



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MALETA DIDÁCTICA PARA
EL LEVANTAMIENTO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE
LA RED AS-INTERFACE EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN
FLEXIBLE”**

AUTORES:

**HARRY IVÁN VILLAMAR GARCÍA
ELVIS RAÚL VILLÓN CONSUEGRA**

DIRECTOR:

MACI. GARY AMPUÑO AVILÉS

Guayaquil-Ecuador

2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Elvis Raúl Villón Consuegra portador de cédula de ciudadanía N° 0926394164 y Harry Iván Villamar García portador de cédula de ciudadanía N° 0926608910 estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito son de exclusividad y responsabilidad de nuestra autoría, y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, noviembre 2014

(f) _____
Elvis Raúl Villón Consuegra
CI: 092639416-4

(f) _____
Harry Iván Villamar García
CI: 092660891-0

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a Dios, a mis padres Néstor Villón Criollo y Francisca Consuegra Bohórquez quienes han estado apoyándome en todo momento y quienes han sido el pilar fundamental para mi superación día a día. Les doy gracias por su incondicional amor brindado y por haber hecho cumplir mis objetivos como persona, estudiante y profesional.

También dedico este gran logro a las personas que se han convertido en mis fuerzas de superación mi compañera de vida, mi esposa Lisseth Méndez Meza y mi amada primogénita Ariana Valentina quienes se han convertido en mi razón de vivir y de salir adelante cada día, por las cuales seguiré luchando por el bienestar de ellas.

A mi familia hermanos queridos, Gonzalo, Henry, Johanna, Erick, a todos mis sobrinos, Kenneth, Lenin, Elvia, a quienes los quiero mucho por haber compartido momentos tristes y momentos de alegrías por estar siempre juntos como una gran familia y sobre todo dándole gracias a Dios por bendecirnos siempre.

Elvis Raúl Villón Consuegra

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por mantenerme con vida, por darme la sabiduría, iluminación en mi mente y por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque ha hecho realidad este sueño que tanto he anhelado.

A mi familia especialmente a mis padres quienes siempre han estado a lado mío apoyándome, brindándome todo su amor, por los valores que me han inculcado y por haberme brindado la oportunidad de tener una buena educación en todo momento de mi vida, sobre todo porque han sido un gran ejemplo de vida a seguir.

A la universidad politécnica salesiana por haber abierto sus puertas para poder realizar mis estudios, a los profesores ingenieros quienes compartieron sin egoísmo todos sus conocimientos académicos y profesionales, a nuestro director de proyecto de grado por su gran ayuda brindada hacia nosotros para mejoras del proyecto.

Elvis Raúl Villón Consuegra

DEDICATORIA

A todos los que esperaron este momento y creyeron en mí, a aquellas personas que dieron su apoyo, respeto y consideración, para aquellos que con sus palabras me incentivaron a seguir y cumplir mis metas para continuar creciendo no solo profesionalmente sino como persona; a ustedes compañeros maestros, compañeros profesionales, alumnos, de esta manera dejo en evidencia que seguiré dándoles, con la ayuda de Dios, el ejemplo que nos inspira a continuar por el buen camino. A todos ustedes les dedico este proyecto.

Harry Iván Villamar García.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Aquel que hace que tenga una razón para seguir viviendo, dándome fortaleza y permaneciendo conmigo, sosteniéndome de la mano y cargándome cuando se da cuenta que ya no puedo caminar; al que me ha permitido escribir estas líneas y me ha puesto justo en el lugar donde estoy según las riquezas de su gracia, soberanía y su amor inimaginable, a quien debo todo lo que soy, al Dios eterno, a Él sea toda la gloria, a mi Dios y Padre.

Agradezco también a mis padres y hermana, que dejando a un lado las dificultades y sin importarles los riesgos, no detuvieron su mano para darme la oportunidad de lograr esta meta, con la cual quiero honrarlos y darles ese orgullo que merecen recibir.

Amigos y personas que me pusieron en sus oraciones y que con el reflejo del amor de Dios me dieron su mano y su hombro para seguir con coraje a terminar lo que había empezado, gracias.

Harry Iván Villamar García.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Delimitación.	2
1.2.1 Temporal.	2
1.2.2 Física.	2
1.2.3 Académico.	2
1.3 Objetivos.	2
1.3.1 Objetivo general.	2
1.3.2 Objetivos específicos.	2
1.4 Justificación.	3
1.5 Variables e indicadores.	3
1.5.1 Variables.	3
1.5.2 Indicadores.	3
1.6 Metodología.	4
1.6.1 Observación científica.	4
1.6.2 Experimental.	4
1.7 Descripción de la propuesta.	4
1.7.1 Beneficiarios de la propuesta de intervención.	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes.	5
2.2 Redes de comunicación industrial.	5
2.2.1 Pirámide de automatización (CIM).	6
2.2.1.1 Redes de datos.	7
2.2.1.2 Redes de control.	7
2.2.2 Función de redes de comunicación.	8
2.2.3 Redes industriales y modelo OSI.	9
2.2.4 Tecnologías de buses de campos.	9
2.2.5 Clasificación de redes industriales.	10
2.3 Red de comunicación AS-Interface.	10
2.3.1 Características técnicas de la red.	11
2.4 Ventajas y desventajas de la red AS-interface.	13
2.5 Elementos de campo empleados.	14
2.5.1 Fuente de alimentación AS-i.	14
2.5.2 Medio de transmisión. Cable perfilado.	15

