

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME TÉCNICO

DE RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PRESENTA:

Roberto Vázquez Moreno

NOMBRE DEL PROYECTO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE ENTRENAMIENTO DE AUTOMATIZACIÓN UTILIZANDO CONTROLADORES ALLEN BRADLEY, SOFTWARE CONTROL LOGIX, FACTORY TALK Y RED INDUSTRIAL PROFINET”

PERIODO DE REALIZACIÓN:

AGOSTO - DICIEMBRE 2018

Contenido

CAPITULO I	8
1.1 Introducción	8
1.2 Problemática	9
1.3 Justificación	10
1.4 Objetivos	11
1.5 Alcances y Limitaciones	12
CAPITULO II.....	13
2.1 Caracterización Del Área En que Se Participó	13
2.1.1 Antecedentes de la empresa.....	13
2.1.2 Organigrama de la empresa	14
2.1.3 Misión, Visión y valores.....	15
2.1.4 Descripción Del Área Donde Se Realizó El Proyecto.....	16
CAPITULO III	18
3.1 Fundamento Teórico.....	18
3.1.1 Conceptos Básicos.....	18
CAPITULO IV	24
4.1 Procedimientos Y Descripción De Las Actividades Realizadas	24
4.2 Implementación	77
CAPITULO V	81
5.1 Resultados.....	81
5.2 Conclusiones y recomendaciones.....	83
REFERENCIAS	84

Índice de imágenes

Fig. 2.1 Logo de la empresa	13
Fig. 2.2 Organigrama de la empresa.....	14
Fig. 2.3 Empresa ICMA	16
Fig. 2.4 Área de PLC's	16
Fig. 3.1 Tablero de control	18
Fig. 3.2 PLC MicroLogix 1200	18
Fig. 3.3 PLC CompactLogix L32E.....	18
Fig. 3.4 Sistema Flex I/O.....	19
Fig. 3.5 Red EtherNet/IP	19
Fig. 3.6 Red DeviceNet	19
Fig. 3.7 Red ControlNet	20
Fig. 3.8 Logo TCP/IP	20
Fig. 3.9 Software RSLogix 5000.....	20
Fig. 3.10 Software RSLinx Classic	21
Fig. 3.11 Software RSLogix 500.....	21
Fig. 3.12 Logo Software CATIA V5.....	22
Fig. 3.13 Software Factory Talk View	22
Fig. 3.14 Multímetro.....	23
Fig. 3.15 Impresora 3D.....	23
Fig. 4.1 PLC CompactLogix L32E.....	24
Fig. 4.2 Modulo IQ32.....	24
Fig. 4.3 Modulo OB16.....	24
Fig. 4.4 Modulo 1769-SDN.....	25
Fig. 4.5 PLC MicroLogix 1200.....	25
Fig. 4.6 Modulo 1762-IR4.....	26
Fig. 4.7 Sensor PT100	26
Fig. 4.8 Power Supply ABB	27
Fig. 4.9 Power Supply AB.....	27
Fig. 4.10 1769-NET-ENI.....	28
Fig. 4.11 Modulo 1794-IB32.....	28
Fig. 4.12 Modulo 1794-ID2.....	29
Fig. 4.13 Modulo 1794-AENT	29
Fig. 4.14 Modulo 1794-ADN	30
Fig. 4.15 PanelView Plus 600	30
Fig. 4.16 Stratix 2000	31
Fig. 4.17 Power Flex 525	31
Fig. 4.18 Modem	32
Fig. 4.19 Encoder E50S8-500-3-1-24.....	32
Fig. 4.20 Transformador Monofásico.....	33
Fig. 4.21 Riel DIN	33
Fig. 4.22 Perfil de aluminio	34
Fig. 4.23 Canaletas Dentadas	34

Fig. 4.24 PLC CompactLogix L32E.....	35
Fig. 4.25 PLC MicroLogix 1200	35
Fig. 4.26 Power Flex 525 AB	36
Fig. 4.27 Modulo Adaptador DeviceNet	36
Fig. 4.28 Sensor PT100	37
Fig. 4.29 Modulo 1794-AENT	37
Fig. 4.30 Power Supply 24V ABB	38
Fig. 4.31 PanelView Plus 600 AB.....	38
Fig. 4.32 Modulo 1764-ID2.....	39
Fig. 4.33 Modulo SCANNER DeviceNet	39
Fig. 4.34 Encoder incremental E50S8-500-3-1-24.....	40
Fig. 4.35 Modulo 1794-IB32.....	40
Fig. 4.36 Transformador Monofásico.....	41
Fig. 4.37 Modem	41
Fig. 4.38 Stratix 2000	42
Fig. 4.39 1769-NET-ENI Allen-Bradley.....	42
Fig. 4.40 Lámparas indicadoras 12V.....	43
Fig. 4.41 Perfil de aluminio	43
Fig. 4.42 Canaleta dentada azul.....	44
Fig. 4.43 Fuente de alimentación 1606-XLS 24-28V	44
Fig. 4.44 Riel DIN	45
Fig. 4.45 Switches	45
Fig. 4.46 Base de lámparas indicadoras	45
Fig. 4.47 Diseño de la base del tablero de control.....	46
Fig. 4.48 Diseño del tablero de control de Rockwell	46
Fig. 4.49 Motor trifásico 2hp con encoder incremental	47
Fig. 4.50 Pines de conexión de 1794-AENT	47
Fig. 4.51 Alimentación del Módulo 1769-ID2.....	48
Fig. 4.52 Características físicas del Módulo 1794-AENT	48
Fig. 4.53 Encoder absoluto.....	49
Fig. 4.54 Partes de un encoder incremental.....	50
Fig. 4.55 Encoder E50S8-5003-1-24.....	50
Fig. 4.56 Pines de conexión del módulo 1794-ID2	51
Fig. 4.57 Diagrama de conexión del encoder con módulo 1794-ID2.....	51
Fig. 4.58 Paso 1 abrir RSLogix 5000	52
Fig. 4.59 Paso 2 Software RSLogix 5000	53
Fig. 4.60 Paso 3 software RSLogix 5000.....	53
Fig. 4.61 Paso 4 elegir tipo de PLC.....	54
Fig. 4.62 Paso 5 nombrar el programa	54
Fig. 4.63 Paso 6 PLC CompactLogix L32E con módulos	55
Fig. 4.64 Paso 7 dar de alta a modulos	55
Fig. 4.65 Paso 8 crear modulo	56
Fig. 4.66 Paso 9 elegir el tipo de modulo	56

Fig. 4.67 Paso 10 nombrar modulo.....	57
Fig. 4.68 Paso 11 agregar otro modulo.....	57
Fig. 4.69 Paso 12 buscar el módulo OB16	58
Fig. 4.70 Paso 13 Nombrar al modulo.....	58
Fig. 4.71 Paso 14 Agregar nuevo modulo	59
Fig. 4.72 Paso 15 ventana principal.....	59
Fig. 4.73 Paso 16 dar de alta al adaptador EtherNet/IP	60
Fig. 4.74 Paso 17 buscar el módulo 1794 AENT	60
Fig. 4.75 Paso 18 Nombrar al modulo.....	61
Fig. 4.76 Paso 19	61
Fig. 4.77 Paso 20 agregar nuevo módulo	62
Fig. 4.78 Paso 21 agregar el módulo ID2	62
Fig. 4.79 Paso 22 nombrar el módulo ID2	63
Fig. 4.80 Paso 23 configuración de velocidad.....	63
Fig. 4.81 Paso 24	64
Fig. 4.82 Paso 25 contador CTU	64
Fig. 4.83 Paso 26 contacto lector del canal 0	64
Fig. 4.84 Paso 27 Cargar al PLC	65
Fig. 4.85 Paso 28 pulsos generado por el encoder.....	65
Fig. 4.86 Funcionamiento de una impresora 3D	66
Fig. 4.87 Componentes principales de una impresora 3D.....	66
Fig. 4.88 Motor paso a paso	67
Fig. 4.89 Hotend	67
Fig. 4.90 Sensor de temperatura	67
Fig. 4.91 Boquilla de impresora 3D	68
Fig. 4.92 Calentador de extrusor	68
Fig. 4.93 Ventilador con extrusor.....	68
Fig. 4.94 Cama de impresora 3D.....	69
Fig. 4.95 Motor paso a paso	69
Fig. 4.96 Arduino Mega 2560	70
Fig. 4.97 Shield de impresora 3D.....	70
Fig. 4.98 Drivers de potencias.....	71
Fig. 4.99 Final de carrera.....	71
Fig. 4.100 Pantalla LCD	72
Fig. 4.101 Fuente de alimentación	72
Fig. 4.102 Diagrama de conexión de impresora 3D	73
Fig. 4.103 Conexión de SHIELD con dispositivos de impresora 3D.....	74
Fig. 4.104 Componentes de la impresora	74
Fig. 4.105 Motor paso a paso	75
Fig. 4.106 Driver A4988	75
Fig. 4.107 Ecuación para Volteje de referencia.....	75
Fig. 4.108 Potenciómetro de calibración en Driver A4988.....	76
Fig. 4.109 Pruebas de motor paso a paso	76

Fig. 4.110 Conexiones de dispositivos del sistema	77
Fig. 4.111 SCADA para el sistema de medición	78
Fig. 4.112 Tablero de control con Motor trifásico y encoder	79
Fig. 4.113 Implementacion del diseño.....	79
Fig. 4.114 Diseño de motor trifásico	79
Fig. 4.115 Impresora 3D.....	80
Fig. 5.1 Pulsos generados por el encoder	81
Fig. 5.2 Sistema SCADA funcionando.....	81
Fig. 5.3 Impresión de piezas.....	82
Fig. 5.4 PCL, variador de frecuencia, motor, encoder funcionando.....	82

Índice de tablas

Tabla 1: Conexiones del módulo 1794-ID2	48
Tabla 2: Características del módulo 1794-AENT	49
Tabla 3: Color de cables del encoder	50
Tabla 4: Conexiones del módulo 1794-ID2	51

1.1 Introducción.

Los PLC's son dispositivos que ayuda el trabajo del hombre, ahorrando tiempos, dinero y mejora la velocidad en las industrias de producción, estos dispositivos han venido evolucionando con el paso del tiempo, hoy en día son mejores las tecnologías de automatización por que se manejan nuevas redes de comunicación para cada tipo de PLC's, esto ayuda en ahorro de dinero, intercambio de datos de largas distancias como en minas, en máquinas que son muy grandes y se utilizan variadores de frecuencias, módulos de estaciones entre otros dispositivos que necesitan datos del PLC para funcionar.

Con la ayuda de tableros de control posible capacitar a personal de empresas, para el manejo de estos dispositivos, conexiones y redes de comunicaciones, así mismo practicar con el tablero de una manera más fácil teniendo las mismas características que existen en las maquinas industriales con los PLC's Allen-Bradley. Es de gran importancia saber las conexiones de todos los módulos de la familia Allen-Bradley por los errores que una maquina industrial puede tener y saber localizar las fallas.

Un tablero de control es un conjunto de dispositivos para la automatización industrial, para el manejo de motores, bandas transportadoras entre otros procesos industriales que son llevados a cabo por estos controladores a diario en las diferentes áreas de la industria, por tanto, los programadores de PLC's no pueden estar afuera de este conocimiento y deben poseer bases que les permitan interactuar en el momento que lo requieran con estos dispositivos, con el desarrollo de un tablero de entrenamiento con PLC's Allen-Bradley que representará todos los elementos necesarios para realizar y simular procesos industriales.

Se ha identificado que en el Instituto de Capacitación en Manufactura y Automatización (ICMA) no cuenta con la conexión de módulos Flex I/O que proporcione nuevos conocimientos a clientes de dicha empresa, que sea transportable para impartir cursos externos y que sea de mayor comodidad para el cliente. Con el desarrollo de un tablero de control se llevarán a cabo nuevos objetivos de la empresa y así promover más clientes y mejorar la tecnología de Rockwell.

1.2 Problemática

Los controladores Allen-Bradley son muy utilizados en el trabajo industrial para área de automatización y control, la mayor parte de las empresas utilizan este tipo de controladores y la dificultad de programación, conexión de sus redes industriales y módulos de comunicación rápida es un problema para el personal encargado de crear proyectos demasiados extensos por la comunicación que deben tener entre dispositivos y módulos.

Al no realizar una buena programación y conexión con los módulos y su red, podemos ocasionar problemas como, dañar a dispositivos que llevan a cabo el proceso y el costo de estos son muy caros, los nuevos empleados encargados del área de mantenimiento se encuentran con estos controladores y no saben el funcionamiento ni conexiones de dispositivos como encoders, variadores de frecuencia, sensores entre otros.

Las empresas que capacitan a personas que buscan empleo, no cuentan con tableros de entrenamiento para hacer más fácil la didáctica de enseñanza, así como las prácticas y la realidad entre el usuario y PLC`s. La forma de enseñar a un cliente sin tener un tablero de control se hace más compleja para practicar por que no se tienen físicamente los elementos de automatización, y esto hace que la empresa no tenga muchos clientes.

A raíz de los problemas anteriormente descritos es necesaria una profunda investigación y enfoque a una nueva metodología para saber programar los PLC`s Allen-Bradley, dar de alta a módulos de contador rápido, conectar todos los dispositivos que puedan componer un proceso a nivel industrial para la producción en una empresa. Y evitar dañar a dispositivos e incluso perder el trabajo.

La implementación de un tablero de control con controladores Allen-Bradley y red industrial como EtherNet, módulos de comunicación rápida, conexiones de dispositivos de dicha marca, será posible enseñarles a personas para poder dominar todas las conexiones y como dar de alta a módulos que se comunican por medio de EtherNet y así solucionar las problemáticas antes mencionadas.

1.3 Justificación

Con la implementación de un tablero de entrenamiento con los controladores Allen-Bradley hace que el usuario pueda interpretar fácilmente las clases y prácticas, así como el maestro para enseñar la programación, conexiones de módulos, sensores, lámparas, motores etc. Con el tablero de control de Rockwell se podrá transportarlo a cualquier parte con facilidad logrando que la empresa tenga más clientes pudiendo impartir cursos directamente en empresas incluso en universidades.

Con la red industrial EtherNet/IP se hace un trabajo más rápido, económico en la instalación, lo que evita cablear cada dispositivo (motor, sensores, lámparas, encoders etc.) directamente al PLC. Con la velocidad de esta red podemos enviar pulsos de un encoder a nuestro controlador y mantener un proceso más eficiente en las máquinas. Utilizando los encoder incremental se tiene una mejor precisión de distancia y posición en las plantas industriales, con esto evitamos fallos y paros en la producción.

Los encoder tienen grandes aplicaciones para el desarrollo de proyectos en la ingeniería electrónica, pero su campo de aplicación es más fuerte en el mundo de la industria. Este transductor ha contribuido también al desarrollo científico y de innovación, los encoders sirven para determinar la posición, radares, robótica entre otras aplicaciones, sirven para medir velocidad angular del eje de un motor, la aplicación en maquina industrial para procesos de alta posición, con la ayuda de controladores de alta velocidad en redes de comunicación se logran hacer proyectos exitosos para resolver problemas industriales.

1.4 Objetivos

General

- Diseñar e implementar un sistema didáctico de entrenamiento de automatización y control basado en controladores Allen Bradley, Software Control Logix, Factory Talk y red industrial Profinet, desarrollado en el Instituto de Capacitación en Manufactura y Automatización (ICMA), en Puebla de Zaragoza, Puebla.

Específicos

- Facilitar el aprendizaje al cliente que tome el curso de Rockwell en el Instituto de Capacitación en Manufactura y Automatización.
- Impartir cursos fuera del instituto con el tablero de control
- Demostrar las velocidades de redes de comunicaciones de Rockwell por medio del tablero de control

1.5 Alcances y Limitaciones

Alcances

- Se logró conectar la red industrial EtherNet/IP en el tablero de control
- Comunicación de datos entre PLC CompactLogix L32E y módulo 1794 ID2 por medio de la red industrial EtherNet/IP
- Se analizó la velocidad de comunicación por medio de los pulsos de un encoder incremental y se logró medir la distancia que recorre el eje de un motor trifásico de 2HP
- Se desarrolló un sistema SCADA en la HMI PanelView Plus 600 para observar la velocidad de los pulsos del encoder y manipular el motor trifásico por medio del variador de frecuencia Power Flex 525

Limitaciones

- Conexión de más módulos Flex I/O por las dimensiones del tablero de control
- No se podrá programar PLC's SIEMENS, FESTO, TELEMECANIQUE entre otros que no sea Allen-Bradley
- Conexión de dispositivos de control de potencia relevadores, contactores, pulsadores etc.

2.1 Caracterización Del Área En que Se Participó

2.1.1 Antecedentes de la empresa

NOMBRE DE LA EMPRESA:

Instituto de capacitación en manufactura y automatización



Fig.2.1: Logo de la empresa

GIRO

En ICMA se ofrecen cursos de capacitación, asesoría en control y automatización de procesos de manufactura, especialmente relacionados con la industria mecánica, eléctrica y automotriz.

Algunos de nuestros principales cursos son:

- ✓ PLC
- ✓ LabView
- ✓ Control de Motores
- ✓ Diseño en 3D
- ✓ Neumática
- ✓ Variadores de Frecuencia

UBICACIÓN

Calle 32 pte, 2537 2do. Piso, Col. Las Cuartillas, Puebla, C.P 72050

PERSONAL

Ing. Gerardo Luis Velázquez García, Director General

Lic. Jorge Alberto Velázquez García, Representante Legal

2.1.2 Organigrama de la empresa



Fig.2.2: Organigrama de la empresa

2.1.3 Misión, Visión y valores

Misión

Capacitar en automatización y control de procesos a estudiantes y profesionales en las áreas industriales de electricidad, electrónica y electromecánica, a través de un aprendizaje personalizado y práctica, logrando su inserción exitosa en la industrial.

Visión

Consolidarnos a nivel regional como la empresa número uno en capacitación, evaluación y certificación en automatización, control, diseño y manufactura asistido por computadora, respaldados en la calidad certificada de nuestros egresados y su desempeño en el sector productivo del estado de Puebla.

2.1.4 Descripción Del Área Donde Se Realizó El Proyecto

UBICACIÓN FÍSICA

Calle 32 pte, 2537 2do. Piso, Col. Las Cuartillas, Puebla, C.P 72050

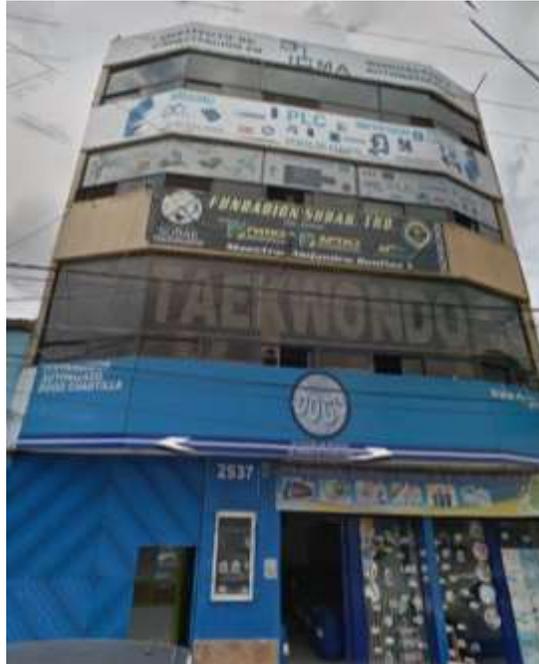


Fig.2.3: Empresa ICMA

Área de PLC's.



Fig. 2.4: Área de PLC's

UBICACIÓN EN EL DIAGRAMA DE ORGANIZACIÓN

Área de Capacitación.

PERSONAL

Ing. Gerardo Luis Velázquez

Lic. Jorge Luis Velázquez

PROCEDIMIENTOS O ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN

- ✓ Capacitar a los clientes.
- ✓ Dar mantenimiento a los equipos.
- ✓ Atender a clientes a la hora de realizar prácticas.

EQUIPO

- ✓ Variadores de frecuencias
- ✓ Tableros de SIEMENS
- ✓ Tablero de Rockwell
- ✓ Tablero de PLC's SELEC
- ✓ Diferentes tipos de motores
- ✓ Dispositivos de control de motores
- ✓ Pantallas HMI's SIEMENS, Allen-Bradley, SELEC, TELEMECANIQUE etc.
- ✓ Dispositivos electrónicos (Sensores, Arduinos, Resistencias etc).
- ✓ Aulas para impartir cursos y equipamiento (pizarrón, cillas, mesas, computadoras etc.)

3.1 Fundamento Teórico

3.1.1 Conceptos Básicos

Tableros de control: Los tableros eléctricos son paneles donde se encuentran instrumentos para la conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos pequeños dispositivos que integran el tablero eléctrico permiten que una instalación eléctrica funcione correctamente. (Forero, 2015).



Fig.3.1: Tablero de control

PLC: Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. (Wikipedia, 2018)



Fig. 3.2: PLC MicroLogix 1200



Fig. 3.3: PLC CompactLogix L32E

Flex I/O: Es un sistema de entradas y salidas distribuidas que se conecta a varias redes, dos terminales de conexión separados para la alimentación de campo le permiten conectar en cadena conexiones de energía a bases de terminales adyacentes. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 1996)

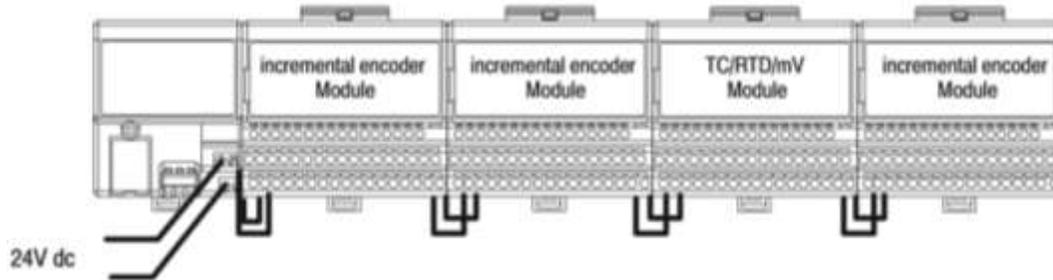


Fig. 3.4: Sistema Flex I/O

EtherNet/IP: Son redes de comunicación que ofrecen una suite completa de mensajes y servicio para muchas aplicaciones de automatización y Control en tiempo real, sincronización de hora y movimiento son algunos ejemplos de aplicaciones que utilizan redes EtherNet/IP, ese estándar de red abierta utiliza productos de comunicación EtherNet/IP estándar para brindar compatibilidad con las funciones de mensajería E/S en tiempo real, intercambio de información y mensajería general. (Allen-Bradley, Rockwell Automation, 2015).



Fig. 3.5: Red EtherNet/IP

DeviceNet: Como su propio nombre indica, DeviceNet es un bus estándar de campo para comunicación entre dispositivos. DeviceNet es mucho más que una simple red de sensores gracias a que permite integrar un amplio rango de dispositivos que van desde variadores de velocidad hasta botoneras y desde PLC's hasta dispositivos neumáticos. (TUNNIG, 2011)

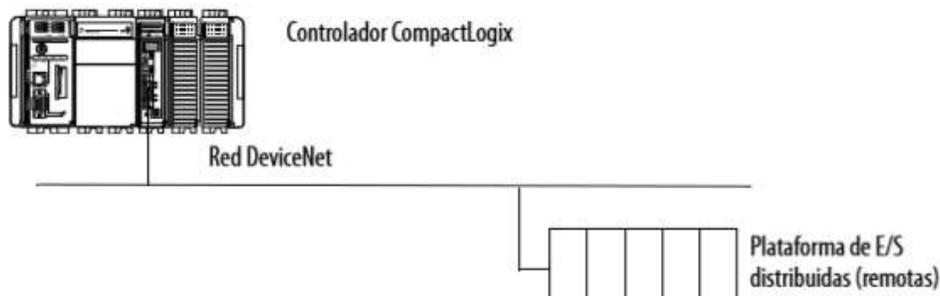


Fig. 3.6: Red DeviceNet

ControlNet: Es una red abierta de control en tiempo real, determinista, repetible y de alta velocidad que integra PLC, E/S, variadores, etc. Apareció de la mano de Allen-Bradley en 1995. Apropia para aplicaciones discretas y control de procesos. (TUNNIG, 2011).

