatype	Comment
PAR_223	GLOBAL_PARAMET...	UINT	Selección Giro LOC
SELECCION_GIRO	GLOBAL	BOOL	Memoria indicadora de selección de giro

3:



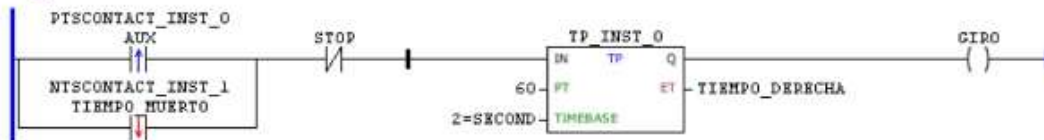
Tag	Group	Datatype	Comment
AUX	GLOBAL	BOOL	Memoria auxiliar para la activación general del variador
PTSCONTACT_INST_2	LOCAL	PTSCONTACT	
RUN	GLOBAL	BOOL	Inicio
STOP	GLOBAL	BOOL	Paro

4:



Tag	Group	Datatype	Comment
AUX	GLOBAL	BOOL	Memoria auxiliar para la activación general del variador
CFW_CMD_GENERAL_ENABLE	GLOBAL_SYSTEM	BOOL	Habilita general el convertidor permitiendo la operación del mo

5:



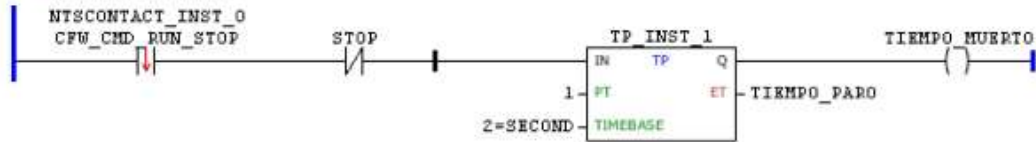
Tag	Group	Datatype	Comment
AUX	GLOBAL	BOOL	Memoria auxiliar para la activación general del variador
GIRO	GLOBAL	BOOL	Activa el giro
NTSCONTACT_INST_1	LOCAL	NTSCONTACT	
PTSCONTACT_INST_0	LOCAL	PTSCONTACT	
STOP	GLOBAL	BOOL	Paro
TIEMPO_DERECHA	GLOBAL	WORD	Tiempo de giro a la derecha
TIEMPO_MUERTO	GLOBAL	BOOL	Memoria bandera de tiempo entre giros
TP_INST_0	LOCAL	TP	

6:



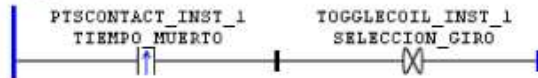
Tag	Group	Datatype	Comment
CFW_CMD_RUN_STOP	GLOBAL_SYSTEM	BOOL	Gira el eje del motor de acuerdo con el valor de la referencia d
GIRO	GLOBAL	BOOL	Activa el giro
STOP	GLOBAL	BOOL	Paro

7:



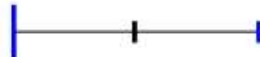
Tag	Group	Datatype	Comment
CFW_CMD_RUN_STOP	GLOBAL_SYSTEM	BOOL	Gira el eje del motor de acuerdo con el valor de la referencia d
NTSCONTACT_INST_0	LOCAL	NTSCONTACT	
STOP	GLOBAL	BOOL	Paro
TIEMPO_MUERTO	GLOBAL	BOOL	Memoria bandera de tiempo entre giros
TIEMPO_PARO	GLOBAL	WORD	Tiempo de reposo antes de cambiar el giro
TP_INST_1	LOCAL	TP	

8:



Tag	Group	Datatype	Comment
PTSCONTACT_INST_1	LOCAL	PTSCONTACT	
SELECCION_GIRO	GLOBAL	BOOL	Memoria indicadora de selección de giro
TIEMPO_MUERTO	GLOBAL	BOOL	Memoria bandera de tiempo entre giros
TOGGLECOIL_INST_1	LOCAL	TOGGLECOIL	

9:



Tag	Group	Datatype	Comment
-----	-------	----------	---------



Árbol del Proyecto

```

Proyecto (C:\Users\PC\Documents\Microsoft\Tinturadora\Tinturadora2.prj)
├── PLC (PPR 16k C10,C14,C16)
│   ├── Librerías
│   │   ├── IEC standard library
│   │   ├── FP library
│   │   ├── FP pu/kad library
│   │   └── FP tool library
│   └── Inicia
│       ├── Programar (Evento = TRUE 1 entrada)
│       ├── Interrupción 0 (Evento = I0)
│       ├── Interrupción 1 (Evento = I1)
│       ├── Interrupción 2 (Evento = I2)
│       ├── Interrupción 3 (Evento = I3)
│       ├── Interrupción 4 (Evento = I4)
│       ├── Interrupción 5 (Evento = I5)
│       ├── Interrupción 6 (Evento = I6)
│       ├── Interrupción 7 (Evento = I7)
│       ├── Interrupción 8 (Evento = I8)
│       ├── Interrupción 9 (Evento = I9)
│       ├── Interrupción 10 (Evento = I10)
│       ├── Interrupción 11 (Evento = I11)
│       └── Interrupción Periódica (Intervalo = T#10ms)
├── OUtS
├── Variables Globales
├── POU's (1197 pasos)
└── Programa_1 (PRG; 1197 pasos)
    
```



