



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE POSICIÓN LINEAL INDUCTIVO, EN LA PLEGADORA PROMECAM RG-406 CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA COMO INDICADOR DE CALIBRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TUBOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.

AUTOR:

Salguero Acosta Daniel Andrés

TUTOR

PhD. Millard Escalona Hernández

QUITO – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Daniel Andrés Salguero Acosta, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del título de Ingeniero en electrónica digital y telecomunicaciones, son absolutamente originales, auténticos y de mi autoría; que el presente trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado profesional o académico; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

En tal virtud, expreso que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del presente trabajo es de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito D.M. febrero de 2020

SALGUERO ACOSTA DANIEL ANDRÉS

CI.: 1719288480

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE POSICIÓN LINEAL INDUCTIVO, EN LA PLEGADORA PROMECAM RG-406 CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA COMO INDICADOR DE CALIBRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TUBOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.”, presentado por el Sr. Daniel Andrés Salguero Acosta, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. febrero de 2020

TUTOR

.....

Ing. Mauro Bolagay Egas, Mg.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE POSICIÓN LINEAL INDUCTIVO, EN LA PLEGADORA PROMECAM RG-406 CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA COMO INDICADOR DE CALIBRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TUBOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.”, presentado por el Sr. Daniel Andrés Salguero Acosta, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. febrero de 2020

TUTOR

.....

PhD. Millard Escalona Hernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi hijo Leonardo por ser esa parte fundamental de mi vida, por llenarme de fortaleza y valentía para alcanzar cualquier objetivo. A mi familia por la confianza, apoyo y guía incondicional para llegar a ser la persona que soy. A mis amigos que han estado ahí siempre a mi lado demostrando y diciendo que “la única lucha que se pierde es la que se abandona”.

Agradecimientos especiales a Francisco Ganchala y a la empresa Industrias Seblan por acogerme en sus instalaciones y auspiciar este proyecto de titulación.

Agradezco a la Universidad Tecnológica Israel, a sus docentes, al Mg. Flavio Morales por sus palabras de aliento y forjar no solo profesionales sino seres humanos, al Ing. Mauro Bolagay y al PhD. Millard Escalona por los conocimientos brindados en mi etapa estudiantil y tutoría.

Como no agradecer a la naturaleza, a las montañas que me han mantenido en equilibrio y me ha enseñado que lo único imposible es aquello que no lo intentas.

Daniel Salguero

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi hijo Leonardo sin ti nada estaría bien. A mi familia que nunca dejo de creer en mí, Alfonso, Rosa, Gaby, Santy y Madeline, seguro que soy un orgullo para ustedes.

A mis amigos y a todos quienes me han ayudado a lo largo de mi vida a forjarme en lo profesional y en lo personal para querer hacer lo imposible.

Daniel Salguero

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.1 Industrias Seblan Cía. Ltda.	6
1.1.1 Productos SEBLAN	6
1.1.2 Plegadora PROMECAM RG - 406	6
1.2 INTRODUCCIÓN AL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	8
1.2.1 Sistemas de control	9
1.2.2 TIPOS DE CONTROL	10
1.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	11
1.4 PLC KOYO Direct Logic 06	12
1.4.1 PLC D0-06DR	13
1.4.2 Módulo analógico F0-2AD2DA-2	16
1.4.3 DirectSOFT	18
1.5 HMI o MMI	19
1.6 TouchWin TG765-ET	20

1.7	Sensor inductivo Turck LT30EQ21LU0X3H1141	21
1.8	Interfaces de comunicación industrial	22
1.8.1	Interfaz serial RS-232C	23
1.8.2	RS-232C en PLC D0-06DR	23
CAPÍTULO II.....		25
MARCO METODOLÓGICO		25
2.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
2.1.1	Descriptiva.....	25
2.1.2	Bibliográfica	25
2.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	26
2.2.1	Inductivo.....	26
2.2.2	Deductivo	26
CAPÍTULO III		27
PROPUESTA		27
3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	27
3.2	Selección de dispositivos	29
3.2.1	Selección PLC KOYO Direct Logic 06	29
3.2.2	Selección sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141.....	30
3.2.3	Selección pantalla TouchWin TG765-ET.	31
3.3	Diseño de la lógica de funcionamiento.....	31
3.3.1	Encendido y apagado de motores	31
3.3.2	Procesamiento y escalamiento de señal analógica	32
3.3.3	Set de calibración.....	33
3.4	DISEÑO ELÉCTRICO.....	34
3.4.1	Selección de fuente 24VDC	35
3.4.2	Dimensionamiento de dispositivos de protección	36
3.4.3	Diseño de gabinete eléctrico.....	37
3.4.4	Diagrama eléctrico y de conexiones.....	39
3.5	Análisis costo y tiempo.....	41
3.5.1	Costo.....	41
3.5.2	Tiempo.....	42
3.6	Ventajas del producto	43

CAPÍTULO IV	44
IMPLEMENTACIÓN	44
4.1 CONSTRUCCIÓN TABLERO ELÉCTRICO	44
4.2 PROGRAMACIÓN PLC KOYO D0-06DR	45
4.2.1 Crear proyecto y selección de dispositivo en DirectSOFT 6.....	45
4.2.2 Configuración de interfaz RS-232 en Koyo D0-06DR	46
4.2.3 Variables para el programa del PLC D0-06DR.....	47
4.2.4 Lógica de funcionamiento encendido y apagado de motores.....	48
4.2.5 Lógica del procesamiento y escalamiento de señal analógica.....	49
4.2.6 Lógica del <i>set</i> de calibración	51
4.3 PROGRAMACIÓN pantalla TOUCHWIN TG765-ET	53
4.3.1 Crear proyecto y comunicación en TouchWIN Edit Tool.....	54
4.3.2 <i>Tags</i> para el programa de TouchWIN TG765-ET.....	55
4.3.3 Pantallas HMI del proyecto	56
4.4 Implementación	65
4.4.1 Instalación del gabinete eléctrico	65
4.4.2 Instalación sensor turck LT30EQ21LU0X3H1141	66
4.5 Pruebas de funcionamiento.....	67
4.5.1 Pruebas en laboratorio	67
4.5.2 Pruebas de funcionamiento en sitio.....	68
4.5.3 Puesta en marcha del proyecto	70
4.6 Análisis de resultados	70
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Máquina plegadora PROMECAM RG – 406,	7
Figura 1.2	Mesa de plegado PROMECAM RG-406	7
Figura 1.3	Proceso de producción de postes cónicos en industrias SEBLAN.....	8
Figura 1.4	Lazo cerrado	9
Figura 1.5	Lazo abierto	10
Figura 1.6	PLC´s Schneider electric premium y quantum	11
Figura 1.7	PLC KOYO Direct Logic 06.....	12
Figura 1.8	Conexiones eléctricas PLC D0-06DR.....	13
Figura 1.9	Módulo analógico F0-2AD2DA-2	16
Figura 1.10	Diagrama de conexiones del módulo F0-2AD2DA-2.....	17
Figura 1.11	Interfaz y ejemplo RLL del <i>software</i> DirectSoft.....	18
Figura 1.12	Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA.....	19
Figura 1.13	Pantalla táctil TouchWin TG765-ET	20
Figura 1.14	Sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141	21
Figura 1.15	Diagrama eléctrico de Turck LT30EQ21LU0X3H1141	21
Figura 1.16	Trama RS232C típica	23
Figura 1.17	Puerto 1 PLC D0-06DR	24
Figura 3.1	Diagrama de flujo del proyecto	27
Figura 3.2	Ubicación de los dispositivos	28
Figura 3.3	Diagrama de flujo encendido y apagado de motores	32
Figura 3.4	Diagrama de flujo procesamiento y escalamiento de señal analógica	33
Figura 3.5	Diagrama de flujo set de calibración.....	34
Figura 3.6	Diseño parte frontal y doble fondo gabinete eléctrico	38
Figura 3.7	Diagrama eléctrico de control tablero PLC.....	39
Figura 3.8	Diagrama eléctrico fuerza y control de plegadora PROMECAM RG-406....	40
Figura 3.9	Diseño diagrama eléctrico	41

Figura 4.1	Proceso de construcción del doble fondo del gabinete	44
Figura 4.2	Proceso de construcción del gabinete eléctrico frontal	44
Figura 4.3	Entorno de trabajo de DirectSOFT 6.....	45
Figura 4.4	Crear un proyecto nuevo y selección de dispositivo en DirectSOFT 6	46
Figura 4.5	Crear comunicación RS-232 en DirectSOFT 6.....	46
Figura 4.6	Configuración de enlace RS-232 en DirectSOFT 6.....	47
Figura 4.7	Configuración de enlace RS-232 en DirectSOFT 6.....	49
Figura 4.8	Declaración del módulo de entradas y salidas analógicas.....	49
Figura 4.9	Escalamiento de señal analógica	51
Figura 4.10	Cálculo de <i>set point</i> pre máximo +1%	52
Figura 4.11	Configuración de alarmas límites de set	52
Figura 4.12	Entorno de trabajo de TouchWIN <i>Edit Tool</i>	53
Figura 4.13	Crear proyecto en TouchWIN <i>Edit Tool</i>	54
Figura 4.14	Selección de HMI y dispositivo en TouchWIN <i>Edit Tool</i>	54
Figura 4.15	Configuración de enlace RS-232 en TouchWIN <i>Edit Tool</i>	55
Figura 4.16	Pantalla de inicio	57
Figura 4.17	Configuración reloj y fecha.....	58
Figura 4.18	Ingreso a la pantalla configuraciones	58
Figura 4.19	Pantalla control motores	59
Figura 4.20	Pantalla calibración	60
Figura 4.21	Trabajar e ingresar <i>set point</i>	61
Figura 4.22	Pantalla visualización de variables.....	61
Figura 4.23	Mensajes de alarma	62
Figura 4.24	Pantalla visualización de alarmas.....	63
Figura 4.25	Pantalla configuraciones	64
Figura 4.26	Modificar configuraciones	65
Figura 4.27	Instalación del gabinete en la plegadora	66
Figura 4.28	Instalación del sensor turck en la plegadora.....	66
Figura 4.29	Prueba de funcionamiento en laboratorio.....	67
Figura 4.30	No conformidad en las pruebas de funcionamiento	68
Figura 4.31	Cambio de constante en el programa	69
Figura 4.32	Promedio mensual de tiempo de calibración plegadora.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Especificaciones generales del PLC D0-06DR	14
Tabla 1.2	Especificaciones de entradas CC del PLC D0-06DR.....	14
Tabla 1.3	Especificaciones de salidas a relé del PLC D0-06DR.....	15
Tabla 1.4	Especificaciones de la CPU del PLC D0-06DR.....	15
Tabla 1.5	Especificaciones de entradas y salidas del módulo F0-2AD2DA-2.....	17
Tabla 1.6	Especificaciones de técnicas de TouchWin TG765-ET	20
Tabla 1.7	Especificaciones de técnicas del sensor turck LT30EQ21LU0X3H1141	22
Tabla 3.1	Comparación entre tipos de controladores lógicos programables	29
Tabla 3.2	Módulo analógico F0-2AD2DA-2.....	30
Tabla 3.3	Comparación entre tipos de sensores analógicos.....	30
Tabla 3.4	Comparación entre tipos de pantallas touch	31
Tabla 3.5	Corriente dispositivos a 24VDC.....	35
Tabla 3.6	Fuente Siemens LOGO! POWER 24V 2,5A.....	35
Tabla 3.7	Cálculo dispositivo de protección para 220 VAC	36
Tabla 3.8	Fusible para 220 VAC	36
Tabla 3.9	Cálculo dispositivo de protección para 24 VDC	37
Tabla 3.10	Fusible para 24 VDC	37
Tabla 3.11	Lista de elementos	38
Tabla 3.12	Análisis costos proyecto	42
Tabla 4.1	Variables del programa (PLC D0-06DR).....	47
Tabla 4.2	Configuración cuadro ANLGCMB IB-462 (módulo analógico).....	50
Tabla 4.3	Configuración cuadro ANLGCMB IB-462 (módulo analógico).....	53
Tabla 4.4	Tags del programa (TouchWIN TG765-ET).....	55
Tabla 4.5	Descripción de objetos de la pantalla inicio	57
Tabla 4.6	Descripción de objetos de la pantalla control motores	59

Tabla 4.7	Descripción de objetos de la pantalla calibración.....	60
Tabla 4.8	Descripción de objetos de la pantalla visualización de variables	62
Tabla 4.9	Descripción de objetos de la pantalla visualización de alarmas	63
Tabla 4.10	Descripción de objetos de la pantalla visualización de variables	64
Tabla 4.11	Resultados de las pruebas en laboratorio	67
Tabla 4.12	Resultados de las pruebas en sitio	69
Tabla 4.13	<i>Check list</i> de puesta en marcha	70
Tabla 4.14	Tiempo de calibración plegadora PROMECAM RG-406.....	701

RESUMEN

La presente reseña escrita describe la implementación de un sensor de posición lineal inductivo, en la plegadora PROMECAM RG-406 con interfaz hombre máquina como indicador de calibración del proceso productivo de tubos en la empresa industrias SEBLAN Cía. Ltda.

La plegadora es una máquina con más de 30 años de construcción y completamente mecánica a la cual ingresan láminas de acero y entrega tubos cónicos como producto final, pero el cambio de formato y calibración para fabricación demora demasiado por no contar con un sistema de medición sobre los cambios de inclinación que sufre la mesa de plegado.

El proyecto implica dotar de un sistema de medición con una resolución de décimas de milímetro. Para ello se utilizó un sensor inductivo de posición lineal, interfaz hombre máquina (HMI), controlador lógico programable (PLC), algoritmos de control y escalamiento de variables.

La implementación de los dispositivos de control garantizará un sistema de medición seguro, confiable y moderno que facilitará la calibración de la máquina para los distintos productos que se fabrican en ella, reduciendo tiempos de producción y disminución de presupuesto en mantenimiento.

Palabras claves: plegadora, máquina, PLC, HMI, sensor, calibración.

ABSTRACT

The present written review describes the implementation of an inductive linear position sensor, in the PROMECAM RG-406 folder with machine-man interface as a calibration indicator of the productive process of tubes in the industries company SEBLAN Cía. Ltda.

The folder is a machine with more than 30 years of construction and completely mechanical to which steel sheets enter and deliver conical tubes as final product, but the change of format and calibration for manufacturing takes too long not to have a measurement system on the inclination changes suffered by the folding table.

The project involves providing a measurement system with a resolution of tenths of a millimeter, for this a linear position inductive sensor, man-machine interface (HMI), programmable logic controller (PLC), control algorithms and variable scaling were used.

The implementation of the control devices will guarantee a safe, reliable and modern measuring system that will facilitate the calibration of the machine for the different products that are manufactured in it, reducing production times and decreasing maintenance budget.

Keywords: folder, machine, PLC, HMI, interface, sensor, calibration.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

La Empresa Industrias Seblan Cía. Ltda., es una empresa con experiencia en diseño, fabricación e instalación de postes cónicos y poligonales, partes y piezas mecanizadas, soluciones integrales para iluminación, señalización y gestión inteligente de movilidad, con calidad, oportunidad y mejora continua en sus procesos, está ubicada en la Av. 25 de Noviembre N4-145 y Antonio Salas sector Llano Grande - Quito.

Seblan Cía. Ltda., en su proceso productivo de postes cónicos usan la máquina plegadora PROMECAM RG – 406, su construcción data de los años 90 la cual es completamente mecánica y manual con sistema de calibración milimétrico, dicha acción es realizada por piezas mecánicas, poleas, manivelas que accionan y controlan válvulas hidráulicas que permiten realizar la inclinación de la máquina para el plegado de láminas de metal y obtener los tubos cónicos de diferente medida y diámetro que el cliente necesita.

El crecimiento institucional y demanda de producción, ha obligado a la empresa a dedicar tiempo y dinero en la mejora continua de sus procesos de producción y en especial a su máquina plegadora con el fin de disminuir el tiempo de calibración milimétrico para la fabricación de tubos cónicos de diferentes medidas y tamaños; la acción de calibración en la actualidad es aproximadamente 2 horas y acompañada de pérdidas de material.

La industria crece a pasos grandes y buscan tener mejora continua en sus procesos automáticos, semiautomáticos y más aún en los manuales, referente a esta investigación se anteceden implementación de sensores inductivos, magnéticos, ultrasónicos, fotoeléctricos, temperatura, caudal, presión que ayudan a mejorar y controlar los procesos productivos metalmecánicos, alimenticios, farmacéuticos con el fin de contribuir en la producción.

La mejora continua de los procesos industriales permite un desarrollo industrial y la corrección de pérdidas en la producción. En el proyecto “Optimización del proceso de producción de la empresa Imptek - Chova del Ecuador planta El Inga mediante la implementación de un sistema de calibración de espesores y control estadístico de procesos (SPC)” de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, (Jaramillo, 2018) se enfoca en reducir el desperdicio de materia prima y regular el espesor del producto dentro de límites y especificaciones, la forma que consiguió hacer esto fue con la utilización de sensores de alta precisión, el procesamiento de señales a través de un PLC y reflejarlas en un sistema SCADA.

Otros proyectos relacionados a la industria y a la implementación de PLC y HMI como sistemas de control y monitoreo son: “Reingeniería del sistema de control automático de lavadora de botellas en línea 1 de la Cervecería Nacional” (Chillan, 2019) (Universidad Israel) y el diseño “Diseño e implementación de un posicionador horizontal y circular para soldadura MIG en la empresa Indima S.A” (Ushiña, 2019) (Escuela Politécnica Nacional EPN), en los proyectos mencionados los autores asumen que la implementación de PLC’s y HMI’s en la industria garantizan procesos seguros, confiables, precisos y permiten la disminución de tiempos de producción.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la máquina plegadora cuenta con un tablero eléctrico con dispositivos electromecánicos demasiado obsoletos y antiguos esto dificulta la adquisición de repuestos, en el ámbito operacional existe la desconformidad en el modo de calibración y en lo productivo, ya que al utilizar medidas milimétricas y de alta precisión para la fabricación de tubos, la máquina no cuenta con un monitoreo continuo de las condiciones de trabajo o calibración, es decir, el operador no puede llevar un control frecuente sobre los cambios mecánicos que va sufriendo la plegadora desde el arranque y durante el proceso productivo.

El desarrollo tecnológico hasta la actualidad permite que los procesos industriales lleguen a ser autónomos, eficaces y eficientes para la labor de producción, sistemas que son capaces de realizar mediciones exactas de cualquier fenómeno físico, automatizar y monitorear cualquier variable en tiempo real y llevarlo a un computador o celular gracias a las redes industriales y tener una interfaz hombre máquina.

El proyecto pretende por el momento buscar incorporar en la máquina plegadora un sistema de medición a través de un transductor, procesar la señal mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) y visualizar los cambios de calibración en una interfaz hombre máquina (HMI) y de esta manera disminuir notablemente el tiempo de calibración y llevar un control o monitoreo de las condiciones de trabajo que se encuentra la plegadora.

Los conocimientos que se integraran en este proyecto están enfocados a la calibración de la plegadora de tubos cónicos, programación de un controlador lógico programable (PLC), escalamiento de variables de distancia e inclinación, programación e integración de una interfaz hombre máquina (HMI), mediante la selección y utilización de una comunicación adecuada.

OBJETIVO GENERAL

Implementar sensor de posición lineal inductivo en la plegadora PROMECAM RG-406, para facilitar la calibración del proceso productivo de tubos cónicos en la empresa Seblan Cia. Ltda., mediante la generación de algoritmos en un PLC y la visualización en una HMI.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Escoger el sensor de posición lineal inductivo más eficaz, que permita la indicación punto a punto de la calibración del proceso productivo.
- Seleccionar un PLC y pantalla táctil que procese los algoritmos de control y el escalamiento de variables en función de los requerimientos del proceso.
- Diseñar el montaje de los componentes, tablero eléctrico, algoritmos de funcionamiento y comunicación.
- Implementar el diseño de los componentes plasmados en el objetivo anterior en la plegadora de tubos PROMECAM RG-406.
- Validar el funcionamiento de la implementación para el proceso de calibración de la plegadora de tubos.

ALCANCE

El proyecto está enfocado en desarrollar la primera etapa de la automatización total de la plegadora de tubos, está considerada de esta forma por la limitación de presupuesto y costo total para llegar al objetivo de la empresa. Es por ello que esta primera etapa engloba y se centra en conseguir la medición en unidades milimétricas de los cambios mecánicos que se producen en la calibración de un producto a otro.

El objetivo final de la empresa es llegar a conseguir una máquina completamente autónoma donde la intervención del ser humano en la operación de la máquina sea casi nula para ello en un futuro es necesario implementar servomotores, válvulas proporcionales que trabajen conjuntamente con el sistema de medición milimétrico planteado.

Para la entrega formal del proyecto se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Incorporación de un PLC, módulo analógico y una pantalla táctil. Incluye la programación de los dispositivos y las pruebas de funcionamiento.
- Instalación, calibración y programación del transductor de medida ubicado en el extremo de la máquina.

DESCRIPCIÓN DE CAPITULOS

La reseña escrita del proyecto de titulación está dividido en cuatro capítulos que se describen de la siguiente manera:

El Capítulo I contiene la investigación teórica que sustenta la ejecución del proyecto, información de los distintos dispositivos y *software* de programación que serán utilizados en la implementación del sistema de medición milimétrico en la plegadora de tubos PROMECAM RG-406.

El Capítulo II describe el marco metodológico, explica los métodos y técnicas empleadas para la investigación y desarrollo del proyecto, directrices útiles para gestionar la eficiencia y eficacia del trabajo de titulación.

El Capítulo III detalla la propuesta del proyecto, involucra diagramas de flujo del funcionamiento del sistema, selección de dispositivos, diseño de gabinete eléctrico, planos, diagramas y el análisis costo tiempo necesario para la implementación del trabajo de titulación.

El Capítulo IV explica detalladamente como se desarrolló la implementación del proyecto en la empresa Industrias Seblan, abarca construcción del gabinete eléctrico, instalación de equipos, programación de PLC y pantalla Touch y las pruebas de funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 INDUSTRIAS SEBLAN CÍA. LTDA.

Industrias Seblan Cía. Ltda., es una empresa que se desarrolla en el sector metalmecánico y de mobiliario urbano en general. Tiene una alta experiencia en diseño, fabricación e instalación de postes cónicos y poligonales, partes y piezas mecanizadas, soluciones integrales para iluminación, señalización y gestión inteligente de movilidad, con calidad y oportunidad; comprometida con satisfacer los requisitos de las partes interesadas y la mejora continua en sus procesos.

1.1.1 Productos SEBLAN

Existen dos grupos importantes en la fabricación de productos que Industrias Seblan procesan. Para el sector del alumbrado público producen postes troncocónicos redondos y poligonales (4, 6, 8 y 12 lados) y en semaforización vial realiza báculos redondos y columnas cilíndricas con modelo pedestal, peatonal, vehicular y canastilla. Todos los productos son desarrollados bajo la norma RTE INEN 069:2013 – UNE EN 40 y construidos con aceros de alta calidad que cumple la norma ASTM A572 Gr50 y ASTM A36.

1.1.2 Plegadora PROMECAM RG - 406

Seblan Cía. Ltda., en su proceso productivo de postes cónicos y poligonales utiliza la plegadora PROMECAM RG-406 (Figura 1.1), su construcción data del año 1970 en Francia, la máquina tiene principios de funcionamiento mecánico e hidráulico, el accionamiento de motores es eléctrico y la calibración es manual. La plegadora tiene una fuerza de trabajo de 400 toneladas y una potencia de 45HP, es capaz de plegar 6000mm de longitud, la presión máxima de trabajo es de 350 kg/cm².

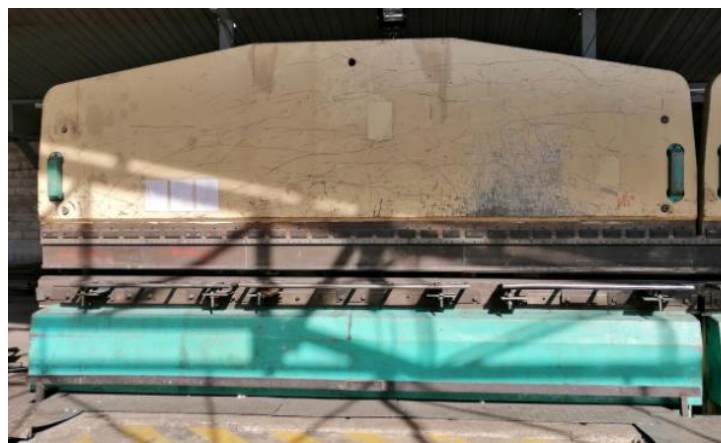


Figura 1.1 Máquina plegadora PROMECAM RG – 406,

Fuente: Elaborado por el autor

En la construcción de postes cónicos y poligonales la plegadora tiene un principio de funcionamiento donde se define un ángulo variable de la mesa de plegado dependiendo del producto a fabricar, estos movimientos son generados por dos manivelas que se aprecia en la Figura 1.2.

La primera manivela tiene la facultad de mover la mesa en el eje X pero en uno de los extremos de la máquina logrando de esta manera la variación del ángulo de inclinación. La segunda manivela realiza un movimiento en el eje X es decir sube o baja la altura de la mesa manteniendo el ángulo de calibración.

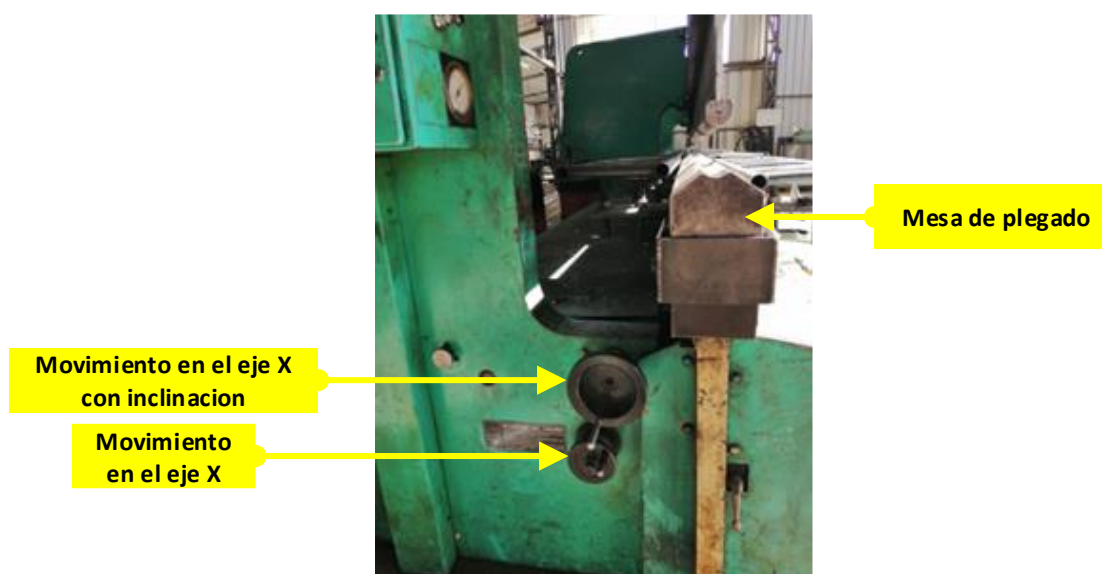


Figura 1.2 Mesa de plegado PROMECAM RG-406

Fuente: Elaborado por el autor

El proceso productivo para la fabricación de postes constituye en el corte de una lámina de acero en forma de trapecio, es aquí donde ingresa a la plegadora ya calibrada y empieza a realizar los pliegues a cierta presión, después se traslada al sector de cerrado y soldadura horizontal, para luego darle el acabado final. La Figura 1.3 muestra este proceso productivo.



Figura 1.3 Proceso de producción de postes cónicos en industrias SEBLAN

Fuente: Elaborado por el autor

1.2 INTRODUCCIÓN AL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

Como lo menciona Herrera (2004), el control y la automatización industrial tienen el propósito de generar en los procesos industriales la disminución total del trabajo físico que realiza el ser humano dentro de la máquina, y reemplazarlo por mecanismos y elementos de programación que ayuden a la máquina a realizar un trabajo eficaz y eficiente por sí misma.

“La automatización industrial es posible mediante los sistemas de control, que son organizaciones de equipos e instrumentos, que combinados con procedimientos mentales o algorítmicos trabajan en torno a propósitos previamente establecidos” (Herrera, 2004:1).

Para la automatización y control de máquinas industriales es indispensable la utilización de sensores y transmisores de campo, sistemas de control y supervisión, sistemas de transmisión, recolección de datos y aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

1.2.1 Sistemas de control

- **Sistemas de control de lazo cerrado**

“Un sistema de control de lazo cerrado es aquel que posee retroalimentación de la señal de salida que interviene en la regulación” (Castiñeira, 2012). Es decir que la señal de salida del sistema es una variable controlada y tiene efecto directo sobre la acción de control. La forma como actúa un lazo cerrado se visualiza en la Figura 1.4.

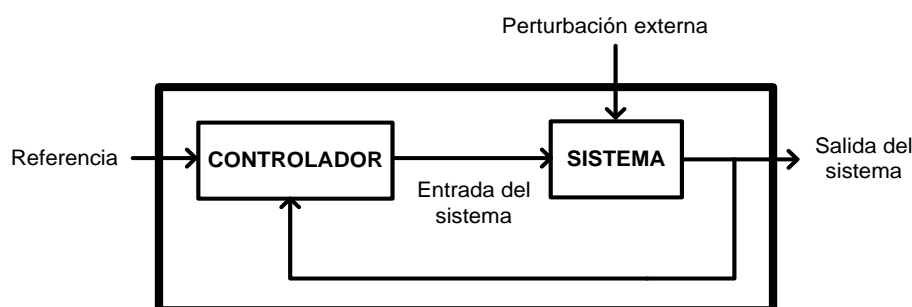


Figura 1.4 Lazo cerrado

Fuente: (García, 2015)

Industrias SEBLAN considera fundamental y es un objetivo a largo plazo tener en todas sus máquinas sistemas de control de lazo cerrado, con el fin de aumentar la producción, adquirir y generar datos de sus equipos y consolidar en sus dispositivos de manufactura el trabajo autónomo.

- **Sistemas de control de lazo abierto**

Como afirma García (2015) menciona que un sistema de control de lazo abierto es donde la variable de salida no influye sobre la variable de entrada o *set point*. El control en lazo abierto (Figura 1.5) aparece en dispositivos de control secuencial, donde no existe una regulación de variables, aquí se realiza una serie de operaciones de una manera determinada.

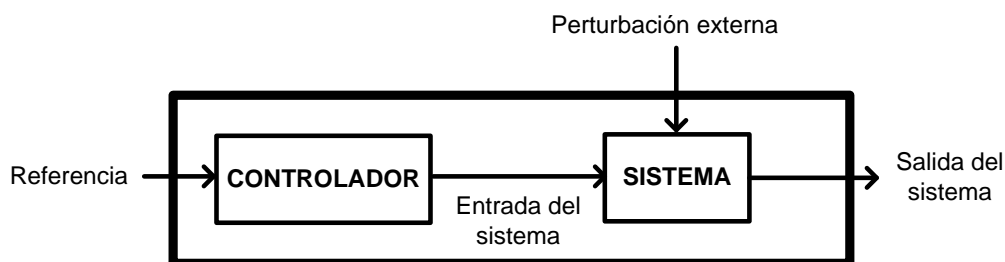


Figura 1.5 Lazo abierto

Fuente: (García, 2015)

Para llegar a materializar un sistema de control de lazo cerrado en la plegadora PROMECAM RG-406, industrias SEBLAN considera fundamental como primera etapa del proyecto la implementación de un sistema de lazo abierto en la máquina, que permita obtener datos del equipo, visualizarlos y sin tener incidencia en el control de inclinación del equipo.