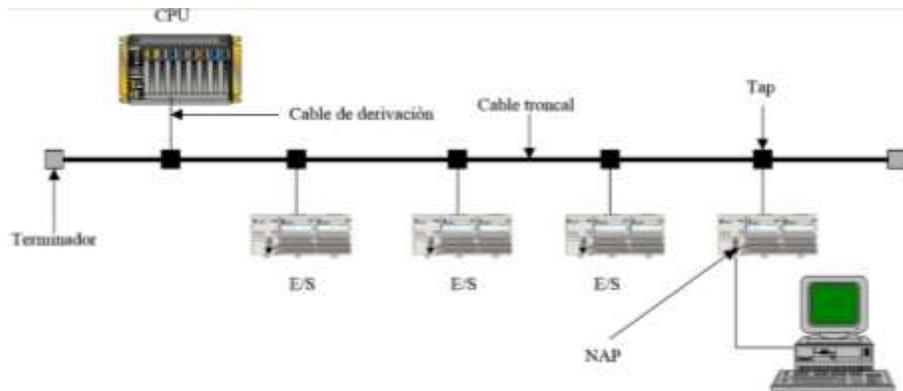


Fig. 3.7: Red ControlNet

Protocolo TCP/IP: El Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP) es un protocolo de capa de transporte (TCP) y un protocolo de capa de red (IP) generalmente usado para comunicarse al interior de las redes y entre redes. (TUNNIG, 2011).



Fig. 3.8 Logo TCP/IP

RSLogix 5000: RSLogix 5000 es el software de programación para el tipo de control Compact Logix de Allen-Bradley. RSLogix 5000 Lite Edición permite la programación con diagrama del programa de contactos, diagrama de bloque de funciones, diagrama de funciones secuenciales y texto estructurado. (Festo, 2019)



Fig. 3.9: Software RSLogix 5000

RSLinx Classic:

RSLinx Classic para redes y dispositivos de Rockwell Automation es una solución completa para comunicaciones, Permite que el controlador programable Allen-Bradley acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen-Bradley. Entre estas aplicaciones se incluyen desde aplicaciones de configuración y programación tales como RSLogix y RSNetWorx hasta aplicaciones HMI (interfaz operador-máquina) como RSView32, hasta sus propias aplicaciones de adquisición de datos mediante Microsoft Office, páginas Web o Visual Basic. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2018).



Fig. 3.10: Software RSLinx Classic

RSLogix 500:

El paquete de programación RSLogix 500 es compatible con programas creados con paquetes de programación basados en DOS de Rockwell Software para las familias de procesadores SLC 500 y MicroLogix, lo que hace que el mantenimiento de programas en plataformas de hardware sea conveniente y fácil. La familia RSLogix de paquetes de programación de lógica de escalera compatibles con IEC-1131 lo ayuda a maximizar el rendimiento, ahorrar tiempo de desarrollo del proyecto y mejorar la productividad. (Ramos, 2018).



Fig. 3.11: Software RSLogix 500

CATIA V5: Es un programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora comercial realizado por Dassault Systèmes. El programa está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño hasta la producción y el análisis de productos. (Wikipedia , 2018).



Fig. 3.12: Logo Software CATIA V5

FactoryTalk View: El software FactoryTalk View Machine Edition (ME) es una versátil aplicación de interface operador-máquina (HMI) que ofrece una solución robusta y dedicada para dispositivos de interface de operador a nivel de máquina. Como un elemento integral de la solución de visualización de Rockwell Automation, FactoryTalk View Machine Edition proporciona gráficos superiores, cambio de idiomas en tiempo de ejecución y un tiempo de puesta en marcha más breve mediante un ambiente de desarrollo común. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2013).



Fig. 3.13: Software Factory Talk View

Calibración: es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar). Según la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la calibración es "una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación. (Wikipedia, 2018).



Fig. 3.14: Multímetro

Impresora 3D: Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar impresiones de diseños 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño echo por un ordenador. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D. (Industrial, s.f.).



Fig. 3.15: Impresora 3D

4.1 Procedimientos Y Descripción De Las Actividades Realizadas

1. INVESTIGACIONES DE DISPOSITIVOS ALLEN-BRADLEY

El primer paso que se llevó a cabo, son las investigaciones de todos los dispositivos que se diseñaron para saber sus características y su funcionamiento.

CompactLogix L32E:

El controlador compactLogix ofrece control, comunicación y elementos de E/S avanzados en un paquete de control distribuido. (Allen-bradley, 2013).

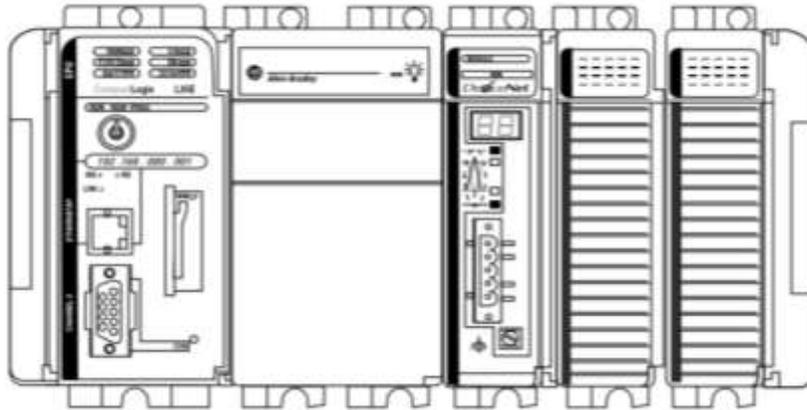


Fig. 4.1 PLC CompactLogix L32E

Módulo de entradas y salidas digitales:

Los módulos Compact I/O basados en chasis Boletín 1769 pueden usarse como E/S locales y distribuidas para un controlador CompactLogix o Compact. Las características tipo rack en un diseño sin rack reducen los costos y el inventario de piezas de repuesto. Un bloque de terminales extraíble proporciona conexiones a sensores y accionadores de E/S. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , s.f.).



Fig. 4.2: Módulo IQ32



Fig. 4.3: Módulo OB16

Módulo 1769-SDN DeviceNet:

Este módulo se comunica con otros dispositivos DeviceNet y utiliza el controlador como maestro o esclavo en DeviceNet, utiliza un puerto serial, ethernet o ControlNet del controlador para otra comunicación y el escáner se puede comunicar hasta 63 dispositivos DeviceNet. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2002).



Fig. 4.4: Modulo 1769-SDN

PLC MicroLogix1200:

El MicroLogix 1200 incluye características opciones diseñadas para cubrir una amplia gama de aplicaciones. Disponible en versiones de 24 y 40 puntos, el conteo de E/S puede ampliarse mediante módulos de E/S sin rack. Esto conduce a sistemas de control más grandes, mayor flexibilidad de aplicación y capacidad de expansión a menor costo, y un inventario reducido de piezas. (Allen-Bradley, Rockwell Atomation , 2019).



Fig. 4.5: PLC MicroLogix 1200

Módulo 1762-IR4:

El módulo 1762-IR4 recibe y almacena datos analógicos digitalmente convertidos de entradas de RTD u otras entradas de resistencias, tales como potenciómetros. El modulo acepta conexiones de cualquier resistencia, tales como potenciómetros. El modulo acepta conexiones de cualquier combinación desde hasta 4 entradas de RTD u otras entradas de resistencia. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2002).



Fig. 4.6: Modulo 1762-IR4

Sensor PT100:

Un pt100 es un sensor de temperatura, consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 Ohms y que al aumenta la temperatura aumenta su resistencia eléctrica

Normalmente las pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocupla, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material, en un extremo está el elemento sensible (alambre platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegidos de una cada redonda d aluminio. (instrumentacion, s.f.).



Fig. 4.7: Sensor PT100

Power Supply CP-D 24/2.4:

La gama CP-D de unidades de alimentación modulares en diseño MDRC (componentes modulares de riel DIN) es ideal para la instalación en paneles de distribución. Esta gama ofrece dispositivos con voltajes de salida de 12 V CC y 24 V CC a corrientes de salida de 0,42A a 4,2A. Gracias a la alta eficiencia térmica correspondiente a la baja potencia y la disipación de calor, los dispositivos pueden funcionar sin refrigeración forzada. Este dispositivo cuenta con la característica de salida U / I (comportamiento de plegado hacia delante). Todas las unidades de alimentación en el rango CP-D están aprobadas de acuerdo con todas las normas internacionales relevantes. (ABB, Power and productivity , s.f.).



Fig. 4.8: Power Supply ABB

Fuente de alimentación 1606-XLS 24-28V:

Las características más destacadas de la fuente de alimentación de riel DIN 1606-XLS son sus eficiencias extremadamente altas y su pequeño tamaño, que se logran mediante una rectificación sincrónica y otros avances tecnológicos.

Las grandes reservas de energía del 150% admiten el arranque de cargas pesadas, como motores de CC o cargas capacitivas. (Allen-Bradley, Rockwell Automation, 2013).



Fig. 4.9: Power Supply AB

1769-NET-ENI Allen-Bradley:

El 1761-NET-ENI proporcionan conectividad EtherNet / IP para todos los controladores MicroLogix y otros dispositivos de dúplex completo DF1. La interfaz de red Ethernet, ENI o ENIW, le permite conectar fácilmente controladores que no son de Ethernet a redes Ethernet nuevas o existentes y cargar / descargar programas, comunicarse entre controladores y generar mensajes de correo electrónico a través de SMTP (protocolo simple de transporte de correo). (Bradley, Rockwell Automation , 2005).



Fig. 4.10: 1769-NET-ENI

Módulo 1794-IB32:

Es un módulo flexible y confiable, que proporciona un nivel de funcionalidad que normalmente solo se asocia con E / S mucho más grandes y complejas basadas en rack. Con un sistema modular, puede seleccionar la interfaz de red, el estilo de terminación y la E / S independientemente, lo que hace que el sistema de E / S sea más adecuado para su aplicación específica. (Bradley, 2018).



Fig. 4.11: Modulo 1794-IB32

Módulo 1794-ID2:

El módulo 1794-id2 es un módulo de E/S inteligente sincronizado para realizar un conteo de pulsos de alta velocidad. el modulo proporciona interfaz transmisor de 2 pulsos, cada uno con 4 entradas optoacopladas. Cada entrada + y - para la concesión al transmisor con señales complementarias y no complementarias, las entradas de pulsos pueden aceptar frecuencias de hasta 1000kHz. El modulo acepta y devuelve datos personales. (Bradley, Rckwell Automation , 2015).



Fig. 4.12: Modulo 1794-ID2

Módulo 1794-AENT:

Los módulos de comunicación Ethernet/IP de Rockwell Automation proporcionan algunas de estas funciones. Admiten mensajería, tags producidos/consumidos y E/S distribuidas. Encapsulan mensajería dentro del protocolo TCP/UDP/IP estándar. Comparten una capa de aplicación común en los protocolos de redes ControlNet y DeviceNet. Se interconectan mediante conectores RJ45 de cables par trenzado categoría 5 sin blindaje. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2017).



Fig. 4.13: Modulo 1794-AENT

Modulo adaptador de escaner DeviceNet 1794-ADN:

Tiene acceso a compact I/O remotos mediante una red DeviceNet, Envía datos de E/S remotas para hasta 30 módulos de regreso a un escáner o un controlador, este adaptador permite conectar más módulos para una comunicación DeviceNet, con una fuente de alimentación permite interconectar los datos. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2013).



Fig. 4.14: Modulo 1794-ADN

PanelView Plus 600:

Los terminales PanelView Plus son interfases operador-máquina que ejecutan aplicaciones a nivel de maquina HMI en un entorno industrial. Las pantallas están disponibles en tamaños de 4 a 15 pulgadas. Estos dispositivos se usan para monitorear, controlar y ver información gráficamente, lo cual permite a los operadores entender rápidamente el estado de la aplicación. (DARÍO, 2014).



Fig. 4.15: PanelView Plus 600

Stratix 2000:

Switches Ethernet son ideales para redes pequeñas de control. Estos interruptores aptos para la industria no requieren configuración y usan conexiones de cable simples para una conexión sencilla con controladores basados en Logix. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2019).



Fig. 4.16: Stratix 2000

Variador de frecuencia POWER FLEX 525:

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de CA PowerFlex 525 cuentan con un diseño innovador y modular para admitir una rápida y fácil instalación y configuración. La nueva generación de los variadores compactos ofrece comunicación EtherNet/IP. (Allen-Bradley, Rockwell Automation , 2017).



Fig. 4.17: Power Flex 525

Modem Ethernet:

Un modem es un dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas y viceversa y permite la comunicación entre computadoras a través de la línea telefónica o del cable modem. (Wikipedia, 2018)



Fig. 4.18: Modem

Encoder E50S8-500-3-1-24:

El encoder es un dispositivo que se usa para realizar el posicionamiento de máquinas rotativas. Es de construcción sencilla, se necesita un disco ranurado y un sensor foto eléctrico tipo barrera. Cuando la ranura del disco está frente al sensor no hay conducción de luz y cuando esta frente a un orificio si hay conducción de luz, esta conducción de la luz se convierte en estados de voltaje alto y bajo. (Alarcon, 2010).



Fig. 4.19: Encoder E50S8-500-3-1-24

Transformador Monofásico:

El transformador es un dispositivo que permite modificar potencia eléctrica de corriente alterna con un determinado valor de tensión y corriente en otra potencia de casi el mismo valor, pero, generalmente con distintos valores de tensión y corriente. Es una máquina estática de bajas pérdidas y tiene un uso muy extendido en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica. (Alvarez, 2019)



Fig. 4.20: Transformador Monofásico

Riel DIN:

Un carril DIN o rail DIN es una barra de metal normalizada. Es muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando, tanto en aplicaciones industriales como en viviendas. (JaviMad, 2017)



Fig. 4.21: Riel DIN

Perfil de aluminio:

Los perfiles de aluminio son subproductos normalmente utilizados para propósitos estructurales. Es posible distinguir tres tipos de perfiles de acuerdo a su uso: construcción, arquitectónicos e industriales.

En la industria los perfiles de aluminio son utilizados para varios propósitos donde no es tan importante la rigidez o la calidad superficial, pero requieren una buena combinación de ambas junto con otras características del material, como la conductividad. Esto proporciona una amplia variedad de usos en la industria para este sub-producto. Algunos ejemplos pueden ser: sistemas de canales para cables, disipadores de calor, aire acondicionado, armarios y mobiliario industrial, etc. (Sourcing, s.f.)



Fig. 4.22: Perfil de aluminio

Canaletas:

Las canaletas. Son excelentes conductos que facilitan la instalación y dan mejor presentación del cableado en los tableros de controles eléctricos. La canaleta ranurado (slotted wiring duct) se fabrican de plástico los cables pueden colocarse o retirarse con facilidad, cuentan con lengüetas que se pueden cortar de manera manual para aumentar el área del paso de los conductores a los componentes de control. (coparoman, 2015).

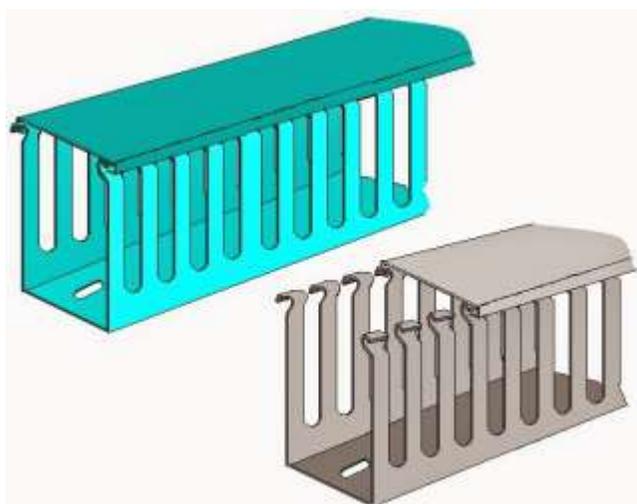


Fig. 4.23: Canaletas Dentadas

2. DISEÑO DE CADA DISPOSITIVO INVESTIGADO

Una vez que se llevaron a cabo las investigaciones de los dispositivos que componen un tablero de control de Rockwell, pasamos a la etapa del diseño de cada uno, a continuación, se muestran todos los diseños de los dispositivos Allen-Bradley.

En primera se diseñó el PLC principal del tablero de control este es el CompactLogix L32E, el cual tiene en sus Slot los módulos IQ32, OB16 y SCANNER de la red industrial DeviceNet y una fuente de alimentación.

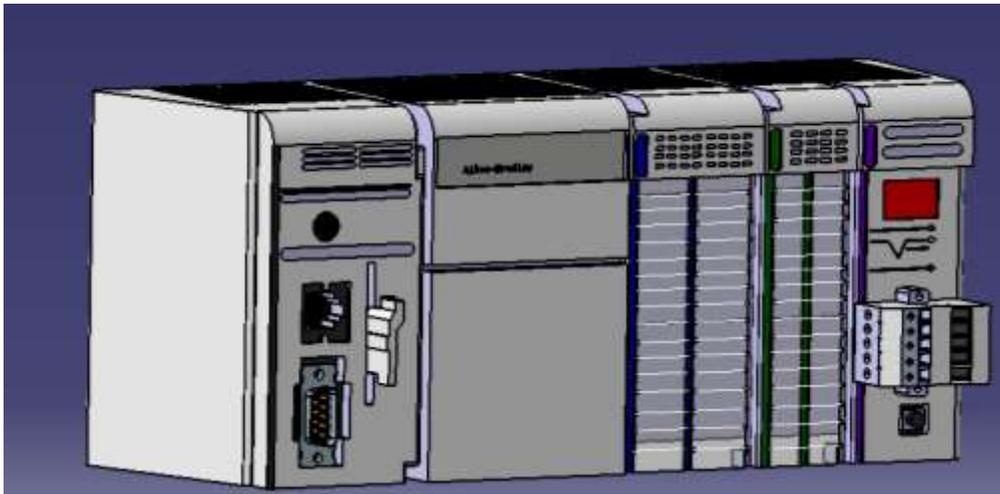


Fig. 4.24: PLC CompactLogix L32E

Luego se diseñó el segundo PLC es un MicroLogix 1200, este se conectará también para dar clases y realizar prácticas con el Software RSLogix 500, con este se conectarán sensores, lámparas indicadoras y Switches para simular procesos.

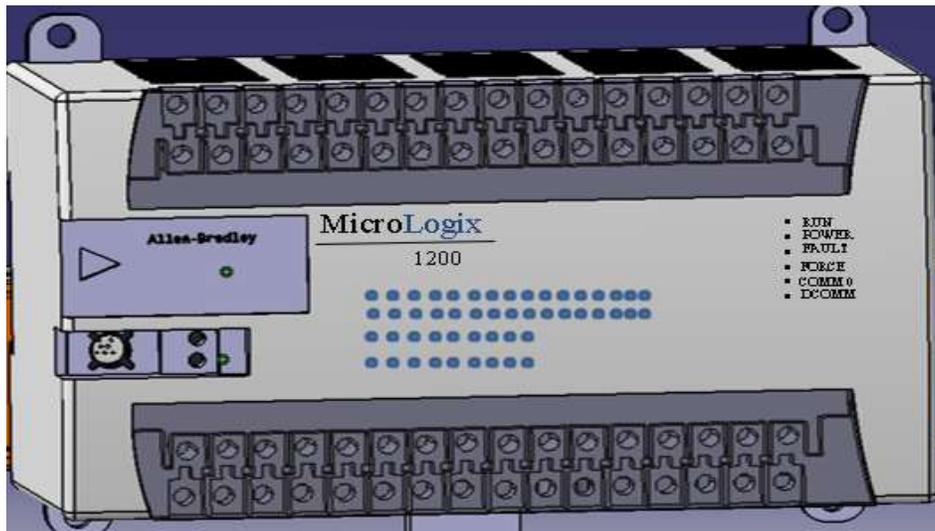


Fig. 4.25: PLC MicroLogix 1200

Se diseñó un variador de frecuencia Power Flex I/O Allen-Bradley para implementar un control de motor en el tablero, este variador se conectará con un transformador monofásico para dar el voltaje necesario.

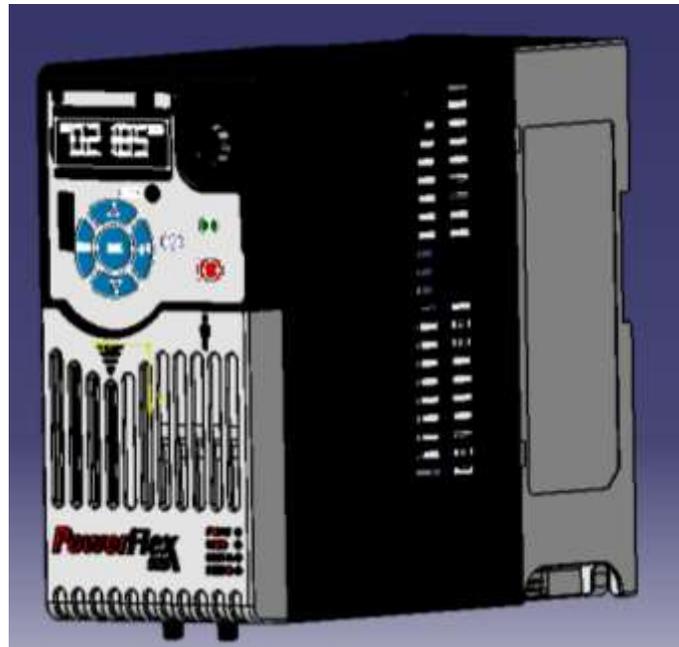


Fig. 4.26: Power Flex 525 AB

El siguiente diseño es un módulo adaptador de la red DeviceNet, en el cual se pueden conectar más módulos del sistema Flex I/O que se comunicaran con el PLC' L32E, este módulo tiene pines de conexiones en donde funciona como una fuente de alimentación.

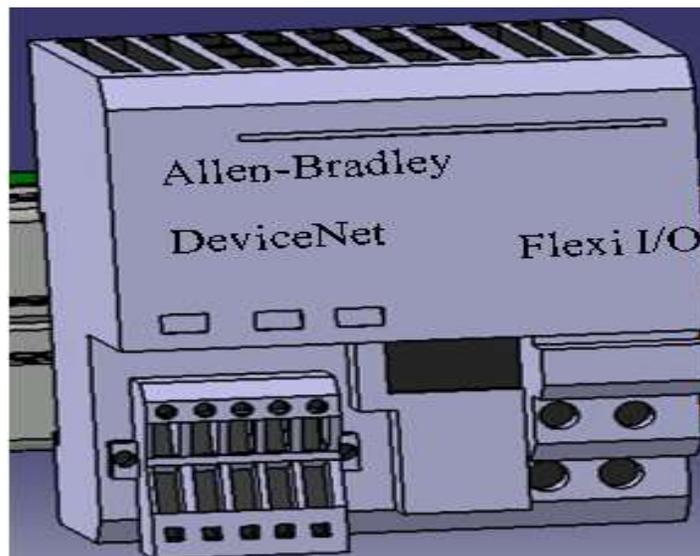


Fig. 4.27: Modulo Adaptador DeviceNet

Este diseño es de un sensor PT100 el cual se conectará en el módulo 1762-IR4 para que el cliente pueda realizar prácticas y compruebe como dar de alta a los canales analógicos por medio del Software RSLogix 500.