Variables Globales

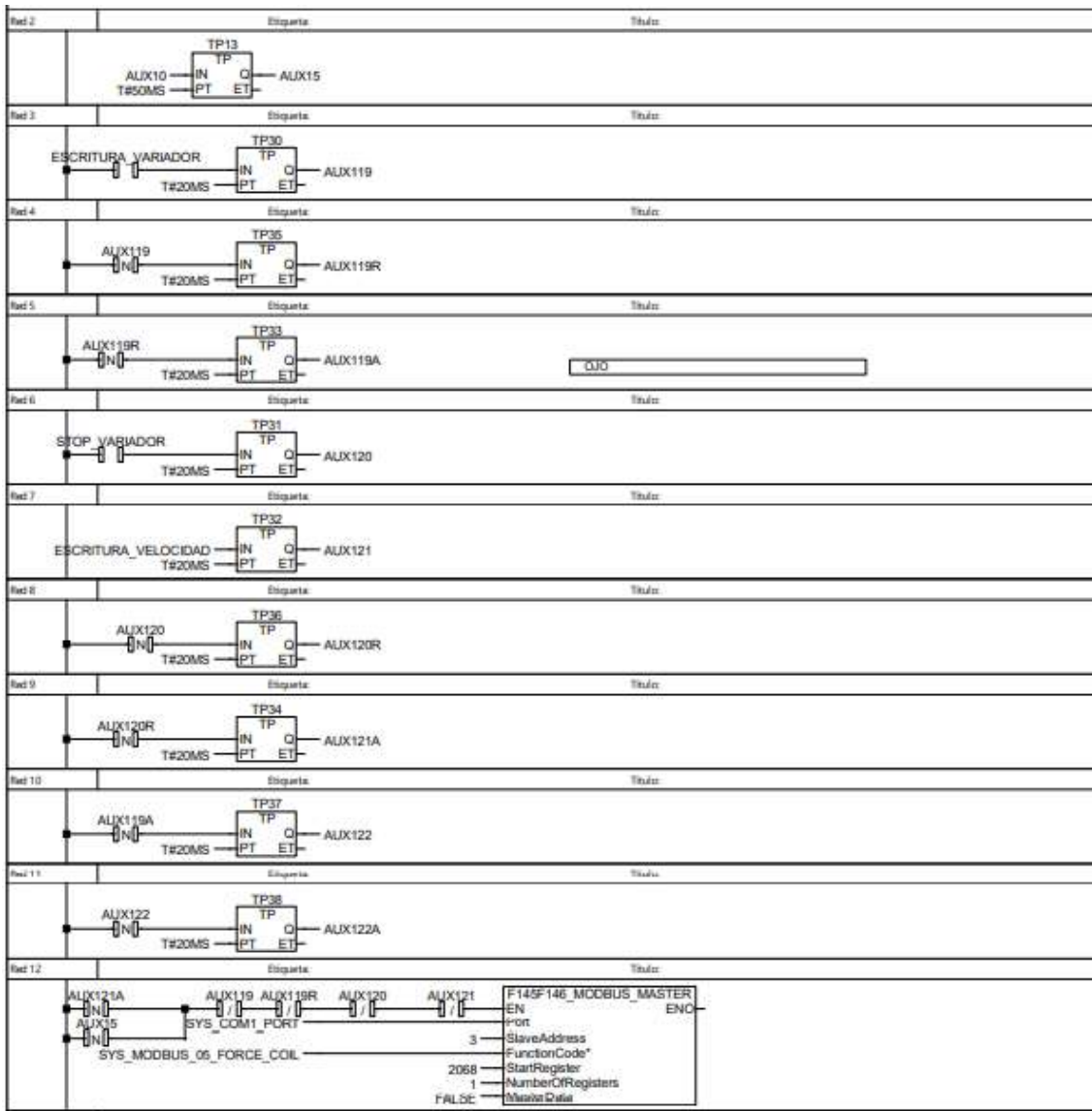
	Clase	Identificador	Dirección FP	Dirección IEC	Tipo	Inicial	Auto reset	Comentario
29	VAR_GLOBAL	STATE	L10	%M7.10	BOOL	FALSE		
30	VAR_GLOBAL	MOTOR_MANUAL	L30	%M7.30	BOOL	FALSE		
31	VAR_GLOBAL	AUX11			BOOL	FALSE		
32	VAR_GLOBAL	AUX12			BOOL	FALSE		
33	VAR_GLOBAL	STOP_VARIADOR	R121	%M0.121	BOOL	FALSE		
34	VAR_GLOBAL							