2.5.3	Esclavos.	17
2.5.4	Maestro AS-i.	18
2.5.5	Descripción del PLC.	25
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED AS-I.....		28
3.1	Estructura metálica del módulo didáctico.	28
3.2	Montajes de Equipos.	30
3.3	Cableado de Equipos.	30
3.4	Pruebas de comunicación.....	44
3.4.1	Introducción al TIA Portal V12.	45
3.4.2	Creación de un proyecto nuevo.....	46
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE APLICACIONES CON EL MÓDULO DIDÁCTICO AS-I.....		53
4.1	Configuración de comunicación del maestro.	53
4.1.1	Objetivos.	53
4.1.2	Descripción del ejercicio.....	53
4.1.3	Desarrollo de la aplicación.....	53
4.2	Aplicación de monitoreo de seguridad de la red.	64
4.2.1	Objetivos.	64
4.2.2	Descripción del ejercicio.....	64
4.2.3	Desarrollo de la aplicación.....	64
4.3	Ejercicio de comunicación y mando del arrancador Sirius para el control de motores.	70
4.3.1	Objetivos.	70
4.3.2	Descripción del ejercicio.....	70
4.3.3	Desarrollo de la aplicación.....	70
4.4	Aplicación de mando e inversión de giro de un pequeño motor 12VDC a través del módulo AS-i para circuito impreso.	73
4.4.1	Objetivos.	73
4.4.2	Descripción del ejercicio.....	73
4.4.3	Desarrollo de la aplicación.....	73
4.5	Aplicación práctica representando un proceso industrial.....	78
4.5.1	Objetivos.	78
4.5.2	Descripción del ejercicio.....	78
4.5.3	Desarrollo de la aplicación.....	78
CONCLUSIONES.....		83
RECOMENDACIONES.....		83

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.	84
PRESUPUESTO.	85
REFERENCIAS.	86
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.5.1 Elementos AS-i.	18
Tabla 2.5.2 Partes de maestro AS-i.	19
Tabla 2.5.3 Descripción de indicadores de maestro AS-i.	20
Tabla 2.5.4 Detalle de cada bit de telegrama (maestro).	23
Tabla 2.5.5 Detalle de cada bit de telegrama (esclavo).	23
Tabla 2.5.6 Descripción de indicadores de maestro AS-i.	26
Tabla 2.5.7 Indicadores del PLC s7-1200.	27
Tabla 3.2.1 Descripción de indicadores de maestro AS-i.	31
Tabla 3.2.2 Detalle de montaje de circuito impreso.	33
Tabla 4.2.1 Parámetros de instrucción LED.	66
Tabla 4.4.1 Variables del bloque.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1 Pirámide de automatización industrial.....	6
Figura 2.2.2 Modelo OSI.....	9
Figura 2.3.1 Esquema general de red AS-i.....	11
Figura 2.3.2 Configuración del sistema AS-i.....	12
Figura 2.5.1 Elementos generales.....	14
Figura 2.5.2 Fuente AS-i.....	15
Figura 2.5.3 Cable perfilado AS-i.....	16
Figura 2.5.4 Pasos para acoplamiento del cable AS-i.....	16
Figura 2.5.5 Maestro AS-i.....	19
Figura 2.5.6 Modulación de la señal AS-i.....	21
Figura 2.5.7 Solicitud del maestro AS-i.....	22
Figura 2.5.8 Solicitud del esclavo AS-i.....	23
Figura 2.5.9 Controlador programable S7-1200.....	25
Figura 3.1.1 Medidas del módulo didáctico.....	28
Figura 3.1.2 Perspectiva del módulo didáctico.....	29
Figura 3.1.3 Construcción de piezas del módulo didáctico.....	29
Figura 3.2.1 Elaboración de red AS-i.....	30
Figura 3.2.2 Partes del circuito impreso.....	31
Figura 3.2.3 Montaje del módulo en la caja plástica.....	32
Figura 3.2.4 Montaje y cableado de porta fusibles.....	34
Figura 3.2.5 Montaje de conectores para salidas del módulo K60.....	35
Figura 3.2.6 Montaje del módulo K60.....	36
Figura 3.2.7 Montaje de equipos parte frontal.....	37
Figura 3.2.8 Montaje de fuente y borneras para distribución de 24VDC.....	38
Figura 3.2.9 Montaje y cableado de switch principal.....	39
Figura 3.2.10 Montaje y conexión de baliza.....	40
Figura 3.2.11 Cableado interno del módulo.....	41
Figura 3.2.12 Montaje de topes y cierre de la estructura.....	42
Figura 3.2.13 Cableado de equipos parte frontal.....	43
Figura 3.2.14 Montaje de STOP de emergencia y módulo terminado.....	44
Figura 3.2.15 Menús útiles para programación.....	45
Figura 3.2.16 Agregar controlador.....	46

Figura 3.2.17 Agregar Maestro AS-i.....	47
Figura 3.2.18 Agregar esclavos.....	48
Figura 3.2.19 Esclavos agregados en vista de redes.....	49
Figura 3.2.20 Configuración de red AS-i.....	50
Figura 3.2.21 Cargar hardware a la CPU.....	51
Figura 3.2.22 Cargar hardware en PLC.....	52
Figura 4.1.1 Paso <i>a.1</i>	53
Figura 4.1.2 Paso <i>b.1</i>	54
Figura 4.1.3 Paso <i>b.2</i>	55
Figura 4.1.4 Paso <i>b.3</i>	56
Figura 4.1.5 Paso <i>c</i>	57
Figura 4.1.6 Paso <i>d</i>	58
Figura 4.1.7 Paso <i>e.1</i>	58
Figura 4.1.8 Paso <i>e.2</i>	59
Figura 4.1.9 Paso <i>e.3</i>	60
Figura 4.1.10 Paso <i>f.1</i>	60
Figura 4.1.11 Paso <i>f.2</i>	61
Figura 4.1.12 Paso <i>g</i>	61
Figura 4.1.13 Paso <i>h</i>	62
Figura 4.1.14 Paso <i>i</i>	63
Figura 4.2.1 Propiedades de la CPU.....	64
Figura 4.2.2 Inicio de variables de oscilador interno.....	65
Figura 4.2.3 Instrucción de diagnóstico “LED”.....	65
Figura 4.2.4 Número de identificación desde la tabla de variables.....	66
Figura 4.2.5 Parámetros de instrucción LED.....	67
Figura 4.2.6 Creación de variable LED_ERROR_CPU.....	67
Figura 4.2.7 Declaración de salidas.....	68
Figura 4.2.8 Comparación de valores para activar salidas.....	68
Figura 4.2.9 Aplicación de señal de reloj de la CPU.....	69
Figura 4.2.10 Prueba <i>online</i> de la aplicación.....	69
Figura 4.3.1 Activación para encendido.....	70
Figura 4.3.2 Activación de la salida del arrancador.....	71
Figura 4.3.3 Señal de luces piloto.....	71
Figura 4.3.4 Segmento de monitoreo de la red.....	71