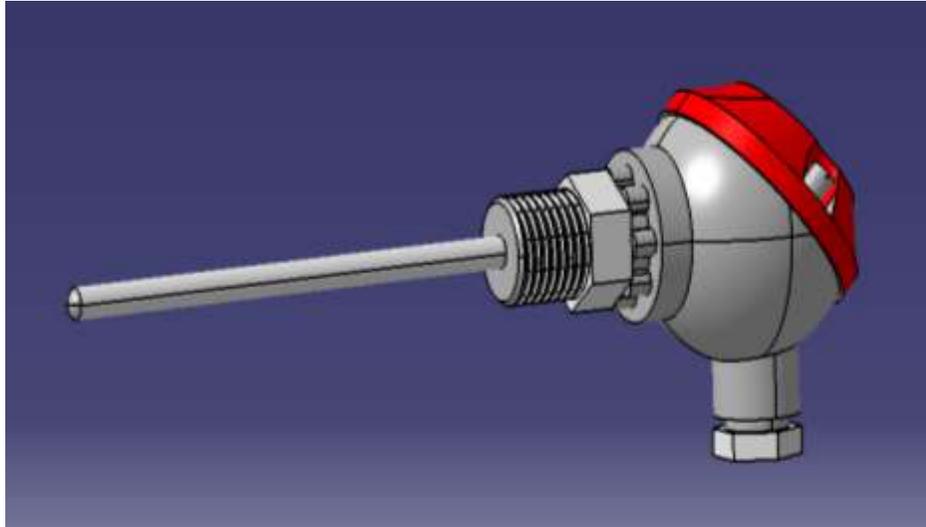


Fig. 4.28: Sensor PT100

El siguiente diseño pertenece también al sistema Flex I/O de Allen-Bradley, este es un adaptador de la red EtherNet/IP, se implementa también para que el cliente pueda dar de alta el modulo por medio del software RSLogix 5000

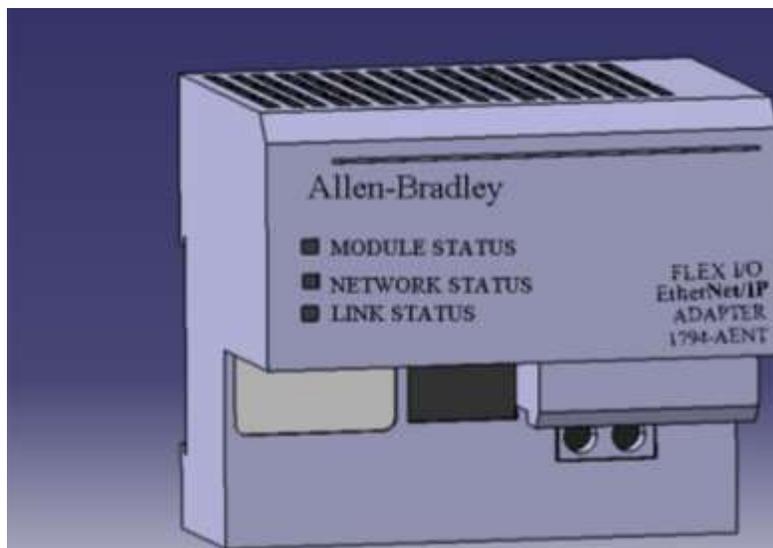


Fig. 4.29: Modulo 1794-AENT

Este diseño es de una fuente de alimentación de la marca ABB de 24 volts para alimentar el PLC MicroLogix 1200.

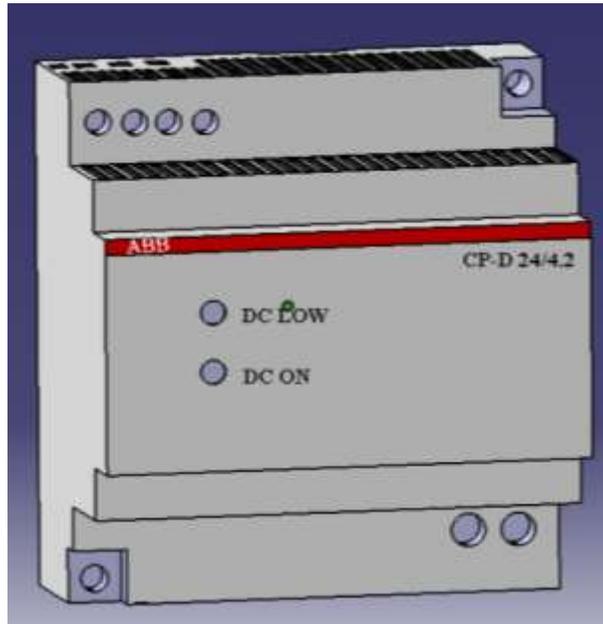


Fig. 4.30: Power Supply 24V ABB

El siguiente diseño es de una pantalla HMI PanelView Plus 600, esta es para que el cliente aprenda a utilizar el software Factory Talk Studio y aprenda a cargar un programa y conozca las bases principales de un sistema SCADA, como se observa tiene un paro de emergencia y 3 lámparas indicadoras que también son pulsadores.



Fig. 4.31: PanelView Plus 600 AB

El siguiente modulo es un contador de alta velocidad en el cual se conectará el encoder incremental, este sirve para comprobar la velocidad de la red EtherNet/IP y para que el cliente aprenda dar de alta estos tipos de módulos por mido del software RSLogix 5000

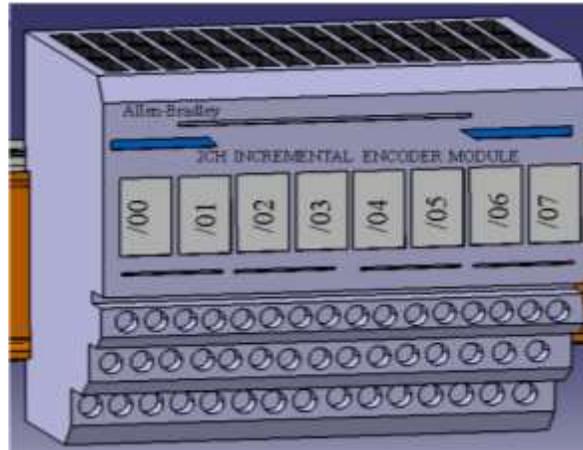


Fig. 4.32: Modulo 1764-ID2

Como se había mencionado anteriormente sobre la red DeviceNet, este es el adaptador que está en uno de los Slot en el PLC L32E, este nos sirve para conocer errores por medio de códigos, que los módulos tienen ya sea una mala conexión o desconexión que existe en dicha red.

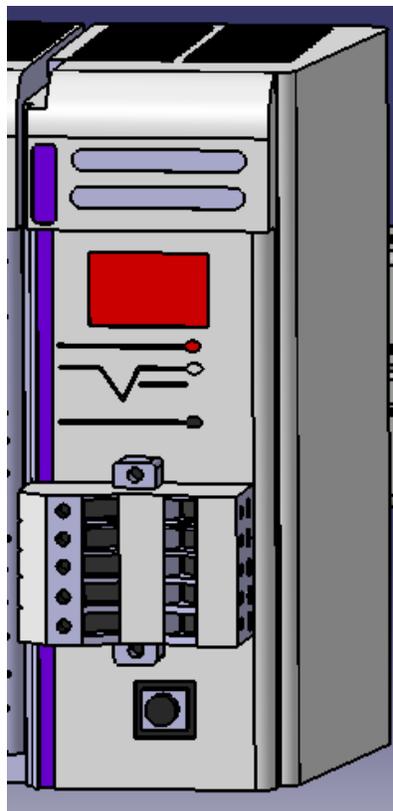


Fig. 4.33: Modulo SCANNER DeviceNet

Este es el diseño del encoder E50S8-500-3-1-24, el dispositivo que nos va a generar los pulsos que ira conectado en el modulo ID2.

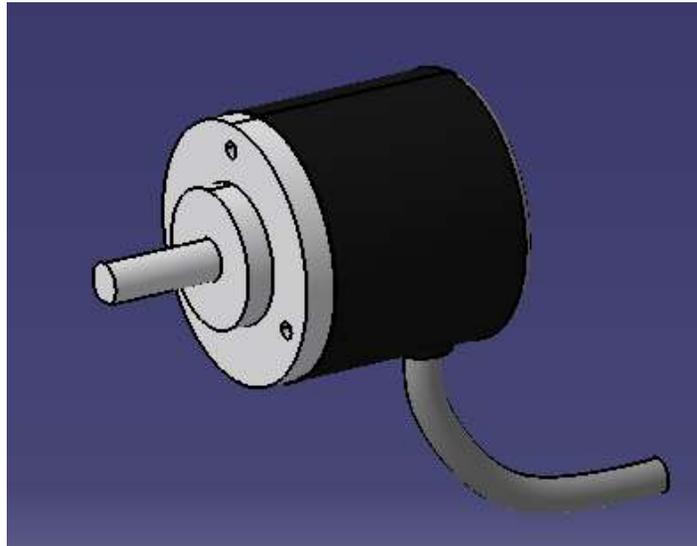


Fig. 4.34: Encoder incremental E50S8-500-3-1-24

El siguiente diseño es también un módulo con entradas digitales el cual se conectará con la red DeviceNet, este tiene un mayor número de pines de conexiones como pulsadores, finales de carreras o cualquier otro dispositivo que genere una señal digital.

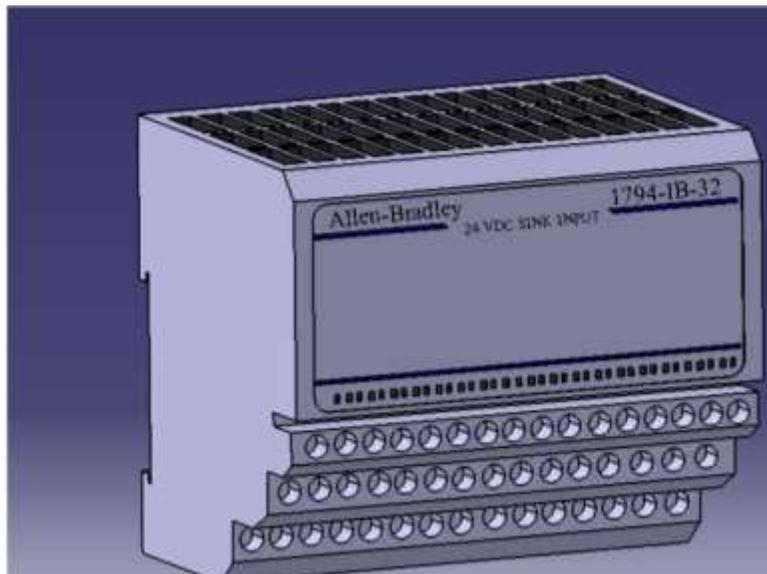


Fig. 4.35: Modulo 1794-IB32

Como se había mencionado anteriormente, este es el diseño del transformador monofásico con el que ira conectado el variador de frecuencia.

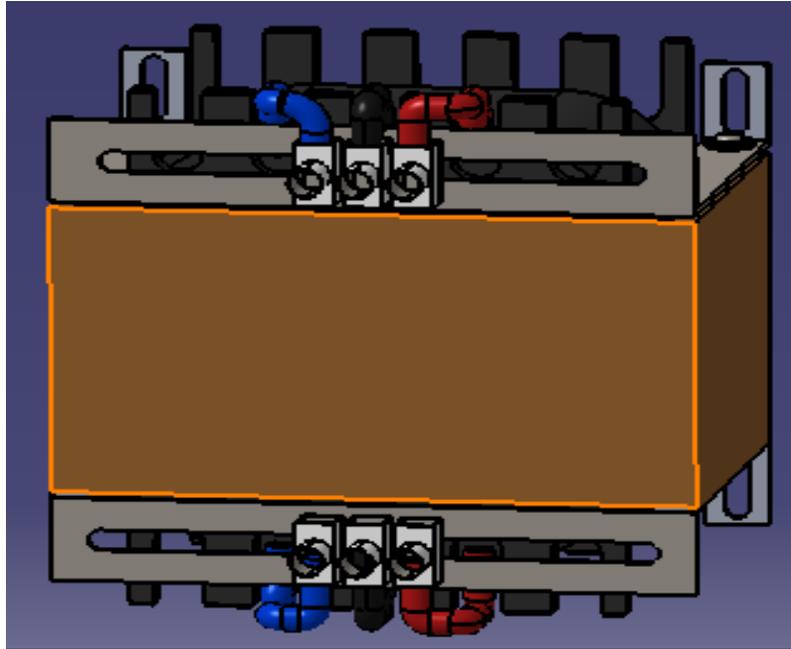


Fig. 4.36: Transformador Monofásico

También se diseñó el modelo del modem que nos ayudara para la red LAN en el tablero de control y poder reconocer variables y comunicar PLC's con el programador (laptop, computadora etc.).

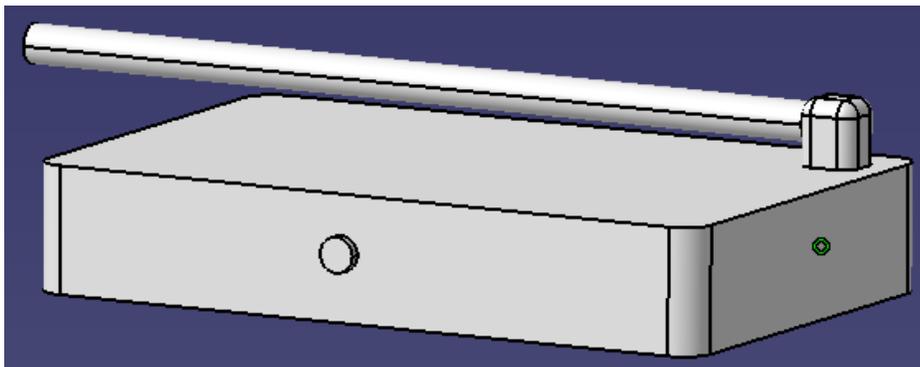


Fig. 4.37: Modem

El siguiente diseño es un Switch para conectar más dispositivos con Ethernet como, por ejemplo: la pantalla HMI, variadores de frecuencias, PLC's o módulos que utilicen conectores RJ45

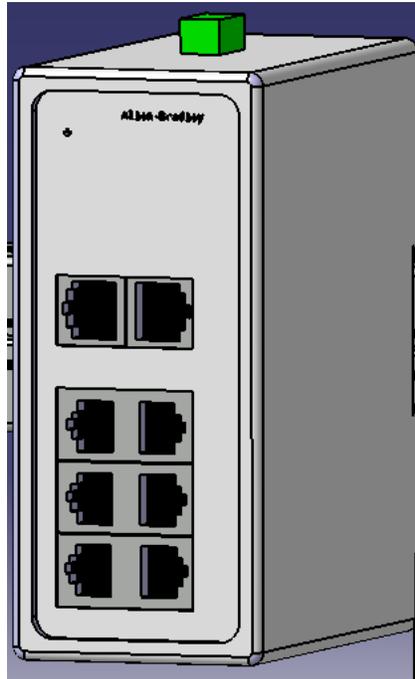


Fig. 4.38: Stratix 2000

El siguiente diseño es de un ENIT que ayuda a conectar a Ethernet el PLC MicroLogix 1200.



Fig. 4.39: 1769-NET-ENI Allen-Bradley

En el tablero de control de conectaran este tipo de lámparas indicadoras, las cuales son muy comerciales y económicas, estas irán conectadas en el PLC MicroLogix para demostrar las salidas digitales del controlador.

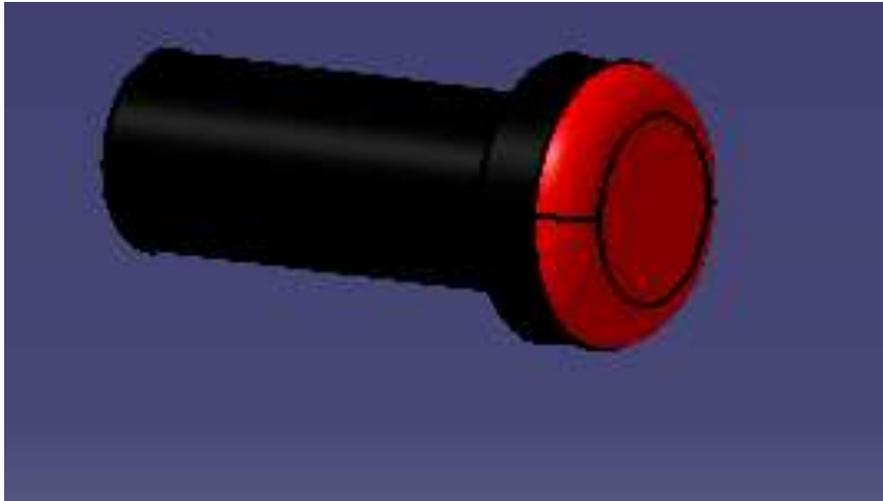


Fig. 4.40: Lámparas indicadoras 12V

El siguiente diseño es el tipo de perfil de aluminio que estará compuesto la base principal del tablero de control.

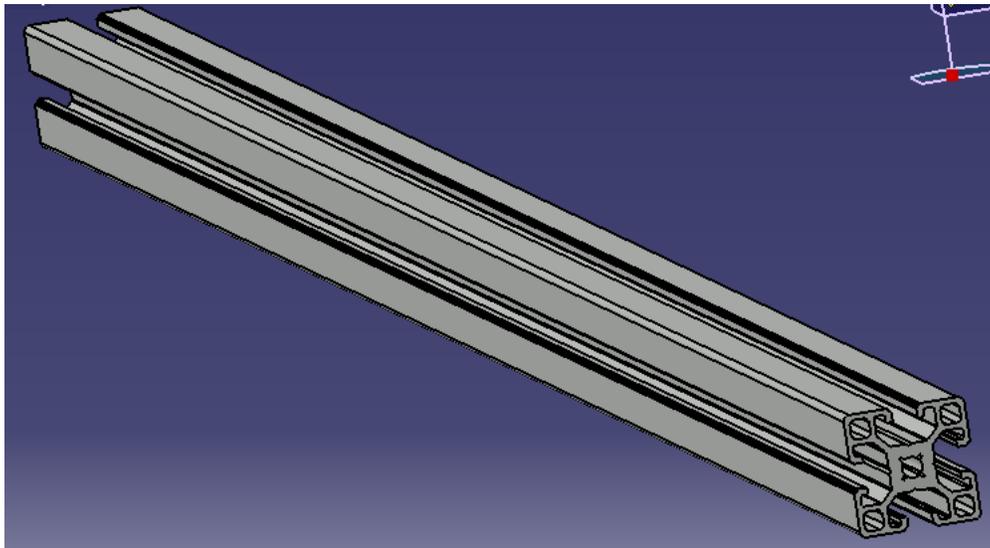


Fig. 4.41: Perfil de aluminio

Como se puede observar ese es el tipo de canaletas que se utilizaran para guiar los cables a los dispositivos haciendo un tablero más estético y de mayor seguridad en cableado.

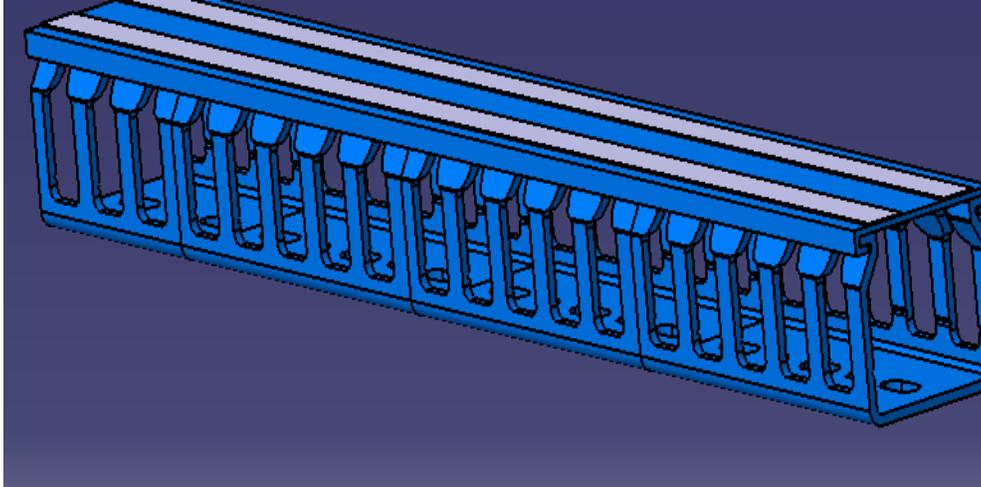


Fig. 4.42: Canaleta dentada azul

Este diseño es de una fuente de alimentación de la marca Allen-Bradley, es de 24 volts para alimentar a los módulos Flex I/O.

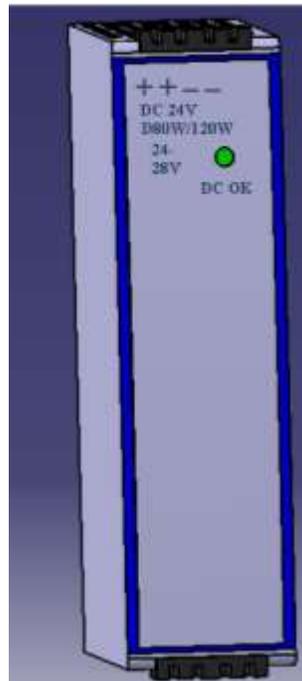


Fig. 4.43: Fuente de alimentación 1606-XLS 24-28V

En el tablero de control se utilizó este tipo de Riel DIN. Existen otros con diferente forma, pero el necesario es como se muestra en el diseño.

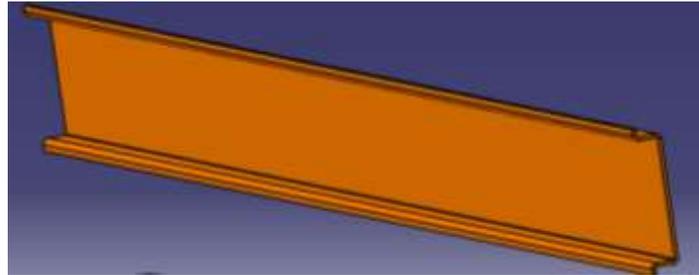


Fig. 4.44: Riel DIN

La base en el que irán los Switches se muestran a continuación, se diseñó para hacerla en una impresora 3D, como se puede observar se tienen 8 Switches la cual estará compartida con los PLC. Esto es para que el cliente puede conocer el funcionamiento de entradas digitales de los PLC y pueda crear variables.

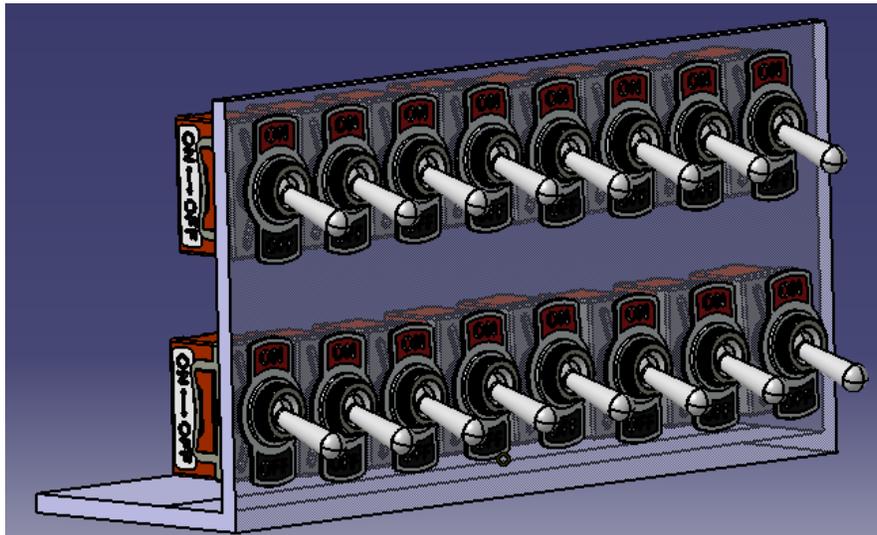


Fig. 4.45: Switches

Se diseñó también la base de las lámparas indicadoras, esta se hizo del menor tamaño para ahorrar filamento y tiempo de impresión.