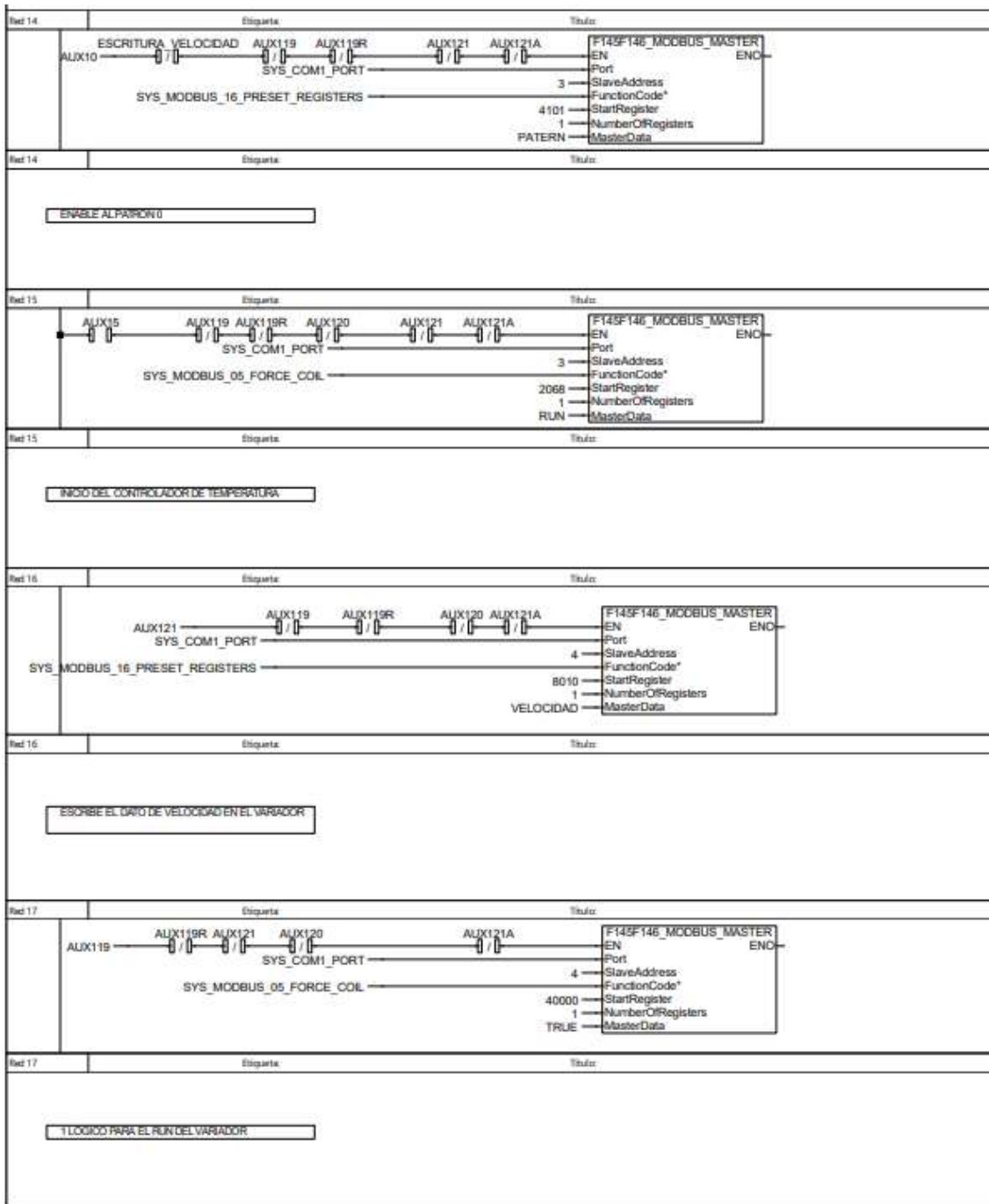
Programa_1					
	Clase	Identificador	Tipo	Inicial	Comentario
0	VAR	AGUA_NIVEL	BOOL	FALSE	INDICADOR DE QUE SE COMPEÓ LA CARGA DE AGUA
1	VAR_EXTERNAL	ALIX3	BOOL	FALSE	
2	VAR_EXTERNAL	ALIX5	BOOL	FALSE	
3	VAR	ALIX10	BOOL	FALSE	Auxiliares
4	VAR_EXTERNAL	ALIX11	BOOL	FALSE	
5	VAR_EXTERNAL	ALIX12	BOOL	FALSE	
6	VAR	ALIX13	BOOL	FALSE	
7	VAR	ALIX14	BOOL	FALSE	
8	VAR	ALIX15	BOOL	FALSE	
9	VAR_EXTERNAL	CICLO_MOTOR	BOOL	FALSE	SAIDA ACTIVA CICLO DE MOTORES
10	VAR_EXTERNAL	ESCRIBIR	BOOL	FALSE	ACTIVA LA COMUNICACIÓN PARA ESCRIBIR
11	VAR	GIRO_DERECHA	BOOL	FALSE	
12	VAR	GIRO_IZQUIERDA	BOOL	FALSE	
13	VAR_EXTERNAL	INICIO	BOOL	FALSE	ACTIVA EL PROCESO
14	VAR_EXTERNAL	PARADA	BOOL	FALSE	INDICADOR LUMINOSO DE IRADA TERMINO EL CICLO
15	VAR	PARBN	INT	3	
16	VAR_EXTERNAL	PUEIRA	BOOL	FALSE	INDICADOR DEL ESTADO DE LA PUEIRA (INTERRUPTOR NO)
17	VAR_EXTERNAL	PV	WORD	0	VARIABLE PARA ALMACENAR VALOR PRESNTE
18	VAR	RLIN	BOOL	FALSE	
19	VAR_EXTERNAL	SAIDA_DERECHA	BOOL	FALSE	SAIDA DE GIRO DE MOTOR A LA DERECHA
20	VAR_EXTERNAL	SAIDA_IZQUIERDA	BOOL	FALSE	SAIDA DE GIRO DE MOTOR A LA IZQUIERDA
21	VAR_EXTERNAL	SIATE	BOOL	FALSE	
22	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA1	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
23	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA2	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
24	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA3	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
25	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA4	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
26	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA5	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
27	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA6	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
28	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA7	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
29	VAR_EXTERNAL	TEMPERATURA8	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TEMPERATURA
30	VAR_EXTERNAL	TEMP_ACTUAL	WORD	0	INDICA EL VALOR ACTUAL DE TEMPERATURA
31	VAR_EXTERNAL	TEMPO1	WORD	0	VALOR DE CONFIGURACIÓN DE PUNTO DE CONTROL DE TIEMPO DE TEMP1
32	VAR	TEMPO_MUEBRO1	BOOL	FALSE	
33	VAR	TEMPO_MUEBRO2	BOOL	FALSE	
34	VAR_EXTERNAL	TINTES	BOOL	FALSE	INDICADOR DEL ESTADO DEL PULSADOR (OK) EN LA HMI CONFIRMACIÓN DE INGRESO DE TINTES
35	VAR	TQF12	TOP		
36	VAR	TP1	TP		
37	VAR	TP2	TP		
38	VAR	TP3	TP		
39	VAR	TP4	TP		
40	VAR	TP7	TP		
41	VAR	TP6	TP		
42	VAR	TP9	TP		
43	VAR	TP10	TP		
44	VAR	TP11	TP		
45	VAR	TP12	TP		
46	VAR	TP13	TP		
47	VAR	TI1	TIME	30s	
48	VAR	TI2	TIME	30s	
49	VAR	TI3	TIME	30s	
50	VAR	TI4	TIME	30s	
51	VAR	TP5	TP		
52	VAR	ALIXD	BOOL	FALSE	
53	VAR	ALIXDA	BOOL	FALSE	
54	VAR	ALIXDB	BOOL	FALSE	
55	VAR	ALIXDC	BOOL	FALSE	
56	VAR	TP20	TP		

