

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“OPTIMIZACIÓN DEL PROYECTO DE CORTE DE TELA DE LA
TEXTILERÍA AMÉRICA SAC MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL CON PLC, BAJO EL ESQUEMA DE LA LÓGICA
PROGRAMADA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

JORGE BAUTISTA, JESSICA

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA:

Dedico mi proyecto de ingeniería a mis padres Hugo y Soledad, que con sus consejos han hecho posible que pueda desarrollarme y culminar con éxito mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres, a mis profesores de la UNTELS, especialmente al Ing. Martin Gonzales Bustamante, por sus sabios consejos y aliento incondicional para obtener mi título profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	10
1.2. Justificación del Proyecto	11
1.3. Delimitación del Proyecto	11
1.4. Formulación del Problema	11
1.5. Objetivos	12
1.5.1. Objetivo General	12
1.5.2. Objetivos Específicos	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	13
2.2 Bases Teóricas	17
2.3 Marco Conceptual	58
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO	
3.1 Descripción del Proceso	61
3.2 Desarrollo del Automatismo	65
3.3 Revisión y Consolidación de resultados	74
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Modelado de la automatización y del sistema
- Figura N° 02: Controladores compactos
- Figura N° 03: Partes de un controlador compacto
- Figura N° 04: Partes de un controlador modular
- Figura N° 05: Esquema ejemplo de comunicación modbus
- Figura N° 06: Bus de comunicación canopen
- Figura N° 07: Ejemplo de arquitectura ethernet
- Figura N° 08: Válvula corredera
- Figura N° 09: Válvula antirretorno
- Figura N° 10: Válvula de secuencia
- Figura N° 11: Válvula de arranque progresivo
- Figura N° 12: Mesa de corte y tendido del prototipo propuesto
- Figura N° 13: Motor Enconder para el desplazamiento XY
- Figura N° 14: Cilindro neumático de doble efecto
- Figura N° 15: Ventana de inicio del TwidoSuite
- Figura N° 16: Ventana de inicio del TwidoSuite
- Figura N° 17: Ventana de selección del PLC
- Figura N° 18: Función contador de alta velocidad del PLC
- Figura N° 19: Pantalla de introducción al vijeo - Designer
- Figura N° 20: Panel de trabajo
- Figura N° 21: Dimensionamiento de las piezas a cortar
- Figura N° 22: Imagen del prototipo desarrollado

Figura N° 23: Conexión de sensores y actuadores al PLC TWIDO-TELEMECANIQUE

Figura N° 24: Simulación del estado de funcionamiento de la actuadores del prototipo de la máquina de corte – Paso 1

Figura N° 25: Simulación del estado de funcionamiento de la actuadores del prototipo de la máquina de corte – Paso 2

Figura N° 26: Simulación del estado de funcionamiento de la actuadores del prototipo de la máquina de corte – Paso 3

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 01: Accionamiento manual

Tabla N° 02: Accionamiento de las válvulas distribuidoras

Tabla N° 03: Generalidades del panel de conexiones

Tabla N° 04: Características del motor Enconder

Tabla N° 05: Ficha de evaluación del funcionamiento del prototipo

INTRODUCCIÓN

La automatización en el rubro textil se puede conceptualizar como la aplicación de controladores lógicos programables a procedimientos mecánicos relacionados con el proceso productivo de la industria textil.

Se automatiza procesos textiles con la finalidad de reducir mano de obra, agilizar el trabajo y generar máxima ganancia a partir del aumento de la productividad.

La automatización propone aplicar y mejorar procesos de producción y aprovechamiento del recurso, por medio de un mejor desempeño, esto ayudará a reflejar procesos más globales y estar al tanto de los desafíos de la globalización, hoy en día las empresas se ven constantemente con la necesidad de contar con sistemas de producción automatizados y desarrollados que garantizan al cliente la alta confiabilidad ya que su producto será manejado y procesado con nuevas tecnologías que garanticen un producto competitivo hacia otras empresas.

Actualmente existen variadas máquinas automáticas con control digital desde la más clásica hasta la más compleja como por ejemplo: La Máquina de costura recta (que viene integrado su panel de control digital), la maquina bordadora que presenta más de dos cabezales y que se controla digitalmente.

Contextualizando el análisis de este proyecto a la situación particular de la empresa D&D confecciones textiles S.A, de la ciudad de Moyobamba, se percibe la carencia

de tecnologías que permitan optimizar el proceso de corte, reduciendo la tela sobrante.

En ese sentido y con la finalidad de presentar una alternativa relacionada con la automatización bajo el enfoque de la lógica programada en el proceso de corte de tela es que he dividido mi proyecto de Ingeniería en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con la falta de tecnología referente a la automatización de procesos generando demasiada tela sobrante, generando pérdidas económicas apreciables.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en la cual se sustenta la propuesta de solución, referente a la automatización de procesos industriales mediante el enfoque de la Lógica Programada, describiendo los sensores y actuadores que forman parte del proceso automatizado.

En el Capítulo III, se describe el desarrollo de la alternativa de solución, especificando las características de los componentes a utilizar, para luego establecer la programación del Controlador Lógico Programable que determinara la relación entre los sensores y actuadores con la finalidad de realizar el corte con precisión. Finalmente se mostrara mediante una ficha de evaluación los resultados obtenidos producto de la automatización del proceso.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente la Empresa D&D confecciones textiles S.A, presenta limitaciones en cuanto a tecnología de automatización en su procesos de corte de tela, generando así una excesiva cantidad de merma, que se ve reflejando en la cantidad de tela sobrante, siendo esta alrededor de 10 kilos por 50 capas de tela de 2 kilogramos de peso, cada capa.

Otro punto importante que describe la realidad problemática es la cantidad de trabajadores excesivo encargada de este proceso, que en su totalidad son 24. Esta cantidad está referida a las sub áreas de tendido, 6 trabajadores, corte, 10 trabajadores y enumeradores, 8 trabajadores; generando así un costo elevado de pago a personal, mostrando que el actual proceso es netamente manual, exponiéndose a errores en la precisión del corte de tela.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica que a partir de la automatización bajo el enfoque de la lógica programada del proceso de corte de tela, se reducirá la cantidad sobrante de tela, generando un ahorro económico a la empresa D&D Confecciones Textiles S.A

Este automatismo garantizara que cada operación de corte tenga un grado adecuado de precisión, ya que se minimizara el posible error generado por los procedimientos de tipo manual. Que como consecuencia del automatismo se pretende reducir el número de trabajadores, generando así un ahorro económico para la empresa.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollará en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A, ubicado en la Los Claveles, 204, Moyobamba - San Martín - Perú.

1.3.2 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería comprende el mes de Noviembre a Diciembre de 2016.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo automatizar bajo el enfoque de la lógica programada el proceso de corte de tela como alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar bajo el enfoque de la lógica programada el proceso de corte de tela como alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los elementos de entrada y salida que forman parte del proceso de corte de tela a automatizar como alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A.
- Desarrollar la programación del controlador lógico programable y determinar mediante la simulación si se establece el control de los actuadores a partir de los eventos detectados por los sensores, en el proceso de corte de tela como alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

León (2010), en su tesis titulada “Optimización de los procesos textiles mediante autómatas programables”, para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico, en la Universidad Nacional autónoma de México, concluye qué: “Para la industria de la confección, la precisión en el diseño, los cortes y ensamble de las prendas permite tener congruencia en la hechura de la ropa. Sin embargo, sólo 30% de las 14,000 empresas del sector han automatizado sus procesos productivos, cuando hay tecnología disponible para hacerlo desde hace 30 años. La precisión en el diseño de patrones impacta directamente en la exactitud de las piezas. Si las medidas de los moldes no son constantes, las piezas van a variar afectando el ensamble.”¹.

Arriaga (2011), en su tesis titulada “Aplicación de Controladores Lógicos Programables a las Máquinas Fresadoras”, para optar el título de Ingeniero

¹ LEON MERINO, Jorge. Tesis: “Optimización de los procesos textiles mediante autómatas programables”. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 2010.

Electrónico, en la Universidad Central del Ecuador, concluye qué: “Los sistemas de desarrollados por controladores lógicos programables, pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, las características de un determinado producto. Estas características podrían ser tamaño, contorno y la forma del componente, almacenados como dibujos bi y tri dimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema electrónico, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de interfaces de comunicación”².

Así mismo puedo agregar, que cuando estos controladores lógicos son acoplados a sistemas CAD, también permiten simular el funcionamiento de un producto. Por esta razón es interesante que aquellos que de alguna forma intervienen en las decisiones y acciones que afectan al proceso productivo, adquieran un conocimiento sobre los equipos que la tecnología actual pone a disposición de la automatización integrada.

Esta realidad descrita anteriormente por el autor de la tesis, no está lejana a nuestro país, se puede percibir que la gran mayoría de las empresas del rubro textil no utilizan estas herramientas tecnológicas para mejorar sus procesos productivos, conllevando a una incapacidad para afrontar las grandes retos que esta economía creciente depara para este sector.

² ARRIAGA GORDILLO, Josué. Tesis: “Aplicación de Controladores Lógicos Programables a Máquinas Fresadoras”. Universidad Central del Ecuador. 2011.

Rojas (2011), en su tesis titulada “La integración de la Tecnología de los PLC a la Industria Textil de Confección”, para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico, en la Universidad Politécnica de Cataluña, concluye que: “Una vez que se crean los patrones, el controlador y el software de programación, permiten acomodarlos virtualmente para luego imprimirlos en un plóter. Estos moldes se usan como guía para trazar y cortar, de manera manual o con cortadoras automáticas, las piezas que van a servir para armar las prendas. Una cortadora automática alcanza una velocidad de corte de hasta 30 metros por minuto, mientras que si se realiza el proceso de manera manual la velocidad promedio de corte es de 2 a 3 cm por minuto.”³

Villé (2007), en su libro titulado “Maquinas Automatizadas para procesos industriales”, señala que “La futura evolución incluirá la integración aún mayor de sistemas de control automático, que permitirá a los diseñadores interactuar con los prototipos virtuales de los productos mediante la computadora, en lugar de tener que construir costosos modelos o simuladores para comprobar su viabilidad. También el área de prototipos rápidos es una evolución de las técnicas de CAD/CAM, en la que las imágenes informatizadas tridimensionales, se convierten en modelos reales empleando equipos de fabricación especializado.”⁴

³ ROJAS LUCERO, Carlos. Tesis: “La Integración de las tecnologías de los PLC a la industria Textil de confección”. España. Universidad Politécnica de Cataluña. 2011.

⁴ VILLE H., “Maquinas Automatizadas para procesos industriales”. México. Editorial: Cengage Learning. 2007

Podemos agregar que un nuevo enfoque para optimizar las operaciones de maquinado es el control adaptativo. Mientras que el material se está maquinando, el sistema detecta las condiciones de operación como la fuerza, temperatura de la punta de la herramienta, rapidez de desgaste de la herramienta y acabado superficial. Convirtiendo estos datos en control de avance y velocidad que permita a la maquina cortar en condiciones óptimas para obtener máxima productividad.

Lockuan (2012), en su libro titulado “La industria textil y su control de calidad”, señala que “Los nuevos procesos asociados a la industria textil han estado disponibles en forma práctica durante casi cuarenta años, y sin embargo, la mayor cantidad de hilos de fibra cortada se produce en máquinas convencionales. Los llamados sistemas no convencionales, ofrecen las siguientes ventajas: Altas tasas de producción, eliminación de etapas en el proceso de corte y reducción considerable en personal. Estas ventajas son convincentes para los empresarios de la industria textil, que deben ser tomados en cuenta en el media plazo para diferentes áreas del proceso productivo”⁵.

Korem (2005), en su libro titulado “Control Computarizado de Sistemas de Manufactura”, señala que “Los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automatiza sobre la tela para reducir al máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un láser CNC. Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el

⁵ LOKUAN LAVADO, Fidel Eduardo. “La industria textil y su control de calidad”. México. Editorial Books Publishers. 2012.

material más adecuado para su fabricación en la base de datos informática, y emplear una variedad de máquinas CNC combinados para producirlo. La fabricación Integrada por computadora (CIM) aprovecha plenamente el potencial de esta tecnología al combinar una amplia gama de actividades asistidas por ordenador, que pueden incluir el control de existencias, el cálculo de costes de materiales y el control total de cada proceso de producción”⁶.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS AUTOMATISMOS

Para la década de los setenta, la complejidad y servicios de los automatismos se incrementó gracias al uso de los circuitos integrados y a los sistemas basados en microprocesadores. Durante esta misma época se desarrollaba la computadora digital, aunque con un empleo muy restrictivo en la industria debido a sus elevados costos, requerimientos de personal altamente calificado y poca interconectividad con otros sistemas, pero especialmente debido a sus problemas para el control de señales en voltaje y corriente de valor elevado.