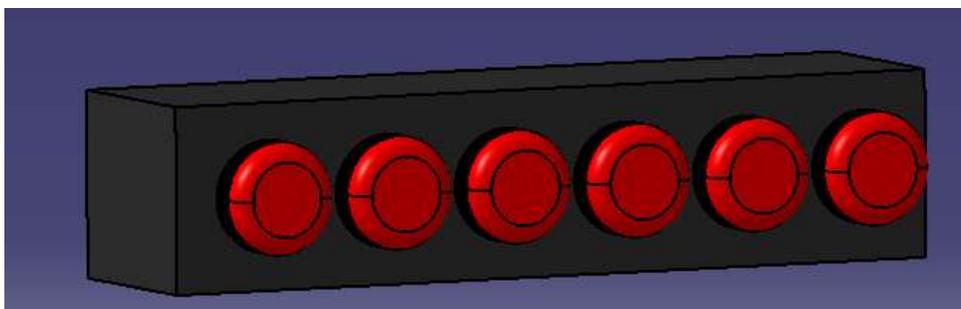


Fig. 4.46: Base de lámparas indicadoras

3. DISEÑO DE LA BASE DEL TABLERO DE CONTROL

El siguiente paso fue el diseño de la base principal en donde se van a ensamblar todos los dispositivos que anteriormente investigamos y se diseñó. Este paso es para saber las dimensiones del tablero y de cómo será la comodidad del usuario y de las posiciones que tendrá cada dispositivo.



Fig. 4.47: Diseño de la base del tablero de control

4. ENSAMBLE DE LOS DISPOSITIVOS Y BASE DEL TABLERO DE CONTROL

A continuación, se muestra como quedo ensamblado cada uno de los dispositivos, este modelo fue elegido ya que se compone 3 partes:

- 1: PLC's
- 2: Sistema Flex I/O
- 3: Control de motor

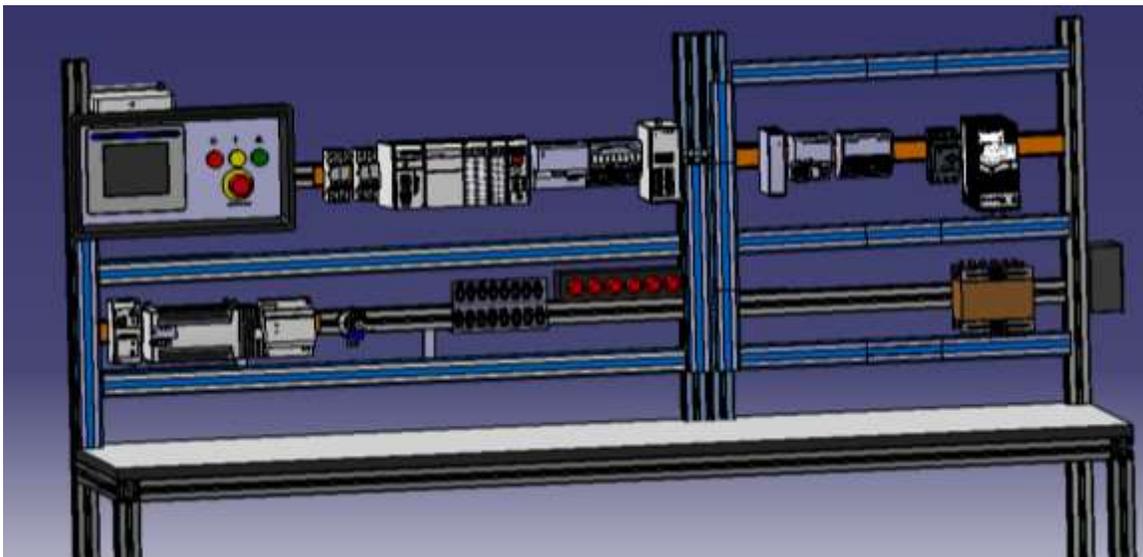


Fig. 4.48: Diseño del tablero de control de Rockwell

5. DISEÑO DE LA BASE DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE 4HP CON ENCODER INCREMENTAL.

Se diseñó la base de motor trifásico de 4hp, con el encoder incremental para ensamblarlo junto al tablero de control y analizar las dimensiones de este.

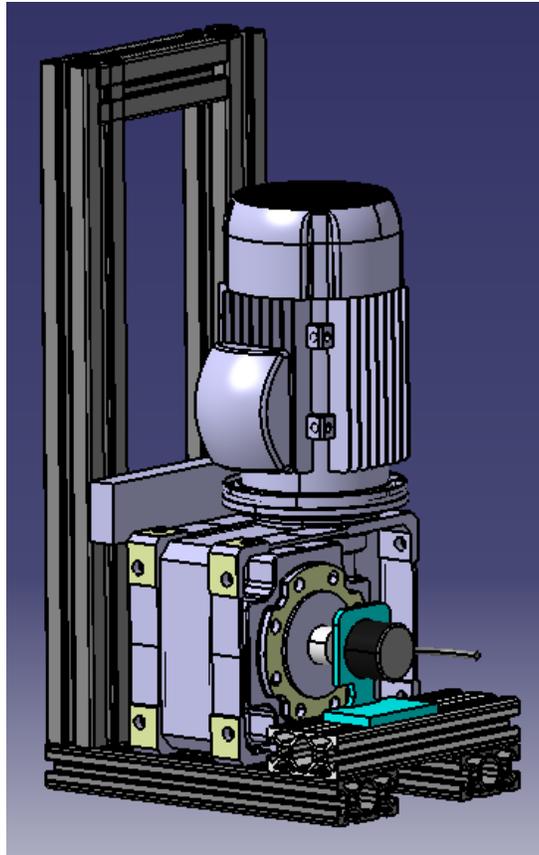


Fig. 4.49: Motor trifásico 2hp con encoder incremental

6. INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES DEL MÓDULO 1794-AENT

A continuación, se muestra cada una de las conexiones de los módulos que se conectaron en el tablero de control de Rockwell.

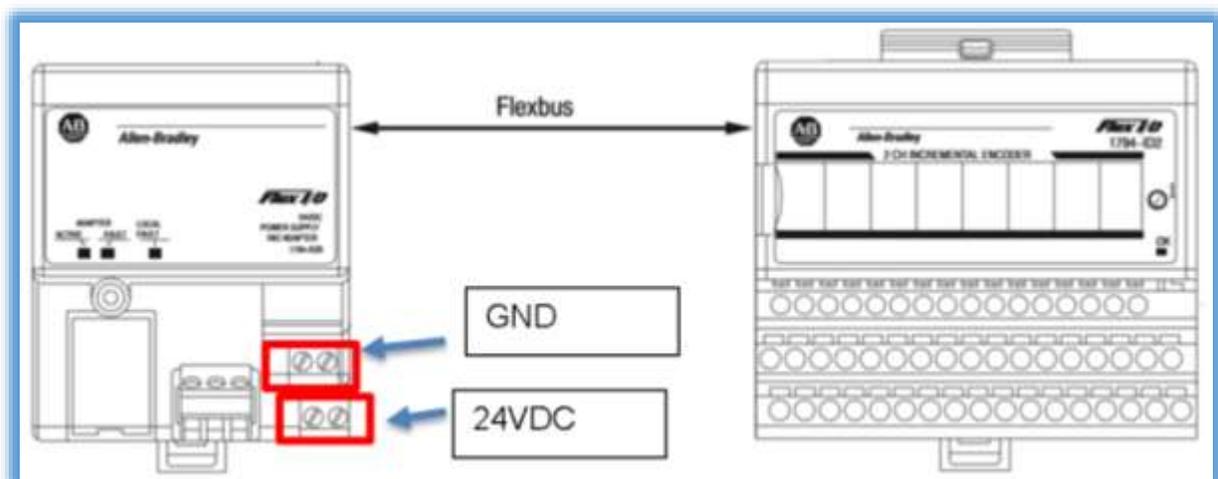


Fig. 4.50: Pines de conexión de 1794-AENT

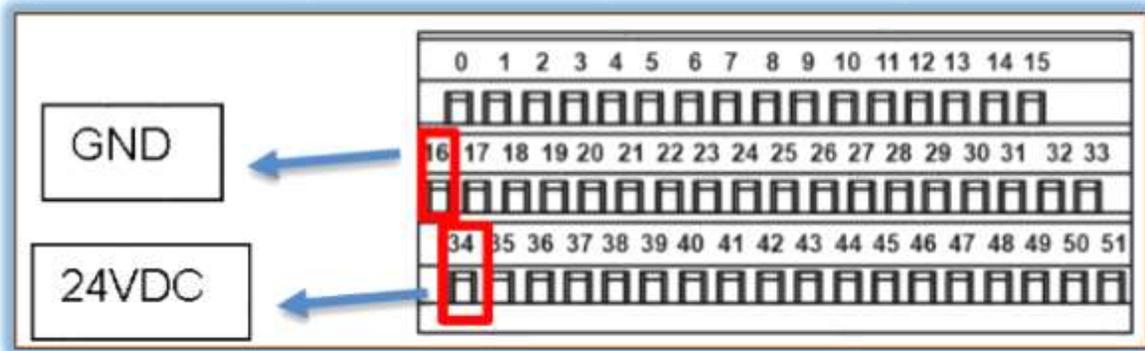


Fig. 4.51: Alimentación del Módulo 1769-ID2

Tabla 1: Conexiones del módulo 1794-ID2

CONEXIONES 1794-ID2	
Pines	Nombre
34 Y 50	24V DC
35 Y 51	COMUN
16 y 33	Tierra del chasis
40 a 45	Tierra del chasis

Características del módulo 1794-AENT

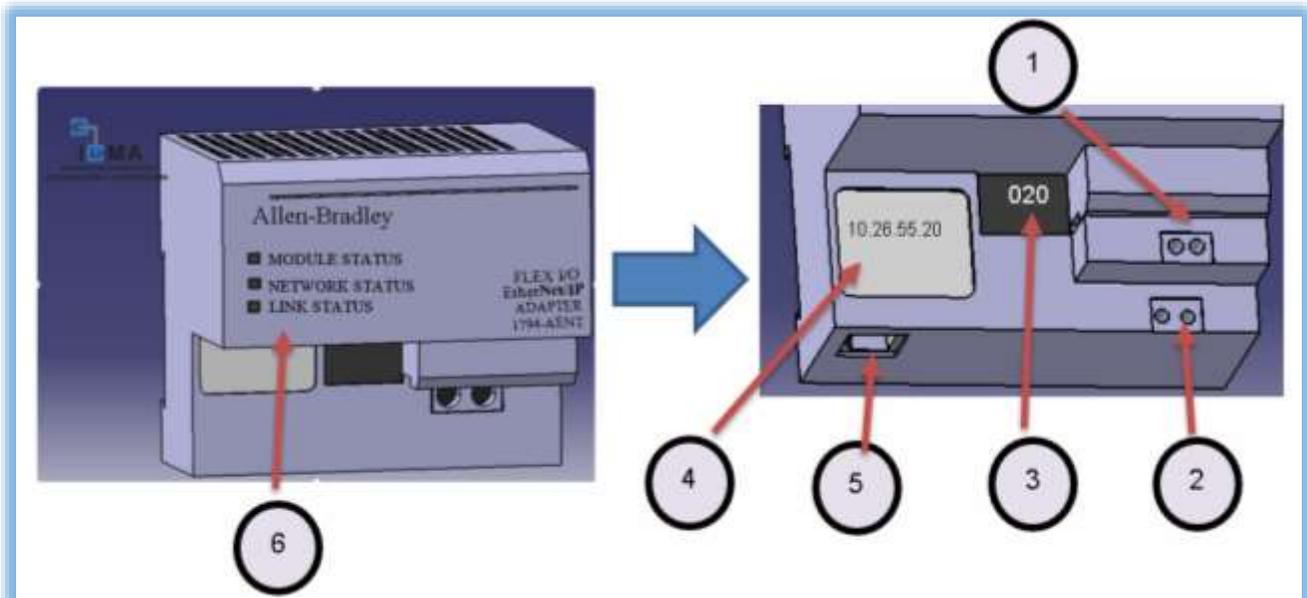


Fig. 4.52: Características del Módulo 1794-AENT

Tabla 2: Características del módulo 1794-AENT

Características del módulo 1794-AENT	
1	GND - 0VDC
2	Conexión 24V DC
3	Dirección
4	Dirección IP
5	Conexión RJ45
6	Indicadores

7. INVESTIGACIÓN TIPOS DE ENCODER

Se llevó a cabo una investigación sobre los tipos de encoder para saber el funcionamiento de cada uno y saber cuál utilizar en el tablero.

Encoder absoluto

Un encoder absoluto se basa en la información proveída para determinar la posición en secuencia. Ofrece un código único para cada posición. Se dividen en dos grupos: los encoders de un solo giro y los encoders absolutos de giro múltiple y su tamaño es pequeño para permitir una integración más simple.

Los encoders absolutos proporcionan información sobre la posición, el ángulo y las revoluciones en incrementos angulares específicos de tipo. (ingeniería, 2017)



Fig. 4.53: Encoder absoluto

Encoder incremental

Un encoder incremental, como su nombre lo indica, determina el ángulo de posición por medio de realizar cuentas incrementales. Esto quiere decir que provee una posición estratégica desde donde siempre comenzará la cuenta. La posición actual es incremental cuando es comparada con la última posición registrada por el sensor. Los encoders incrementales son de tipo óptico donde cada posición es completamente única. (ingeniería, 2017).

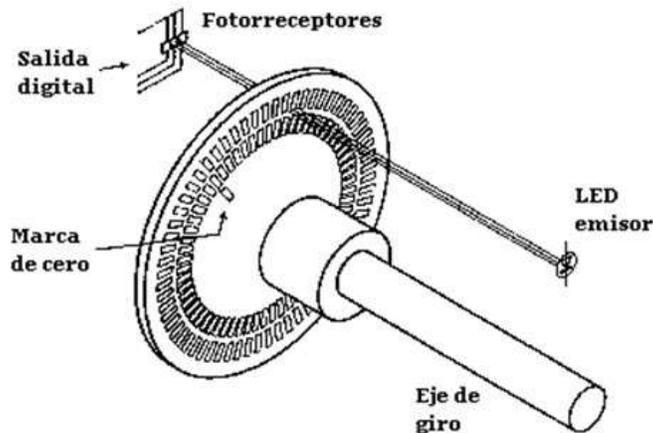


Fig. 4.54: Partes de un encoder incremental

8. INVESTIGACIÓN CONEXIÓN DEL ENCODER E50S8-500-3-1-24

De acuerdo a las investigaciones anteriores sobre los encoder, se llegó a la conclusión que se iba a utilizar el ENCODER E50S8-500-3-1-24. Para saber el modo de conexión se llevó a cabo la investigación de sus cables como se muestra a continuación

Tabla 3: Color de cables del encoder

COLOR DE CABLES	
Color	Cable
Negro	Salida A
Blanco	Salida B
Naranja	Salida Z
café	12-24VDC
Azul	GND (0 V).
PPR	500



Fig. 4.55: Encoder E50S8-5003-1-24

9. INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES DEL MÓDULO 1794-ID2

Continuando con las investigaciones, también se llevó a cabo sobre los pines de conexión del módulo ID2. La instrucción fue que se debe conectar el cableado de entrada individual (A +, A-, B +, B-, Z +, Z-, G +, G-) a los terminales numerados en la fila 0–15.

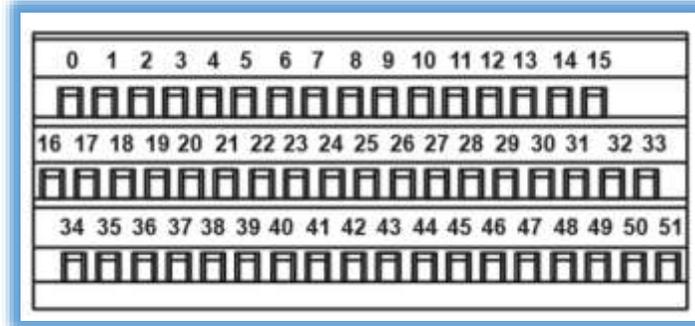


Fig. 4.56: Pines de conexión del módulo 1794-ID2

Tabla 4: Conexiones del módulo 1794-ID2

CONEXIONES 1769-ID2	
Pines	Nombre
34 Y 50	24V DC
35 Y 51	Tierra común
16 y 33	Tierra del chasis
40 a 45	Tierra del chasis

10. CONEXIÓN DEL ENCODER INCREMENTAL CON EL MÓDULO 1794-ID2

Con base a las investigaciones de las conexiones del módulo 1794-ID2 y del encoder incremental se llevó a cabo la siguiente conexión.

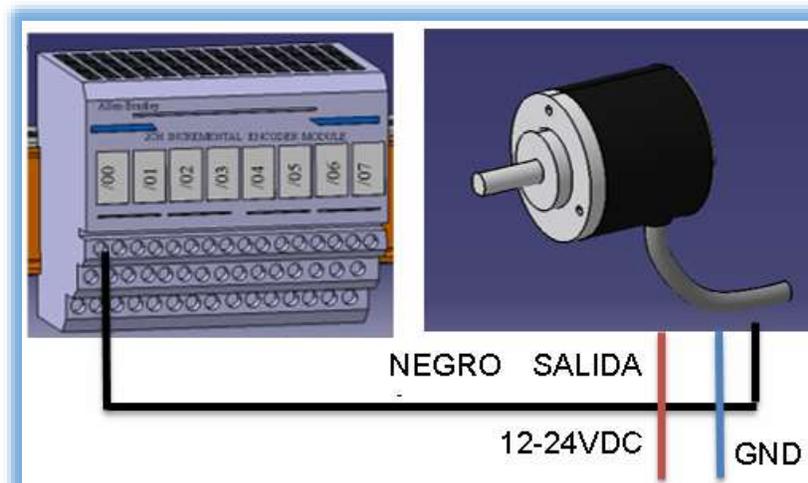


Fig. 4.57: Diagrama de conexión del encoder con módulo 1794-ID2

11. DAR DE ALTA EL MÓDULO 1794-AENT Y 1794-ID2 CON EL PLC ALLEN-BRADLEY COMPACTLOGIX L32E.

Una vez que se conectó el modulo con el encoder, nos vamos a la parte de programación con el software RSLogix 5000, a continuación, se muestra a gran detalle cada uno de los pasos que se realizaron para poder comunicar el PLC con los módulos.