1.2.2 TIPOS DE CONTROL

Respecto al control de un proceso Herrera (2004) dice que se lo puede realizar de manera manual o automática, esto depende de cómo se pone en marcha cada componente mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico o electrónico, para generar los movimientos del proceso industrial.

- **Control manual**

Como explica Herrera (2004), el control manual se caracteriza porque interviene el ser humano, para activar los dispositivos de fuerza como motores, cilindros neumáticos, entre otros que son los encargados de generar los movimientos en la máquina. El control sobre estos dispositivos se los realiza mediante el accionamiento de selectores, pulsadores.

- **Control automático**

“El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su extrema importancia en los sistemas de vehículos espaciales, guiado de misiles, robóticos y similares; el control automático se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos industriales y de manufactura.”(Ogata, 1998: 1).

“Por ejemplo, el control automático es esencial en el control numérico de las máquinas-herramienta de las industrias de manufactura, en el diseño de sistemas de pilotos automáticos en la industria aeroespacial, y en el diseño de automóviles y camiones en la industria automotriz. También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso.” (Ogata, 1998: 1).

La mención al control manual y automático es porque la plegadora PROMECAM RG-406 en la etapa desarrollada en este trabajo de titulación, desarrolla un control manual pero con dispositivos que facilitarán y ayudarán a conseguir el control automático en corto o largo plazo dependiendo de la necesidad de la empresa.

1.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Según Ipanaque y Vásquez (1993), un PLC es un instrumento informático industrial diseñado para realizar las principales funciones de automatización como supervisión y regulación. La Figura 1.6 contiene distintas formas, marcas y tamaños de PLC's. El PLC puede ser usado en aplicaciones industriales, desde un control simple hasta los más exigentes y complejos sistemas de control que involucran entradas y salidas analógicas, manipulación de datos y regulación de variables físicas que controlan un proceso.



Figura 1.6 PLC's Schneider Electric Premium y Quantum

Fuente: (Schneider Electric, 2011: 51)

Un PLC está diseñado para trabajar en un ambiente industrial. La tecnología electrónica utilizada por los fabricantes de PLC's garantiza su operación dentro de un ambiente industrial, el cual se caracteriza por condiciones especiales de trabajo: ruido electrónico, alta/baja temperatura, vibraciones mecánicas, etc.

Los PLC's se adaptan fácilmente a una amplia gama de aplicaciones debido a que su operación depende directamente del programa que se diseñe con el fin de controlar cada una de las operaciones que conforman un proceso. Es programable y utilizan varios tipos de lenguajes de programación los mismos que incluyen funciones internas que facilitan la introducción de un programa, detectan, corrigen errores y supervisan la puesta en marcha.

“Pueden interconectarse a través de toda la planta con un conjunto variado de dispositivos de entrada/salida y pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido y de producción avanzado logrando con ello una eficiente administración, operación y monitoreo de los procesos industriales” (Ipanaque y Vásquez, 1993: 20).

1.4 PLC KOYO DIRECT LOGIC 06

La familia de PLCs DL06 (Figura 1.7) es una línea de productos muy versátil que combina características poderosas en un tamaño compacto. “Este PLC ofrece módulos de expansión de entradas y salidas discretas y análogas, contadores de alta velocidad, matemática del punto flotante, controladores PID, programación de secuenciador de tambor, varias opciones de comunicaciones seriales y con Ethernet y un visor LCD opcional” (AUTOMATIONDIRECT, 2007a:1-4).



Figura 1.7 PLC KOYO Direct Logic 06

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 1-4)

1.4.1 PLC D0-06DR

El PLC D0-06DR tiene veinte entradas C.C. y dieciséis salidas de contactos de relé. El diagrama de la Figura 1.8 muestra un ejemplo típico de cableado. La conexión de alimentación de C.A. usa cuatro terminales. La Tabla 1.1, 1.2 y 1.3 contienen las especificaciones técnicas del dispositivo.

Las entradas se organizan en cinco bancos de cuatro entradas cada uno. Cada banco tiene un terminal común aislado y se pueden conectar como entradas drenadoras o surtidoras. La Figura 1.8 muestra todo los comunes conectados juntos pero se puede usar fuentes y comunes separados.

“Las salidas se organizan en cuatro bancos de cuatro contactos normalmente abiertos de relé. Cada banco tiene un terminal común. La Figura 1.8 muestra todos los comunes conectados juntos pero se puede usar fuentes y comunes separados. El equivalente del circuito de salida muestra un canal de un banco típico. Los contactos del relé pueden conmutar voltajes de C.A. o C.C.” (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 2-36).

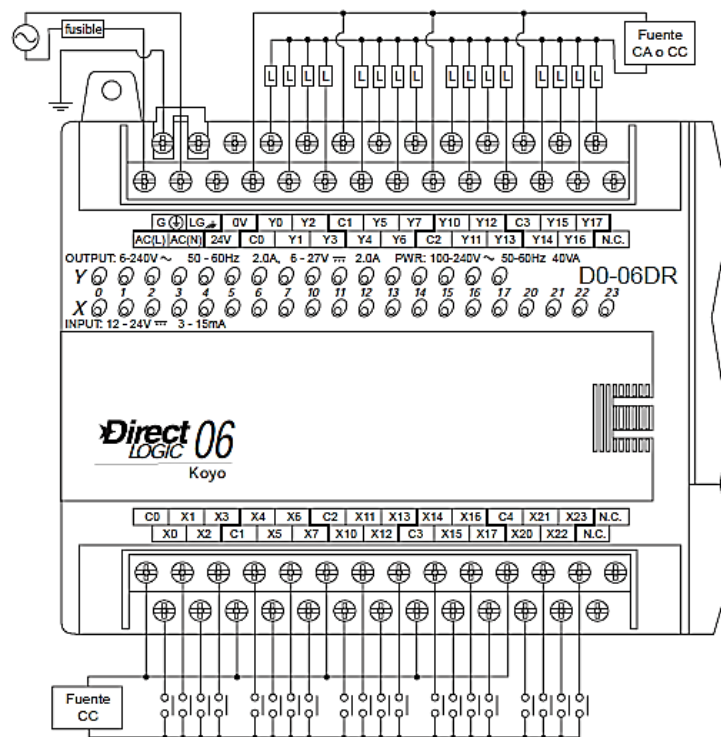


Figura 1.8 Conexiones Eléctricas PLC D0-06DR

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 2-36)

Tabla 1.1 Especificaciones generales del PLC D0-06DR

Especificaciones generales D0-06DR	
Requerimientos de alimentación	100 – 240 VCA, 40 VA máximo
Puerto de comunicación 1, 9600 baud (Fijo), 8 bits de datos, 1 bit stop, paridad Odd	K–Sequence (Esclavo), DirectNET (Esclavo), MODBUS (Esclavo)
Puerto de comunicación 2, 9600 baud (original), 8 bits de datos, 1 bit stop, paridad Odd	K–Sequence (Esclavo), DirectNET (Maestro/Esclavo), MODBUS (Maestro/Esclavo), Non-sequence /print, ASCII
Temperatura de operación	32 a 131° F (0 a 55 C)
Temp. de almacenamiento	–4 a 158° F (–20 a 70 C)
Humedad relativa	5 a 95% (sin condensación)
Calidad del aire ambiente	No apto ambientes con gases corrosivos

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 2-37)

Tabla 1.2 Especificaciones de entradas CC del PLC D0-06DR

Especificaciones de entradas CC		
Parámetro	Entradas de alta velocidad, X0 – X3	Entradas normales CC X4 – X23
Voltaje mínimo y máximo	10,8 – 26,4 VCC	10,8 – 26,4 VCC
Voltaje de operación	12 -24 VCC	12 -24 VCC
Voltaje de cresta	30VCC (Máxima frecuencia 7kHz)	30 VCC
Ancho de pulso mínimo	70 µs	N/A
Voltaje de detección de estado ON	> 10 VCC	> 10 VCC
Voltaje de estado OFF	< 2,0 VCC	< 2,0 VCC
Impedancia de entradas	1,8k_ @ 12 – 24VCC	2,8k_ @ 12 – 24VCC
Max. corriente en las entradas	6mA @12VCC 13mA @24VCC	4mA @12VCC 8.5mA @24VCC
Corriente mínima en estado ON	>5 mA	>4 mA
Corriente máxima en estado OFF	< 0,5 mA	<0,5 mA

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 2-37)

Tabla 1.3 Especificaciones de salidas a relé del PLC D0-06DR

Especificaciones de salidas a relé	
Rango de voltaje de salida (Min. - Max.)	5 -264VCA (47 -63 Hz), 5 - 30VCC
Voltaje de operación	6 -240VCA (47 -63 Hz), 6 - 27VCC
Corriente de salida	2A / punto, 6A / común
Voltaje máximo	264 VCA, 30 VCC
Máxima corriente de fuga	0,1 mA @264 VCA
Carga mínima recomendada	5 mA
Tiempo de respuesta cuando va de OFF a ON	< 15 ms
Tiempo de respuesta cuando va de ON a OFF	< 10 ms

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 2-37)

- **Características del CPU del PLC D0-06DR**

El PLC DL06 tiene 14,8K palabras de memoria, con 7,6K palabras de memoria ladder y 7,6K palabras de memoria V para usuario (registros de datos) la Tabla 1.4 muestra las especificaciones de memoria que dispone el dispositivo. El almacenamiento del programa se hace en una memoria Flash, que es una parte de la CPU en el PLC. Además, existe una memoria RAM en la CPU que almacenará los parámetros del sistema, la memoria V y otros datos que no están en el programa de aplicación. La RAM es alimentada y es guardada por un "súper condensador", almacenando los datos por varias horas en caso de falla de energía. (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 3-2)

Tabla 1.4 Especificaciones de la CPU del PLC D0-06DR

Especificaciones de la CPU	
Memoria total de programa (palabras)	14,8K
Memoria Ladder (palabras)	7680
Memoria V total	7616
Memoria V de usuario (palabras)	7488
Memoria V no volátil (palabras)	128
Cantidad de puntos de entradas y salidas locales	20 entradas, 16 salidas

Continuación **Tabla 1.4** Especificaciones de la CPU del PLC D0-06DR

Cantidad de instrucciones disponibles	229
Relevadores de control internos	1024
Relevadores especiales (Definidos por el sistema)	512
Etapas en RLLPLUS	1024
Temporizadores	256
Contadores	128

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 3-3)

1.4.2 Módulo analógico F0-2AD2DA-2

El módulo F0-2AD2DA-2 (Figura 1.9) dispone de cuatro canales analógicos, dos destinados para entradas y dos para salidas, su funcionamiento se basa en voltaje en un rango de 0 a 10 VCC o 0 a 5 VCC. Es un módulo adicional que se incorpora a las ranuras de expansión del CPU del PLC D0-06DR.



Figura 1.9 Módulo analógico F0-2AD2DA-2

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007b: 12-2)

El módulo analógico F0-2AD2DA-2 necesita ser alimentado por una fuente de poder externa con un valor de 18,0 – 26,4 VCC a 30 mA. La Figura 1.10 muestra el diagrama de conexiones para el correcto funcionamiento del módulo en el campo y la Tabla 1.5 entregan especificaciones para el módulo analógico combinado.

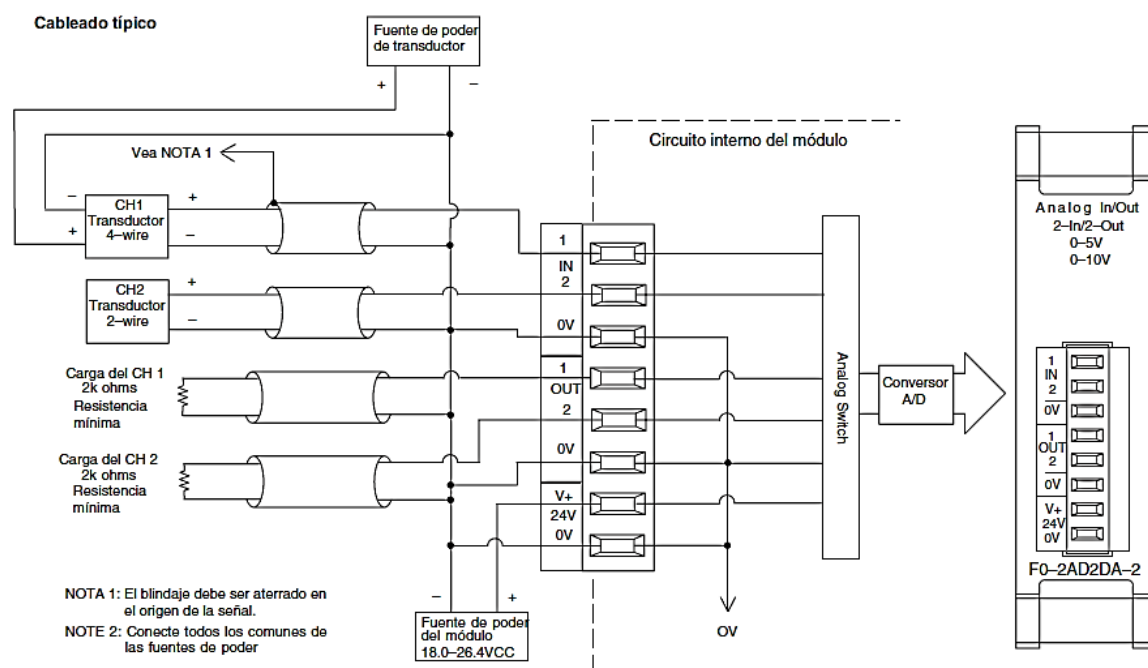


Figura 1.10 Diagrama de conexiones del módulo F0-2AD2DA-2

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007b: 12-5)

Tabla 1.5 Especificaciones de entradas y salidas del módulo F0-2AD2DA-2

Especificaciones de entradas	
Cantidad de canales	2, mono polar (un común)
Rango de la señal de entrada	0 a 5 VCC o 0 a 10 VCC (selección por puente)
Resolución	12 bits (1 a 4096)
Resistencia de entrada	Más grande que 20 KΩ
Voltaje máximo absoluto	± 15V
Especificaciones de salidas	
Cantidad de canales	2, mono polar (un común)
Rango de la señal de salida	0 a 5 VCC o 0 a 10 VCC (selección por puente)
Resolución	12 bits (1 in 4096)
Impedancia de la carga	2KΩ mínimo
Voltaje de salida máximo	±15 VCC (limitado por la fuente de poder)

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 12-3)

1.4.3 DirectSOFT

DirectSOFT es un software para generar programas de control de procesos secuenciales en tiempo real, desarrollado para la familia de Controladores Lógicos Programables de la marca KOYO como el PLC D0-06DR. “Tiene disponible dos métodos de programación: RLL (lógica de relés o en inglés Relay Ladder Logic) y RLLPLUS. La programación RLLPLUS combina una característica de diagrama de flujo de programación (etapas) con el lenguaje normal RLL”. (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 3-2)

- **LENGUAJE RLL**

El RLL o LADDER (Figura 1.11), es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables, debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. “De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes” (FIEE / EPN, 2010: 3).

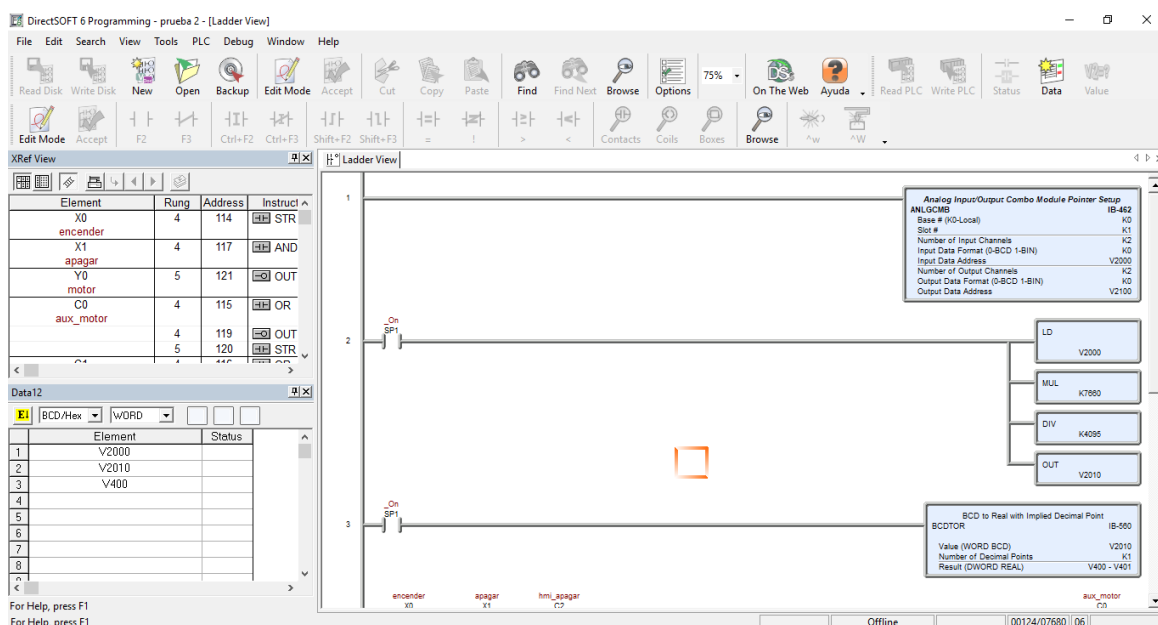


Figura 1.11 Interfaz y ejemplo RLL del Software DirectSoft

Fuente: Elaborado por el autor

En programación LADDER, el orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce. (FIEE / EPN, 2010: 3)

1.5 HMI O MMI

“Una interfaz Hombre-Máquina HMI (Figura 1.12), (Man-Machine Interface, MMI), es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado (prendido/apagado) o magnitud de los dispositivos o variables físicas que están presentes en una planta o proceso industrial.” (Corrales, 2007: 41)

Como lo argumenta Corrales (2007), una HMI puede ser tan simple como un control ON/OFF de un motor y puede llegar hasta un control desarrollado en varias pantallas de una computadora que representa a todo un proceso que trabaja y se desarrolla en tiempo real y bajo supervisión.

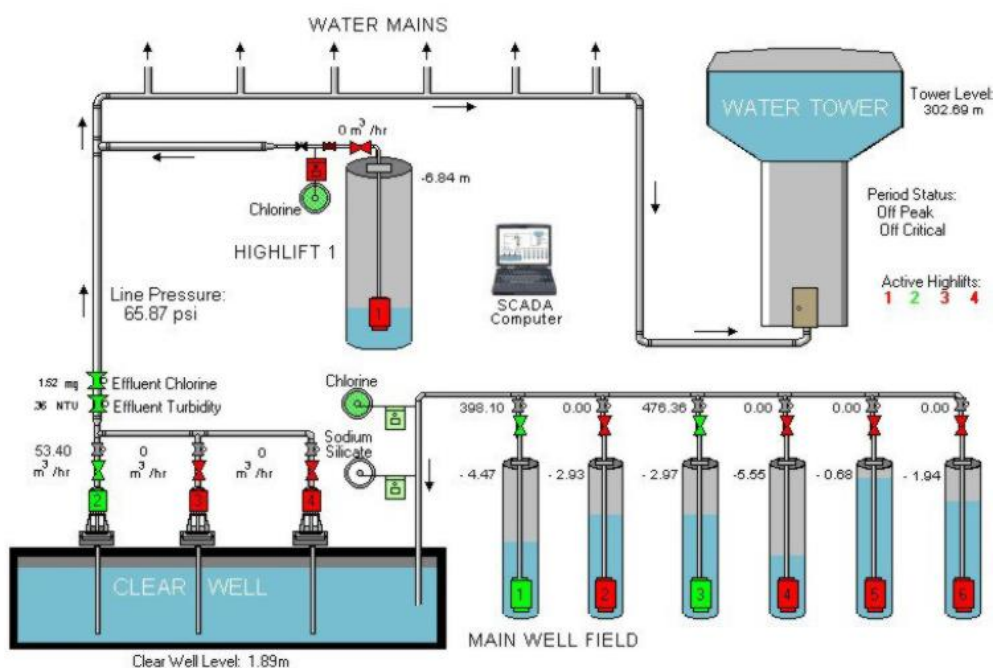


Figura 1.12 Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA

Fuente: (Corrales, 2007: 41-42)

1.6 TOUCHWIN TG765-ET

TouchWin TG765-ET es una pantalla táctil de alta calidad creada por WUXI XINJE ELECTRIC (Figura 1.13), que permite desarrollar proyectos industriales e implementar sistemas SCADA y HMI; soporta lenguaje de programación C, cálculo y dibujo; tiene la función de guardar y adquirir datos a alta velocidad y puede comunicarse con varias marcas de PLC simultáneamente (XINJE, 2013: 25). La Tabla 1.6 muestra las especificaciones técnicas de la pantalla táctil.



Figura 1.13 Pantalla táctil TouchWin TG765-ET

Fuente: (XINJE, 2013)

Tabla 1.6 Especificaciones de técnicas de TouchWin TG765-ET

Especificaciones TouchWin TG765-ET	
Tipo	7.0" Color TFT LCD
Resolución	800 x 480
Memoria	128MB
Alimentación	24VDC (rango 22 - 26VDC)
Potencia	4W
Corriente	200mA
Interfaces de comunicación	RS-232 / RS485 Puertos USB 2.0: 2 (USB-A y USB-B) Puerto Ethernet

Fuente: (Xinje, 2013, pág. 27)

1.7 SENSOR INDUCTIVO TURCK LT30EQ21LU0X3H1141

El Turck LT30EQ21LU0X3H1141 (Figura 1.14) es un sensor inductivo de desplazamiento y posición lineal, con una salida analógica de 0 a 10 VDC y con la capacidad de detección de 30 pulgadas, está basado en tecnología magnetostrictiva y operará de manera confiable en condiciones de operación duras, es de fácil montaje y posicionamiento absoluto. (Turck, 2004: 3).



Figura 1.14 Sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141
Fuente: (TURCK, 2004:12)

La Tabla 1.7 muestra las especificaciones técnicas del sensor y la Figura 1.15 el diagrama eléctrico de conexión.

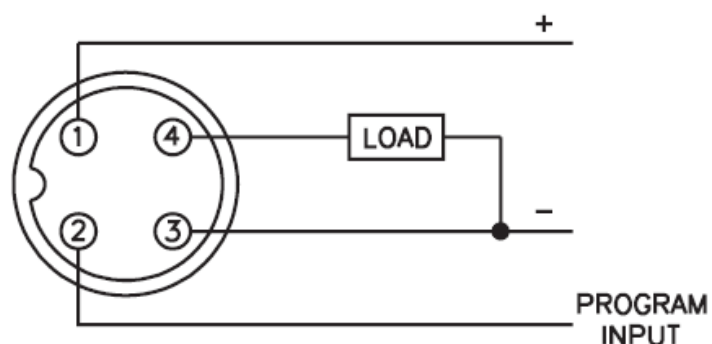


Figura 1.15 Diagrama eléctrico de Turck LT30EQ21LU0X3H1141
Fuente: (TURCK, 2004: 11)

Tabla 1.7 Especificaciones de técnicas del sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141

Especificaciones Turck LT30EQ21LU0X3H1141	
Salida	0 to 10 VDC
Carrera	30 pulgadas
Repetitividad	+/- 0.01% o +/- 0.014 pulgadas
Resolución	0.014 pulgadas o 12 bits
Temperatura de funcionamiento	-20 ° C a + 70 ° C
Zona nula	3.00 pulgadas
Zona muerta	1.50 pulgadas
Voltaje de operación	10 a 30 VDC
Consumo de corriente	80 mA a 10 VDC
Protección IP	67
Tiempo de respuesta	1ms de actualizaciones con 5ms de estabilización
Impedancia de carga	$\geq 1000 \Omega$
Carcasa	aluminio anodizado
Conexión	4 pines, M12 eurofast
LED	Verde = aplica energía e imán está presente en el rango Rojo = Falla, imán está en zona nula o zona muerta Amarillo = Imán está fuera del rango programado activo, pero aún dentro del área de carrera activa

Fuente: (TURCK, 2004: 11)

1.8 INTERFACES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Una interfaz de comunicación industrial permite crear una red de campo, permitiendo recopilar, supervisar o controlar, generalmente desde un mismo sitio, las variables de una planta o proceso industrial. (Corrales, 2007: 3)

Como afirma Corrales (2007), las redes industriales en un inicio se limitaban a comunicar dispositivos de campo como transductores y transmisores con actuadores; las mismas que han ido evolucionando para poder también procesar datos de una planta industrial enfocándose no solo en el desarrollo de la información del proceso sino relacionarse también con la que genera la parte administrativa de una industria.

1.8.1 Interfaz serial RS-232C

La trama típica RS232C (Figura 1.16) puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7 u 8 bits aunque los más usados son 7 y 8 bits. La velocidad de transmisión (normalmente 9600 bits por segundo para aplicaciones industriales) debe ser constante durante la transmisión de una trama para garantizar que los bits lleguen uno tras de otro correctamente. (Corrales, 2007: 30)

Los bits de datos son enviados al receptor después del bit de inicio, el bit menos significativo es transmitido primero. Dependiendo de la configuración de la transmisión, un bit de paridad es enviado después de los bits de datos. (Corrales, 2007: 30)

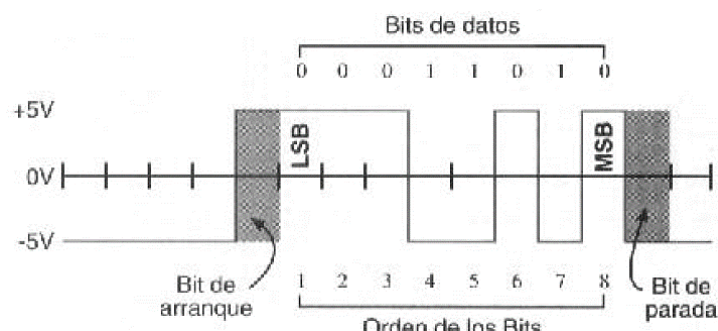


Figura 1.16 Trama RS232C típica

Fuente: (Corrales, 2007: 31)

El estándar RS-232 establece que 1 lógico se represente con un voltaje entre -3 y -15V, mientras que un 0 lógico se represente con un voltaje entre +3 y +15V.

1.8.2 RS-232C en PLC D0-06DR

El PLC D0-06DR tiene dos puertos de comunicación seriales incorporados. “El puerto 1 (RS232C solamente) se utiliza generalmente para conectar con DirectSOFT, una interface de operador, un esclavo MODBUS o DirectNET solamente. El puerto 1 es de 6 clavijas y tiene una tasa de comunicación fija (*baud*) de 9600, paridad *odd*, dirección de estación fija 1, 8 bits de datos, 1 bit *start* y 1 bit *stop*. Se caracteriza por ser asíncrono y *half-duplex*” (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 3-4). El puerto de comunicación del PLC se muestra en la Figura 1.17.

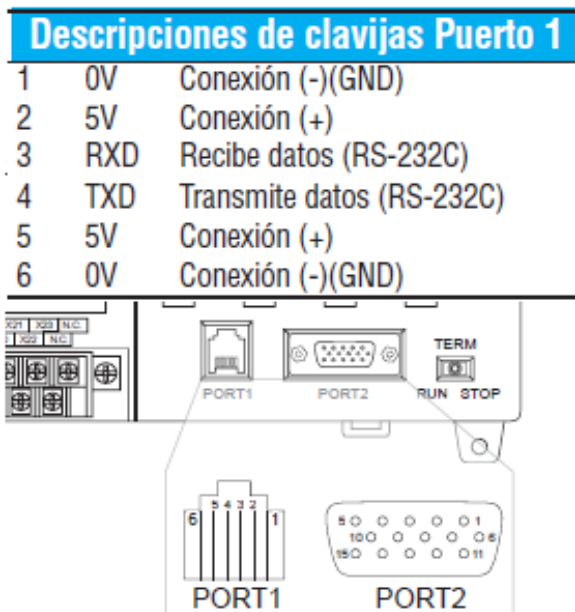


Figura 1.17 Puerto 1 PLC D0-06DR

Fuente: (AUTOMATIONDIRECT, 2007a: 3-4)

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 Descriptiva

En el presente estudio se utiliza la investigación descriptiva, ya que se busca especificar como se puede implementar un indicador de calibración del proceso productivo de tubos de la empresa Industrias Seblan Cía. Ltda.

Adicionalmente este estudio describe la tecnología empleada como el PLC D0-06DR, la pantalla TouchWin y el sensor inductivo Truck, así como las herramientas gráficas y de programación para desarrollar el proyecto, con la finalidad de reducir el tiempo empleado en la calibración de la máquina PROMECAM RG-406 y a su vez aumentar la productividad.

2.1.2 Bibliográfica

La investigación se fundamenta a través de la investigación bibliográfica, que permitirá obtener información en artículos, revistas, libros que expliquen y se enfoquen en cómo implementar un sensor de posición lineal inductivo para crear un indicador de calibración de una máquina plegadora de tubos o en contenidos relacionados al tema planteado para el trabajo de titulación.

La información recolectada sobre la plegadora PROMECAM RG-406, PLC's, lenguajes de programación, pantallas Touch, interfaces de comunicación industriales, es vital para sentar las bases del marco teórico del proyecto de titulación, para plasmarlas y aplicarlas en el desarrollo práctico del proyecto.

2.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

2.2.1 Inductivo

En el proyecto se utiliza el método inductivo, con la finalidad de tomar como referente la información que existe actualmente para generar interfaces hombre máquina, manejar y programar señales analógicas de sensores inductivos de posición lineal e implementarlo en un indicador de calibración para la máquina plegadora de tubos PROMECAM RG-406, determinando como se puede adaptar la tecnológica existente y aplicarla de la mejor manera en el desarrollo del proyecto.

Los conocimientos adquiridos en diferentes empresas representantes de distintas marcas eléctricas enfocados al control y automatización y la experiencia laboral en PLC's, pantallas táctiles y software de marcas conocidas en el mercado como Schneider Electric, Siemens y Allen Bradley son de mucha importancia para la implementación del proyecto porque es la base para desarrollar el interfaz hombre máquina en la pantalla táctil TouchWin y programar la marca de PLC KOYO.

2.2.2 Deductivo

El trabajo de titulación es desarrollado empleando también el método deductivo con el fin de conocer, a través de investigaciones existentes sobre el tema, cómo será posible la implementación de sensor de posición lineal inductivo en procesos industriales similares y de esa manera realizar un análisis de la información recopilada con el objetivo de implementar la parte práctica del trabajo de titulación.

El diario convivir en lo laboral genera experiencia en el funcionamiento de procesos industriales y máquinas, esto ayuda a tener ideas claras para desarrollar la interfaz hombre máquina para visualizar la calibración de la máquina plegadora de tubos tales como: materiales a utilizar en soportes metálicos, determinar un sensor robusto y confiable, algoritmos de programación para señales analógicas la automatización y seguridad para el ser humano.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La propuesta del proyecto trata de implementar en la plegadora PROMECAM RG-406 de la empresa Industrias Seblan Cía. Ltda., un sistema que permita medir milimétricamente la inclinación horizontal que sufre la mesa de plegado cuando la máquina es calibrada para diferente producto en la fabricación de postes y dicho valor sea visualizado por el operador con el fin de disminuir tiempos en esta actividad.

El proyecto busca incorporar en la máquina plegadora un sistema de medición a través de un sensor inductivo de desplazamiento y procesar la señal mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) y visualizar los cambios de calibración en una interfaz hombre máquina (HMI). La Figura 3.1 muestra la idea general planteada.

