



REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
AUTOMÁTICO PARA UNA MÁQUINA TEXTURIZADORA EN LA
PLANTA DE FIBRAS TEXTILES “ENKADOR”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

MARÍA ELIZABETH POMA ALEJANDRO
maeliz02@hotmail.com

DIRECTOR: MSc. JORGE LUIS ROSERO BELTRÁN
jorge.rosero@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Dr. JORGE ANDRÉS ROSALES ACOSTA
andres.rosales@epn.edu.ec

Quito, Abril 2014

DECLARACIÓN

Yo MARIA ELIZABETH POMA ALEJANDRO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

MARIA ELIZABETH POMA ALEJANDRO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por MARIA ELIZABETH POMA ALEJANDRO, bajo mi supervisión.

MSc. Jorge Luis Rosero Beltrán
DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Jorge Andrés Rosales Acosta
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas y por permitirme cumplir una meta más en mi vida. A mis padres y familia, que siempre estuvieron listos para brindarme su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, por enseñarme que con esfuerzo todo es posible.

Quiero dar las gracias a todos y cada uno de mis amigos, por todas las vivencias compartidas durante mi trayecto en la universidad, experiencias que nunca olvidaré. Debo agradecer, especialmente a C.J.A. y C.P por su apoyo, disponibilidad y paciencia en aquellos momentos de declive.

Agradezco de manera muy especial a todo el personal del Área de Mantenimiento e Instrumentación de la empresa ENKADOR S.A., por brindarme su amistad, colaboración y facilitarme los medios necesarios para que este trabajo llegue a un feliz término. Además, por darme la oportunidad de aprender cosas nuevas y crecer profesionalmente.

Y, por supuesto, extendiendo mi agradecimiento a mi director MSc. Jorge Rosero y codirector Dr. Andrés Rosales, por su importante aporte durante el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

Este logro alcanzado lo dedico a Dios y a mis padres, especialmente a mi madre Rosita, que ha sido ejemplo de lucha, perseverancia, superación y mi guía a lo largo de toda mi vida.

A mis sobrinos, que son el motivo para esforzarme cada día.

INDICE

| | |
|---|------------|
| RESUMEN..... | XI |
| PRESENTACIÓN | XII |
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS DE ELABORACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS..... | 1 |
| 1.1.1.1 Hilatura | 1 |
| 1.1.1.2 Estirado | 4 |
| 1.1.1.3 Texturizado | 4 |
| 1.1.1.4 Retorcido | 6 |
| 1.1.1.5 Tinturado | 6 |
| 1.1.1.6 Enconado | 7 |
| 1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA TEXTURIZADORA DE HILO | 7 |
| 1.1.2.1 Tipo de máquina | 7 |
| Creel o Fileta | 8 |
| Rodillos motrices V1 y V2 | 8 |
| Placa de calentamiento..... | 8 |
| Enfriamiento | 8 |
| Elemento texturizador | 8 |
| Cajas de calentamiento..... | 9 |
| Boquilla de tangling o de suministro de aire comprimido..... | 9 |
| Eje V3 | 9 |
| Rodillo ranurado de avivaje | 9 |
| Eje V4 | 9 |
| Embobinado..... | 9 |
| 1.1.2.2 Condiciones de trabajo de la máquina | 10 |
| Valor de la falsa torsión | 10 |
| Temperatura de texturización | 10 |

| | |
|---|-----------|
| Velocidad de los discos | 10 |
| Sobrealimentación | 10 |
| Torsión en la zona de calentamiento..... | 11 |
| Sentido en la zona de torsión | 11 |
| Tipo de hilo texturizado | 11 |
| 1.2 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL..... | 11 |
| 1.2.1 <i>SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL</i> | 11 |
| 1.2.1.1 Control en lazo abierto | 12 |
| 1.2.1.2 Control en lazo cerrado | 12 |
| 1.2.2 <i>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE – PLC</i> | 13 |
| 1.2.2.1 Estructura interna de un PLC | 13 |
| 1.2.2.2 Funcionamiento de los PLCs | 13 |
| 1.2.2.3 Clasificación de los PLCs..... | 14 |
| 1.2.3 <i>SISTEMAS SCADAS</i> | 15 |
| 1.2.3.1 Funciones de un SCADA..... | 15 |
| 1.2.3.2 Componentes de un sistema SCADA | 16 |
| Hardware | 16 |
| Software..... | 17 |
| 1.2.3.3 Ventajas de un sistema SCADA..... | 18 |
| 1.3 IMPORTANCIA DE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO | 18 |
| 1.3.1 <i>OBJETIVOS DEL PROYECTO</i> | 18 |
| 1.3.2 <i>ALCANCE DEL PROYECTO</i> | 19 |
| CAPÍTULO 2 | 21 |
| DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE..... | 21 |
| 2.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y SEÑALES DE CONTROL..... | 21 |
| 2.2 DISEÑO DE CONTROL..... | 22 |
| 2.2.1 <i>ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA</i> | 22 |
| 2.2.2 <i>ENCENDIDO DEL SISTEMA</i> | 23 |
| 2.2.3 <i>APAGADO DEL SISTEMA</i> | 24 |
| 2.2.4 <i>ALARMAS DE LA MÁQUINA</i> | 24 |
| 2.2.5 <i>CONTROL DE TEMPERATURA</i> | 25 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.2.6 | <i>FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA VAIVÉN</i> | 25 |
| 2.2.7 | <i>FUNCIONAMIENTO DE LA RESPIRACIÓN DEL VAIVÉN</i> | 26 |
| 2.2.7.1 | Tiempo de movimiento..... | 26 |
| 2.2.7.2 | Tiempo de reposo..... | 27 |
| 2.3 | SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL..... | 27 |
| 2.3.1 | <i>CARACTERÍSTICAS DEL PLC MODICON M340</i> | 28 |
| 2.3.2 | <i>FLEXPAC 3000 RELIANCE ELECTRIC</i> | 30 |
| 2.3.3 | <i>HITACHI X200 Y L700</i> | 33 |
| 2.4 | SENSORES..... | 35 |
| 2.4.1 | <i>SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO</i> | 35 |
| 2.5 | ELEMENTOS ADICIONALES..... | 35 |
| 2.5.1 | <i>PULSADORES</i> | 35 |
| 2.5.2 | <i>CONTACTORES Y RELÉS</i> | 36 |
| 2.5.3 | <i>ELEMENTOS DE PROTECCION</i> | 37 |
| 2.5.3.1 | Fusibles..... | 37 |
| 2.5.3.2 | Guardamotores..... | 38 |
| 2.5.3.3 | Disyuntores..... | 38 |
| 2.6 | CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL..... | 38 |
| 2.6.1 | <i>ADECUACIÓN DEL GABINETE</i> | 39 |
| 2.6.2 | <i>IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO CONTROL</i> | 39 |
| 2.6.3 | <i>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FUERZA</i> | 40 |
| CAPÍTULO 3 | | 43 |
| DESARROLLO DEL SOFTWARE E INTERFAZ DEL USUARIO | | 43 |
| 3.1 | DESARROLLO DEL HMI DEL SISTEMA..... | 43 |
| 3.1.1 | <i>NOCIONES BÁSICAS DEL INTOUCH</i> | 43 |
| 3.1.1.1 | Application Manager..... | 43 |
| 3.1.1.2 | WindowMaker..... | 43 |
| 3.1.1.3 | WindowViewer..... | 44 |
| 3.1.2 | <i>CREACIÓN DE VENTANAS</i> | 44 |
| 3.1.2.1 | Ventana Principal..... | 45 |
| 3.1.2.2 | Cambio de Condiciones..... | 45 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.1.2.3 | Ventana de Condiciones | 46 |
| 3.1.2.4 | Ventana de Velocidades de Producción | 47 |
| 3.1.2.5 | Pantalla del Tangling | 48 |
| 3.1.2.6 | Temperatura | 49 |
| 3.1.2.7 | Pantalla de Históricos o Tendencias | 49 |
| 3.1.2.8 | Pantalla de Alarmas | 50 |
| 3.1.2.9 | Pantalla de Recorrido del hilo..... | 51 |
| 3.1.3 | <i>CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN</i> | 52 |
| 3.1.3.1 | Configuración del I/O Server MBENET..... | 53 |
| 3.1.3.2 | Configuración del Access Name..... | 53 |
| 3.1.3.3 | Configuración de los Tags | 54 |
| 3.2 | CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC | 55 |
| 3.2.1 | <i>CONFIGURACIÓN DE UNA APLICACIÓN</i> | 56 |
| 3.2.2 | <i>CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS DEL PLC</i> | 57 |
| 3.2.2.1 | Configuración del procesador..... | 57 |
| 3.2.2.2 | Configuración de los módulos de E/S digitales..... | 58 |
| 3.2.2.3 | Configuración de los módulos de E/S analógicos | 59 |
| 3.2.3 | <i>CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DEL PLC M340</i> | 60 |
| 3.2.4 | <i>CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO</i> | 61 |
| 3.2.4.1 | Declaración de variables..... | 62 |
| 3.2.4.2 | Asignación de direcciones..... | 62 |
| 3.2.4.3 | Creación de secciones de programa | 63 |
| 3.2.4.4 | Simulación del Programa | 63 |
| | Compilación y generación del proyecto | 64 |
| | Tablas de Simulación | 65 |
| | Transferencia del programa al PLC | 65 |
| 3.3 | DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL | 66 |
| 3.3.1 | <i>ARRANQUE Y APAGADO DE LA MÁQUINA</i> | 66 |
| 3.3.2 | <i>SELECCIÓN</i> | 68 |
| 3.3.3 | <i>VARIABLES EN INTOUCH</i> | 68 |
| 3.3.4 | <i>PROGRAMA RESPIRACIÓN DEL VAIVÉN</i> | 69 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.3.5 | <i>PROGRAMA DE SISTEMA VAIVÉN</i> | 71 |
| 3.3.6 | <i>CONTROL DE TEMPERATURA</i> | 71 |
| CAPÍTULO 4 | | 73 |
| PRUEBAS Y RESULTADOS | | 73 |
| 4.1 | PRUEBAS DE SOFTWARE DEL PLC – HMI..... | 73 |
| 4.1.1 | <i>PRUEBAS DEL PLC M340</i> | 73 |
| 4.1.1.1 | Prueba del arranque y paro de la máquina..... | 73 |
| 4.1.1.2 | Sistema Vaivén..... | 74 |
| 4.1.1.3 | Sistema Respiración del Vaivén..... | 76 |
| 4.1.2 | <i>PRUEBAS CON EL HMI</i> | 77 |
| 4.1.3 | <i>PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISPOSITIVOS</i> | 78 |
| 4.2 | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA..... | 79 |
| 4.2.1 | <i>PRUEBAS DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS</i> | 79 |
| 4.2.2 | <i>PRUEBAS DE HARDWARE</i> | 79 |
| 4.2.2.1 | Pulsadores de marcha, paro y paro de emergencia..... | 79 |
| 4.2.2.2 | Sensores Pt100..... | 80 |
| 4.2.2.3 | Sensores inductivos..... | 81 |
| 4.2.2.4 | Motores..... | 81 |
| 4.2.2.5 | Variadores de DC..... | 82 |
| 4.2.3 | <i>PRUEBAS GENERALES DEL PROCESO DE TEXTURIZADO</i> | 82 |
| 4.3 | ÍNDICES DE PAROS Y PRODUCCIÓN..... | 84 |
| CAPITULO 5 | | 89 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 89 |
| 5.1 | CONCLUSIONES..... | 89 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | 91 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 93 |
| ANEXO A | | 95 |
| (PLANOS ELÉCTRICOS) | | 95 |

| | |
|--|-----------|
| ANEXO B | 96 |
| (COSTO DEL PROYECTO)..... | 96 |
| ANEXO C | 97 |
| (HOJAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS) | 97 |

RESUMEN

El presente proyecto presenta el diseño de un sistema de control automático para una máquina texturizadora de hilo de la planta de fibras textiles ENKADOR.

Como controlador se emplea un PLC Modicon M340, éste se encarga de recibir y enviar las señales de los instrumentos de campo, y a su vez se comunica con un Interfaz Humano-Máquina (HMI). El sistema se enfoca en el control de temperatura y formación del paquete de hilo. La regulación de temperatura de placas y cajas de calefacción, se lo realiza mediante un control PID en lazo cerrado, cuyos parámetros se ajustan en el programa del PLC.

Para el mecanismo de embobinado del hilo se divide en dos partes conocidas como Respiración y Perturbación del vaivén. En la primera se elabora una secuencia de 4 escalones, con un tiempo de reposo entre cada uno de ellos, los cuales permiten modificar la longitud de la carrera. El sistema vaivén tiene una forma de onda triangular, conformada por el flanco creciente y decreciente de una rampa, esta señal se genera en el PLC y se envía a la entrada análoga de un variador, la misma que sirve de referencia externa para el control de velocidad del motor principal de la máquina.

Asimismo, se implementó un HMI en un computador, dispone de ventanas que permiten al usuario visualizar y manejar los datos que intervienen en el proceso. Además cuenta con mensajes de alarma.

Finalmente, el sistema de control permite mejorar la formación de las bobinas de hilo de poliéster y disminuir las pérdidas de materia prima provocada por variaciones de temperatura, lo que se traduce en una mayor productividad para la empresa, alcanzó niveles de rendimiento por encima del 88 % y volúmenes de producción del 10 %, además de reducir las pérdidas en un 0.5 %.

PRESENTACIÓN

Enkador es una empresa líder en la elaboración de fibras sintéticas e industriales en el Ecuador, y en su afán por ser más competitiva está enfocando sus esfuerzos en mejorar los procesos productivos mediante la implementación y adaptación de nuevas tecnologías.

La etapa de texturizado es vital dentro del proceso de elaboración de hilo, es en esta parte donde se da mayor elasticidad, textura y calidez a los filamentos de poliéster. La automatización individualizada de las máquinas texturizadoras es importante debido a que tienen mecanismos antiguos, los mismos que son susceptibles a fallas provocadas por el desgaste de los elementos electromecánicos que ya han cumplido su vida útil.

El trabajo elaborado se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el Capítulo 1, se realiza una descripción general de las etapas que intervienen en la fabricación de hilo sintético. Del mismo modo, se presenta un marco teórico que permitirá un mejor entendimiento del desarrollo de este proyecto.

En el Capítulo 2, inicialmente se explica el diseño del sistema de control de la máquina texturizadora de hilo. Luego se justifica la selección del PLC M340 y se detalla la implementación realizada de acuerdo a los planos eléctricos elaborados.

A continuación, en el Capítulo 3, se realiza el diseño del HMI que permite al operador interactuar con el proceso, presentando de forma clara y concisa los diferentes datos del sistema. Luego se da una breve descripción del software Unity Pro, necesario para realizar la programación del PLC M340. Finalmente se describe la aplicación creada para el presente proyecto.

En el Capítulo 4, se detalla las pruebas realizadas para probar el correcto funcionamiento del sistema. A la vez se muestra los resultados obtenidos.

Posteriormente en el Capítulo 5, se señalan conclusiones y recomendaciones que se obtienen luego de realizar el diseño e implementación del sistema.

Para concluir, se presentan los anexos en los que constan los diagramas eléctricos, el costo y hojas de datos de los elementos más importantes utilizados en este proyecto.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS DE ELABORACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS

Las fibras sintéticas son aquellas fabricadas por el hombre, a través de procesos de síntesis químicas, obteniéndose largas cadenas moleculares denominadas polímeros. Dependiendo de la naturaleza química del monómero, ó producto inicial, se obtienen una diversidad de polímeros útiles para su uso textil, que se pueden clasificar según el tipo de fibra en: poliamidas, poliéster, acrílicas, polivinílicas, polietilénicas, polipropiléticas, poliuretano.

Enkador es una empresa dedicada a la producción de filamentos de poliéster y filamentos de poliamida o nylon. El proceso de fabricación de estas fibras sintéticas se lo realiza en seis áreas que son: Hilatura, Estirado, Texturizado, Retorcido, Tinturado y Enconado.

Cada una de estas áreas cumple con un propósito determinado, los mismos que se especifican a continuación:

1.1.1.1 Hilatura

El término *Hilatura química* define el proceso de extrusión a través de dispositivos perforados (hileras) de una masa fluida de polímeros, capaz de solidificarse en un flujo continuo.

En la Figura 1.1 se observa el proceso, y se lo detalla a continuación.



Figura 1. 1 Diagrama del proceso de Hilatura

El gránulo de poliéster y nylon capturan humedad durante su acopio. La humedad en los procesos de extrusión reacciona con las resinas, generando reducción en la viscosidad e inestabilidad de los filamentos. Por este motivo, se realiza un secado en el Cristalizador-Secador con aire caliente, especialmente a los chips de poliéster.

El extrusor transporta el material sólido hacia la zona de fusión por medio de un tornillo rotatorio, dando lugar a la fusión de la materia prima y haciendo que fluya hacia adelante. La cara interior del tornillo tiene estrías y ranuras evitando que ésta retroceda. En la Figura 1.2 se detalla las partes básicas de un extrusor.

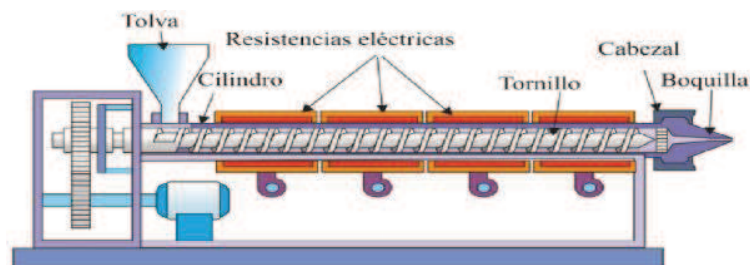


Figura 1. 2 Representación esquemática de un extrusor de tornillo sencillo [1]

En el otro extremo del cilindro se acopla un cabezal cuya boquilla tiene finos agujeros (Figura 1.3), dando lugar al conformado del producto produciendo simultáneamente la presurización y mezclado del material. De igual forma, se tiene un filtro cuyo propósito es atrapar los contaminantes para que no salgan con el producto extruido.

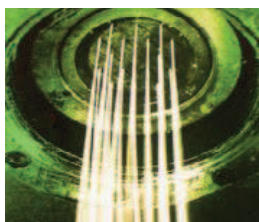


Figura 1. 3 Representación de las hileras (spinneret)

Luego el material fundido pasa por una cámara de soplado donde la temperatura del aire es controlada para enfriar los filamentos, conservando la forma y la rigidez necesaria. Finalmente, los filamentos son recogidos por rodillos que se encuentran a velocidades muy elevadas, provocando una pre-orientación del hilo.

En la Tabla 1.1 se indica la clasificación de las bobinas de acuerdo a la velocidad de embobinado ó pre-orientación.

Tabla 1. 1 Rangos de velocidad de embobinado

| Tipo | Velocidad de embobinado | |
|----------------------------|-------------------------|---|
| | Poliéster | Nylon |
| LOY (Low Oriented Yarn) | 1000-1400 m/min | 800 a 1200 m/min |
| MOY (Medium Oriented Yarn) | 2000 m/min | - |
| POY (Pre- Oriented Yarn) | 3000 a 3500 m/min | 4200 m/min |
| HOY (High Oriented Yarn) | 4000 a 5000 m/min | - |
| FOY (Full- Oriented Yarn) | 6000 a 7000 m/min | 5100 m/min (No es apto para texturizado por falsa torsión) |

Para concluir con esta etapa se identifica las bobinas que pasan a ventas directas o continúan hacia el proceso de Estirado o Texturizado.

El procesamiento del Nylon se lo realiza de forma similar al poliéster, salvo que el gránulo no necesita pasar por la etapa de secado, ingresa directamente al extrusor.

1.1.1.2 Estirado

El proceso de Estiraje busca orientar molecularmente las fibras. Se lo efectúa de forma mecánica, es decir, se enrolla los hilos sobre rodillos o cilindros que giran a alta velocidad. La relación entre la velocidad de los rodillos de entrega $V1$ y los rodillos de alimentación $V2$ es el estirado.

El grado de estiramiento afecta las propiedades, como la tenacidad y la elongación del hilo.

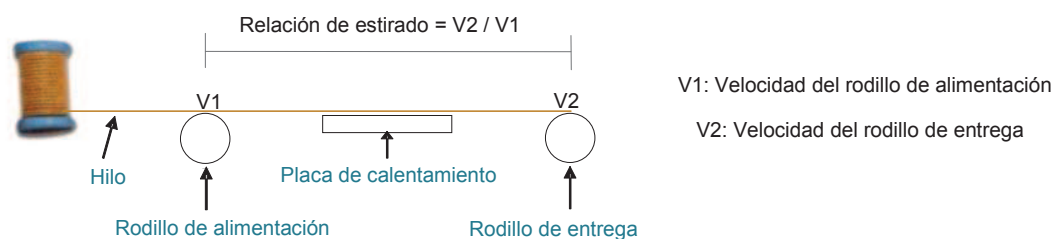


Figura 1. 4 Principio de estirado de fibras químicas

1.1.1.3 Texturizado

El propósito del texturizado es dar volumen al hilo, tacto suave, ventilación y reducir el número de puntos de contacto entre la prenda y la piel de la persona, logrando que sus propiedades se asemejen a las fibras naturales como por ejemplo el algodón.

El siguiente esquema muestra una clasificación en forma general de los diversos métodos de texturizado:

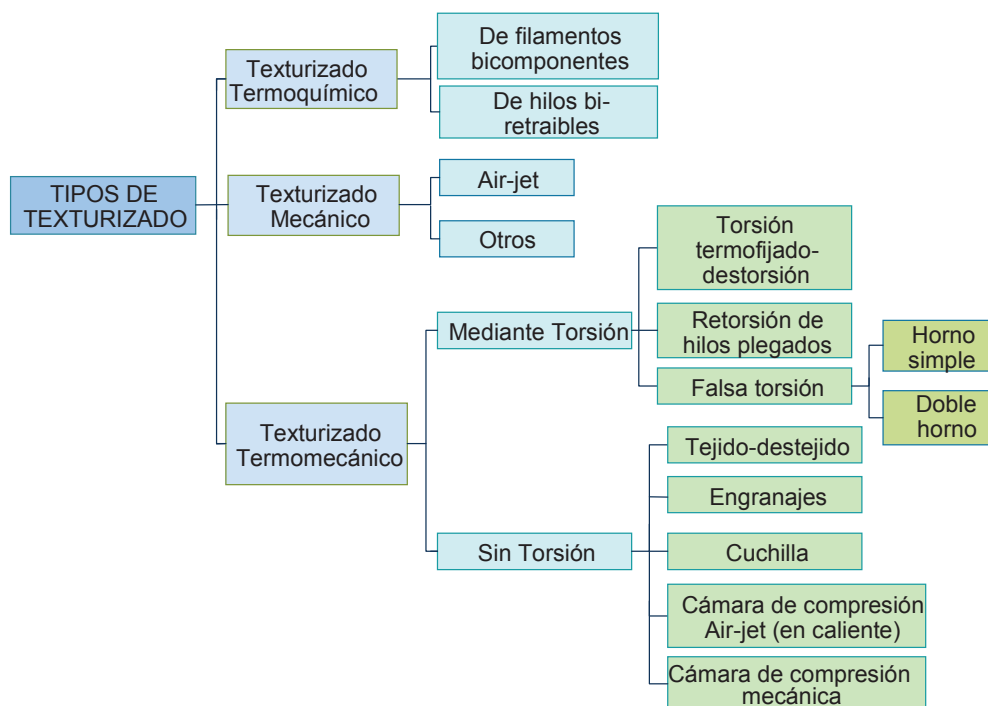


Figura 1. 5 Esquema de los diferentes tipos de texturizado

El procedimiento que se usa en Enkador para el hilo texturizado es por falsa torsión, otros procedimientos tienen baja productividad y por consiguiente altos costes de producción.

Existen 4 pasos fundamentales para un proceso de texturizado:

- Calentamiento: Ocurre en las placas de calentamiento.
- Fuerza deformante: Es la torsión conferida al hilo por los discos de fricción.
- Enfriamiento: Se realiza en las cajas de enfriamiento de la máquina, ó entre la placa caliente y el agregado por convección natural, cuando no hay placa de enfriamiento.
- Fuerza contra-deformante: Al pasar por el agregado el hilo sufre una nueva torsión, pero esta vez en sentido contrario a la fuerza deformante.

1.1.1.4 Retorcido

Es usado para brindarle más resistencia y una mejor cohesión a la fibra.

El hilo es colocado en una olla porta bobinas, por el interior del cono se atraviesa un filamento, sale de este y atraviesa por varias poleas, con el fin de darle una cierta cantidad de vueltas sobre su propio eje, y se embobina en un nuevo núcleo.