Paso 1: Se abre el software RSLogix 5000

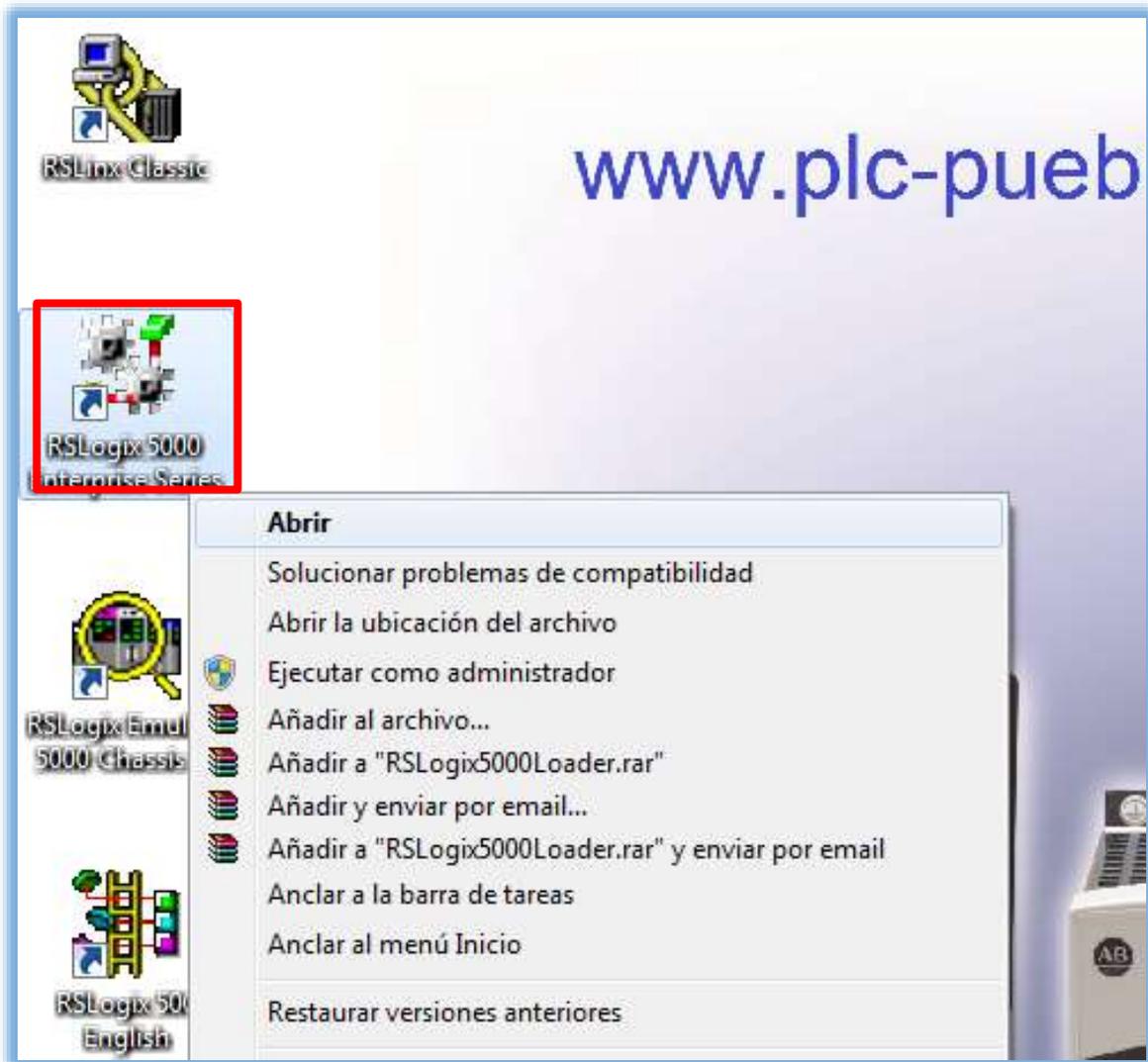


Fig. 4.58: Paso 1 abrir RSLogix 5000

Paso 2: Abre la ventana principal de RSLogix 5000

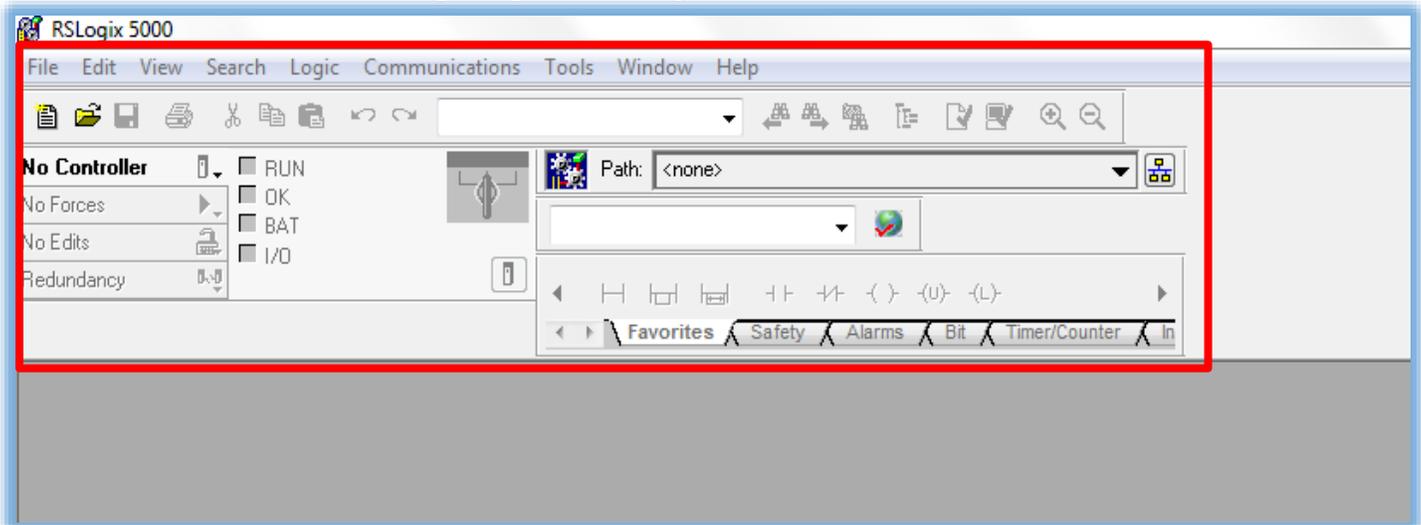


Fig. 4.59: Paso 2 Software RSLogix 5000

Paso 3: Dar clic en File y se crea nuevo archivo

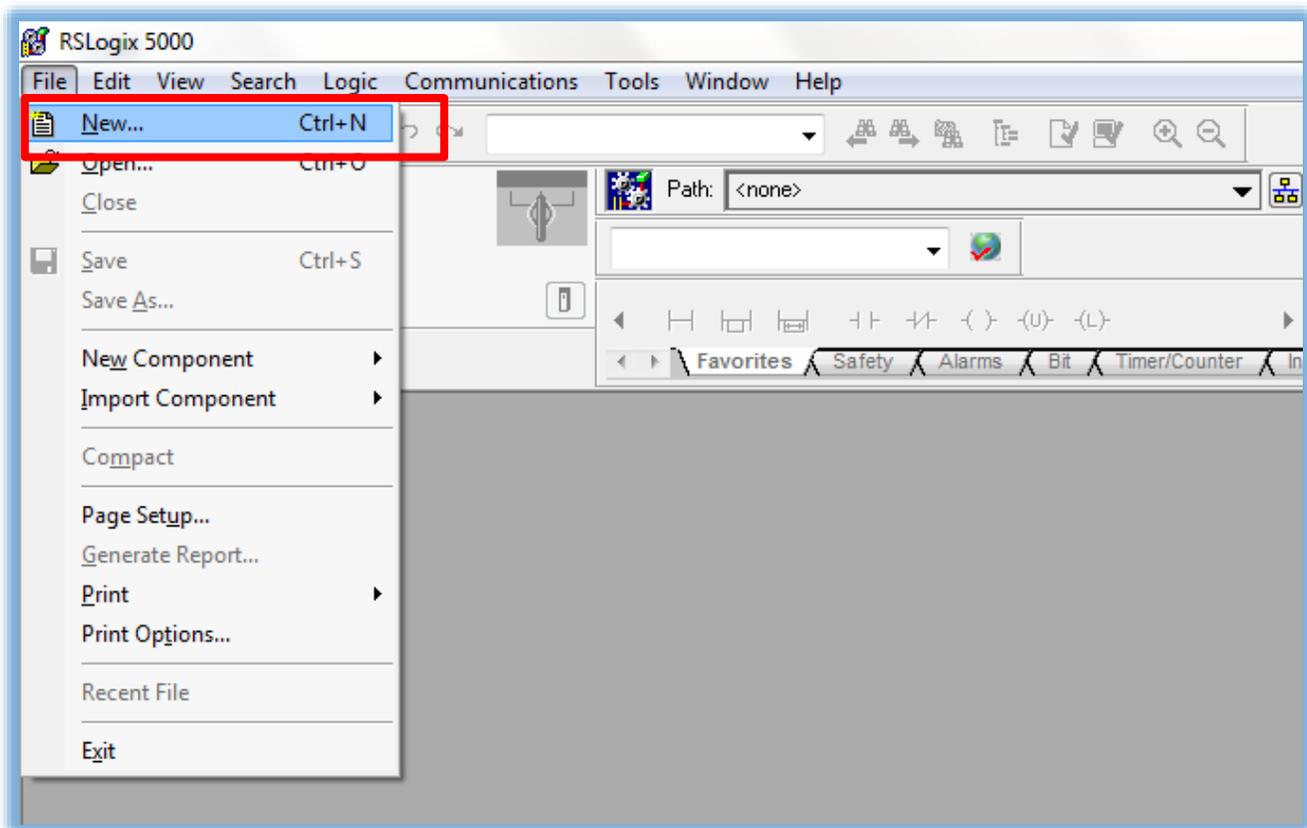


Fig. 4.60: Paso 3 software RSLogix 5000

Paso 4: En seguida abre la siguiente ventana, esta ventana es para elegir el tipo de PLC y para nombrar el proyecto

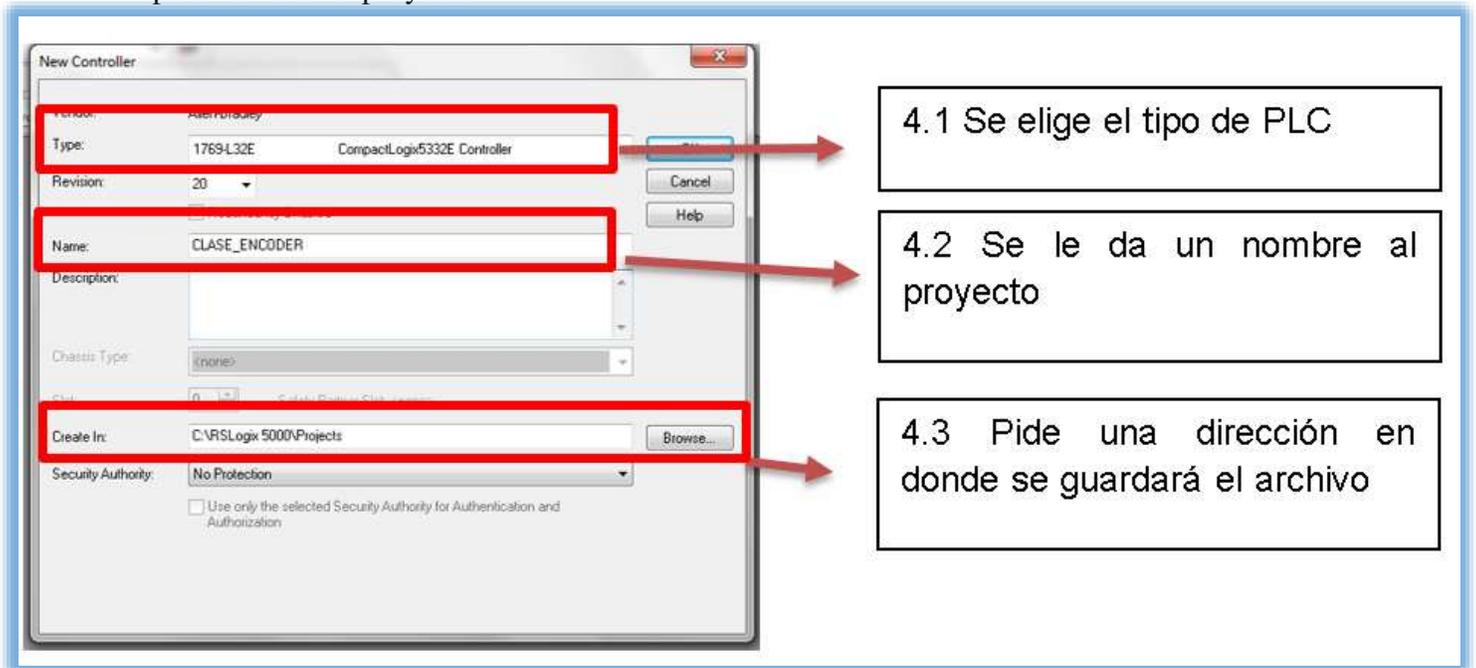


Fig. 4.61: Paso 4 elegir tipo de PLC

Paso 5: Cuando se elige el tipo de PLC y se da un nombre dar clic en OK

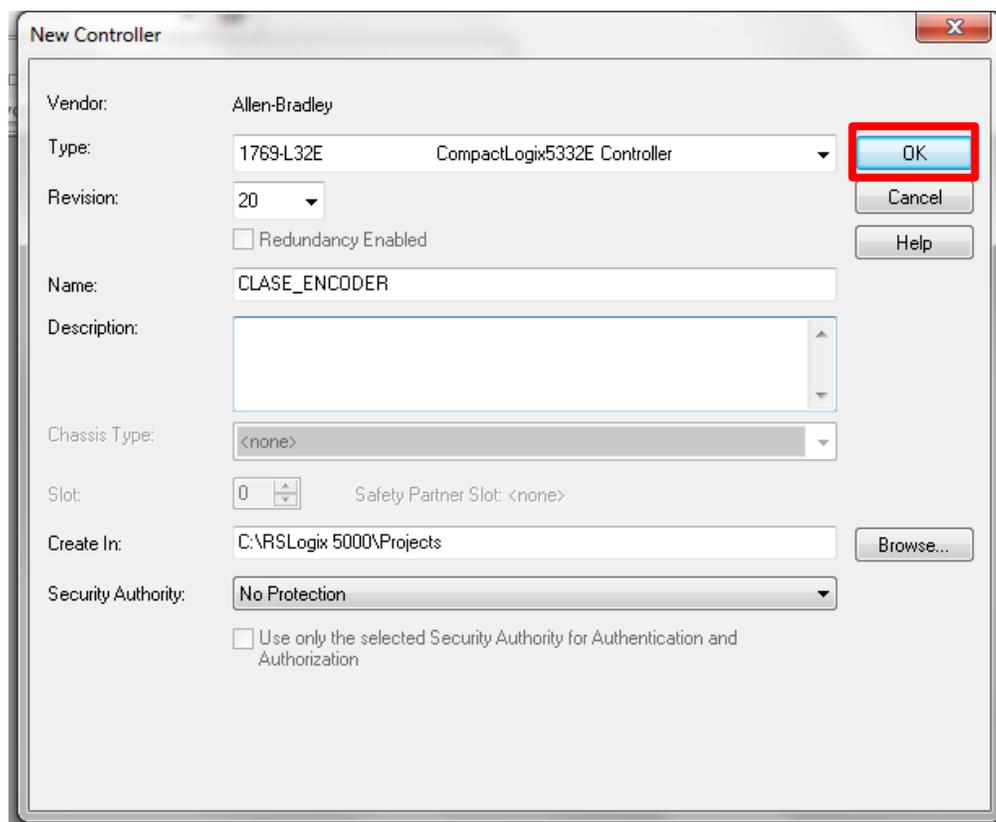


Fig. 4.62: Paso 5 nombrar el programa

Paso 6: El PLC L32E tiene los módulos **1769-OB16** y **1769-IQ32**

En el slot 1 tiene el módulo **1769-IQ32** de entradas digitales y en el slot 2 tiene el módulo **1769-OB16** de salidas digitales



Fig. 4.63: Paso 6 PLC CompactLogix L32E con módulos

Paso 7: En seguida se dan de alta los módulos antes mencionados, después de dar ok en el paso No 5, aparece la siguiente ventana en donde tenemos la ventana del control de organización

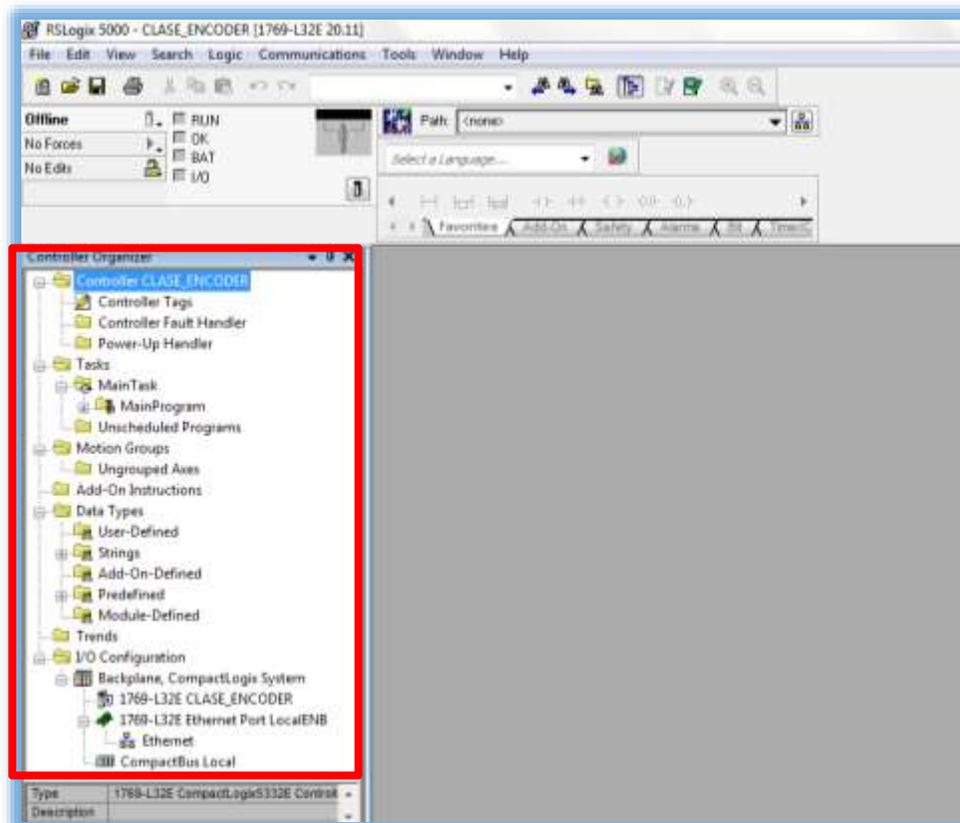


Fig. 4.64: Paso 7 dar de alta a módulos

Paso 8: Para dar de alta a los módulos antes mencionados, dar clic derecho en  CompactBus Local

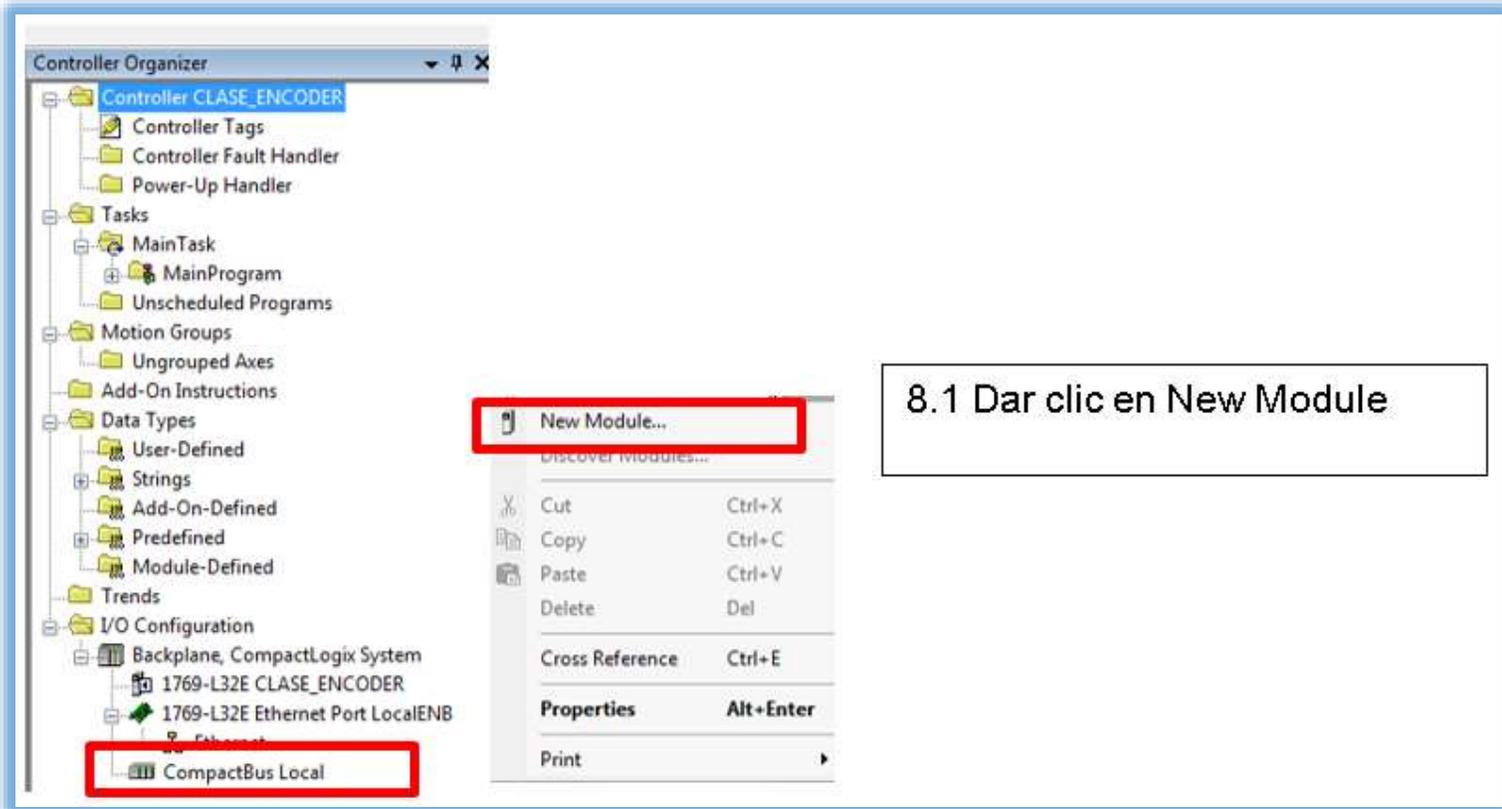


Fig.4.65: Paso 8 crear modulo

Paso 9: En seguida se abre la ventana para seleccionar el tipo de modulo

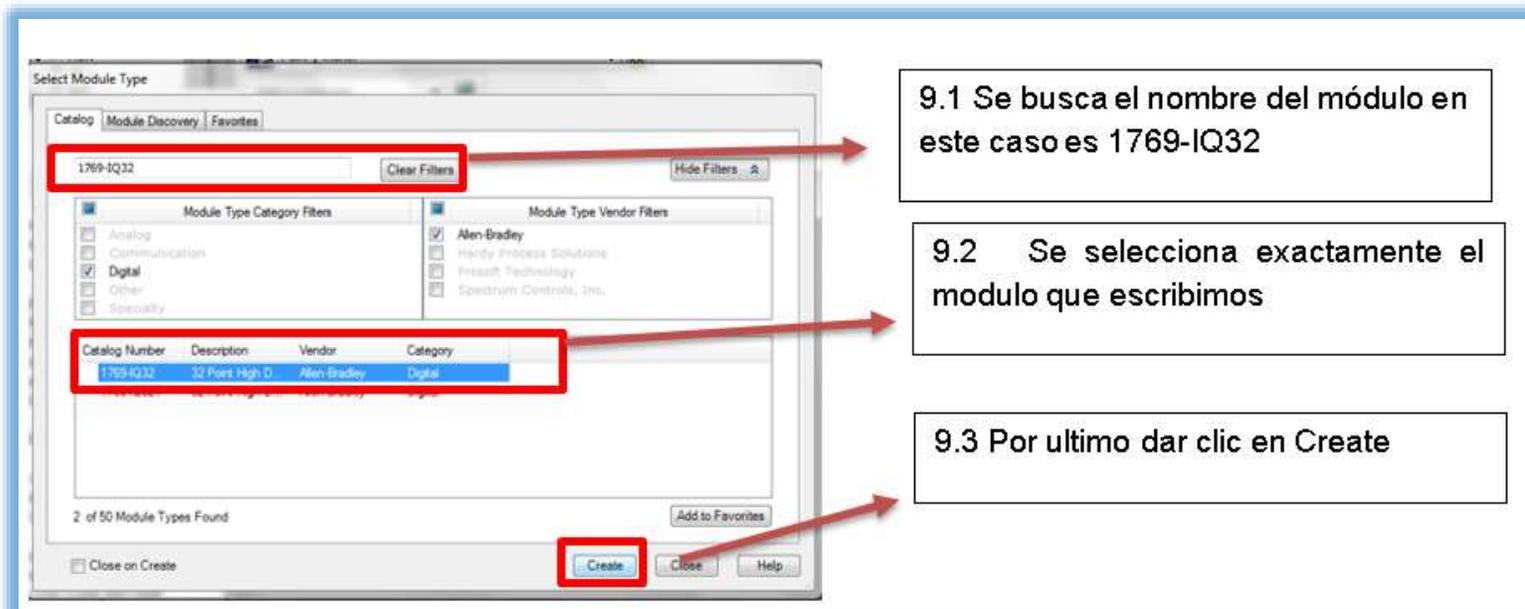


Fig. 4.66: Paso 9 elegir el tipo de modulo

Paso 10: Después de dar Create en el paso No 9, se abre la siguiente ventana en donde vamos a nombrar el módulo y seleccionar el número de slot

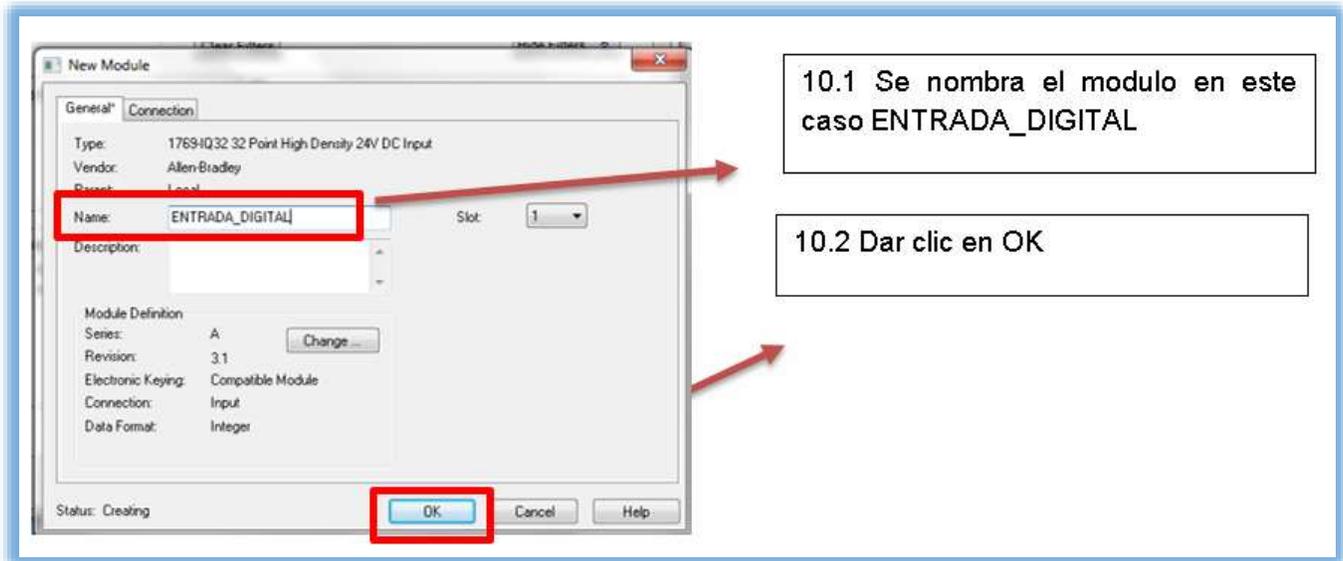


Fig. 4.67: Paso 10 nombrar modulo

Paso 11: En seguida se abre la siguiente ventana en donde se puede agregar otro modulo