La demanda proveniente de la industria, en busca de un sistema económico, robusto, flexible, de fácil modificación y con mayor tratamiento de niveles de voltaje a los presentados por los ordenadores, provocó el desarrollo del controlador de lógica programable o PLC. Este primer equipo autómatas pretendía básicamente sustituir a los sistemas

⁶ KOREM H., Yoram. “Control Computarizado de sistemas de Manufactura”. México. McGraw Hill Book. 2005.

básicos compuestos por relés o circuitos lógicos con las ventajas evidentes de una plataforma estándar de hardware. Dado lo anterior, en su nacimiento presentaron prestaciones muy similares a las tecnologías convencionales con lenguajes de programación que emulaban a los diagramas esquemáticos empleados por dichas tecnologías

Los autómatas actuales han evolucionado con respecto a las prestaciones de sus ancestros, incorporando fundamentalmente sistemas de programación más versátiles, con mejor velocidad de procesamiento y de respuesta y con capacidades de comunicación.

En los lenguajes actuales de programación para autómatas se incorporan, además de las instrucciones clásicas de lógica binaria, temporizaciones y contadores, otras series de operaciones lógicas con palabras, funciones aritméticas, procesamiento para señales análogas, funciones de comunicación con los estándares más representativos en la industria y muchas funciones de control.

La automatización es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos con el fin de controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo así una cantidad de operadores humanos. Este alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

La automatización abarca una gran cantidad de estudios como la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. Los procesos industriales automáticos vienen evolucionando desde hace décadas, y en muchas ocasiones más rápido de lo que han podido hacer muchas plantas industriales.

El objetivo de un automatismo es controlar una planta o sistema sin necesidad que un operario intervenga directamente sobre los elementos de salida. El operario solo debe intervenir sobre las variables de control y el automatismo es el encargado de actuar sobre las salidas mediante los accionamientos con el fin de poder llevar a efecto el control de la planta.

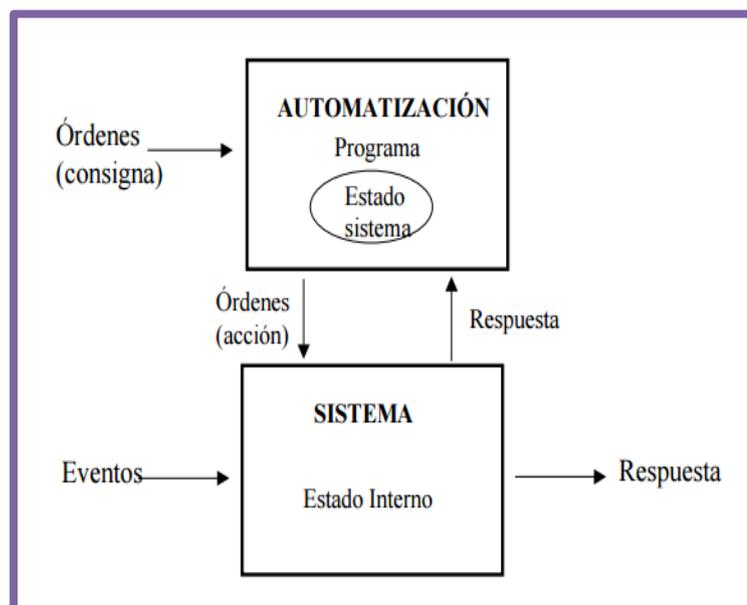


FIGURA N° 01: MODELADO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y DEL SISTEMA

El elemento de control:

- Ejecuta el programa lógico interno
- Reacciona ante la información recibida por captadores actuando sobre los accionamientos de la instalación.

Respecto a instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son el llamado autómeta programable PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital).

Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos de opinión donde se comenta el futuro de la utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador. Disputas aparte, cada uno de estos elementos halla su aplicación en la industria actual, y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos. Durante los casi ya treinta años de utilización de autómetas programables en la industria, conviene destacar su labor eficaz en el control secuencial de procesos.

Una de las aplicaciones de mayor éxito es la combinación de autómeta programable con la tecnología electroneumática. Esta combinación ha permitido ofrecer soluciones de automatización basadas en el posicionamiento, la orientación y el transporte de material dentro de la

planta, y es de gran ayuda en las tareas realizadas por otros elementos, como por ejemplo el robot manipulador industrial.

Los objetivos de la automatización son:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos pesados e incrementando la seguridad.
- Integrar la gestión y producción.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.).

2.2.1.1 EL AUTÓMATA PROGRAMABLE

Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los

accionadores de la instalación. El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso.

La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.

Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción. Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad Central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de Alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

La unidad central es el "cerebro" del PLC. Este toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada. Los módulos de entradas y salidas son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso. La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.

El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después el CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación la CPU lee el estado de las entradas en los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes por ejemplo carga y borrado de bloques.

Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias.

Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen de entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida).

Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida. El autómata realiza también otra serie de acciones que se van repitiendo periódicamente, definiendo un ciclo de operación.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su

posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

a) Ventajas:

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del

problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.

b) Desventajas:

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El costo inicial también puede ser un inconveniente

La memoria del PLC es el almacén donde el autómata guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

Existen varios tipos de memorias:

a) RAM - Memoria de lectura y escritura

La memoria RAM se utiliza principalmente como memoria interna, y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

b) ROM - Memoria de solo lectura, no reprogramable

La memoria ROM se utiliza para almacenar el programa monitor del sistema como hemos visto en el apartado dedicado a la CPU.

c) EPROM - Memoria de solo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas

Las memorias EPROM se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido convenientemente depurada.

d) EEPROM - Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos

Las memorias EEPROM se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM, utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM.

2.2.1.2 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC

a) Procesador

Es el “cerebro” del PLC, el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario. Tareas

Principales:

- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/ salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

b) Memoria

Los PLC tienen que ser capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas. La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits, bytes (grupo de 8 bits), o words (grupo de 16 bits).

- Un Bit es una posición de memoria que puede tomar valor "0" ó "1"
- Un Byte son 8 posiciones de memoria agrupadas.
- Una palabra o Word son 16 posiciones de memoria agrupadas.

c) Entradas y salidas

▪ Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC. Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras.

- **Dispositivos de salida**

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. Generalmente los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente.

En este caso las señales que entran y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de las interfaces o módulos de entrada o salida.

Las entradas se pueden clasificar en:

- **Entradas digitales**

También llamadas binarias u “on-off”, son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 ó 0.

- **Entradas analógicas**

Estos módulos o interfaces admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de

un rango, que puede ser de 4- 20 mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número.

2.2.1.3 TIPOS DE PLC

Los PLC's pueden clasificarse, en función de sus características como los siguientes:

a) PLC Nano

Integra la fuente de alimentación, CPU y entradas y salidas que puede manejar un conjunto reducido de entradas I y salidas Q.

b) PLC Compacto

Este tipo de PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de entrada y salida.
- Indicador de programación.

c) PLC Modular

Estos PLC's se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- El Rack.
- La fuente de alimentación.
- El CPU.
- Los módulos de entrada y salida.
- Indicador de programación.
- Puerto de enlace
- Módulo de expansión.

De estos tipos de PLC's existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC's de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.

2.2.2 PLC TWIDO

Los Controladores programables Twido, han sido optimizados para las instalaciones sencillas y las máquinas pequeñas. Donde el Twido ofrece una flexibilidad y sencillez a la hora de automatizar este tipo de aplicaciones. El controlador Twido dispone de dos modelos: Compacto o Modular.

2.2.2.1 CONTROLADORES COMPACTOS

La gama de controladores programables compactos Twido ofrece una solución “todo en uno” con unas dimensiones reducidas, lo que permite reducir el tamaño de las consolas o de los cofres en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial. Los controladores de tipo compacto tiene integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, este dependerá del modelo, pudiendo elegir: 10 E/S, 16 E/S, 24 E/S y 40 E/S.

Los controladores de 24 E/S y 40 E/S admiten módulos de ampliación que nos confieren una mayor flexibilidad a la hora de elegir el tipo de controlador. En los controladores de 24 E/S es posible colocar hasta 4 módulos de ampliación y en los de 40 E/S hasta 7 módulos, dependiendo siempre de que no se supere los límites de consumo de potencia, este se puede controlar a través del software TwidoSuite.

Dependiendo del tipo de módulo de ampliación se puede llegar hasta 152 E/S con el controlador de 24 E/S y hasta 264 E/S como máximo con el de 40 E/S. Los controladores Twido compactos ya tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan: Una alimentación de corriente alterna comprendida entre 100 y 240 Vca (que garantiza la alimentación 24 Vcc de

los captadores), o una alimentación de corriente continua comprendida entre 19,2 y 30 Vcc.



FIGURA Nº 02: CONTROLADORES COMPACTOS

Los controladores Twido compactos están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero que los componentes siempre serán los mismos:

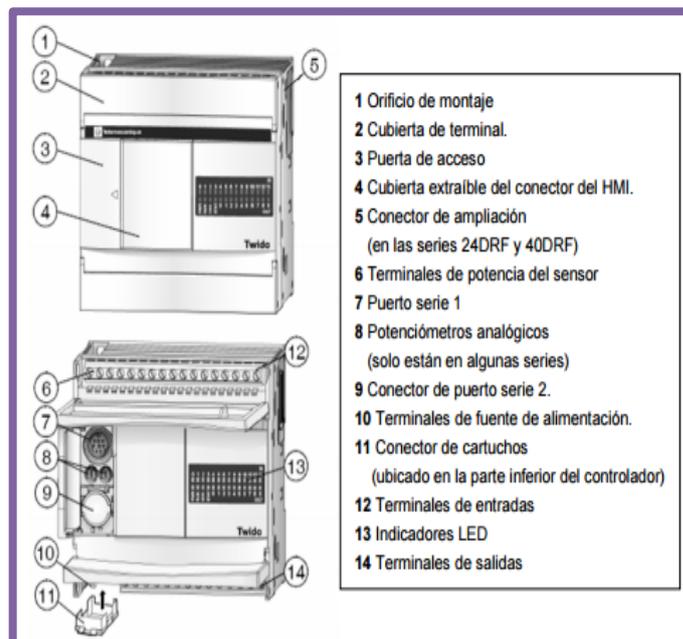


FIGURA Nº 03: PARTES DE UN CONTROLADOR COMPACTO

2.2.2.2 CONTROLADORES MODULARES

La gama de controladores modulares ofrece 5 bases, que se diferencian entre sí por la capacidad de tratamiento y el número y tipo de entradas/ salidas integradas (20 o 40 E/S).

Todas ellas pueden ampliarse con cualquier módulo de entradas/salidas, hasta 7 módulos (configuración máxima).
Todas las bases modulares se alimentan a 24 Vcc.

Estas bases ofrecen una modularidad que se adapta a las necesidades de la aplicación a partir de una base que admite hasta 4 o 7 módulos de ampliación de entradas/salidas TON y/o analógicas (según el modelo), de esta manera se pueden configurar hasta un máximo de 244 E/S con los módulos de 20 E/S integradas y de 264 E/S en los de 40 E/S integradas.