Figura 4.3.5 Prueba <i>online</i> de la aplicación 3.	72
Figura 4.4.1 Añadir bloque de función (FB).	73
Figura 4.4.2 Declaración de variables del FB.	74
Figura 4.4.3 Lógica del bloque de función.	74
Figura 4.4.4 Llamado de FB.	75
Figura 4.4.5 Bloques con direcciones de la red.	76
Figura 4.4.6 Monitoreo de la red.	76
Figura 4.4.7 Direccionamiento (luces piloto).	77
Figura 4.5.1 Segmento de monitoreo de red.	79
Figura 4.5.2 Acción del paro de emergencia.	79
Figura 4.5.3 Marcha del motor.	79
Figura 4.5.4 Tiempo de espera para apagado.	80
Figura 4.5.5 Direccionamiento del arrancador compacto.	80
Figura 4.5.6 Acción de la sirena.	80
Figura 4.5.7 Acción de la baliza roja.	81
Figura 4.5.8 Acción de la baliza amarilla.	81
Figura 4.5.9 Acción de la baliza verde.	81
Figura 4.5.10 Reset par apagar motor.	82
Figura 4.5.11 Reset de secuencia de apagado.	82

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	ELVIS RAÚL VILLÓN CONSUEGRA HARRY IVÁN VILLAMAR GARCÍA	MACI. GARY AMPUÑO AVILÉS	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MALETA DIDÁCTICA PARA EL LEVANTAMIENTO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE LA RED AS-INTERFACE EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN FLEXIBLE”

El presente proyecto de grado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MALETA DIDÁCTICA PARA EL LEVANTAMIENTO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE LA RED AS-INTERFACE EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN FLEXIBLE” se basó en la interconexión de dispositivos a través de un solo hilo denominado “bus” para el comando de entradas y salidas de señales discretas, haciendo más eficiente la interacción de los elementos con el elemento controlador de un sistema (PLC).

El objetivo principal de este proyecto fue elaborar un diseño a escala de la red de comunicación AS-Interface con el fin de indicar el uso de esta red en el nivel más bajo de comunicación industrial, sirviendo como una herramienta de demostración visual de cada uno de los elementos de la red y de esta manera permitir el aporte del desarrollo académico práctico de los estudiantes en el laboratorio de fabricación flexible de la Universidad Politécnica Salesiana para su formación como nuevos profesionales.

Al proyecto lo complementó un análisis de investigación y pruebas para la comunicación correcta de cada elemento como el maestro, esclavos, módulos AS-i, fuente AS-i, PLC S7-1200, permitiendo finalmente una comunicación segura y eficaz. Para la respectiva comunicación de los módulos se utiliza el software TIA Portal v12.

Finalizando el proyecto pudimos comprobar la reducción de tiempo de montaje, tiempo de ingeniería y facilidad en el levantamiento de la red AS-i. Los cortos tiempos de respuesta de los esclavos y la detección automática de errores nos dieron la confiabilidad requerida para este nivel de automatización. Además con el módulo pudimos comprobar el funcionamiento de algunos equipos en un reducido espacio al demostrar el ahorro del mismo en aplicaciones sencillas de entradas y salidas.

Palabras claves: Comunicación AS- interface, módulo didáctico AS-i, nivel de entrada salidas, PLC S7 1200, Totally Integrated Automation portal V12.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	ADVISOR	TITLE
2015	ELVIS RAÚL VILLÓN CONSUEGRA HARRY IVÁN VILLAMAR GARCÍA	MACI, GARY AMPUÑO AVILÉS	“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TEACHING CASE FOR THE LIFTING OF INDUSTRIAL COMMUNICATION BY NETWORK AS- INTERFACE IN THE FLEXIBLE MANUFACTURING LABORATORY”

This graduation Project " DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TEACHING CASE FOR THE LIFTING OF INDUSTRIAL COMMUNICATION BY NETWORK AS-INTERFACE IN THE FLEXIBLE MANUFACTURING LABORATORY” was based on the interconnection of devices through a single thread called "bus" to the command of inputs and outputs discrete signals, making it more efficient interaction of the elements with the main element controller of a system (PLC).

The main objective of this project was to develop a design to scale of the communication network AS-Interface to indicate the use of this network at the lowest level of industrial communication, serving as a tool for visual demonstration of each the network elements and thus allow the contribution of practical academic development of students in the Flexible Manufacturing Laboratory of the Universidad Politecnica Salesiana for training as new professionals.

The project was complemented by an analysis of research and testing for correct communication of each element as the master, slaves, AS-i modules, AS-i supply, PLC S7-1200, finally allowing a safe and effective communication. For the respective communication modules TIA Portal v12 software is used.

At the end of the project we saw a reduction in assembly time, engineering time and ease in lifting the AS-i network. The short response times of slaves and automatic error detection gave us the reliability required for this level of automation. In addition to the module we could verify the operation of some equipment in a confined space to demonstrate the savings of it in simple applications of inputs and outputs.

Keywords: Communication AS-interface, didactic module AS-i, input-output level, PLC S7-1200, Totally Integrated Automation Portal V12.