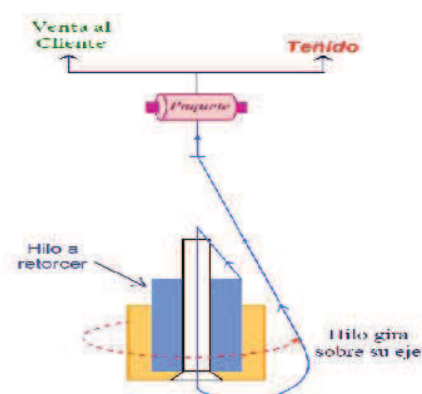


Figura 1. 6 Diagrama unifilar del proceso de Retorcido [2]

1.1.1.5 Tinturado

Para el teñido del hilo se usa colorantes dispersos, los mismos que son poco solubles en agua. El colorante es preparado en recipientes de acero inoxidable y por gravedad baja hacia las Ollas de Tintura, donde se encuentra el hilo que ha sido previamente enjuagado con agua caliente para retirar el avivaje.

Con ayuda de motobombas la mezcla preparada circula en el interior de las ollas hasta que el hilo absorba el colorante disuelto, luego la preparación restante es desfogada hacia la piscina de desecho. En seguida, se realiza un enjuague con agua caliente para eliminar los residuos de colorante.

Finalmente para lograr el suavizado del hilo se lo somete a un baño con agua fría. Todo el hilo tinturado debe estar sujeto a un proceso de secado, para eliminar completamente la humedad.

1.1.1.6 Enconado

El proceso de enconado consiste en enrollar el hilo teñido o crudo varias veces por medio de rodillos motrices hasta lograr conos más pequeños, dándoles una mejor estética del producto final.

1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA TEXTURIZADORA DE HILO

Una máquina texturizadora de hilo es un equipo diseñado para el procesamiento óptimo de hilados de poliamida o poliéster, tiene algunas características únicas.

La texturización de los filamentos continuos equivale a la deformación en su estructura interna. Esta deformación, obtenida por procedimientos totalmente mecánicos, depende de factores que influyen en las características de los hilos obtenidos:

- Tipo de máquina, y
- Condiciones de trabajo de la misma.

1.1.2.1 Tipo de máquina

La Figura 1.7 ilustra las partes que conforman la máquina de texturizado.

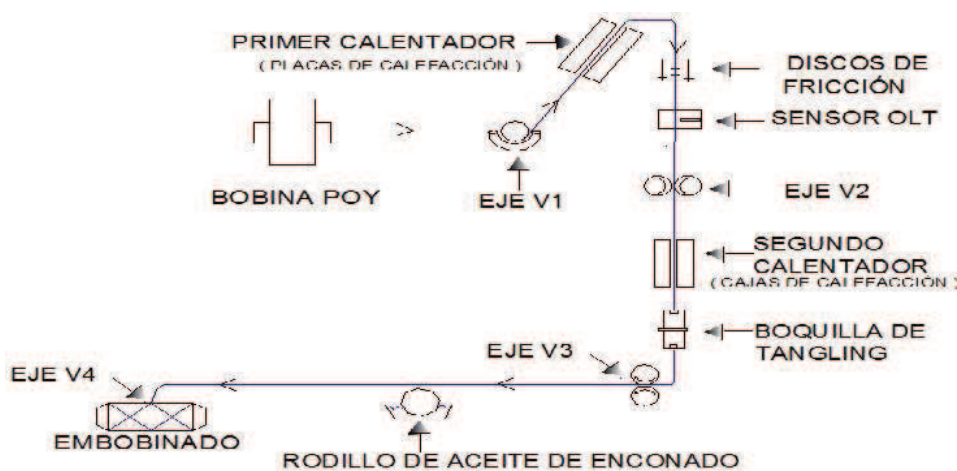


Figura 1. 7 Partes de una máquina de Texturizado

Creel o Fileta

Es la estructura metálica donde se encuentran los soportes de los conos, y las guías o tubos que conducen los hilos en su recorrido desde el cono hasta los alimentadores.

En la fileta se sostienen los conos activos y los de reserva, las púas que los sostienen han de estar orientadas de forma que apunte al tubo o agujero por donde pasará el hilo para evitar “jalones” por defectos de descentramiento.

En la parte superior de cada ‘creel’ se encuentran localizados equipos de aire acondicionado; para mantener controladas las condiciones de temperatura y humedad.

Rodillos motrices V1 y V2

En los ejes V1 y V2 están los sistemas alimentadores que se encargan de garantizar el flujo continuo de hilo.

El eje V2 gira a mayor velocidad que el eje V1, y es entre estos dos ejes que se produce el estiramiento del hilo.

Placa de calentamiento

El hilo recorre mediante sobrealimentadores hacia las placas térmicas. Estas son cajas metálicas herméticas en cuyo interior contienen un fluido térmico, el cual es calentado hasta llegar a la temperatura necesaria para que el polímero empiece a deformarse (el calor es transmitido al hilo por convección). En este paso se consigue la orientación de las fibras.

Enfriamiento

Se realiza por contacto directo con el ambiente. La zona de enfriamiento depende de la velocidad de texturización.

Elemento texturizador

Es el mecanismo que inserta la falsa torsión. Son discos que están acoplados sobre tres ejes, se traslapan alternadamente unos con otros de modo que el hilo pase de

forma helicoidal por cada uno de ellos. Aquí es donde se produce propiamente el texturizado, debido a la fricción entre los discos.

Los discos pueden ser de poliuretano, cerámicos o metálicos.

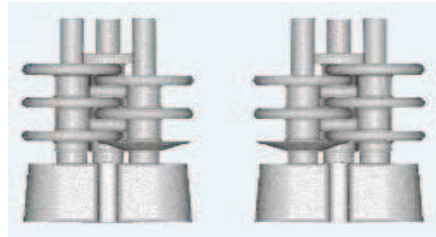


Figura 1. 8 Discos de fricción [3]

Cajas de calentamiento

Se las usa para estabilizar la elasticidad del hilo.

Boquilla de tangling o de suministro de aire comprimido

Se trata de una boquilla que suministra aire a una determinada presión y está colocada en dirección perpendicular al paso del hilo, logrando que a determinadas longitudes los filamentos de un hilo se entrecrucen y formen nudos.

Eje V3

Es el eje encargado de controlar la tensión del hilo cuando pasa por la caja de calentamiento. Conjuntamente, guía al hilo hacia el rodillo dispensador de avivaje.

Rodillo ranurado de avivaje

Es un rodillo que permite la lubricación del hilo.

Eje V4

Es el eje encargado del arrastre del hilo para la formación de la bobina.

Embobinado

El hilo lubricado, es llevado al sistema de embobinado donde se realiza la formación del paquete o bobina.

La forma de la bobina sea bicónica o cilíndrica depende básicamente de dos subsistemas conocidos como:

- Respiración del vaivén: Se trata de la variación de desplazamiento de la carrera de una varilla lateral acoplada a una leva circular; y
- Perturbación del vaivén: Es el movimiento helicoidal de un eje, cuyo propósito es formar diferentes ángulos de entrecruzamiento de las diferentes capas de devanado.

1.1.2.2 Condiciones de trabajo de la máquina

Las condiciones de texturizado que influyen en las propiedades de los hilos obtenidos son:

Valor de la falsa torsión

El valor de torsión es el número de vueltas dadas al hilo durante su paso a través de la máquina de falsa torsión. Este valor de torsión es el factor más importante de los que influyen en las principales características del hilo, tales como voluminosidad, contracción, resistencia, etc.

Temperatura de texturización

Es la temperatura a la cual el hilo alcanza la temperatura de transición vítrea, punto en el cual el polímero deja de comportarse como cristal para empezar a deformarse.

Velocidad de los discos

La velocidad de alimentación determina la torsión del hilo durante el bobinado.

Sobrealimentación

Es la relación de velocidad entre V_2/V_3 , es decir, a la entrada y la salida del segundo calentador. La velocidad de los ejes V_2 , V_3 y V_4 se gradúan por medio de piñones.

Los hilos texturizados tienen tendencia a contraerse y por esta razón es muy importante dar una sobrealimentación adecuada a las bobinas para producirlas en condiciones óptimas. A mayor sobrealimentación mayor será el tiempo de residencia del hilo en la caja de calentamiento.

Torsión en la zona de calentamiento

La torsión dada al hilo, mediante los discos de fricción, es fijada en el mismo al pasar éste por la zona de calentamiento o texturización.

Sentido en la zona de torsión

Según la disposición de los discos en las unidades de fricción da la torsión tipo S o Z.



Figura 1. 9 Tipos de torsiones

Tipo de hilo texturizado

Las condiciones de la máquina dependerán del tipo de filamento con el cual va trabajar sea nylon o poliéster.

1.2 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

A continuación se hará una breve descripción de algunos términos empleados para el desarrollo del presente proyecto.

1.2.1 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL

Un sistema automático de control es el conjunto de componentes físicos que interactúan entre sí, de tal forma que son capaces de gobernar su actuación por sí mismos, sin necesidad de agentes externos.

1.2.1.1 Control en lazo abierto

Se caracteriza porque la acción de control es independiente de la salida, es decir, que la señal de salida no influye sobre la entrada.

Dentro del proceso de texturizado se tiene varios ejemplos de este tipo de control, en la Figura 1.10 se representa el control de velocidad de un motor.

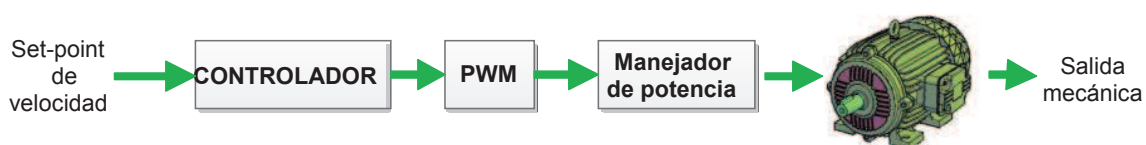


Figura 1. 10 Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto

1.2.1.2 Control en lazo cerrado

Se identifica porque existe una realimentación a través de sensores desde el proceso hacia el sistema de control, permitiéndole conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso. Este tipo de control permite tener una respuesta precisa y más estable ante las perturbaciones del sistema.

Un ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado es el calentamiento del aceite térmico que interviene en el texturizado del hilo.

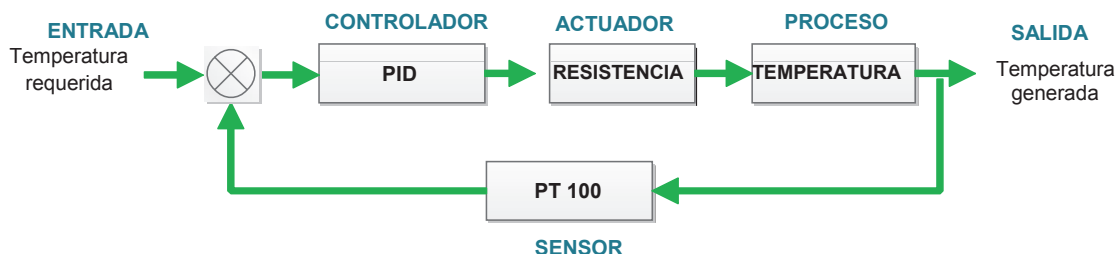


Figura 1. 11 Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado

1.2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE – PLC

El controlador lógico programable (PLC) nació como una solución al control de circuitos complejos de automatización. Según una definición de la IEC 61131, el PLC es un sistema electrónico programable diseñado para ser usado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como, funciones lógicas, secuencia, temporización y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas digitales y análogas diversos tipos de máquinas o procesos.

1.2.2.1 Estructura interna de un PLC

En la Figura 1.12 se ve representada la arquitectura típica de un PLC.

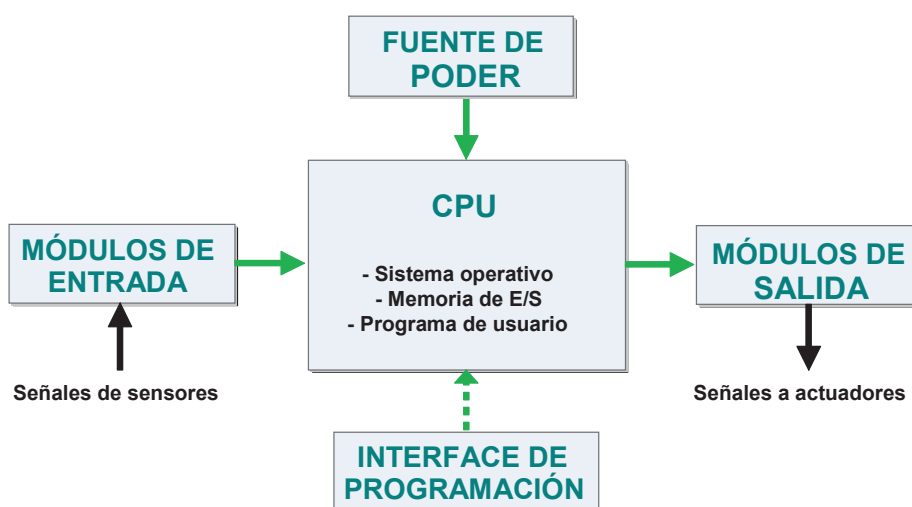


Figura 1. 12 Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC

1.2.2.2 Funcionamiento de los PLCs

Los PLCs son máquinas que ejecutan secuencialmente las instrucciones indicadas en el programa almacenado en su memoria, para ponerlo en marcha se realiza un autotest para verificar sus conexiones externas y poner todas las salidas a 0. Al

detectarse cambio en las señales de entrada, el PLC reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesaria. Cumplida esta tarea, realiza un nuevo ciclo de test y carga el valor de las entradas y así sucesivamente.

El tiempo que demora en recorrer el ciclo de trabajo (scan time), depende del tamaño del programa, del número de entradas/salidas, y está en el orden de los milisegundos.

1.2.2.3 Clasificación de los PLCs

Existen en el mercado una gran variedad de PLCs con varias características (Ver Figura 1.13), que son importantes conocer para hacer una selección apropiada.



Figura 1. 13 Esquema de la clasificación de los PLCs

En base a los criterios técnicos explicados anteriormente, para el desarrollo del presente proyecto, se utilizará un PLC Modicon M340 de Telemecanique.

Este autómatas está formado por módulos que pueden ser: entradas, salidas, comunicación, CPU, conteo, etc. mismos que se distribuyen a lo largo del bastidor o

rack. Es dable utilizar más de un bastidor, conectándolos a través de sus bloques de ampliación. Estas características hacen del M340 un elemento compacto y fácil de montar. Además, es resistente a choques, vibraciones, temperatura, altitud y perturbaciones eléctricas.

En el capítulo 2, se hará un análisis detallado para definir todos los requerimientos del sistema.

1.2.3 SISTEMAS SCADAS

SCADA proviene de las siglas de “Supervisory Control And Data Acquisition (Adquisición de datos y supervisión de control)”. Es una aplicación de software de control supervisorio a distancia de un proceso, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

Un SCADA posee una estructura de tipo centralizada, la información obtenida de cada dispositivo de campo se concentra y administra desde una Unidad Terminal Principal o MTU, generalmente una PC, que contiene uno o varios HMIs de cada parte del proceso. La información que recoge la MTU, la recibe generalmente de una o varias Unidades Terminales Remotas o RTU.

1.2.3.1 Funciones de un SCADA

Las principales funciones que debe cumplir un sistema SCADA son:

- Adquisición de datos: Tiene como fin recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Transmisión de datos: La información recopilada debe ser enviada al lugar necesario para su tratamiento.

- Supervisión: Observar desde un monitor la evolución de las variables de control, también su comportamiento histórico, sus fallas, etc. para poder realizar análisis de gestión de alto nivel.
- Control: Sirve para modificar la evolución del proceso, actuando sobre los reguladores autónomos básicos ejecutando alguna acción directa sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Gestión de alarmas: Generar alarmas para que el operador realice las acciones de control necesarias para corregir las situaciones anómalas.
- Presentación de gráficos de tendencias
- Programación de eventos

1.2.3.2 Componentes de un sistema SCADA

Un sistema SCADA está conformado por hardware y software.

Hardware

- Sensores: Están directamente vinculados al proceso y sus variables, convierte una variable física en una señal eléctrica.
- Dispositivos de comunicación: Son los que permiten recibir y enviar la información directamente del sensor o actuador, y formar parte de una infraestructura de una red de comunicación industrial.
- Interfaz Humano- Máquina (HMI): Es el entorno visual que permite al operador tener una idea inmediata de lo que sucede o del estado del proceso e ingresar parámetros.
- Red industrial: Puede ser con cables o inalámbrica, haciendo uso de un protocolo industrial existente en el mercado, como por ejemplo CANbus, Fieldbus, Modbus, etc.
- Unidad Terminal Remota (RTU): Son los primeros concentradores de información y dispositivos que realizan control y deben enviar/recibir información hacia/desde la unidad central a través de una red de comunicación confiable. Un sistema puede tener varias RTUs distribuidas en toda la planta.

- Unidad Central Maestra (MTU): Equipo que permite la adquisición de datos a través de todas las RTUs ubicadas en el proceso.

Software

Es un programa que permite construir la Interfaz Humano-Máquina (HMI), además de que debe ser capaz de restringir el acceso de las personas al sistema y generar señales de alarmas en caso de fallas. Ejemplos de este tipo de programas son el LABVIEW, INTOUCH, WINCC, etc.

También se requiere un software para comunicaciones tanto entre dispositivos de campo, como entre los niveles de supervisión y los niveles gerenciales y administrativos. Generalmente, se utilizan protocolos como CANbus, HART, Fieldbus, Profibus, Modbus, etc.

En el nivel de Control se suele usar el protocolo Ethernet Industrial, dentro de estructuras de redes LAN o WAN.

Como requerimientos en software se debe tener en cuenta los siguientes bloques:

- Configuración: Permite establecer el entorno de trabajo.
- Interfaz grafica del operador: La cual debe proporcionar las funciones de control y supervisión de la planta.
- Módulo de proceso: Responsable de ejecutar las acciones de control preestablecido, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadísticas de fallas.
- Gestión de archivos de datos: Encargado del almacenamiento y proceso ordenado de datos.
- Comunicaciones: Encargado de la transferencia de información entre la planta y arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y los demás elementos informáticos de gestión.

1.2.3.3 Ventajas de un sistema SCADA

Las ventajas que tiene el funcionamiento de un sistema SCADA en una planta industrial son las siguientes:

- El computador puede guardar y adquirir el proceso
- Los datos adquiridos pueden ser visualizados en cualquier lugar y en forma distinta, dependiendo de las necesidades del usuario.
- Al controlador llegan las señales de distintos sensores y puede comandar actuadores para el desarrollo seguro del sistema.
- Los datos pueden ser visualizados en tiempo real.
- Diversos tipos de datos pueden ser adquiridos por medio de RTUs.
- Se puede adquirir la señal de cientos de sensores ubicados en áreas extensas.

1.3 IMPORTANCIA DE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Analizar los diferentes sistemas de una máquina texturizadora de hilo modelo RPR y sus principales características.
- Diseñar el sistema de control automático para la máquina texturizadora.
- Programar la lógica de control automático en un PLC.
- Implementar el sistema de control automático en una máquina texturizadora de hilo.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema implementado en base a pruebas experimentales.
- Desarrollar un Interfaz Humano-Máquina en un computador para realizar el control y monitoreo de los diferentes pasos que se deben seguir para lograr el texturizado del hilo, así como para almacenar datos históricos.

1.3.2 ALCANCE DEL PROYECTO

La realización del presente proyecto tiene como finalidad automatizar el sistema de control de una máquina texturizadora de hilo, cuyo primer paso es verificar el estado y funcionamiento de las instalaciones originales tanto de la parte eléctrica como de los elementos físicos, y elaborar una lógica de control incorporada al sistema inicial para posteriormente automatizarla.

En la máquina se incluirá un arranque automático, para ello es necesario realizar la programación adecuada e incorporar el hardware necesario, como son un pulsador de marcha, uno de paro, un botón para activar el paro de emergencia, alarmas que nos indiquen cuando algo está fallando en el proceso de texturizado de hilo.

La automatización de la máquina integrará la lógica de control que realizan 6 Placas en uno sólo de mayor capacidad de procesamiento de datos, uniendo los subsistemas que se hallan de forma independiente tales como:

- El sistema vaivén: Al generar la señal del vaivén desde el PLC, permitirá modificar los parámetros de amplitud y el periodo de la señal.
- Sistema de respiración del vaivén: tanto el set-point y los porcentajes de cada paso pueden ser referenciados, también se añadirá para que el tiempo de reposo sea cambiado de acuerdo a los requerimientos del área de producción.
- Control de temperatura: Se harán lazos de control para el set-point de temperatura de cajas y de placas de fijación.

Tanto los parámetros de velocidad del motor principal, sistema VAIVEN, RESPIRACION DEL VAIVEN podrán ser modificados en tiempo real sin necesidad de parar el proceso.

Finalmente, se desarrollará un Interfaz Humano-Máquina (HMI) en un computador que cumplirá las siguientes funciones:

- Monitoreo y supervisión de datos en tiempo real, que serán mostrados como gráficos y números, permitiendo una lectura más fácil de interpretar. Asimismo, se podrá ajustar las condiciones de trabajo del proceso texturizado de hilo, directamente desde el computador. También contará con una ventana de registro de alarmas y otra para almacenar datos históricos.

CAPÍTULO 2

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

2.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y SEÑALES DE CONTROL

Para la implementación de la solución de control y registro de la información de la máquina texturizadora modelo RPR, es necesario conocer las condiciones de funcionamiento y las señales de control que se utilizan para cumplir con los requerimientos del sistema. Estas señales son:

- De temperatura
- Valor de presión del aire comprimido
- Ingreso de velocidad del motor principal
- Ingreso de la velocidad del vaivén
- Parámetros de la respiración del vaivén

Todas estas señales actuarán como entradas de un elemento de control que debe guardar momentáneamente la información correspondiente para luego ser transferida a un PC, donde se desplegarán los datos.

Para el diseño se tuvo en cuenta las siguientes exhortaciones generales:

- Incorporar un pulsador de emergencia, uno de marcha y otro de paro general.
- Las rampas de aceleración y desaceleración que integran el sistema vaivén, formadas originalmente por un variador de frecuencia deben ser realizadas por el PLC, y este a su vez enviar estas señales de referencia al convertidor del motor de DC.
- Cuando la máquina no está operativa, las resistencias que se encargan de calentar el aceite térmico de placas y cajas, no deben ser apagadas.

Únicamente se procede a bajar el set-point de temperatura a 100°C, luego al encender se sube en pasos de 20 °C hasta llegar al valor deseado. De esta manera evitar un choque térmico en los elementos.

- Reducir el error temperatura de las placas y cajas, que existe entre el valor requerido y el valor real medido.
- Instalar un elemento que de forma visual, alerte a los operadores cuando falla el sistema de tangling de la máquina.
- Colocar un variador para regular la velocidad de los discos de fricción según la carga.
- Registrar y visualizar en una PC, las alarmas o fallas cuando se producen sucesos anómalos en el sistema.
- Emplear menor número de PLCs para liberar el tráfico en la red.

2.2 DISEÑO DE CONTROL

Para implementar el nuevo sistema de control se reemplazará los PLC existentes, por otro que se adapte a las nuevas condiciones. Se conservará el PLC TWIDO encargado del antiguo sistema de control del Tangling (sistema de control de presión de aire comprimido).

A sí mismo, se usará la mayor parte de los componentes que estén en buen estado ya existentes en la máquina.

2.2.1 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA

El tablero de control se alimenta del sistema de UPS y a la vez se aísla mediante un transformador de 380 VAC/110VAC de 300VA. También se requiere una alimentación de 220 VAC.

El PLC funciona con 110 VAC y todas las señales de control adicionales se alimentan de una fuente de 24 VDC, 3 A.

En el Anexo A lámina 1, se muestra la alimentación de voltaje del sistema de control.

La alimentación eléctrica del circuito de fuerza e inversores es de 380 VAC, ésta proviene del tablero 720-7-4 E/14. Ver Anexo A, láminas 10 y 11.

2.2.2 ENCENDIDO DEL SISTEMA

La secuencia de encendido se lo desarrolla en base a la lógica representada en el siguiente diagrama de flujo.