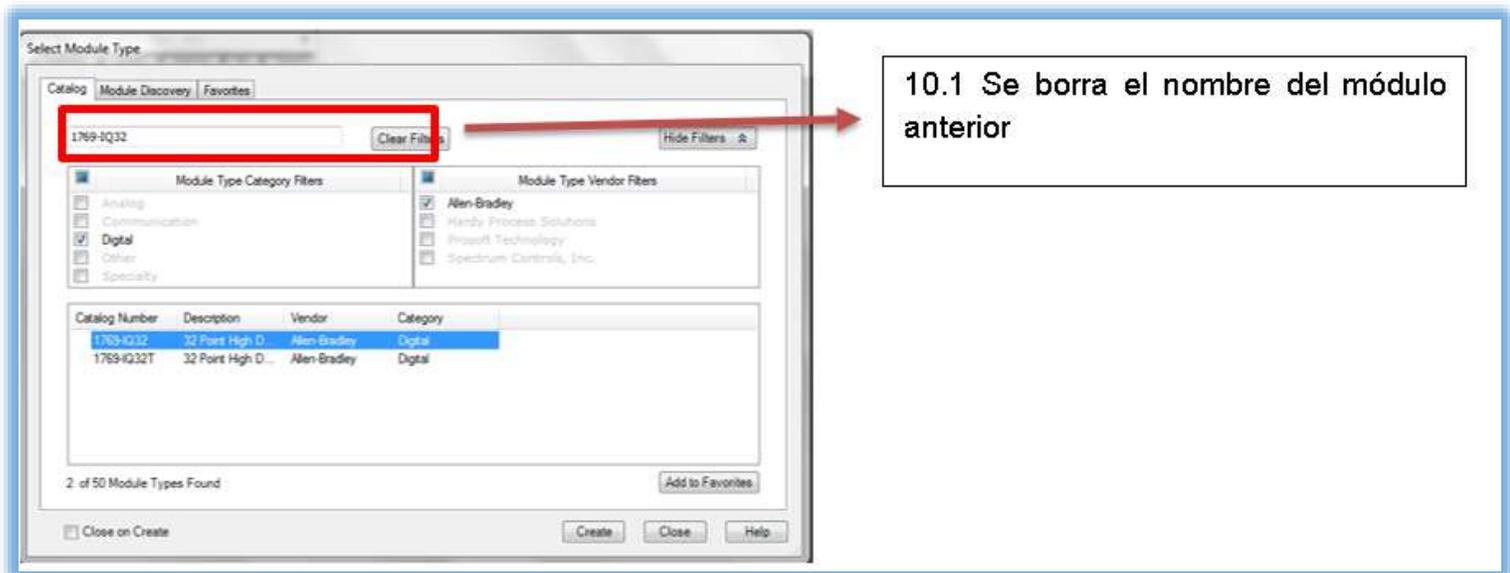


Fig. 4.68: Paso 11 agregar otro modulo

Paso 12: Y se busca el segundo módulo que está en el slot 2 del PLC

12.1 se escribe el nombre del segundo módulo 1769-OB16

12.2 Seleccionar la opción 1769-OB16

12.3 Dar clic en Create

Fig. 4.69: Paso 12 buscar el módulo OB16

Paso 13: Nuevamente se abre la ventana en donde se puede nombrar el modulo y seleccionar el Slot

13.1 Se nombra el modulo en este caso es SALIDAS_DIGITALES

13.2 dar clic en ok para terminal el registro del modulo

Fig. 4.70: Paso 13 Nombrar al modulo

Paso 14: De inmediato se abre nuevamente la ventana para seguir agregando módulos

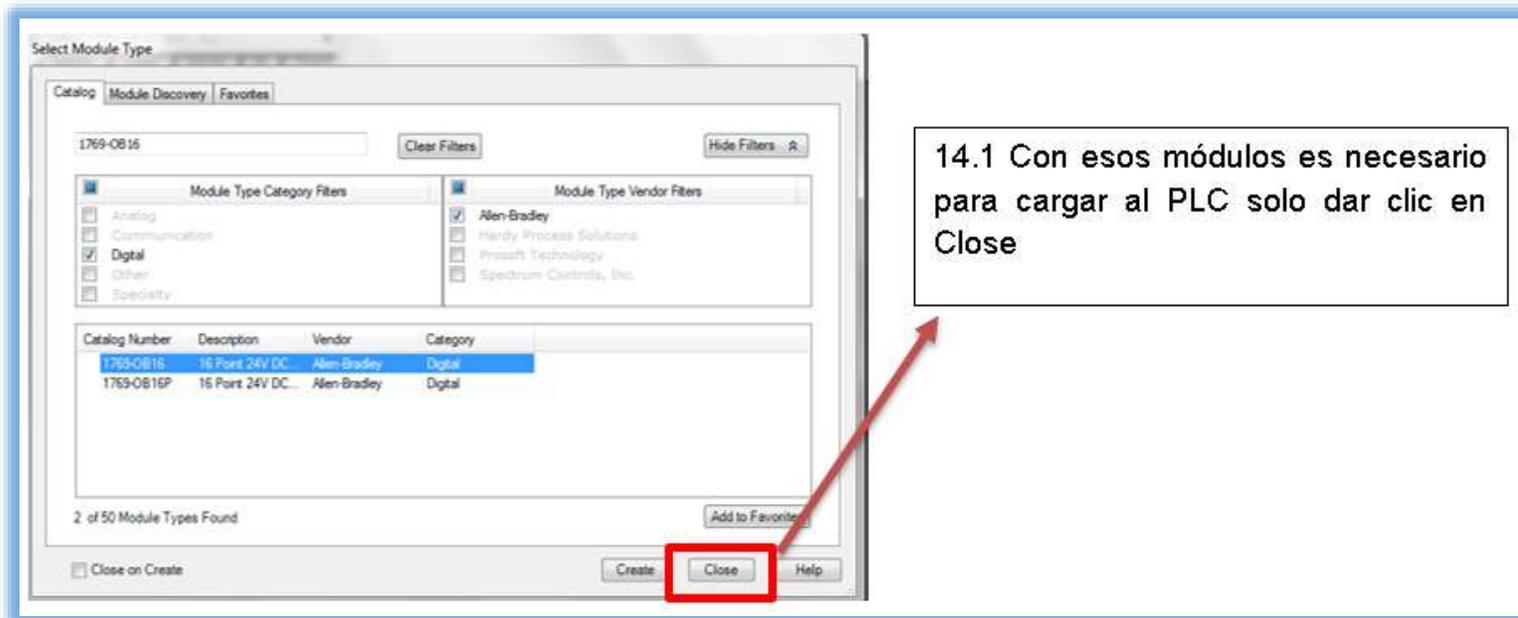


Fig. 4.71: Paso 14 Agregar nuevo modulo

Paso 15: Después se abre la ventana principal

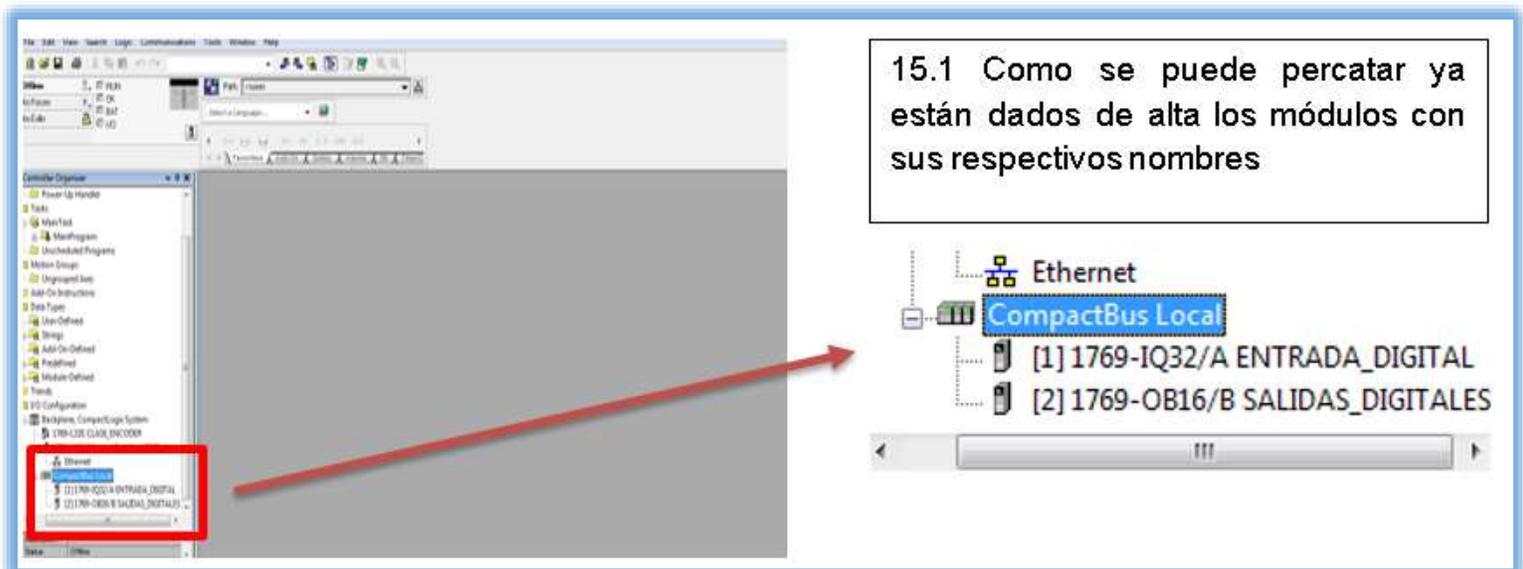


Fig. 4.72: Paso 15 ventana principal

Paso 16: En seguida dar de alta el adaptador de EtherNet/IP 1794-AENT, para eso vamos reubicarnos en la ventana de control de organización

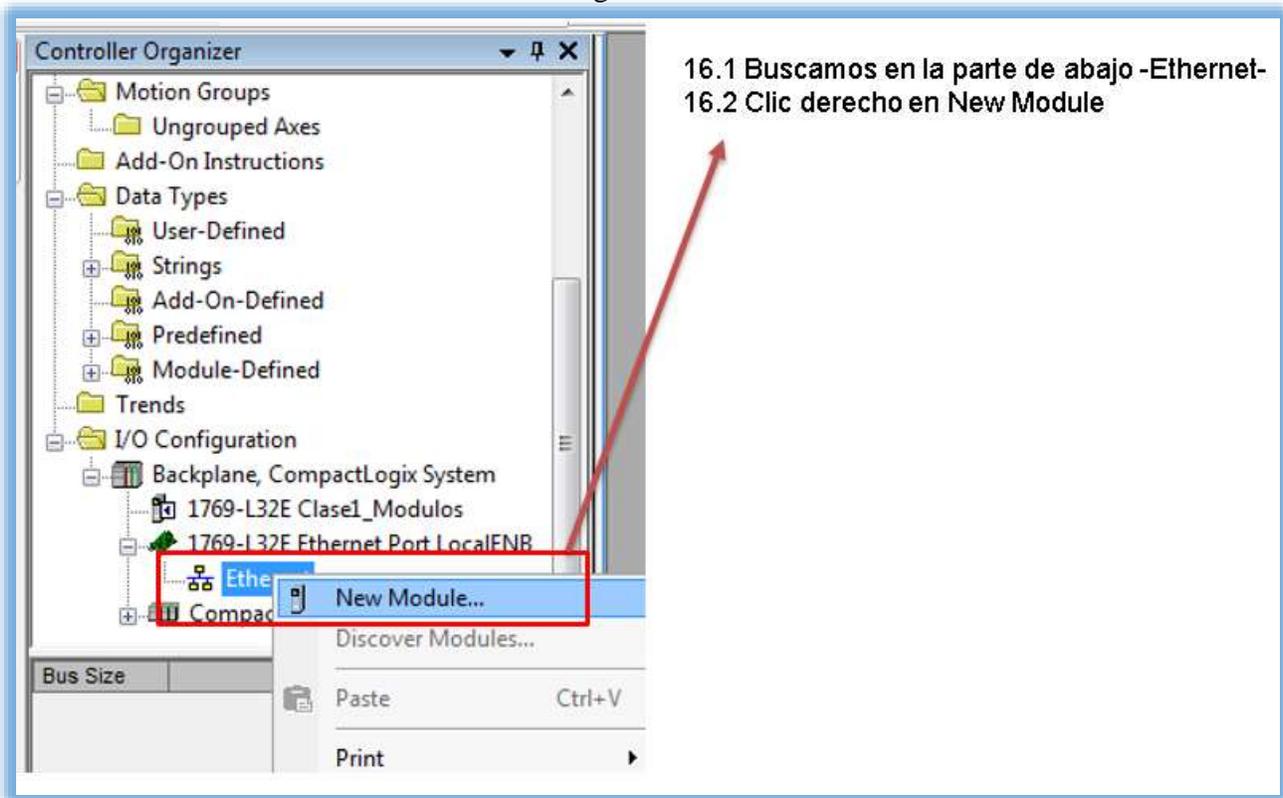


Fig. 4.73: Paso 16 dar de alta al adaptador EtherNet/IP

Paso 17: Se abre la siguiente ventana para buscar módulos AB

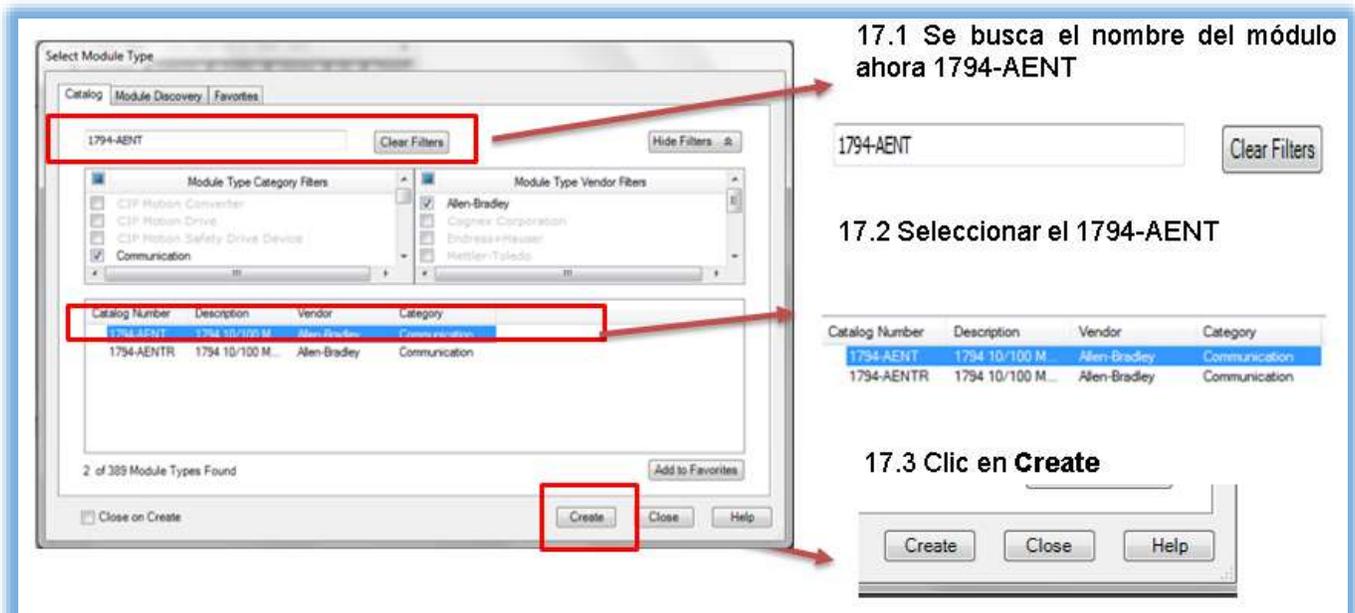


Fig. 4.74: Paso 17 buscar el módulo 1794 AENT

Paso 18: Se abre la siguiente ventana que es para nombrar y asignar una dirección IP

18.1 Se asigna un nombre al módulo en este caso es AENT

18.2 en seguida se asigna una IP al modulo

18.3 Clic en Ok

Fig. 4.75: Paso 18 Nombrar al modulo

Paso 19: Después se abre la siguiente ventana, como nadamas se busca el adaptador 1794-AENT para hay montar el modulo principal de encoder nadamas Dar clic en CLOSE

19.1 Dar clic en **Close**

Fig. 4.76: Paso 19

Paso 20: Una vez agregado el adaptador EtherNet/IP, se busca el 1794-ID2 que es el módulo de contador rápido en donde se conecta el encoder.

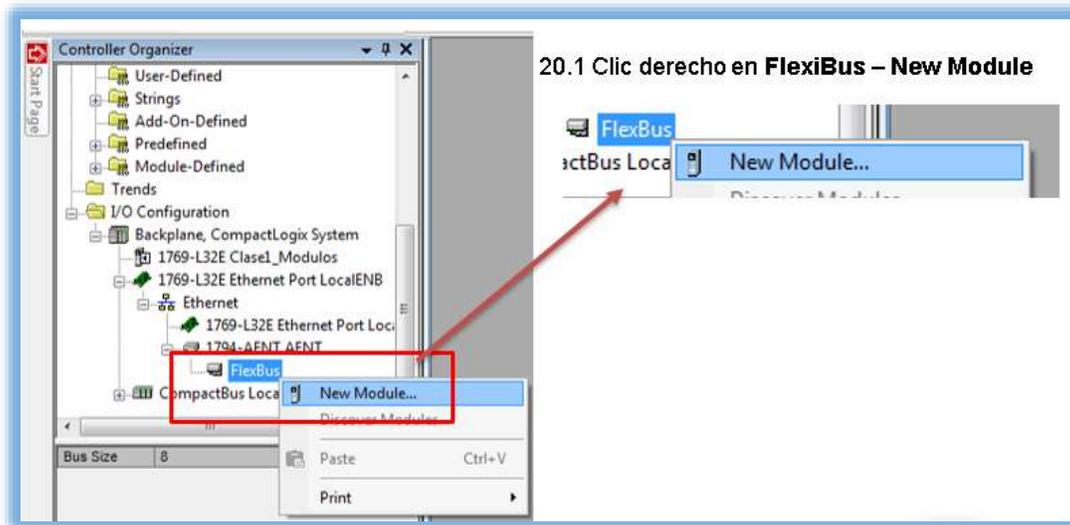


Fig. 4.77: Paso 20 agregar nuevo módulo

Paso 21: En seguida se abre la siguiente ventana para seleccionar el tipo de módulo

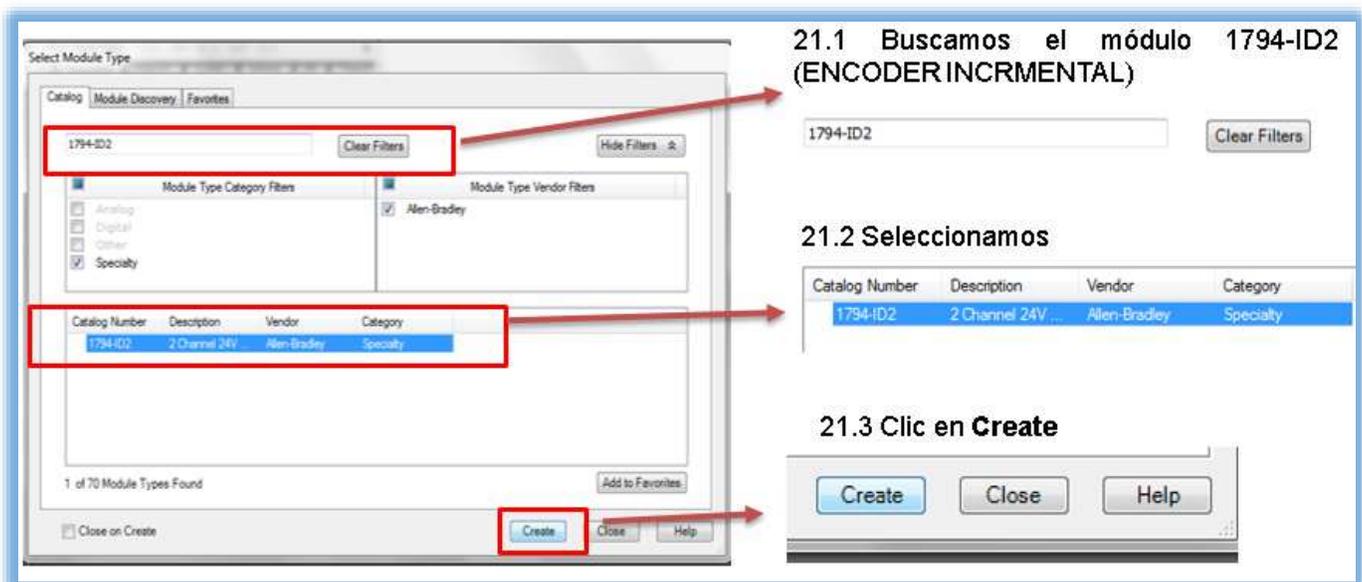


Fig. 4.78: Paso 21 agregar el módulo ID2

Paso 22: De inmediato se abre la siguiente ventana para nombrar nuestro nuevo modulo

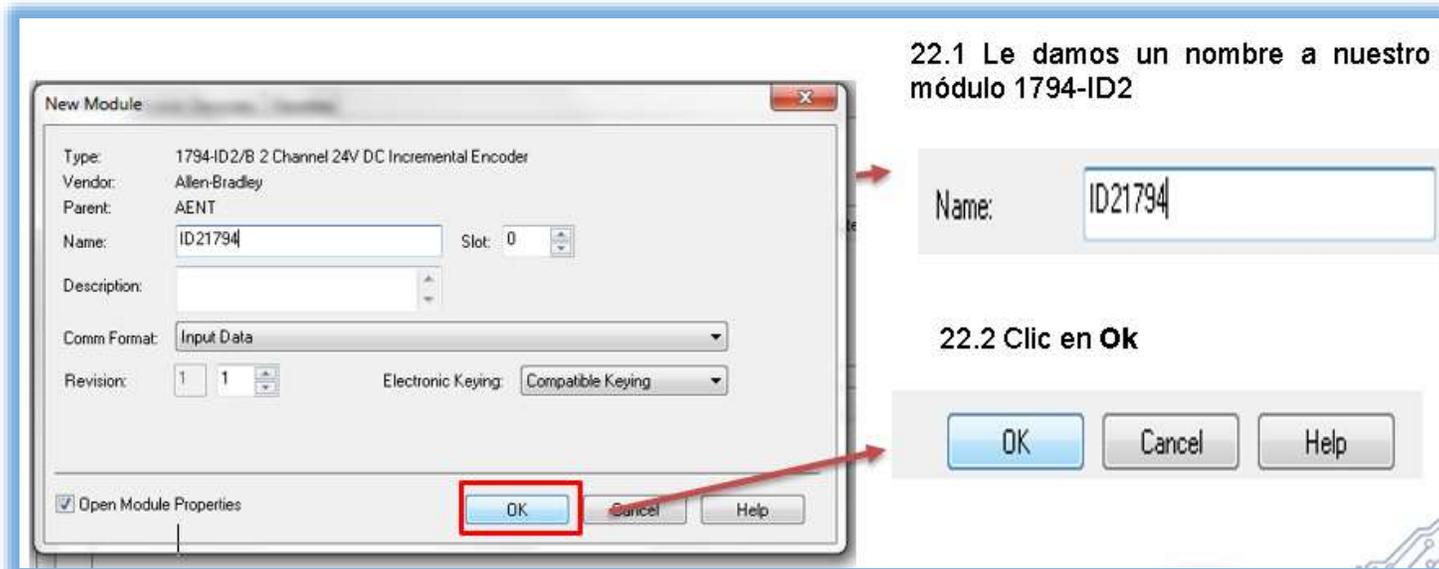


Fig. 4.79: Paso 22 nombrar el módulo ID2

Paso 23: Se abre la siguiente ventana en donde configuramos algunas propiedades del modulo