Los controladores Twido modulares están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero que los componentes siempre serán los mismos:

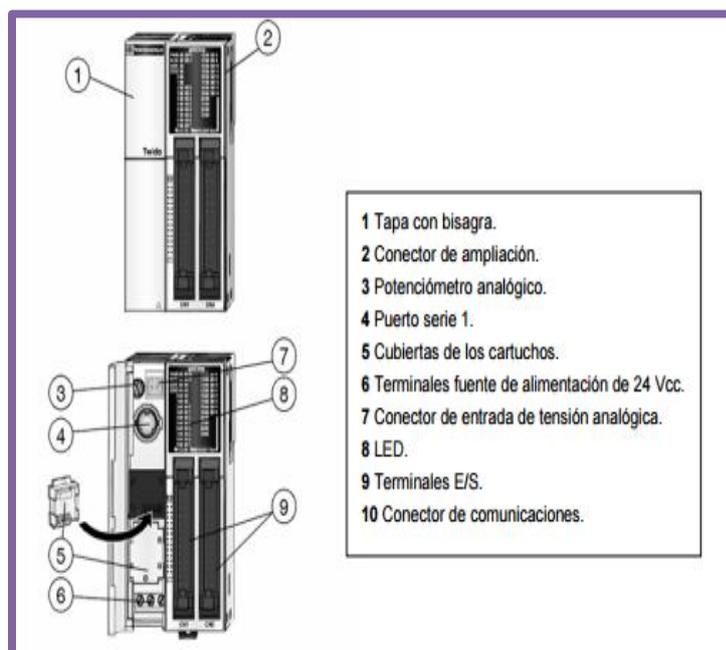


FIGURA Nº 04: PARTES DE UN CONTROLADOR MODULAR

2.2.2.3 MÓDULOS DE AMPLIACIÓN

Los módulos de ampliación nos confieren a nuestro controlador Twido la mayor adaptabilidad posible a las diferentes aplicaciones dentro de su campo de acción, pudiéndose ajustar el dispositivo lo máximo posible a cada una de las aplicaciones concretas con el ahorro de coste que ello comporta.

a) Módulos de E/S digitales:

Existen una amplia gama de módulos distintos de entradas/salidas TON Twido que permiten completar las entradas/salidas integradas tanto en las bases compactas ampliables como en las bases modulares, pudiendo cada usuario adaptar el controlador a las necesidades de su aplicación, optimizando así los costes.

La descripción de los 15 tipos de tarjetas, se divide en módulos de entradas, módulos de salida y módulos híbridos de entradas y salidas, también diferenciándose por el tipo de conexión:

- Módulos de entradas TON con alimentación a 24 Vcc.
 - 8 Entradas de bornero extraíble.
 - 16 Entradas de bornero extraíble.

- 8 Entradas de conector TELEFAST.
- 16 Entradas de conector TELEFAST.

- Módulo de entradas TON con alimentación a 120 Vac.
 - 8 Entradas de bornero extraíble.

- Módulos mixtos de entradas y salidas con alimentación a 24 Vcc.
 - 16 Entradas/8 Salidas Relé 2 A, de conexión por resorte.
 - 4 Entradas/4 Salidas Relé 2 A, de bornero extraíble.

- Módulos de salidas con bornero extraíble:
 - 8 Salidas Relé 2 A.
 - 16 Salidas Relé 2 A.
 - 8 Salidas Transistor 0,3 A PNP con alimentación a 24Vcc.
 - 8 Salidas Transistor 0,3 A NPN con alimentación a 24 Vcc.

- Módulos de salidas con conector TELEFAST:
 - 16 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.

- 16 Salidas Transistor 0,1 A NPN con alimentación a 24 Vcc.
- 32 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.
- 32 Salidas Transistor 0,1 A NPN con alimentación a 24 Vcc.

Los elementos electrónicos internos y las vías de entradas/salidas de todos los módulos de entradas/salidas TON están aislados mediante opto acoplador.

b) Módulos de E/S analógicas:

Los módulos de ampliación de entradas analógicas Twido permiten obtener diferentes valores analógicos presentes en las aplicaciones industriales. Los de salidas analógicas se utilizan para dirigir los preaccionadores en unidades físicas, como variadores de velocidad, válvulas y aplicaciones que requieran control de procesos.

Las entradas y salidas analógicas vendrán definidas en función del valor analógico, puede ser la corriente o la tensión, incluso valores de resistencia para los casos de temperatura.

Los módulos de entradas/salidas analógicas, tendrán la conexión del tipo bornero extraíble.

Los módulos de entradas/salidas analógicas se elegirán teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Por el número de entradas/salidas: 2, 4 y 8.

Por el tipo de señal analógica:

- Señal de Tensión de 0...10 V
- Señal de corriente de 0...20 mA
- Señal de corriente de 4...20 mA
- Señal de entrada termopar del tipo K, J y T.
Señal de entrada PTC del tipo Pt 100/1000, Ni100/1000 rango de temperatura entre 50...150 °C.

Existe un tipo de módulo mixto que presentan entradas y salidas analógicas en el mismo cuerpo. Los módulos analógicos Twido ofrecen una resolución de 10 bits, 11 bits + signo y 12 bits, con conexión mediante bornero con tornillo desenchufable. Es necesario instalar una alimentación externa de 24 Vcc para cada módulo analógico.

2.2.2.4 TIPOS DE CONEXIONADO

Se observa que hay diferentes tipos de conexionado en los diferentes módulos de ampliación para facilitar el cableado de los diferentes elementos de la aplicación a automatizar (sensores, actuadores) al controlador Twido.

Estos 3 tipos de conexionado son:

- Borneros con tornillos extraíbles.
- Conectores de tipo resorte que permiten realizar un cableado sencillo, rápido y seguro.
- El sistema de pre cableado Advantys Telefast ABE 7 permite conectar los módulos con conectores de tipo HE 10: a los cables pre equipados con hilos libres en uno de los extremos o al sistema de cableado Advantys Telefast ABE 7 para controlador Twido (conjunto de cables de conexión y bases ABE 7).

2.2.2.5 ACCESORIOS

Existen varias opciones que pueden agregarse a los controladores base, para incrementar las prestaciones en su justa medida, en función de la aplicación.

- Cartuchos de ampliación de memoria de 32 Kb o 64 Kb, para backup del proyecto o almacenamientos de datos de la aplicación.

- Cartucho de reloj de tiempo real (RTC), para la utilización dentro del software de programación TwidoSuite de los 16 bloques de función horaria extendida.
- Adaptadores de comunicaciones es una opción disponible para todas las CPUs (excepto la de 10 E/S) ofrece la posibilidad de comunicación RS-232 o RS-485, varios tipos de conexionado (conector Mini DIN o bornero para RS-485), pudiéndose configurar como: Modbus Maestro/Esclavo, ASCII y Remote Link.
- Display HMI (diferente en función si el Twido es compacto o modular), permite el ajuste de la máquina sin necesidad de utilizar el software de programación y funciones de diagnóstico durante el funcionamiento tales como: acceso a variables internas (temporizadores, contadores, hora, etc), puesta en RUN, STOP, inicialización de memoria y el bloqueo por programa.

2.2.2.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS COMUNICACIONES

Los controladores Twido disponen de un puerto serie, o de un segundo puerto opcional, que se utiliza para servicios en tiempo real o de administración de sistemas.

Los servicios en tiempo real proporcionan funciones de distribución de datos para intercambiar datos con dispositivos de E/S, así como funciones de administración para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios de administración de sistemas controlan y configuran el controlador por medio de TwidoSoft. Cada puerto serie se utiliza para cualquiera de estos servicios, pero sólo el puerto serie 1 es válido para comunicarse con TwidoSoft. Para poder utilizar estos servicios, existen tres protocolos implícitos disponibles en cada controlador:

a) Remote Link (Conexión remota)

Permite realizar una comunicación entre autómatas Twido vía RS-485, utilizado para ver E/S a distancia (sin programa en las CPUs deportadas) o para red de Twidos con programa, con una longitud máxima de 200 m y hasta 8 equipos en una red (maestro + 7 esclavos).

b) ASCII

Permite comunicar el autómata, vía RS-485 y RS-232, con un gran número de dispositivos: impresoras (para la impresión periódica de reports de producción), lectores de códigos de barras y módems.

c) Modbus

Comunicación Modbus Maestro/Esclavo por ambos puertos (RS485 o 232), permite conectar Twido a un gran número de equipos industriales, basado en mensajería aperiódica entre equipos.

Además, se pueden implementar más comunicaciones agregando módulos de comunicación, existen varios tipos en función del protocolo que se desee:

- Módulo de comunicación Maestro ASI.
- Módulo de comunicación Maestro CANOpen.
- Módulo de comunicación Maestro/Esclavo Modbus.

d) Bus de comunicación Modbus

El enlace serie Modbus permite responder a las arquitecturas maestro/esclavo (no obstante, es necesario comprobar que los servicios Modbus útiles para la aplicación se implanten en los equipos implicados). El bus está constituido por una estación maestro y por estaciones esclavo.

Sólo la estación maestro puede iniciar el intercambio (la comunicación directa entre estaciones esclavo no es posible).

Existen dos mecanismos de intercambio:

- Pregunta/respuesta, las peticiones del maestro se dirigen a un esclavo determinado. El esclavo interrogado espera de vuelta la respuesta.
- Difusión, el maestro difunde un mensaje a todas las estaciones esclavo del bus. Éstas últimas ejecutan la orden sin emitir respuesta.

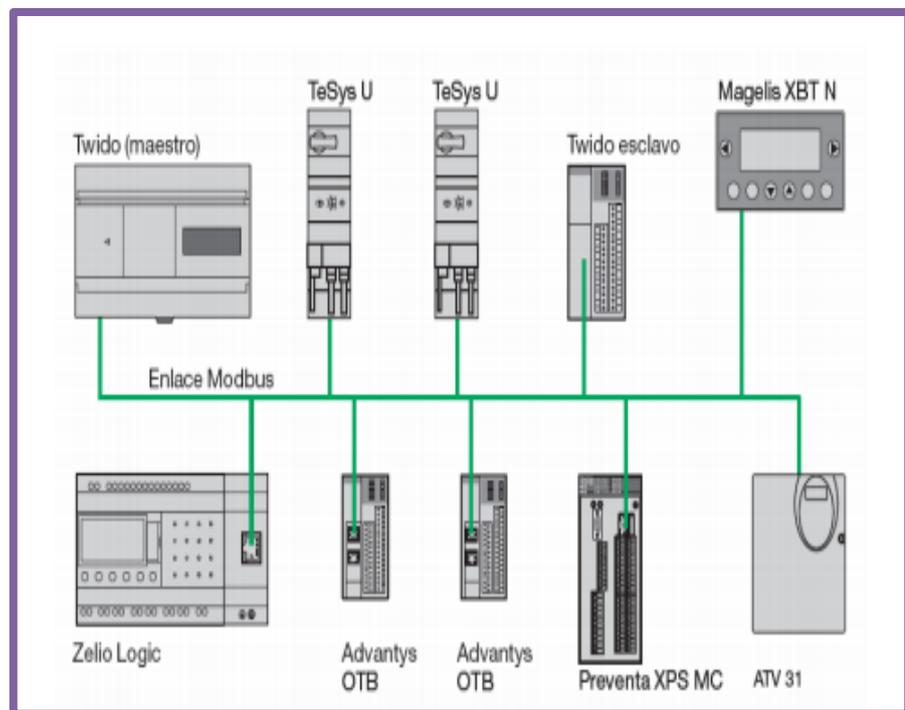


FIGURA Nº 05: ESQUEMA EJEMPLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

- Modo maestro de Modbus: el modo maestro de Modbus permite que el controlador pueda iniciar una transmisión de solicitudes Modbus, esperando una respuesta desde un esclavo Modbus.
- Modo esclavo Modbus: el modo esclavo Modbus permite que el controlador pueda

responder a las solicitudes de Modbus desde un maestro Modbus. Se trata del modo de comunicación predeterminado si no existe ninguna comunicación configurada.

e) Bus de comunicación ASI-interface

El bus AS-I (la abreviatura del término inglés Actuator-Sensor Interface) es un bus de campo (nivel 0) que se emplea para realizar interconexiones de sensores/ accionadores. Permite ejecutar información de tipo «binario» o analógico entre un equipo «maestro» de bus y equipos «esclavo».

El bus AS-Interface está formado por tres elementos básicos principales:

- Una fuente de alimentación específica que suministra una tensión de 30 VDC.
- Un maestro de bus
- Uno o varios equipos esclavos (sensores, accionadores y otros).

f) Bus de comunicación CANopen

Desarrollado originalmente para sistemas de vehículos automotores, el bus de comunicación CAN se utiliza en la actualidad en muchos campos, como

por ejemplo: transporte, dispositivos de piezas móviles, dispositivos médicos, control automático industrial.