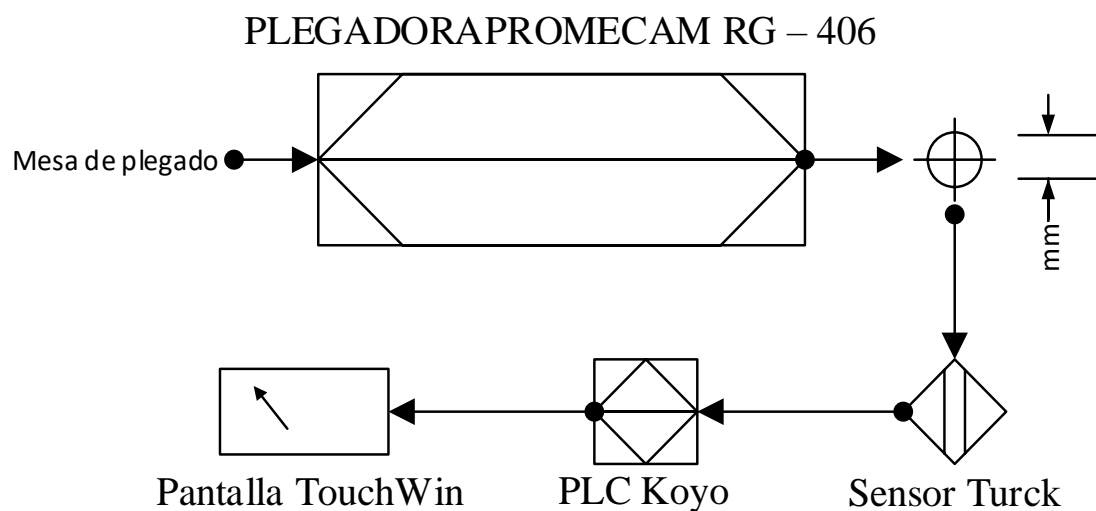


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proyecto

Fuente: Elaborado por el autor

El sensor inductivo de desplazamiento emite una señal analógica de 0-10 VDC, la instalación estará en la parte inferior de la máquina en su extremo derecho, el lugar es idóneo porque es evidente la inclinación que genera la plegadora, está protegido de golpes y agentes externos como limallas y perturbaciones.

La pantalla touch, PLC, dispositivos de protección, control y circuito eléctrico serán instalados en un gabinete eléctrico nuevo que se ubicará cerca al tablero de fuerza y aparatos mecánicos que ayudan a la calibración de la máquina, desde este punto el operador tendrá visibilidad a la pantalla HMI e ir observando que cambios de medición que va teniendo la plegadora. La Figura 3.2 muestra la distribución de los dispositivos en la máquina.

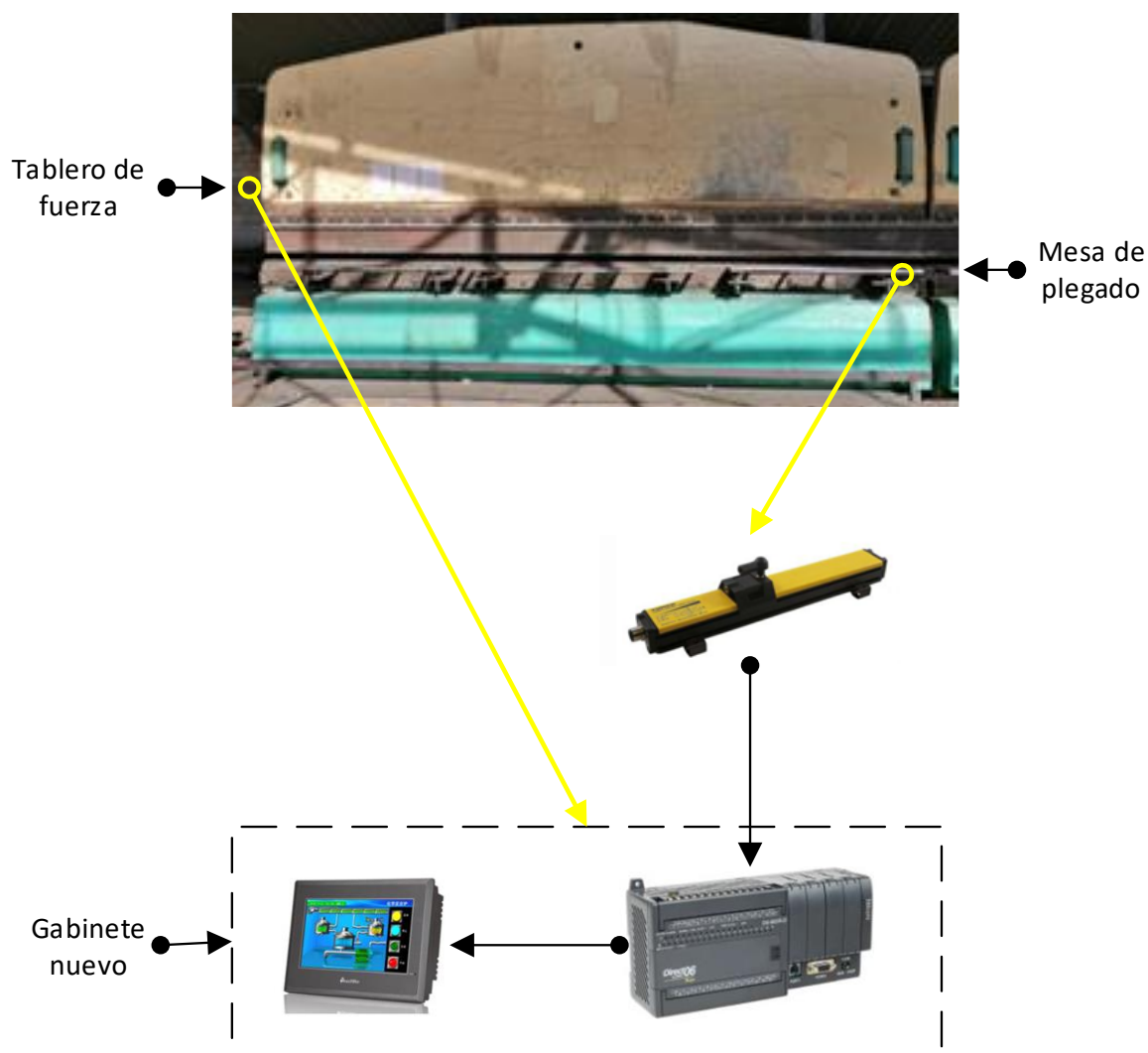


Figura 3.2 Ubicación de los dispositivos

Fuente: Elaborado por el autor



3.2 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

Para la selección y adquisición del sensor, pantalla touch y PLC fue importante que los dispositivos sean comparados entre marcas, especificaciones técnicas y costo. El factor económico fue muy relevante para la elección de los equipos, el proyecto contará con un PLC KOYO Direct Logic 06, sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141 y pantalla TouchWin TG765-ET. El ANEXO 4 contiene los *datasheet* de los dispositivos seleccionados.

3.2.1 Selección PLC KOYO Direct Logic 06

La Tabla 3.1 muestra una comparación de las principales características de tres dispositivos de diferente marca, el PLC apto para satisfacer las necesidades en el desarrollo del proyecto corresponde al controlador Koyo Direct Logic 06 – CPU D0-06DR y el módulo analógico F0-2AD2DA-2, debido a sus especificaciones técnicas, software libre y costo relativamente económico. La Tabla 3.2 contiene las especificaciones del módulo analógico seleccionado.


Tabla 3.1 Comparación entre tipos de Controladores Lógicos Programables

Comparación entre tipos de PLC's			
Marca y Modelo	SIEMENS S7-1200	KOYO D0-06DR	SCHNEIDER ELECTRIC M221
Aspecto físico			
# Entradas digitales	14	20	14
# Salidas digitales	10	16	10
Memoria	100kB	14.8kB	256kB
Comunicación	Ethernet	RS-232	Ethernet
Software	pagado	libre	pagado
Precio CPU	\$775	\$489	\$493
Precio módulo análogo	\$445	\$260	\$320

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 3.2 Módulo analógico F0-2AD2DA-2

Módulo Analógico	
F0-2AD2DA-2	
Cantidad de canales	2 entradas / 2 salidas
Resolución	12 bits (1 a 4096)
Rango señal	0 a 5 VCC o 0 a 10 VCC
Resistencia de entrada	> 20 K Ω
Impedancia de la carga	2K Ω mínimo






Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2 Selección sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141

La comparación para la selección del sensor a utilizar en el proyecto se lo hizo entre tres sensores de distinto fabricante, donde se consideró la resolución y rango de medición que otorga el dispositivo, otro factor importante fue el costo. La Tabla 3.3 detalla el análisis mencionado y porque fue elegido el sensor inductivo TURCK LT30EQ21LU0X3H1141.

Tabla 3.3 Comparación entre tipos de sensores analógicos




Comparación entre tipos de sensores analógicos			
Marca y Modelo	TURCK lt30eq21lu0x3h1141	BANNER Q4X	IFM O1DLF3KG
Aspecto físico			
Tipo	Inductivo	Laser	Fotoeléctrico
Salida Analógica	0 a 10 VDC	4 a 20 mA	0 a 10 VDC
Carrera	0 - 30 pulgadas	25 – 300 mm	0.2 a 3.5m
Resolución	12 bits	16 bits	12 bits
Precio	\$816	\$1430	\$950

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3 Selección pantalla TouchWin TG765-ET.

La Tabla 3.4 visualiza la comparación de tres pantallas HMI de diferente fabricante, para la selección de este dispositivo se tomó en cuenta la compatibilidad con el PLC preliminarmente elegido, valor económico y especificaciones técnicas, ante este análisis la pantalla TouchWin TG765-ET se ajusta a las necesidades que el proyecto demanda.

Tabla 3.4 Comparación entre tipos de pantallas *touch*

Comparación entre tipos de pantallas <i>touch</i>			
Marca y Modelo	SCHNEIDER Magelis STO	SIEMENS KTP700 PN	TouchWin TG765-ET
Aspecto físico			
Tipo	5.7" TFT	7" TFT	7.0" TFT
Resolución	320 x 240	800 x 480	800 x 480
Memoria	16MB	10MB	128MB
Comunicación	Ethernet, RS-232	Ethernet	Ethernet, RS-232
Software	pagado	pagado	libre
Precio	\$872	\$1439	\$470

Fuente: Elaborado por el autor

3.3 DISEÑO DE LA LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

La lógica de funcionamiento para la implementación del sensor de posición lineal inductivo en la plegadora PROMECAM RG-406, está diseñado en diagramas de flujo y contiene tres etapas de control: encendido y apagado de motores, procesamiento y escalamiento de señal analógica, set de calibración.

3.3.1 Encendido y apagado de motores

Esta etapa busca enlazar señales de salida del Controlador Lógico Programable con el circuito de fuerza de la plegadora de tubos, logrando de esta manera encender y apagar los motores del sistema hidráulico de la máquina mediante dos pulsadores creados en la pantalla HMI. La Figura 3.3 contiene el diagrama de flujo correspondiente al diseño de la lógica de funcionamiento de esta etapa.

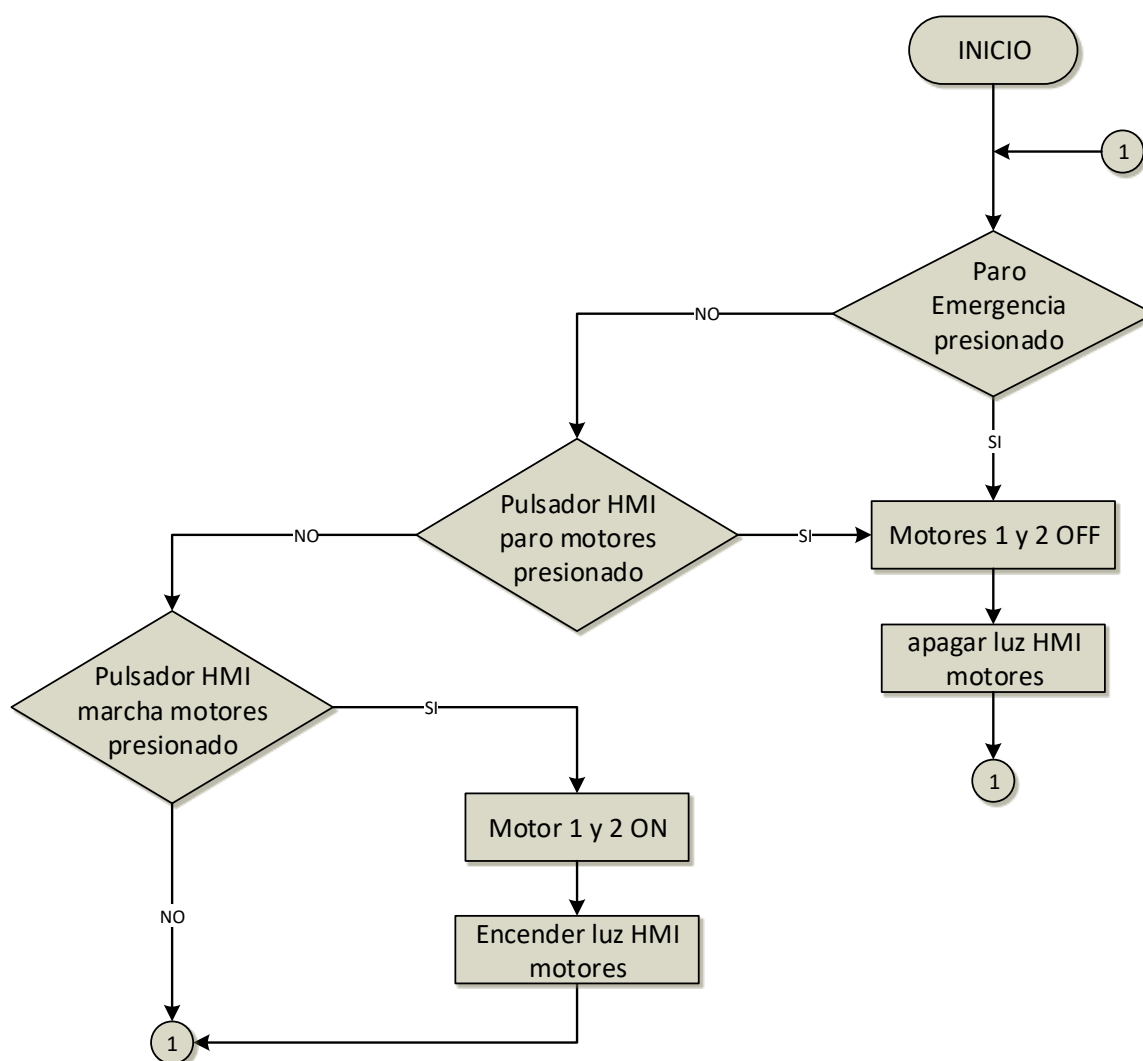


Figura 3.3 Diagrama de flujo encendido y apagado de motores

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.2 Procesamiento y escalamiento de señal analógica

El sensor de posición lineal emite una señal de 0-10VDC, este dato de voltaje es procesado por el módulo del PLC que realiza la conversión análoga digital. El procesamiento de señal constituye crear algoritmos de programación que transforme un número binario a decimal para utilizarlo con funciones aritméticas y lograr el escalamiento en unidades de ingeniería en este caso milímetros, tomando en cuenta la resolución de 12 bits y un rango de medición de 30 pulgadas que permite el sensor.

La Figura 3.4 contiene el diagrama de flujo correspondiente al diseño de la lógica de funcionamiento para esta etapa de procesamiento y escalamiento de señal analógica.

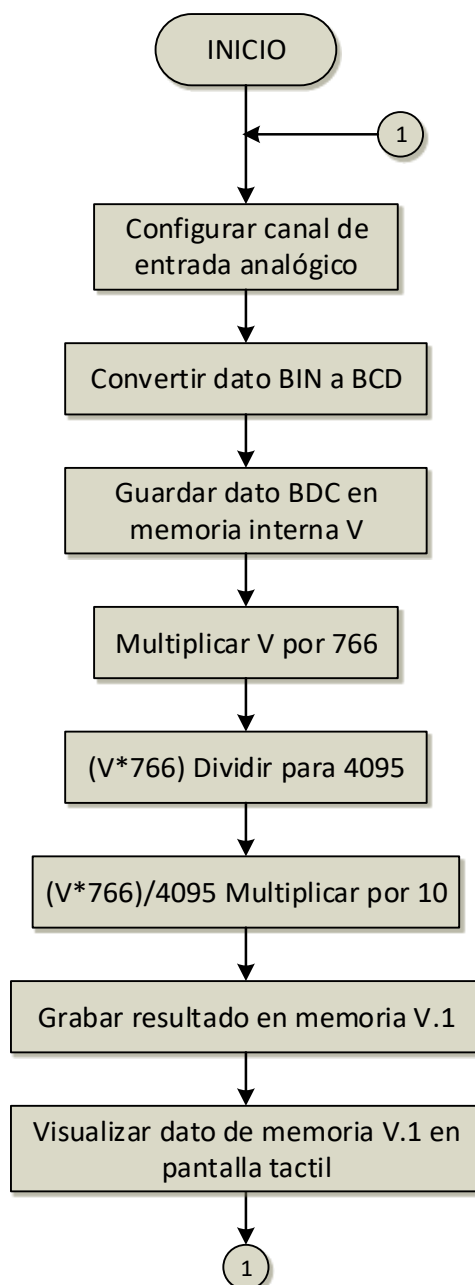


Figura 3.4 Diagrama de flujo procesamiento y escalamiento de señal analógica

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.3 Set de calibración

La lógica de funcionamiento de la etapa set de calibración contiene el diagrama de flujo que muestra la Figura 3.5, el cual maneja algoritmos que recoge un número seteado por el operador de máquina desde la pantalla HMI, ingresa al PLC y es procesado para informar como alerta que existe una descalibración de la plegadora del 5% del set y apaga los motores cuando se presenta una falla del 10%.

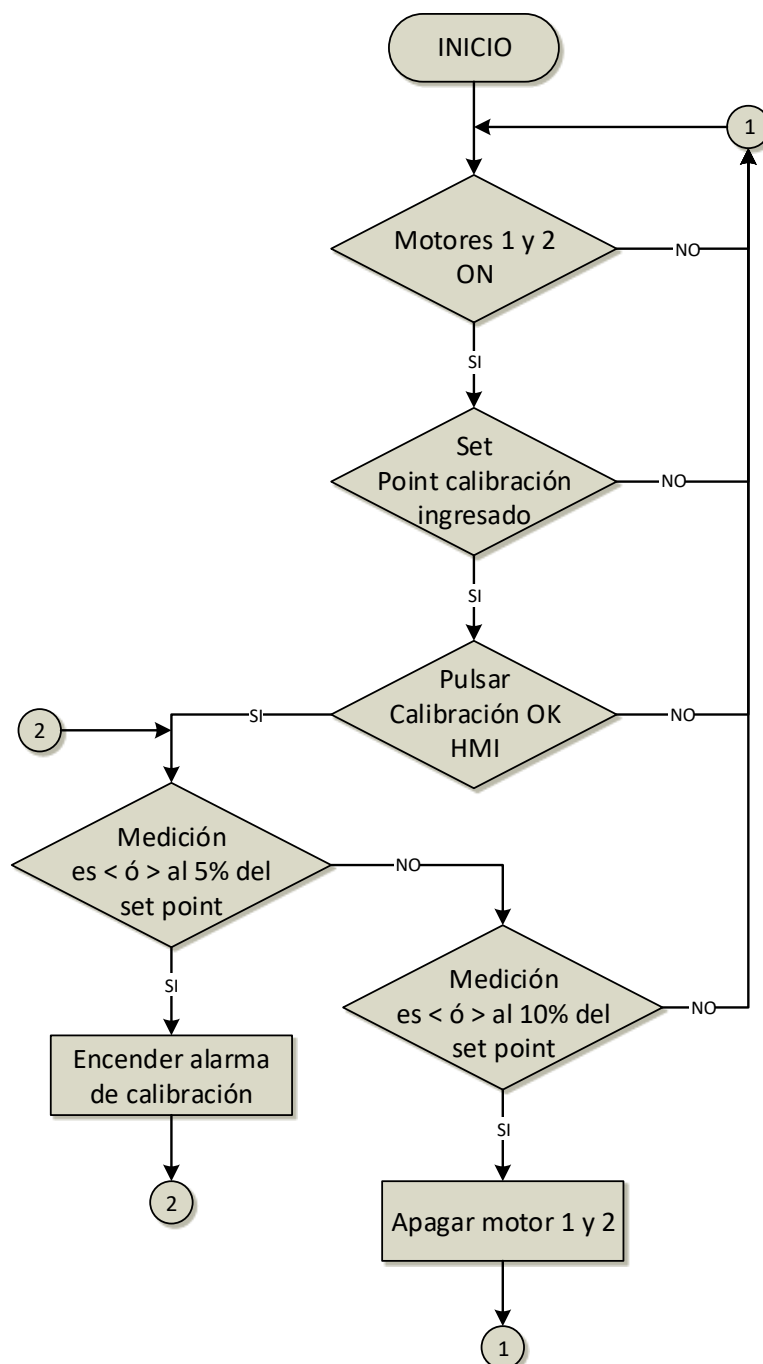


Figura 3.5 Diagrama de flujo set de calibración

Fuente: Elaborado por el autor

3.4 DISEÑO ELÉCTRICO

El diseño eléctrico es fundamental en la implementación del sensor de posición lineal inductivo en la plegadora PROMECAM RG-406, para consolidarlo se contempló los siguientes aspectos: selección de fuente 24VDC, dimensionamiento de dispositivos de protección, diseño de gabinete eléctrico, diagrama eléctrico y de conexiones (ANEXO 2).

3.4.1 Selección de fuente 24VDC

El sensor, pantalla táctil, módulo analógico y entradas del PLC utilizan un tensión de alimentación de 24VDC, la selección de la fuente de poder depende del análisis de carga del circuito dependiendo de la potencia o consumo de corriente de cada dispositivo que trabaja a este voltaje. La Tabla 3.5 detalla el consumo de corriente de los dispositivos involucrados con 24VDC.

Tabla 3.5 Corriente dispositivos a 24VDC


Dispositivo	Corriente
20 entradas Koyo D0-06DR	260 mA
Módulo F0-2AD2DA-2	30 mA
TouchWin TG765-ET	200 mA
Sensor Turck	80 mA
Corriente total	570 mA

Fuente: Elaborado por el autor

El circuito eléctrico a 24 VDC tiene un consumo de corriente de 570 mA o 0.6 A, tomando en cuenta ampliación futura del proyecto y mercado el sobredimensionamiento de la fuente de poder es justificable, para el desarrollo del proyecto se seleccionó el dispositivo LOGO POWER 24V 2,5A de la marca Siemens la Tabla 3.6 contiene sus especificaciones.

Tabla 3.6 Fuente Siemens LOGO! POWER 24V 2,5A

Siemens LOGO! POWER 24V 2,5A	
6EP1332-1SH43	
Alimentación	100-240 VAC
Corriente a 220V	0.66 A
Salida	24 VDC / 2.5A
Potencia activa entregada	60 W
IP	20



Fuente: Elaborado por el autor

3.4.2 Dimensionamiento de dispositivos de protección

El dimensionamiento de protecciones eléctricas se basa en el cálculo de corriente para seleccionar un dispositivo que salvaguarde a los circuitos eléctricos de 220 VAC y 24 VDC. Para determinar lo mencionado se aplica la fórmula:

$$IP = 1.25 \times In \text{ (Corriente de protección} = 1.25 \times \text{corriente nominal).}$$

Para el circuito de 220 VAC se toma en cuenta el consumo de corriente de las cargas que se alimentan a ese voltaje y el cálculo es evidente en Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Cálculo dispositivo de protección para 220 VAC


Dispositivo	Corriente	Cálculo
Koyo D0-06DR	180 mA	$IP = 1.25 \times In$ $IP = 1.25 \times 850mA$ $IP = 1.06 A$
Relé 1	5 mA	
Relé 2	5 mA	
Fuente de poder	660 mA	
In	850 mA	

Fuente: Elaborado por el autor

Para el circuito de 220VAC la corriente calculada que necesita el dispositivo de protección es de 1.06A, el mercado y la visión de crecimiento sustentan la sobredimensión eligiendo como dispositivos de protección a fusibles RT18 de 4A. La Tabla 3.8 contiene las especificaciones del fusible.

Tabla 3.8 Fusible para 220 VAC

Fusible RT18 - 4A	
Corriente	4A
Capacidad de ruptura	100 kA
Tipo	T (retardado)
Voltaje	500 V



Fuente: Elaborado por el autor

Para el circuito de 24 VDC se toma en cuenta el consumo de corriente de las cargas que se alimentan a ese voltaje y el cálculo se aprecia en Tabla 3.9.


Tabla 3.9 Cálculo dispositivo de protección para 24 VDC

Dispositivo	Corriente	Cálculo
20 entradas Koyo D0-06DR	260 mA	$IP = 1.25 \times In$ $IP = 1.25 \times 570mA$ $IP = 0.72 A$
Módulo F0-2AD2DA-2	30 mA	
TouchWin TG765-ET	200 mA	
Sensor Turck	80 mA	
Corriente total	570 mA	

Fuente: Elaborado por el autor

Para el circuito de 24VDC la corriente calculada que necesita el dispositivo de protección es de 0.72A, el mercado y la visión de crecimiento sustentan la sobredimensión eligiendo como dispositivos de protección a fusibles Fusible F-2A-L-24VDC. La Tabla 3.10 contiene las especificaciones del fusible.

Tabla 3.10 Fusible para 24 VDC

Fusible F-2A-L-24VDC		
Corriente	2A	
Capacidad de ruptura	10 In	
Tipo	F (rápido)	
Voltaje	24 VDC	

Fuente: Elaborado por el autor

3.4.3 Diseño de gabinete eléctrico

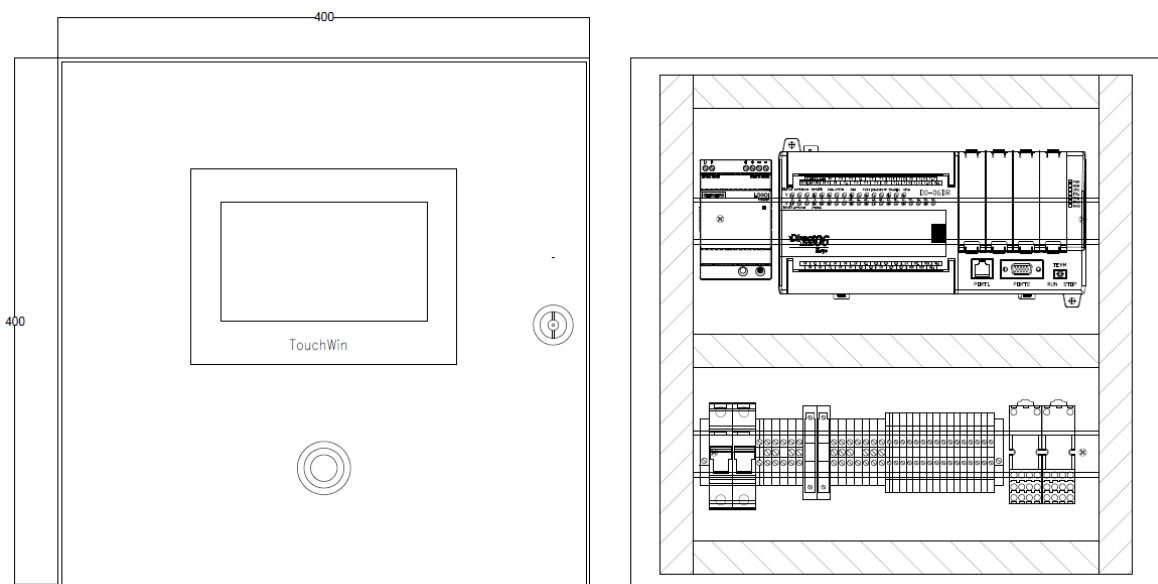
El proyecto consiste en mantener el tablero de fuerza de la plegadora PROMECAM RG-406, para la instalación de los dispositivos que controlaran el sistema de calibración de la máquina es indispensable diseñar un gabinete eléctrico, en base a los elementos que constan a detalle en la Tabla 3.11.

Identificando las medidas de cada dispositivo que se instalará en el nuevo gabinete eléctrico, se diseñó en AutoCAD Electrical la distribución de los elementos tanto para la parte frontal y doble fondo del tablero, determinando que es necesario el uso de un gabinete de 40x40x25cm (alto x largo x profundidad). La Figura 3.6 evidencia el resultado del diseño.

Tabla 3.11 Lista de elementos

Cantidad	Descripción
1	PLC Koyo D0-06DR
1	TouchWin TG765-ET
1	Fuente de poder 24VDC
2	Porta fusible tipo F
2	Porta fusible tipo RT18
2	Rele 4NO-4NC bobina 220V
12	Bornera para AWG 14
15	Bornera para AWG 18
2	Bornera para tierra
2	Tope final de bornera
1	Pulsador paro de emergencia
1	Riel DIN
1	Canaleta ranurada 32x32x32mm

Fuente: Elaborado por el autor

**Figura 3.6** Diseño parte frontal y doble fondo gabinete eléctrico

Fuente: Elaborado por el autor

3.4.4 Diagrama eléctrico y de conexiones

Los diagramas eléctricos y de conexiones se desarrollaron en AutoCAD Electrical, se diseñó el diagrama eléctrico para el gabinete nuevo y se realizó el levantamiento y diagrama del circuito de control y fuerza existente. Las Figuras 3.7 y 3.8 muestran los diagramas eléctricos mencionados y la Figura 3.9 el diagrama de conexiones del gabinete a implementar.