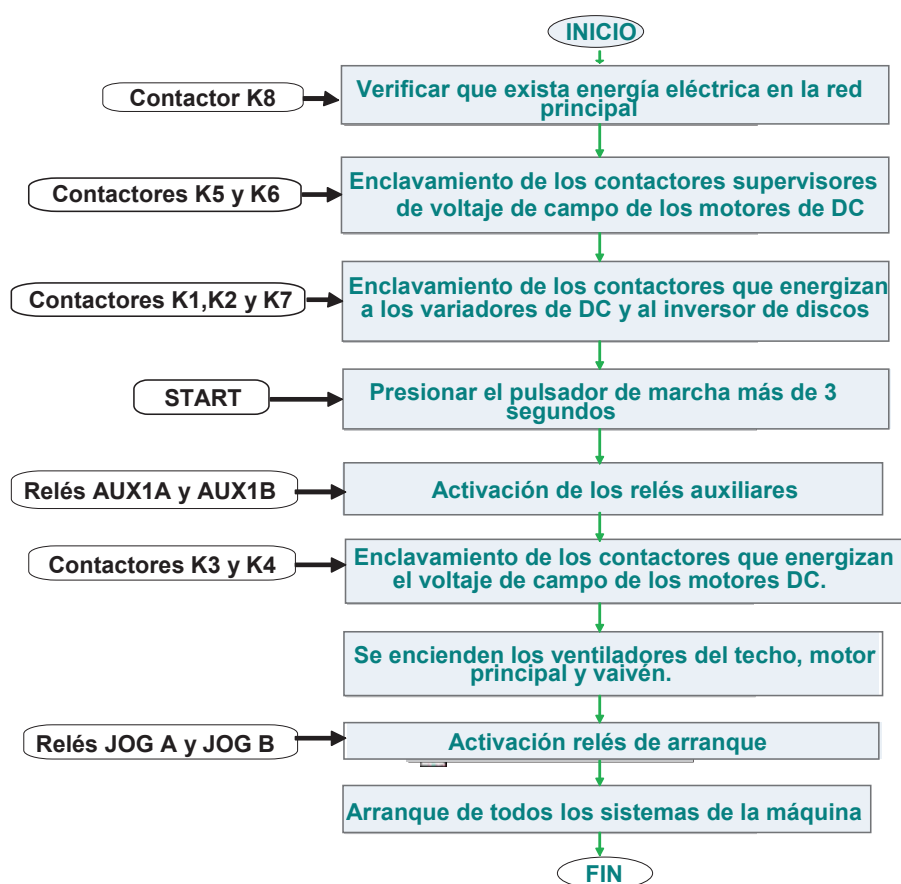


Figura 2. 1 Secuencia de encendido de la máquina texturizadora de hilo

2.2.3 APAGADO DEL SISTEMA

Cuando se trata de una parada normal, es decir, cuando se ha presionado el pulsador STOP (mínimo tres segundos), el pulsante de paro envía una señal de mando al PLC para comandar la secuencia de apagado programada.

- Primero se desconecta el voltaje de armadura y luego el voltaje de campo, en los motores de DC.
- Todos los variadores deben tener programada una rampa de desaceleración.
- En el sistema de respiración, el sensor debe quedar posicionado antes de detenerse.

El PLC se encargará principalmente de hacer cumplir todas las fases de operación de la máquina, descrita anteriormente. En caso de producirse fallos de presión de aire, falla de los inversores de DC, falta de voltaje de campo en los motores de DC, el PLC enviará la señal para que se detengan todos los subsistemas que integran la máquina texturizadora.

Adicionalmente, se tiene un pulsante tipo hongo que posee un contacto normalmente cerrado (NC). Cuando ocurre una emergencia corta la energía que alimenta al circuito de potencia e inversores, de una manera súbita.

2.2.4 ALARMAS DE LA MÁQUINA

Cuando existen eventos irregulares se registran y son desplegadas a través de un HMI. El PLC mantiene el sistema protegido y encendido hasta que se activen los mecanismos de protección contra fallas. Para desactivar dichas alarmas deben existir procedimientos. Logrando así proteger al equipo y al personal.

2.2.5 CONTROL DE TEMPERATURA

El control de temperatura lo realizará el PLC M340, el cual en base a parámetros ingresados desde el HMI por el operador y los datos provenientes de los sensores, ejecutarán acciones de control sobre los actuadores para mantener el proceso en la temperatura deseada.

2.2.6 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA VAIVÉN

Con el propósito de que durante la formación del paquete no se entrelacen unas capas de hilo con otras, se debe variar la velocidad del eje constantemente, esto se obtiene acelerando y desacelerando el vaivén con un tiempo de perturbación determinado.

El sistema vaivén (Figura 2.2) tiene una forma de onda triangular, conformada por el flanco creciente y decreciente de una rampa.

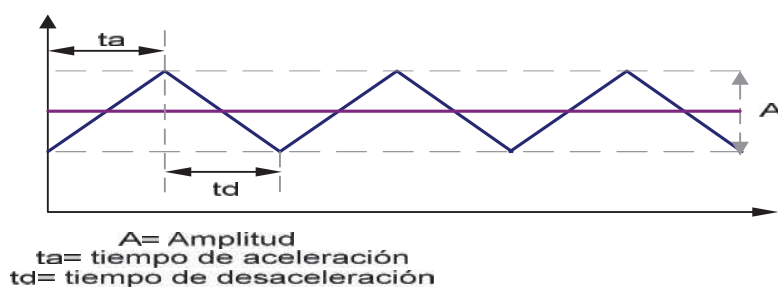


Figura 2. 2 Representación del Sistema vaivén

Las señales analógicas de la rampa de aceleración y desaceleración son generadas en el PLC M340, y luego enviadas a los terminales 19 y 20 de la regleta de control del variador de DC del vaivén.

El sistema vaivén es el mismo para toda la máquina.

2.2.7 FUNCIONAMIENTO DE LA RESPIRACIÓN DEL VAIVÉN

Se llama Respiración del Vaivén, al movimiento que hace una leva circular, que está acoplada a una barra metálica ubicada a lo largo de la máquina. Su recorrido va de un extremo a otro, y luego de un determinado tiempo empieza a acortar su carrera hasta una longitud mínima y luego vuelve a aumentarla hasta la carrera máxima. En este punto debe tener un tiempo de reposo hasta que nuevamente se inicie el ciclo.

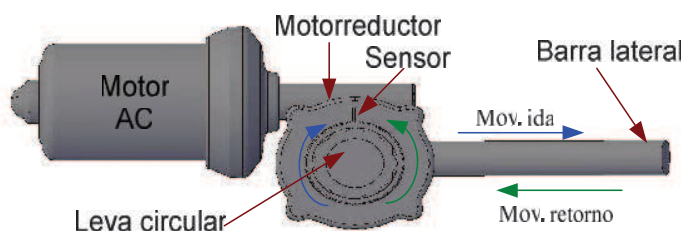


Figura 2. 3 Esquema de la Respiración del vaivén

La variación de la longitud del vaivén depende de los tiempos de movimiento y reposo.

2.2.7.1 Tiempo de movimiento

La señal de entrada que determina el sentido de giro de la leva, proviene de un sensor inductivo, que se describe posteriormente.

Un contactor (K20) se activa y la leva gira en sentido horario, una vez transcurrido el tiempo de ida, se desactiva; enseguida se acciona el segundo contactor (K21) invirtiendo el giro durante un periodo llamado tiempo de retorno.

El tiempo de ida y vuelta son iguales. En caso, de que el período de retorno sea diferente al programado, el contactor K21 debe seguir activado hasta que encuentre la señal del sensor. Esta señal le da el posicionamiento inicial para el siguiente paso.

Cabe recalcar, que se da una pausa de pocos milisegundos (tiempo muerto), para la conexión y desconexión de los contactores que realizan la inversión de giro del motor.

2.2.7.2 Tiempo de reposo

Es el tiempo durante el cual la carrera del vaivén no varía. El sensor permanece posicionado sobre el objeto metálico que le sirve de referencia.

El conjunto del sistema vaivén y la respiración del vaivén dan lugar a la formación del paquete de hilo.

2.3 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL

Para el dimensionamiento del nuevo sistema de control se tomó en consideración lo siguiente:

- La información del sistema anterior
- Los requerimientos del nuevo sistema de control
- La instrumentación disponible
- El número y tipo de entradas y salidas requeridas.
- Reservas para futuras modificaciones del sistema.

El nuevo sistema también integra alarmas de tipo visual para alertar a los operadores cuando existe algún tipo de falla en el proceso, facilitar el ajuste y manipulación de variables involucradas.

Se necesitan las siguientes señales que corresponden a entradas de tipo digital: paro de emergencia, paro de máquina, señal de que existe energía de la EEQ, señal de marcha, señal de existencia de voltaje de campo de cada motor de DC, señal de cada relé térmico de la respiración de lado A y B, señal del sensor inductivo de lado

A y B respectivamente, señal de falla del driver del motor principal y del motor del sistema vaivén, señal de la alarma de temperatura, señal de alarma del inversor de discos. Por tanto, la máquina necesita un total de 14 entradas.

En lo que se refiere a salidas digitales tipo relé tenemos: salida del paro de emergencia, marcha/paro de la máquina, activar los contactores que permiten el giro adelante y atrás de la respiración del lado A y B, salida para el encendido y pagado de los variadores de DC, sumando un total de 7 salidas.

Se tiene sensores de temperatura tipo Pt100 por lo que se requiere un total de 45 salidas especiales para termopares o termosondas.

A sí mismo, se requiere 45 salidas digitales tipo transistor para la activación de los relés de estado sólido, y una señal para encender el led de alarma de temperatura, led de baliza del tangling, led de reset, led de marcha y de paro de la máquina, sumando un total de 51.

Finalmente, tenemos una entrada analógica que procede del inversor de discos, y dos salidas analógicas, una del motor principal y la otra del motor del sistema vaivén.

Además se necesita un puerto de comunicaciones que en conjunto con el software adecuado nos permita recabar la información necesaria para el monitoreo y supervisión de los parámetros en tiempo real.

Por lo anterior expuesto y debido a que se trata de una instalación industrial, que requiere un proceso de maniobra y señalización con opción a expandirse, se utiliza como elemento de control un PLC.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PLC MODICON M340

La Tabla 2.1 contiene un resumen de las características más importantes de cada uno de los módulos escogidos para la realización de este proyecto.

Tabla 2. 1 Características de los módulos de E/S del PLC M340

| MÓDULO | MODELO | CARACTERÍSTICAS |
|---------------------------------------|---------------|---|
| Procesador | BMX P34 1000 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Soporta un máximo de 2 rack, (pueden tener 2, 4, 6, 8 o 12 módulos cada uno). ➤ Puertos de comunicación integrados como son el USB que sirve como puerto de programación (terminal PC), y otro de tipo Modbus maestro/esclavo. ➤ Tiene capacidad para 512 E/S digitales, 128 E/S analógicas y 20 vías específicas. ➤ Capacidad de memoria de 2048 Kb |
| Fuente | BMX CPS 3500 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alimentación eléctrica de 100 a 240 VAC. ➤ Potencia total de 36 W. ➤ Adicionalmente cuenta con 24 VDC para suministrar energía a los captadores. |
| Entradas digitales | BMX DDI 1602K | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Posee 16 entradas digitales de 24 VDC. |
| Salidas digitales | BMX DDO 6402K | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Abarca 64 salidas digitales tipo transistor de 24 VDC. |
| Salidas tipo relé | BMX DRA 0805 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiene 8 salidas digitales tipo relé que toleran voltajes de 24 VDC o 24 a 240 VAC. |
| E/S análogas mixtas | BMX AMM 0600 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Se trata de un módulo mixto con 4 entradas y 2 salidas analógicas, que pueden ser de voltaje o corriente. |
| Entradas para sensores de temperatura | BMX ART 0814 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Son 8 entradas para resistencias, termopares, sondas de temperatura tipo Pt, Ni o Cu. |

Para esta aplicación se selecciona el bastidor BMX XBP 1200 con capacidad para 12 ranuras. Únicamente el bastidor principal utiliza el módulo de la CPU como fuente de alimentación, cuando se trata de multirack (racks de extensión) necesitan una fuente propia de energía.

A la par se debe considerar que el módulo de alimentación ocupa siempre la posición CPS y el procesador se inserta en el localización 00. Los demás módulos se ubican en cualquier orden dependiendo del número de ranuras disponibles.

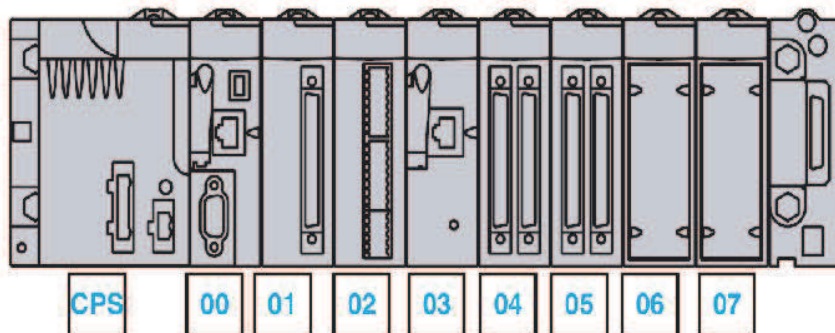


Figura 2. 4 Disposición de los módulos en un rack para el M340 [4]

Para mayor información acerca de las características técnicas y formas de conexión de los elementos anteriormente descritos se sugiere revisar el Catálogo 2009 del M340 de Schneider Electric.

A continuación se detallan los variadores de velocidad utilizados en el proyecto.

2.3.2 FLEXPAK 3000 RELIANCE ELECTRIC

Se trata de unidades digitales de velocidad variable para motores de DC. De acuerdo al Manual de Instrucciones publicado por el fabricante, indica que el FlexPak 3000, se trata de un convertidor de potencia de Onda completa, con un regulador digital de corriente en el lazo menor y un regulador digital de velocidad por realimentación tacométrica o voltaje de armadura en el lazo mayor.

La máquina texturizadora de hilo tiene instalado variadores de velocidad para cada uno de los motores de DC:

- El motor principal que mueve los sistemas motrices designados como V1, V2, V3 y V4.

- El motor del sistema vaivén.

En la instalación, existe un interruptor automático que en conjunto con un contactor de línea K1 para el motor principal y K2 para el motor del vaivén, garantizan un seccionamiento automático del circuito en caso de una emergencia o en paradas por falla. Al mismo tiempo, de facilitar las tareas de puesta en marcha y mantenimiento.

Para la protección de sobrecarga del motor, el FlexPak 3000, está provisto de un software interno. Adicionalmente, se puede conectar en los pines 13 y 14 de la regleta de control, un termostato para la protección térmica del motor.

La unidad esta en modo de ejecución cuando se inicia por la entrada RUN (pines 1 y 2). Si el usuario no desea dar la señal de inicio a través del panel del operador sino por medio de un enclavamiento externo, se debe conectar la señal entre los pines 9 (CUSTOMER INTERLOCK) y 11 (+24V).

Cuando se configura la unidad se determina la fuente de las señales de control del convertidor. Si se escoge la opción de entrada TERMBLK, el control es a través de los terminales del convertidor, pines del 16 al 20. Estas entradas analógicas pueden ser configuradas como: referencia en modo manual, en automático y realimentación tacométrica analógica. Se usa como Modo Manual de Referencia, cuando se conecta una señal externa de +10VDC al puente de AUTO REFERENCE (pin 19 y 20).

Los circuitos de entradas lógicas pueden ser alimentados a +24 VDC de la fuente de alimentación interna o bien de una fuente externa. Cuando se conecta una fuente externa, el COMUN debe ser conectado a 24V COM en el pin 15 de la bornera de control. Los 24V COM no está internamente conectada a tierra, pero puede hacérselo externamente si a si lo requiere el usuario.

Los contactos de relé de las salidas lógicas están normalmente abiertos cuando no están excitados.

Para garantizar un óptimo funcionamiento del equipo, la carcasa del motor de DC y la caja de bornes deben ser conectadas a una buena toma de tierra según el manual de instrucciones del motor.

En caso de existir ciertas condiciones anómalas aparecerá en el display del panel del operador mensajes de error o fallas indicando lo que posiblemente sucedió. El equipo está programado para que en caso de “Fallos” no arranque hasta que haya sido corregido el evento. Cuando el equipo detecta una falla, activa una salida (terminales 31 y 32), cuya señal ingresa a la entrada del PLC M340.

En la gráfica 2.2, se puede observar cómo está la distribución de las señales en los terminales de control. Para conocer con mayor detalle se sugiere revisar el Manual de Software y Hardware del Variador de DC FlexPak 3000.

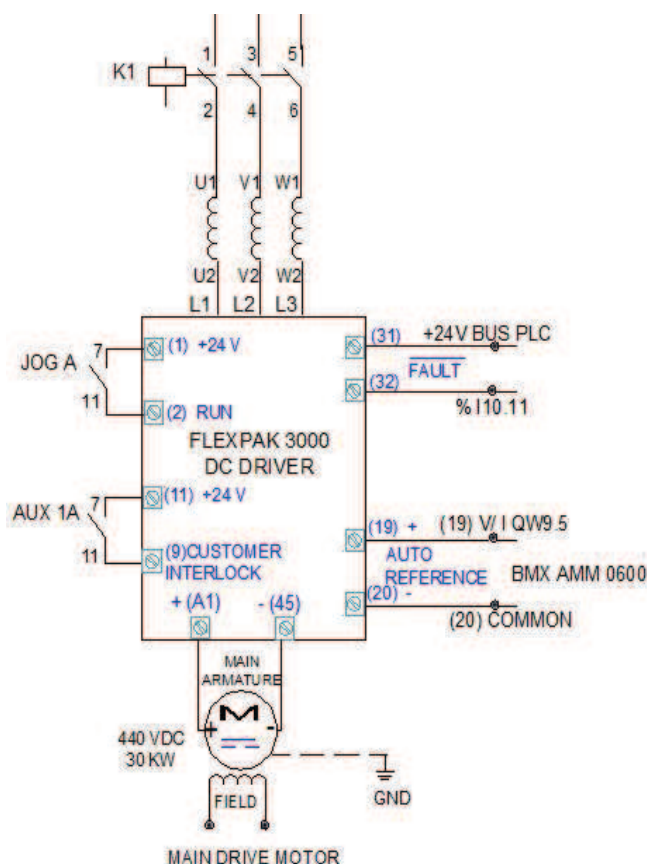


Figura 2. 5 Diagrama de conexiones a los terminales de control del FlexPak 3000

2.3.3 HITACHI X200 Y L700

Los inversores poseen un panel frontal como interface para el monitoreo y programación de parámetros. Existen parámetros específicos que vienen configurados por “defecto”, antes de arrancar el equipo, verificar que los valores detallados estén de acuerdo al tipo de motor que se va a controlar y que se ajusten a las condiciones de la aplicación.

El variador X200 está alimentado por una fuente monofásica de 220 VAC, 60 Hz, cuenta con un disipador en la parte posterior, puesto que controla un motor de 0.25 Kw y no requiere un ventilador para disipar el calor. Este motor mueve el rodillo de avivaje de la máquina.

Cuando el comando de RUN se ejecuta vía terminal [FW], el inversor inicia al activarse FW y se detiene cuando se desactiva, se utiliza los bornes [P24] y [1] para conectar un contacto abierto del relé JOG B (relé que permite el arranque de la máquina). Se debe verificar que los terminales [PCS] y [L] estén puenteados.

El valor de velocidad ingresa a los pines [OI] y [L] del inversor como entrada analógica comprendida entre 0-10 VDC. Los terminales [AL1] y [AL0] son una salida tipo relé (contacto NO) que se activa cuando existe una alarma en el inversor. Ver Figura 2.6.

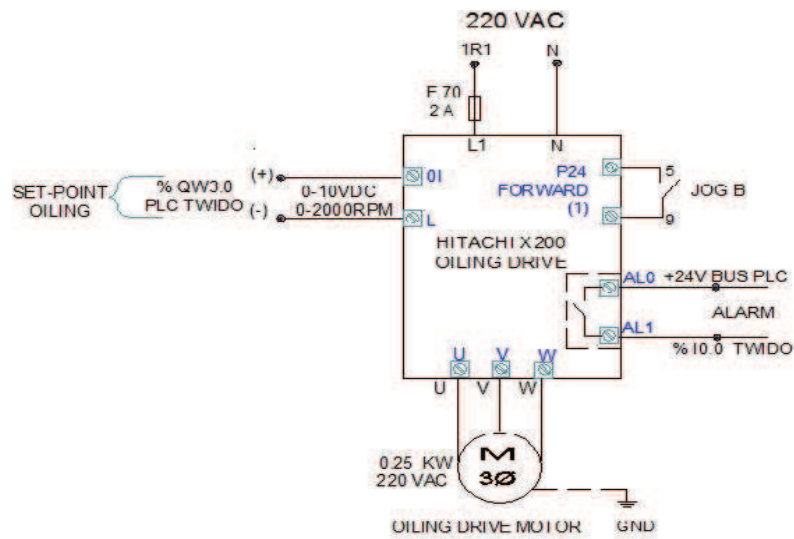


Figura 2. 6 Especificación de los terminales de control del Hitachi X200

El variador L700 se encarga del control de velocidad de un motor de 440 VAC y 18 Kw, que mueve los discos de fricción de la máquina. La conexión es similar al inversor anteriormente detallado. Adicionalmente, se utiliza los terminales [AM] y [L], esta señal analógica ingresa al PLC M340.

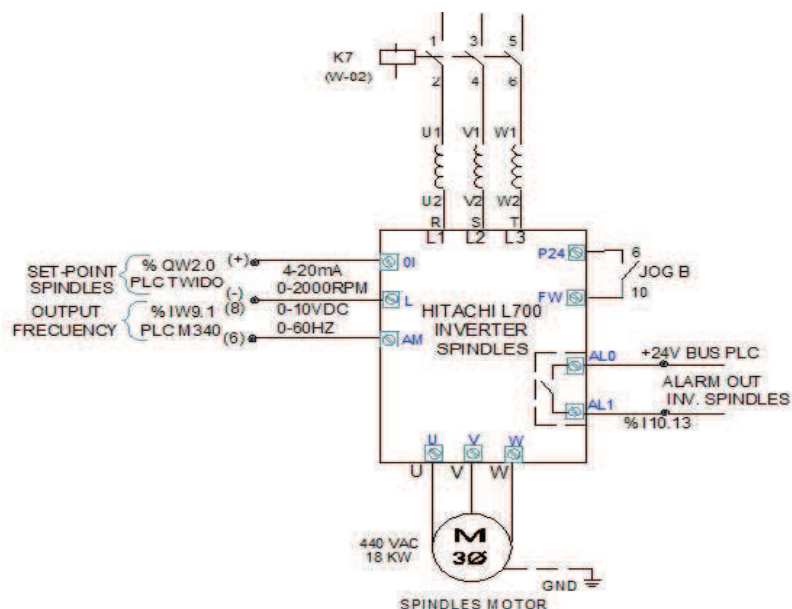


Figura 2. 7 Especificación de los terminales de control del Hitachi L700

Para conocer con mayor detalle las características técnicas de los inversores Hitachi X200 y L700, se sugiere, consultar el respectivo Manual de Instrucciones.

2.4 SENSORES

2.4.1 SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO

Los modelos de sensores inductivos de corriente continua pueden ser de 2, 3 o 4 hilos, los cuales requieren de una alimentación externa. Utilizan transistores tipo PNP (la corriente fluye a través del transistor a la carga) o NPN (la corriente fluye a través de la carga al transistor) para conmutar la señal de salida.

El tipo de transistor usado es importante para determinar la compatibilidad del sensor con la entrada del PLC.

En la máquina existe un sensor inductivo marca Sick, para cada lado de la máquina. El voltaje de alimentación de 24 VDC, proviene de la fuente del PLC M340. Cuando el objeto metálico está ausente, el transistor de salida está apagado, entonces es un dispositivo normalmente abierto (NO).

2.5 ELEMENTOS ADICIONALES

2.5.1 PULSADORES

Se posee un pulsador tipo seta para casos de emergencia, modelo XB4-BT42. Fue escogido como mecanismo de seguridad debido a la rapidez de accionamiento que tiene. Posee contactos NO y NC.

También, se tiene pulsadores para el encendido automático y el paro general del sistema. Poseen las siguientes características:

Tabla 2. 2 Características de los pulsadores

| | Pulsador de Marcha | Pulsador de Paro |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Fabricante | Telemecanique | Telemecanique |
| Modelo | XB4 BW33B5 | XB4 BW34B5 |
| Tipo | Luminosos, rasantes, con retorno | |
| Contactos | 1 NO, 1NC | 1 NO, 1NC |
| Voltaje | 24 VDC | 24 VDC |
| Color | Verde | Rojo |

2.5.2 CONTACTORES Y RELÉS

Contactores y relés son dispositivos electromagnéticos, cuyo funcionamiento se basa en la excitación de la bobina, se magnetiza el núcleo ferromagnético y este atrae la parte móvil que es donde se encuentran los contactos NO o NC.

Los relés se usan en circuitos de control. En cambio, los contactores tienen contactos principales destinados a los circuitos de fuerza y también posee contactos auxiliares.

Tanto contactores y relés existen para diferentes tipos y niveles de voltaje, por lo que al momento de adquirirlos se debe tomar en cuenta estas características.

Los relés que se seleccionó para aislar las salidas del PLC, fueron escogidos de acuerdo a las bobinas de contactores y actuadores que se iban a controlar, y al voltaje de las salidas del PLC. Para la implementación del circuito de control, se usó los relés que a continuación describimos:

- Un relé para suministrar energía a la baliza de alarma.
- Dos relés AUX 1A y AUX 1B, conectan el voltaje de campo de los motores de DC.
- Dos relés JOG A y JOG B, cuando se activan dan la señal de RUN para el resto de elementos.

- Un relé denominado EEQ, sirve para indicar las variaciones de energía eléctrica.

Todos los relés tienen una bobina para 24 VDC, son enchufables y diseñados para colocarlos en riel din. Los 5 relés marca Schneider Electric poseen 4 contactos NO y 4 contactos NC, toleran máximo 6A. El relé marca Beta, tiene 2 contactos NC y 2NO.