La implementación bus CAN ofrece unas ventajas a la aplicación como: sistema de asignación del bus, detección de errores y fiabilidad en el intercambio de datos. Las comunicaciones en el bus se realizan peer to peer; en cualquier momento, cada dispositivo puede enviar una solicitud en el bus y la respuesta de los dispositivos pertinentes.

La prioridad de las solicitudes que circulan por el bus la determina un identificador en el nivel de mensaje individual. El módulo maestro TWD NCO1M para bus CANopen permite al controlador programable Twido, asegurar la función maestro CANopen.



FIGURA Nº 06: BUS DE COMUNICACIÓN CANOPEN

g) Bus de comunicación Ethernet

TwidoPort ConneXium aporta conectividad Ethernet a la línea de productos Twido. Es la pasarela entre un único dispositivo Twido Modbus/RTU (RS-485) y la capa física de las redes Modbus/TCP en el modo esclavo. Este módulo de pasarela sólo admite el modo esclavo.

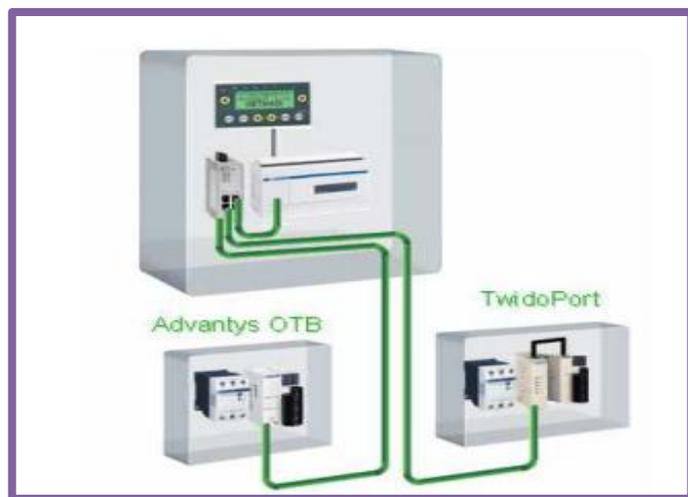


FIGURA Nº 07: EJEMPLO DE ARQUITECTURA ETHERNET

Las principales características del módulo TwidoPort son las siguientes:

- Clase A10 (Sin servidor web, ni I/O scanning).
- Mensajería Modbus (lectura/escritura de palabras de datos).
- Función BOOTP.
- Admite la configuración manual utilizando Telnet.
- Interface físico 10BASE-T/100BASE-TX, con conector normalizado de tipo RJ45.

2.2.3 VÁLVULAS NEUMÁTICAS

Los circuitos neumáticos están constituidos por los actuadores que efectúan el trabajo y por aquellos elementos de señalización y de mando que gobiernan el paso del aire comprimido, y por lo tanto la maniobra de aquellos, denominándose de una manera genérica válvulas. Estos elementos tienen como finalidad mandar o regular la puesta en marcha o el paro del sistema, el sentido del flujo, así como la presión o el caudal del fluido procedente del depósito regulador. Según su función las válvulas se subdividen en los grupos siguientes:

- Válvulas de vías o distribuidoras
- Válvulas de bloqueo
- Válvulas de presión
- Válvulas de caudal y de cierre

2.2.3.1 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de seguir el aire en cada momento, gobernando a la postre el sentido de desplazamiento de los actuadores. Trabajan en dos o más posiciones fijas determinadas. En principio, no pueden trabajar en posiciones intermedias.

Las válvulas pueden ser accionadas de diferentes maneras, incluso pueden accionarse de manera distinta en un sentido u otro. El accionamiento puede ser manual, mecánico, neumático o eléctrico. El primero se hace mediante pulsador,

palanca o pedal. El mecánico se efectúa por medio de una leva, muelle o rodillo; éste puede ser normal, es decir si sólo actúa cuando se desplaza el rodillo en un sentido mientras que en el otro se retrae.

En el accionamiento neumático se utiliza aire comprimido del mismo circuito o de otro auxiliar para maniobrar la posición de la válvula. Generalmente se necesita una presión mínima del aire (presión mínima de pilotaje o de mando) para poder accionar la válvula. Dicha presión se especifica en los catálogos en función de la presión de trabajo del circuito. El accionamiento eléctrico se efectúa con la fuerza que se provoca al hacer pasar una corriente eléctrica alrededor de una bobina con un núcleo de hierro desplazable en su interior. Tiene muchas ventajas frente al resto de accionamientos y da lugar a una tecnología conocida como Electroneumática que se estudia en el capítulo 6. Los accionamientos se representan en las líneas laterales de los cuadrados extremos que simbolizan las válvulas, mediante un pequeño símbolo.

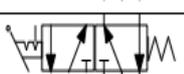
Manual		
Accionamiento en general		
Pulsador		
Palanca con enclavamiento		
Pedal		

TABLA Nº 01: ACCIONAMIENTO MANUAL

Neumático		
Accionamiento neumático directo		
Accionamiento neumático indirecto (servopilotado)		
Eléctrico		
Accionamiento con simple bobina		
Accionamiento con doble bobina		
Combinado		
Funcionamiento con doble bobina, servopilotaje y pilotaje manual auxiliar		

TABLA Nº 02: ACCIONAMIENTO DE LAS VALVULAS DISTRIBUIDORAS

a) Válvulas de asiento

En estas válvulas el obturador está formado por bolas, semiesferas, discos, placas o conos que apoyan sobre un asiento, obteniendo una perfecta estanquidad de una manera muy simple. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y muy robustas.

Normalmente cuentan con un muelle incorporado para el reposicionamiento y se requiere una fuerza de accionamiento relativamente elevada para vencer la resistencia de éste y de la presión del aire. Sin embargo, el desplazamiento necesario del obturador para pasar de

posición abierta a cerrada es muy reducido. Algunas de las soluciones constructivas existentes no son capaces de evitar que se escape aire a la atmósfera cuando la conmutación se produce de forma lenta. Este fenómeno indeseable se conoce como solape.

b) Válvulas de corredera

En estas válvulas, las conexiones externas se relacionan unas con otras o se cierran por medio de una corredera longitudinal o giratoria, que se desplaza o gira dentro de un cuerpo de válvula

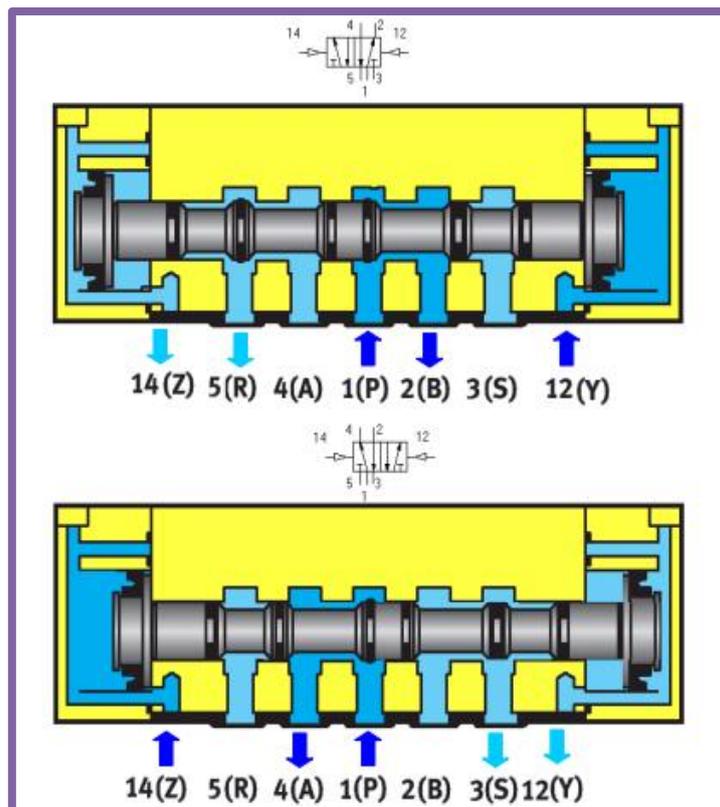


FIGURA Nº 08: VÁLVULA CORREDERA

c) Válvula de disco plano giratorio

Estas válvulas son generalmente de accionamiento manual o por pedal, otros tipos de accionamiento son difíciles de incorporar a ellas. Constan de dos discos superpuestos, el superior, que es el que se hace girar, dispone de dos conductos de forma curvada; en el inferior se encuentran las conexiones con los conductos y permanece inmóvil.

2.2.3.2 VÁLVULAS DE BLOQUEO

Son válvulas destinadas a impedir, condicionar o dificultar el paso del flujo en uno u otro sentido.

a) Válvula antirretorno

Las válvulas antirretorno impiden el paso absolutamente en un sentido, mientras que en el sentido contrario el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana que apoya sobre un asiento.

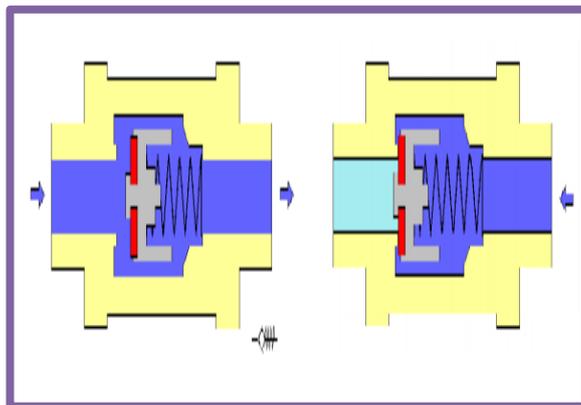


FIGURA Nº 09: VÁLVULA ANTIRETORNO

b) Válvula selectora de circuito (Válvula “o”; función lógica “OR”)

Se trata de una válvula que permite el paso del aire cuando éste procede de uno u otro conducto. Esta válvula tiene dos entradas X e Y, y una salida A. Cuando el aire comprimido entra por la entrada X, la bola obtura la entrada Y, y el aire circula de X hacia A. También cuando el aire llega por Y se obtura la conexión X y pasa de Y hacia A. Por otra parte cuando el aire regresa, es decir procede de A, cuando se elimina el aire de un cilindro o una válvula, la bola permanece en la posición en que se encontraba permitiendo su paso hacia X o Y.

c) Válvula de simultaneidad (Válvula “Y”; función lógica “and”)

Esta válvula tan solo se abre cuando recibe señales simultáneas de dos lugares diferentes. Esta válvula tiene dos entradas X e Y, y una salida A. El aire comprimido puede pasar únicamente cuando hay presión en ambas entradas. Una única señal de entrada en X ó Y interrumpe el flujo, en razón del desequilibrio de fuerzas que actúan sobre la pieza móvil. Cuando las señales están desplazadas cronológicamente, la última es la que llega a la salida A. Si las señales de entrada son de una presión distinta, la mayor cierra la válvula y

la menor se dirige hacia la salida A. Esta válvula se denomina también módulo “Y” o función lógica “and”. Se utiliza principalmente en mandos de enclavamiento, funciones de control y operaciones lógicas.

2.2.3.3 VÁLVULAS DE PRESIÓN

Estas válvulas influyen principalmente sobre la presión, o están condicionadas por el valor que tome aquella. Entre ellas destacan las siguientes:

- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas limitadoras de presión
- Válvulas de secuencia.

a) Válvulas de regulación de presión

Tiene la misión de mantener constante la presión en su salida independientemente de la presión que exista a la entrada. Tienen como finalidad fundamental obtener una presión invariable en los elementos de trabajo independientemente de las fluctuaciones de la presión que normalmente se producen en la red de distribución. La presión de entrada mínima debe ser siempre, obviamente, superior a la exigida a la salida.

b) Válvula limitadora de presión

Estas válvulas se abren y dejan pasar el aire en el momento en que se alcanza una presión de consigna. Se disponen en paralelo y se utilizan, sobre todo, como válvulas de seguridad, no admiten que la presión en el sistema sobrepase un valor máximo admisible. Al alcanzar en la entrada de la válvula el aire una determinada presión, se abre la salida y el aire sale a la atmósfera. La válvula permanece abierta hasta que el muelle, una vez alcanzada la presión ajustada, cierra de nuevo el paso. Algunas válvulas disponen de un enclavamiento que requiere una actuación exterior para proceder de nuevo a su cierre.

c) Válvula de secuencia

Su funcionamiento es muy similar al de la válvula limitadora de presión, la diferencia estriba que en vez de salir el aire a la atmósfera al alcanzarse la presión de consigna, deja pasar el aire para realizar un determinado cometido. El aire no circula de P (1) hacia la salida A (2), mientras que en el conducto de mando Z no se alcanza una presión de consigna. Un émbolo de mando abre el paso de P hacia A. Estas válvulas se montan en mandos neumáticos que actúan cuando se

precisa una presión fija para un fenómeno de conmutación.