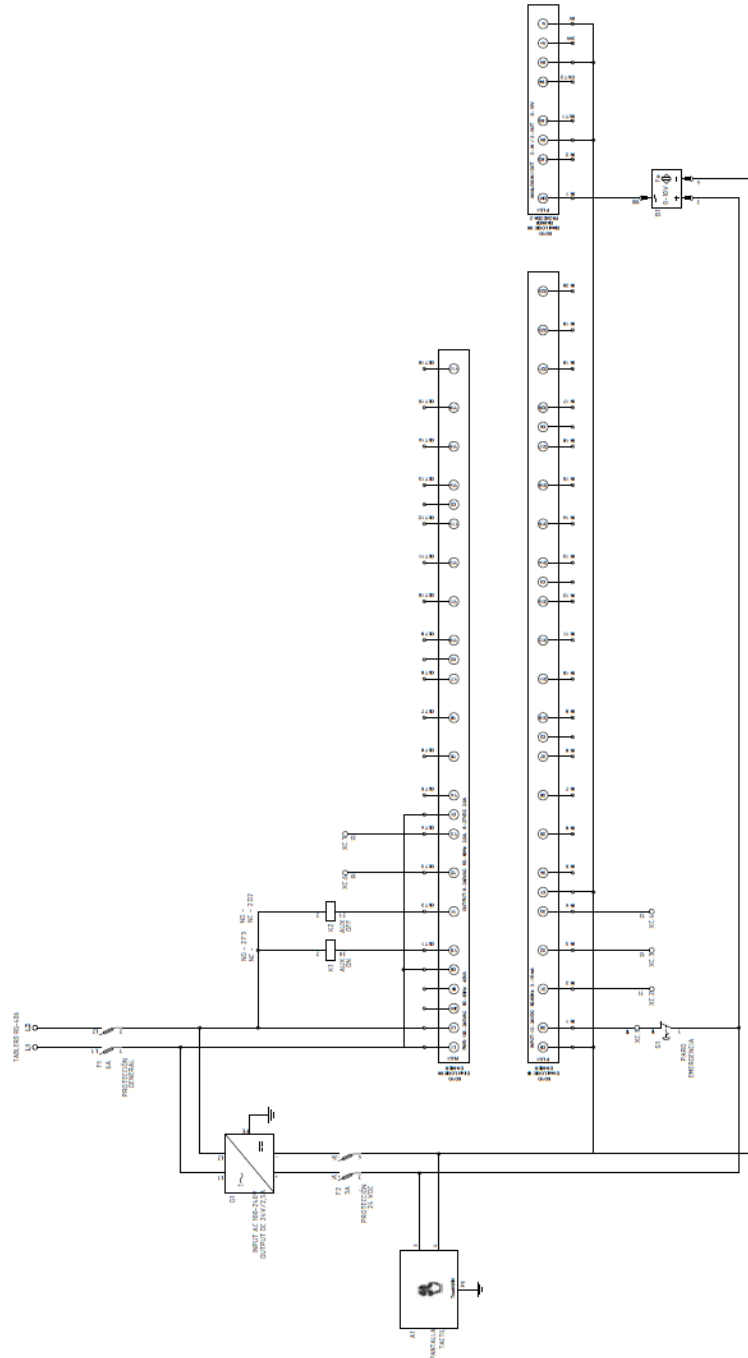


Figura 3.7 Diagrama eléctrico de control tablero PLC

Fuente: Elaborado por el autor

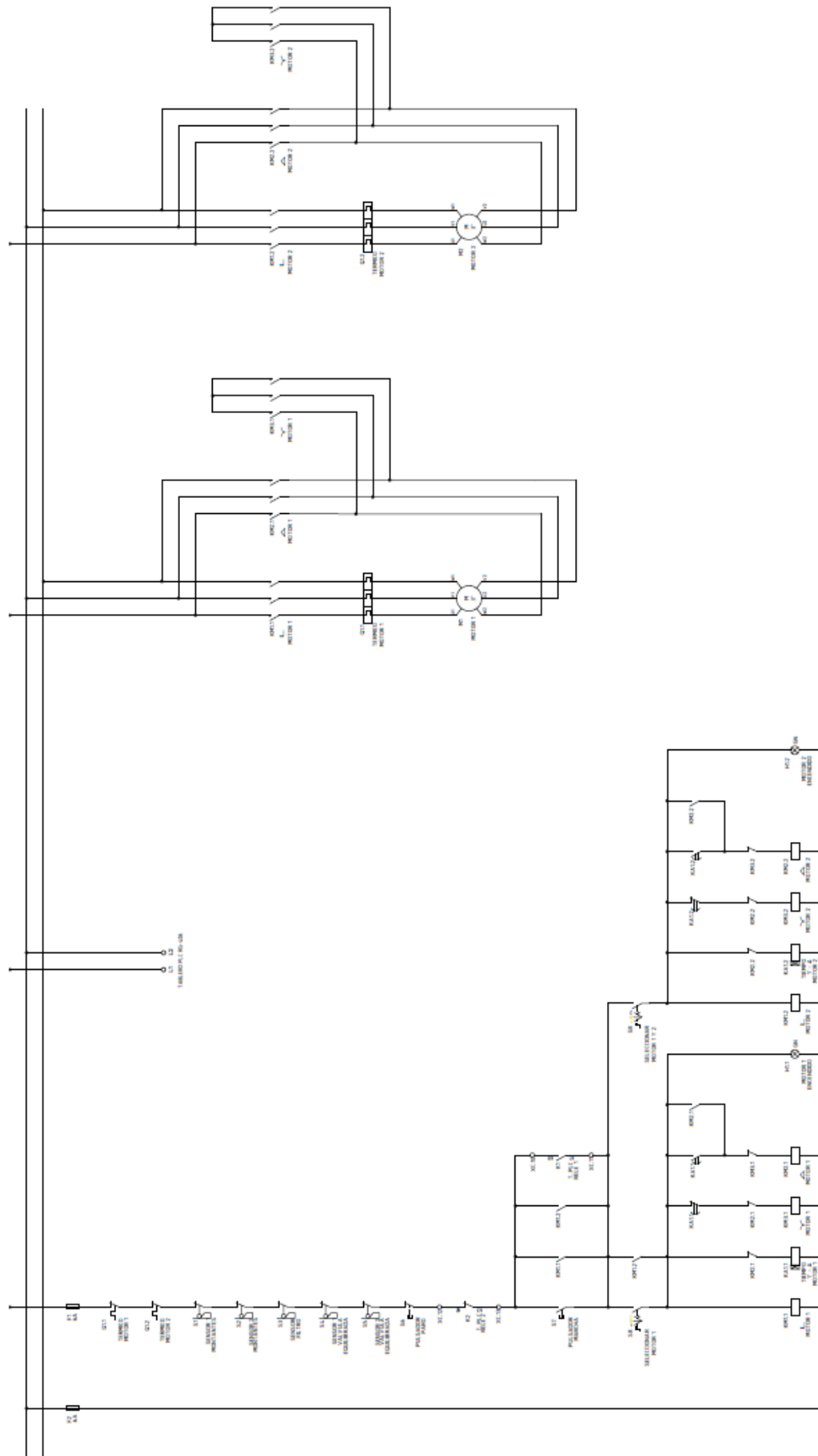


Figura 3.8 Diagrama eléctrico fuerza y control de plegadora PRAMECAM RG-406

Fuente: Elaborado por el autor

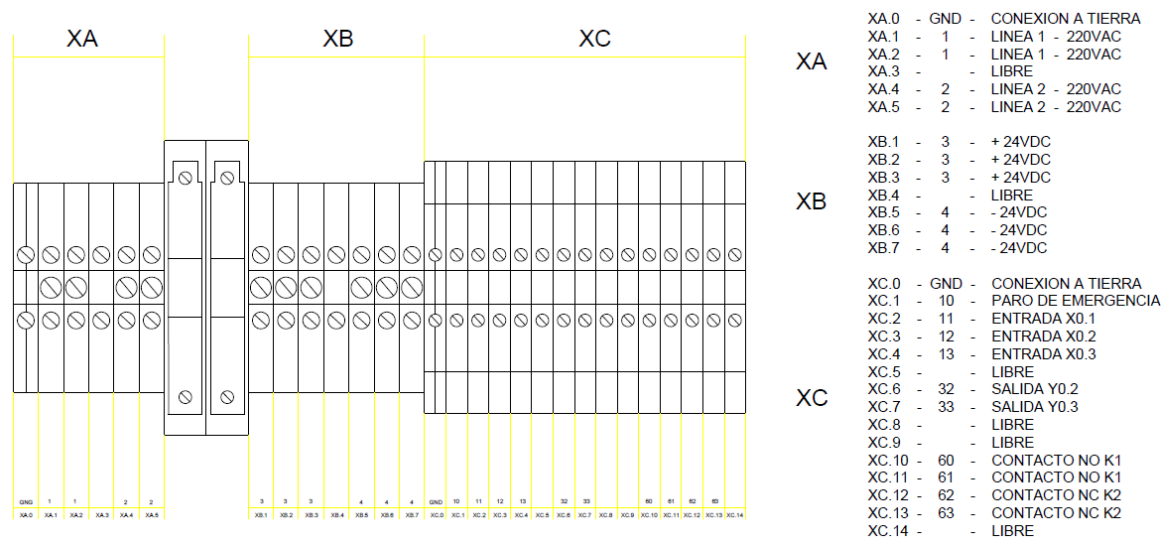


Figura 3.9 Diseño diagrama eléctrico

Fuente: Elaborado por el autor

3.5 ANÁLISIS COSTO Y TIEMPO

3.5.1 Costo

En el desarrollo de la propuesta del proyecto se identificaron los componentes que son necesarios para la implementación del sensor de posición lineal inductivo, en la plegadora PROMECAM RG-406 y el interfaz hombre máquina para visualización de calibración, en la empresa Industrias Seblan Cía. Ltda.

Industrias Seblan en calidad de auspiciante asume el costo total del proyecto, siempre y cuando no sobrepase el presupuesto anual para mejora continua de máquinas otorgado por gerencia de la empresa, por esta limitación en los dispositivos de mayor costo fue indispensable la cotización en diferentes marcas para luego analizar y escoger equipos fiables, robustos y económicos.

El detalle del costo que generará la adquisición de materias y dispositivos a utilizar en este proyecto se encuentra registrado en la Tabla 3.12, es importante señalar que no consta el costo de mano de obra, pues las actividades fueron realizadas por el estudiante como parte de su proceso de titulación.

Tabla 3.12 Análisis costos proyecto

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor
1	Sensor Turck LI500P0-Q25LM0-LIU5X3-H1151	814,79	814,79
1	PLC KOYO DO-06DR DL06 CPU	489,60	489,60
1	Pantalla táctil TOUCHWIN TG765-ET	470,00	470,00
1	Módulo Analógico KOYO F0-04DAH-1	259,20	259,20
1	Fuente de poder 24V DC 2.5A	82,60	82,60
2	Fusible RT18 - 4A	1,00	2,00
2	Fusible F-2A-L-24VDC	0,10	0,20
2	Porta fusible tipo F	4,00	8,00
2	Porta fusible tipo RT18	5,00	10,00
1	Paro de emergencia	20,26	20,26
2	Base para relé 14 pines	5,54	11,08
2	Relé 14 pines 220V	7,84	15,68
200	Puntera cable 18	2,00	4,00
1	Marquilla 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,L,V,U,W,+,-	24,00	24,00
50	Cable AWG 18 azul	0,16	8,00
1	Gabinete doble fondo 400x400x200	62,59	62,59
2	Riel DIN	1,73	3,46
1	Canaleta dexion 32x32	3,70	7,40
10	Base adhesivas	0,11	1,12
15	Bornera cable AWG18	0,21	3,15
12	Bornera AWG14	0,35	4,20
2	Bornera tierra AWG14	0,35	0,70
2	Tope final bornera	0,35	0,70
30	Cable de conexión para sensor 5 hilos M12	1,48	44,40
1	Conector M12 hembra 5 hilos	24,76	24,76
Subtotal			1556,9
IVA			186,83
TOTAL			1743,73

Fuente: Elaborado por el autor

3.5.2 Tiempo

El tiempo necesario para la implementación del proyecto es de 4 meses, el ANEXO 1 tiene el detalle de las actividades y la duración, en base al cronograma las actividades iniciales, levantamiento en sitio y selección de dispositivos concuerdan exactamente pero existió retraso y desviaciones en el plan porque demoró la adquisición de algunos dispositivos que fueron de exportación.

3.6 VENTAJAS DEL PRODUCTO

La Implementación de sensor de posición lineal inductivo, en la plegadora PROMECAM RG-406 con interfaz hombre máquina como indicador de calibración del proceso productivo de tubos en la empresa Industrias Seblan Cía. Ltda., ofrecerá varias ventajas detalladas a continuación:

- Menor tiempo en la identificación de averías y fallos eléctricos presentados en la máquina, el desarrollo y levantamiento de los diagramas eléctricos del tablero existente es el mejor aliado para actividades de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Fomenta el desarrollo tecnológico en la empresa Industrias Seblan, porque es el inicio para lograr la idea visionaria de tener una máquina plegadora de tubos completamente automática.
- Mejor visualización de los cambios producidos en la calibración de la máquina y monitoreo constante en esta actividad por medio de la moderna y confiable interfaz hombre máquina.
- Tener control humano sobre la máquina y actuar inmediatamente cuando existe una desviación en el proceso productivo.
- Disminución notable del tiempo empleado en la calibración de la plegadora para fabricar los diferentes productos y generando ahorro de material e incremento productivo y por ende mayor ingreso económico para la empresa Seblan Cía. Ltda.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN

4.1 CONSTRUCCIÓN TABLERO ELÉCTRICO

Considerando el diseño del gabinete eléctrico y el dimensionamiento de dispositivos en el capítulo anterior, industrias Seblan procedió a la adquisición de lo necesario para la construcción y montaje del tablero. La Figuras 4.1 y 4.2 detallan el proceso de construcción del doble fondo y parte frontal respectivamente.



Figura 4.1 Proceso de construcción del doble fondo del gabinete

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.2 Proceso de construcción del gabinete eléctrico frontal

Fuente: Elaborado por el autor

4.2 PROGRAMACIÓN PLC KOYO D0-06DR

La programación del PLC Koyo D0-06DR se desarrolla en el software DirectSOFT 06, el cual maneja un medio de programación amigable para la creación de la lógica de funcionamiento del proyecto, los algoritmos del programa fueron constituidos bajo las directrices que maneja el lenguaje ladder. El ANEXO 3 contiene la programación creada.

Las principales funciones de operación de DirectSOFT que puede usar el programador están distribuidas en barra de herramientas, área de información y ventana de trabajo, en la Figura 4.3 se puede apreciar el entorno que ofrece el software y las zonas de trabajo mencionadas.

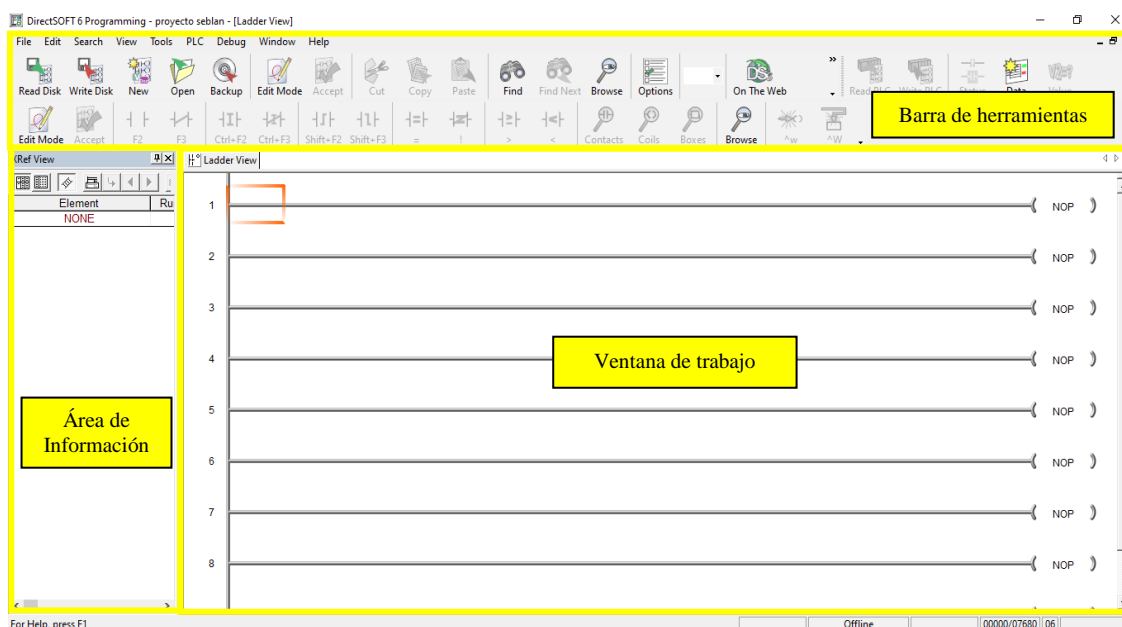


Figura 4.3 Entorno de trabajo de DirectSOFT 6

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.1 Crear proyecto y selección de dispositivo en DirectSOFT 6

Para la creación de un nuevo proyecto en DirectSOFT 6 se debe elegir en la barra de herramientas "File" la opción "New Project", a continuación direccionar e introducir el nombre del proyecto y donde se guardara (Browser), seguido de la selección de la familia del PLC en este caso "Direct Logic 0/1/2/4/350" y el tipo "DL 06", a continuación se hace clic en el botón "OK". En las Figura 4.4 se puede observar los pasos descritos anteriormente.

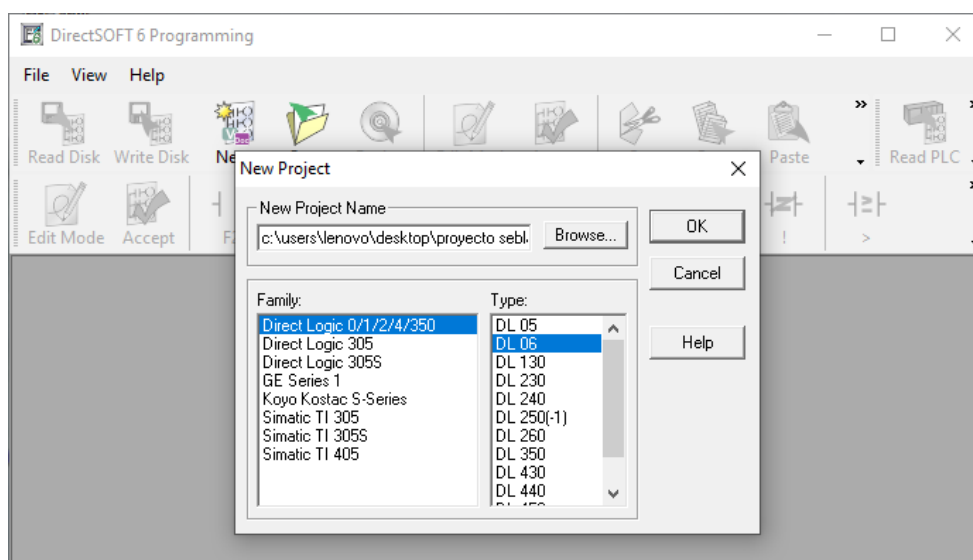


Figura 4.4 Crear un proyecto nuevo y selección de dispositivo en DirectSOFT 6

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.2 Configuración de interfaz RS-232 en Koyo D0-06DR

Para cargar el programa en la CPU del controlador e interactuar información con una interfaz hombre máquina, Koyo D0-06DR utiliza la interfaz serial RS-232C, misma que se utilizó en este proyecto para comunicar e intercambiar datos entre el PLC-DirectSOFT y PLC-TouchWIN.

La configuración de los parámetros de la interfaz RS-232C se realiza seleccionando la barra de herramientas “PLC” y la opción “Connect” (Figura 4.5), a continuación aparece la ventana que muestra la Figura 4.6 aquí se configura los valores de *boude Rate* (9600), *parity* (*odd*), Data Bits (8), Stop Bits (1), *flow control* (*None*), al aceptar los datos ingresados se completa la configuración del enlace de comunicación.

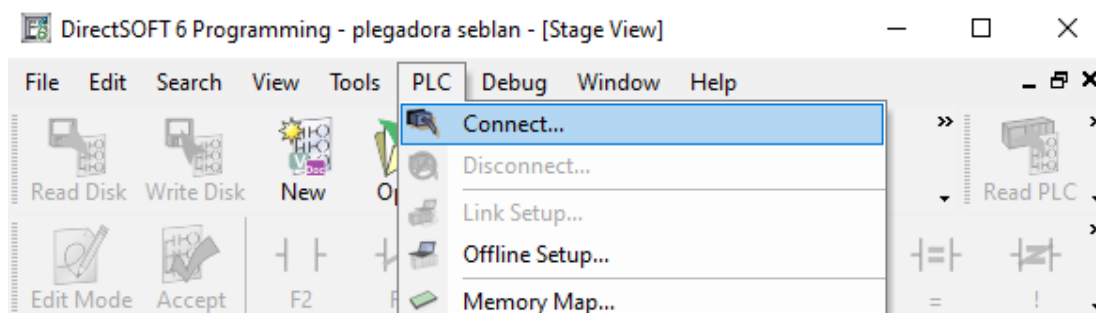


Figura 4.5 Crear comunicación RS-232 en DirectSOFT 6

Fuente: Elaborado por el autor

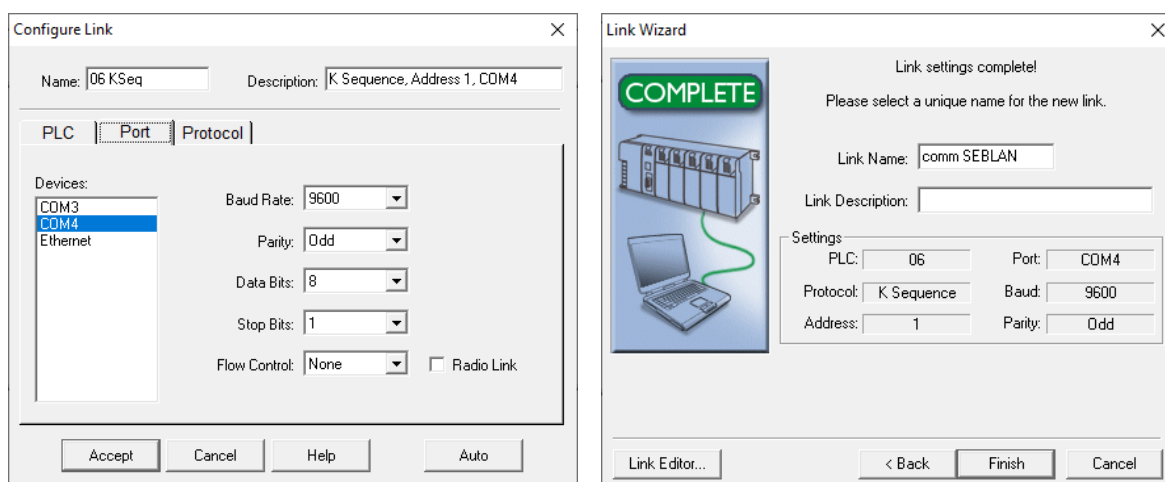


Figura 4.6 Configuración de enlace RS-232 en DirectSOFT 6

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.3 Variables para el programa del PLC D0-06DR

La Tabla 4.1 detalla las variables utilizadas en DirectSOFT 6 para la programación del PLC D0-06DR, tomando en cuenta entradas y salidas físicas, memorias internas del tipo bool y Word y temporizadores. La tabla identifica nombre, tipo, dato y la dirección asignada a cada una de las variables.

Tabla 4.1 Variables del programa (PLC D0-06DR)

Dirección	Nombre	Dato	Tipo
X0	paro_emergencia	bool	entrada
Y0	motores_on	bool	salida
Y1	motores_off	bool	salida
C0	aux_paro_eme	bool	memoria interna
C1	hmi_encender	bool	memoria interna
C2	hmi_apagar	bool	memoria interna
C3	aux_motores_on	bool	memoria interna
C4	aux_motores_off	bool	memoria interna
C5	habilitacion_set	bool	memoria interna
C6	alarmas_off	bool	memoria interna
C7	motor_hmi	bool	memoria interna
C10	alarma_max	bool	memoria interna
C11	alarma_min	bool	memoria interna

Continuación **Tabla 4.1** Variables del programa (PLC D0-06DR)

C12	alarma_lim_max	bool	memoria interna
C13	alarma_lim_min	bool	memoria interna
C30	cargar_datos_def	bool	memoria interna
T0	tiempo_reset	time	temporizador
T1	rango_ok	time	temporizador
T2	rango_nok	time	temporizador
V2000	numero_BCD	word	memoria interna
V2010	numero_mm_x10	word	memoria interna
V3000	valor_set	word	memoria interna
V3010	1%	word	memoria interna
V3011	-1%	word	memoria interna
V3012	5%	word	memoria interna
V3013	-5%	word	memoria interna
V3014	-20%	word	memoria interna
V3015	set_hi	word	memoria interna
V3016	set_lo	word	memoria interna
V3017	set_hi_hi	word	memoria interna
V3020	set_lo_lo	word	memoria interna
V3021	set_activacion	word	memoria interna

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.4 Lógica de funcionamiento encendido y apagado de motores

Para encender los motores se utilizó la salida Y0 del PLC, activando un relé cuyo contacto normalmente abierto actúa como un pulso de cierre en el circuito de comando de contactores de fuerza. Para apagar los motores se utilizó la salida Y1 del PLC, energizando un relé cuyo contacto normalmente cerrado actúa como un pulso de corte en el circuito de fuerza.

Los pulsos de corte y cierre se logra activando memorias internas tipo bool del PLC (C3 y C4), estas marcas al detectar un pulso quedan activadas permanentemente y son desactivadas al transcurrir 1 segundo por un temporizador on-delay (T0), en cualquier momento los motores pueden ser desenergizados por el paro de emergencia (X0). La Figura 4.7 contiene las líneas de programación de lo descrito anteriormente.

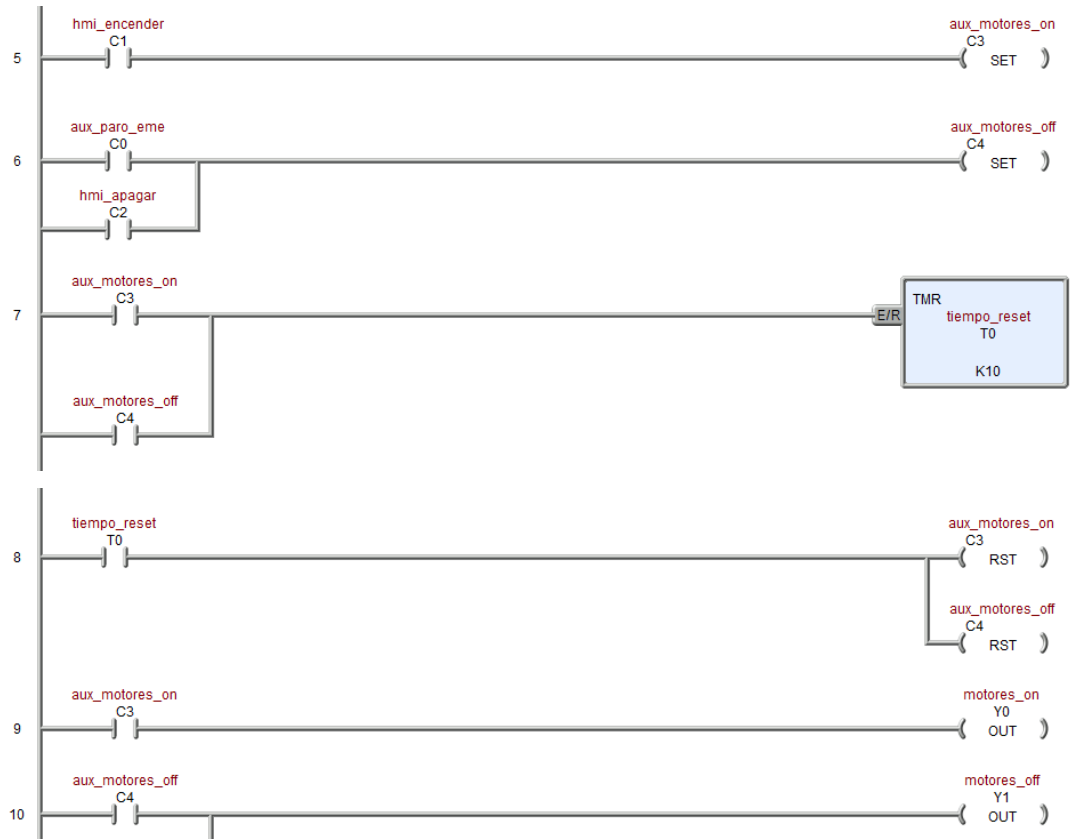


Figura 4.7 Configuración de enlace RS-232 en DirectSOFT 6

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.5 Lógica del procesamiento y escalamiento de señal analógica

Para el procesamiento y escalamiento de la señal analógica en el PLC koyo D0-06DR es necesario declarar el módulo a utilizar y en que memorias se van a grabar sus datos, para ello se utilizó el cuadro inteligente ANLGCMB IB-462. La Figura 4.8 refleja la declaración del módulo analógico de entradas y salidas adquirido y la Tabla 4.2 contiene los parámetros de configuración y la explicación.

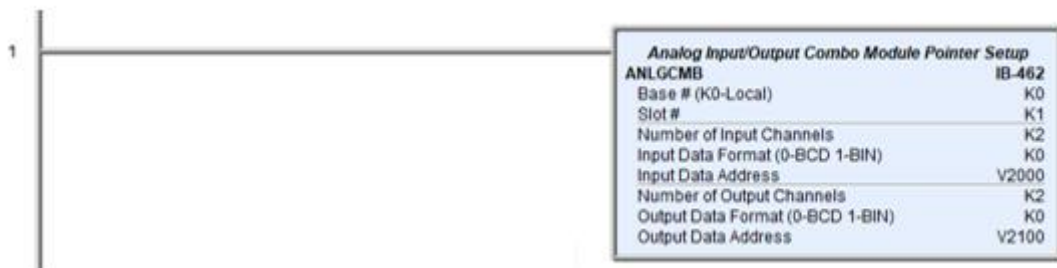


Figura 4.8 Declaración del módulo de entradas y salidas analógicas

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.2 Configuración cuadro ANLGCMB IB-462 (módulo analógico)

Parámetros	Configuración	Descripción
Base # (K0-local)	K0	Para PLC D0-06DR.
Slot #	K1	Especifica la ranura 1 de expansión del PLC.
Number of Input Channels	K2	Especifica la declaración de 2 entradas analógicas del módulo.
Input Data Format (0-BCD 1-BIN)	K0	Especifica el formato de dato de la entrada analógica en BCD.
Input Data Address	V2000	Especifica que la memoria V2000 será la inicial para guardar los datos de las entradas analógicas.
Number of Output Channels	K2	Especifica la declaración de 2 salidas analógicas del módulo
Output Data Format (0-BCD 1-BIN)	K0	Especifica el formato de dato de la salida analógica en BCD
Output Data Address	V2100	Especifica que la memoria V2100 será la inicial para guardar los datos de las salidas analógicas.

Fuente: Elaborado por el autor

Una vez configurado y declarado el módulo analógico, se procede a escalar el dato BCD almacenado en la memoria V2000 mediante un cálculo matemático y reflejar ese valor en V2100 como un número en unidades de ingeniería en este caso milímetros mediante la siguiente formula:

$$\text{Unidades de ingeniería} = A \frac{H - L}{4095} + L \quad (1)$$

H = Limite alto del rango de ingeniería

L = Limite bajo del rango de ingeniería

A = Valor analógico (0 – 4095)

4095 = Número decimal de resolución de la entrada analógica (12 bits)

Para determinar los limites alto y bajo de los rangos de ingeniería, fue indispensable analizar la carrera de medición que tiene el sensor Turck y transformarle a milímetros, adicional considerar el rango de medición 0-10 V y relacionarlo con los 12 bits y su número decimal.

Carrera: 30 pulgadas = 762 mm

Rango: 12 bits = 0 – 10 V = 0 - 4095

A continuación se realiza el cálculo matemático que va desarrollar el CPU del PLC Koyo D0-06DR para realizar el escalamiento en unidades de ingeniería:

$$H = 762 \text{ mm}$$

$$L = 0 \text{ mm}$$

$$A = 2450$$

$$\text{Unidades de ingeniería} = A \frac{H - L}{4095} + L \quad (2)$$

$$\text{Unidades de ingeniería} = 2450 \frac{762 \text{ mm} - 0 \text{ mm}}{4095} + 0 \text{ mm}$$

$$\text{Unidades de ingeniería} = 455,9 \text{ mm}$$

El cálculo del escalamiento en DirectSOFT se aprecia en la Figura 4.9, donde se utilizó el principio matemático mencionado anteriormente para escalar la señal del sensor y reflejarla en unidades milimétricas que necesita el proyecto implementar en la plegadora de tubos PROMECAM RG-406.



Figura 4.9 Escalamiento de señal analógica

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.6 Lógica del Set de calibración

Para el set de calibración el operador puede ingresar un valor con el que va a trabajar desde la pantalla táctil y grabarla en la memoria V3000 del PLC, con este valor se procede a realizar un cálculo de porcentaje para conseguir valores de set máximo, mínimo, pre máximo y pre mínimo, asignados en las memorias V3015, V3016, V3017 y V3020.