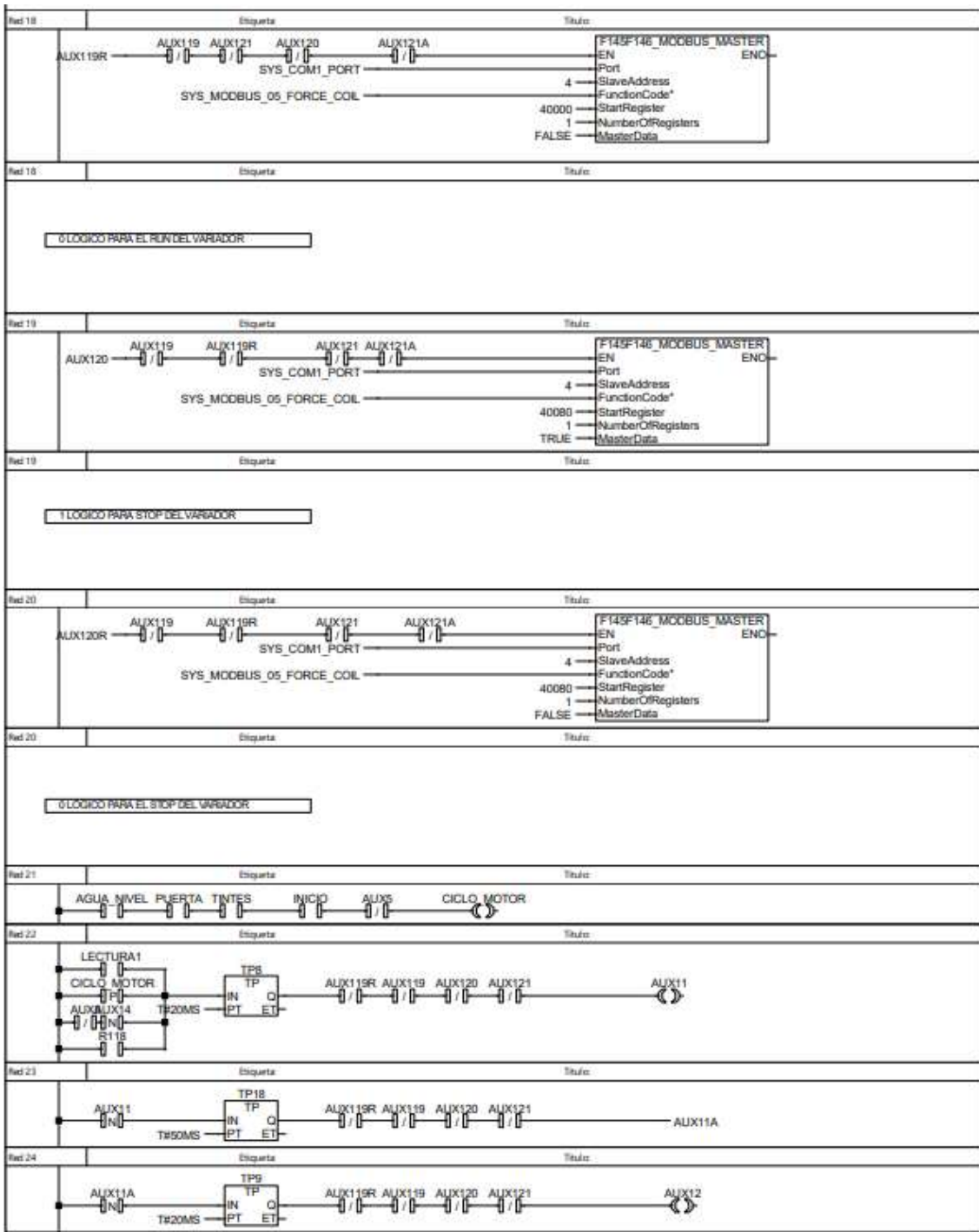
57	VAR	IP21	IP		
58	VAR	IP14	IP		
59	VAR	IP15	IP		
60	VAR	AUX1A	BOCL	FALSE	
61	VAR	AUX2A	BOCL	FALSE	
62	VAR	IP16	IP		
63	VAR	AUX1B	BOCL	FALSE	
64	VAR	IP17	IP		
65	VAR	AUX12A	BOCL	FALSE	
66	VAR	IP18	IP		
67	VAR	AUX15A	BOCL	FALSE	
68	VAR_EXTERNAL	LECTURAI	BOCL	FALSE	
69	VAR	IP19	IP		
70	VAR	AUX13A	BOCL	FALSE	
71	VAR	IP22	IP		
72	VAR	IP23	IP		
73	VAR	AUX16	BOCL	FALSE	
74	VAR	AUX16A	BOCL	FALSE	
75	VAR	IP24	IP		
76	VAR	AUX17	BOCL	FALSE	
77	VAR	IP25	IP		
78	VAR	AUX17A	BOCL	FALSE	
79	VAR	TON1	TON		
80	VAR	IP26	IP		
81	VAR_EXTERNAL	MOTOR_MANUAL	BOCL	FALSE	
82	VAR_EXTERNAL	GIRO_OBSECHA_MANUAL	BOCL	FALSE	
83	VAR_EXTERNAL	TBMFO_MUSBRD_MANUAL	BOCL	FALSE	
84	VAR_EXTERNAL	GIRO_IZQUIERDA_MANUAL	BOCL	FALSE	
85	VAR	IP27	IP		
86	VAR	IP28	IP		
87	VAR	IP29	IP		
88	VAR_EXTERNAL	TBMFO_MUSBRD2_MANUAL	BOCL	FALSE	
89	VAR_EXTERNAL	VELOCIDAD	WORD	0	VARIABLE CONTIENE EL DATO DE VELOCIDAD
90	VAR	IP30	IP		
91	VAR	AUX119	BOCL	FALSE	
92	VAR_EXTERNAL	ESCRITURA_VARADOR	BOCL	FALSE	
93	VAR_EXTERNAL	ESCRITURA_VELOCIDAD	BOCL	FALSE	ESCRIBE EL DATO DE VELOCIDAD USANDO MODBUS
94	VAR	IP31	IP		
95	VAR	AUX120	BOCL	FALSE	
96	VAR_EXTERNAL	STOP_VARADOR	BOCL	FALSE	
97	VAR	IP32	IP		
98	VAR	AUX121	BOCL	FALSE	
99	VAR	IP33	IP		
100	VAR	AUX119A	BOCL	FALSE	
101	VAR	AUX121A	BOCL	FALSE	
102	VAR	IP34	IP		
103	VAR	IP35	IP		
104	VAR	AUX119R	BOCL	FALSE	
105	VAR	IP36	IP		
106	VAR	AUX120R	BOCL	FALSE	
107	VAR	IP37	IP		
108	VAR	AUX122	BOCL	FALSE	
109	VAR	IP38	IP		
110	VAR	AUX122A	BOCL	FALSE	
111	VAR	ES	BOCL	FALSE	
112	VAR	ES1	BOCL	FALSE	
113	VAR				