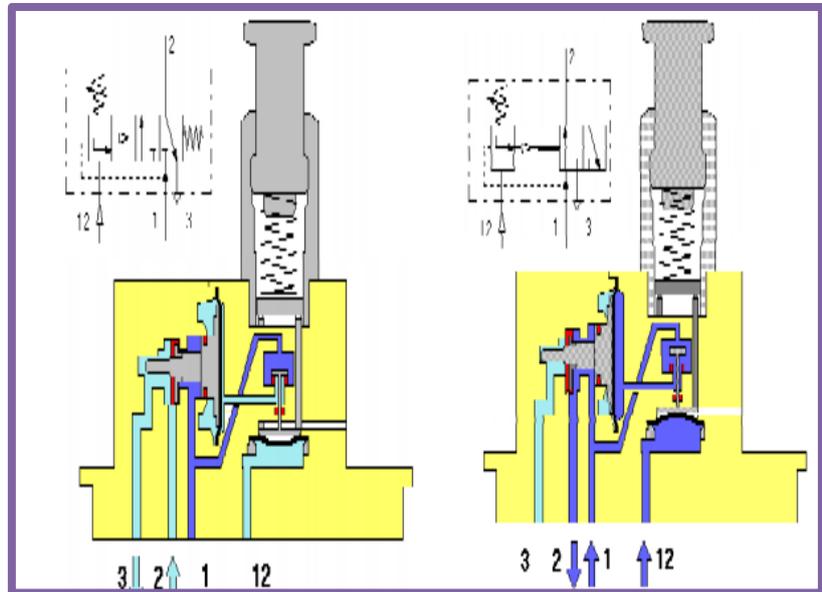


FIGURA Nº 10: VÁLVULA DE SECUENCIA

2.2.3.4 VÁLVULAS DE CAUDAL Y DE CIERRE

Estas válvulas tienen como finalidad regular el caudal que las atraviesan y con ello controlar la velocidad de los vástagos de los cilindros. Lo anterior se consigue estrangulando la sección de paso, de manera similar a una simple estrangulación. Estas válvulas lo que producen es una pérdida de carga y ésta conduce a reducir el caudal. Es frecuente que la sección de paso pueda ser modificada desde el exterior.

a) Válvula reguladora de caudal

Se trata de un bloque que contiene una válvula de estrangulación en paralelo con una válvula antirretorno. La estrangulación, normalmente regulable desde el exterior, sirve para variar el caudal que lo atraviesa y,

por lo tanto, para regular la velocidad de desplazamiento del vástago de un cilindro.

También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional. La válvula antirretorno cierra el paso del aire en un sentido y el aire ha de circular forzosamente por la sección estrangulada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula antirretorno abierta. Las válvulas antirretorno y de estrangulación deben montarse lo más cerca posible de los cilindros.

b) Válvula de escape rápido

Se trata de una válvula que evacua el aire de manera rápida hacia la atmósfera. Esta válvula permite elevar la velocidad de los émbolos de los cilindros. Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

c) La válvula de arranque progresivo

Se trata de una válvula de uso muy extendido recientemente. Se coloca a continuación de la unidad de mantenimiento y su misión es evitar movimientos incontrolados de los actuadores en la puesta en marcha de la instalación.

Después de todo paro de una instalación neumática que haya implicado su purga, es decir que la instalación esté sin aire a presión en ninguna de las cámaras de los elementos de trabajo, si el arranque se realiza sin tomar precauciones se pueden producir movimientos bruscos de los actuadores y choques destructivos.

Las válvulas de arranque progresivo garantizan un aumento gradual de la presión en la instalación actuando sobre la velocidad de llenado. Así cada uno de los elementos de trabajo retorna a su posición de partida de una forma lenta y controlada.

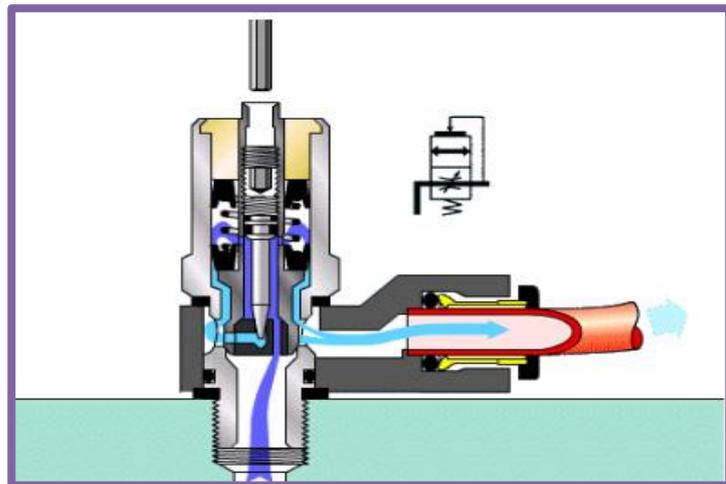


FIGURA Nº 11: VÁLVULA DE ARRANQUE PROGRESIVO

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Analógico:** Dispositivo, circuito o sistema electrónico que procesa señales eléctricas que toman infinitos valores dentro de un intervalo, y que reciben el nombre de señales analógicas.

- **Automatización:** Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
- **Control:** El control es un proceso mediante el cual se cerciora si lo que ocurre concuerda con lo que supuestamente debiera ocurrir, de lo contrario, será necesario que se hagan los ajustes o correcciones necesarios.
- **Controlador:** Dispositivos de control que por lo general se utilizan en aplicaciones de control industrial, que emplean la arquitectura del hardware de una computadora y un lenguaje basado en un diagrama de relevadores escalonados.
- **Control de realimentación:** Sistema de control en que se compara una variable medida con un valor deseado (punto de consigna) y la señal de error obtenida actúa de tal modo que reduce la magnitud de este error.
- **CPU:** Unidad central procesadora de una computadora.
- **Digital:** Cualquier tipo de señal de entrada o salida que tiene exactamente dos estados, conexión y desconexión.
- **Filtro:** Dispositivo que retiene partículas metálicas o contaminantes del fluido.
- **Lazo abierto de control:** Es el camino que sigue la señal sin realimentación.
- **Lazo cerrado de control:** Camino que sigue la señal desde el controlador hacia la válvula, al proceso y realimentándose a través del transmisor hacia un punto de suma con el punto de consigna.
- **Lógica:** Una serie de instrucciones o límites creados para permitir el control de un proceso.

- **Microprocesador:** Circuito electrónico que actúa como unidad central de proceso de un computador, proporcionando el control de las operaciones de cálculo.
- **Periférico:** Aparato auxiliar e independiente conectado a la unidad central de una máquina o computadora.
- **PLC:** (Programmable Logic Controller) es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos.
- **Programable:** Esta característica se refiere a la posibilidad de que el mismo piloto pueda acceder y programar una amplia variedad de parámetros, sea mediante aparatos diseñados especialmente, sea mediante su ordenador personal o simplemente mediante los botones que tiene el variador.
- **Presión:** Fuerza por unidad de área.
- **Registro:** Un área de almacenamiento, en el PLC, para información. Los registros pueden tener una capacidad de una o dos (o más) palabras.
- **Sensor:** Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- **Válvula:** Dispositivo que cierra o restringe temporalmente un conducto. Estas controlan la dirección de un flujo, controlan el volumen o caudal de un flujo y controlan la presión del sistema.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO AUTOMATIZADO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Con la finalidad de cumplir con el objetivo general planteado al inicio de este trabajo de suficiencia profesional, es que describo inicialmente el funcionamiento de la máquina a automatizar:

- La máquina consta de un base de rectangular de 2.25 metros de largo por 1.85 metros de ancho, sobre la cual se realiza el tendido de tela, de forma manual a través de operarios.
- Presenta un cabezal móvil el cual contiene una cuchilla que permitirá cortar la tela a través de la manipulación de un operario, quien siguiendo un patrón de corte realizado en fibra de vidrio, inicia el proceso.
- El cabezal está compuesto por dos encoder que se encuentran sobre un soporte que permite el desplazamiento bidimensional sobre el plano XY de la base rectangular.

- Finalmente el movimiento zigzag de las cuchillas se realiza a través del accionamiento manual de interruptores, quienes definen el movimiento vertical de los cilindros electroneumáticos. Estos interruptores definen la cantidad de tela en simultáneo que se pueda cortar, hasta un máximo de 12 telas.

Ahora describiré como funcionara la maquina luego de que se automaticé:

Para el tendido de la tela en forma automática, propongo transmitir vía una interface hacia un motor, las órdenes directamente desde la PC, el cual se desplazará hasta el extremo de la base, generando así el tendido automático.

La orden de extendido de la tela se inserta en la memoria del PLC. Con ello se reducen las pérdidas de tela en los extremos debido a la precisión de posicionamiento lograda con el controlador Lógico programable y además es capaz de realizar la mayoría de los métodos del extendido: desde el corte en fin de capa, hasta el tubular o zigzag.

El método de trabajo del tendido automático, está basado en que el prototipo a desarrollar posee un motor que mueve todo el coche de tendido e incluso tiene una plataforma para que el operario vaya junto con el coche a lo largo de la mesa sin tener que caminar (concentrándose únicamente en la calidad del tendido)

En la computadora ya mencionada, el operador programa:

- El largo del tendido
- La cantidad de paños

En el prototipo a desarrollar considero que si la tela estuviera bien, el operario podría programar por ejemplo, que la máquina extendiera 5 paños de 2.25 mts. en zigzag, poner la máquina a caminar e irse y que cuando la máquina se queda sin tela, automáticamente se detenga.

Para el corte automático, en el programa contenido en la computadora, la máquina de corte recoge los datos del computador (al igual que el plotter) pero en vez de 'plottear' corta la tela. La cual se desplaza sobre rieles y viaja de una mesa a otra, ya que el prototipo de desarrolla con un cabezal móvil y usa una cuchilla similar a las maquinas manuales que usan los cortadores, esta cabeza móvil está montado sobre un puente (por el que se desplaza) y a su vez el puente se desplaza a lo largo del área de corte de la cortadora.

El método de trabajo del corte automático, tal como se considera en el prototipo será de la siguiente forma:

- La cortadora se sitúa al extremo de una mesa de corte
- Se coloca el comienzo de la tela extendida sobre la cortadora
- Se coloca un plástico sobre la tela
- La cortadora que cuenta con una turbina para aspirar creara un vacío gracias al plástico que esta sobre la tela y no permitirá que la tela se mueva.
- Luego un cabezal de corte de cuchilla (similar al que usan los cortadores manuales) efectúan el corte de la tela dentro del área en la que le es posible moverse.

- Luego la cortadora avanzara sobre la tela para seguir cortando mientras que lo cortado quedará sobre una banda de descarga, buscando una calidad óptima como si hubiera sido troquelada.

El prototipo a desarrolla considera dos tipos de cuchilla:

1. **Máquina de Cuchilla vertical:** Se debe considerar su potencia y su tamaño (capacidad de corte de una capa hasta 12’).

Existen dos clases de fuerzas que deben suministrarse a la máquina. La fuerza motriz (para la carrera de la cuchilla) y la fuerza aportada por el operario; para impeler la máquina por la tela extendida, donde una afecta a la otra.

2. **Máquina de Cuchilla Circular:** Se usa para cortar líneas curvas, el grado de precisión varía desde la capa superior hasta la capa inferior del tejido. Las capacidades de corte varían desde una capa hasta 6’, según el tamaño de la máquina.