En cuanto a contactores, se incorporó los siguientes:

- SIRIUS 3RT2024-1AG20, tipo AC-3, 110 VAC, 3 polos. Se los usa para alimentar el variador de discos (K7), y para el sistema de respiración (K20, K21, K30 y K31)
- Modelo SIRIUS 3RT1015-1AN21, voltaje de la bobina 220 VAC, 18A. Son los contactores K5 y K6, se los utiliza para supervisar que estén energizados los rectificadores de voltaje de campo de los motores de DC.
- SIRIUS 3RT1044-1AN20, voltaje de la bobina 220 VAC, 80 A .Se reemplazó los contactores K1 y K2, que energizan el voltaje de armadura de los motores de DC.

Adicionalmente, se agrega contactos auxiliares SIRIUS 3RH1921-1FA22, 2NA+2NC.

2.5.3 ELEMENTOS DE PROTECCION

En todas las instalaciones eléctricas existen diversos elementos de seguridad para disminuir el riesgo de accidentes causados por cortocircuitos, sobrecargas o contacto de personas con elementos energizados.

2.5.3.1 Fusibles

Son elementos que están constituidos por un filamento o lámina metálica de bajo punto de fusión, que soporta el paso de corriente eléctrica hasta un valor permitido, si este valor es superado, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito. Su función es la protección contra cortocircuitos.

Los fusibles están instalados entre las fuentes de alimentación eléctrica y el circuito que se va a energizar.

2.5.3.2 Guardamotores

Son interruptores magneto-térmicos, diseñados para la protección de motores contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para una especificación correcta de los guardamotores es importante verificar las corrientes de servicio y nominal del motor. El ajuste del valor de corriente se lo debe hacer en función de la corriente de servicio a fin de obtener una correcta protección del motor.

2.5.3.3 Disyuntores

Los disyuntores (breaker) es un dispositivo capaz de desconectar un circuito eléctrico cuando la intensidad de corriente eléctrica que circula por él, excede de un valor determinado, con el fin de no causar daños a los equipos eléctricos.

Hacen el mismo trabajo que los fusibles, con la ventaja que pueden ser restaurados manualmente, una vez superada la falla.

2.6 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Se consideró los criterios básicos que recomienda la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-Capítulo 15, para la nueva instalación.

El tablero eléctrico original de la máquina contiene todo el cableado de alimentación, protecciones y señales de control, por lo que no se requiere instalar un nuevo armario. Es grande (158 x 134 x 250 cm) y las modificaciones que se van a realizar alcanzan de una manera adecuada.

Se debe tomar en cuenta que la ubicación del panel de mando debe ser de fácil acceso y visualización.

2.6.1 ADECUACIÓN DEL GABINETE

Una vez diseñado el circuito de control, que se detalló en la sección 2.2, se procede a la implementación física. La adecuación tuvo varias fases:

- Selección de material necesario
- Verificación del estado de los elementos.
- Remover elementos y cableado que no es utilizado en la máquina.
- Etiquetar las señales de control y fuerza.
- Modificar el circuito eléctrico original

El armario eléctrico está dividido en dos partes, en un lado se encuentra instalado toda la parte de control y al otro lado está el sistema de fuerza.

2.6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO CONTROL

Para el montaje del nuevo tablero, se procedió a colocar 5 líneas de riel din, en un armazón metálica sobrepuesta, con la finalidad de fijar el rack del PLC M340, borneras para entradas y salidas, borneras portafusibles, relés y canaletas para el cableado. Un tablero sobrepuesto tiene como ventajas la gran resistencia estructural, diseño sencillo, fácil instalación y manipulación de los elementos. Además, de ser un bastidor mecánicamente independiente del armario. Las dimensiones del nuevo tablero son 130 x 70 cm.

La disminución de presión en el suministro de aire comprimido debe ligarse a una indicación de tipo luminoso, para alertar a los trabajadores de lo ocurrido. Por ello se

colocó una baliza, en la parte frontal del armario eléctrico, así como, el paro de emergencia, lámparas piloto y pulsadores.

En cuanto al cableado de los elementos, se llevaron a borneras las señales del sistema anterior, así como, las señales de los recientes elementos instalados. El cable que se utiliza para conectar las entradas y salidas del PLC M340 es #16 AWG, se puede usar uno de menor calibre dado que las corrientes manejadas son relativamente pequeñas.

Finalmente, se realizó el cambio de algunas canaletas de la máquina que estaban deterioradas o que ya no eran necesarias. Con esto se logró mayor espacio para arreglar los cables tanto de control como de potencia para una mejor presentación.

2.6.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FUERZA

Se reemplazó el variador de velocidad del rodillo de avivaje por uno nuevo de marca Hitachi modelo X200, en conjunto se incorporó un fusible de 2A para protección del equipo.

Se montó el variador de frecuencia Hitachi L700. Para energizar este equipo se añadió un contactor denominado K7.

También se instaló un motor de inducción AC, trifásico, 440 VAC, 18 KW, para mover los discos. Está ubicado en la parte superior de la máquina.



Figura 2. 8 Fotografía del motor de discos

Se cambió los guardamotores de la respiración lado A y lado B, pues estaban deteriorados y sobredimensionados para el motor.

Durante la implementación de este proyecto, se dio mantenimiento a los motores de AC, verificación de sensores de tensión de hilo, limpieza de los jets de aire, revisión de ventiladores, etc.

En los motores de DC se hizo cambio de escobillas. Al hacer las respectivas pruebas de mantenimiento al motor principal, se comprobó que los bobinados tenían bajo aislamiento, por lo que fue necesario reemplazarlo por otro motor ya existente en las instalaciones de la planta

Debido al tamaño y cantidad de dispositivos que se encuentran en el interior del gabinete eléctrico, se debe asegurar que exista ventilación sea natural o forzada de tal forma que se garantice que los equipos operen a una temperatura adecuada sin sobrepasar las temperaturas máximas de operación. Por tal motivo, se colocó dos ventiladores en el techo del armario, con sus respectivos elementos de protección (guardamotores).

A continuación se puede observar como quedo el armario eléctrico, en la parte de control y de fuerza, luego de las modificaciones.



Figura 2. 9 Fotografía del nuevo tablero de control de la máquina texturizadora B3

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE E INTERFAZ DEL USUARIO

3.1 DESARROLLO DEL HMI DEL SISTEMA

El desarrollo del HMI se hizo en INTOUCH versión 9.0.

INTOUCH es un paquete de software utilizado para crear aplicaciones de interface hombre-máquina que recurre al sistema operativo Windows. Además este software es robusto y compatible con un gran número de PLCs mediante sus I/O Servers.

3.1.1 NOCIONES BÁSICAS DEL INTOUCH

El software INTOUCH consta de varios entornos, que se explicaran a continuación.

3.1.1.1 Application Manager

Permite la entrada a Intouch. Desde aquí se puede seleccionar cualquier aplicación creada previamente, o bien crear una nueva.

Para crear una aplicación se debe seleccionar *File* → *New*, y se accede al asistente de generación de aplicaciones, que permite dar un nombre y comentario a la nueva aplicación creada.

3.1.1.2 WindowMaker

Es el entorno de desarrollo donde se genera ventanas de visualización. Para ello se cuenta con herramientas que admiten dibujar y animar formas, botones, insertar gráficos y texto. Si se desea formas más complejas se dispone de herramientas adicionales como Symbol Factory y el Wizard.

Si las animaciones disponibles no son suficientes para la aplicación, se puede crear Scripts, los cuales son mini-programas desarrollados en lenguaje C, que permiten realizar animaciones más complejas o que no existen por defecto en el programa.

3.1.1.3 WindowViewer

Es el entorno de ejecución que se utiliza para mostrar las ventanas de gráficos y animación, creadas en WindowMaker, y se puede hacer uso de las figuras animadas, manipular los botones, slides, texto, conectar con E/S externas, etc.

INTOUCH es un software de tipo propietario por lo que WindowMaker y WindowViewer requieren su respectiva licencia.

3.1.2 CREACIÓN DE VENTANAS

Es necesario crear varias pantallas, para la supervisión y control de variables involucradas en el ciclo de texturizado de hilo, brindándole al usuario un entorno amigable y seguro.

En la Figura 3. 1 se visualiza todas las ventanas creadas para esta aplicación.

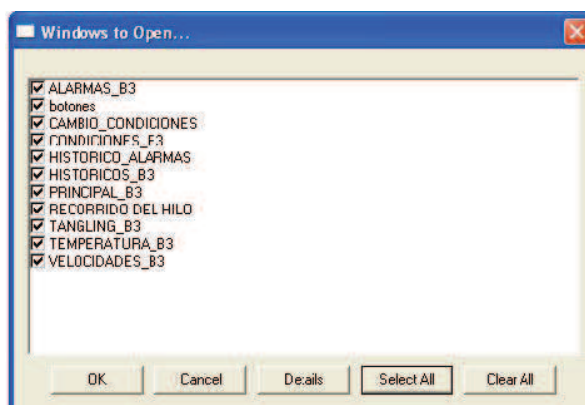


Figura 3. 1 Ventanas creadas en Intouch

El uso de estas pantallas se maneja bajo una secuencia de operación descrita a continuación.

3.1.2.1 Ventana Principal

Es la portada del proyecto, muestra la parte frontal de la máquina texturizadora, así como la fecha y hora. Ver Figura 3.2.

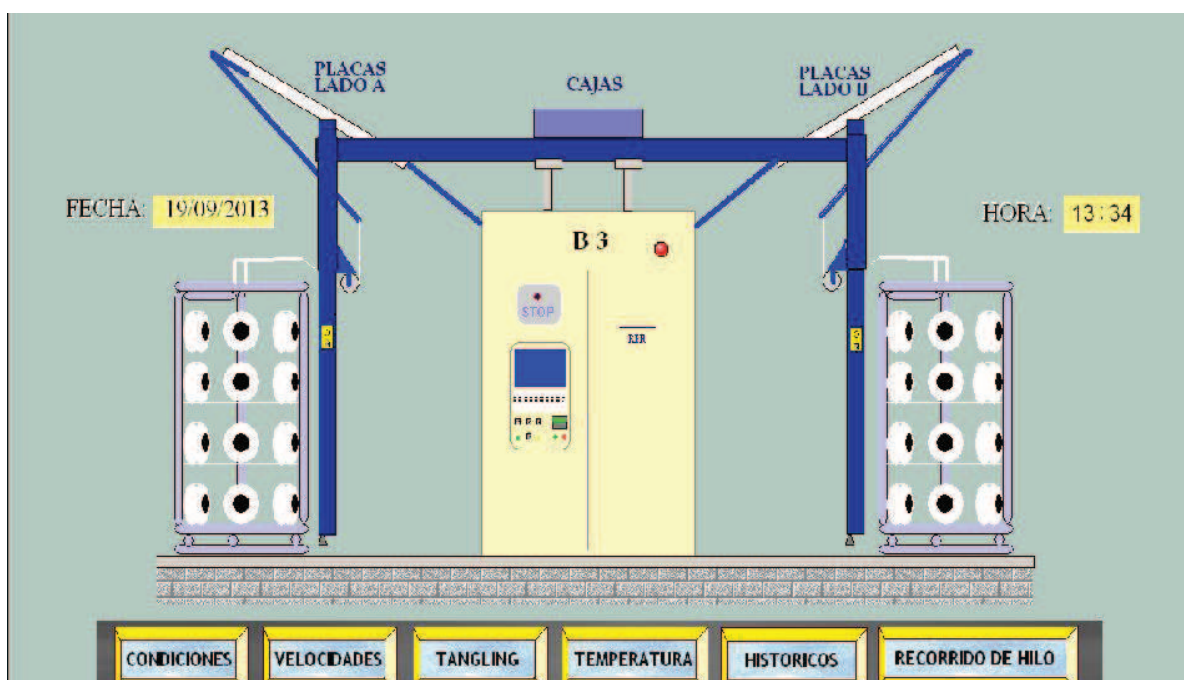


Figura 3. 2 Pantalla Principal del Proyecto

Todas las ventanas contienen en la parte inferior, un menú de navegación que permite desplazarse por el resto de ventanas o regresar a la pantalla principal.

3.1.2.2 Cambio de Condiciones

Sirve para que el usuario se identifique y pueda ingresar con un password. Existen varios niveles de acceso para impedir que de forma accidental se modifiquen valores inherentes del proceso. Estos niveles son:

- OPERADOR: Permite únicamente visualizar el funcionamiento de la máquina.

- SUPERVISOR: Puede visualizar y manipular las variables del proceso de acuerdo al tipo de hilo que se está elaborando, con la posibilidad de maniobrar las pantallas de tendencias y alarmas.
- INSTRUMENTISTA: En este nivel a más de poder acceder a todo lo anteriormente expuesto, se puede ingresar completamente al sistema de control. A este nivel solo ingresan usuarios que tengan conocimientos del proceso.

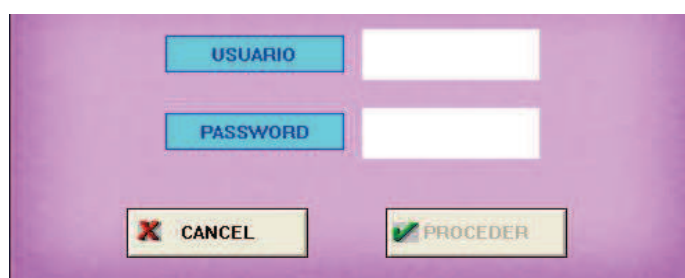
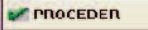
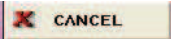


Figura 3. 3 Pantalla de Acceso

En la pantalla de acceso (Figura 3.3), el usuario ingresa su nombre y clave. Si ambos parámetros son correctos al pulsar  se permite modificar los valores del proceso.

Cuando se presiona el botón , se sale de la ventana y retorna a la pantalla en la que estaba inicialmente.

3.1.2.3 Ventana de Condiciones

Se pueden manipular directamente valores del proceso. A continuación se detalla que variables son susceptibles de modificación.

Tabla 3. 1 Variables del proceso que pueden ser modificadas

| SISTEMA | VARIABLE | DESCRIPCIÓN |
|-------------|--------------------------|---|
| VAIVÉN | SP (RPM) | Set-point de velocidad |
| | AMPLITUD (%) | Rango de velocidad |
| | T UP_DOWN (s) | Período de la rampa |
| RESPIRACIÓN | TIEMPO DE MOVIMIENTO (s) | Movimiento de ida o retorno de la leva circular |

| | | |
|--------------------|----------------------|---|
| | TIEMPO DE REPOSO (s) | Tiempo de reposo |
| | PIC 1 (%) | Representa el 100% del valor del tiempo de movimiento |
| | PIC 2,3 y 4 (%) | Valor en porcentaje del tiempo de movimiento |
| MOTOR PRINCIPAL | SP (RPM) | Set-point de velocidad |
| MOTOR DISCOS | SP (RPM) | Set-point de velocidad |
| RODILLO DE AVIVAJE | SP (Hz) | Set-point de frecuencia |

También se incluyó mensajes de advertencia si el valor ingresado esta fuera del rango, evitando de esta manera operaciones inadecuadas en el sistema.

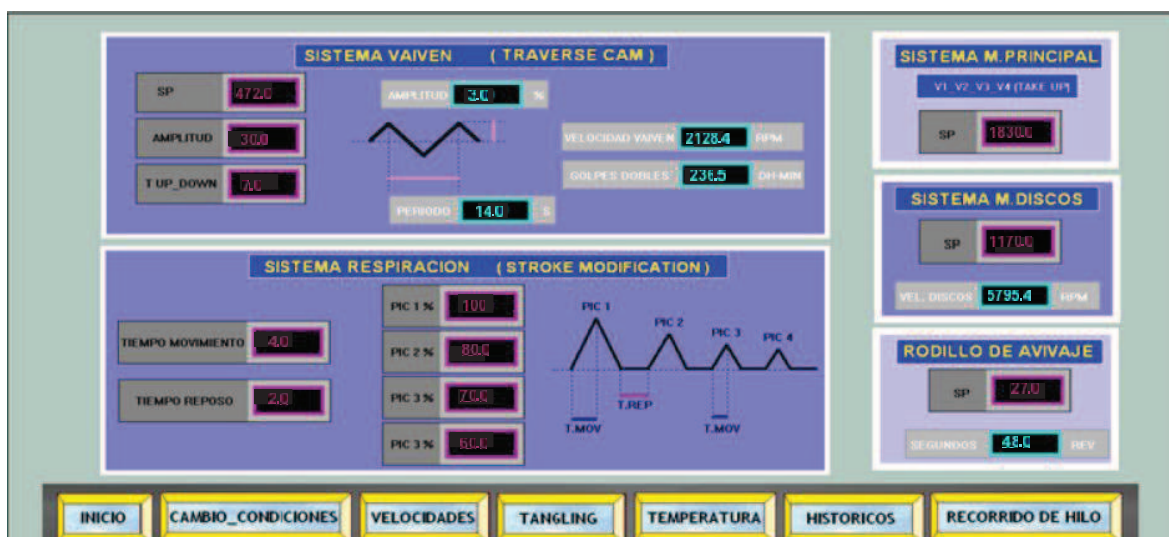


Figura 3. 4 Ventana de condiciones de operación

El botón **CAMBIO_CONDICIONES**, solo esta visible en los menús: CONDICIONES, TANGLING Y TEMPERATURA.

3.1.2.4 Ventana de Velocidades de Producción

En esta pantalla se visualiza las variables que son manejadas directamente por el área de producción. Son parámetros que se obtienen de la relación de velocidad entre los diferentes ejes de la máquina.

| SHAFT | SPEED M/min | SPEED RPM | INVERTERS | STATUS | |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------|--------|----------------------------------|
| SECOND SHAFT | 402.4 | 1830.0 | MAIN DRIVE PRINCIPAL | FAULT | PRODUCTION SPEED |
| FIRST SHAFT | 237.5 | 1080.0 | | | DRAW RATIO_RE_(K) : 1.694 |
| THIRD SHAFT | 395.8 | 1800.0 | | | |
| SPINDLES (DISKS) | 821.9 | 5814.0 | SPINDLES DRIVE DISCOS | FAULT | D / Y RATIO : 2.04 |
| TAKE UP | 388.8 | 1650.0 | | | |
| TRAVERSE CAM | | 2107.3 | TRAVERSE DRIVE VAIVEN | FAULT | STROKE/min DH : 234.1 |
| | | | OILING DRIVE AVIVAJE | | CROSSING ANGLE (DEGREES) : 32.97 |

Figura 3. 5 Velocidades de Producción

3.1.2.5 Pantalla del Tangling

Previamente se debe acceder a la opción , para ingresar el valor de set-point de presión del aire comprimido.

Al mismo tiempo, permite observar las curvas de tendencia de los valores de presión asignado y el valor real, así como la salida del controlador PID.

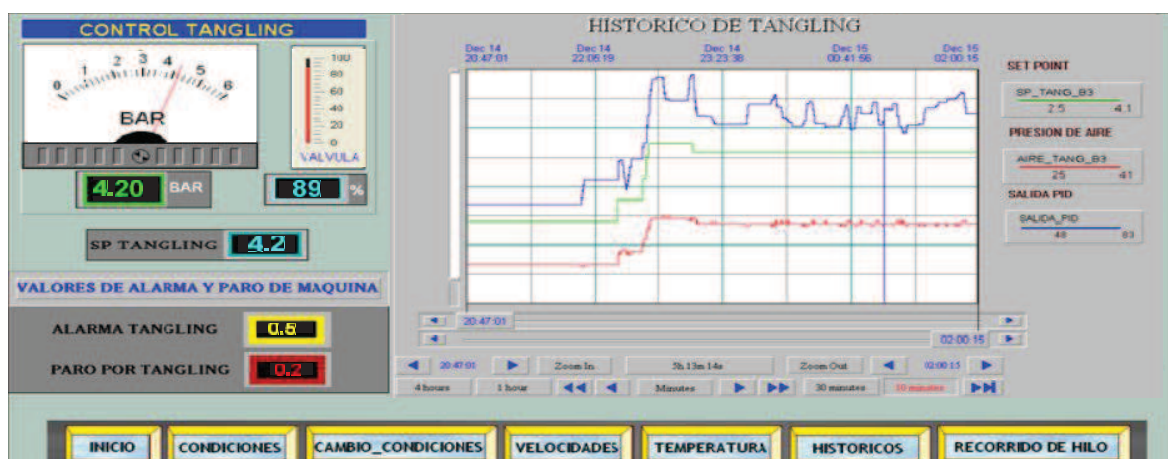


Figura 3. 6 Control del Aire Comprimido

La casilla **ALARMA TANGLING** empieza a titilar cuando la presión ha disminuido en 0.2 bar del valor de set-point ingresado. En cambio **PARO POR TANGLING**, sucede cuando la variación es de 0.5 bar.

3.1.2.6 Temperatura

Esta ventana cuenta con recuadros, en los cuales se puede apreciar en tiempo real el valor de las variables analógicas de temperatura tanto de cajas como de placas del lado A y B de la máquina. Para ingresar el valor de temperatura se debe acceder a la casilla **CAMBIO CONDICIONES**.

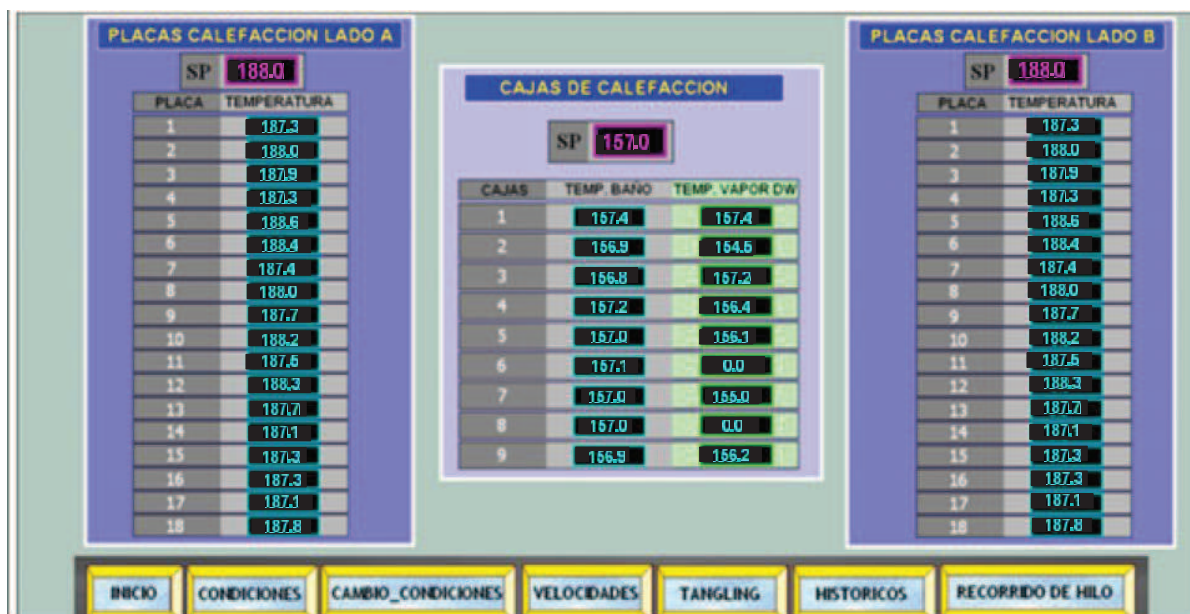


Figura 3. 7 Condiciones de temperatura

3.1.2.7 Pantalla de Históricos o Tendencias

Se trata de una ventana de supervisión que muestra un registro histórico del comportamiento de las variables analógicas (velocidad del motor principal, velocidad del motor del vaivén, velocidad del inversor de discos, etc.), están representadas cada una de ellas por distintos colores.

Para mostrar la información de un determinado periodo de tiempo se tiene diversos botones, están ubicados en la parte inferior del gráfico (Figura 3.8).