INTRODUCCIÓN

Dado el creciente interés para el desarrollo de diferentes tipos de sistemas automatizados a través de redes industriales, autómatas programables, buses de campo u otros tipos de aplicaciones presentadas en cualquier industria, existen tecnologías para poder optimizar los recursos con el fin de aportar facilidad en el momento de montajes de equipos dentro de una red industrial, y la obtención de información valiosa de forma rápida y oportuna.

Las redes industriales presentan características, ventajas y desventajas en relación a la aplicación en donde lleve su desarrollo, ubicando a cada una de ellas en un nivel en el cual presente la mayor eficiencia posible en relación a los recursos utilizados en toda la gestión del desarrollo de una empresa.

Entre las redes de más importancia debido a la interacción directa con los elementos de un proceso industrial, estos son: actuadores y sensores, tenemos a la red AS-Interface, que permite el manejo de información a velocidades accesibles para procesos que no demandan una alta velocidad de respuesta y, que presenta beneficios que compensan el coste de inversión, notando resultados a corto plazo.

El laboratorio de fabricación flexible de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil no consta de alguna aplicación utilizando la red AS-Interface, por lo cual el tema en cuestión implementará a escala la red mencionada para que de esta manera se pueda demostrar las ventajas de esta tecnología de intercambio de datos a nivel de campo, y a la vez el personal estudiantil pueda ver y realizar las respectivas prácticas manipulando esta red de un solo hilo denominado bus.

El diseño y la implementación de este módulo, junto con los ejercicios a desarrollarse, trae como resultado una forma didáctica de aprendizaje, desde la tarea más básica en cuanto a la red hasta aplicaciones útiles en una industria real, permitiendo la ejecución de muchas prácticas y construyendo las bases sólidas de la implementación de las redes industriales.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.

La necesidad de poder enviar señales de mando y confirmación en los procesos de las plantas industriales es de suma importancia, ya que por medio de éstos podemos conocer el status de un elemento de campo luego de haberle enviado una orden de accionamiento. Esto aplica en elementos de recepción de señales, como sensores inductivos, capacitivos, termostatos, presostatos, entre otros, y elementos actuadores como electroválvulas, contactores, relés, etc., que manejan señales discretas. (Antonio Creus Solé, 2010)

Todo este uso de señales (E/S) provoca que el cableado de cada elemento hacia el controlador resulte más trabajoso y costoso al momento de la implementación y puesta en marcha del sistema, por lo cual se requiere de otra alternativa para el intercambio de señales. Para este tipo de caso podemos emplear las denominadas “Redes de comunicación Industrial” que permiten el intercambio de señales a través de un solo hilo denominado “bus”. (Antonio Javier Barragán Piña, 2015)

Al tratarse de señales de equipos que están en contacto con las máquinas como sensores y actuadores, o mejor dicho, equipos del nivel 0 de la pirámide de automatización, y que llevan el mayor porcentaje de recursos para el cableado, se ha considerado la red AS-Interface (AS-I) encargada para este nivel de comunicación. Por medio de esta red podremos comunicar datos de entrada y salida a través de un solo bus, haciendo más eficiente la interacción de los elementos con el controlador (PLC) ahorrando tiempo de implementación e ingeniería. (Javier Antonio Barragán Piña, 2015)

1.2 Delimitación.

1.2.1 Temporal.

El proyecto implementado tuvo un tiempo de 6 meses y fue culminado en el mes de febrero del año 2015

1.2.2 Física.

La actual propuesta de grado esta implementada para el laboratorio de Fabricación Flexible en el bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana ubicada en Chambers #227 entre Laura Vicuña y Robles frente (Villa la Joya).

1.2.3 Académico.

El proyecto consiste en la elaboración de un diseño a escala con elementos de mando y visualización enlazados a la red industrial AS-Interface.

La demostración de la red será por medio de 3 pequeñas aplicaciones de comunicación, envío y recepción de señales discretas por medio de un controlador de la marca Siemens (S7-1200).

Los equipos de campo serán convencionales y de la marca Siemens, adaptables a la red AS-Interface para la demostración de las múltiples alternativas de comunicación de la red.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar e implementar el nivel de entradas y salidas de un proceso de automatización por medio de un modelo a escala para la demostración de la red de comunicación industrial AS-Interface.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Construir una estructura para la colocación de los elementos de la red AS-Interface.
- Instalar los elementos de campo: botones con luz piloto, alarma sonora y visual (baliza), entre otros con su respectiva identificación.
- Conectar elementos de entrada/salida al bus con el maestro AS-Interface.
- Diseñar y desarrollar un programa que permita enviar y recibir señales de la red AS-Interface.

- Desarrollar prácticas de laboratorio para las pruebas concernientes.
- Realizar las pruebas de envío y recepción de datos.
- Monitorear las señales de la red a través del programa del PLC.

1.4 Justificación.

A falta de módulos para prácticas de redes se ha diseñado un modelo a escala del nivel básico de entradas y salidas o nivel 0 de la pirámide de automatización dentro de un proceso industrial para el envío y recepción de señales discretas con diversos elementos, con el fin de exponer el manejo de la red industrial AS-i.

Con el diseño a escala se visualizan los elementos que intervienen en la red, permitiendo identificarlos y familiarizarse con ellos, obteniendo una experiencia real de dichos elementos que se encuentran en una industria en la vida actual. De esta manera se permite un aporte en el desarrollo académico práctico de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana en su formación como nuevos profesionales.

1.5 Variables e indicadores.

1.5.1 Variables.

- Señales discretas: Por medio de pulsadores, paro de emergencia y contacto auxiliar de contactor.
- Aplicaciones:
 - Establecimiento de comunicación: “Configuración de comunicación del maestro de la red AS-Interface”.
 - Monitoreo de seguridad de la red.
 - Comando de actuador (contactor) con seguridades implícitas. “Comunicación y mando del arrancador Sirius para el control de motores”.
 - Aplicación práctica de la configuración de la red mediante el uso de un módulo pasivo de entradas y salidas.
 - Aplicación de la red representando un proceso industrial.