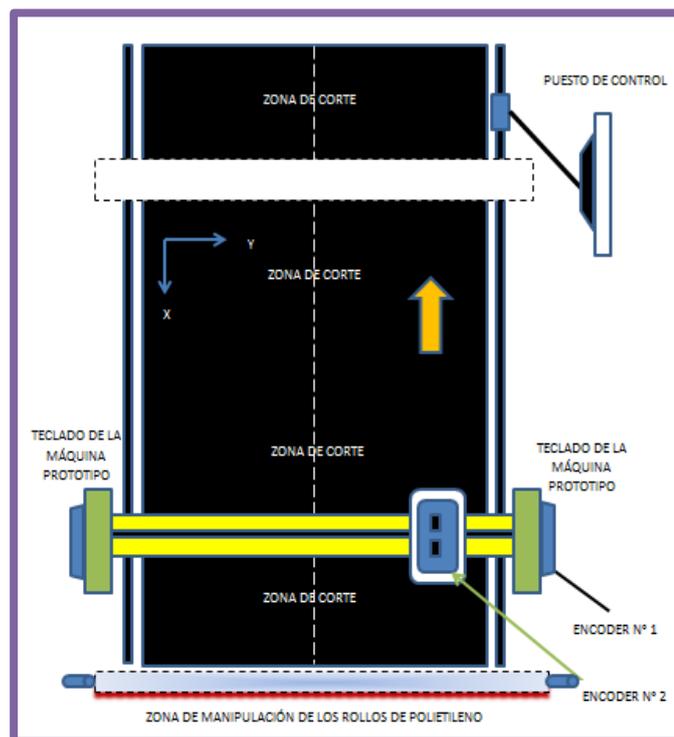


FIGURA N° 12: MESA DE CORTE Y TENDIDO DEL PROTOTIPO PROPUESTO

3.2 DESARROLLO DEL AUTOMATISMO

A continuación detallo los componentes para conseguir el automatismo de la máquina de corte de tela:

a. A NIVEL DE HARDWARE

El prototipo a construir permite el tendido y cortado de telas, controlado a través de un PLC y a su vez es monitoreado por un software de supervisión. Este sistema se encuentra compuesto en dos partes elementales: la primera es el hardware que se conforma por los elementos finales de control, motor encoder, circuito driver para el control del motor, sensores magnéticos, pantalla HMI y un módulo PLC; la segunda parte fundamental es el software que en se encuentra desarrollado por TwidoSuite de Telemecanique y la supervisión y diseño del trazado de tela por Vijeo-Designer.

El conjunto del Hardware que conforma la máquina para realizar el tendido y corte de telas se puede separar en cuatro subsistemas elementales:

- Panel de Conexiones
- Circuito Control Entradas PLC
- Circuito Control Bidireccional del Motor Encoder eje XY
- Cilindros y Electroválvulas

A continuación se describe el panel de conexiones implementado en el cual se muestran cada una de las entradas y salidas del módulo. Este panel permite un reconocimiento práctico al momento de realizar las conexiones con el PLC.

A continuación muestro una tabla especificando las entradas, actuadores y fuentes de alimentación, especificando su dirección:

S1	Sensor 1, final de Carrera para el cilindro 1
S2	Sensor 2, final de Carrera para el cilindro 1
S3	Sensor 3, final de Carrera para el cilindro 1
S4	Sensor 4, final de Carrera para el cilindro 1
Y1	Electroválvula 1, cilindro 1
KM1	Accionamiento del giro Horario del Motor
KM2	Accionamiento del giro Antihorario del Motor
-5V	Referencia Fuente 5V
IN0	Entrada de para de del PLC
IN1	Entrada de marcha del PLC
+24V	Fuente PLC y común conexión de sensores
-24V	Referencia

TABLA N° 03: GENERALIDADES DEL PANEL DE CONEXIONES

En el caso de los Motores Encoder para el desplazamiento de los ejes XY, se utilizó un motor DC con encoder. En base a las especificaciones técnicas, el encoder que genera cien pulsos en una vuelta del motor, con este valor se evaluó que cantidad de tela avanzaba (en centímetros), dependiendo el valor dado en la pantalla se le daba al contador la cantidad de pulsos necesarios para el tamaño de cada pieza en la tela.



FIGURA N° 13: MOTOR ENCODER PARA EL DESPLAZAMIENTO XY

Tipo	D04A321E
Voltaje	24V
Potencia de salida	21W
Pulsos/vuelta	100 pulsos

TABLA N° 04: CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ENCODER

Para desarrollar el prototipo se utilizaron un cilindro de doble efecto, este cilindro es el encargado de bajar la cuchilla para realizar los cortes de las piezas y el corte final de la tela, la posición para el corte se controla a través de sensores magnéticos, que son los encargados de definir hasta donde baja el embolo del cilindro y así determinar el corte a realizar.



FIGURA N° 14: CILINDRO NEUMÁTICO DE DOBLE EFECTO

Finalmente en el prototipo se utiliza dos electroválvulas. Para el cilindro se utiliza una electroválvula 5/2 con impulso eléctrico bilateral ya que se necesita que el cilindro tenga dos posiciones, una posición es cuando no se encuentra sobre la tela y la otra cuando se hace el corte.

La electroválvula 5/2 con impulso eléctrico bilateral, está en su estado de reposo y las dos salidas A y B se encuentran bloqueadas dejando el cilindro en un estado de memoria.

Cuando se aplica corriente a la bobina superior, el Terminal B queda expuesto a la presión P, y el Terminal A queda expuesto al tanque de almacenamiento haciendo que el cilindro avance. Si se energiza la bobina inferior el terminal A queda expuesto a la presión P y el terminal B queda conectado al tanque de almacenamiento haciendo que el cilindro retroceda.

b. A NIVEL DE SOFTWARE

El software empleado en el desarrollo del proyecto es TWIDOSUITE de TELEMECANIQUE suministrado por SCHENEIDER ELECTRIC. Se debe abrir el programa TWIDOSUITE para iniciar el desarrollo del programa. La siguiente figura muestra la ventana de inicio.



FIGURA N° 15: VENTANA DE INICIO DEL TWIDOSUITE

Se elige la opción “Programming” Mode, seguidamente aparece otra ventana la cual permite crear un nuevo proyecto.

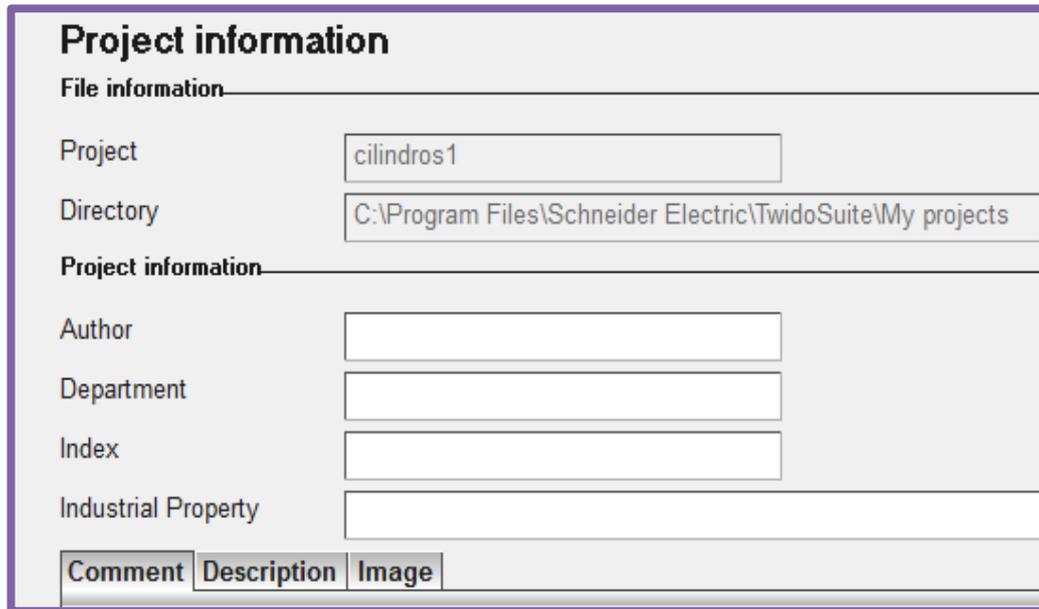


FIGURA N° 16: VENTANA DE INICIO DEL TWIDOSUITE

Se elige el PLC que se va a utilizar; para observar las referencias disponibles se dirige el cursor al link “Bases – Compact”; para este proyecto se utilizó el PLC de referencia TWDLCAE40DRF.

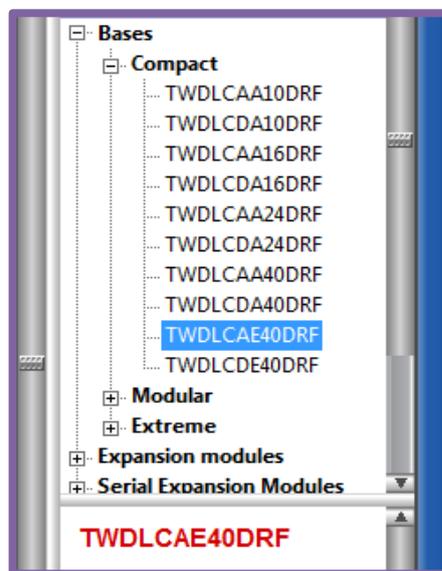


FIGURA N° 17: VENTANA DE SELECCIÓN DEL PLC

Para el prototipo desarrollado, se utilizó un contador de Alta velocidad (VFC). El contador muy rápido es utilizado para contar la cantidad de pulsos enviados

por el encoder del motor de DC, las salidas del encoder se conectan a las entradas transistorizadas del PLC, que son las encargadas de recopilar los datos y llevarlos al contador muy rápido.

El contador muy rápido se etiqueta dentro del PLC como %VFC, el controlador Twido trae dos contadores muy rápidos, cada uno trabaja con cuatro entradas para un total de ocho entradas que van desde %I0.0 hasta %I0.7. Trabaja con cuatro salidas cada uno con dos, en el %VFC0 son %Q0.0 y %Q0.1.

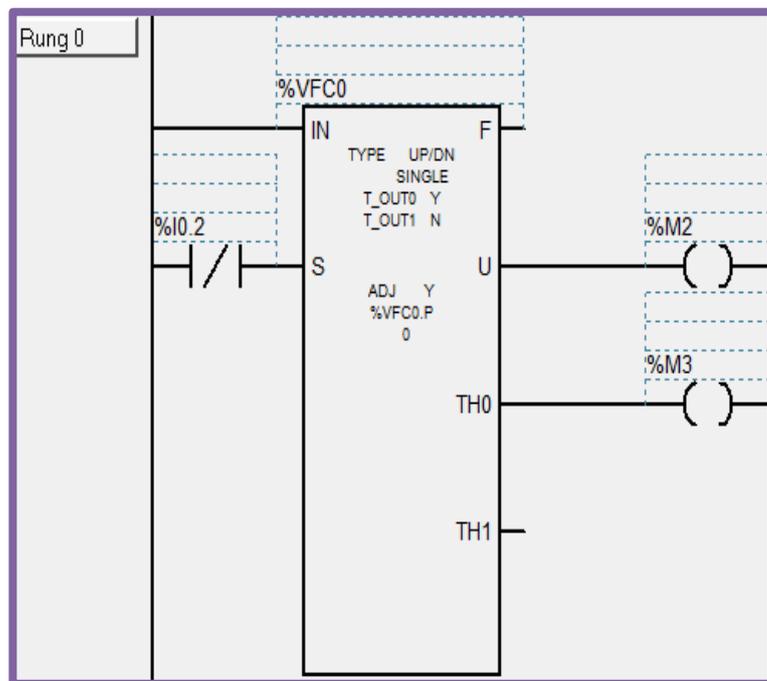


FIGURA N° 18: FUNCIÓN CONTADOR DE ALTA VELOCIDAD DEL PLC

Donde la especificación de las entradas y salidas del contador se especifica a continuación:

- IN: Para habilitar la función S: Inicialización
- F: Lleva el conteo del motor
- U: Dirección del conteo, ascendente o descendente

Por otro lado también utilice la interfaz VIJEO-DESIGNER, esta interfaz es la encargada de mostrar al usuario una manera práctica de introducir los datos de las dimensiones que definen el las piezas a cortar de la tela, además permite dar inicio y culminación al proceso de corte.