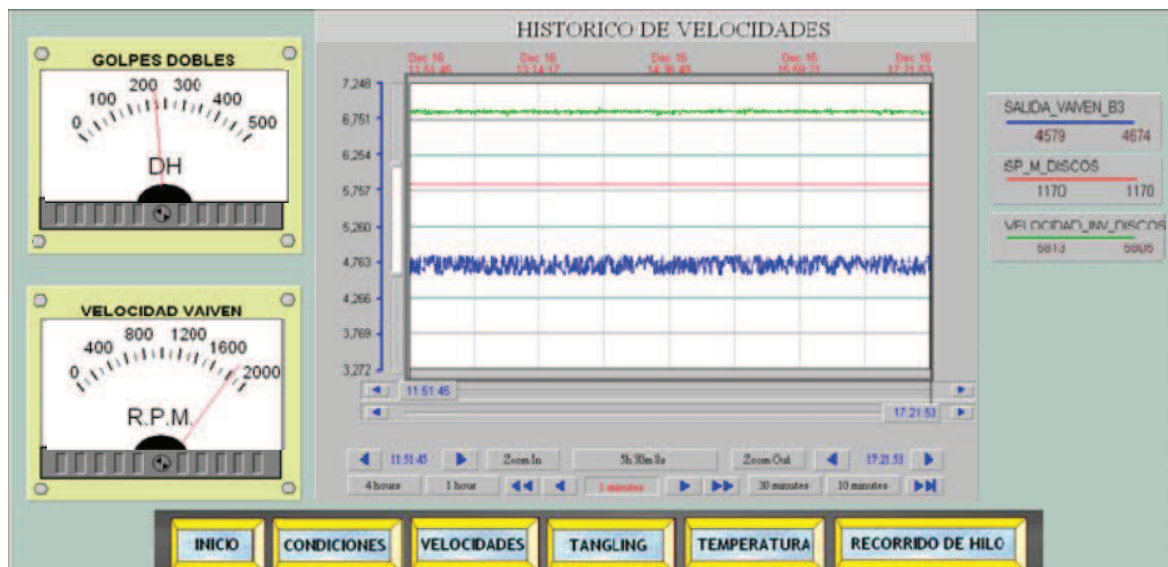


Figura 3. 8 Tendencias de variables analógicas

Los datos históricos son almacenados en una carpeta del disco de datos del computador, creada específicamente para ello.

3.1.2.8 Pantalla de Alarmas

La pantalla (Figura 3.9) estará visible en cualquier momento y está ubicada en la parte superior del HMI.

Esta ventana indica el estado de la máquina: WORK SPEED ó STOP. Además se puede visualizar un mensaje que indica si existe o no una alarma en el sistema. Si se ha producido una falla aparecerá una flecha con un mensaje de texto indicando la ventana a la cual debemos dirigirnos para ver el tipo de falla ocurrido.



Figura 3. 9 Ventana de Alarmas

Al pulsar sobre el botón **ALARMAS_B3**, una ventana secundaria (Figura 3.10) será desplegada, en la cual se muestra la información de fecha y hora en que sucedió el evento. A sí mismo, se indicará el nombre del Tagname que generó la alarma y adicionalmente tiene un comentario indicando la posible causa.

Las alarmas producidas se actualizan constantemente y éstas son almacenadas en un archivo para que posteriormente puedan ser revisadas.

| Date | Time | Type | Name | Value | Comment |
|--------|-------|--------|-------------------------|------------|--------------------|
| 14 dic | 16:15 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | OFF LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 16:16 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | ON LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 16:16 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | OFF LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 16:16 | SYSTEM | \$OperatorName | None | \$OperatorName |
| 14 dic | 17:13 | SYSTEM | \$OperatorName | production | \$OperatorName |
| 14 dic | 17:13 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | ON LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 17:14 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | OFF LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 17:15 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | ON LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 17:15 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | OFF LINE | FAULT PRESSURE AIR |
| 14 dic | 17:16 | SYSTEM | \$OperatorName | None | \$OperatorName |
| 14 dic | 17:33 | SYSTEM | \$OperatorName | production | \$OperatorName |
| 14 dic | 17:34 | SYSTEM | \$OperatorName | None | \$OperatorName |
| 14 dic | 17:34 | SYSTEM | \$OperatorName | production | \$OperatorName |
| 14 dic | 17:35 | DSC | ALARMA_AIRE_TANGLING_B4 | ON LINE | FAULT PRESSURE AIR |

Update Successful Default Query

Figura 3. 10 Ventana de Alarmas

3.1.2.9 Pantalla de Recorrido del hilo

Esta pantalla sirve para observar el proceso de forma animada (Figura 3.11), por ello no se puede accionar ningún elemento.

Los datos visualizados son los valores de consigna que se fija a las variables que intervienen en el proceso.

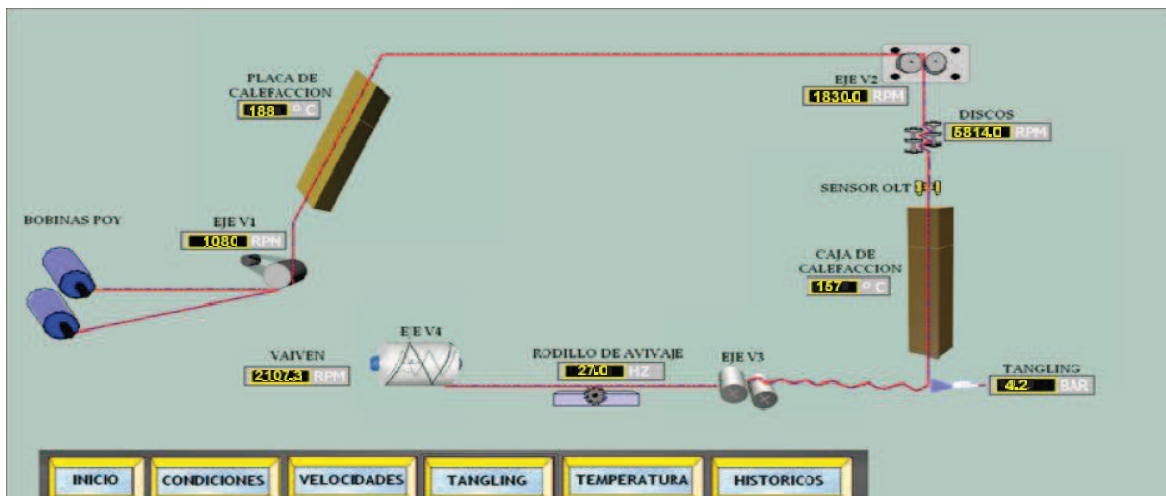


Figura 3. 11 Recorrido del hilo

3.1.3 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN

Se usa como medio físico el canal RS-485 entre el PLC y un puente, éste a la vez se encarga de enlazar datos de dos redes diferentes, como es el caso de MODBUS RTU y MODBUS TCP/IP compatible con Ethernet.

El puente está conectado al switch de Texturizado 1, el mismo que se comunica a la red local de Enkador.

En la Figura 3.12 se ejemplifica la red de comunicación entre los elementos que forman parte de este proyecto.

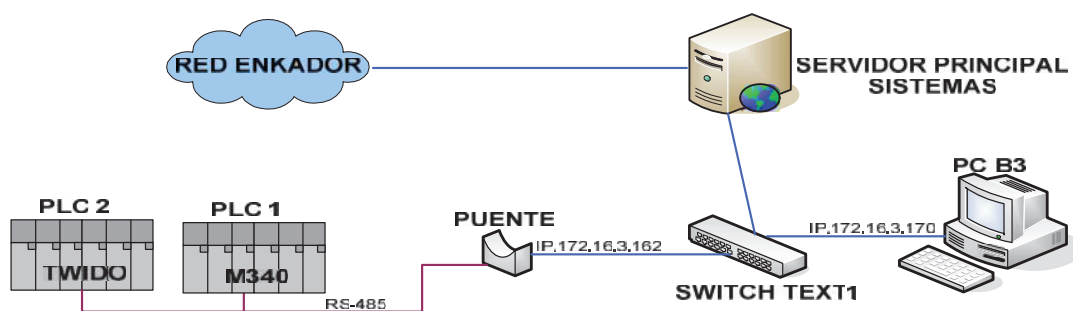


Figura 3. 12 Red de Comunicación

Para instaurar la comunicación entre la HMI y el PLC se lo hace por medio de los I/O SERVERS MBENET, cargados previamente en el PC. Además para realizar la comunicación entre aplicaciones Windows se utiliza el protocolo DDE (Dynamic Data Exchange).

Para configurar el protocolo de comunicación es necesario seguir algunos pasos, los mismos que se puntualizan a continuación.

3.1.3.1 Configuración del I/O Server MBENET

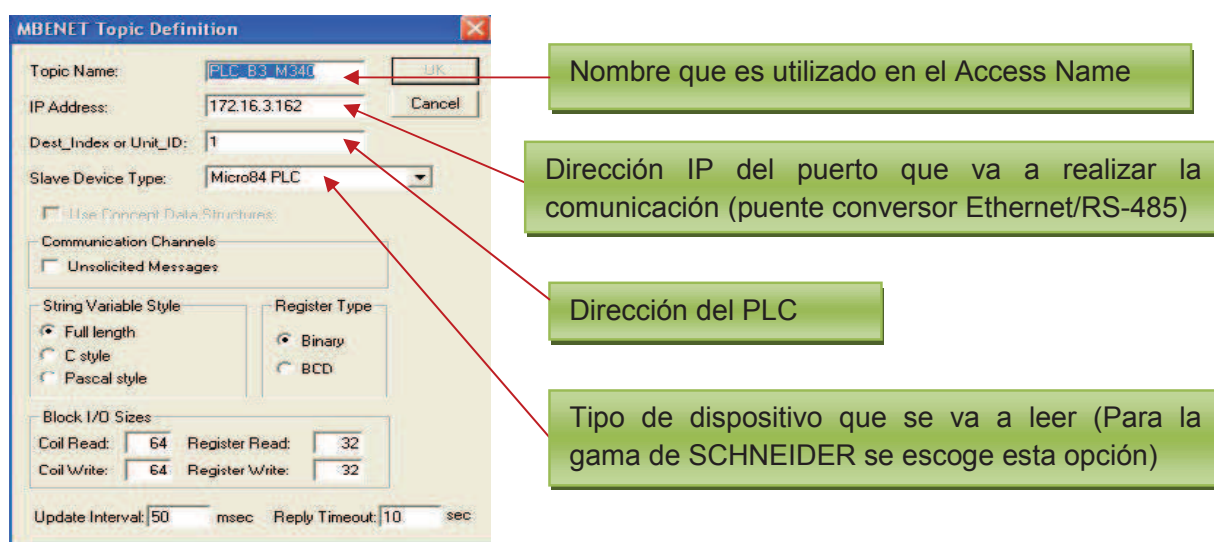


Figura 3. 13 Configuración de tópicos del MBENET

Uno de los errores más comunes de comunicación se debe a la configuración que se realiza, ya sea por no elegir el tipo de red adecuado, o no especificar correctamente la dirección de cada uno de los elementos. La dirección debe ser única dentro de la red.

3.1.3.2 Configuración del Access Name

Al utilizar los tags I/O es ineludible configurar el "Access Name", encargado de indicar de donde se obtienen o hacia donde se envían los datos y la interfaz empleada para establecer la comunicación PLC- INTOUCH.

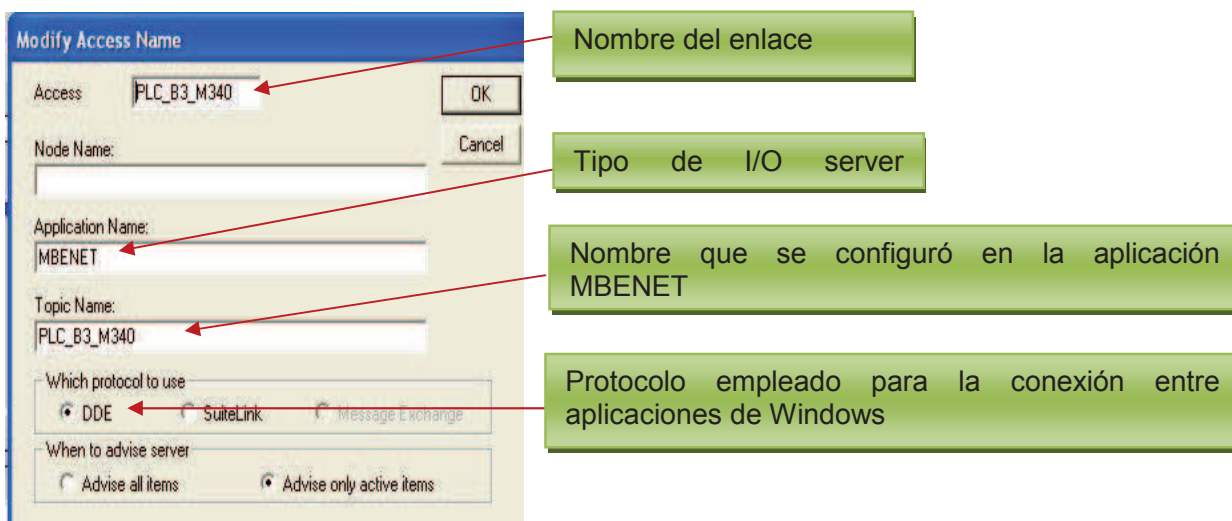


Figura 3. 14 Access Name

3.1.3.3 Configuración de los Tags

Primeramente, se debe crear una base de etiquetas con todas las variables involucradas en la adquisición y procesamiento de datos. Se los denomina tags y son de varios tipos como enteros, discretos, análogo, reales. El número de tags disponibles es limitado, y depende del software adquirido.

Para la recepción y envío de datos (comunicación externa) se utilizan los tags de tipo I/O, igualmente pueden ser discretos, enteros, reales.

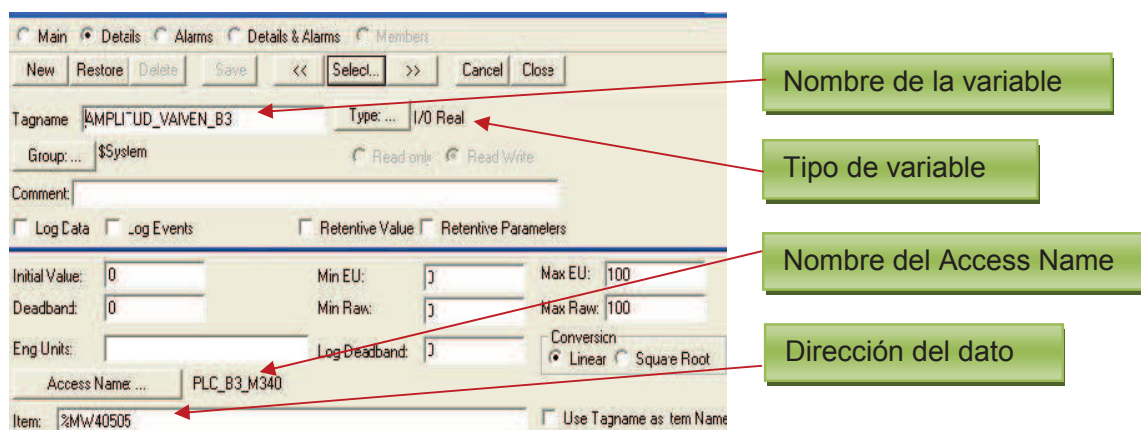


Figura 3. 15 Configuración de los tags I/O

Dependiendo del número de tagnames involucrados en el proceso se sugiere crear una lista con la respectiva asignación de dirección MODBUS en el registro de memoria de cada variable.

3.2 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para la programación del autómatas Modicon M340 se utiliza Unity Pro XL versión 4.1, un software de programación diseñado por Schneider Electric compatible con varios PLCs. Unity Pro permite emplear los lenguajes de programación definidos en la norma IEC 61131.

Este software habilita configurar, programar, simular, depurar y monitorizar el PLC, previamente se debe realizar una configuración inicial.

La Figura 3. 16 muestra el aspecto de Unity Pro, y sus principales ventanas.

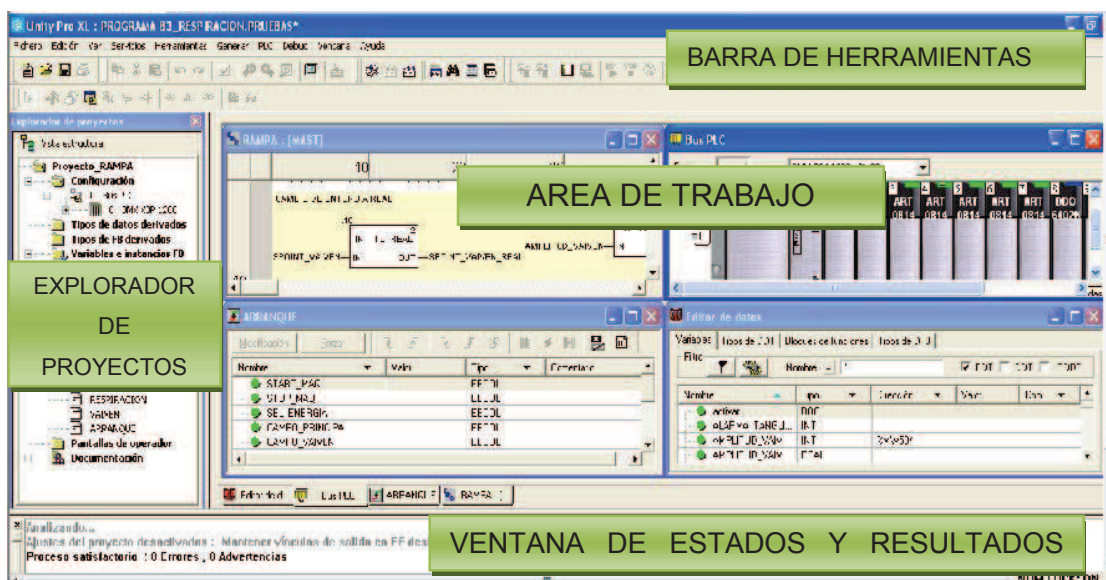


Figura 3. 16 Interface de Unity Pro

3.2.1 CONFIGURACIÓN DE UNA APLICACIÓN

Para el desarrollo de una aplicación, en primer lugar se debe crear un nuevo proyecto para lo cual se hace clic en el menú *Fichero* → *Nuevo*. Aparecerá una ventana, como se ve en la Figura 3.17, en la que se elige el modelo del procesador que se dispondrá.

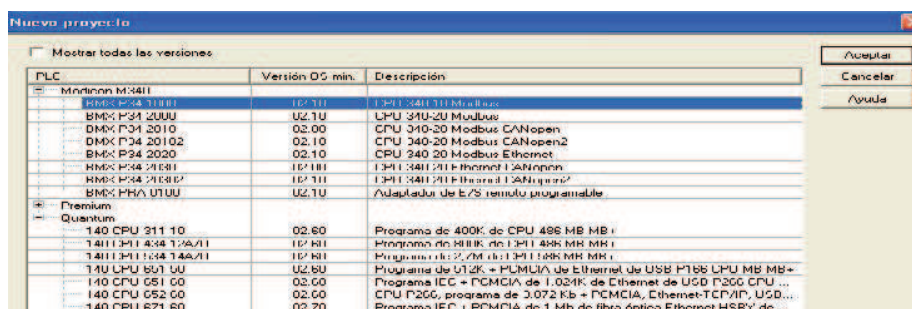


Figura 3. 17 Pantalla de configuración del PLC

Una vez seleccionado aparecerá el *Explorador de Proyectos*, en la parte izquierda de la pantalla. Como se observa en la Figura 3.18, la pantalla se estructura en:

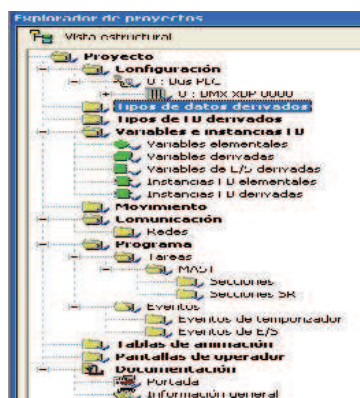


Figura 3. 18 Explorador de proyectos

En la carpeta de *Configuración* seleccionamos los todos los módulos que van a ser instalados en el PLC. Para ello se hace doble clic en "0: Bus PLC". La ventana que

aparece muestra un esquema del PLC y de sus ranuras. Por defecto se dispone de 8 ranuras. Para cambiar este valor, se hace doble clic en el bastidor del PLC, y se selecciona *“Bastidor principal de 12 slots”*.

Del mismo modo, viene predefinido el módulo de alimentación, siendo necesario cambiar el tipo de fuente. Esto se logra haciendo clic con el botón derecho sobre la fuente y seleccionando *“Eliminar módulo”*. Posteriormente, se hace doble clic sobre el espacio libre que queda y se selecciona *“BMX CPS 3500”*.

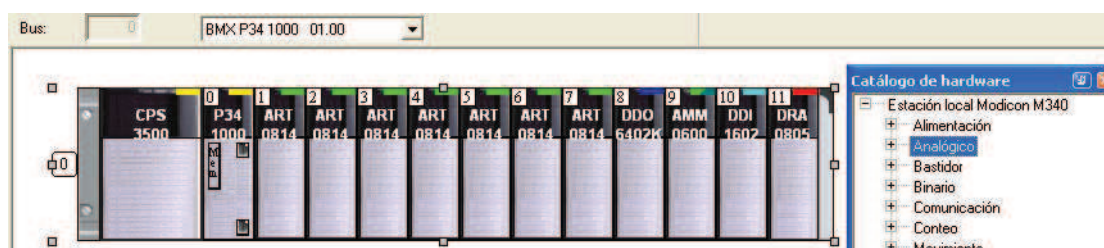


Figura 3. 19 Configuración del bastidor del PLC M340

Una vez escogidos el bastidor, la fuente y la CPU hay que seleccionar los módulos de entrada/salida (E/S). Se hace clic en cada ranura disponible y se selecciona el módulo que está instalado. Para cambiar el módulo de un slot, primero se debe eliminar el elemento actual y luego añadir el nuevo en su lugar.

3.2.2 CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS DEL PLC

En cualquier momento podemos acceder a la carpeta de *Configuración*, en ella se puede modificar la configuración de cada módulo, efectuando doble clic sobre él.

3.2.2.1 Configuración del procesador

Se establecen los parámetros por defecto, al momento de seleccionar el procesador cuando se crea un nuevo proyecto (Ver Figura 3.20). No obstante, según las necesidades de programación puede ser reconfigurado.

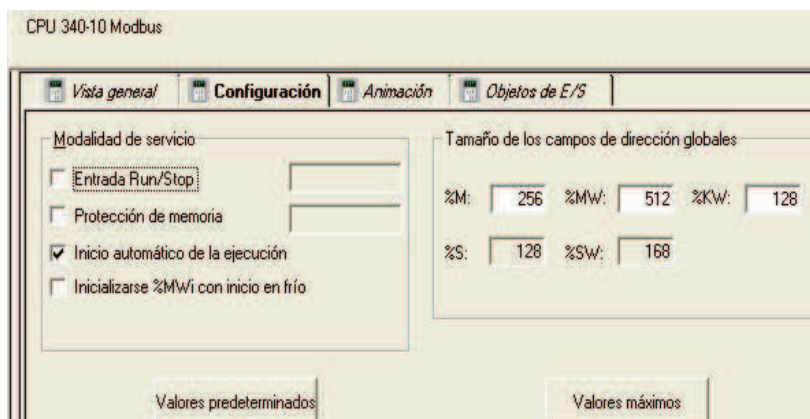


Figura 3. 20 Configuración del procesador

3.2.2.2 Configuración de los módulos de E/S digitales

Se puede configurar algunos parámetros y ver las variables asociadas a las líneas de entrada y salida.

Como ejemplo, la Figura 3.21, muestra las ventanas de configuración para los canales 0 y 8 del módulo BMX DDI 1602. El canal 0 se corresponde con el primer grupo de 8 entradas digitales, y el canal 8 con las restantes.

Dependiendo del tipo de módulo, se tiene el parámetro de *Retorno*, que es el valor que tomará la línea de salida en el caso de que se produzca una interrupción anormal del programa.

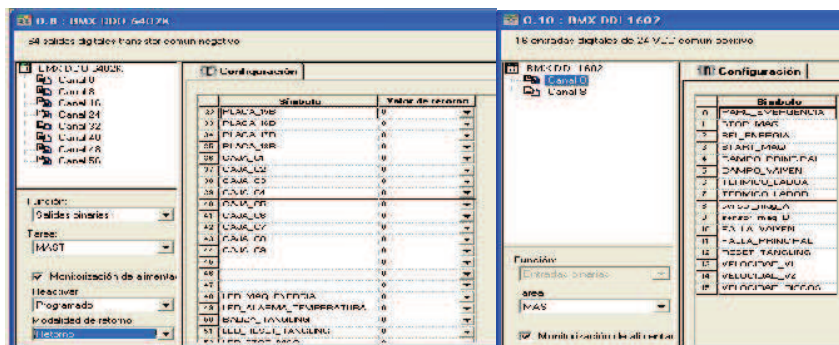


Figura 3. 21 Configuración de E/S digitales

3.2.2.3 Configuración de los módulos de E/S analógicos

Cada entrada y salida analógica del módulo BMX AMM 0600, representa un canal. Las entradas son los canales del 0 al 3 y, las salidas están numerados como 4 y 5.

En la pestaña *Símbolo* se puede ver el nombre con el que está especificado en el programa. En la casilla *Rango*, se define los límites superior e inferior de la variable analógica. A la par, se escoge entre medir voltaje o corriente. La opción *Escala* facilita una conversión automática de los valores de una entrada a los valores que serán procesados en el programa al leer dicha entrada.

Finalmente, la casilla *Filtro* permite activar un filtro antes de realizar la conversión AD eliminando ruidos o interferencias en la señal de entrada. El filtro es mayor mientras más alto sea el valor escogido, este factor influye en el tiempo de respuesta de la señal.