1.5.2 Indicadores.

- Señal discreta: por medio de la visualización de luces piloto, baliza, accionamiento de un arrancador compacto.

1.6 Metodología.

1.6.1 Observación científica.

De acuerdo al tema referido se busca diseñar una red a escala como centro de aprendizaje de las redes de comunicación industrial de más bajo nivel para el laboratorio de Fabricación Flexible de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.6.2 Experimental.

Se elaborará un listado de asignaciones de señales de los equipos que conformarán la red AS-Interface para que a través de un bus envíe y reciba señales al controlador programable. Las señales transmitidas por la red nos permitirán implementar una aplicación en la cual intervengan los equipos asociados y demostrar la eficiencia de la misma.

1.7 Descripción de la propuesta.

1.7.1 Beneficiarios de la propuesta de intervención.

Entre los beneficiarios pos-entrega del proyecto planteado tenemos:

- Docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica que podrán utilizar el diseño a escala para la implementación explicativa de sus clases en las cátedras en las que interviene el tema de redes industriales no solo de una forma teórica sino que también práctica.
- Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica que podrán hacer uso del diseño a escala de la red de forma práctica para su formación académica.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

La idea de la necesidad de reducir espacio y tiempo a la hora de montaje de sistemas de automatización hizo que se busque una alternativa diferentes a los sistemas convencionales de varios hilos, considerando que en un proceso complejo implica un elevado número de sensores y actuadores y en donde la desconexión de algunos de ellos, genera un punto crítico en los sistemas de producción y que se refleja en los costos de una organización.

El producto de la investigación y desarrollo para cubrir este fin dio a luz la integración de las redes industriales, que permitió no solo reducir el espacio que ocupaban los sistemas de varios hilos, sino que también el tiempo de ingeniería y eficiencia en la transmisión de datos, aumentando el número de E/S discretas y analógicas a velocidades aptas al nivel de exigencia en las señales de campo

2.2 Redes de comunicación industrial.

Las redes de comunicación industrial deben su origen a la fundación Fieldbus que buscaba el desarrollo y la creación de arquitectura abierta y comunicación universal como lo indica (Javier Antonio Barragán Piña, 2015) para que todos los equipos puedan transmitir y recibir en una misma plataforma la medición y control de procesos. También como se muestra en (SIEMENS, 2015) debido al gran incremento de diferentes tipos de aplicaciones automatizadas basadas en instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos, sobrevino una gran variedad de soluciones para los equipos que tienen la necesidad de intercomunicar dichos datos en tiempo real y de manera segura, basándose en los últimos estándares la red Profibus que procede a la adquisición de datos y los envía a niveles gerenciales, pudiendo comunicarse a través de Ethernet para poder así realizar trabajos con TCP/IP en paralelo sin ocasionar ningún tipo de interferencias.

En la industria existen muchas variedades de equipos y dispositivos que están dedicados netamente al control de cualquier tipo de máquina o partes cerradas de un proceso automático. Entre todos estos elementos de trabajo tenemos los autómatas programables (PLC), ordenadores de diseño y gestión, actuadores, sensores, etc. Gracias al desarrollo de las redes industriales se ha hecho posible unir todos estos

tipos de dispositivos para aumentar el buen rendimiento y proporcionar nuevos medios.

De lo anterior propuesto por (Rockwellautomation, 2015) entre las ventajas de manejar redes industriales tenemos:

- Visualización y supervisión de procesos de producción.
- Incremento de la confiabilidad de los sistemas de producción.
- Mejora del rendimiento general de todo el proceso.
- Automatización más robusta y controlable.
- Reducción del cableado físico.

2.2.1 Pirámide de automatización (CIM).

Como se muestra en la 2.2.1.1, la pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing), está dada por diferentes características según tiempos de respuesta. Esto hace que existan diferentes tipos de redes de comunicaciones necesarias para poder implementar cualquier aplicación en empresas de producción. (SIEMENS, 2006)

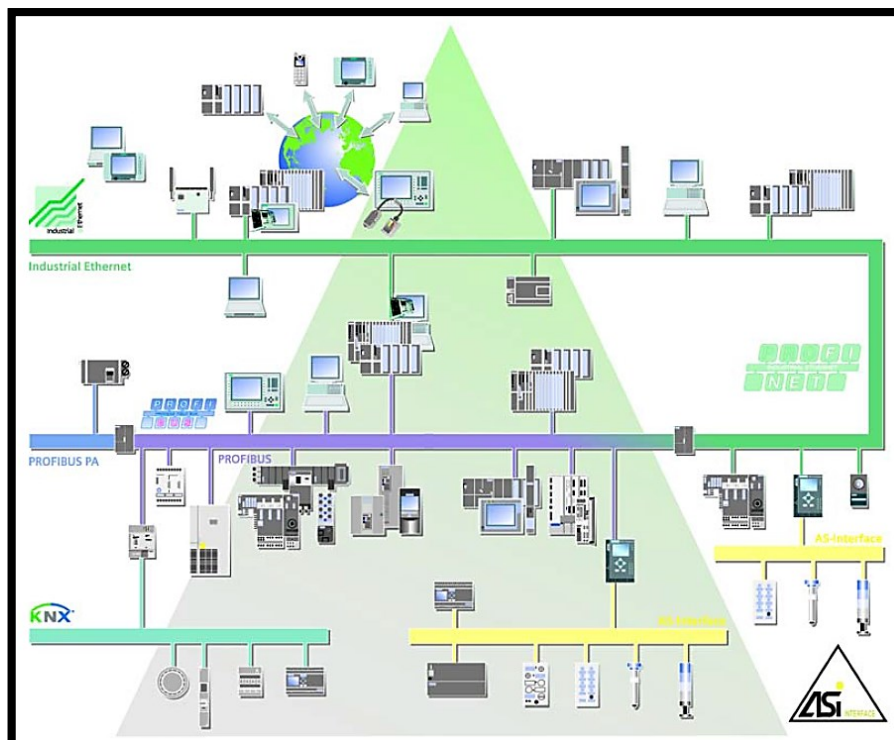


Figura 2.2.1 Pirámide de automatización industrial. Puede apreciarse las redes más comunes en los distintos niveles de la pirámide CIM. Por (SIEMENS, 2006).