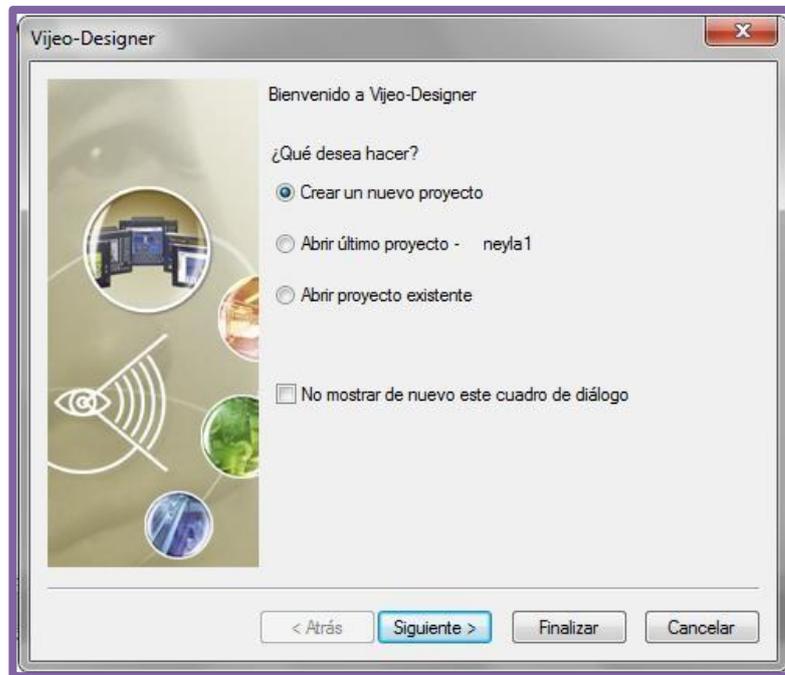


FIGURA N° 19: PANTALLA DE INTRODUCCIÓN AL VIJEO-DESIGNER

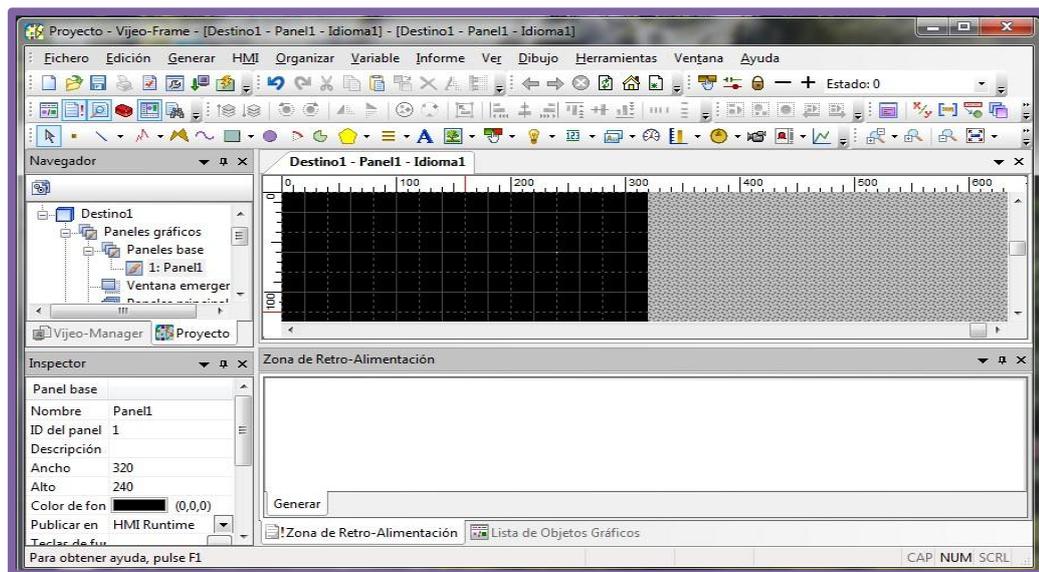


FIGURA N° 20: PANEL DE TRABAJO

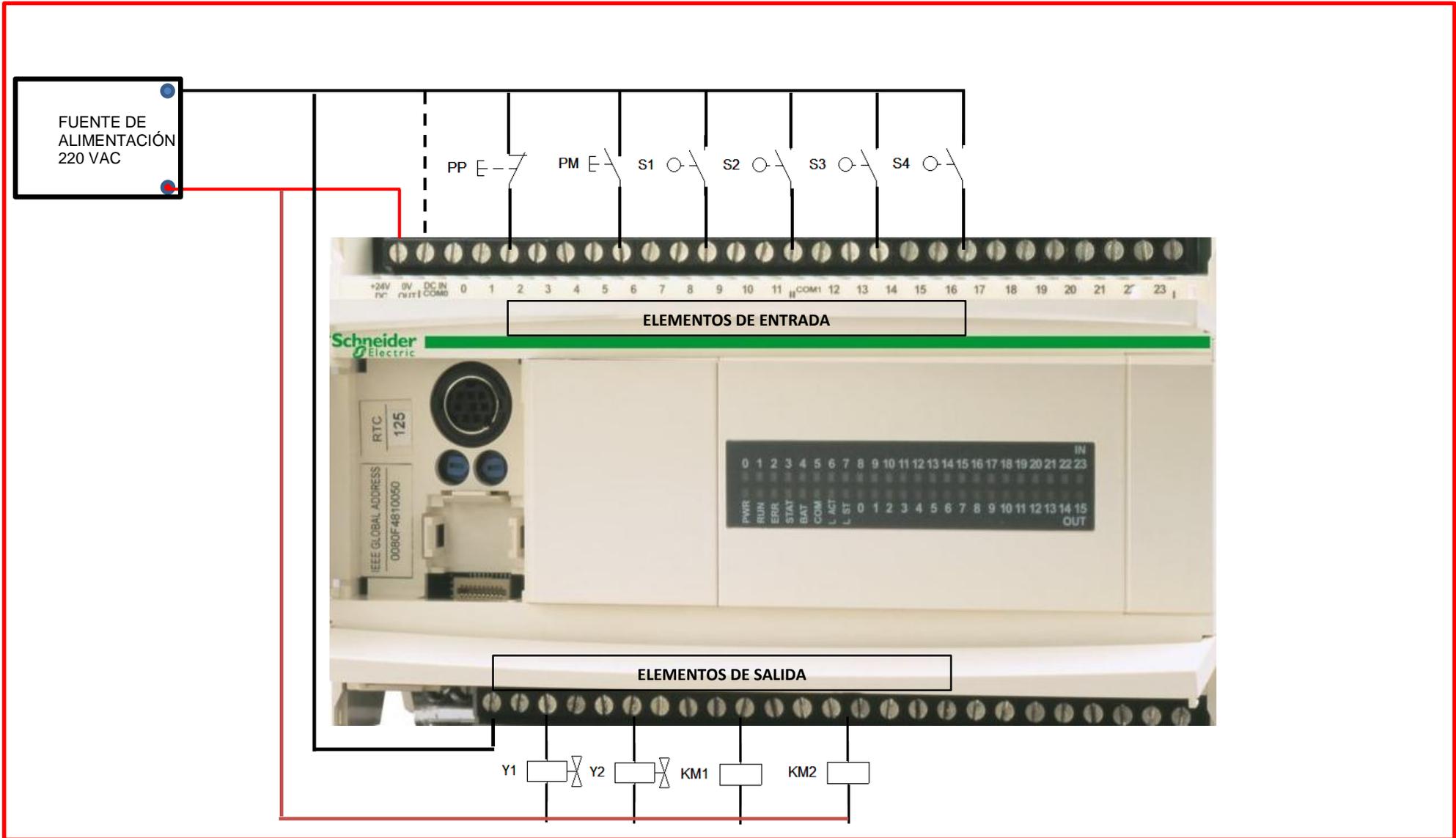


FIGURA N° 23: CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES AL PLC TWIDO - TELEMECANIQUE

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

En la ejecución del programa de automatización del controlador Lógico Programable se verificara si el procedimiento a automatizar establece el mecanismo de accionamiento y control de los actuadores a través de los sensores en el proceso de corte de tela.

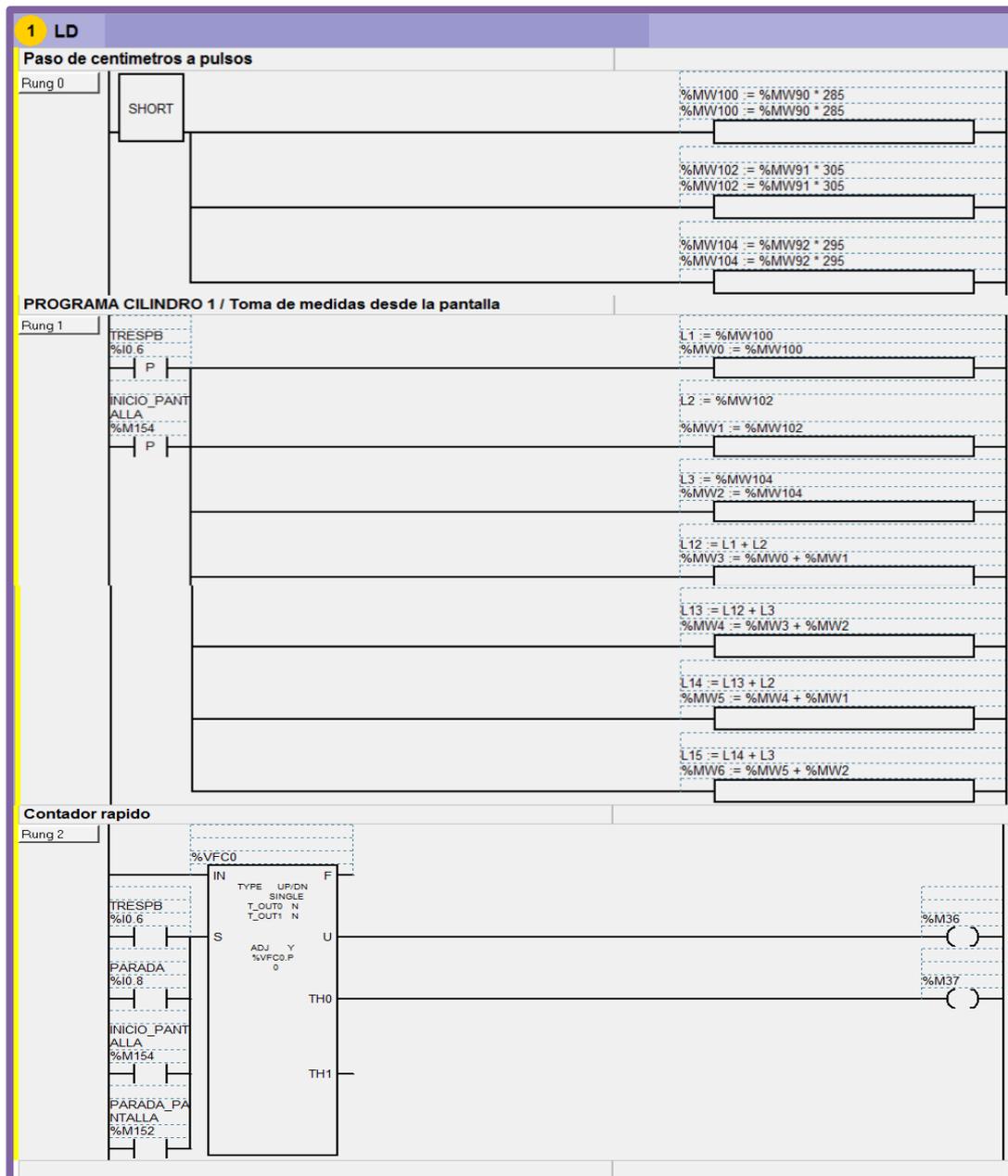


FIGURA N° 24: SIMULACIÓN DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ACTUADORES DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA DE CORTE – PASO 1