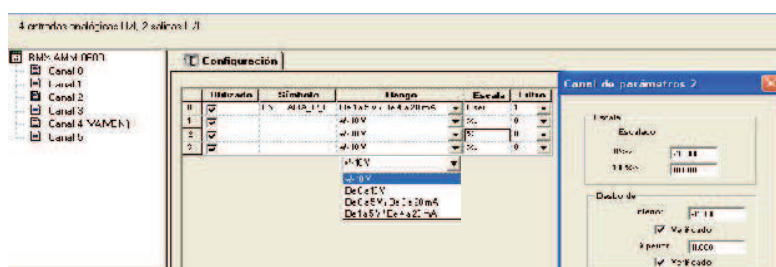


Figura 3. 22 Configuración de entradas analógicas

En la configuración de salidas, cuando el parámetro *Control de cableado* es activado, permite al módulo generar errores cuando se usa una salida por corriente y el cableado presenta algún fallo que no permite cerrar el circuito correctamente.

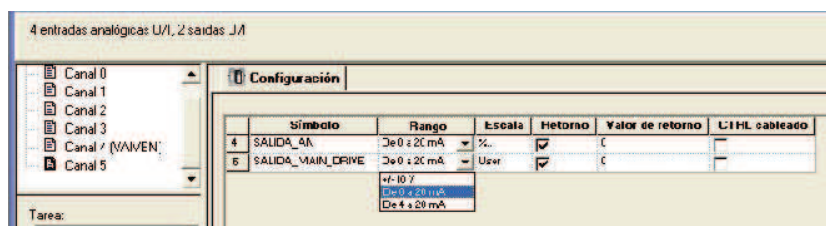


Figura 3. 23 Configuración de salidas analógicas

En el caso de las unidades de temperatura BMX ART 0814, es necesario indicar el tipo de sensor del cual se dispone. Para ello, se hace doble clic sobre el módulo y en la columna *Rango* se despliega una lista con todas las alternativas disponibles.

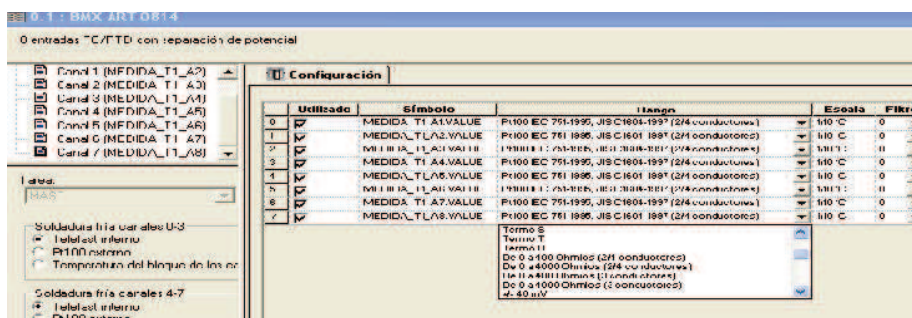


Figura 3. 24 Configuración de los módulos de temperatura

3.2.3 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DEL PLC M340

Una vez configurado el PLC, es preciso configurar la red de comunicación. En el explorador de proyectos, se selecciona la carpeta de *Configuración*, se hace clic con el botón derecho sobre el módulo del procesador. Luego, se selecciona la opción *SerialPort*, y aparece una ventana con los parámetros configurables de acuerdo al protocolo de comunicación escogido, en este caso, el protocolo MODBUS RTU.

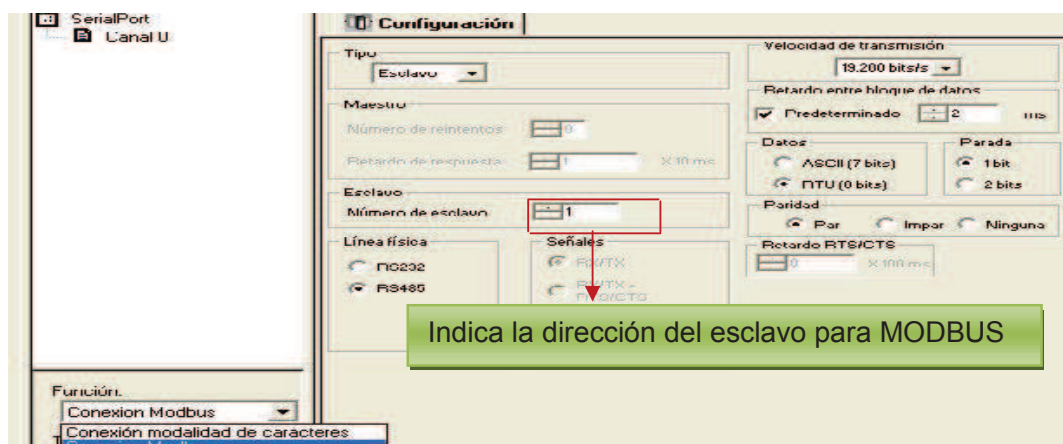


Figura 3. 25 Configuración de la conexión MODBUS

MODBUS es un protocolo basado en la comunicación en serie, que utiliza los modos de transmisión ASCII o RTU, los mismos que determinan la forma en la que esta empaquetada la información en lo que se refiere al código y al mensaje.

- Modo RTU: La comunicación entre los dispositivos se realiza por medio de datos binarios.
- Modo ASCII: La comunicación entre los dispositivos se realiza por medio de caracteres ASCII.

En la Tabla 3.2 se hace una comparación entre las principales características de los modos de transmisión anteriormente señalados.

Tabla 3. 2 Características de los modos de transmisión RTU y ASCII

| | Modo RTU | Modo ASCII |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Caracteres | Binario 0...255 | ASCII '0'...'9', 'A'...'F' |
| Comprobación de error | CRC (Cyclic Redundancy Check) | LRC (Longitudinal Redundancy Check) |
| Comienzo de trama | tiempo de 3.5 bytes | Carácter ':' |
| Final de trama | 3.5 veces tiempo de carácter | Carácter CR/CL |
| Distancia máxima entre caracteres | 1.5 veces tiempo de carácter | 1 s |
| Bit de inicio | 1 | 1 |
| Bits de datos | 8 | 7 |
| Paridad | Par / Impar / Ninguna | Par / Impar / Ninguna |
| Bits de parada | 1 si hay paridad ,2 ninguna | 1 si hay paridad, 2 ninguna |

Para esta aplicación el autómata se configura como esclavo y atenderá automáticamente las peticiones del maestro, por lo que no requiere de alguna programación especial para la establecer la comunicación.

3.2.4 CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO

3.2.4.1 Declaración de variables

Para realizar la declaración de variables se hace doble clic en la carpeta *Variables e Instancias FB*, se selecciona alguna de las secciones que se visualizan, y aparece una tabla con varios campos que pueden ser editados.

El campo *Nombre* sirve para nombrar a cada variable, en *Tipo* se indica el tipo de variable, en *Dirección* se asigna una dirección de lectura, escritura o marca (si no se indica nada, se trata de una marca interna). En la opción *Valor* se puede agregar un valor inicial a la variable, y en *Comentario* se puede añadir una acotación de interés.

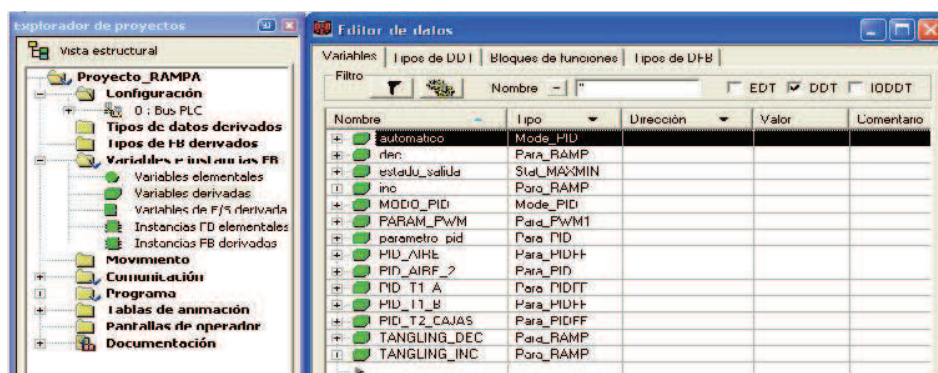


Figura 3. 26 Ventana de variables

3.2.4.2 Asignación de direcciones

Existen variables que aparte de su nombre se requiere conocer su posición de memoria y la localización del módulo donde se encuentra, es decir, necesitan un direccionamiento directo (se define al escribir el programa), y es útil cuando se quiere acceder a entradas, salidas o registros específicos, o para definir una variable asignada.

La dirección de una variable comienza con el símbolo %, seguido de la clase de variable (I: entrada, Q: salida, K: constante, M: memoria), el tipo de la variable (X: booleano, W: palabra de 16 bits, D: palabra doble de 32 bits) y su localización.

Con los ejemplos indicados en la Tabla 3.3, se especifica como asignar una dirección a una variable.

Tabla 3. 3 Direccionamiento directo de variables

| Dirección | Detalle |
|-----------|--|
| %M5 | Acceso al quinto bit de memoria |
| %MW1 | Acceso a la primera palabra de la memoria |
| %KF3 | Acceso a la tercera palabra de coma flotante de la memoria |
| %Q0.11.1 | Acceso al primer bit del módulo de salida ubicado en la posición 11 del bastidor 0. |
| %IW0.9.1 | Acceso a la primera palabra de memoria del módulo de entrada, ubicado en la posición 9 del bastidor 0. |

3.2.4.3 Creación de secciones de programa

Inicialmente, en *Programa* → *Tarea* → *MAST* → *Sección*, hacemos clic y se selecciona *Nueva Sección*. Aquí se especifica el nombre y lenguaje de programación de la aplicación. Es preciso recalcar que el orden de ejecución de las secciones está definido por el orden en el que aparecen en el Explorador de Proyectos.

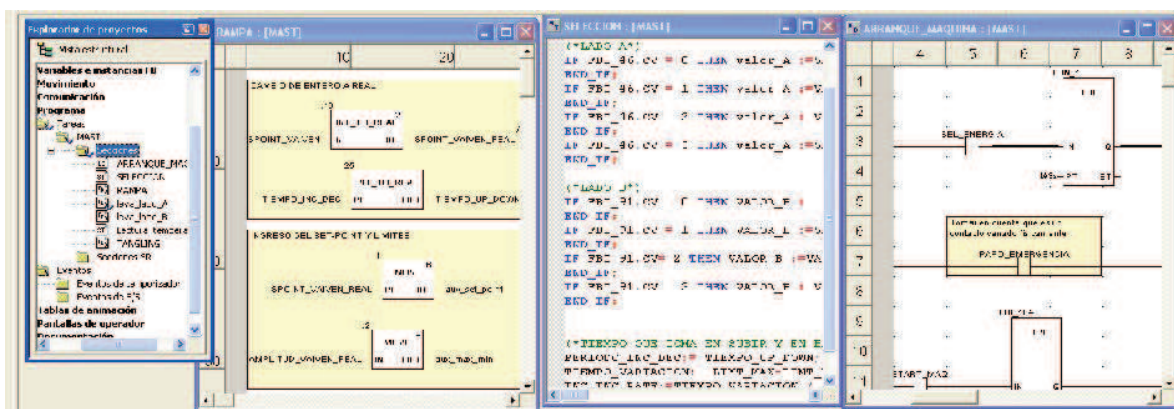


Figura 3. 27 Secciones del programa

3.2.4.4 Simulación del Programa

Se utiliza el simulador integrado para comprobar el funcionamiento e ir depurando la aplicación, para posteriormente transferirla al PLC. Consta de varios pasos que se detallan a continuación.

Compilación y generación del proyecto

Una vez terminada la aplicación es conveniente analizarla para comprobar que no existan errores y a la vez generar el código que permita la transferencia del programa al autómata.

En este caso tenemos tres opciones que son:

- Analizar el proyecto: Devuelve los errores o advertencias detectadas en el programa.
- Generar cambios: Genera el código de los últimos cambios realizados en el programa.
- Regenerar todo el proyecto: Examina el proyecto en busca de errores y conflictos. Si todo está correcto genera la aplicación final que queda lista para ser cargada al PLC.

Cuando se encuentra algún error se muestra una lista en la parte inferior indicando la información del proceso de compilación. Ver Figura 3.28.

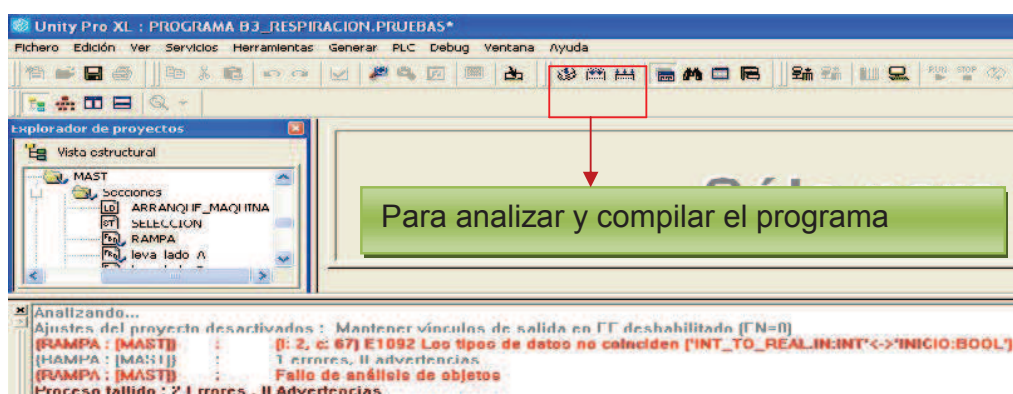


Figura 3. 28 Ventana que muestra el resultado del análisis y compilación del programa

Tablas de Simulación

Se usan tablas de animación para controlar las variables y cumplen las siguientes funciones:

- Visualizar el valor de las variables (0 ó 1 si son digitales, valor numérico si son enteros o reales).
- Modificar el valor de una variable
- Forzar las señales, especialmente cuando se trata de señales externas. También es posible realizar forzados múltiples (forzar varias señales al mismo tiempo).

En el Explorador de proyectos, con un clic en *Tablas de animación* se selecciona *Nueva tabla de animación*, y se ingresa el nombre de la misma. Ver Figura 3.29

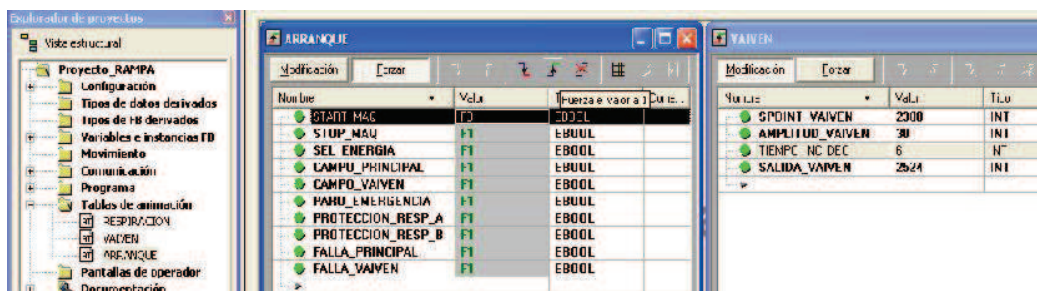


Figura 3. 29 Tablas de simulación

Unity Pro también permite la Exportación/Importación de proyectos o partes de otros proyectos, para utilizarlos en nuevas aplicaciones.

Transferencia del programa al PLC

El autómata puede trabajar en dos modos:

- Estándar: Cuando se tiene conectado el PLC real
- Simulación: Cuando se conecta a un PLC virtual.

En el menú *PLC* se da clic en *Conectar*, luego clic en *Transferir proyecto a PLC*. Aparece una pantalla en la cual hacemos clic en *Transferir*. Una vez transferido el

programa al PLC se observa los valores y estados de las variables que conforman la aplicación.

Finalmente, en la barra superior se da clic en *Run* para ejecutar el programa en el autómeta.

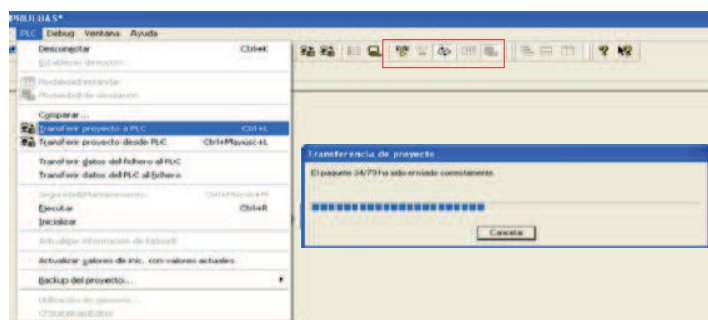


Figura 3. 30 Transferencia del programa al autómeta

3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

A continuación se describe la programación del autómeta, detallando las tareas que llevará a cabo y la forma en que lo hará.

3.3.1 ARRANQUE Y APAGADO DE LA MÁQUINA

El primer programa que se ejecuta es "ARRANQUE_MAQUINA", está elaborado en lenguaje LD, y por bloques de funciones. En esta sección se resuelve si dar inicio o detener el funcionamiento del proceso.

Antes del encendido de la máquina se supervisa que exista energía eléctrica usando la entrada %I0.10.2 del PLC M340. A la vez, esta señal permite registrar las variaciones de energía en la red principal.

Si ha transcurrido el tiempo programado y las señales que indican la existencia de voltaje de campo no se han activado, la marca interna *Demora* se pone en 1 y manda a desconectar al relé AUX1.

La señal JOG es la que activa la entrada RUN de los variadores, en cambio, para poner en marcha el resto de programas almacenados en el PLC M340 y TWIDO, se verifica que *Activar* este en 1.

En el diagrama de flujo de la Figura 3.31 se explica la secuencia de encendido de la máquina.

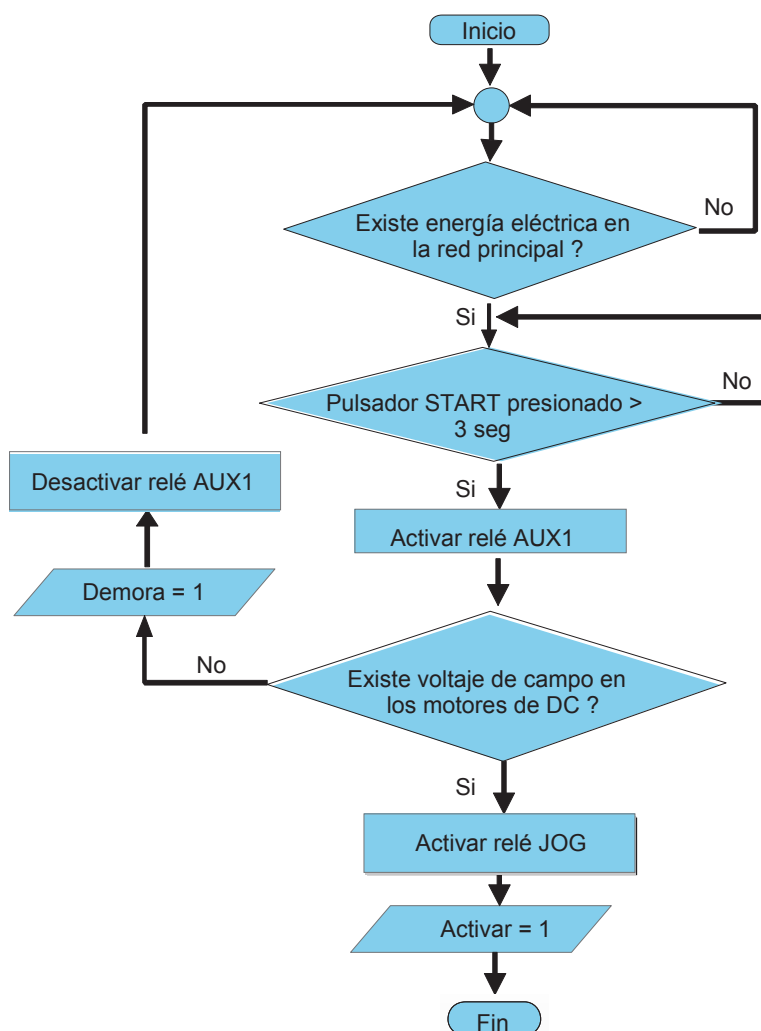


Figura 3. 31 Diagrama de flujo del arranque de la máquina

El proceso de apagado de la máquina es el inverso al del encendido, el mismo que está representado en la Figura 3.32.

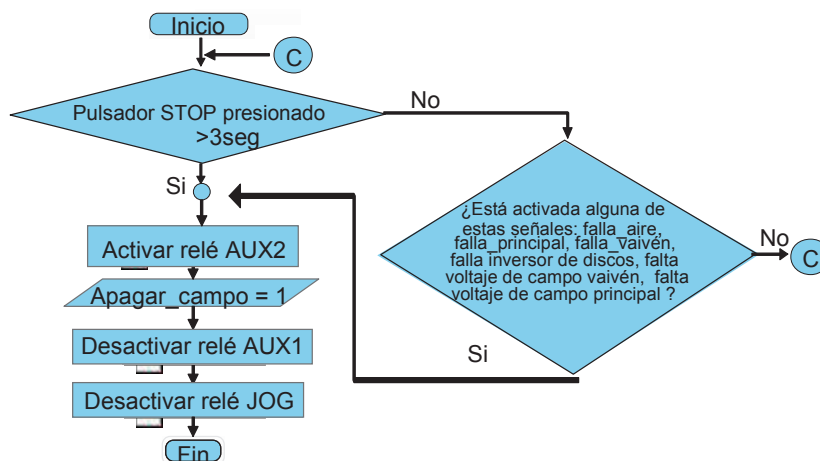


Figura 3. 32 Diagrama de flujo del paro de la máquina

Toda la programación que controlan los diferentes sistemas, cuentan con un bloqueo proveniente del paro de emergencia.

3.3.2 SELECCIÓN

Esta sección está en lenguaje ST debido a la facilidad que se tiene para escribir el código directamente.

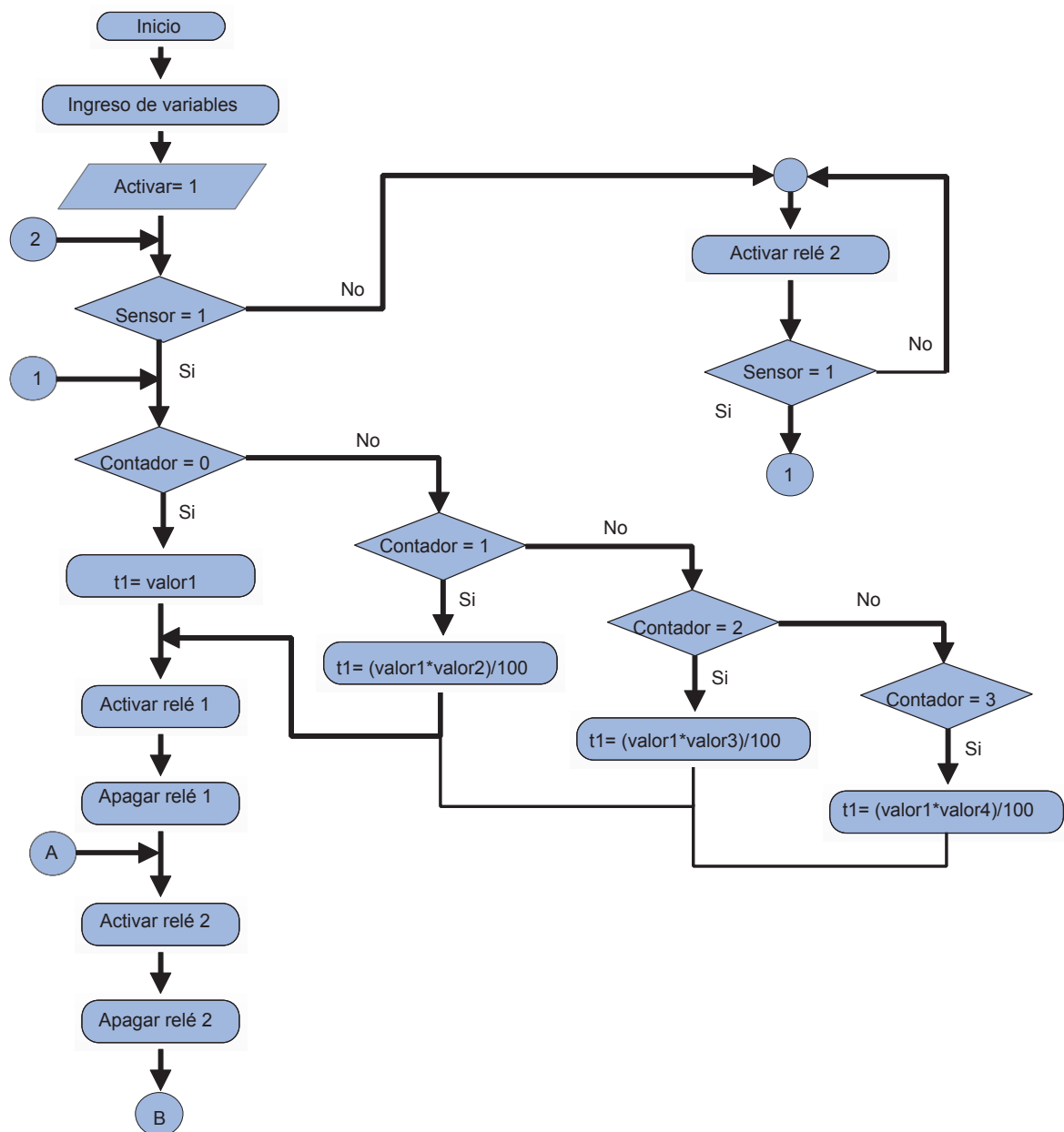
Se encarga de leer el valor de las entradas y copiarlas a una nueva variable, con las cuales se va a trabajar durante el programa.