La clasificación detallada a continuación en los numerales 2.2.1.1. y 2.2.1.2. hace referencia de los autores (SIEMENS, 2015), (Rockwellautomation, 2015), los cuales tienen normas internacionales para el desarrollo de redes industriales.

2.2.1.1 Redes de datos.

Este tipo de red es la que está ubicada en los niveles superiores de la pirámide CIM y que frecuentemente trabaja con grandes volúmenes de datos. El tiempo de respuesta no es crítico, dado en pocos segundos, minutos en ocasiones hasta horas.

Podemos subdividir esta red en:

➤ REDES DE EMPRESA Y FÁBRICA:

Caracterizada por gestionar la producción completa de la empresa. Procesan diferentes tareas de tipo corporativo que envuelven, generalmente, grandes cantidades de información. Puede haber cientos de estaciones de trabajo para poder proporcionar las consignas básicas para la producción de la empresa; en él se emplean equipos como ordenadores personales (PC), mini computadoras, grandes equipos informáticos, servidores de base de datos. Cuando los sistemas enlazados están ubicados dentro de la misma planta, la red más utilizada es ETHERNET TCP/IP. Para poder comunicar entre sí las distintas sedes de una empresa se utilizan redes de área metropolitanas (MAN, Metropolitan Area Networks) y para redes de áreas extensas (WAN, Wide Area Networks), un ejemplo de ellas es la red mundial muy conocida como INTERNET.

➤ REDES DE CÉLULA:

Se caracteriza por llevar la visualización de los procesos de la planta mediante sistemas SCADA (supervisión, control, adquisición de datos) y así poseer una imagen virtual de la planta donde se puede ver el control de proceso de producción y a la vez mostrar las fallas, alarmas o alteraciones que ocurran dentro de los mismos, aquí aparecen los autómatas (PLC), las pantallas (HMI), PC.

2.2.1.2 Redes de control.

Este tipo de redes es la que está ubicada en niveles inferiores de la pirámide CIM, en donde encontraremos la comunicación de sensores, PLC, actuadores, pantallas y toda la parte de control; adicionalmente si tienen sus buenas

características de interconexión podrán ser enlazadas con el nivel superior por intermedio de un bus de campo.

Clasificaremos esta red de la siguiente manera:

➤ REDES DE CONTROLADORES:

Este tipo de red de control es la encargada de realizar la unión entre los equipos de control de maquinaria y los equipos de nivel de célula. Utiliza técnicas de transmisión muy eficientes, preparadas para trabajar en tiempo real mediante comunicaciones cíclicas y acíclicas.

➤ REDES DE SENSORES – ACTUADORES:

Es el tipo de red más cercano al proceso de campo, en donde encontramos las máquinas, sensores, actuadores, entradas y salidas del proceso, también llamado nivel de instrumentación.

Son elementos que están relacionados directamente con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de cumplir las órdenes de los elementos de control. Esta transmisión se realiza mediante bus de dos hilos para poder así tener un cableado sencillo y económico.

2.2.2 Función de redes de comunicación.

La función principal de las redes de comunicación es permitir el cambio de información (o de control) entre dispositivos remotos. Estas distintas informaciones pueden comunicarse mediante distintos tipos de tecnologías.

El intercambio de datos on-line y, en los niveles inferiores de la pirámide como son los sensores, actuadores, máquinas, células de fabricación, etc., se exige requisito de tiempo real. Todos estos intercambios de datos deben ser eficientes, bajo coste temporal y económico. Las alternativas de comunicación existen para comunicar los diferentes dispositivos que forman un sistema industrial, entre ellas detalladas a continuación:

- Cableados mediante bases pre-cableadas.
- Entradas y salidas distribuidas.
- Buses de campo.

2.2.3 Redes industriales y modelo OSI.

Este modelo fue creado por la organización internacional para la estandarización (ISO) con el fin de dar una referencia para la arquitectura de los sistemas de comunicación. Las siglas OSI (Open System Interconnection) resumen el modelo descriptivo de las “Interconexiones de Sistemas Abiertos” manifestando una forma en que las redes funcionen de forma eficiente por medio de reglas dentro de este modelo. (Aquilino Rodríguez Penin, 2008)

El modelo OSI, referenciado de (SIEMENS, 2015) se divide en las siguientes capas:

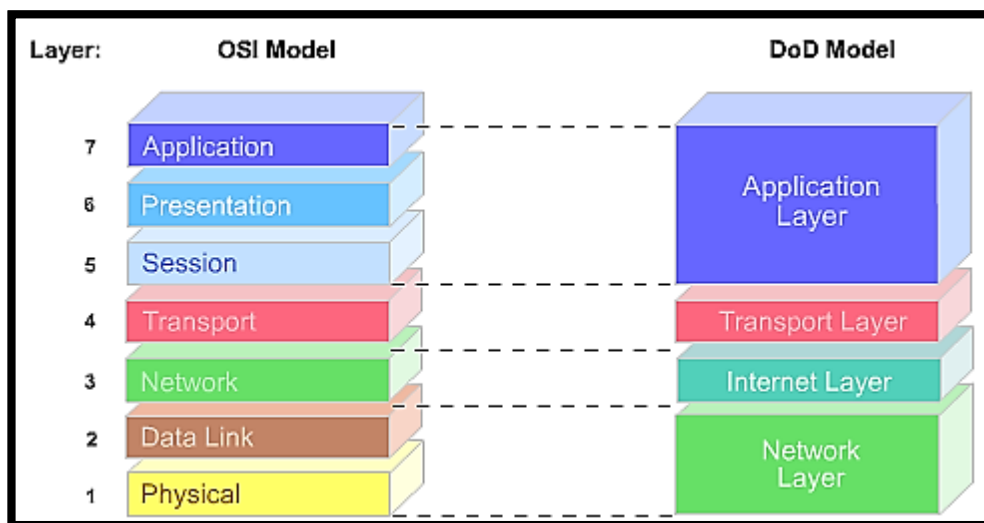


Figura 2.2.2 Modelo OSI.