Las memorias internas V3015, V3016, V3017 y V3020 arrancan con valores default que son +1%, -1%, +5%, -5% respectivamente, las mismas que pueden ser modificadas por el supervisor de producción desde la pantalla táctil si es necesario, el resultado del cálculo de porcentaje es representado en las memorias V3010, V3011, V3012 y V3013. A continuación se realiza el cálculo que desarrolla la CPU del PLC para un porcentaje +1% y la Figura 4.10 muestra las líneas de programación.

Set point = 77 mm

Porcentaje (+1%) = 1,01

Set pre máximo = set point × porcentaje (+1%)

Set pre máximo = 77 mm × 1.01

Set pre máximo = 77,7 mm



Figura 4.10 Cálculo de *set point* pre máximo +1%

Fuente: Elaborado por el autor

Una vez determinados los valores de set máximos y mínimos, es necesario tomar acciones sobre el control de la plegadora, para ello se activarán alarmas de calibración en los set de pre y en los límites apagará los motores. Este análisis se realiza con el cuadro inteligente HILOAL IB-421, la Figura 4.11 refleja la línea de programación y la Tabla 4.3 contiene los parámetros de configuración y la explicación.

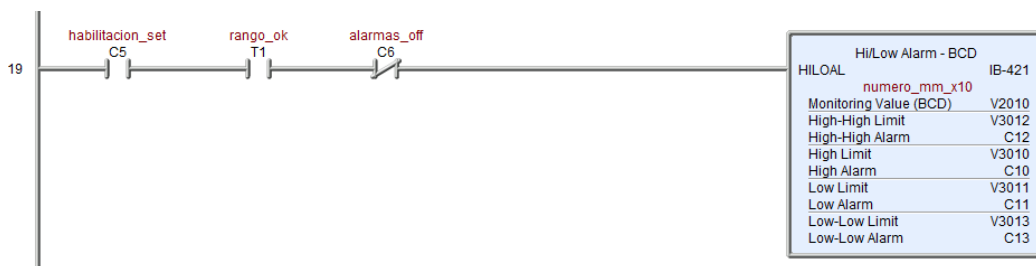


Figura 4.11 Configuración de alarmas límites de set

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.3 Configuración cuadro ANLGCMB IB-462 (módulo analógico)

Parámetros	Configuración	Descripción
Monitoring Value	V2010	Especifica la memoria del valor BCD
High-High Limit	V3012	Memoria que especifica el límite de alarma alta-alta
High-High Alarm	C12	Marca de activación de alarma alta-alta
High Limit	V3010	Memoria que especifica el límite de alarma alta
High Alarm	C10	Marca de activación de alarma alta
Low Limit	V3011	Memoria que especifica el límite de alarma baja
Low Alarm	C11	Marca de activación de alarma baja
Low-Low Limit	V3013	Memoria que especifica el límite de alarma baja-baja
Low-Low Alarm	C13	Marca de activación de alarma baja-baja

Fuente: Elaborado por el autor

4.3 PROGRAMACIÓN PANTALLA TOUCHWIN TG765-ET

La programación de la pantalla TG765-ET se desarrolla en el software TouchWIN Edit Tool, el cual maneja un medio amigable para la creación de ventanas y la inserción de objetos animados de control y visualización. Las principales funciones de TouchWIN Edit Tool que puede usar el programador están distribuidas en: barra de herramientas, árbol de proyecto, área de información y ventana de trabajo. La Figura 4.12 muestra el entorno del software.

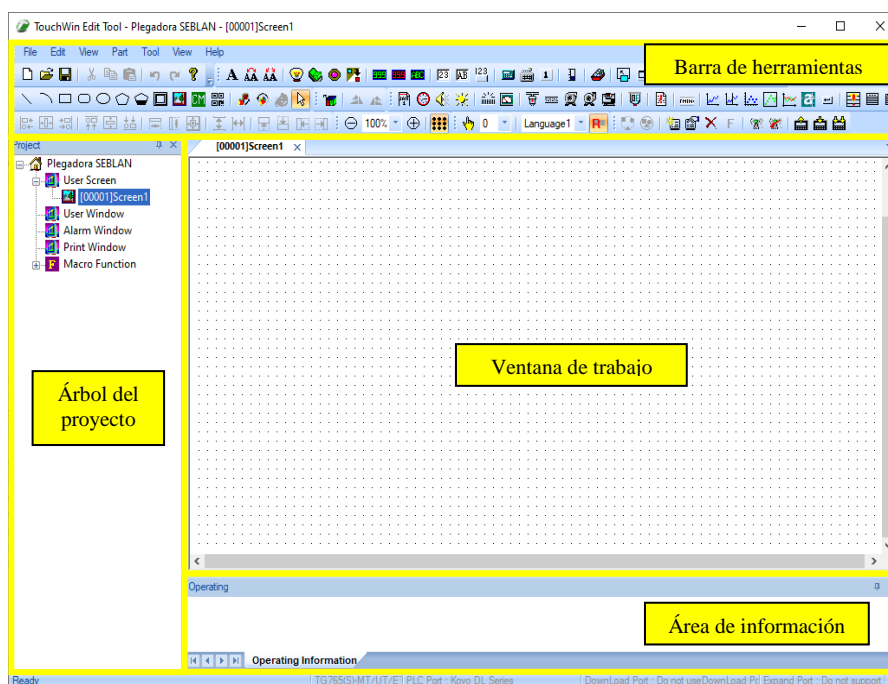


Figura 4.12 Entorno de trabajo de TouchWIN Edit Tool

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.1 Crear proyecto y comunicación en TouchWIN *Edit Tool*

Para la creación de un nuevo proyecto en TouchWIN *Edit Tool* se debe elegir en la barra de herramientas “File”, la opción "New" (Figura 4.13), a continuación se abrirá la ventana “Hmi” (Figura 4.14), aquí escoger el modelo del dispositivo a utilizar, para el desarrollo del proyecto se escogió “TG(S)-MT/UT/ET/XT/NT”.

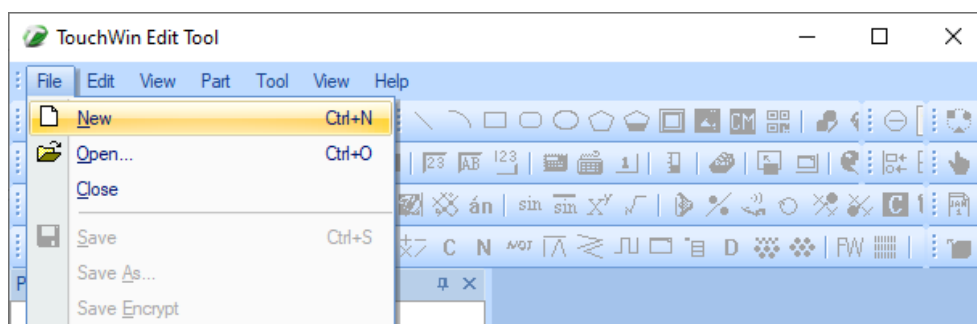


Figura 4.13 Crear proyecto en TouchWIN Edit Tool

Fuente: Elaborado por el autor

Al terminar de escoger el modelo de la pantalla y dar *click* en “siguiente” se direcciona a la ventana “device” (Figura 4.14), aquí se selecciona el controlador lógico programable con el cual se comunicará e intercambiará datos la pantalla TouchWIN TG765-ET, para el desarrollo del proyecto se escogió “Koyo DL Series”.

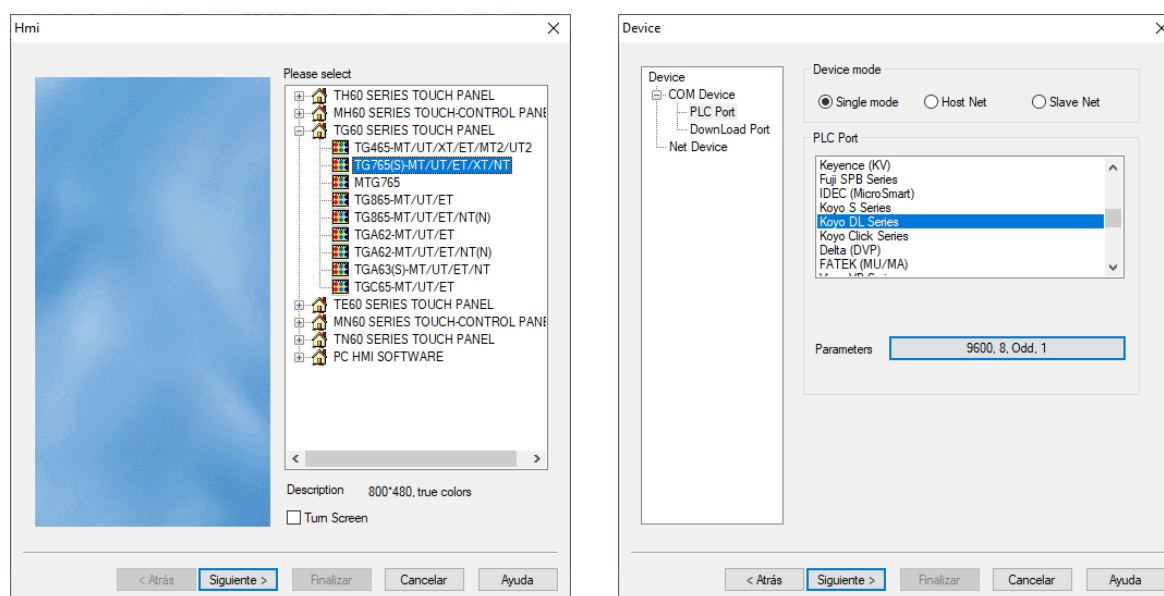


Figura 4.14 Selección de HMI y dispositivo en TouchWIN *Edit Tool*

Fuente: Elaborado por el autor

Adicional en la ventana “Device” también se configura los parámetros de comunicación Rs-232, en este proyecto se utilizó boude Rate (9600), parity (odd), Data Bits (8), Stop Bits (1) la Figura 4.15 evidencia esta configuración, una vez ingresados los parámetros dar click en “siguiente” y aparece la ventana “Project” aquí se da un nombre al proyecto y el proceso finaliza.

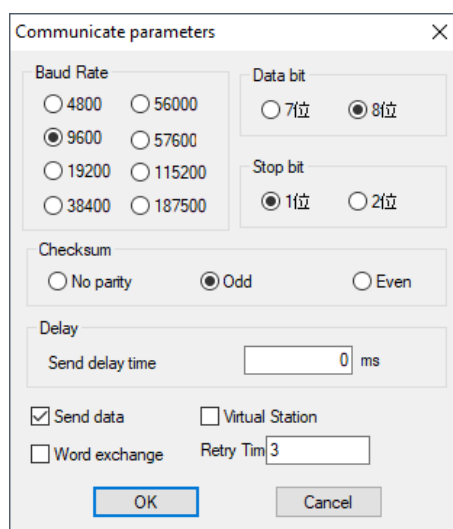


Figura 4.15 Configuración de enlace RS-232 en TouchWIN Edit Tool

Fuente: Elaborado por el autor.

4.3.2 Tags para el programa de TouchWIN TG765-ET

La Tabla 4.4 contiene los tags utilizados en TouchWIN Edit Tool para la programación de la pantalla TG765-ET, estos se relacionan directamente con el nombre, tipo de dato y dirección de las variables asignados al PLC koyo D0-06DR, además de la descripción de lo que es cada Tag creado.

Tabla 4.4 Tags del programa (TouchWIN TG765-ET)

Dirección	Nombre	Tipo de dato	Descripción
C0	aux_paro_eme	bool	Activación de mensaje en tabla alarmas
C1	hmi_encender	bool	Pulsador virtual para encender motores
C2	hmi_apagar	bool	Pulsador virtual para apagar motores
C5	habilitacion_set	bool	Botón virtual que habilita trabajar con set
C7	motor_hmi	bool	Motores virtuales
C10	alarma_max	bool	Activación de mensaje en tabla alarmas

Continuación **Tabla 4.4** *Tags* del programa (TouchWIN TG765-ET)

C11	alarma_min	bool	Activación de mensaje en tabla alarmas
C12	alarma_lim_max	bool	Activación de mensaje en tabla alarmas
C13	alarma_lim_min	bool	Activación de mensaje en tabla alarmas
C30	cargar_datos_def	bool	Botón virtual que deshabilita datos default
V2000	numero_BCD	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V2010	numero_mm_x10	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V3000	valor_set	word	Escribe dato para la memoria interna
V3010	1%	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V3011	-1%	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V3012	5%	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V3013	-5%	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V3014	-20%	word	Visualiza el dato de la memoria interna
V3015	set_hi	word	Escribe dato para la memoria interna
V3016	set_lo	word	Escribe dato para la memoria interna
V3017	set_hi_hi	word	Escribe dato para la memoria interna
V3020	set_lo_lo	word	Escribe dato para la memoria interna
V3021	set_activacion	word	Escribe dato para la memoria interna

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.3 Pantallas HMI del proyecto

El desarrollo de las pantallas HMI para el proyecto se realizó según la necesidad y la comodidad de operación que el sistema necesita, se crearon 6 pantallas HMI: inicio, control de motores, calibración, visualización de variables, visualización de alarmas y configuración.

- **Pantalla de inicio**




La pantalla de inicio es la principal, es decir desde aquí es posible dar salto al resto de pantallas HMI, además cuenta con la visualización de fecha, hora y un botón que accede a la configuración del mismo. La Figura 4.16 muestra la pantalla de inicio del HMI y la Tabla 4.5 contiene una descripción y función que cumplen los objetos que componen esta ventana de operación.



Figura 4.16 Pantalla de inicio

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.5 Descripción de objetos de la pantalla inicio

Objeto	Función
MOTORES	Al presionar realiza el salto a la pantalla control de motores
CALIBRACIÓN	Al presionar realiza el salto a la pantalla calibración
VARIABLES	Al presionar realiza el salto a la pantalla visualización de variables
	Al presionar realiza el salto a la pantalla visualización de alarmas
	Al presionar permite actualizar la hora y fecha
	Al presionar realiza el salto a la pantalla configuración
2020 / 02 / 09	Visualización de la fecha
14 : 11 : 10	Visualización de la hora

Fuente: Elaborado por el autor

Al presionar el botón de ajuste de reloj y fecha hace un salto a la pantalla que muestra la Figura 4.17, aquí es posible ajustar mediante un teclado virtual los datos de día, mes, año, hora, minuto y segundo.

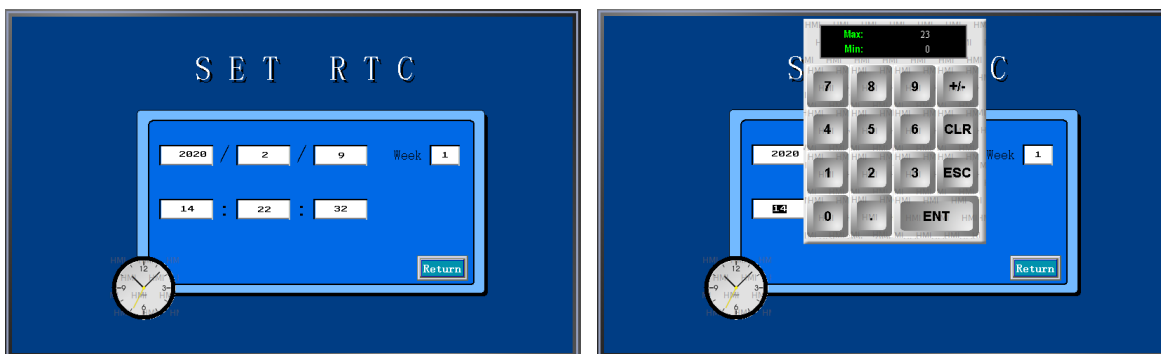


Figura 4.17 Configuración reloj y fecha

Fuente: Elaborado por el autor

El acceso a la pantalla configuraciones está restringida para los operadores, solo puede acceder el administrador o supervisor ya que es necesario el ingreso de contraseña, cuando la clave de seguridad (1234) es correctamente ingresada realiza el salto, la Figura 4.18 muestra el proceso de ingreso donde se visualiza el teclado para ingresar el código.



Figura 4.18 Ingreso a la pantalla configuraciones

Fuente: Elaborado por el autor

- **Pantalla control de motores**



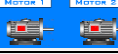


Esta pantalla permite controlar el encendido y apagado de los motores desde la interfaz hombre máquina y visualizar un objeto de confirmación de su arranque. La Figura 4.19 muestra la pantalla control de motores del HMI y la Tabla 4.6 contiene una descripción y función que cumplen los objetos que componen esta ventana de operación.



Figura 4.19 Pantalla control motores

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.6 Descripción de objetos de la pantalla control motores

Objeto	Función
	Al presionar enciende los motores de la plegadora
	Al presionar apaga los motores de la plegadora
	Visualiza que los motores fueron encendidos
	Al presionar realiza el salto a la pantalla calibración
	Al presionar realiza el salto a la pantalla inicio

Fuente: Elaborado por el autor

- **Pantalla calibración**

La pantalla calibración permite visualizar la medición milimétrica que está recolectando el sensor y la obtención de una gráfica que simula el efecto de inclinación que está sufriendo la mesa de la plegadora, además es posible ingresar un set point de calibración y elegir trabajar con o sin él. La Figura 4.20 muestra la pantalla calibración del HMI y la Tabla 4.7 contiene una descripción y función que cumplen los objetos que componen esta ventana de operación.

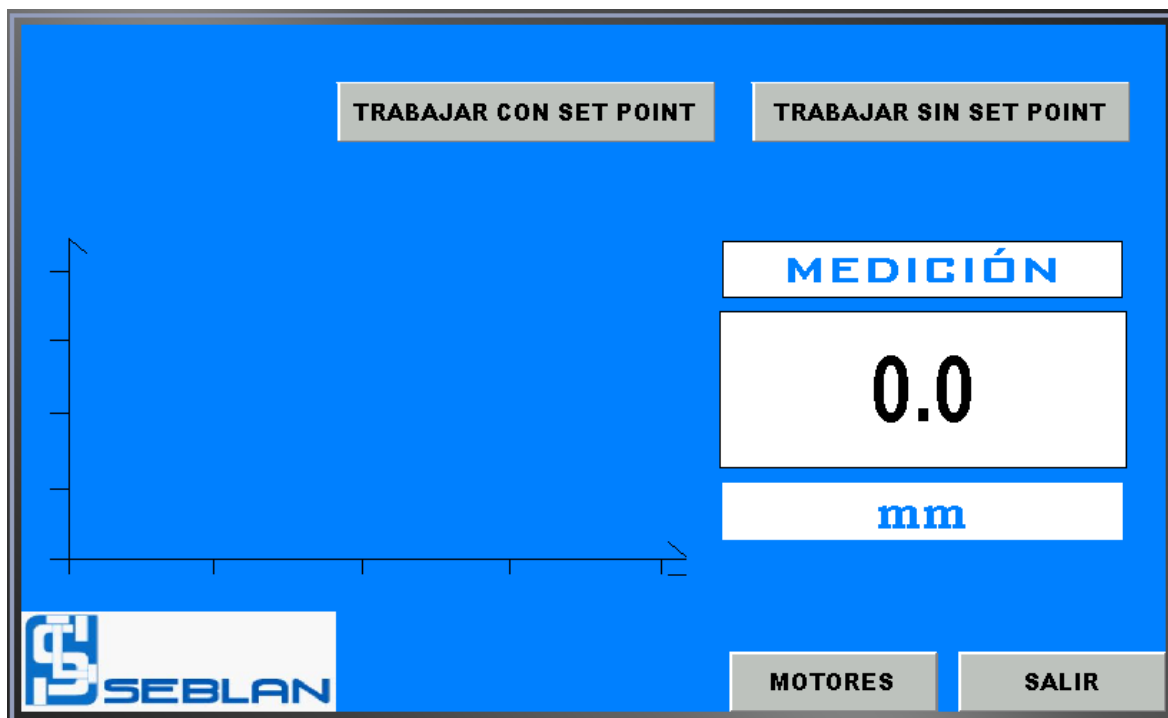


Figura 4.20 Pantalla calibración

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.7 Descripción de objetos de la pantalla calibración

Objeto	Función
	Permite ingresar un dato de set point
	Al presionar habilita algoritmos para trabajar con set point
	Al presionar deshabilita el set point
	Visualiza la medición milimétrica
	Visualiza el efecto de inclinación de la mesa plegadora
	Al presionar realiza el salto a la pantalla control de motores
	Al presionar realiza el salto a la pantalla inicio

Fuente: Elaborado por el autor

El trabajar con set point trata de tener un control de seguridad sobre la máquina y la producción porque se habilita lógica de programación que activa alarmas y hasta envía apagar los motores. El set point es un número ingresado por el operador mediante un teclado virtual, la Figura 4.21 muestra el proceso para ingresar el valor.

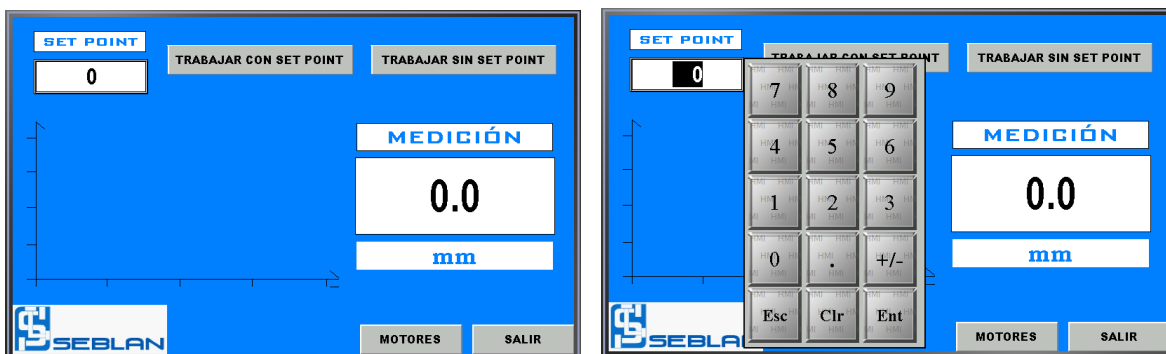


Figura 4.21 Trabajar e ingresar set point

Fuente: Elaborado por el autor

- **Pantalla visualización de variables**











La pantalla visualización de variables permite al operador observar los datos de configuración para trabajar con set point, aquí se puede apreciar la señal analógica en BCD, la medición en milímetros, el seteo de calibración y los valores calculados para los límites de trabajo. La Figura 4.22 muestra la pantalla visualización de variables del HMI y la Tabla 4.8 contiene una descripción y función que cumplen los objetos que componen esta ventana de operación.



Figura 4.22 Pantalla visualización de variables

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.8 Descripción de objetos de la pantalla visualización de variables

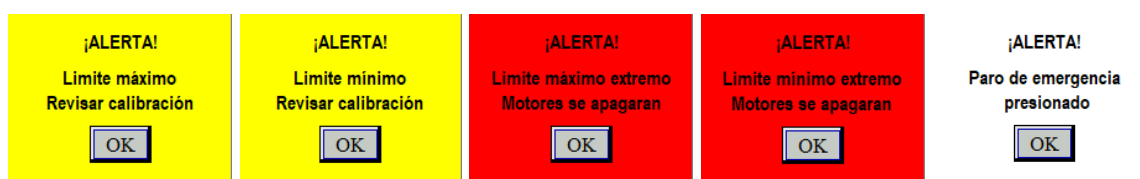
Objeto	Función
	Visualiza el número BCD que otorga el sensor
	Visualiza la medición milimétrica del sistema
	Visualiza el valor ingresado en set point
	Visualiza el # calculado para límite máximo
	Visualiza el # calculado para límite mínimo
	Visualiza el # calculado para límite máximo extremo
	Visualiza el # calculado para límite mínimo extremo
	Visualiza el # que activa el control de niveles
	Al presionar realiza el salto a la pantalla calibración
	Al presionar realiza el salto a la pantalla inicio

Fuente: Elaborado por el autor

- **Pantalla visualización de alarmas**

La pantalla visualización de alarmas permite al operador observar las alarmas que se fueron activando durante la operación de la plegadora registrando hora y fecha de su accionamiento. La Figura 4.24 muestra la pantalla visualización de alarmas y la Tabla 4.9 contiene una descripción y función que cumplen los objetos que componen esta ventana.

En la tabla de visualización de alarmas se registrarán 5 mensajes que se refieren a la activación de límites y paro de emergencia presionado, aparte de registrar las alarmas en la tabla, también aparecerá un mensaje en todas las pantallas que alarma fue activada y la posible solución al problema. La Figura 4.23 muestra los mensajes de alerta mencionados anteriormente.

**Figura 4.23** Mensajes de alarma

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.24 Pantalla visualización de alarmas

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.9 Descripción de objetos de la pantalla visualización de alarmas

Objeto	Función						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FECHA-HORA</th> <th>EVENTO</th> <th>TIEMPO AFIRMACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	FECHA-HORA	EVENTO	TIEMPO AFIRMACION				Registra la activación de una alarma
FECHA-HORA	EVENTO	TIEMPO AFIRMACION					
<table border="1"> <tr> <td>SALIR</td> </tr> </table>	SALIR	Al presionar realiza el salto a la pantalla inicio					
SALIR							

Fuente: Elaborado por el autor

• **Pantalla Configuraciones**








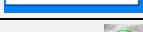





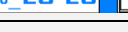


Para la pantalla de configuraciones su acceso es restringido y solo personal autorizado puede ingresar utilizando una clave de seguridad. La idea primordial de esta pantalla es poder manipular los porcentajes para los límites de trabajo alto y bajo que necesita operar la plegadora ya sea por precisión en la producción o casos especiales de operación. La Figura 4.25 muestra la pantalla configuraciones del HMI y la Tabla 4.10 contiene una descripción y función que cumplen los objetos que componen esta ventana de operación.



Figura 4.25 Pantalla configuraciones

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.10 Descripción de objetos de la pantalla visualización de variables

Objeto	Función
 0	Visualiza el número BCD que otorga el sensor
 0.0	Visualiza la medición milimétrica del sistema
 0	Visualiza el valor ingresado en set point
 0.0	Visualiza el # calculado para límite máximo
 0.0	Visualiza el # calculado para límite mínimo
 0.0	Visualiza el # calculado para límite máximo extremo
 0.0	Visualiza el # calculado para límite mínimo extremo
 0.0	Visualiza el # que activa el control de niveles
	Permite activar valores de cálculos default
	Permite desactivar valores de cálculos default
 0	Ingresa el valor en porcentaje límite máximo
 0	Ingresa el valor en porcentaje límite mínimo
 0	Ingresa el valor en porcentaje límite máximo extremo
 0	Ingresa el valor en porcentaje límite mínimo extremo
 0	Ingresa el valor en porcentaje que activa el control de niveles
	Al presionar realiza el salto a la pantalla inicio

Fuente: Elaborado por el autor

El procedimiento de manipulación de los límites se lo realiza presionando el pulsador verde, a continuación habilita la entrada de datos manual y con un teclado virtual se puede ingresar un valor de set que el usuario desee, el pulsador rojo deshabilita la entrada de datos y carga los valores predeterminados que son +1%, -1%, +5%, -5% y -20%. La Figura 4.26 contiene el proceso de modificación de configuraciones de límites.



Figura 4.26 Modificar configuraciones

Fuente: Elaborado por el autor

4.4 IMPLEMENTACIÓN

La implementación del proyecto trata de la instalación del gabinete eléctrico, montaje de sensor Turck, con sus respectivas conexiones eléctricas. Para desarrollar esta actividad fue necesario coordinar con el área de producción para el paro de la plegadora y no interrumpir la planificación de producción de Industrias Seblan.

4.4.1 Instalación del gabinete eléctrico

La instalación del gabinete eléctrico se lo realizó al lado izquierdo del tablero de fuerza de la máquina, lugar elegido por los trabajadores de la plegadora PROMECAM RG-406 ya que es un sitio estratégico para las maniobras de operación que necesita el proceso de producción.

La fijación se la realizó en la estructura de la mesa de la plegadora y se procedió a realizar el cableado eléctrico para el sensor y las conexiones de alimentación y control tanto para el gabinete nuevo y el ya existente. La Figura 4.27 muestra el trabajo de instalación completo.



Figura 4.27 Instalación del gabinete en la plegadora

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.2 Instalación sensor Turck LT30EQ21LU0X3H1141

Para la instalación del sensor en la plegadora se identificó el lugar adecuado para su operación, considerando la captación idónea de la desviación de mesa y a la vez esté protegido contra factores ambientales. La instalación se la realizó en la parte subterránea de la máquina al extremo norte. Fue necesario la fabricación de soportes y anclajes a la pared en la Figura 4.28 se aprecia el resultado de instalación en sitio.



Figura 4.28 Instalación del sensor Turck en la plegadora

Fuente: Elaborado por el autor

4.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.5.1 Pruebas en laboratorio

Antes de iniciar la construcción del gabinete eléctrico y montaje del sensor en el sitio, se realizó una prueba de laboratorio para constatar el funcionamiento de los dispositivos y validar que el programa funcione correctamente. Para realizar las pruebas de laboratorio se armó el circuito en una mesa de trabajo (Figura 4.29) y se fue desplazando el sensor manualmente para obtener varias mediciones y compararlas con un calibrador, obteniendo resultados satisfactorios con un error en décimas de milímetro, la Tabla 4.11 muestra los resultados.



Figura 4.29 Prueba de funcionamiento en laboratorio

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.11 Resultados de las pruebas en laboratorio

Medición HMI	Medición calibrador	Error
0 mm	0 mm	0 mm
5,1 mm	5,05 mm	0,05 mm
40,4 mm	40.3	0.1 mm
78,7 mm	78,7 mm	0 mm
115,1 mm	115,2 mm	0,1 mm
201 mm	201 mm	0 mm
278,3 mm	278,5 mm	0.2 mm
475,4 mm	475,5 mm	0,1 mm
712 mm	711,9 mm	-0,1 mm

Fuente: Elaborado por el autor

4.5.2 Pruebas de funcionamiento en sitio

Después de la instalación del gabinete, cableado y montaje del proyecto ya en la plegadora PROMECAM RG-406 se procedió realizar las pruebas de funcionamiento en sitio los resultados alcanzados fueron de conformidad para el encendido y apagado de motores, alarmas, ingreso de datos, cálculos de límites.

La no conformidad se presentó en la medición que estaba reflejando el HMI con respecto a la medición que daba un calibrador, el error encontrado era de 5 milímetros bastante considerable para el proceso de plegado de tubos. La Figura 4.30 evidencia el desfase de 5,3 milímetros, el calibrador muestra 77.6 mm y el HMI 73,3 mm.



Figura 4.30 No conformidad en las pruebas de funcionamiento

Fuente: Elaborado por el autor

Para solucionar la no conformidad en el sistema de medición, fue necesario modificar el programa del PLC, aumentando la constante que ayuda en el cálculo de transformación de BCD a número de ingeniería, la Figura 4.31 muestra el cambio realizado en el programa donde se cambió el valor K de 762 a 810.

Para constatar que el cálculo y medida en el HMI es el correcto se procedió a realizar varias mediciones con la ayuda de un calibrador digital, determinando que la falla fue solucionada y la medición ya es la correcta. Concluyendo satisfactoriamente con las pruebas de funcionamiento la Tabla 4.12 contiene la información de las mediciones realizadas.