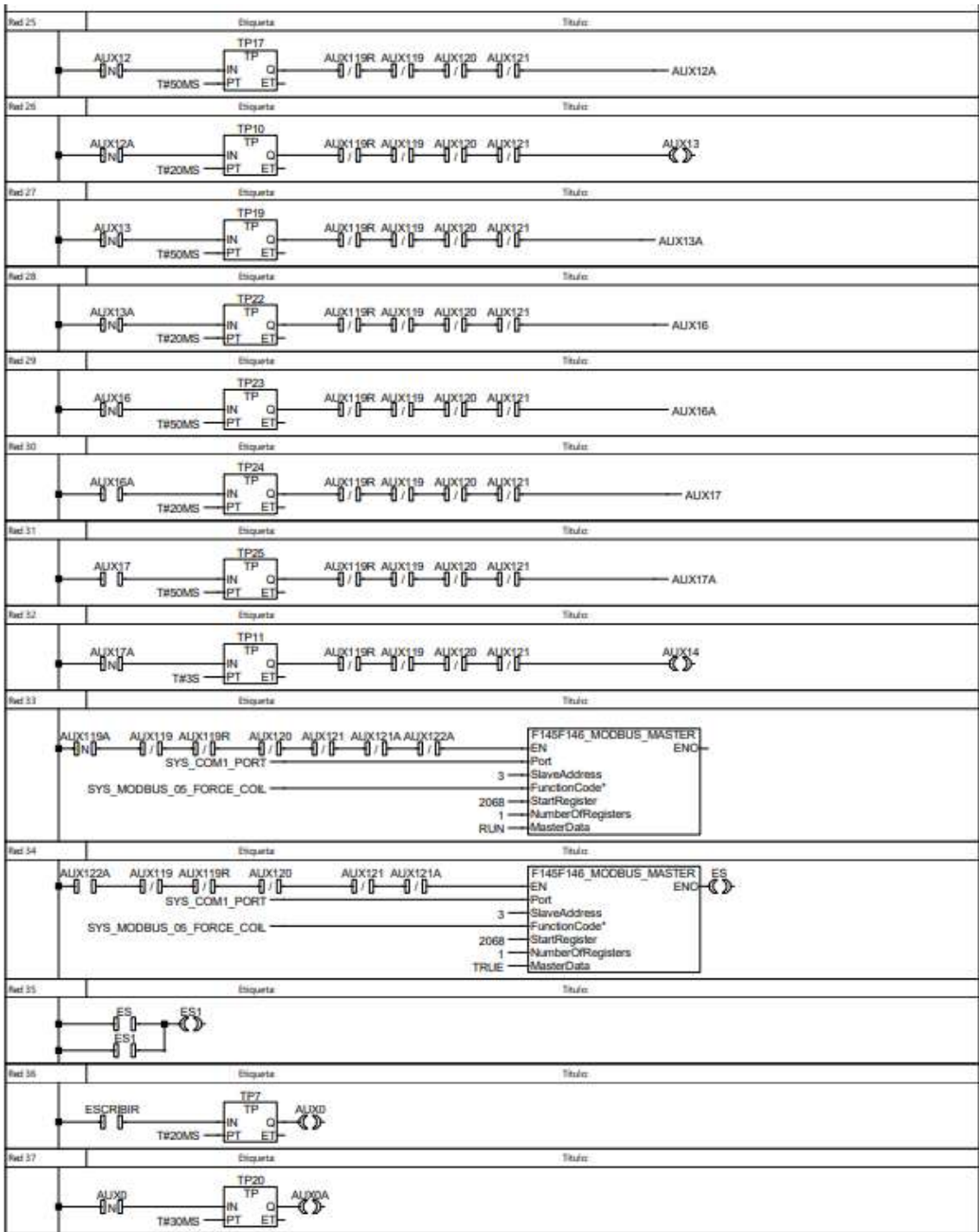
Programa_1

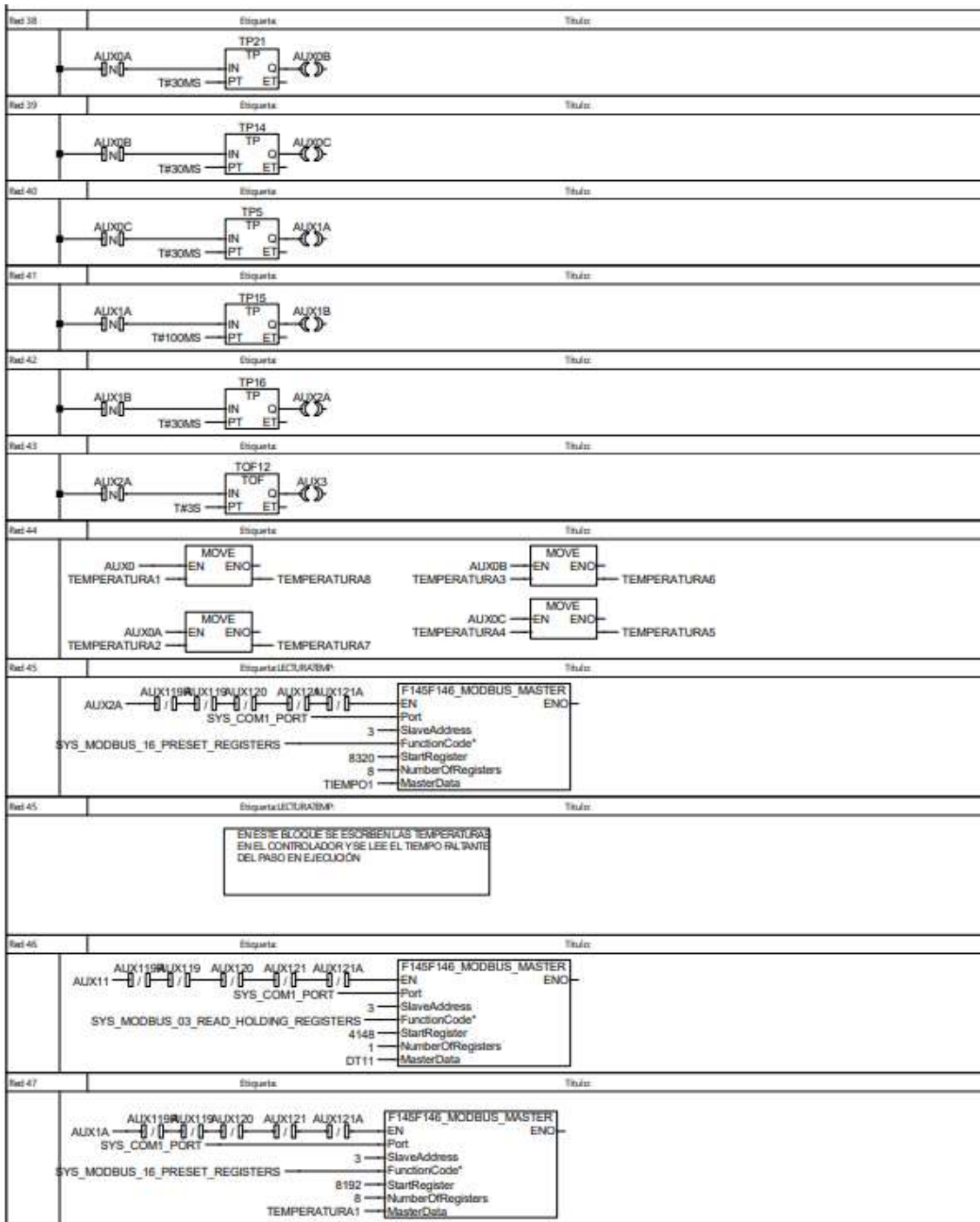


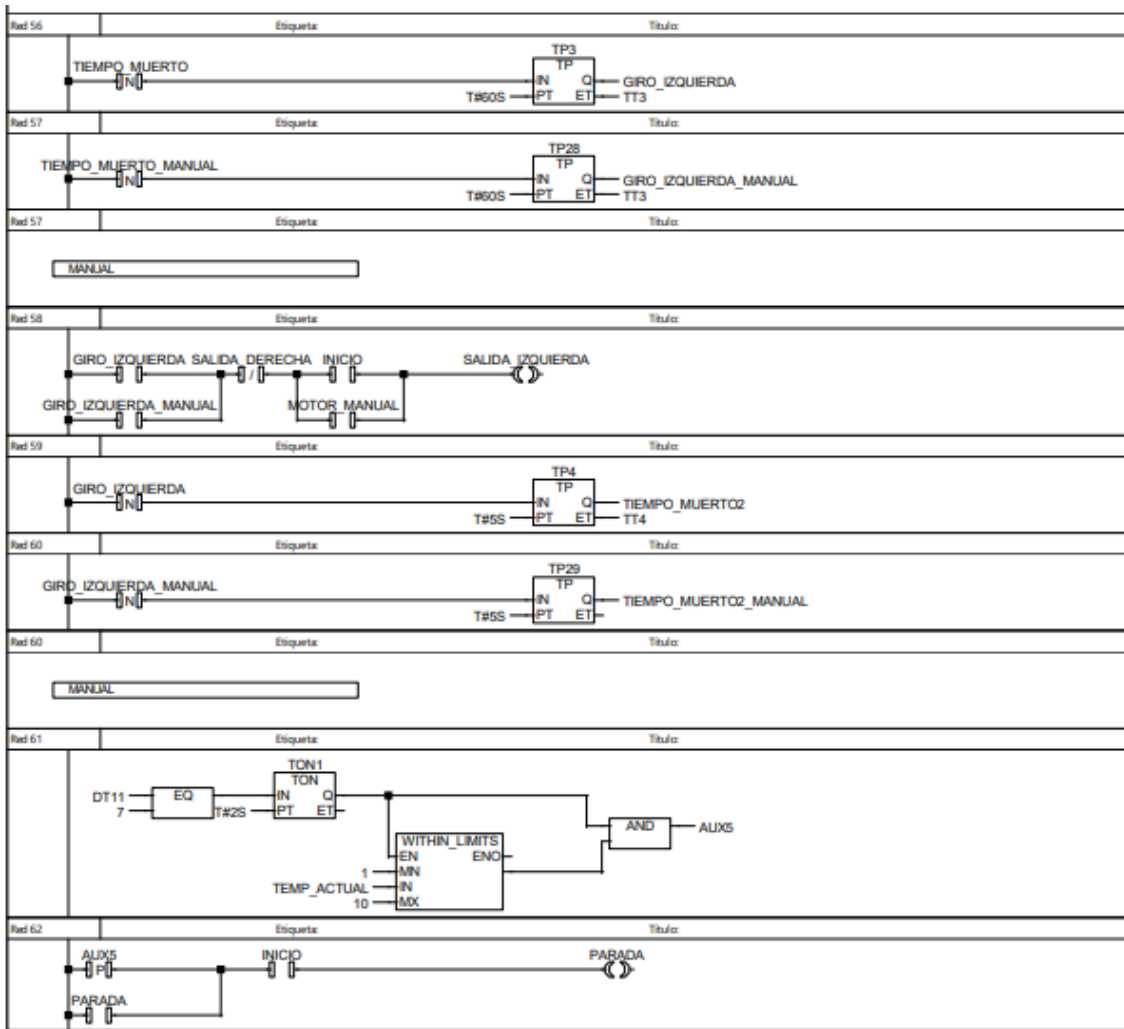












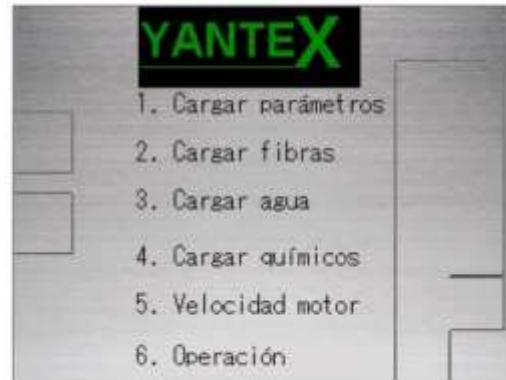
Anexo 3

Programa de la Interfaz Humano Máquina

Pantalla

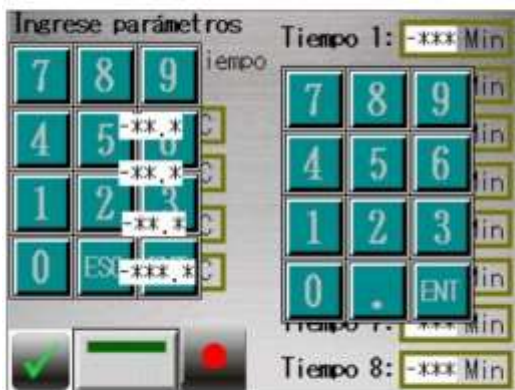
2021/10/05

Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Pant[0]
 Nombre [Presentación]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Tra[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 RetroilumiOperación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 0] [CS - 1] [CS - 2] [CS - 3] [CS - 5]