Se muestran las 7 capas para el funcionamiento eficiente de las redes según (SIEMENS, 2015).

La función de las capas mostradas es la de asegurar que un paquete de datos pueda llegar eficazmente desde el origen hasta su destino.

2.2.4 Tecnologías de buses de campos.

Los buses de campo según (SIEMENS, 2015) son un sistema de transmisión de información para el intercambio de datos que simplifica enormemente la instalación, utilizados en procesos de producción para operación de todo tipo de máquinas industriales. Típicamente son redes digitales bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie en el que pueden conectarse diferentes dispositivos de campo tales como PLC, HMI, sensores, actuadores, transductores, controladores de velocidad, etc.

Ventajas de un bus de campo:

- Mediante un mecanismo estándar puede llevarse el intercambio de datos.
- Flexibilidad de extensión.
- Poder conectar diferentes módulos en una misma línea.
- Conexión de dispositivos de diferente procedencia.
- Reducción masiva de cables y costos asociados.
- Simplificación de la puesta en servicio.

Desventajas de un bus de campo:

- Mucha necesidad de conocimientos superiores.
- Inversión en instrumentación.
- Inversión en accesorios de diagnóstico.
- Costos globales inicialmente superiores.

2.2.5 Clasificación de redes industriales.

Las redes industriales fueron diseñadas según las necesidades presentadas en la industria en particular, por lo cual también para ser incompatibles entre ellas. Luego fueron estandarizadas según la norma IEC 61158, estableciendo 8 protocolos principales. Con el pasar de los años se estandarizaron varios protocolos más. La diferencia entre las redes y su utilización, radica en algunos puntos como el sector o región (América, Europa, Asia), las velocidades de transferencia de datos que a la vez repercute a las distancias máximas de extensión, cantidad de nodos, medio físico, entre otras. Entre las más reconocidas tenemos a Profinet, Fieldbus Foundation, Can Open, AS-interface, protocolos CIP como DeviceNet, ControlNet. (Universidad Carlos III de Madrid, 2014)

2.3 Red de comunicación AS-Interface.

Una vez definidas las bases de las redes industriales el resto del documento se enfocará en la red industrial AS-i, proveniente del alemán Aktuator Sensor Interface. La red AS-i se ubica en el nivel más básico en la escala de la pirámide de comunicación pero no por su poca importancia, sino más bien por aplicarse en el nivel de elementos de campo, de ahí su nombre al español de “Interfaz-Actuador-Sensor”, constituyéndola en una de las más comunes y por qué no decirlo más importantes dentro de la automatización industrial. (SIEMENS, 2006)

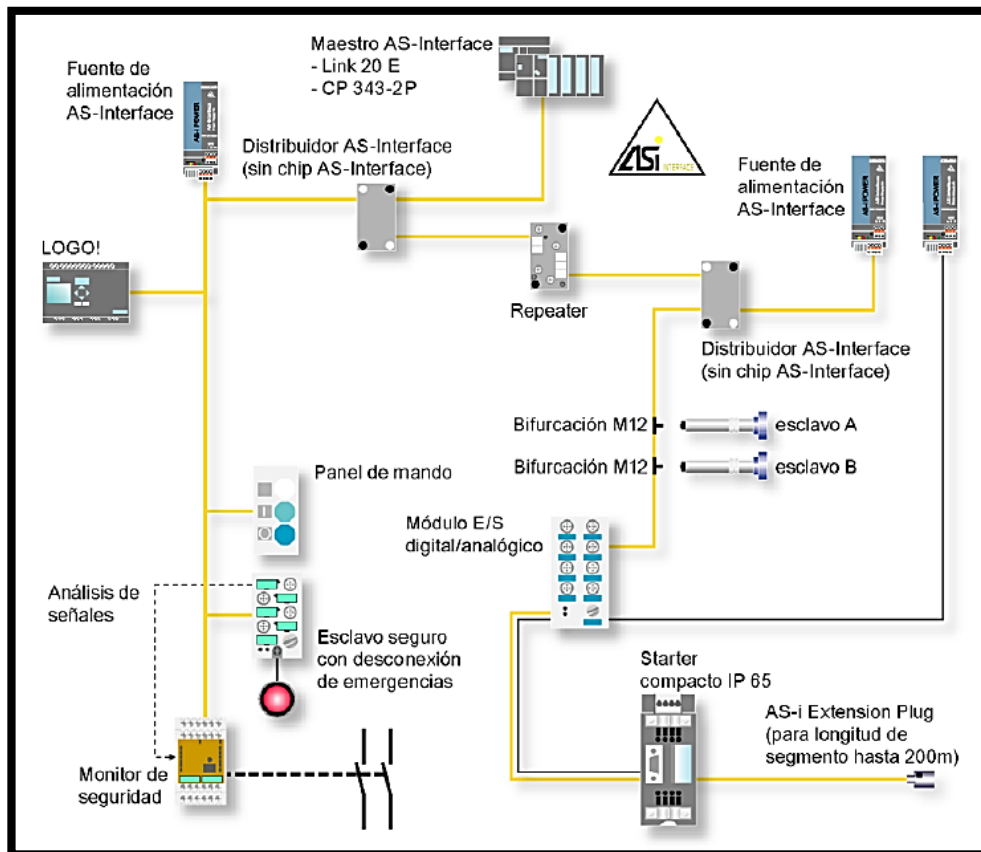


Figura 2.3.1 Esquema general de red AS-i.
Se observa una red AS-i con su maestro, controlador, fuente y diferentes esclavos (SIEMENS, 2006).