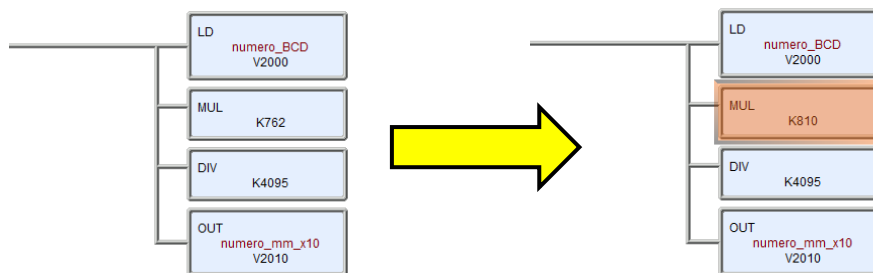


Figura 4.31 Cambio de constante en el programa

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.12 Resultados de las pruebas en sitio

Calibrador	HMI	Error	Medición con calibrador	Medición en el HMI
77,02 mm	76,9 mm	0,12 mm		
77,01 mm	76,9 mm	0,11 mm		
77,01 mm	76,9 mm	0,11 mm		
77,01 mm	76,9 mm	0,11 mm		
77,01 mm	76,9 mm	0,11 mm		
77,02 mm	76,9 mm	0,12 mm		
77,02 mm	76,9 mm	0,12 mm		
77,01 mm	76,9 mm	0,11 mm		
77,38 mm	77,3 mm	0,08 mm		
77,35 mm	77,3 mm	0,05 mm		
77,37 mm	77,3 mm	0,07 mm		
77,37 mm	77,3 mm	0,07 mm		
77,38 mm	77,3 mm	0,08 mm		
77,38 mm	77,3 mm	0,08 mm		
77,38 mm	77,3 mm	0,08 mm		
77,13 mm	77,1 mm	0.03 mm		
77,12 mm	77,1 mm	0.02 mm		
77,14 mm	77,1 mm	0.04 mm		
77,13 mm	77,1 mm	0.03 mm		
77,12 mm	77,1 mm	0.02 mm		
77,13 mm	77,1 mm	0.03 mm		
77,13 mm	77,1 mm	0.03 mm		
77,13 mm	77,1 mm	0.03 mm		

Fuente: Elaborado por el autor

4.5.3 Puesta en marcha del proyecto

La puesta en marcha se hizo conjuntamente con el operador principal de la plegadora, para registrar los resultados de control y el funcionamiento del proyecto se elaboró un *check list* del cual sus resultados fueron exitosos sin ninguna novedad, la Tabla 4.13 contiene y refleja lo mencionado.

Tabla 4.13 *Check list* de puesta en marcha

ítem	Actividad	Cumplimiento		Plan de acción
		SI	NO	
1	Encender motores desde HMI	✓		Sin novedad
2	Apagar motores desde HMI	✓		Sin novedad
3	Funcionamiento paro de emergencia	✓		Sin novedad
4	Navegación por pantallas del HMI	✓		Sin novedad
5	Visualización de medición en milímetros	✓		Sin novedad
6	Comprobación de medida con calibrador	✓		Sin novedad
7	Ingreso de set point de calibración	✓		Sin novedad
8	Visualización automática de límites	✓		Sin novedad
9	Simulación de falla límite máximo	✓		Sin novedad
10	Simulación de falla límite mínimo	✓		Sin novedad
11	Simulación de falla límite máximo extremo	✓		Sin novedad
12	Simulación de falla límite mínimo extremo	✓		Sin novedad
13	Registro de fallas en tabla de alarmas	✓		Sin novedad
14	Aparición de mensajes cuando existe fallos	✓		Sin novedad
15	Validación de clave de seguridad	✓		Sin novedad
16	Habilitar modo de trabajo con set point	✓		Sin novedad
17	Deshabilitar modo de trabajo con set point	✓		Sin novedad
18	Modificación de porcentajes de límites manual	✓		Sin novedad
19	Validación de funcionamiento produciendo	✓		Sin novedad

Fuente: Elaborado por el autor

4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de concluir con la implementación del proyecto y sus respectivas pruebas de funcionamiento, es evidente que todo funciona correctamente y se obtuvo resultados importantes para la producción de postes cónicos de la empresa y fue posible consolidar un sistema de seguridad para los cilindros hidráulicos de la máquina. Cumpliendo el cronograma de actividades (ANEXO 1)

La implementación del proyecto es una herramienta importante para la protección de los dispositivos hidráulicos que conforman la plegadora, ya que el sistema detecta una desviación de los límites máximos y mínimos de calibración e inmediatamente apaga los motores de las bombas, consiguiendo de esta manera disminuir mantenimiento correctivo sobre la máquina.

El tiempo de calibración de la máquina de un producto a otro ha mejorado considerablemente desde el mes de diciembre 2019 que el proyecto ya fue implementado, en la Tabla 4.14 hay un análisis de tiempo que tardan en calibrar la plegadora desde el mes de octubre hasta el mes de enero. Y la Figura 4.32 muestra el promedio de tiempo mensual evidenciando que se logró disminuir tiempos de producción.

Tabla 4.14 Tiempo de calibración plegadora PROMECAM RG-406

Fecha	Nombre del producto	Tiempo	Promedio
09-09-2019	PCR-10-60-3 poste troncocónico redondo 10m	91 min	93 min
16-09-2019	PCR-6-60-3 poste troncocónico redondo 6m	87 min	
23-09-2019	PCR-3-60-3 poste troncocónico redondo 3m	85 min	
30-09-2019	PCR-12-124-4 poste troncocónico redondo 12m	112 min	
07-10-2019	PCR-10-60-3 poste troncocónico redondo 10m	102 min	97 min
16-10-2019	PCR-6-60-3 poste troncocónico redondo 6m	88 min	
18-10-2019	PCR-12-76-4 poste troncocónico redondo 12m	113 min	
24-10-2019	PCR-12-60-4 poste troncocónico redondo 12m	115 min	
31-10-2019	PCR-3.5-60-3 poste troncocónico redondo 3,5m	68 min	
06-11-2019	PCR-4-60-3 poste troncocónico redondo 4m	72 min	83 min
11-11-2019	PCR-6-60-3 poste troncocónico redondo 6m	91 min	
18-11-2019	PCR-5-60-3 poste troncocónico redondo 5m	87 min	
25-11-2019	PCR-6-60-3 poste troncocónico redondo 6m	83 min	
02-12-2019	PCR-12-76-4 poste troncocónico redondo 12m	90 min	72 min
16-12-2019	PCR-10-60-3 poste troncocónico redondo 10m	65 min	
20-12-2019	PCR-3.5-60-3 poste troncocónico redondo 3,5m	63 min	
06-01-2020	PCR-10-76-4 poste troncocónico redondo 10m	51 min	44 min
09-01-2020	PCR-6-76-3 poste troncocónico redondo 6m	48 min	
14-01-2020	PCR-5-60-3 poste troncocónico redondo 5m	39 min	
20-01-2020	PCR-10-60-4 poste troncocónico redondo 10m	54 min	
27-01-2020	PCR-3.5-60-3 poste troncocónico redondo 3,5m	32 min	
30-01-2020	PCR-6-60-3 poste troncocónico redondo 6m	45 min	

Fuente: Área producción industrias SEBLAN

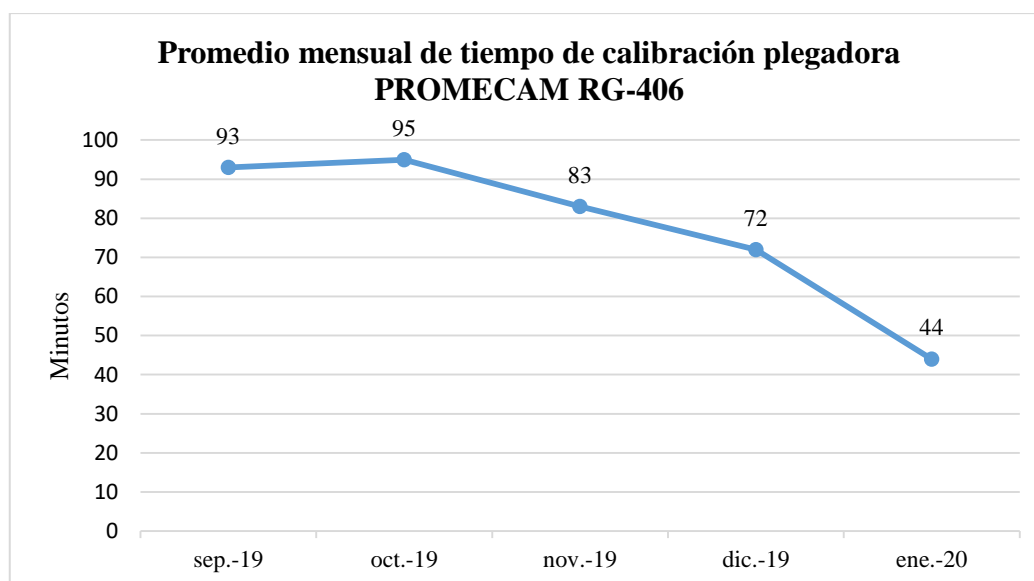


Figura 4.32 Promedio mensual de tiempo de calibración plegadora

Fuente: Elaborado por el autor

El tiempo de calibración de la plegadora para diferentes productos disminuyó en un 55% de lo que comúnmente se realizaba. Para el operador es más fácil calibrar y operar la máquina observando la medida que está teniendo en el HMI, siente confiabilidad y seguridad al realizar la actividad ya que no acude al calibrador para realizar la actividad de ajuste antes del proceso productivo.

Respecto al proyecto ejecutado la implementación ayudó en la disminución del tiempo de operación para la calibración de la plegadora, logrando un ahorro promedio de 40 minutos en esta actividad y que se ve reflejado en la producción de cuatro postes adicionales a lo que comúnmente se producía por lote de fabricación.

Considerando que la máquina es calibrada una vez a la semana y en un mes se fabricaron cuatro productos de mayor rotación (PCR-10-76-4, PCR-6-76-4, PCR-10-60-4 y PCR-6-60-4) postes troncocónico de 10 y 6 metros respectivamente con un costo unitario en el mercado de 480 y 390 dólares. Industrias Seblan al fabricar 4 postes más en su lote de producción está generando 6.960 dólares adicionales a su utilidad mensual, manteniendo el mismo egreso por mano de obra y conservando su horario de trabajo de 5 días a la semana y 8 horas diarias.

CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de funcionamiento de la plegadora PROMECAM RG-406 y considerando condiciones ambientales y operativas, se eligió al sensor de posición lineal Turck LT30EQ21LU0X3H1141 como la mejor opción para la indicación punto a punto de los cambios que sufre la mesa en el proceso de calibración, ya que satisface necesidades de resolución, rango de medición y escalamiento en décimas de milímetro.
- La información y comparación de datos técnicos como memoria, entradas/salidas digitales y analógicas, tipo de comunicación y pensando en el crecimiento industrial, fueron los factores que ayudaron a escoger el PLC Koyo D0-06DR para crear la lógica de funcionamiento y el escalamiento de variables.
- La selección de la pantalla táctil se involucra directamente con el PLC por aspectos de comunicación y compatibilidad, es por eso que se eligió a TouchWin TG765-ET que permitió comunicarse con el controlador mediante RS-232, desarrollar la interfaz hombre máquina y además la memoria sustenta la necesidad de crecimiento.
- El diseño consolidó la idea del proyecto, el utilizar cálculos eléctricos para dimensionar protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos, Autocad Electrical para la creación de diagramas eléctricos y distribución del tablero, el desarrollo de diagramas de flujo para la programación, fueron los ejes fundamentales para alcanzar el objetivo principal.
- El materializar el proyecto en base al diseño resultó fácil, los software de programación tanto para el PLC y la pantalla validaron la lógica de funcionamiento y cumplió las necesidades que se quería obtener sobre la plegadora de tubos PROMECAM RG-406.

- Se consiguió efectuar satisfactoriamente las pruebas de funcionamiento y puesta en marcha del sistema de calibración en la plegadora de tubos, con la comparación de medidas entre el HMI y el calibrador, que ayudó a dar el ajuste fino al escalamiento de la señal analógica y reflejarlo en número milimétrico.
- Se logró disminuir en un 55% el tiempo de calibración de la plegadora que se refleja en un ahorro de 40 minutos de producción por lote, esto significa la fabricación de 4 postes troncocónicos más, evidenciando un ingreso adicional de 6.960 dólares cada mes para industrias Seblan, sin aumentar el egreso por mano de obra y manteniendo su horario de trabajo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incluir al sensor y gabinete eléctrico en el plan trimestral de mantenimiento preventivo de la plegadora y realizar actividades de ajuste de terminales y limpieza, con el fin de alargar la vida útil del sistema y la medición sea siempre confiable.
- Considerar semestralmente la verificación del sistema de medición, comparando la medida que refleja el HMI con respecto a lo que se obtiene con un calibrador y está siempre sea similar y sin desviación mayor o menor a la décima de milímetro.
- Es fundamental instalar una baliza sonora y lumínica, que muestre a los operadores la activación de una alarma cuando el sistema detectó desfase en los límites máximos y mínimos en el proceso de plegado, ya que la alarma sonora de la pantalla se opaca por el ruido generado al interior de la planta.
- El tablero de fuerza de la plegadora contiene dispositivos antiguos y un arranque triangulo estrella para los motores, se recomienda reemplazar el gabinete eléctrico, incluir el control al PLC y cambiar el arranque por arrancadores suaves, de esta manera se conseguirá ahorro energético y mercado de repuestos eléctricos.
- Se recomienda adicionar un sensor inductivo de desplazamiento lineal al otro extremo de la máquina plegadora, con el fin de obtener un mayor control sobre el ángulo de desviación de la masa en el proceso de calibración y de fabricación de tubos menores a los 6 metros.
- Mantener la mejora continua en la plegadora de tubos y a largo plazo conseguir la automatización total de la máquina que será reflejado en el incremento productivo y en utilidad para Industrias Seblan.

BIBLIOGRAFÍA

Automationdirect.com™. (2007a): *Manual del usuario del PLC DL06 (Manual No.: D0-06USER-M-SP)*

Automationdirect.com™. (2007b): *Manual de módulos opcionales (Manual No: D0-OPTIONS-M-SP)*

Cabrera, A. (2018): *Optimización del proceso de producción de la empresa Imptek - Chova del Ecuador planta El Inga mediante la implementación de un sistema de calibración de espesores y control estadístico de procesos (SPC)*. Disponible en web: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14052> [Consulta: febrero de 2020]

Castiñeira, H. (2012): *Educación Tecnológica*. Disponible en web: <http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/sistemadecontrol/index%20sistemasdecontrol.htm> [Consulta: octubre de 2019]

Chillán, L. (2019): *Reingeniería del sistema de control automático de lavadora de botellas en línea 1 de la cervecería nacional*. Disponible en web: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2170> [Consulta: febrero de 2020]

Corrales, L. (2007): *Interfaces de comunicacion industrial*. Disponible en web: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10020> [Consulta: noviembre de 2019]

FIEE / EPN. (2010): *Recopilación de información del Controlador lógico programable*. Disponible en web: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9276> [Consulta: noviembre de 2019]

García, J. (2015): *Sistemas de control - lazo abierto - lazo cerrado*. Disponible en web: http://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado [Consulta: octubre de 2019]

Herrera Quiroz, J. (2004): *Control Industrial hacia un concepto moderno de la Automatización Industrial*. Disponible en web: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81> [Consulta: octubre de 2019]

Ipanaque, W. y E. Vásquez (1993): *La automática en aplicaciones industriales*. Disponible en web: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9663> [Consulta: noviembre de 2019]

Ogata, K. (1998): *Ingeniería de control moderno*, México, Pearson educación.

Schneider Electric. (2011): *Lista de precios Ecuador 2010/2011*

Turck Inc. (2004): *EZ track, Linear Measurement Solutions*. USA, Minneapolis

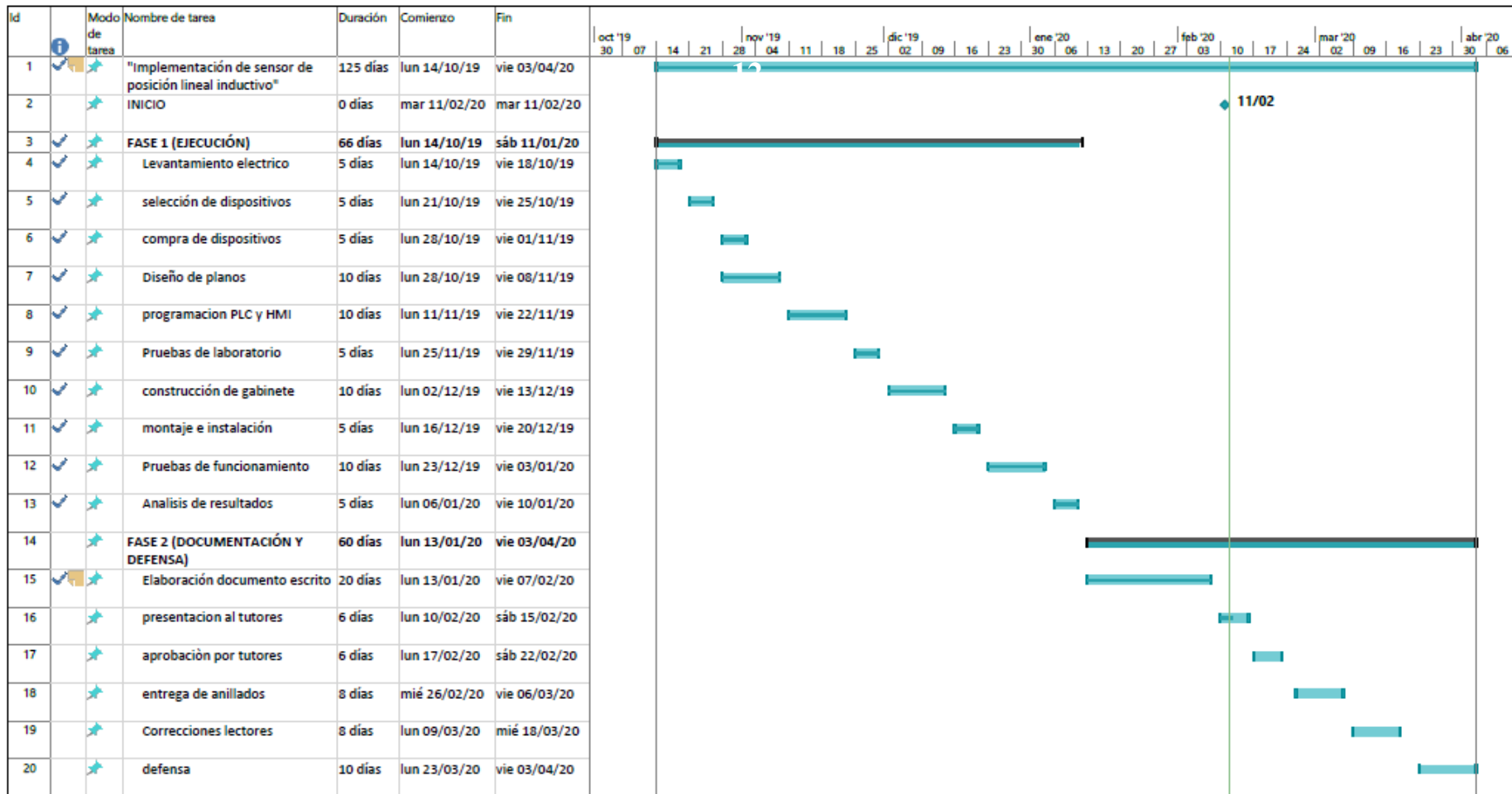
Ushiña, D. (2019): *Diseño e implementación de un posicionador horizontal y circular para soldadura mig en la empresa Indima S.A.* Disponible en web: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20162> [Consulta: febrero de 2020]

XINJE. (2013): *TouchWin edit tool User manual*, Korea, JS Systech Co., Ltd.

ANEXOS

ANEXO 1

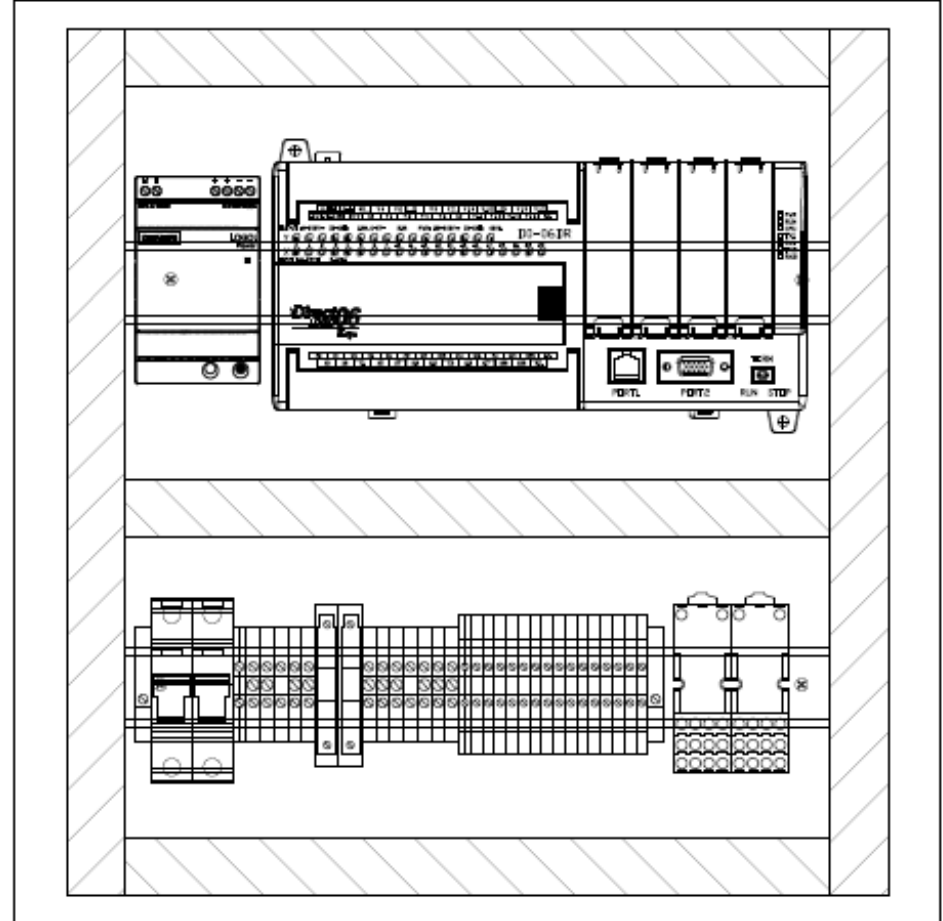
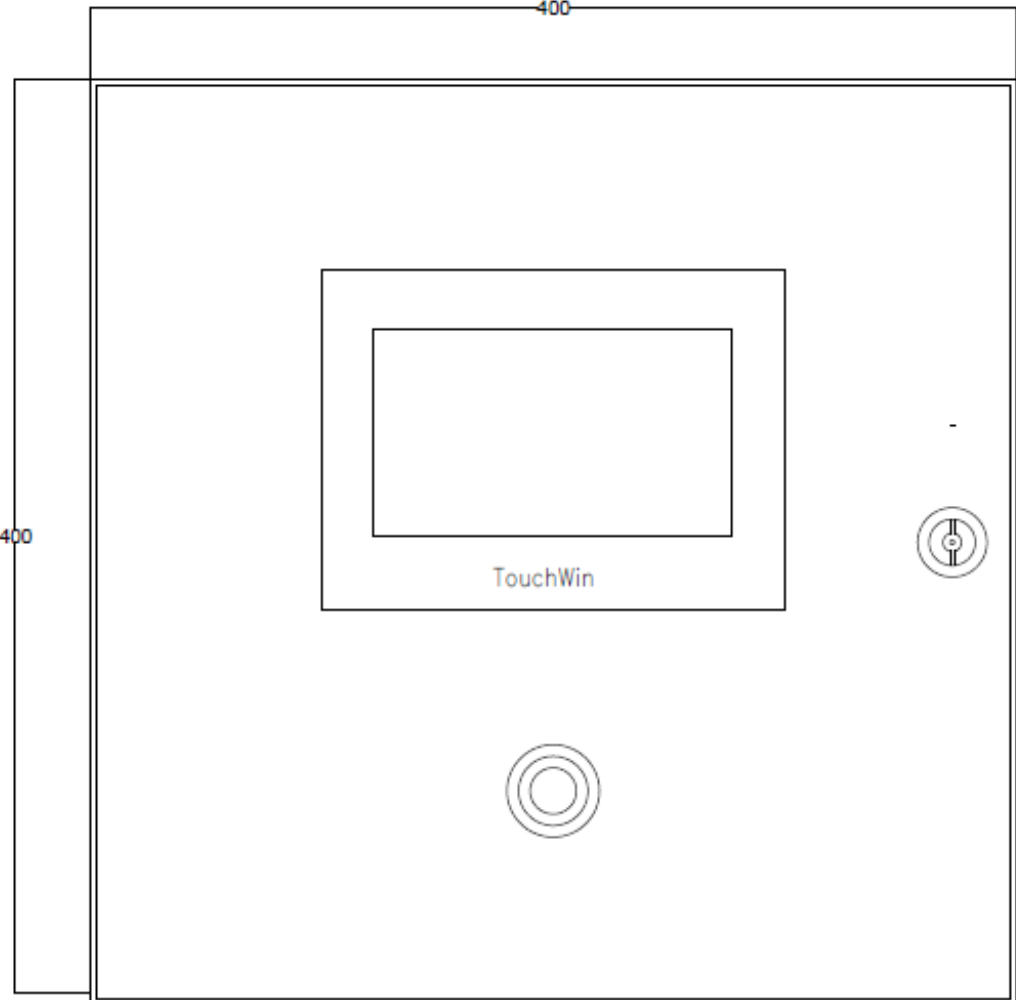
Cronograma de actividades



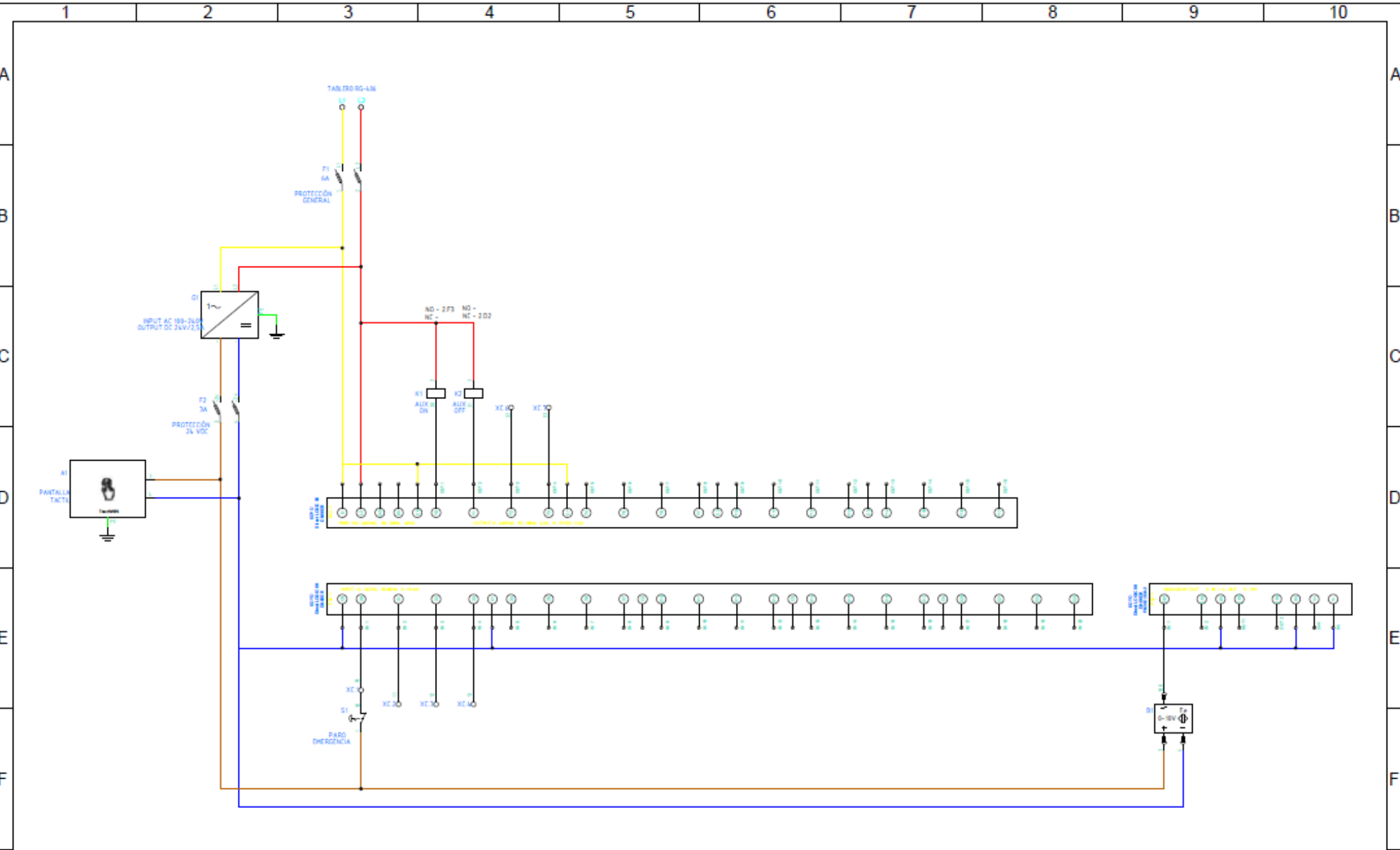
Proyecto: Simple Project Plan Fecha: mié 12/02/20	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual		
Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo				

ANEXO 2

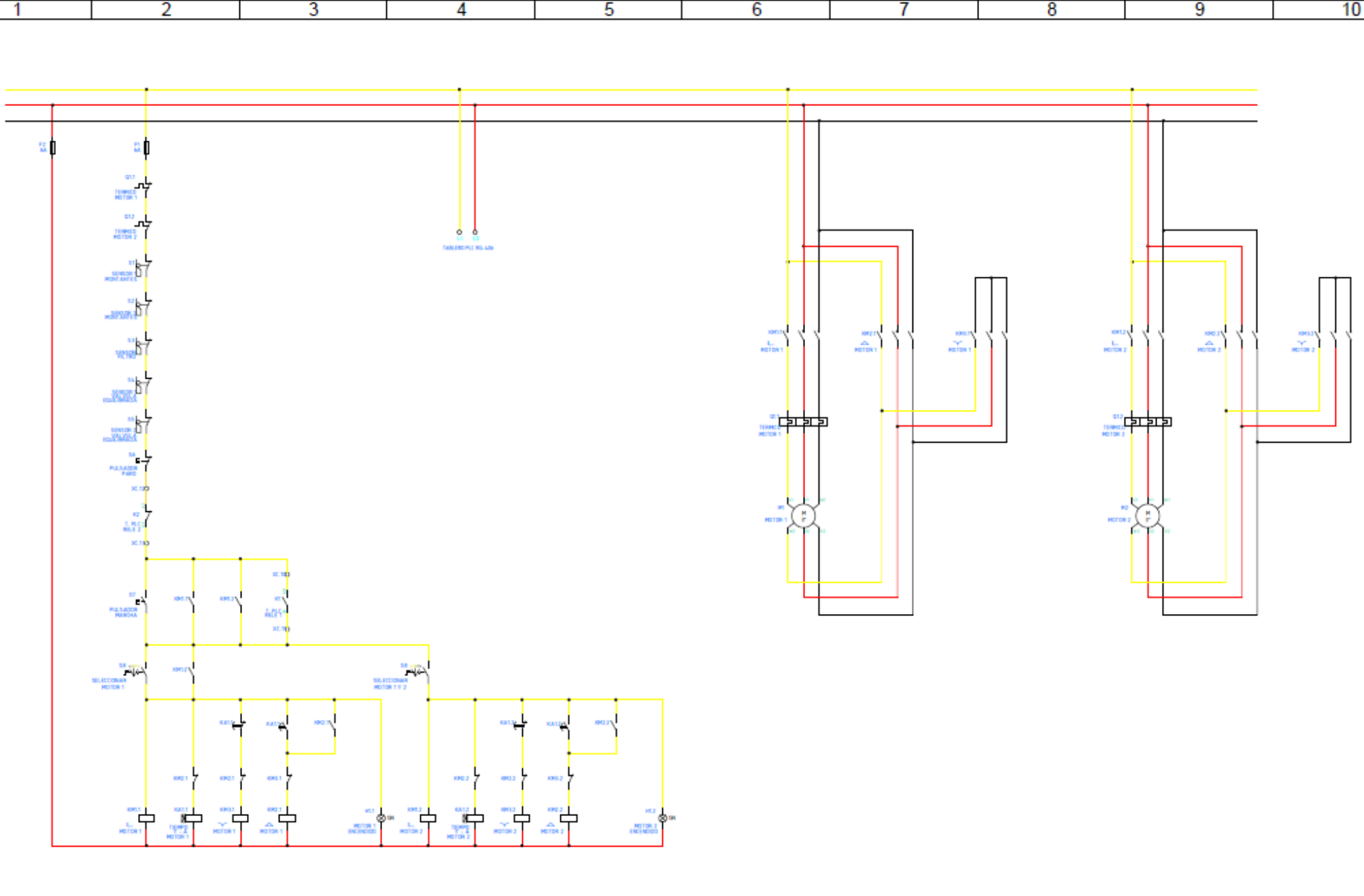
Planos eléctricos



NOTAS GENERALES	DOCUMENTOS DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA	CONTRATISTA:	CLIENTE:
	NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DEBIDO					
			0	Revisión					08-01-2020		PROYECTO: INDICADOR DE CALIBRACION EN PLEGADORA DESCRIPCION: TABLERO ELECTRICO DIAGRAMA FISICO
									08-01-2020		
									08-01-2020		
									08-01-2020		
									08-01-2020		
									08-01-2020	CÓDIGO INGENIERIA: TITULO: ESCALA:	PLANO: NUMERO: 01



NOTAS GENERALES		DOCUMENTOS DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FIRMA	FECHA	CONTRATISTA:	CLIENTE:
NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DEBIDO	REVISO	APROBO	DISEÑANTE:					
		0	Revisado					Daniel Seguros		08-01-2020		CUSEBLAN PROYECTO: INDICADOR DE CALIBRACION EN PLEGADORA DESCRIPCION: DIAGRAMA ELECTRICO TABLERO PLC	
								Daniel Seguros		08-01-2020			
								Ing. Wilmar Raciona		08-01-2020			
								Ing. Carlos Cumba		08-01-2020			
								Ing. José Luis Sebastián		08-01-2020			
<small> Este plano constituye un producto intelectual propiedad de UNIVERSIDAD ISRI/IEC. Queda expresamente prohibida su explotación económica o su explotación por terceros sin el consentimiento escrito de UNIVERSIDAD ISRI/IEC. Queda expresamente prohibida su explotación económica o su explotación por terceros sin el consentimiento escrito de UNIVERSIDAD ISRI/IEC. </small>								GERENTE DE PROYECTO: Ing. José Luis Sebastián		INVIADO: ESCALA:	PLANO NUMERO: 01	HOJA: 1 DE 2	REV.: 01



NOTAS GENERALES

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

REVISIONES

INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO

FIRMA

FECHA

CONTRATISTA

CLIENTE

NOTAS GENERALES

1. Este diagrama es una representación simplificada de un sistema de control. No debe utilizarse para fines de diagnóstico o reparación sin la supervisión de un técnico calificado.