 [CS - 6] [CS - 7] [CS - 4] [CS - 8] [CS - 9]
 [CS - A] [CS - B] [CS - C]

Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Pant[1]
 Nombre [Parametros]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Tra[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 RetroilumiOperación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [KY - 0] [DA - 0] [DA - 1] [DA - 3] [DA - 4]
 [DA - 5] [DA - 6] [DA - 7] [DA - 8] [DA - 9]
 [DA - A] [KY - 1] [DA - 2] [CS - 0] [LP - 0]
 [DA - B] [CS - 1]

Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Panta[2]
 Nombre [Fibras]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Trz[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 Retroiluminación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 0] [FS - 0]

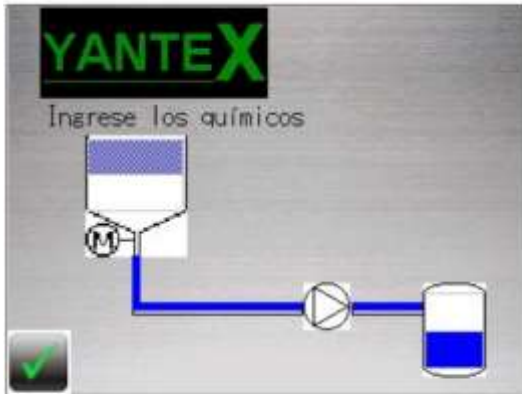
Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Panta[3]
 Nombre [Agua]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Trz[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 Retroiluminación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 2] [BG - 0] [CD - 0] [CD - 1] [CS - 3]