3.3.3 VARIABLES EN INTOUCH

Son variables que almacenan cada cierto tiempo los estados del equipo. Estas variables son tipo WORD ubicadas en memoria para así acceder desde otras aplicaciones como HMI (INTOUCH).

3.3.4 PROGRAMA RESPIRACIÓN DEL VAIVÉN

Este programa básicamente hace la inversión de giro de un motorreductor, y se lo detalla en la Figura 3.33



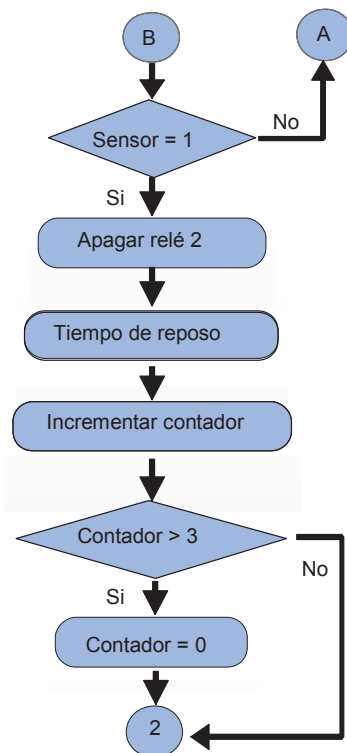


Figura 3. 33 Diagrama de flujo del Sistema Respiración del Vaivén

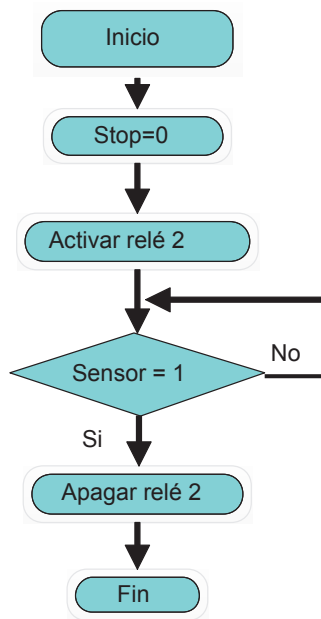


Figura 3. 34 Secuencia de apagado del Sistema Respiración del Vaivén

Cabe destacar que se apaga el sistema de la respiración del vaivén, cuando éste se encuentra en la posición de referencia, facilitando el proceso de búsqueda de la señal del sensor la próxima vez que se encienda el conjunto.

3.3.5 PROGRAMA DE SISTEMA VAIVÉN

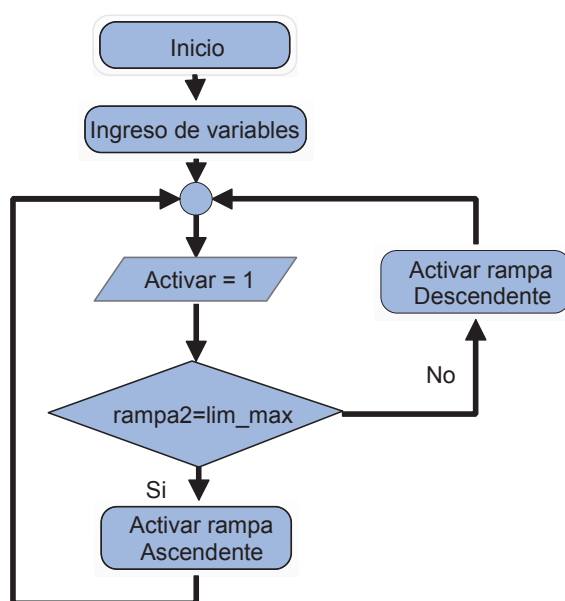


Figura 3. 35 Diagrama de flujo del Sistema Vaivén

Los límites máximos y mínimos de las rampas de aceleración y desaceleración, dependen de los valores de setpoint y porcentaje de amplitud ingresados en el HMI.

3.3.6 CONTROL DE TEMPERATURA

El sistema de control de temperatura está compuesto por las siguientes partes:

- El punto de referencia: Ingresado por el usuario a través del HMI.

- El bloque PID: Utiliza una señal de realimentación analógica (valor del proceso) proveniente de sensor PT100 para definir a que valor debe ajustarse.
- Señal que ingresa al actuador: Es una señal modulada por ancho de pulso (PWM).

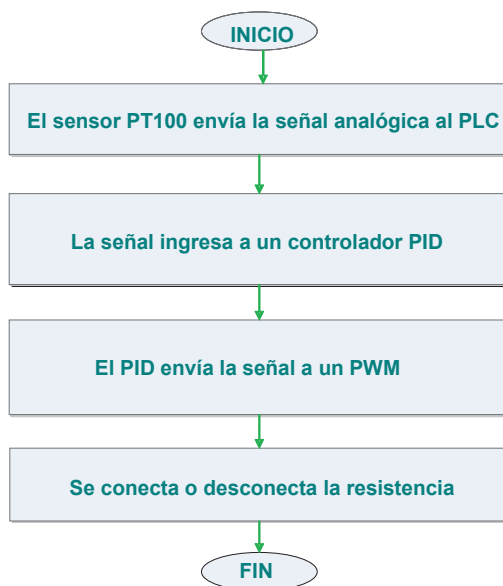


Figura 3. 36 Control de temperatura

No es necesario realizar el escalamiento de las variables analógicas, porque se lo realiza al momento de configurar el parámetro *Rango* en los módulos de temperatura.

En el siguiente capítulo se detallan los resultados de las pruebas realizadas a todo el sistema de control automático de la máquina texturizadora B3.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En esta etapa del proyecto, se busca verificar el funcionamiento del sistema de acuerdo a los requerimientos exigidos, para ello se realizaron varias pruebas a cada una de las partes que lo integran.

4.1 PRUEBAS DE SOFTWARE DEL PLC – HMI

4.1.1 PRUEBAS DEL PLC M340

Las pruebas iniciales se realizaron conectando elementos como sensores, pulsadores, etc. para simular las señales de entrada al PLC. Otros valores se ingresaron directamente desde la *Tabla de animación* del software. La salida activada se visualiza al encenderse los diodos led indicativos.

Se trabajó con el software Unity Pro en línea con el PLC, y se dividió en las siguientes pruebas.

4.1.1.1 Prueba del arranque y paro de la máquina

Se verificó que las señales de marcha y paro se activen luego de mantener presionado el pulsador por un tiempo mayor a 3s.

Dado que los variadores de DC tienen programado un tiempo de aceleración y desaceleración, se incrementó temporizadores para que luego de transcurrido el periodo ajustado se active el comando de marcha o paro según sea el caso.

También se añadió una variable para registrar las variaciones y cortes de energía eléctrica.

4.1.1.2 Sistema Vaivén

Con la ayuda de *Tablas de simulación*, se pudo modificar los límites de la rampa. No obstante, el tiempo que demora en pasar de un valor inicial a otro final es fijo. Para variar la velocidad con la que se alcanza el valor de salida se hizo una modificación en el bloque RAMP. Este cambio de velocidad es lineal y su resultado está basado en el siguiente cálculo.

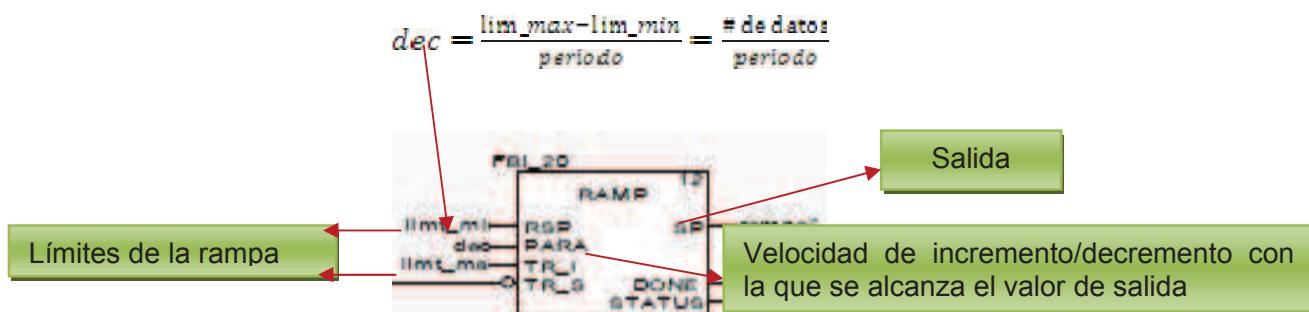


Figura 4. 1 Parámetros del bloque RAMP

Es importante considerar que la variable *dec*, se trata un dato derivado, es decir, un parámetro que permite agrupar en una misma estructura un conjunto de variables elementales.

En la Figura 4.2, se observa la variación que sufre la rampa si se cambia el porcentaje de amplitud pero manteniendo el mismo valor de setpoint y período.

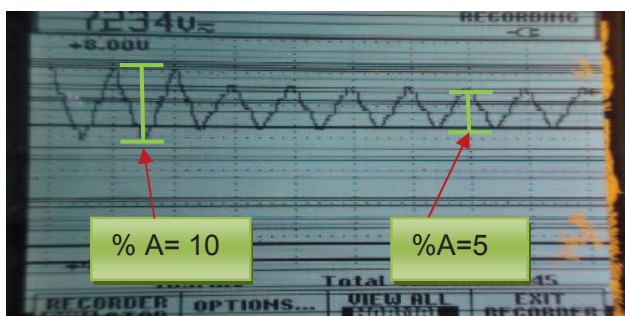


Figura 4. 2 Modificación del porcentaje de amplitud de la Rampa

Si se modifica el setpoint, y se mantiene igual valor del porcentaje de amplitud y del período, se obtiene la forma que se aprecia en la Figura 4.3

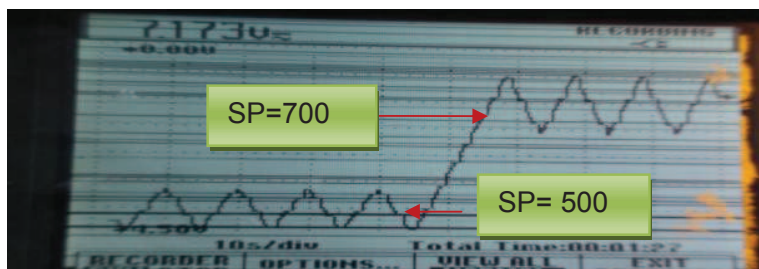


Figura 4. 3 Variación del setpoint

Finalmente, esta prueba consistió en cambiar únicamente el valor del período conservando los otros dos parámetros.

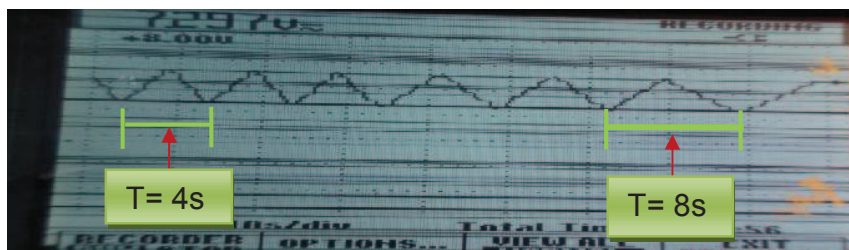


Figura 4. 4 Gráfica cuando se cambia el período

En la Figura 4.5 se evalúa el comportamiento de la señal cuando se presiona el pulsador de paro y cuando se cambian todos los parámetros de la rampa.

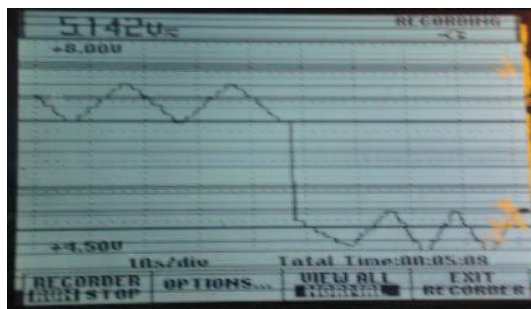
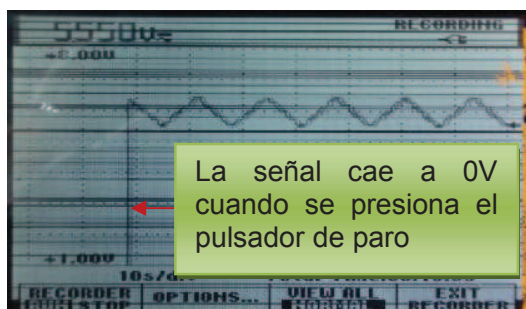


Figura 4. 5 Gráfica cuando se varían todos los parámetros de la rampa

En el programa fue necesario cambiar las variables de tipo entero a real, debido a que los cambios de velocidad se los hace en pasos pequeños y de esta manera lograr un mejor control.

Después de efectuar las correcciones al programa y analizar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se puede aseverar que el sistema del vaivén cumple con las especificaciones requeridas.

4.1.1.3 Sistema Respiración del Vaivén

En primera instancia los valores de porcentaje de los paso 2,3 y 4, eran valores fijos. Luego se vio la necesidad de que estos parámetros puedan ser modificados, por lo que se cambió el programa inicial. Únicamente el valor del paso 1, permanece fijo y representa el 100% del valor del tiempo ingresado.

Se introdujo diferentes valores de tiempo de movimiento, tiempo de reposo, y porcentajes de amplitud, con lo cual se obtuvo los datos que se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Datos obtenidos del Sistema Respiración del Vaivén

| | T. movimiento= 2 s | | T. movimiento= 4 s | | T. movimiento= 5 s | | T. movimiento= 8 s | |
|--------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | % | Valor (s) | % | Valor (s) | % | Valor (s) | % | Valor (s) |
| Paso1 | 100 | 2 | 100 | 4 | 100 | 5 | 100 | 8 |
| Paso2 | 80 | 1,6 | 80 | 3,2 | 90 | 4,5 | 20 | 1,6 |
| Paso3 | 60 | 1,2 | 60 | 2,4 | 50 | 2,5 | 90 | 7,2 |
| Paso4 | 50 | 1 | 25 | 1 | 30 | 1,5 | 50 | 4 |

La Figura 4.6 es una aproximación de lo que sucede con la activación de los contactores.

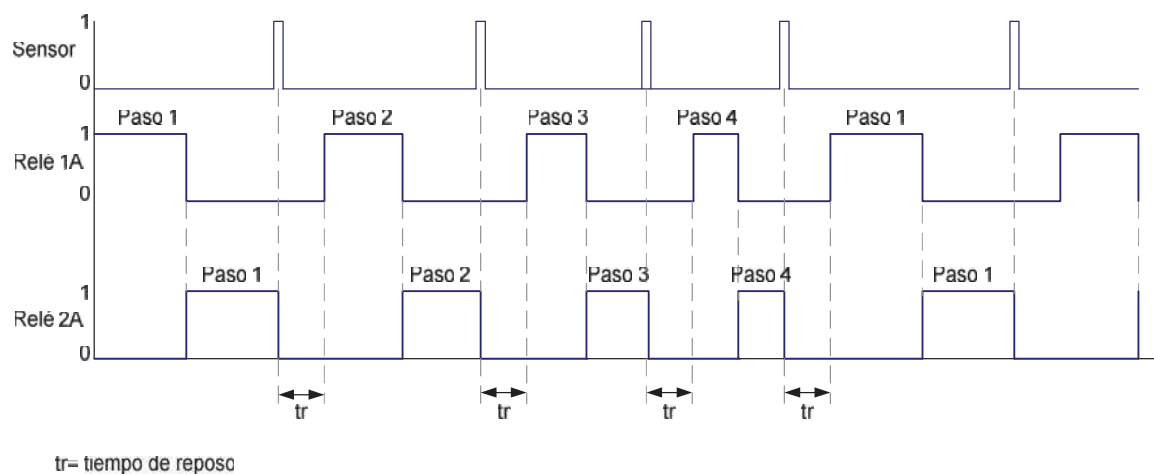
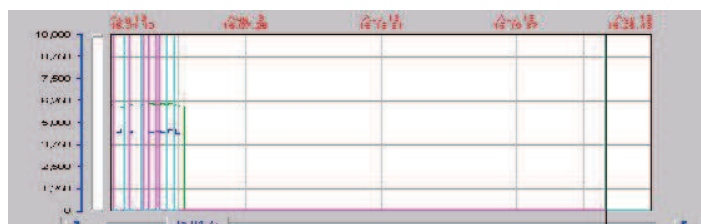


Figura 4. 6 Diagrama de tiempo del Sistema Respiración del Vaivén

4.1.2 PRUEBAS CON EL HMI

Primero se realizaron pruebas en cada una de las ventanas del HMI verificando lo siguiente:

- De acuerdo al nivel de acceso de los usuarios se permite modificaciones de parámetros del sistema.
- Se observó la tendencia histórica de los datos almacenados.
- Se verificó que el HMI muestre las señales de estado de los inversores, relés, pulsadores. También se simularon variaciones y cortes de energía así como fallas en los variadores de DC y en el sistema tangling, estos eventos quedan registrados con hora y fecha. Obteniéndose los resultados esperados como se ve en la Figura 4.7.



| Date | Time | Type | Name | Value | Comment |
|--------|-------|------|-----------------------|----------|-------------------------------|
| 13 ago | 16:04 | DDE | RELE_JOG_ARRQ | OFF LINE | |
| 13 ago | 16:04 | DSC | RELE_AUX_1 | OFF LINE | |
| 13 ago | 16:04 | DSC | FALLA_DRIVE_PRINCIPAL | OFF LINE | MAIN DRIVE IN FAULT |
| 13 ago | 16:04 | DSC | FALLA_DRIVE_VAIVEN | OFF LINE | TRAVERSE DRIVE IN FAULT |
| 13 ago | 16:04 | DSC | CAMPO_VAIVEN | OFF LINE | |
| 13 ago | 16:04 | DSC | CAMPO_PRINCIPAL | OFF LINE | |
| 13 ago | 16:04 | DSC | EEQ_VARIACION | OFF LINE | INSTANTANEUS POWER LOST LIN. |
| 13 ago | 16:23 | DSC | CORTE_ENERGIA_EEQ | ON LINE | FAULT POWER SUPPLY LINE EEQ |
| 13 ago | 16:23 | DSC | EEQ_VARIACION | ON LINE | INSTANTANEUS POWER LOST LIN. |
| 13 ago | 16:23 | DSC | PARO_EMERGENCIA | OFF LINE | OPERATOR PUSH BUTTOM EMER... |
| 13 ago | 16:49 | DSC | FALLA_INVERSOR_DISCOS | ON LINE | OVERLOAD OR FAULT INVERTER... |
| 13 ago | 16:49 | DSC | FALLA_DRIVE_PRINCIPAL | ON LINE | MAIN DRIVE IN FAULT |
| 13 ago | 16:49 | DSC | FALLA_DRIVE_VAIVEN | ON LINE | TRAVERSE DRIVE IN FAULT |
| 13 ago | 16:49 | DSC | PARO_EMERGENCIA | ON LINE | OPERATOR PUSH BUTTOM EMER... |

Figura 4. 7 Historial de alarmas

Como resultado de estas pruebas se depuraron animaciones y se optimizó espacio en la pantalla de la aplicación, presentando la información más relevante.

4.1.3 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISPOSITIVOS

Estas pruebas consistieron en verificar la configuración de los parámetros y observar el estado de la comunicación entre el HMI y el PLC. Cuando el programa empieza a ejecutarse, se procede a constatar que realmente el MBENET traiga todos los valores que intervienen en el proceso.

```

MBENET
Configure Help
ENET1 Use: 0.0 Percent
PLC_B3_1 Lag: 0ms ( ) Status: GOOD
  READ Coil 3- 13
  READ Reg 1- 21
PLC_B3_M340 Lag: 0ms ( ) Status: GOOD
  READ Reg 122- 122
  READ Reg 36- 40
  READ Reg 72- 78
  READ Reg 80- 106
  READ Coil 300- 324
  READ Reg 500- 510

```

Figura 4. 8 Verificación de la lectura de datos

4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

La realización de ensayos preliminares del software permite tener un resultado aproximado, mientras que las pruebas de campo son concluyentes y dejan como evidencias sucesos inusuales, que en un inicio no fueron considerados en el diseño del nuevo sistema de control.

4.2.1 PRUEBAS DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS

Posterior al montaje del tablero de control se verificaron las conexiones eléctricas del sistema, midiendo continuidad en los circuitos de acuerdo a los diagramas eléctricos detallados en el Anexo A.

Una vez energizado el sistema se comprobó que en cada uno de los elementos existan los voltajes requeridos para su operación.

4.2.2 PRUEBAS DE HARDWARE

Al accionar manualmente cada una de las señales, se verifica que las salidas respondan de acuerdo al programa previamente cargado.

4.2.2.1 Pulsadores de marcha, paro y paro de emergencia

Al realizar esta prueba se confirmó que el comando de entrada de los pulsantes cumpla con la secuencia programada para el circuito de mando de marcha-paro.

Respecto al pulsador de emergencia, se constató que corte la alimentación del tablero.

4.2.2.2 Sensores Pt100

Para comprobar que los datos de temperatura que recibe el PLC y que luego son enviados al HMI, son correctos, se utilizó como referencia un medidor infrarrojo de temperatura.

Para tener una mejor estimación del valor real de temperatura de cajas y placas de calefacción, se procedió a tomar lecturas cada 30 minutos durante un lapso de 6 horas, dando un total de 12 mediciones para cada una de las variables. Con los valores medios se procedió a calcular el error que existe entre el valor medido por el sensor y el valor visualizado en el HMI.

Estos valores fueron aprobados por los técnicos de la empresa Enkador, ya que el error en cada medida es menor al 1%, como se puede observar en la Tabla 4.2

Tabla 4. 2 Tabla de datos de temperatura

| ELEMENTO | VALOR MEDIDO | VALOR HMI | ERROR | ELEMENTO | VALOR MEDIDO | VALOR HMI | ERROR |
|-----------------------|--------------|-----------|-------|-----------|--------------|-----------|-------|
| PLACA 1 ^a | 187,8 | 187,3 | -0,3% | PLACA 1B | 188 | 187,9 | -0,1% |
| PLACA 2 ^a | 187,7 | 188 | 0,2% | PLACA 2B | 188,2 | 187,1 | -0,6% |
| PLACA 3 ^a | 188,5 | 187,9 | -0,3% | PLACA 3B | 188 | 188,5 | 0,3% |
| PLACA 4 ^a | 188 | 187,3 | -0,4% | PLACA 4B | 186,7 | 187 | 0,2% |
| PLACA 5A | 188,2 | 188,6 | 0,2% | PLACA 5B | 188,1 | 187,3 | -0,4% |
| PLACA 6 ^a | 188,7 | 188,4 | -0,2% | PLACA 6B | 187 | 186,7 | -0,2% |
| PLACA 7 ^a | 188 | 187,4 | -0,3% | PLACA 7B | 188 | 188,3 | 0,2% |
| PLACA 8 ^a | 187,8 | 188 | 0,1% | PLACA 8B | 188,1 | 188,5 | 0,2% |
| PLACA 9 ^a | 187,4 | 187,7 | 0,2% | PLACA 9B | 188 | 187,6 | -0,2% |
| PLACA 10 ^a | 187,2 | 188,2 | 0,5% | PLACA 10B | 186,8 | 187,1 | 0,2% |
| PLACA 11 ^a | 188 | 187,5 | -0,3% | PLACA 11B | 187 | 187,2 | 0,1% |
| PLACA 12 ^a | 187,8 | 188,3 | 0,3% | PLACA 12B | 187,6 | 188,5 | 0,5% |
| PLACA 13A | 188,3 | 187,7 | -0,3% | PLACA 13B | 187 | 187,2 | 0,1% |
| PLACA 14 ^a | 187,7 | 187,1 | -0,3% | PLACA 14B | 188,4 | 188,7 | 0,2% |
| PLACA 15 ^a | 187 | 187,3 | 0,2% | PLACA 15B | 187 | 187,3 | 0,2% |
| PLACA 16 ^a | 188,2 | 187,3 | -0,5% | PLACA 16B | 187,8 | 188,5 | 0,4% |
| PLACA 17 ^a | 186,8 | 187,1 | 0,2% | PLACA 17B | 188 | 187,7 | -0,2% |
| PLACA 18 ^a | 187,3 | 187,8 | 0,3% | PLACA 18B | 188,2 | 187,7 | -0,3% |

| ELEMENTO | VALOR MEDIDO | VALOR HMI | ERROR |
|----------|--------------|-----------|-------|
| CAJA 1 | 156,6 | 157,4 | 0,5% |
| CAJA 2 | 157 | 156,9 | -0,1% |
| CAJA 3 | 157,3 | 156,8 | -0,3% |
| CAJA 4 | 156,6 | 157,2 | 0,4% |
| CAJA 5 | 157,3 | 157 | -0,2% |
| CAJA 6 | 157,5 | 157,1 | -0,3% |
| CAJA 7 | 158,1 | 157 | -0,7% |
| CAJA 8 | 157,2 | 157 | -0,1% |
| CAJA 9 | 157,3 | 156,9 | -0,3% |

4.2.2.3 Sensores inductivos

Se comprueba que las entradas del PLC %I0.10.8 y %I0.10.9 se activen cuando esté presente el objeto metálico que sirve como señal de referencia al sensor.