2. Todos los componentes deben estar correctamente etiquetados y protegidos contra daños físicos y ambientales.

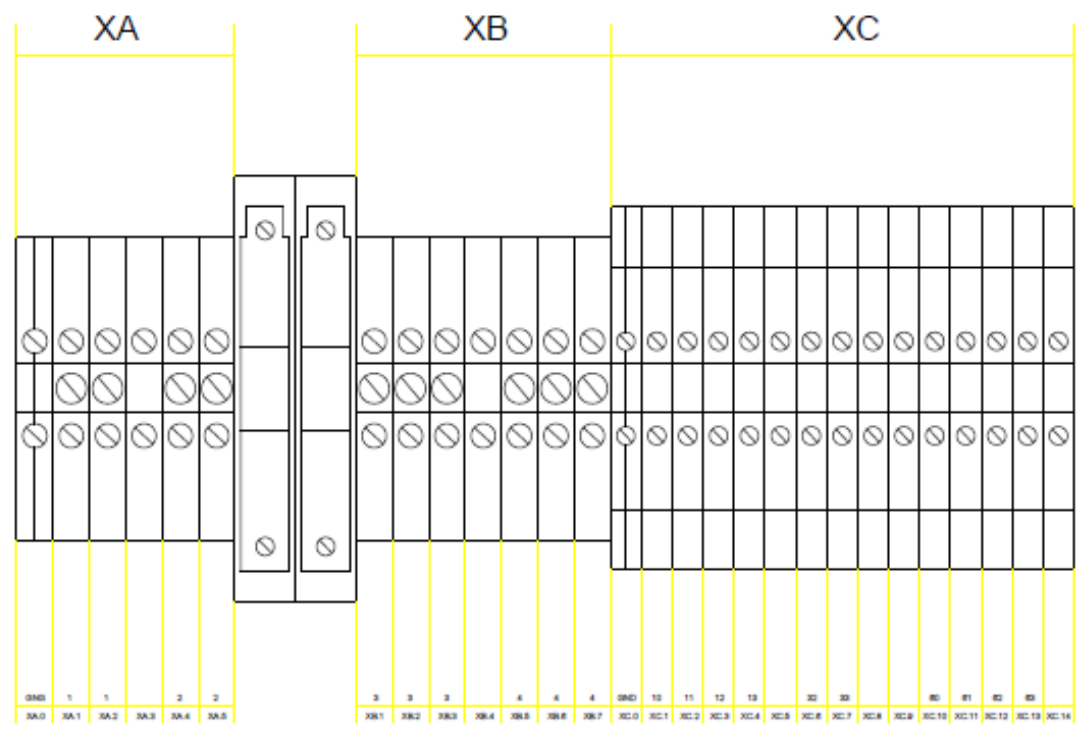
3. Se debe seguir estrictamente las normas de seguridad eléctrica durante la instalación y el mantenimiento.

4. Este diagrama es propiedad intelectual de la empresa contratista y no debe ser reproducido o distribuido sin su consentimiento escrito.

NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DEBIDO	REVISO	APROBO
01		D	Revisión				

INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
DISEÑANTE: Daniel Selguero		08-01-2020
DISEÑO DE OBRAS: Daniel Selguero		08-01-2020
REVISADO: Ing. Milad Realona		08-01-2020
DISEÑO DE PROYECTO: Ing. Carlos Cumba		08-01-2020
GERENTE DE PROYECTO: Ing. José Luis Sebastián		08-01-2020

CONTRATISTA	CLIENTE
UNIVERSIDAD ISRAEL	SEBLAN
CÓDIGO INGENIERÍA:	PROYECTO: INDICADOR DE CALIBRACION EN PLEGADORA
TÍTULO: ESCALA:	DISTRIBUCION: DIAGRAMA ELECTRICO TABLERO FUERZA Y CONTROL RG-008
PLANO NUMERO:	2 DE 2
REV:	01



- XA**
- XA.0 - GND - CONEXION A TIERRA
 - XA.1 - 1 - LINEA 1 - 220VAC
 - XA.2 - 1 - LINEA 1 - 220VAC
 - XA.3 - - - LIBRE
 - XA.4 - 2 - LINEA 2 - 220VAC
 - XA.5 - 2 - LINEA 2 - 220VAC
- XB**
- XB.1 - 3 - + 24VDC
 - XB.2 - 3 - + 24VDC
 - XB.3 - 3 - + 24VDC
 - XB.4 - - - LIBRE
 - XB.5 - 4 - -24VDC
 - XB.6 - 4 - -24VDC
 - XB.7 - 4 - -24VDC
- XC**
- XC.0 - GND - CONEXION A TIERRA
 - XC.1 - 10 - PARO DE EMERGENCIA
 - XC.2 - 11 - ENTRADA X0.1
 - XC.3 - 12 - ENTRADA X0.2
 - XC.4 - 13 - ENTRADA X0.3
 - XC.5 - - - LIBRE
 - XC.6 - 32 - SALIDA Y0.2
 - XC.7 - 33 - SALIDA Y0.3
 - XC.8 - - - LIBRE
 - XC.9 - - - LIBRE
 - XC.10 - 60 - CONTACTO NO K1
 - XC.11 - 61 - CONTACTO NO K1
 - XC.12 - 62 - CONTACTO NC K2
 - XC.13 - 63 - CONTACTO NC K2
 - XC.14 - - - LIBRE

NOTAS GENERALES

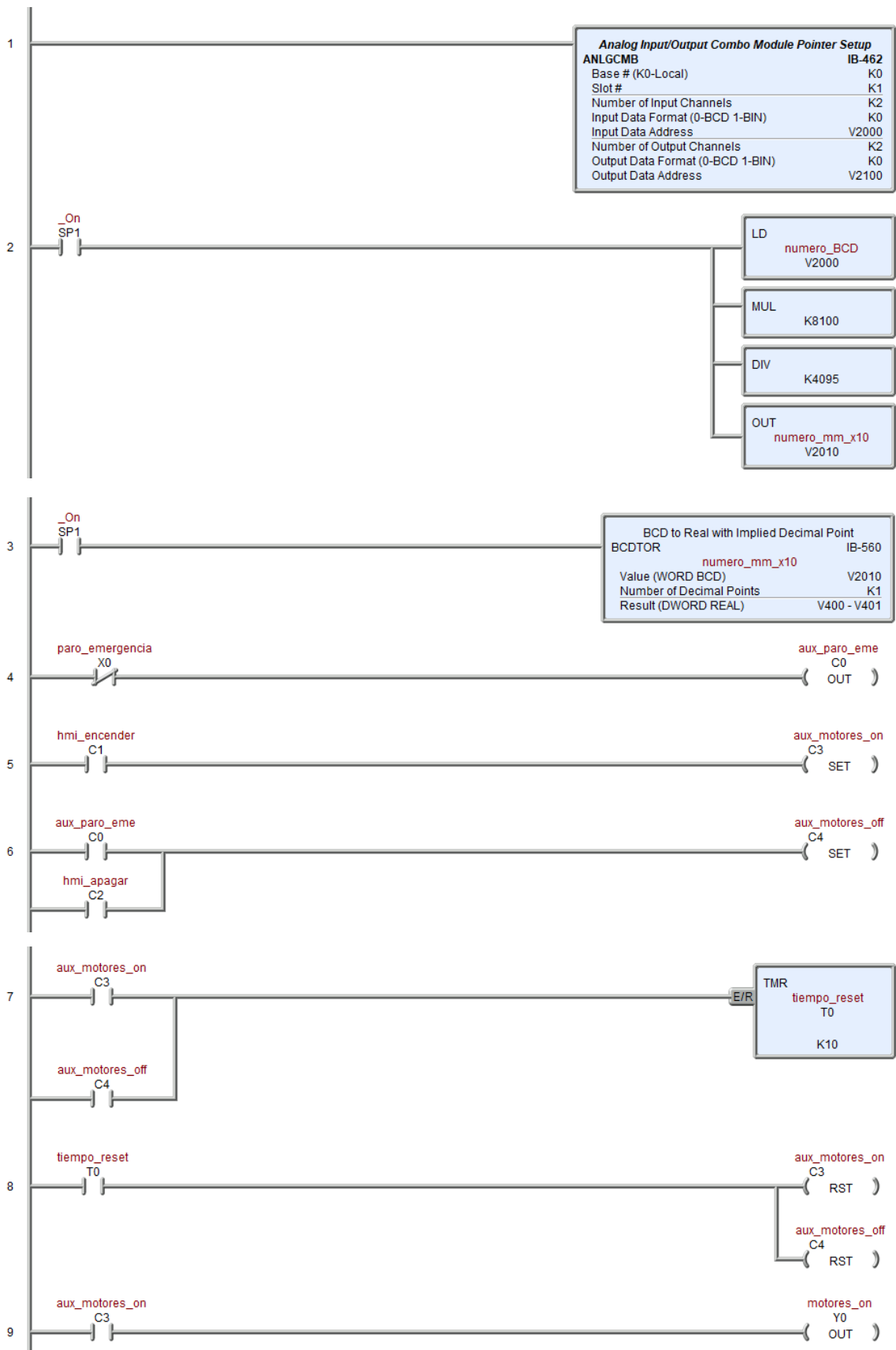
SE HA REALIZADO EL DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL CLIENTE. SE HA REALIZADO EL DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL CLIENTE. SE HA REALIZADO EL DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL EN CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS DEL CLIENTE.

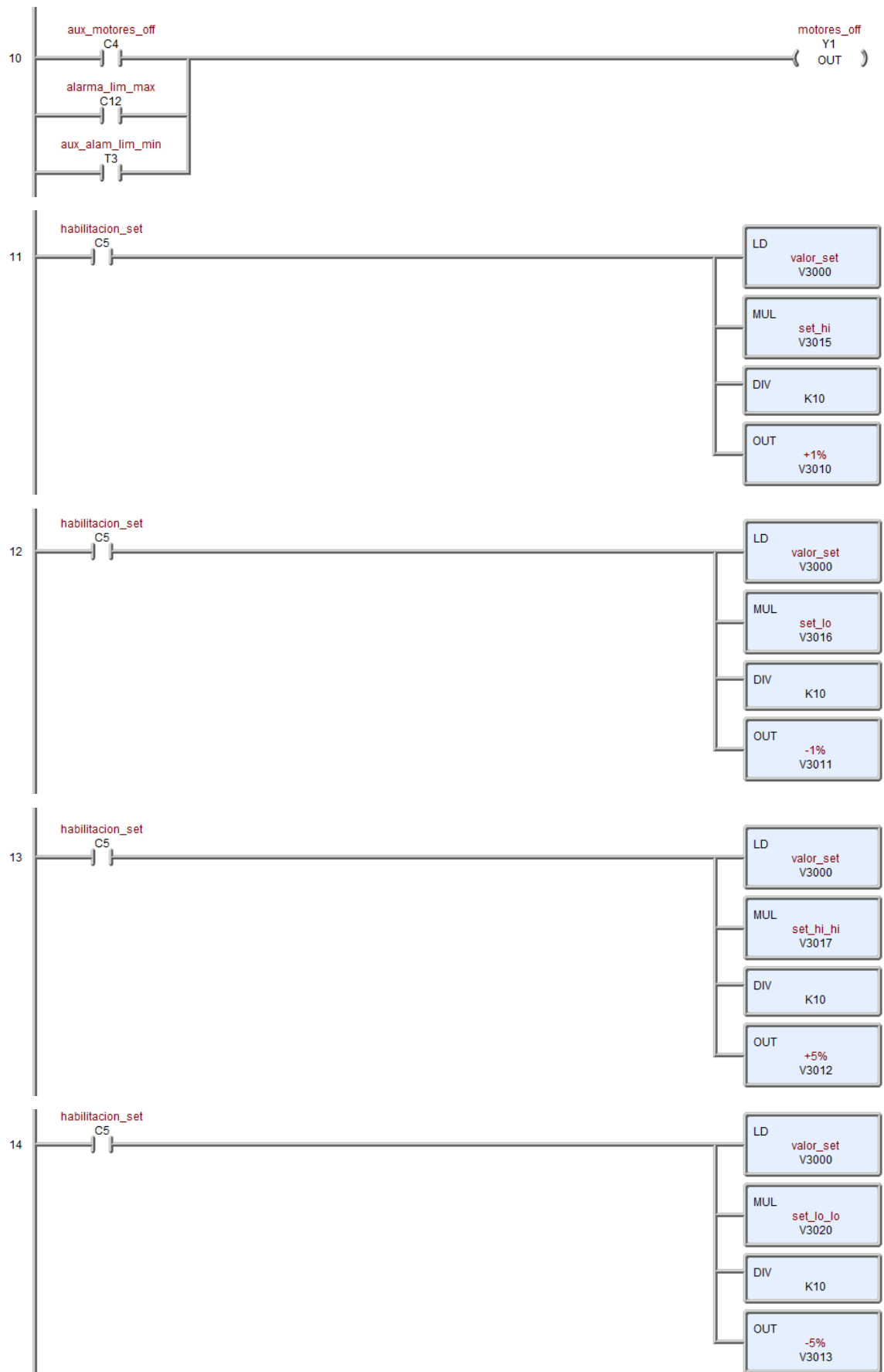
DOCUMENTOS DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO				
NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DEBILLO	REVISO	APROBADO	DISEÑANTE	FIRMA	FECHA
		0	Revisión					Daniel Seguros		08-01-2020
								Daniel Seguros		08-01-2020
								Ing. Miriam Raciona		08-01-2020
								Ing. Carlos Curda		08-01-2020
								Ing. José Luis Sebastián		08-01-2020

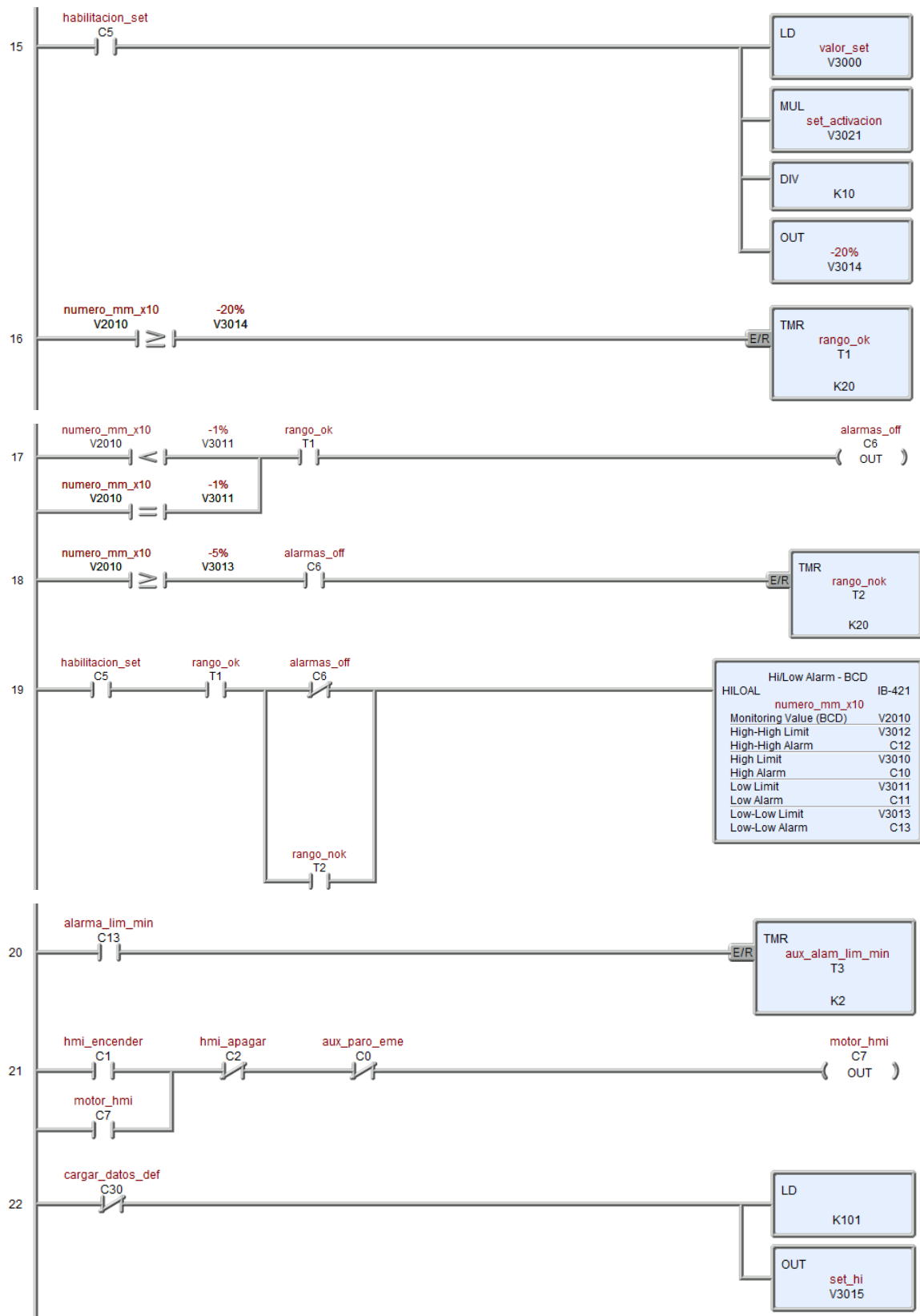
CONTRATISTA: 	CLIENTE:
PROYECTO: INDICADOR DE CALIBRACION EN PLEGADORA	UBICACION: DIAGRAMA BORNIERAS TABLERO PLC RG-406
CÓDIGO INGENIERIA:	PLANO: NUMERO: 01
FECHA: 08-01-2020	ESCALA: 1 DE 1
REVISOR: 01	REV.: 01

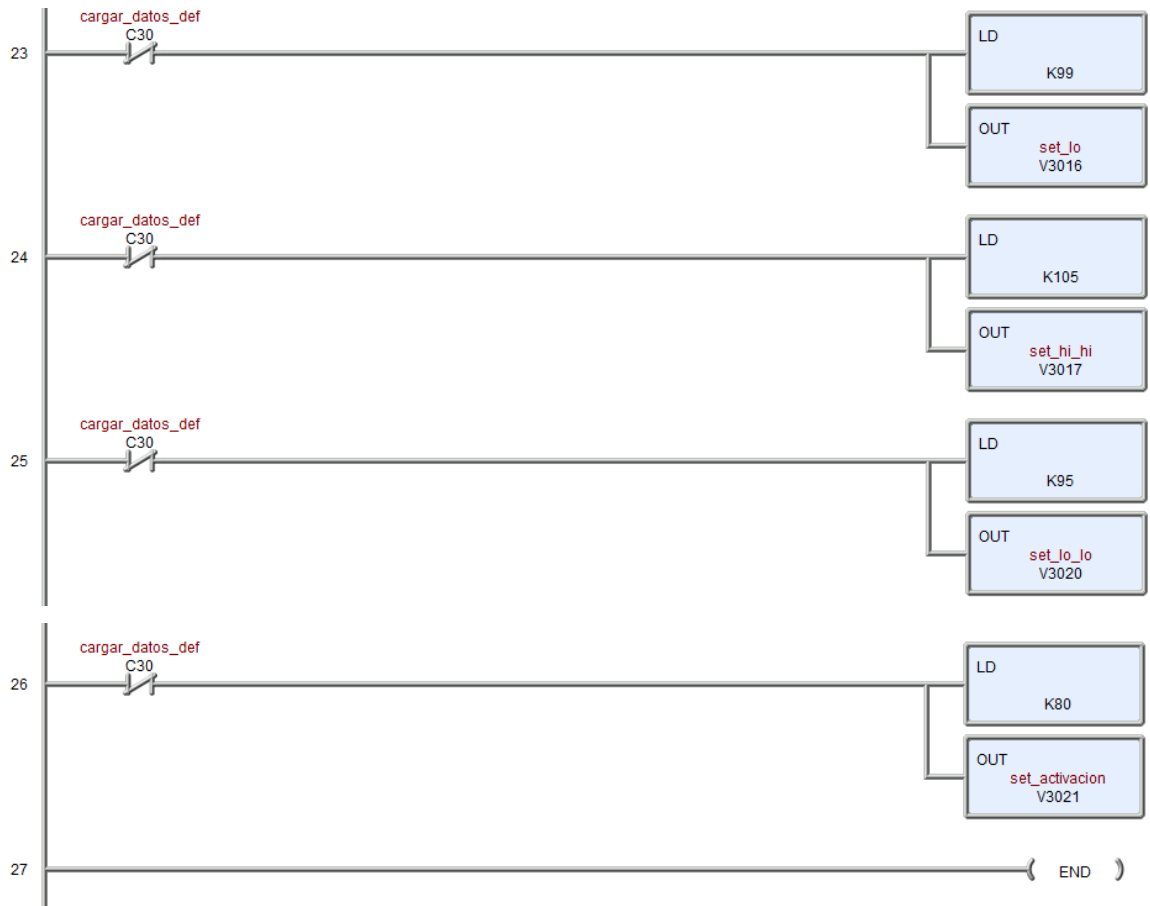
ANEXO 3

Programación PLC









ANEXO 4

Datasheet:

KOYO Direct Logic 06

TouchWin TG765-ET

Turck LT30EQ21LU0X3H1141

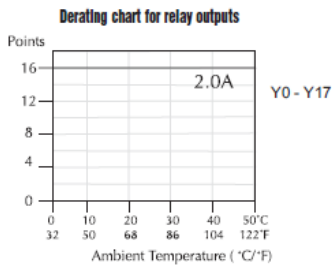
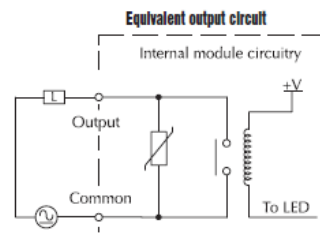
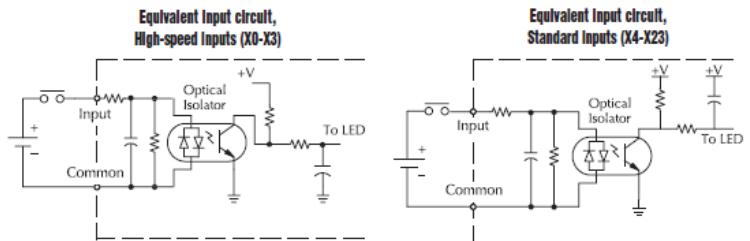
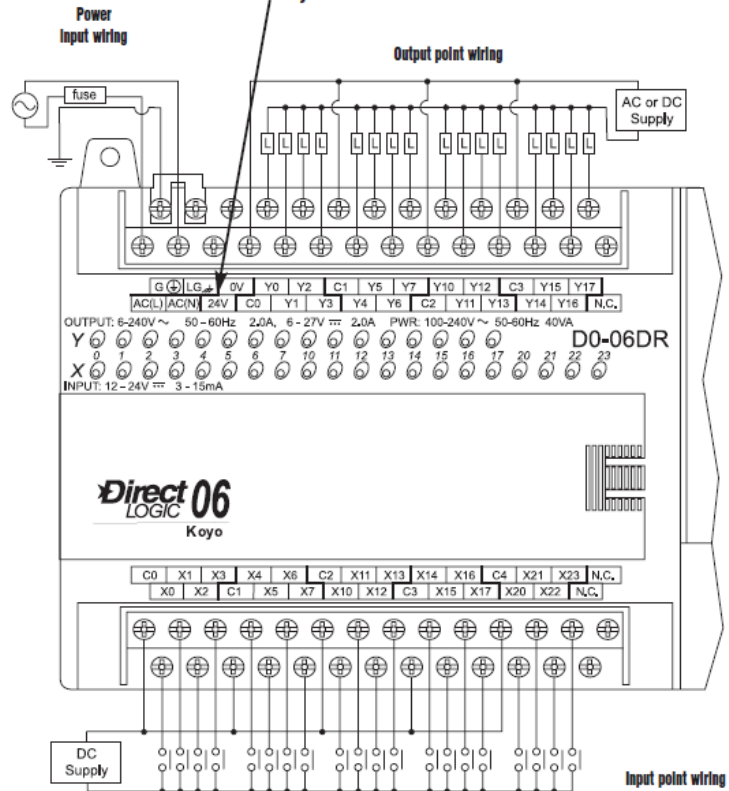
DL06 I/O SPECIFICATIONS

DO-06DR <--->

Wiring diagram and specifications

DO-06DR Specifications		
AC Power Supply Specifications	Voltage Range	100-240VAC (40VA)
	Number of Input Pts.	20 (sink/source)
	Number of Commons	5 (isolated)
	Input Voltage Range	12-24VDC
	Input Impedance	(X0-X3) 1.8K @ 12-24VDC (X4-X23) 2.8K @ 12-24VDC
	On Current/Voltage Level	>5mA/10VDC
	OFF Current/Voltage Level	<0.5mA/-2VDC
	Response Time	X0-X3 X4-X23
	OFF to ON Response	<100µs <8ms
	ON to OFF Response	<100µs <8ms
Fuses	None	
DC Input Specifications	Number of Output Points	16
	Number of Commons	4 (isolated)
	Output Voltage Range	6-240VAC, 47-63Hz 6-27VDC
	Maximum Voltage	264VAC, 30VDC
	Maximum Current	2A/point 6A/common
	Maximum Leakage Current	0.1mA @ 246VAC
	Smallest Recommended Load	5mA @ 5VDC
	OFF to ON Response	<15ms
	ON to OFF Response	<10ms
	Status Indicators	Logic side
Fuses	None (external recommended)	
Relay Output Specifications	Number of Input Points	20 (sink/source)
	Number of Commons	5 (isolated)
	Input Voltage Range	12-24VDC
	Input Impedance	(X0-X3) 1.8K @ 12-24VDC (X4-X23) 2.8K @ 12-24VDC
	On Current/Voltage Level	>5mA/10VDC
	OFF Current/Voltage Level	<0.5mA/-2VDC
	Response Time	X0-X3 X4-X23
	OFF to ON Response	<100µs <8ms
	ON to OFF Response	<100µs <8ms
	Fuses	None

Note: Refer to page 2-29, Power Budgeting, for Auxillary 24VDC current available.



Typical Relay Life (Operations) at Room Temperature		
Voltage and Type of Load	Load Current	
	At 1A	At 2A
24 VDC Resistive	500K	250K
24 VDC Inductive	100K	50K
110 VAC Resistive	500K	250K
110 VAC Inductive	200K	100K
220 VAC Resistive	350K	200K
220 VAC Inductive	100K	50K

FEATURES AT A GLANCE

The DL05 and DL06 micro PLCs are complete self-contained systems. The CPU, power supply, and I/O are all included inside the same housing. Option modules are available to expand the capability of each PLC family for more demanding applications. The standard features of these PLCs are extraordinary and compare favorably with larger and more expensive PLCs.

The specification tables to the right are meant for quick reference only. Detailed specifications and wiring information for each model of the DL05 and DL06 PLCs begin on page 2–33.

Program capacity

Most boolean ladder instructions require a single word of program memory. Other instructions, such as timers, counters, etc., require two or more words. Data is stored in V-memory in 16-bit registers.

Performance

The performance characteristics shown in the tables represent the amount of time required to read the inputs, solve the Relay Ladder Logic program and update the outputs.

Instructions

A complete list of instructions is available at the end of this section.

Communications

The DL05 and DL06 offer powerful communication features normally found only on more expensive PLCs.

Special features

The DC input and DC output PLCs offer high-speed counting or pulse output. Option card slots allow for discrete I/O expansion, analog I/O, or additional communication options.

DL05 CPU Specifications

System capacity

Total memory available (words)	6K
Ladder memory (words)	2,048
V-memory (words)	4,096
User V-memory	3,968
Non-volatile user V-memory	128
Battery backup	Yes ¹
Total built-in I/O	14
Inputs	8
Outputs	6
I/O expansion	Yes ¹

Performance

Contact execution (Boolean)	0.7µs
Typical scan (1K Boolean) ²	1.5-3ms.