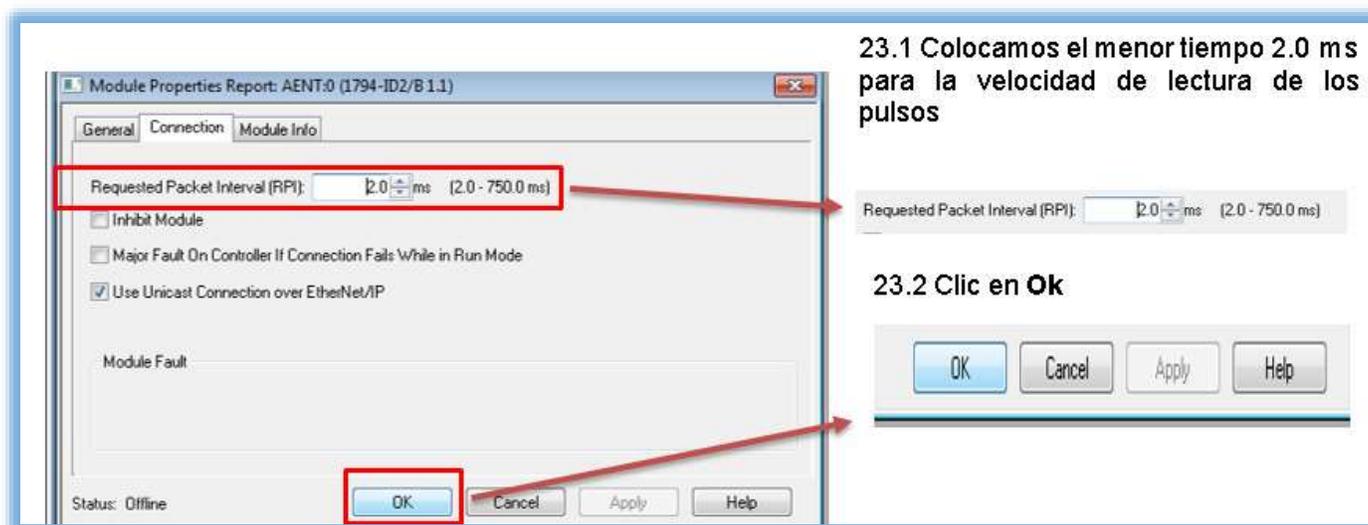


Fig. 4.80: Paso 23 configuración de velocidad

Paso 24: Como se puede percatar ya se agregó el 1794-ID2 (ENCODER INCREMENTAL)

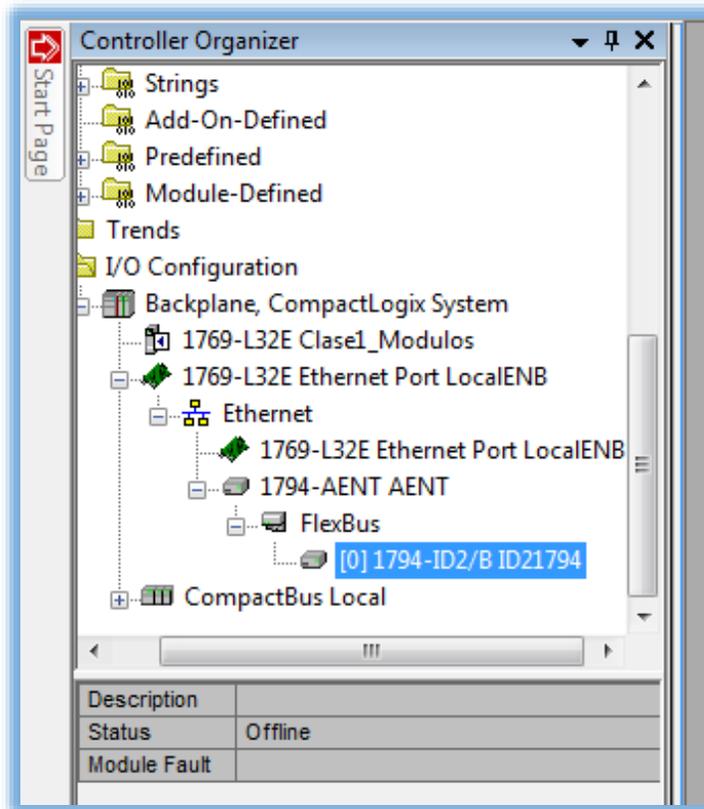


Fig. 4.81: Paso 24

Paso 25: En el MAIN RUTINE agredamos un contacto y un contador

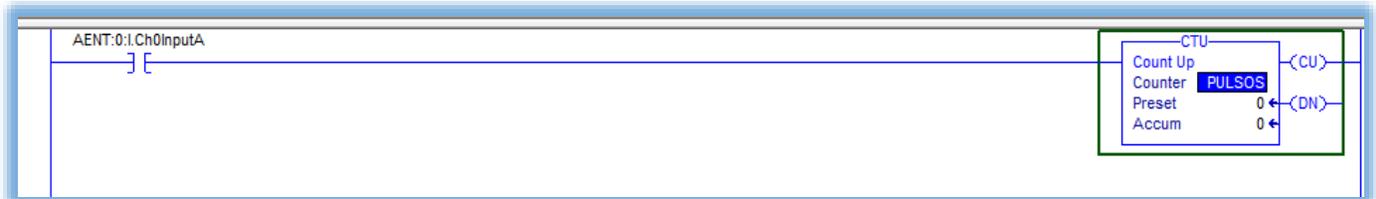


Fig. 4.82: Paso 25 contador CTU

Paso 26: En el contacto se escribe el nombre del módulo 1794-AENT el canal 0 de la entrada A

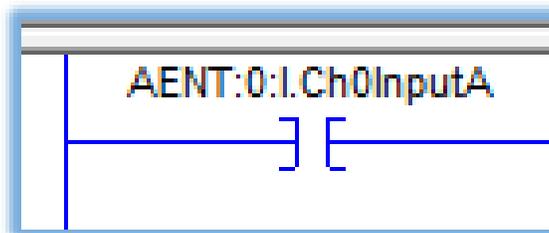


Fig. 4.83: Paso 26 contacto lector del canal 0

Paso 27: Se carga al PLC y conectar el encoder como se mencionó anteriormente y si girar el eje del encoder y se observa pulsos que se generan.

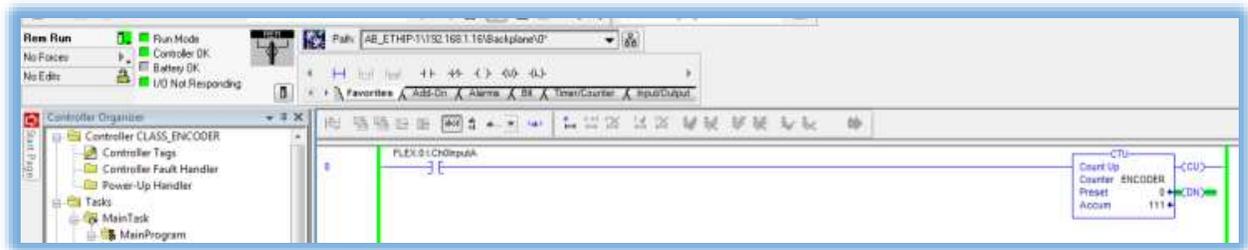


Fig. 4.84: Paso 27 Cargar al PLC

Paso 28: Se puede observar con un contador los pulsos que genera el encoder

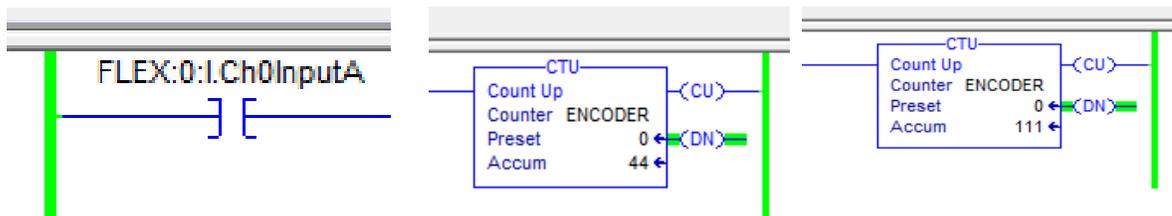


Fig. 4.85: Paso 28 pulsos generado por el encoder

12. INVESTIGACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA IMPRESORA 3D

Como todo proyecto lo primero son las investigaciones de lo que se quiere lograr, en este caso se armó y se echó andar una impresora 3D, para eso se investigó una breve descripción del funcionamiento de esta.

Un filamento de plástico, u otros materiales, entra en una cabeza caliente que extruye el material en finos hilos y es depositado en capas para construir la pieza diseñada en 3D. (Industrial, s.f.)

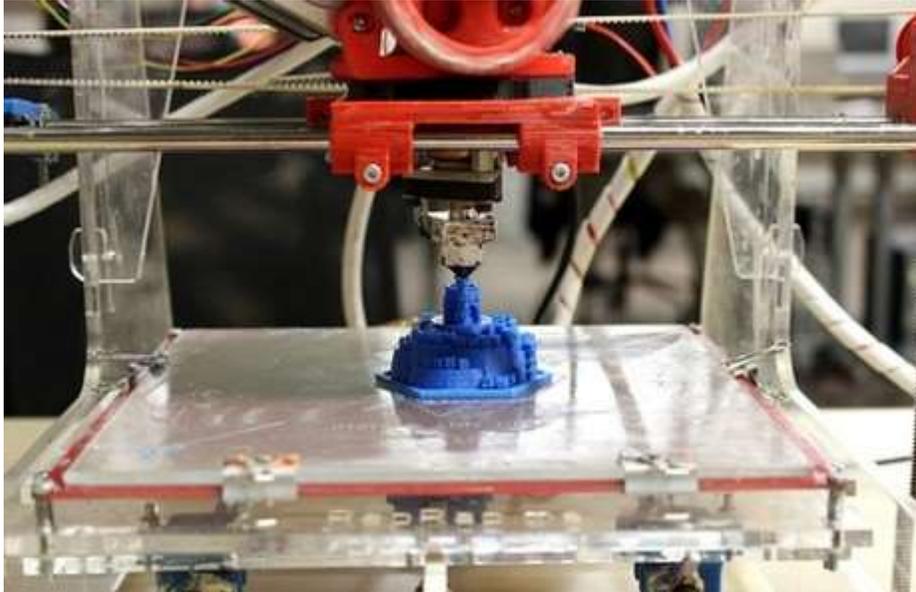


Fig. 4.86: Funcionamiento de una impresora 3D

13. COMPONENTES DE UNA IMPRESORA 3D

Ahora se investiga cada uno de los componentes principales de la impresora y una breve explicación de la función que realiza.

- Estructura
- Mecánica
- Extrusor
- Electrónica



Fig. 4.87: Componentes principales de una impresora 3D

Motor paso a paso: Este motor se utiliza para el empuje del filamento desde la zona de entrada hasta que sale por la boquilla para ser depositado sobre la pieza en construcción. (Industrial, s.f.).



Fig. 4.88: Motor paso a paso

Hotend: Este es el elemento que calienta el filamento y lo funde para que salga de forma lo suficientemente líquida por la boquilla del extrusor. Se trata de un tubo vertical por el cual pasa el filamento aun sólido y por fuera éste se calienta para que la temperatura llegue a la parte interior y afecte correctamente al filamento. (Industrial, s.f.).



Fig. 4.89: Hotend

Sensor de temperatura: Este elemento se encarga de medir la temperatura y enviarla al sistema de control de la impresora, para que se lleve a cabo el correcto control de la misma. (Industrial, s.f.).



Fig. 4. 90: Sensor de temperatura

Boquilla: Tiene forma de cono y es la encargada de depositar el material fundido en las sucesivas capas. Está situada en el extremo final del extrusor. Esta boquilla es intercambiable. El diámetro de esta abertura depende del modelo elegido, normalmente 0,4 mm. (Industrial, s.f.).



Fig. 4.91: Boquilla de impresora 3D

Cartucho calentador: Se encarga de calentar el hotend a la temperatura marcada por la controladora. (Industrial, s.f.)



Fig. 4.92: Calentador de extrusor

Sistema de refrigeración: Algunos extrusores disponen de él para mantener los engranajes, la guía de filamento y el motor fríos. (Industrial, s.f.)



Fig. 4.93: Ventilador con extrusor

Cama caliente (Heated bed):

Se encarga de calentar las primeras capas de material para que se adhieran y no se comben por la diferencia de temperatura. Está fabricada normalmente en aluminio. Se le añade un termistor para controlar la temperatura. (Industrial, s.f.).



Fig. 4.94: Cama de impresora 3D

Motores PaP:

Encargados del movimiento de los ejes y el extrusor. 2 para el eje z, 1 para el XY y otro para el extrusor. Normalmente se usa el modelo NEMA 17. Tiene un par de 3,2Kg/cm y un ángulo de paso de 1,8° (200 pasos por vuelta). (Industrial, s.f.)



Fig. 4.95: Motor paso a paso

Arduino Mega 2560:

Se encarga de gestionar y controlar los procesos de la impresora: temperatura, finales de carrera, cama caliente, extrusor y motores. (Industrial, s.f.).

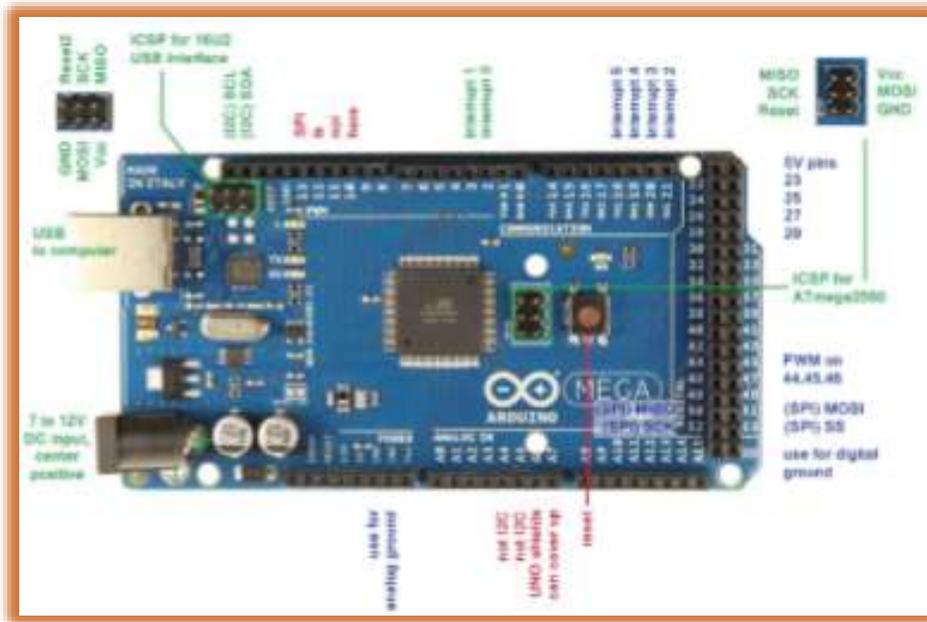


Fig. 4.96: Arduino Mega 2560

RAMP's 1.4:

Se trata de un shield que se acopla a la placa de Arduino. Nos permite controlar los elementos de potencia sin dañar la controladora. También nos facilita el conexionado de los demás elementos. (Industrial, s.f.).

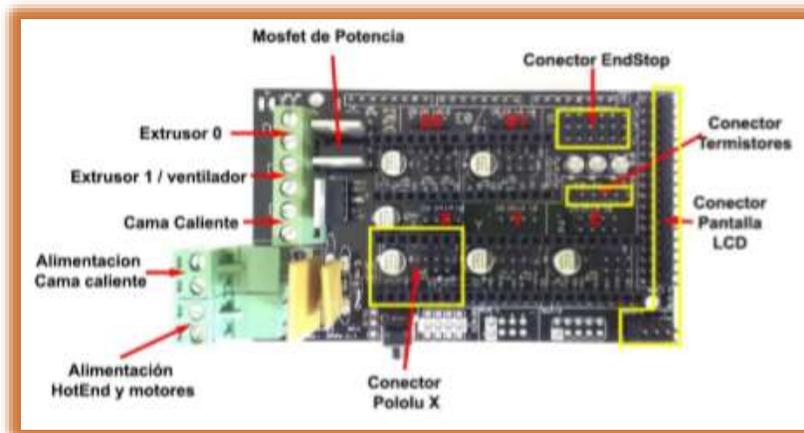


Fig. 4.97: Shield de impresora 3D

Driver de potencia:

Se encarga de gestionar motores PaP. Permite la regulación de la corriente mediante un potenciómetro y gestiona los pasos que tiene que dar. Dependiendo del modelo, se puede tener una mayor resolución en los pasos. Esto se traduce en una mejora en la impresión. El modelo A4988 que permite un máximo de 1/16 microsteps y 2 A. El DRV8825 permite un máximo de 1/32 y 2,5 respectivamente. (Industrial, s.f.).

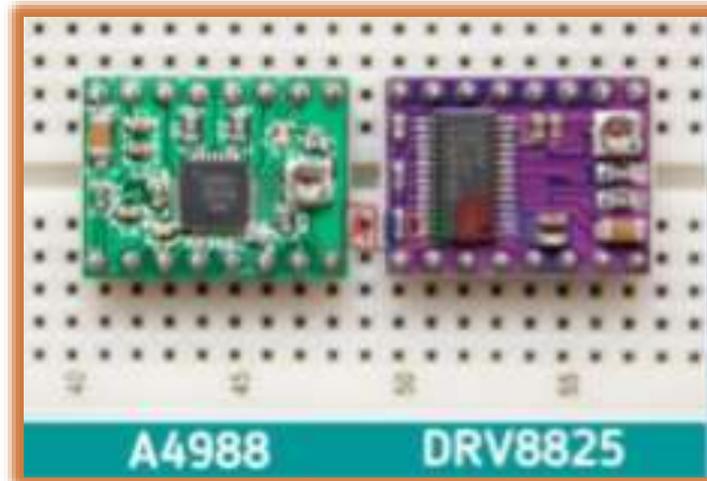


Fig. 4.98: Drivers de potencias

Finales de carrera:

Usualmente se usa uno para cada eje. Se colocan al inicio de los mismos e indican lo denominado “home”. Los podemos encontrar de tipo óptico o mecánico. (Industrial, s.f.).



Fig. 4.99: Final de carrera

Pantalla LCD: Se conecta al RAMP's. Dispone de un lector de tarjetas SD y nos permite la impresión autónoma de piezas, así como controlar algunas funciones de la impresora. (Industrial, s.f.)



Fig. 4.100: Pantalla LCD

Fuente de alimentación:

Usualmente se utiliza una fuente conmutada de 12v, con una intensidad que varía de 20 a 30 A. (Industrial, s.f.)



Fig. 4.101: Fuente de alimentación

14. CONEXIONES DE UNA IMPRESORA 3D

El siguiente diagrama es con el que se conectaron cada uno de los componentes para su buen funcionamiento.

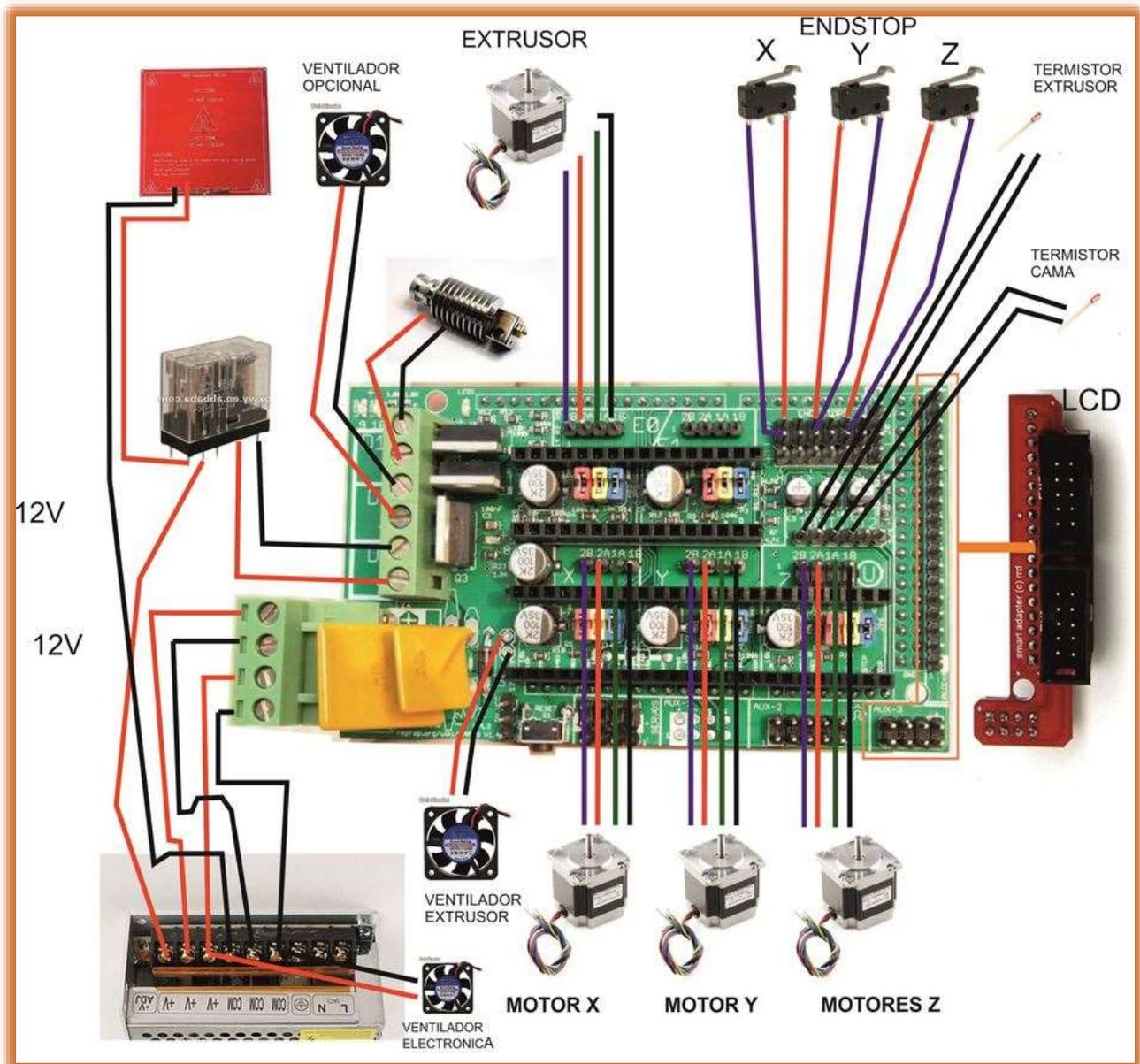


Fig. 4.102: Diagrama de conexión de impresora 3D

17. CALIBRACIÓN DE MOTORES DE PASO

Este paso es uno de los más importantes para lograr hacer funcionar la impresora, ya que se calibran los motores paso a paso al no ser así, no se tiene una sincronización exacta durante la impresión. A continuación, se muestran los pasos que se llevaron a cabo para la calibración.

Paso 1: Verificar el amperaje de los motores a paso de los ejes X, Y, Z y del extrusor. En nuestro caso fue de 0.2 A



Fig. 4.105: Motor paso a paso

Paso 2: verificar el valor de la resistencia del DRIVER DE POTENCIA en nuestro caso fue de 0.1 Ohms

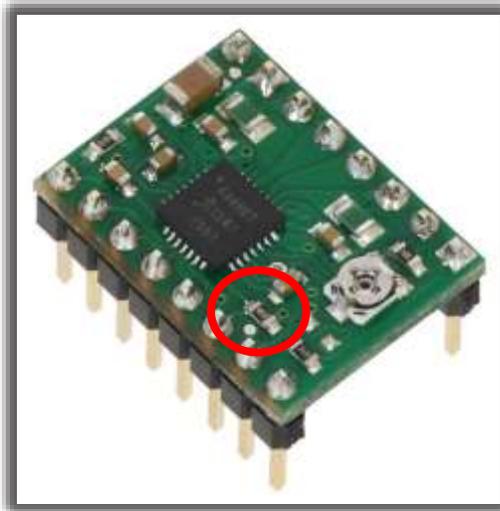


Fig. 4.106: Driver A4988

Paso 3: Aplicamos la siguiente fórmula para obtener el voltaje de referencia despeando I_{max}

$$I_{TripMAX} = V_{REF} / (8 \times R_S)$$

Fig. 1 4.107: Ecuación para Voltaje de referencia

Paso 4: Con el voltaje de referencia que obtuvimos que fue de 0.84 V calibramos a ese voltaje el potenciómetro del Driver, lo mismo para todos los motes.