4.2.2.4 Motores

Se verifica que el sentido de giro en los motores encargados del sistema de bobinado del hilo, sea el correcto. Al mismo tiempo, con ayuda de un estroboscopio se mide la velocidad y se compara con el valor visualizado en el HMI.

Debido a que existen varios motores es necesario determinar una secuencia de activado, dando un retardo de 3s para el encendido entre uno y otro motor. Esto con la finalidad de disminuir la corriente de arranque.

Inicialmente se confirmó con pruebas puntuales la activación de los mecanismos de protección, especialmente de aquellos motores que no utilizan variador de velocidad (estos elementos ya traen integrada la protección contra sobrecarga del motor). Sin embargo durante el período de prueba el guardamotor, del Sistema de respiración Lado A, se activó por varias ocasiones. Luego de revisar y descartar una falla provocada por sobrecarga, se procedió a realizar una comprobación del estado del cableado eléctrico. Al medir el aislamiento de los cables de conexión, se encontró que median 1 Megaohm, lo que constituye un riesgo no solamente para los equipos sino para las personas. Por lo tanto, este conductor fue reemplazo inmediatamente.

4.2.2.5 Variadores de DC

Inicialmente hubo errores en la conexión de los contactos que indican falla. Estos usan físicamente contactos cerrados, por lo que se cambió a lógica inversa en el programa y se solucionó los inconvenientes que se presentaron. Para reanudar la operación normal, la falla debe ser dilucidada y el variador reiniciado.

4.2.3 PRUEBAS GENERALES DEL PROCESO DE TEXTURIZADO

Primero se constató que las salidas del PLC tengan 24 VDC para alimentar las bobinas de los relés que permiten el paso de energía a las bobinas de los contactores que activan los motores y sensores.

La máquina texturizadora tiene dos lados, pueden trabajar independientemente, de manera que si existiera una falla de comunicación momentánea con la interfaz gráfica, los registros no se verán afectados.

En el Sistema respiración del vaivén, a fin de que la barra lateral retorne al punto de partida se debe ajustar el tiempo de movimiento. Con un tiempo de 4s, el desplazamiento de la varilla es aproximadamente de 4.4 mm, suficiente para operar eficientemente y no generar bordes duros en la bobina de hilo. En el siguiente cuadro se muestra los valores obtenidos.

Tabla 4. 3 Tiempo de ajuste de la carrera del vaivén

| Tiempo de movimiento (s) | Variación de desplazamiento (mm) | Longitud de la bobina (mm) |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1 | 0.8 | 249.2 |
| 2 | 1.9 | 248.1 |
| 3 | 3.1 | 246.9 |
| 4 | 4.4 | 245.6 |
| 5 | 5.4 | 244.6 |

De igual forma, para conocer el comportamiento de la señal, se generó fallas, paros y paros de emergencia. Se observa que la señal cae a cero y que por inercia disminuye la velocidad de los motores. Además se comprueba que los contadores se reinicien y que el sensor quede posicionado para iniciar el ciclo cuando se presione el pulsador de marcha.

Para medir la velocidad que se tiene en el eje del vaivén y en otros ejes de la máquina se utiliza un sensor inductivo como transductor. En este caso se requiere de entradas, capaces de contar pulsos de alta frecuencia.

Debido a que el rack principal del autómeta M340 está totalmente ocupado, para insertar módulos de conteo rápido sería necesario incorporar un rack de extensión con su respectiva fuente de alimentación, incrementado el coste del proyecto. Por este motivo se busca otra alternativa, la cual consiste en utilizar las entradas digitales 1 y 7 del PLC TWIDO, activándolas con la función de contadores rápidos. Para realizar esta aplicación se programa un escáner de velocidad que lee el número de pulsos por cada revolución y lo convierte a palabra. Por último se colocará el valor del contador en una posición de memoria dada, que servirá posteriormente para exportar la variable al HMI.

El ajuste del controlador PID se lo realiza utilizando la técnica de tanteo. Luego de realizar la calibración se verifica que la temperatura tanto de placas y cajas se estabilice.

Al incorporar nuevos elementos en el gabinete de control y potencia de la máquina B3, se manifestaron problemas de calentamiento en el interior del mismo, lo cual

conlleva riesgos como el daño de los componentes electrónicos y por ende la parada imprevista del proceso, traduciéndose en pérdidas de inversión y producción.

Según las normas de fabricación los componentes electrónicos del tablero están diseñados para una temperatura máxima de 50°C, valor que no debe rebasarse. Por ello fue necesario incorporar ventilación forzada para mantener la temperatura de trabajo recomendada. Se colocó ventiladores con filtro para introducir aire al interior del tablero y ventiladores extractores. Luego de la implementación del sistema de refrigeración la temperatura en promedio disminuyó a 35°C durante el día y a 30°C en la noche.

Finalmente, luego de efectuar varias modificaciones se llegó a una versión final de la aplicación, consiguiendo una interfaz amigable y de fácil uso para el usuario. Posteriormente se realizó una capacitación tanto a operadores, supervisores e instrumentistas con la finalidad de familiarizarlos con el nuevo sistema de control.

4.3 ÍNDICES DE PAROS Y PRODUCCIÓN

Al inicio de un proceso de mejoramiento, es necesario monitorear el progreso alcanzado y la eficacia del sistema implementado, a través de observaciones y comparaciones de parámetros que caracterizan tal actividad.

Por ello, es oportuno hacer un análisis del número de paros eléctricos producidos antes y después de haber implementado el nuevo sistema. Se tomaron en cuenta los paros ocasionados por fallas de equipos que ameritaron detener el proceso. Estos datos se obtuvieron del sistema de *Informe de Novedades por Máquina* del Área de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico de la empresa, los cuales se muestran en la Figura 4.9.

En los meses previos a la implementación, la máquina tenía un alto número de problemas repetitivos, convirtiéndola en un sistema poco eficiente. Se observa que a

partir del mes de Junio el porcentaje de paros disminuyó notablemente. Sin embargo, en los meses de Julio, Agosto y Septiembre hubo reiterados inconvenientes, especialmente con el Sistema de la Respiración, pues durante estos meses se estuvo en período de pruebas y ajustes en la implementación.

En este cuadro no constan las averías esporádicas ya que son fáciles de corregir.

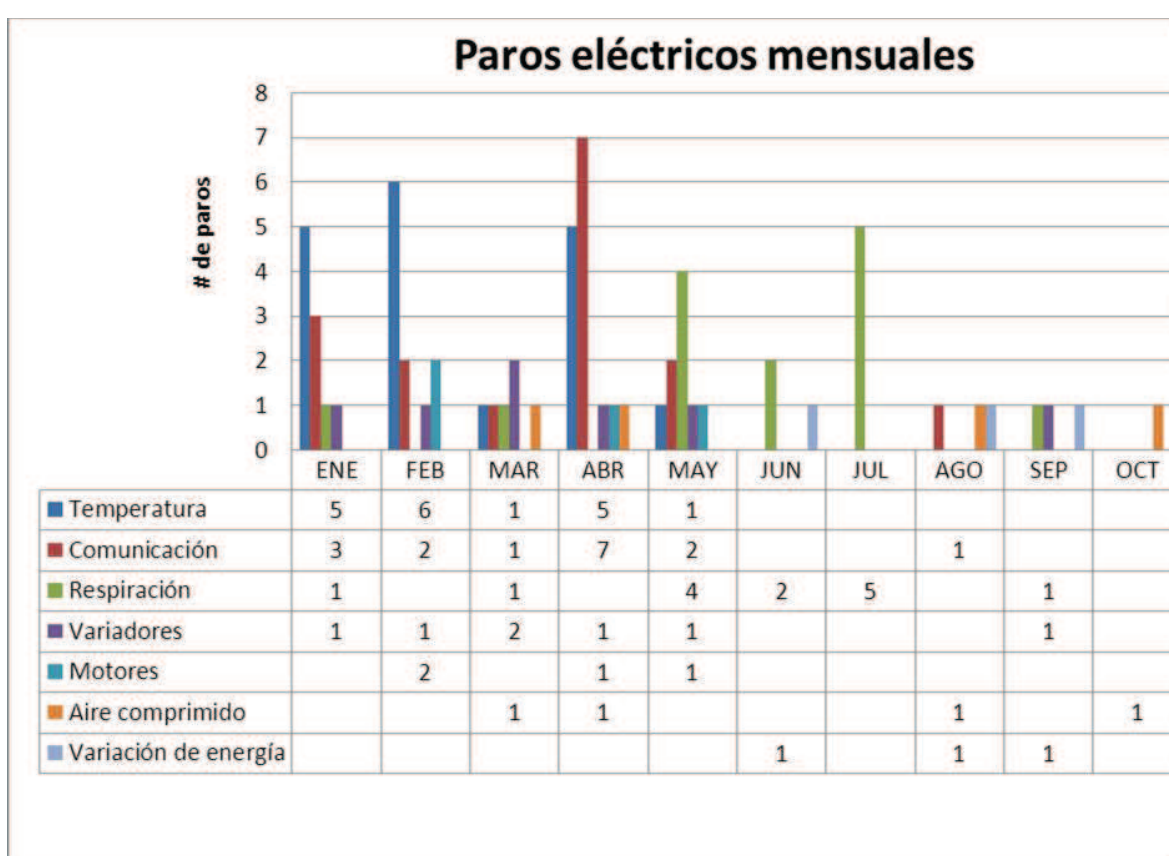


Figura 4. 9 Índice de paros eléctricos de la máquina B3. Datos proporcionados por el Área de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico de la empresa ENKADOR

Una vez que se tomaron las medidas apropiadas para disminuir la ocurrencia del número de paros en la máquina B3, se optó por realizar un breve análisis de los indicadores de producción. De acuerdo a información tomada del Área de Producción, los principales factores considerados son:

- Producción diaria: Durante el mes de Julio se alcanzó la meta de 2,2 toneladas/día de hilo poliéster producido.

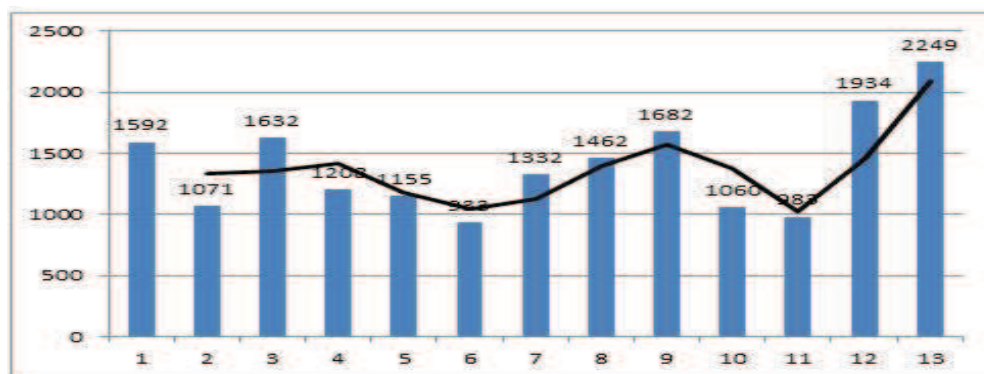


Figura 4. 10 Producción de Julio de la máquina B3 de hilo R PF 600F192

- Producción mensual: En este punto no se puede hacer una comparación real de las toneladas producidas mensualmente. A lo largo de los meses de Julio-Octubre se hizo cambio de producto. Durante este período la máquina estuvo en etapa experimental para encontrar las condiciones adecuadas de trabajo para el gránulo POY proveniente de las botellas PET recicladas.

Esta nueva materia prima (hilo obtenido de botellas PET) no es surtida por un proveedor único por lo que, está representa calidades diferentes de hilo y al no existir registros de las condiciones óptimas de trabajo, se produjo desperdicios que afectaron directamente en las toneladas producidas.

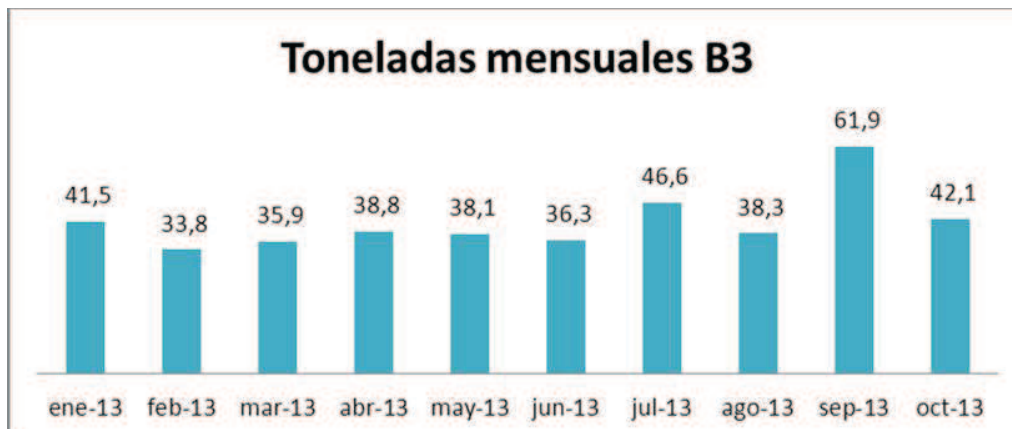


Figura 4. 11 Producción mensual máquina B3

- Pérdidas por defectos de calidad: Son los productos que no cumplen con los requisitos establecidos por el Departamento de Calidad.

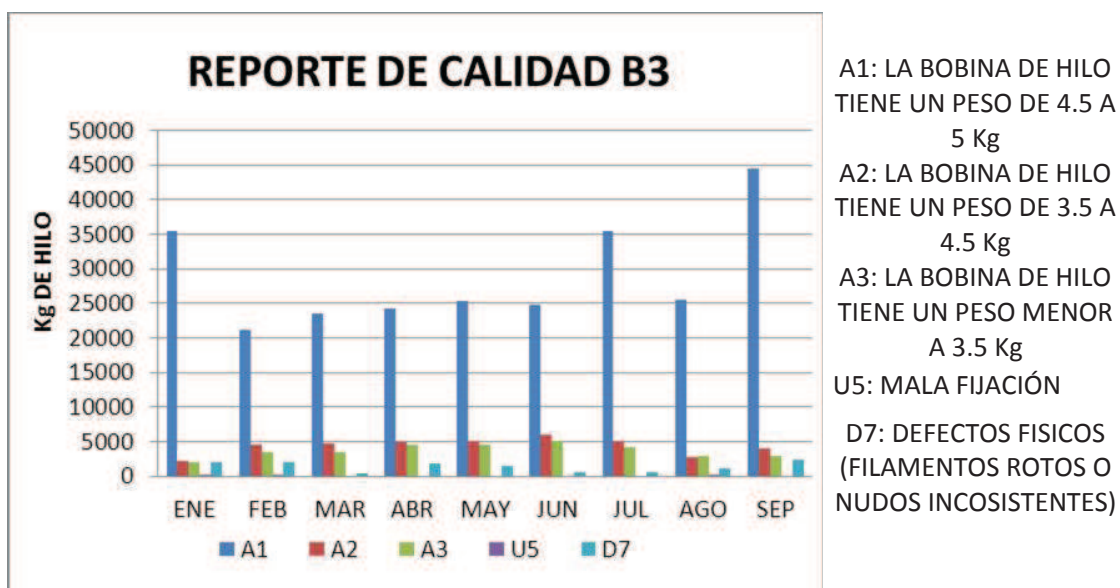


Figura 4. 12 Reporte de calidad del hilo producido en la máquina B3

Cuando un producto está clasificado en calidad A1, A2 ó A3 significa que cumple con los estándares con los que se debe producir el hilo poliéster, variando únicamente el peso de la bobina. La calidad tipo A1, presenta una variación positiva. Esta

recuperación podría atribuirse a que se tiene un mejor control y supervisión del proceso.

El hilo de calidad tipo U5 es ocasionado por fallas de temperatura. Al existir una diferencia de temperatura, afecta las propiedades del hilo como la elongación y si se excede la temperatura habrá la presencia de mayor número de filamentos rotos. La variación de temperatura especialmente en las placas de calefacción, influye directamente en la adsorción de colorante en procesos posteriores como el teñido del hilo. Un control de temperatura más preciso permite tener un hilo con mejores características físicas

En general, el incremento en la producción ha sido positivo, con excepción de ciertos picos, en relación a los meses que le precede a la implementación de este proyecto.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de poner en marcha al nuevo sistema y analizar los resultados obtenidos durante las pruebas, se extraen las conclusiones y recomendaciones que se detallan a continuación.

5.1 CONCLUSIONES

- Reinvertir en equipo y desarrollo tecnológico constituye para la empresa todo un reto, las mejoras no sólo deben buscar corregir defectos, sino optimizar recursos sean estos tiempo, reducción de desperdicios de materia prima, personal, entre otros; manteniendo la calidad del producto y aumentando la producción. Por ello, es esencial identificar las oportunidades de mejora dentro de los procesos productivos susceptibles de ser automatizados.
- Para la implementación debe seleccionarse equipos que sean de la misma marca, facilitando de esta manera que exista compatibilidad entre los dispositivos.
- Actualmente el mercado brinda diferentes opciones al momento de comprar un PLC, para realizar una adecuada elección es importante considerar el tipo y número de entradas y salidas que se requiere para la adquisición de datos y control del sistema, el protocolo e interfaz físico de comunicación que se utilizará, tipo de instalación y si se precisa de funciones especiales como: PID, contadores rápidos, etc. También hay que considerar la marca y el aspecto económico como un factor de selección.

- El control del proceso lo realiza íntegramente el PLC M340 ya que se trata de un elemento más flexible, confiable y robusto que un computador. Asimismo el autómatas posee una memoria de seguridad, la misma que permite almacenar el ejecutable del programa de un proyecto. Esta copia de seguridad es útil cuando se presenta un error de lectura o escritura en el programa principal.
- De los resultados obtenidos se puede evidenciar que los inconvenientes con el control de temperatura se han reducido considerablemente. Los problemas reportados son daños físicos en ciertas cajas o placas (presentan fisuras por donde escapa el vapor del aceite térmico) y este factor no permite que se eleve la temperatura al valor referenciado.
- Según la experiencia obtenida de este sistema, el mismo puede ser replicado en otras máquinas de Texturizado 1, ya que no solo ayuda para recopilar información, sino para la operación y mantenimiento, evitar no conformidades en la elaboración del filamento de poliéster o tomar acciones inmediatas cuando ha ocurrido una falla.
- El sistema ha permitido al área de producción tener más parámetros para hacer pruebas y encontrar las condiciones de operación especiales que requiere la elaboración del hilo de poliéster. Adicional, se tiene algunas ventajas como son la disponibilidad inmediata y confiabilidad de los datos de velocidad de producción, anteriormente la información era recopilada de forma manual y los operarios tenían que realizar el cálculo matemático para encontrar un estimado de los valores requeridos. Estos valores eran comparados con la hoja de condiciones que posee cada máquina, si el valor

estaba fuera de norma se comunicaba al Supervisor pero no se registraba el dato.

- Se ha logrado repotenciar la máquina texturizadora, permitiendo que las reparaciones se hagan de manera rápida y sencilla, liberando de carga laboral al área de instrumentación y optimizando de este modo sus horas de trabajo.
- El sistema se convierte en una herramienta útil tanto para el área de producción como de mantenimiento, debido a que los datos recogidos de forma automática y rápida a través de la red de campo implementada, proveen información sobre sucesos anómalos que son repetitivos no solamente en la máquina B3, sino en otras máquinas con características similares. Con esta información y con su posterior análisis cada departamento podrá tomar las medidas correctivas según sea el caso y maximizar el tiempo de producción.

5.2 RECOMENDACIONES

- Previo a la automatización, se debe conocer bien el proceso y recoger toda la información asequible para realizar un análisis apropiado de los recursos necesarios, funcionalidad del diseño, costo y futuras expansiones. Para ello, se debe llevar a cabo entrevistas con los operadores, encargados de mantenimiento del proceso y visitas de campo.
- El suministro de electricidad no es infalible, y está sujeto a fluctuaciones o condiciones anormales que pueden afectar a los motores eléctricos. Se exhorta hacer un estudio de factibilidad para incorporar un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS), con el propósito de proveer una fuente de energía que permanezca estable cuando se presenten perturbaciones en la

red eléctrica. Este sistema debe sostener la carga motriz a 530 VDC durante un tiempo mínimo de 30 s.

- Para comprobar que en los motores de corriente continua, el circuito inductor no esté abierto y pueda dar lugar a velocidades peligrosas, la alternativa más confiable es incorporar en lazo cerrado un sensor de corriente tipo Hall. Este entrega un voltaje lineal proporcional a la corriente de campo aplicado.
- En el caso de existir alguna modificación en el sistema actual, se lo debe documentar para mantener la información actualizada de la máquina.
- Para usar un proyecto creado con versiones posteriores de Unity Pro, se debe guardar el archivo .STA.
- Se recomienda hacer una limpieza periódica de los ventiladores del techo para que el polvo y resto de hilo no se acumulen y causen daños. Lo que puede generar que por falta de ventilación, aumente considerablemente la temperatura en el interior del tablero.
- Finalmente, se debe resaltar que los criterios aquí presentados no son permanentes. Estos cambiarán a la medida que surjan nuevas necesidades dentro del proceso de elaboración de hilo de poliéster.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Beltrán y A. Arcilla, «Tecnología de polímeros: Extrusión,» [En línea]. Available:<http://iq.ua.es/TPO/Temapdf>.
- [2] K. Cabezas y L. Caiza, «Conservación de la Energía Eléctrica en los Procesos de Fabricación de la Planta Industrial "Enkador",» de *Proyecto de Titulación*, Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2007, pp. 20-29.
- [3] E. Bröll & Co. KG, «Hilos Texturizados: Discos y guías,» [En línea]. Available: <http://www.broell.com/hilos-texturados.html>.
- [4] Schneider Electric, «Catálogo 2009, Plataforma de automatización Modicon M340,» Schneider Electric., Barcelona, España, 2009. [En línea]. Available: <http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/D2BA85AFE7A76FB9852575CA00635397?Opendocument>.
- [5] Hitachi America, Ltda, «Industrial Components and Equipment,» 2007. [En línea]. Available: http://www.hitachi-america.us/ice/inverters/products/ac_variable_speed_drives.
- [6] Rockwell Automation, «FlexPak 3000: Manual de Instrucciones,» 2000. [En línea]. Available: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/fp3oim-um042_-es-p.pdf.
- [7] L. Corrales, Curso Introductorio de Intouch, Quito: Dpto. Automatización y Control Industrial, 2005.
- [8] Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, «Norma Ecuatoriana de la Construcción: Instalaciones Electromecánicas,» Enero 2013. [En línea].

Available:

http://www.normaconstruccion.ec/Capitulos_descargas_11072013/NEC_CAP15_IN STALACIONES_ELECTROMECHANICAS.pdf.

- [9] J. Hearle, L. Hollick y K. Wilson, Yarn texturing technology, vol. I, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2001.
- [10] C. Atkinson, False Twist Textured Yarns, Woodhead Publishing, 2012, p. 224.
- [11] Loughborough University of Technology. Dept. of Mechanical Engineering, Air-jet Texturing & Mingling/interlacing, Loughborough University of Technology. Dept. of Mechanical Engineering, Cornell University, 1989.
- [12] A. Demir y H. Behery, Synthetic Filament Yarn: Texturing Technology, Prentice Hall, 1997.

ANEXO A

(PLANOS ELÉCTRICOS)

1. Power Supply Position
2. Control Interlocking
3. Control Drivers
4. Stroke Control (Antibording)
5. Digital Input Control M340
6. Relay Output Control M340
7. Analog Input Output M340
8. Power Supply Motors
9. Power Supply Drivers And Inverters
10. Power Supply Inverters

ANEXO B
(COSTO DEL PROYECTO)

ANEXO C

(HOJAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS)

1. Datasheet Del Plc M340
2. Datasheet Del Variador Flexpak 3000
3. Datasheet Del Variador Hitachi L700
4. Datasheet Del Variador Hitachi X200