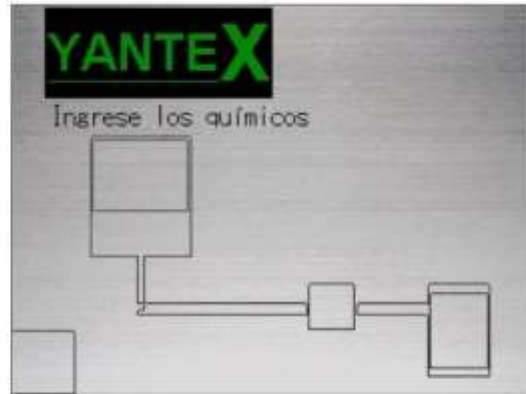


Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Pantá[4]
 Nombre [Químicos]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Tra[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 RetroiluminOperación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 0] [CS - 1] [BG - 0] [CD - 0] [CD - 1]
 [CD - 2] [CS - 2] [BG - 1] [CS - 3]

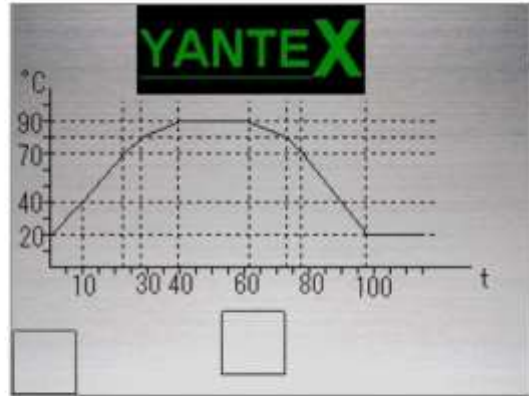
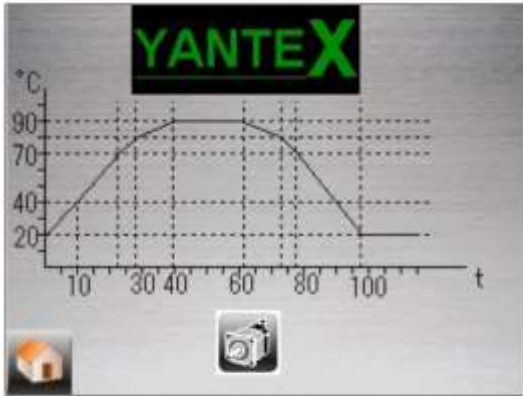
Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Pantá[5]
 Nombre [Operacion]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Tra[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 RetroiluminOperación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 0] [DA - 0] [DA - 2] [DA - 1] [CS - 1]
 [DA - 3] [LP - 0] [CS - 3] [CS - 4] [CS - 5]
 [CS - 6] [CS - 8] [CS - 7] [CS - 2]



Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Panta[6]
 Nombre [Manual]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=187 G=187 B=187]
 Color de Tra[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 Retroiluminación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 0] [CS - 1]

Nombre de [TINTURADORA final.IOP]
 Nº de Panta[7]
 Nombre [Velocidad]
 Tamaño de [320 x 240]
 Fondo [R=255 G=255 B=255]
 Color de Tra[R=0 G=0 B=0]
 Trama [Trama15]
 Retroiluminación [Iluminación]



Objetos a Pegar
 [CS - 0] [DA - 0] [KY - 0]

Configuración GT

2021/10/05

Nombre de Archiv[TINTURADORA final.IOP]

Configuración Básica

Título []
Modelo GT [GT03-E Color]
Modelo PLC [Panasonic FP Series]
Área Básica de Comunicación con el PLC
Área de Palabra [DTD]
Área de Bit [WPD]
Deshabilitar la transmisión de datos [OFF]
Rotación de la pantalla 180 grados [OFF]

Parámetros de Comunicación

Puerto COM (Conexión a PLC/Elmto. Externo)
Velocidad [9600]
Configuración Caracteres Datos [8]bits Paridad [Impar] Bits de stop [1]bit
Retransmisiones [3]veces Espera [4]seg.
Mostrar Códigos de Error [On (No retención)]
Retardo Transmisión [0]mseg

Conexión de múltiples PLCs

Conexión de múltiples PLCs [OFF]

Salto Automático de Página

Salto Automático de Página [OFF]

Pantalla de Inicio

Nº Pantalla Inicio [0]
Mostrar Hora [0]seg.

Configuración

Reloj
Reloj [Reloj GT]
Horario de Verano [No]
Transmisión [OFF]
Control Retroiluminación
Auto-OFF [OFF]
Sonido de Operación Táctil [Habilitado]
Mensajes de Fallo de Batería [OFF]
Compresión de Archivo [On]
Configuración del cambio texto multi-lenguaje
Referencia a PLC [OFF]
Brillo de Retroiluminación [OFF]
Font for Data Parts [Chino Tradicional (Big5)]

Configuración 2

Temporizador decremental [OFF]
Menú Tarjeta de Memoria SD
Visualización automática [On]
Espacio libre en Tarjeta de Memoria SD
Notificar falta de espacio en la tarjeta SD [OFF]
Función durante escritura en SD
Visualización dur. escritura [On]
Salida durante escritura [OFF]
Detener control escritura [OFF]
Salida si ocurre un error [OFF]

Reg. de Retención

Reg. de Retención del PLC [OFF]
Reg. de Retención de GT
Registro de Datos [OFF]
Relé Interno [OFF]