Instructions and diagnostics

RLL ladder style	Yes
RLLPLUS/flowchart style (Stages)	Yes/256
Run-time editing	Yes
Scan	Variable/fixed
Number of Instructions	133
Types of Instructions:	
Control relays	512
Timers	128
Counters	128
Immediate I/O	Yes
Subroutines	Yes
For/next loops	Yes
Timed interrupt	Yes
Integer math	Yes
Floating-point math	No
PID	Yes
Drum sequencers	Yes
Bit of word	Yes
ASCII print	Yes
Real-time clock/calendar	Yes ¹
Internal diagnostics	Yes
Password security	Yes
System and user error log	No

Communications

Built-in ports	Two RS-232C
Protocols supported:	
K-sequence (proprietary protocol)	Yes
DirectNet master/slave	Yes
MODBUS RTU master/slave	Yes
ASCII out	Yes
Baud rate	
Port 1	9,600 baud (fixed)
Port 2	selectable 300-38,400 baud (default 9,600)

Specialty Features

Filtered inputs	Yes ³
Interrupt input	Yes ³
High speed counter	Yes, 5kHz ³
Pulse output	Yes, 7kHz ³
Pulse catch input	Yes ³

- 1- These features are available with use of certain option cards. Option card specifications are located later in this section.
- 2- Our 1K program includes contacts, coils, and scan overhead. If you compare our products to others, make sure you include their scan overhead.
- 3- Input features only available on units with DC inputs and output features only available on units with DC outputs.

DL06 CPU Specifications

System capacity

Total memory available (words)	14.8K
Ladder memory (words)	7680
V-memory (words)	7616
User V-memory	7488
Non-volatile user V-memory	128
Built-in battery backup	Yes
Total I/O	36
Inputs	20
Outputs	16
I/O expansion	Yes ¹

Performance

Contact execution (Boolean)	0.6µs
Typical scan (1K Boolean) ²	1-2ms.

Instructions and diagnostics

RLL ladder style	Yes
RLLPLUS/flowchart style (Stages)	Yes/1024
Run-time editing	Yes
Scan	Variable/fixed
Number of Instructions	229
Types of Instructions:	
Control relays	1024
Timers	256
Counters	128
Immediate I/O	Yes
Subroutines	Yes
For/next loops	Yes
Table functions	Yes
Timed interrupt	Yes
Integer math	Yes
Trigonometric functions	Yes
Floating-point math	Yes
PID	Yes
Drum sequencers	Yes
Bit of word	Yes
Number type conversion	Yes
ASCII in, out, print	Yes
LCD instruction	Yes
Real-time clock/calendar	Yes
Internal diagnostics	Yes
Password security	Yes
System and user error log	No

Communications

Built-in ports:	One RS-232C
	One multi-function RS232C/RS422/RS485

NOTE: RS485 is for MODBUS RTU only.

Protocols supported:	
K-sequence (proprietary protocol)	Yes
DirectNet master/slave	Yes
MODBUS RTU master/slave	Yes
ASCII in/out	Yes
Baud rate	
Port 1	9,600 baud (fixed)
Port 2	selectable 300-38,400 baud (default 9,600)

Specialty Features

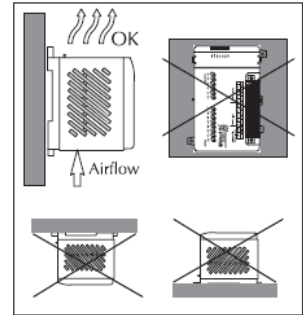
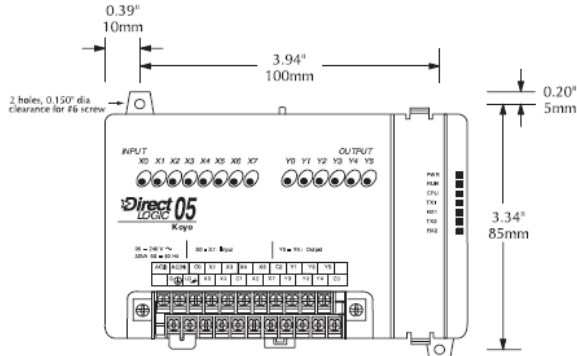
Filtered inputs	Yes ³
Interrupt input	Yes ³
High speed counter	Yes, 7kHz ³
Pulse output	Yes, 10kHz ³
Pulse catch input	Yes ³

- 1- These features are available with use of certain option cards. Option card specifications are located later in this section.
- 2- Our 1K program includes contacts, coils, and scan overhead. If you compare our products to others, make sure you include their scan overhead.
- 3- Input features only available on units with DC inputs and output features only available on units with DC outputs.

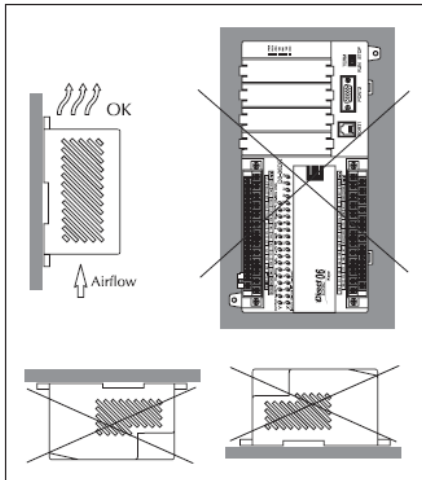
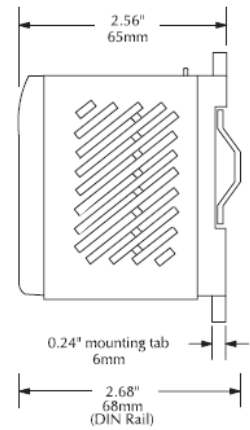
PRODUCT DIMENSIONS AND INSTALLATION

Unit dimensions and mounting orientation

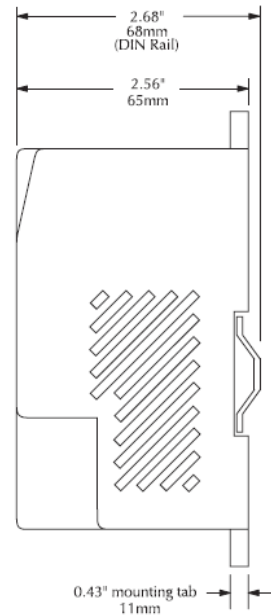
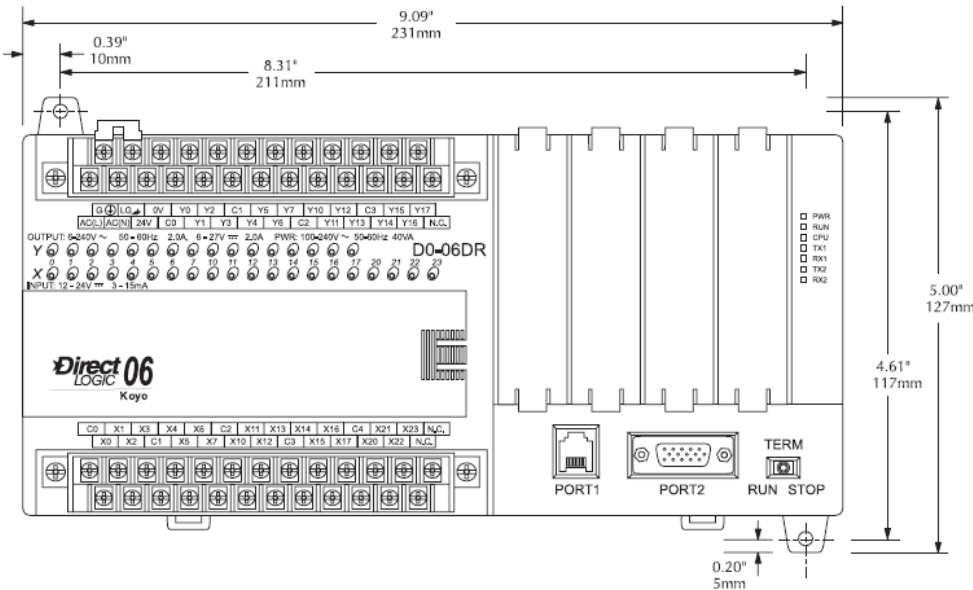
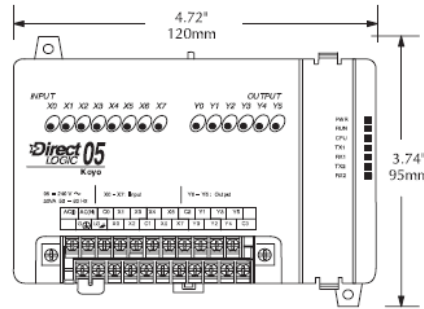
DL05 and DL06 PLCs must be mounted properly to ensure ample airflow for cooling purposes. It is important to follow the unit orientation requirements and to verify that the PLC's dimensions are compatible with your application. Notice particularly the grounding requirements and the recommended cabinet clearances.



Mounting orientation



Mounting orientation



DL05/06 OPTION MODULES

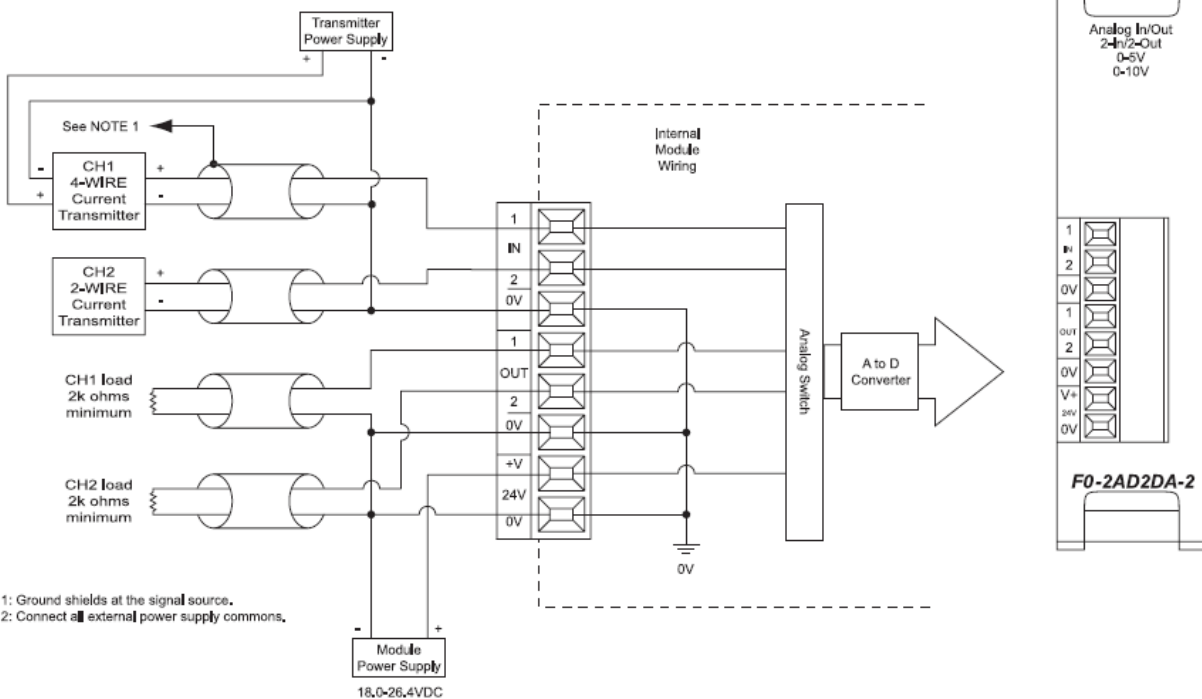
F0-2AD2DA-2

2-point analog input and
2-point analog output module

Input Specifications	
Number of Channels	2, single ended (one common)
Input Range	0 to 5VDC or 0 to 10VDC (jumper selectable)
Resolution	12 bit (1 in 4096)
Step Response	10.0mS to 95% of full step change
Crosstalk	1/2 count max (-80db)*
Active Low-pass Filtering	-3dB at 300Hz (-12dB per octave)
Input Impedance	>20K Ω
Absolute Max Ratings	\pm 15V
Linearity Error (end to end)	\pm 2 counts (0.025% of full scale) max*
Input Stability	\pm 1 count*
Gain Error	\pm 6 counts max*
Offset Error	\pm 2 counts max*
Max Inaccuracy	\pm 0.3% at 25°C (77°F) \pm 0.6% at 0 to 60°C (32 to 140°F)
Accuracy vs. Temperature	\pm 100 ppm/°C typical

Output Specifications	
Number of Channels	2, single ended (one common)
Output Range	0 to 5VDC or 0 to 10VDC (jumper selectable)
Resolution	12 bit (1 in 4096)
Conversion Settling Time	50 μ S for full scale change
Crosstalk	1/2 count max (-80db)*
Peak Output Voltage	\pm 15VDC (power supply limited)
Offset Error	0.1% of range
Gain Error	0.4% of range
Linearity Error (end to end)	\pm 1 counts (0.075% of full scale) max*
Output Stability	\pm 2 counts*
Load Impedance	2K Ω max
Load Capacitance	0.01 μ F max
Accuracy vs. Temperature	\pm 50 ppm/°C typical

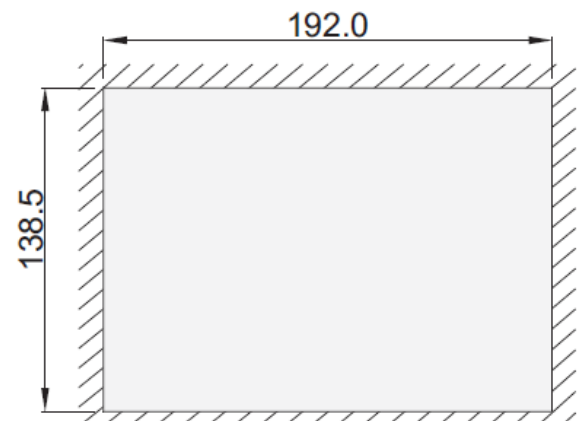
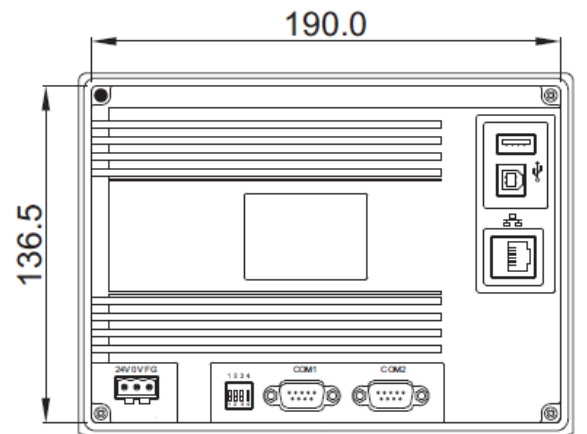
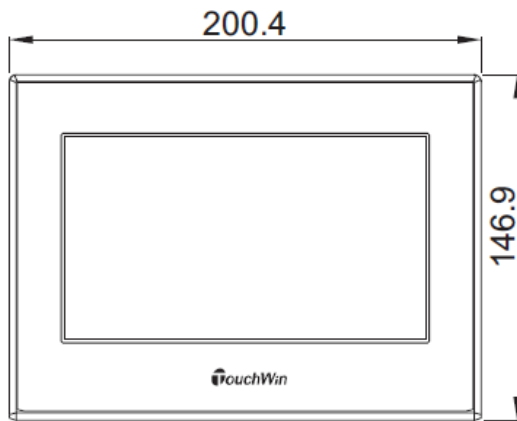
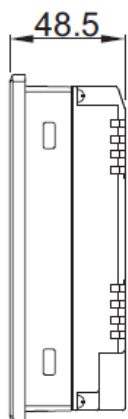
* One count in the specification table is equal to one least significant bit of the analog data value (1 in 4096)



Oil proof model- TG(P)/TE(P)/TH(P)

product	TGA62(P) series	TG865(P) series	TG/TE765(P) series	TG765-XT(P) series	TG465(P) series	THA62(P) series	TH865(P) series	TH765(P) series	TH465(P) series
	TGA62-MT(P) TGA62-ET(P)	TG865-MT(P) TG865-ET(P)	TG/TE765-MT(P) TG/TE765-UT(P) TG/TE765-ET(P)	TG765-XT(P)-C	TG465-MT(P) TG465-UT(P)	THA62-MT(P) THA62-UT(P)	TH865-MT(P) TH865-UT(P)	TH765-NT(P) TH765-NU(P)	TH465-MT(P) TH465-UT(P)
Dimension(inch)	10.1	8	7	7	4.3	10.1	8	7	4.3
Resolution	800*480	800*600	800*480	800*480	480*272	800*480	800*600	800*480	480*272
LCD	TFT LCD, LED backlight								
Color	16.77 million true colors						65536 true colors		
Bright	200								
Touch panel	4-wire resistor touch screen								
LCD life	Above 50000 hours, ambient temperature 25℃, 24 hours running								
Memory	128MB								8MB
PLC port	RS232/RS422/RS485			RS232	RS232/RS422/RS485				
Download port	RS232/RS485			\	\	RS232/RS485			\
USB port1	USB-B (USB 2.0 standard), USB download port								
USB port2	USB-A (USB 2.0 standard), Flash-disk port, UT(P)/NU(P)/ET(P) model supported								
Ethernet	ET(P) model supported			\	Not supported				
Input voltage	DC24V (voltage range: DC22V~26V)								
Consumption current	270mA	250mA	200mA	200mA	180mA	230mA	260mA	250mA	130mA
Allowable power-off	Under 10ms (actual power-off is less than 1s)								
Voltage shock endurance	AC1000V, 10mA less than 1 minute								
Insulation resistance	Above 10MΩ, DC500V								
Operating temperature	0~50℃								
Storage temperature	-20℃ ~ 60℃								
Operating humidity	10%RH~90%RH (no condensation)								
Anti-interference ability	Interference voltage: 1500 Vp-p, pulse period: 1μs, duration time: 1 minute								
Ambient	No corrosive gas								
Cooling mode	Natural cooling								
Protection level	IP65 for front cover								
Dimension (mm)	272.2*191.7*51.2	224.4*168.7*45.0	200.4*146.9*48.5	200.4*146.9*48.5	152.0*102.0*41.8	272.2*191.7*51.2	224.4*168.7*45.0	200.4*146.9*48.5	152.0*102.0*41.8
Mounting dimension (mm)	260.2*179.7	211.4*157.8	192.0*138.5	192.0*138.5	144.0*94.0	260.2*179.7	211.4*157.8	192.0*138.5	144.0*94.0

TG765-MT(P)/UT(P)/ET(P)
TE765-MT(P)/UT(P)/ET(P)
TH765-NT(P)/NU(P)



TURCK Profile Series



Q21 / Q35 Profile Style

Standard Resolution Analog Output

- Programmable Span
- Non-Contact Sensing
- CE Certified

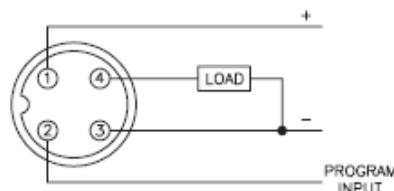
- LED's for Programming and Troubleshooting



	Current Output	Voltage Output	
Type	LT..E-Q..-LI.X3-H1141	LT...E-Q..-LU.X3-H1141	
Output	4 to 20 mA 20 to 4 mA	0 to 10 VDC 10 to 0 VDC -10 to +10 VDC +10 to -10 VDC	0 to 5 VDC 5 to 0 VDC -5 to 5 VDC 5 to -5 VDC
Span	4 to 180 inches (Q35 maximum length 36 inches)	4 to 180 inches (Q35 maximum length 36 inches)	
Repeatability	+/-0.01% of full stroke or +/- 0.014 inches, whichever is greater	+/-0.01% of full stroke or +/- 0.014 inches, whichever is greater	
Resolution	0.014 inches for stroke lengths less than 60 inches For lengths over 60 inches: 12 bits	0.014 inches for stroke lengths less than 60 inches For lengths over 60 inches: 12 bits	
Operating Temperature	-20°C to +70°C (-4°F to +158°F)	-20°C to +70°C (-4°F to +158°F)	
Null Zone	3.00 inches	3.00 inches	
Dead Zone	1.50 inches	1.50 inches	
Operational Voltage	10 to 30 VDC	10 to 30 VDC	
Current Consumption	90 mA at 10 VDC	80 mA at 10 VDC	
Enclosure Rating	IP 67 (IP 68 optional)	IP 67 (IP 68 optional)	
Response Time:			
50 inches or less:	1 ms updates with 5 ms settling time	1 ms updates with 5 ms settling time	
50 inches or greater:	2 ms updates with 4 ms settling time	2 ms updates with 4 ms settling time	
Load Impedance	$\leq(\text{voltage in} - 4) + 0.02 \Omega$ (example: 10 VDC $\leq 300 \Omega$)	$\geq 1000 \Omega$	
Housing	Anodized Aluminum	Anodized Aluminum	
Connection	4-pin, M12 <i>euromast</i> ®	4-pin, M12 <i>euromast</i>	
LED	Green = Power is applied and magnet is present in the programmed range Red = Fault, magnet is in the Null Zone, Dead Zone or lost Yellow = Magnet is out of the active programmed range, but still within the active stroke area		
Agency Approvals	CE Approved	CE Approved	
Mating Cordset	RK 4.4T-*/S618	RK 4.4T-*/S618	

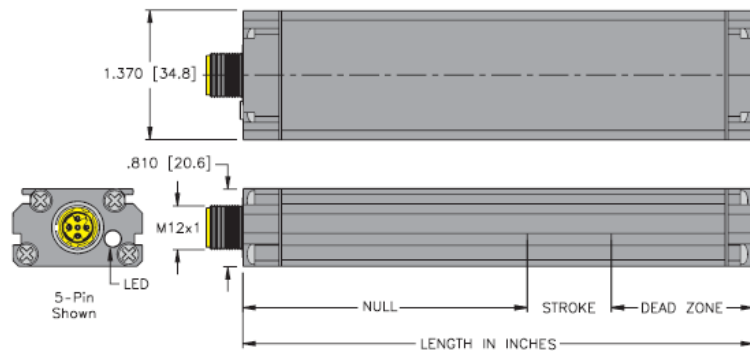
* Length in meters.

Wiring Diagram

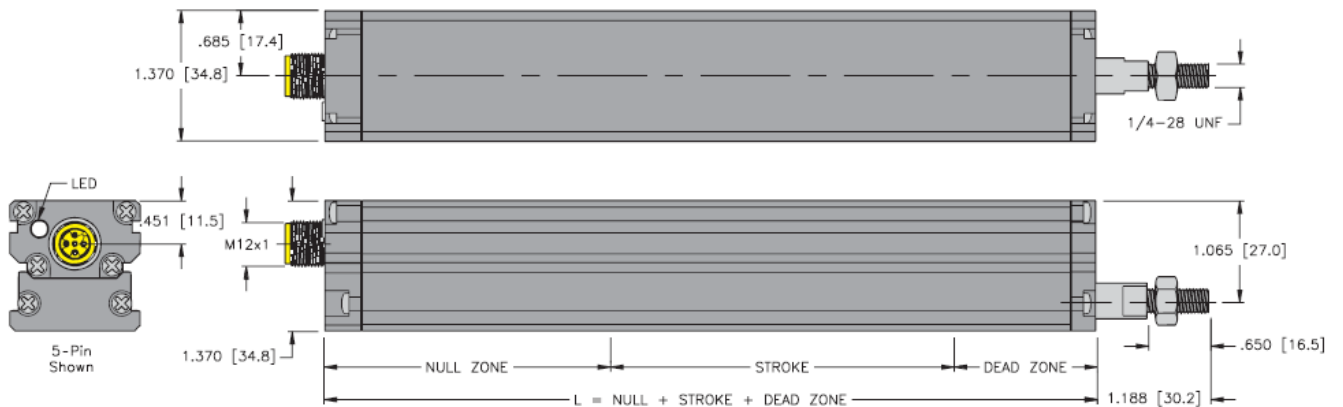


Profile Style Drawings

Profile Style - Q21 (Analog) - 4 or 5-pin



Profile Style - Q35 (Analog) - 4 or 5-pin

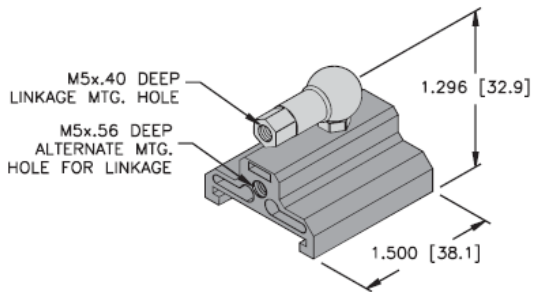


See specifications for Null/Dead Zone dimensions.

All dimensions shown as: Inches [mm]

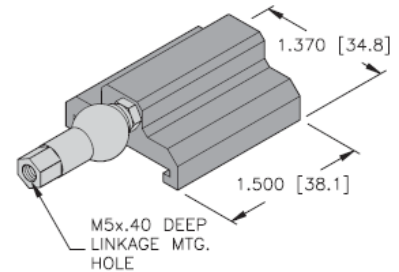
Profile Style Accessories

Slide Magnet



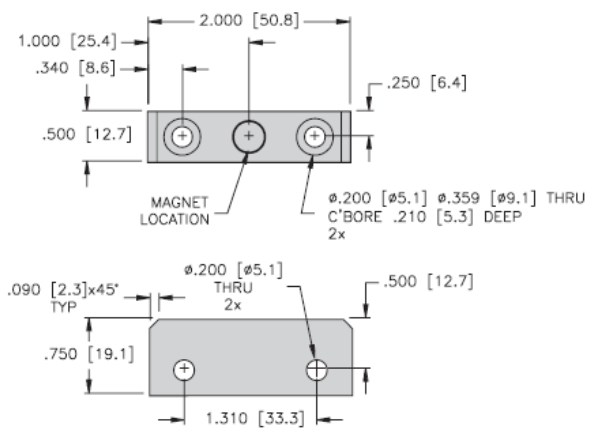
SM-Q21

Slide Magnet with Slide Adapter



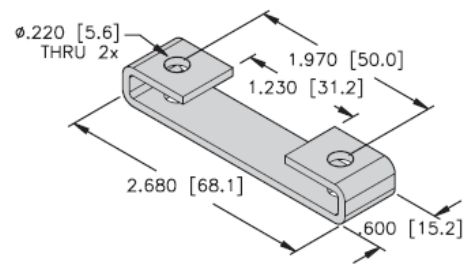
SA-Q21

Floating Magnet



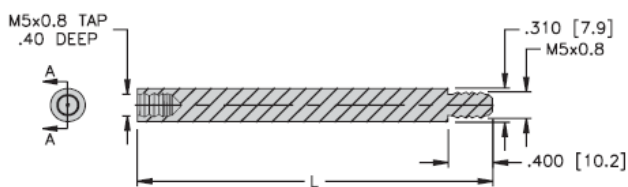
FM-Q21

Q21 Mounting Brackets



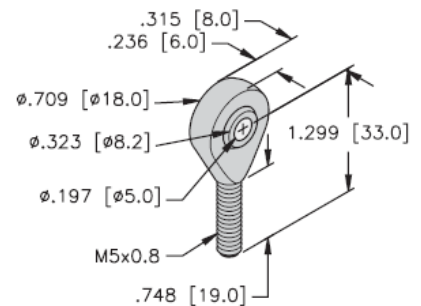
MB-Q21

Control Arms



CA**E-Q21

Rod Ends



RE-Q21

** = length in inches, consult factory for stocked lengths.

All dimensions shown as: Inches [mm]

ANEXO 5

**Auspicio para el desarrollo del
proyecto de titulación**



**INDUSTRIAS
SEBLAN**

Ingeniero Mg.

Wilmer Albarracín

**COORDINADOR DE LA CARRERA "ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES" DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.**

Presente.

Referencia: Auspicio para el desarrollo de Tesis

De mi consideración:

Estimado Ingeniero, reciba un cordial saludo. El motivo de la presente es para garantizar el auspicio y facilidad de información y recursos necesarios de la empresa para el correcto desarrollo de la tesis de tema: **"IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE POSICIÓN LINEAL INDUCTIVO, EN LA PLEGADORA PROMECAM RG-406 CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA COMO INDICADOR DE CALIBRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TUBOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA."** que será realizada en la planta de PRODUCCIÓN de nuestra empresa ubicada en la Av. 25 de noviembre N4-145 y Antonio Salas, por el señor Daniel Andrés Salguero Acosta con CI. 1719288480.

Por la atención prestada a la presente anticipo mis agradecimientos

Atentamente:

 **INDUSTRIAS SEBLAN**
CIA. LTDA.
RUC: 1792229995001

Ing. José Luis Sebastian.

GERENTE INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.

RUC: 1792229995001

Tel: (02) 2020346

Cel : 0969095075

Mail : jsebastian@seblan.com.ec

ANEXO 6

Conformidad del proyecto de titulación



**INDUSTRIAS
SEBLAN**

Quito, 20 de febrero del 2020.

Ingeniero Mg.
Wilmer Albarracín

**COORDINADOR DE LA CARRERA "ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES" DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.**

Presente.

Referencia: CONFORMIDAD DE TRABAJO DE TESIS

De mi consideración:

Estimado Ingeniero, reciba un cordial saludo, por medio de la presente hago de su conocimiento que la empresa Industrias Seblan Cia. Ltda., a la cual represento, está conforme con la implementación de tesis, tema: **"IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE POSICIÓN LINEAL INDUCTIVO, EN LA PLEGADORA PROMECAM RG-406 CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA COMO INDICADOR DE CALIBRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TUBOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA."** que fue realizada y culminada en la planta de PRODUCCIÓN de nuestra empresa ubicada en la Av. 25 de noviembre N4-145 y Antonio Salas, por el señor Daniel Andrés Salguero Acosta con CI. 1719288480.

Agradeciendo su atención, me despido reiterando nuestra **conformidad** con el proyecto realizado.

Atentamente:

Ing. José Luis Sebastian.
**GERENTE GENERAL
INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.**



INDUSTRIAS SEBLAN
CIA. LTDA.
RUC: 1792229995001

Ing. Geovanny Sánchez Paredes.
**JEFE DE PRODUCCIÓN
INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.**

ANEXO 7

Acta de entrega - recepción del proyecto

ACTA ENTREGA – RECEPCIÓN DE PROYECTO

En la ciudad de Quito, a los diez días de marzo de 2020, se procede a realizar la ENTREGA – RECEPCIÓN del proyecto “IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE POSICIÓN LINEAL INDUCTIVO, EN LA PLEGADORA PROMECAM RG-406 CON INTERFAZ HOMBRE MAQUINA COMO INDICADOR DE CALIBRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TUBOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.”

DANIEL ANDRÉS SALGUERO ACOSTA, con C.I. 1719288480 realiza la entrega a cabalidad de su trabajo de titulación en opción al grado de: Ingeniero en electrónica digital y telecomunicaciones, que fue auspiciado por Industrias SEBLAN para ser desarrollado en sus instalaciones.

- Sensor Turck LI500P0-Q25LM0-LIU5X3-H1151
- PLC KOYO D0-06DR DL06
- Pantalla táctil Touchwin TG765-ET
- Fuente de poder Siemens 24VDC 2.5ª
- Instalación Sensor Turck LI500P0-Q25LM0-LIU5X3-H1151
- Diseño, construcción e instalación de tablero de control 400x400x200.
- Cableado y conexión de acometida principal para tablero de control.
- Programación del PLC KOYO D0-06DR DL06
- Programación de la Pantalla táctil Touchwin TG765-ET
- Calibración de Sensor Turck LI500P0-Q25LM0-LIU5X3-H1151
- Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Planos eléctricos.
- CD con documentación de software, programas y planos.

Para constancia de lo actuado, dando fe de conformidad y aceptación, por parte de quienes han intervenido en esta diligencia, suscriben la presente ACTA - ENTREGA RECEPCIÓN, en unidad de acto, en un original y dos copias de igual tenor y contenido, a los 10 días del mes de marzo de 2020.

ENTREGADO POR:
Daniel Salguero
C.I. 1719288480

RECIBIDO POR :
Ing. José Luis Sebastian
RUC. 1792229995001
INDUSTRIAS SEBLAN CIA. LTDA.