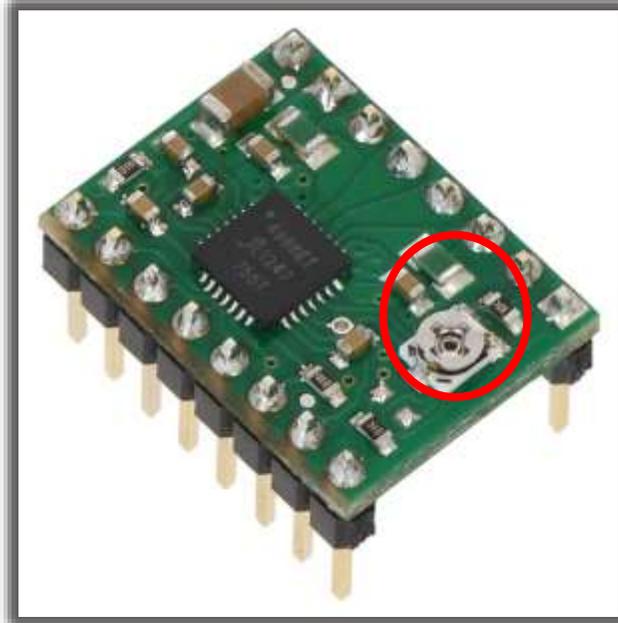


Fig. 4.108: Potenciómetro de calibración en Driver A4988

Paso 5: Pruebas de motores a paso



Fig. 4.109: Pruebas de motor paso a paso

4.2 Implementación

Con base a todas las investigaciones anteriores, se implementó una aplicación para poder medir distancia por medio del encoder.

Esta aplicación surge para analizar la velocidad que tiene la red industrial EtherNet/IP en recibir los pulsos que el encoder genera al PLC.

Para eso se conectó el variador de frecuencia Power Flex 525 AB, para poder controlar la velocidad del motor desde el PLC, y analizar a que frecuencia los pulsos del encoder hace la mejor función con los módulos.



Fig. 4.110: Conexiones de dispositivos del sistema

También se implementó un sistema SCADA en el software Factory Talk View Studio con la pantalla HMI PanelView Plus 600 para poder arrancar y parar el motor desde el variador de frecuencia y como se puede observar se muestra también unos engrandes que giran en función del motor que se tiene físicamente.

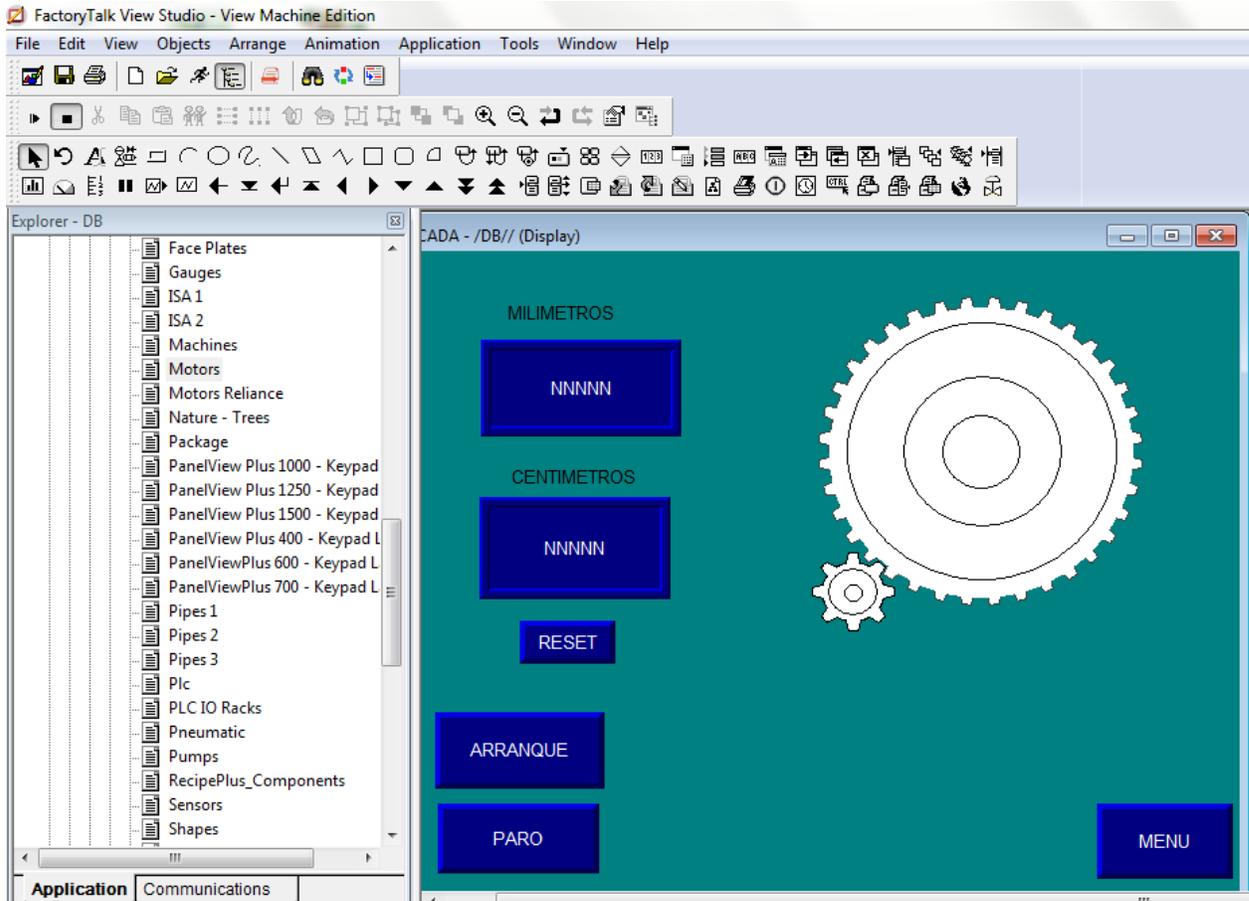


Fig. 4.111: SCADA para el sistema de medición

Así quedó el diseño del tablero de control de Rockwell con todas las medidas de los dispositivos Allen-Bradley. Con esto se logra analizar la cantidad de perfil de aluminio que se va ocupar, canaletas, riel DIN e incluso la cantidad de cables

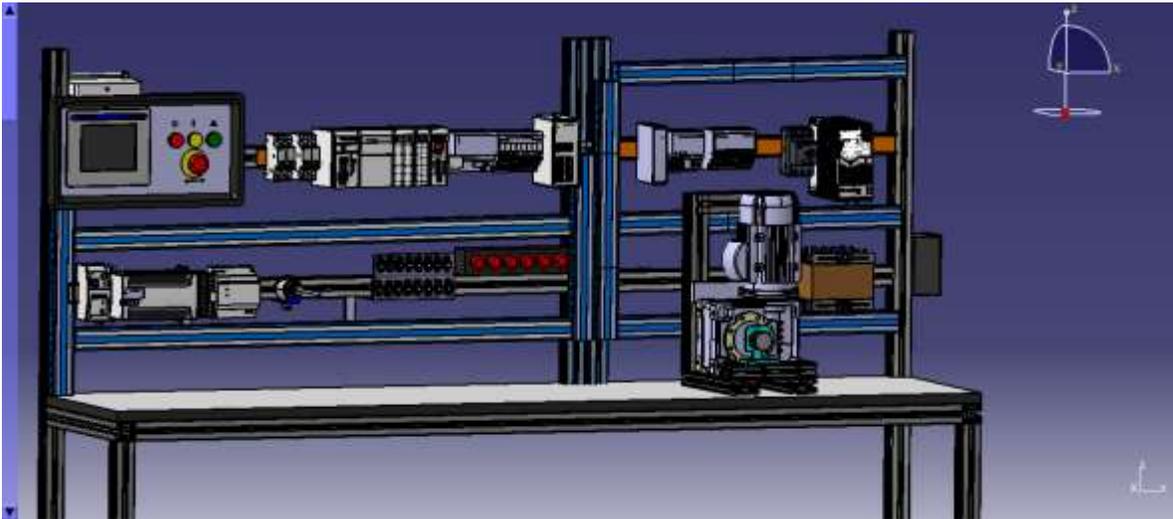


Fig. 4.112 Tablero de control con Motor trifásico y encoder

Además del diseño del tablero de control de Rockwell se implementó el diseño de un motor trifásico de 4hp con el encoder, esto se llevó a cabo para demostrar que también estará en el diseño del tablero, de la misma forma para la base del encoder.

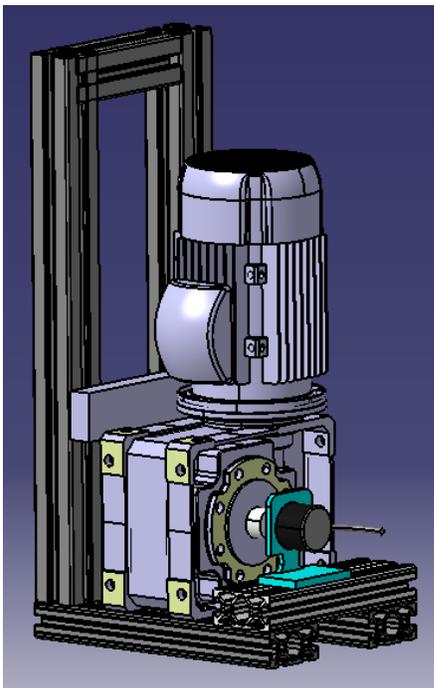


Fig. 4.113 Diseño de motor trifásico



Fig. 4.114: Implementación del diseño

Después de todas las investigaciones, pruebas de los motores, calibración de motores se armó la impresora 3D, como se observa en la imagen está compuesta por todos los elementos que se investigaron.

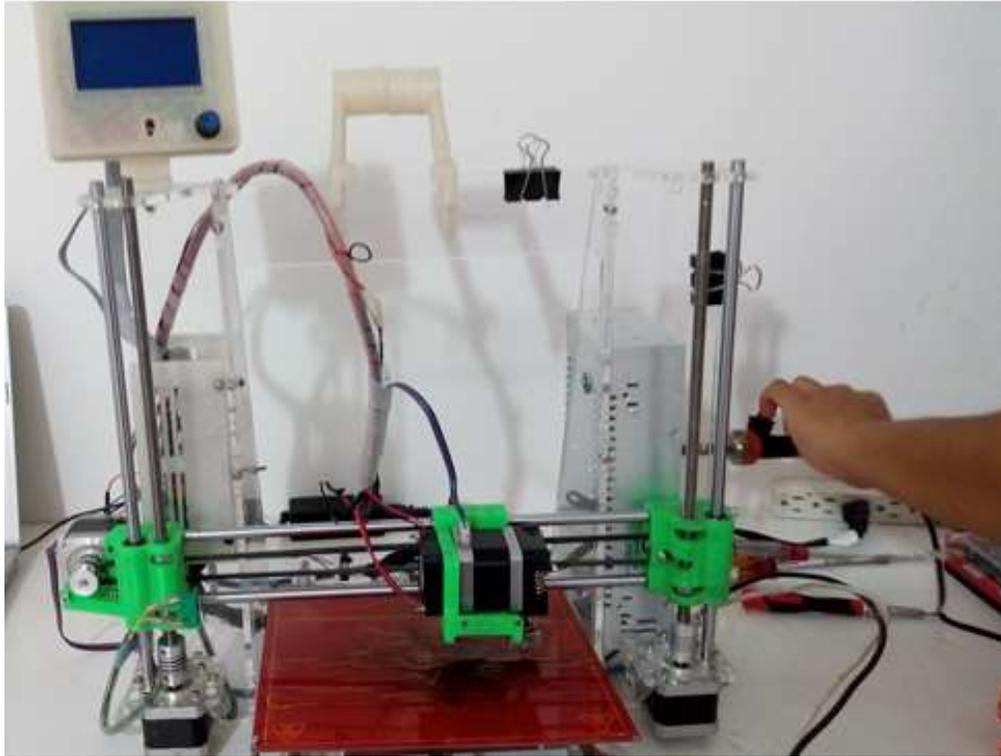


Fig. 4.115: Impresora 3D

CAPITULO V

5.1 Resultados

Con todas las investigaciones y pasos que se demostraron anteriormente, llegamos a los resultados. En este capítulo mostraremos en primera los pulsos del encoder por medio de un contador con el software RSLogix 5000. El funcionamiento del sistema SCADA donde se muestran la distancia que el eje del motor trifásico va recorriendo. Una imagen en donde la impresora 3D está imprimiendo una pieza y vamos a demostrar todas las conexiones de encoder con el motor trifásico y el variador de frecuencia.

RESULTADOS DE LOS PULSOS DEL ENCODER CONECTADO CON EL MÓDULO 1794-ID2 Y 1794-AEN.

Para poder observar se hizo un segmento de programación en donde se tiene un contacto y un contador para observar la cantidad de pulsos.

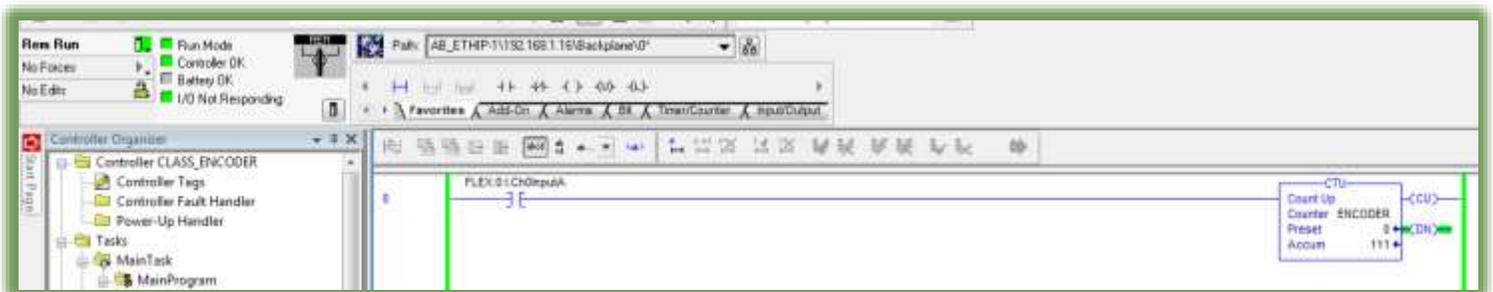


Fig. 5.1: Pulsos generados por el encoder

RESULTADOS DEL SISTEMA SCADA DE MEDICIÓN CON ENCODER

En el SCADA nos muestra las distancias en milímetros y centímetros que con forme el motor va girando, el encoder cuenta los pulsos y con fórmulas se logra el objetivo de medir distancia y observar la velocidad de comunicación entre el PLC y los módulos.



Fig. 5.2: Sistema SCADA funcionando

IMPRIMIENDO PIEZAS PARA OTROS PROYECTOS.

En la imagen se muestra la impresora 3D funcionando, esta impresora se hizo con el objetivo de hacer piezas para los proyectos (bases para indicadoras, base para sensores, base para pulsadores entre otros.)

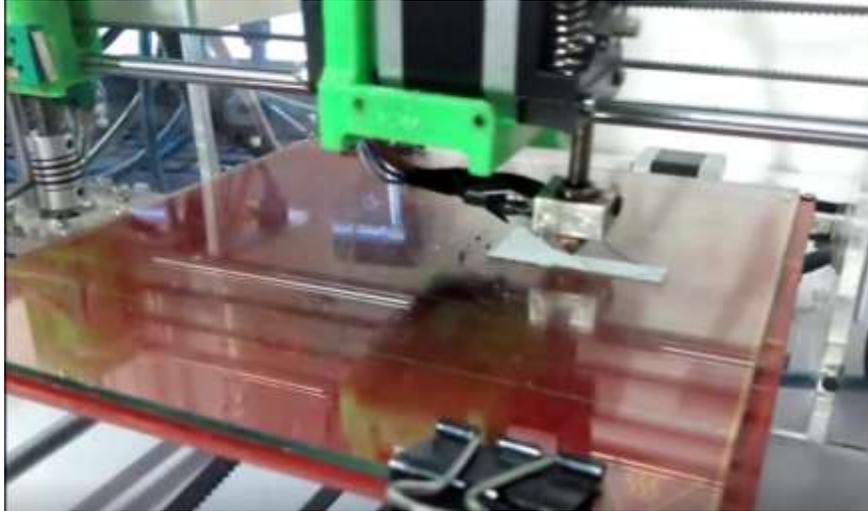


Fig. 5.3: Impresión de piezas

RESULTADO DEL TABLERO DE ROCKWELL Y ENCODER CON MOTOR TRIFÁSICO Y VARIADOR DE FRECUENCIA FUNCIONANDO

Esta imagen nos muestra cómo quedo conectado todos los dispositivos Allen-Bradley que se ocuparon para demostrar la velocidad de comunicación de la red industrial EtherNet/IP con el PLC y los módulos Flex I/O. En donde se tuvo que utilizar un variador de frecuencia para calibrar hasta que frecuencia se puede observar correctamente los pulsos del encoder. Con base a esta conexión y con lo que se logró medir distancia, se pudo lograr hacer más programaciones como CORTADORA DE TELAS, LLENADORA DE BOTELLAS o aplicaciones que se relacionen con velocidad y distancia.



Fig. 5.4: PCL, variador de frecuencia, motor, encoder funcionando

5.2 Conclusiones y recomendaciones

El tablero de control de Rockwell ya está implementado, por lo que se buscó un nuevo para tener más espacio y mostrar más conexiones de PLC y módulos Flex I/O, y hacer pruebas del funcionamiento por medio de programas. Para eso se llevó a cabo el diseño del nuevo tablero de control que se esperaba conectar, pero por falta de tiempos y ocupación de los PLC's por los clientes no se logró armar, pero el diseño ya está implementado con medidas, y lugar que ocupara cada dispositivo.

Fui haciendo propuestas de diseños de tableros para que el generante calificara como se veía cada dispositivo (que el cliente se sintiera cómodo al utilizar el tablero) y el que fue aceptado es el que se puede ver en la figura

Con base a los estudios que se realizaron (conexiones, funcionamiento, dispositivos etc.) se comprobó que la velocidad de comunicación entre el PLC' L32E y módulos Flex I/O es muy lenta ya que el variador de frecuencia no debe sobre pasar una frecuencia de 15 HZ para que la programación de nuevas aplicaciones sea más exacta, al no ser así con demasiada velocidad del motor el contador del programa es demasiado rápido que no se alcanza observar y salta pulsos generando problemas en la programación. Estos estudios se llevaron a cabo por medio de la red industrial EtherNet/IP. También se utilizó el software Factory Talk para hacer un SCADA y poder monitorear la distancia que recorre el eje de un motor trifásico de 2hp.

Es muy importante tener conocimientos de los tipos de PLC's las conexiones, sus capacidades de voltaje y amperaje, el software con el que se programan, los tipos de módulos de señales que manejan, también los tipos de redes de comunicaciones. Todo esto para no dañar equipos que son de alto costos. Leer el manual de cada dispositivo es muy importante antes de conectarlo porque podemos evitar problemas a largo plazo como falsas conexiones, mal funcionamiento del equipo u ocasionar cortos circuitos. La habilidad de realizar un manual a un equipo de control es muy importante porque en la industria existen maquinas que no cuentan con el entonces con la implementación de un manual es una ventaja que obtenemos como ingenieros.

REFERENCIAS

- ABB. (Julio de 2016). *DESO*. Obtenido de <https://library.e.abb.com/public/bc30180a2c714fe7aad971ef5edcbf3c/2CDC114056D0202.pdf>
- ABB. (s.f.). *Power and productivity*. Obtenido de <https://library.e.abb.com/public/340ceb3f56074d3ab89b18daa22d1c10/2CDC114057D0201.pdf>
- Alarcon, N. J. (32 de Mayo de 2010). Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/829/digital_19155.pdf?sequence=1
- Allen-Bradley. (Mayo de 1996). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1794-um002_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (Mayo de 2002). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (Mayo de 2002). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (Octubre de 2002). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1762-in014_-es-p.pdf
- Allen-bradley. (Febrero de 2013). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (Septiembre de 2013). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/520-um001_-es-e.pdf
- Allen-Bradley. (Agosto de 2013). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1606-pp003_-en-p.pdf
- Allen-Bradley. (Marzo de 2013). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/ftalk-pp012_-es-p.pdf

- Allen-Bradley. (Mayo de 2013). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1794-td014_-en-p.pdf
- Allen-Bradley. (Mayo de 2015). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um058_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (Julio de 2015). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um001_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (September de 2015). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf
- Allen-Bradley. (Agosto de 2017). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/pflex-sg002_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (Agosto de 2017). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um001_-en-p.pdf
- Allen-Bradley. (August de 2018). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1794-in093_-en-p.pdf
- Allen-Bradley. (Agosto de 2018). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lnx-gr001_-es-e.pdf
- Allen-Bradley. (2019). *Rockwell Automation* . Obtenido de <https://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/MicroLogix-1200>
- Allen-Bradley. (2019). *Rockwell Automation* . Obtenido de <https://ab.rockwellautomation.com/es/Networks-and-Communications/Stratix-2000-Ethernet-Switches>
- Allen-Bradley. (2015 de Mayo). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2711p-um006_-es-p.pdf
- Allen-Bradley. (s.f.). *Rockwell Automation* . Obtenido de <https://ab.rockwellautomation.com/es/IO/Chassis-Based/1769-Compact-IO>
- ALLEN-BRADLEY. (Octubre de 2002). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1762-in014_-es-p.pdf

- Alvarez, J. (Noviembre de 2019). *Transformadores*. Obtenido de http://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6735/mod_resource/content/1/7_transformador.pdf
- Bradley, A. (Agosto de 2005). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1761-um006_-en-p.pdf
- Bradley, A. (Agosto de 2015). *Rckwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1794-in063_-en-p.pdf
- Bradley, A. (Agosto de 2018). *Rockwell Automation* . Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1794-in093_-en-p.pdf
- coparoman. (22 de Marzo de 2015). *Blogger*. Obtenido de <https://coparoman.blogspot.com/2015/03/canaletas-para-el-cableado-de-control.html>
- DARÍO, G. C. (Febrero de 2014). Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7816/1/T-ESPEL-ENI-0314.pdf>
- E09, I. (s.f.). *EXXELIA*. Obtenido de <http://www.exxelia.com/uploads/PDF/ie09-v1.pdf>
- Festo. (2019). *RSLogix 5000 Lite Edition* . Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/software-e-learning/software-de-programacion/rslogix-5000-lite-edition.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2Ni44MTgw>
- Forero, S. L. (28 de Septiembre de 2015). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Sebastiankreat/tableros-de-control-elctrico>
- Industrial, A. A. (s.f.). Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrvigo/aulavirtual2/pluginfile.php/17609/mod_folder/content/0/Fundamentos_en_impresion_3D_con_PS3Steel.pdf?forcedownload=1
- ingeniería, L. e. (28 de Abril de 2017). *Ingeniería mecafenix*. Obtenido de <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/encoder/>
- instrumentacion, A. c. (s.f.). Obtenido de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- JaviMad. (30 de Agosto de 2017). *Wikipedia* . Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_DIN
- MCBtec. (01 de Diciembre de 2008). *El encoder* . Obtenido de http://www.mcbtec.com/pdf/Funcionamiento_Encoder.pdf

- Ramos, A. A. (2018). *Universidad Continental*. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4922/2/IV_FIN_109_TE_Martinez_Ramos_2018.pdf
- Sourcing, I. (s.f.). *Gestion de compras*. Obtenido de <http://www.gestiondecompras.com/es/productos/conformado-de-tubos-y-perfiles/perfiles-de-aluminio>
- TUNNIG. (Octubre de 2011). *Departamento de capacitacion*. Obtenido de <https://elj0na.files.wordpress.com/2011/10/curso-redes-control-device-net.pdf>
- Wikipedia*. (14 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/CATIA>
- Wikipedia*. (13 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Calibración>
- Wikipedia*. (27 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Módem>
- Wikipedia*. (27 de Noviembre de 2018). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_lógico_programable