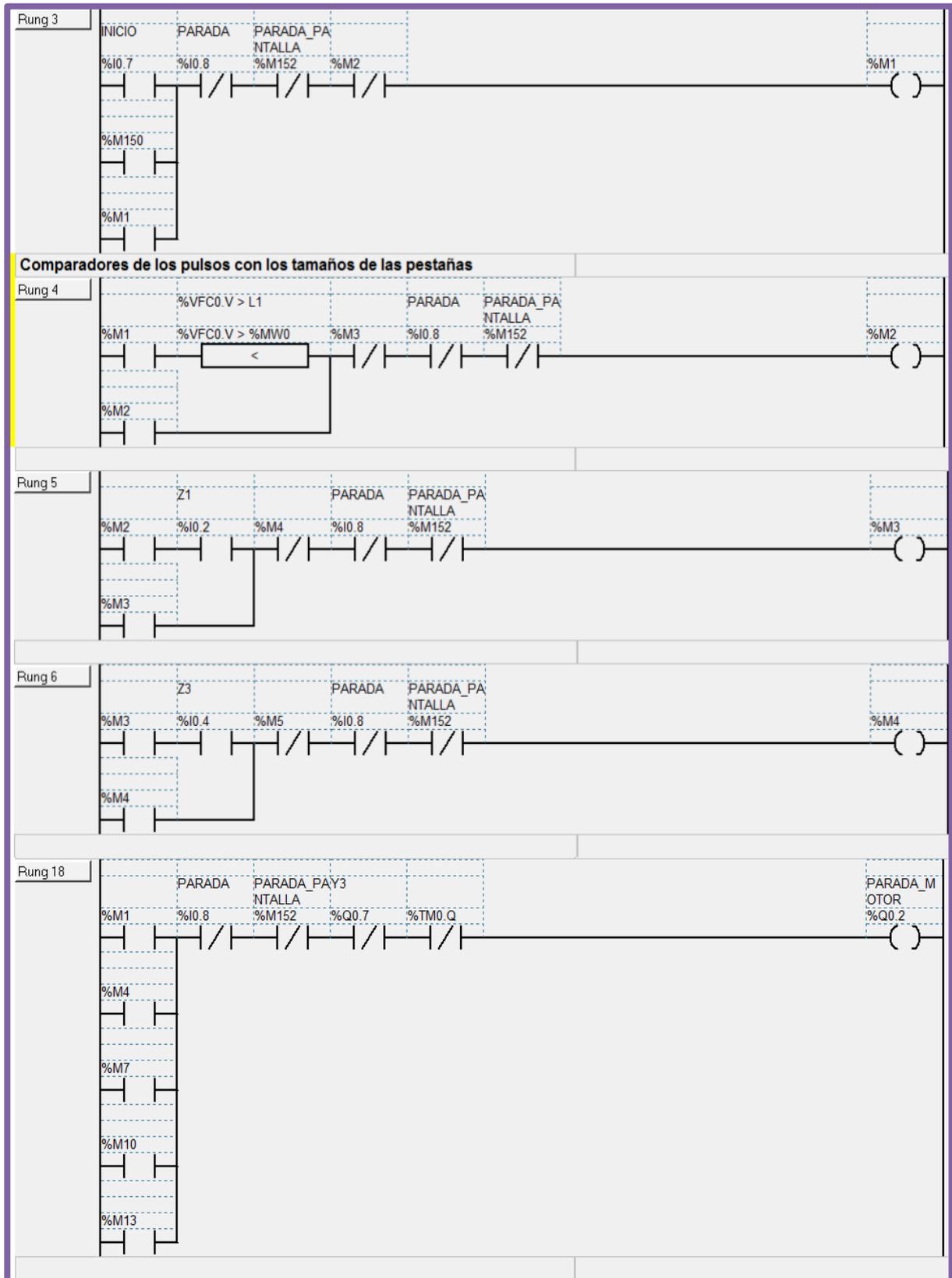


FIGURA N° 25: SIMULACIÓN DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ACTUADORES DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA DE CORTE – PASO 2

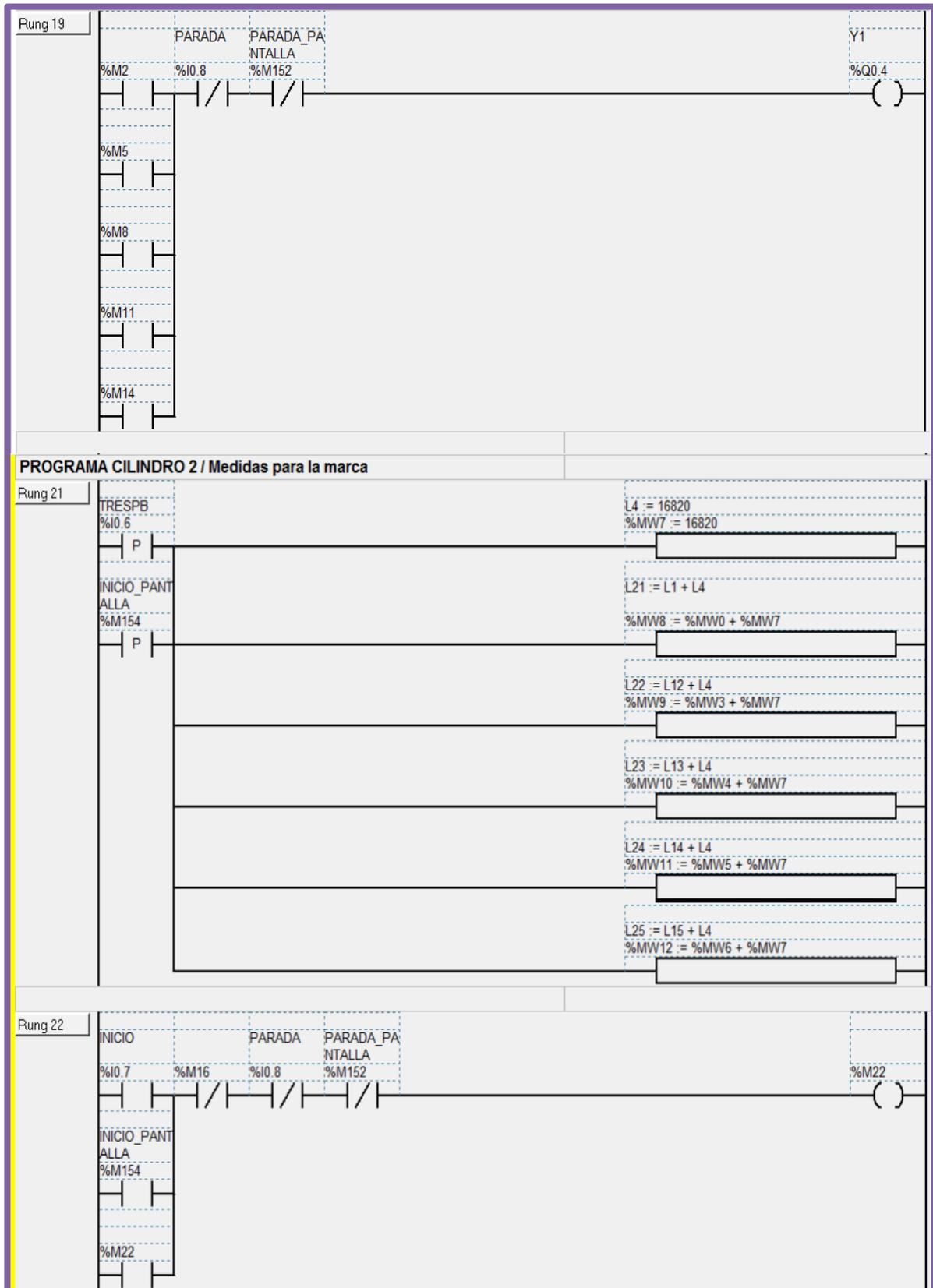


FIGURA N° 26: SIMULACIÓN DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ACTUADORES DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA DE CORTE – PASO 3

En las tres simulaciones, lo que se consiguió es verificar si el controlador ejerce dominio sobre los elementos actuadores, consiguiendo de esta forma que tanto las válvulas electroneumáticos, los cilindros de doble efecto y los servos motores para el desplazamiento XY de las cuchillas del prototipo, funcionen correctamente al momento de desarrollar las pruebas.

Por otro lado se obtuvo la siguiente información a partir de la ficha de evaluación:

<i>PRUEBAS REALIZADAS SOBRE EL PROTOTIPO</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Estado de la Pieza de tela</i>		
		Malo	Regular	Bueno
Tiempo de demora del tendido de 5 metros de tela x 50 capas de telas.	20 minutos			x
Tiempo de cortado de 5 metros de tela x 50 capas de telas.	12 minutos			x
Precisión del corte de tela				x
Consumo de tela	100 Kilogramos			
Merma generada	2 kilogramos			
Observaciones generales:	Pruebas realizadas sin inconvenientes			

TABLA N° 05: FICHA DE EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

CONCLUSIONES

- Se concluye que la propuesta para la automatización bajo el enfoque de la lógica programada del proceso de corte de tela fue posible desarrollarla mediante el controlador Twido Telemecanique y los sensores y actuadores utilizados en este proyecto, resultando una alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A.
- Se concluye que los elementos de entrada y salida considerados para la automatización son los finales de carrera para la detección de los cilindros neumáticos y los contactores eléctricos utilizados para la activación de los dos encoders que permitirán el desplazamiento de corte en el plano XY.
- Se concluye que se la programación del controlador lógico programable Twido Telemecanique propuesto establece un control de los actuadores a partir de los eventos detectados por los sensores, en el proceso de corte de tela como alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el proyecto descrito con la finalidad de reducir indicadores tales como merma de tela, cantidad de trabajadores y tiempo de corte de corte de tela, ya que según lo detallado es posible mejorar estos indicadores con la automatización del proceso de corte bajo el enfoque de la lógica programada.
- Se recomienda realizar un análisis costo beneficio del proyecto, de tal manera que se busque determinar si el proyecto es viable del punto de vista económico, ya que mi análisis para el desarrollo del proyecto estuvo relacionado más con la parte de programación del controlador Lógico Programable.
- Se recomienda que la programación del controlador lógico programable Twido Telemecanique incluya una interface fácil de manejar a fin de que los trabajadores u operarios puedan manipular el automatismo con facilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **LEON MERINO, Jorge.** Tesis: “Optimización de los procesos textiles mediante autómatas programables”. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 2010.
2. **ARRIAGA GORDILLO, Josué.** Tesis: “Aplicación de Controladores Lógicos Programables a Máquinas Fresadoras”. Universidad Central del Ecuador. 2011.
3. **ROJAS LUCERO, Carlos.** Tesis: “La Integración de las tecnologías de los PLC a la industria Textil de confección”. España. Universidad Politécnica de Cataluña. 2011.
4. **VILLE H.,** “Maquinas Automatizadas para procesos industriales”. México. Editorial: Cengage Learning. 2007
5. **LOKUAN LAVADO, Fidel Eduardo.** “La industria textil y su control de calidad”. México. Editorial Books Publishers. 2012.
6. **KOREM H., Yoram.** “Control Computarizado de sistemas de Manufactura”. México. McGraw Hill Book. 2005.
7. **MEDINA, G.** (2010). La Automatización en la Industria Química. Editorial: UPC. España.

8. **MONTELLANO, F.** (2003). Sistemas Servo controlados: Elección y Cálculo de accionamientos, Automática e Instrumentación. Editorial Marcombo.
9. **Ros, R.** (2003). Monitorización de una red industrial, Rev. Automática e Instrumentación,
10. **Erickson K.T.** (1996). Programable Logic Controller Potentials, IEEE, Volume 15.
11. **JUDDS G.,** (2007). Principles and applications off menbrane Bioreactors in water and wastewater treadment". USA. Elsevier Oxford.
12. **VILLÉ H.,** (2001). Máquinas Automatizadas para procesos industriales. México. Editorial Cengage Learning.
13. **VALLEJO, M.B.** (2006). Aspectos generales de la Automatización en el sector químico. Editorial Mc Graw Hill.
14. **GARCIA. N.** (2000). Autómata Programable". Departamento de Ingeniería Sistemas y Automática. Universidad de Elche.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

1. La tecnología y la Industria Textil

<http://edumedaly.blogspot.pe/2010/11/automatizacion.html>

2. Automatización de procesos de costura para optimización de la producción ante la competitividad industrial

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1659_IN.pdf

3. Diseño de un plan de mejoras para optimizar los procesos de tintorería, acabado y corte de tela en el grupo ovejita.

<http://repositorios.unimet.edu.ve/docs/74/P.GIG2005R6D5.pdf>

4. Automatización de Procesos Industriales

https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true

5. Manual Twido

http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/manual_twido.pdf

6. Encoders

<http://ramos.elo.utfsm.cl/~elo212/docs/Encoders-jvr-v01.pdf>

7. Válvulas neumáticas

<https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>