La red de comunicación AS-i está sujeta bajo las normas de estandarización industrial IEC 62026-2 y EN 50295.

Un gran avance en implementar el bus a este nivel desencadena una serie de ventajas que aumentan la eficiencia de un sistema, hasta llegar a concluir que las mejoras se reflejan en tiempo, costos y seguridad.

2.3.1 Características técnicas de la red.

La red AS-i tiene la particularidad de manejar velocidades de transmisión de 167 Kbits/s con un tiempo de respuesta, a excepción de la inicialización, de 5ms como máximo, siendo realmente veloz en torno al nivel actuator/sensor. El número máximo de esclavos es de 31 en la versión 2.0 y de 62 en las versiones superiores a ésta.

La siguiente figura muestra un esquema de la red AS-i con su representación del cable amarillo como bus. (SIEMENS AG, 2009)

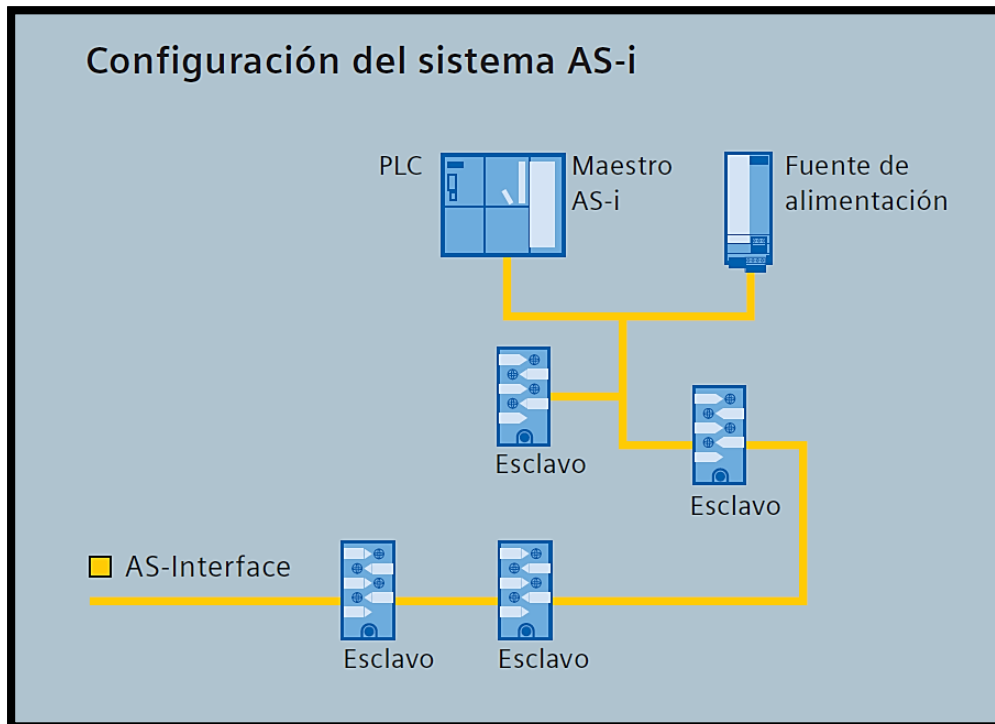


Figura 2.3.2 Configuración del sistema AS-i.
La red AS-i en una topología lineal, se puede notar el cable de red amarillo (SIEMENS AG, 2009).

La popularización y acogida de la red con su versión 2.0 impulsó a mejoras e impulsó al lanzamiento de la siguiente versión: 2.1 esta nueva versión incluía entre sus progresos:

- Manejo de señales analógicas al manejar 2 bytes de datos.
- Detección de errores por medio de un bit adicional, que luego fue estandarizado para conocer el estado de los esclavos.

Como lo menciona (SMAR Equipamentos Industriais, 2015) la versión 3.0 mejora el perfil de usuarios para señales tanto discretas como analógicas. En esta versión se amplían el número entradas y salidas mediante el direccionamiento extendido, adicionando las letras A y B en cada dirección. Las entradas analógicas pueden configurarse a diferentes resoluciones. Las mejoras de este sistema de actuadores y sensores se orientan a la capacidad de manejar datos directos con redes de nivel superior como la red Ethernet, estandarizando un lenguaje directo de este nivel.

2.4 Ventajas y desventajas de la red AS-interface.

Es posible resumir algunas de las ventajas más relevantes ofrecidas por las características particulares de la red:

- Sencillo de implementar.
- Reducción significativa del cableado de campo.
- Transmisión de energía y datos por un solo conductor perfilado de dos hilos. Esto ahorra espacio y costos de material.
- Conexión sencilla de los esclavos por medio de perforación del cable plano.
- Flexibilidad y robustez. Permite conexión de los esclavos en árbol, estrella, bus.
- Seguridad y confianza en la red. El maestro monitorea mediante el envío de bits el estado de cada esclavo de la red.

A pesar de las ventajas que ofrece la red, también hay ciertos puntos en los cuales no es posible implementarla, tales como:

- Limitado número de esclavos (62 en la versión extendida).
- Baja capacidad para transmitir señales análogas, por lo cual necesita algunos ciclos para transmitirla, impidiéndole la utilización de la red en procesos críticos como PID.
- Máxima longitud de 300m con repetidores.
- Limitada capacidad de transferencia de datos, siendo necesario pasar a otro nivel para velocidades superiores a los 167 Kbit/s.

2.5 Elementos de campo empleados.

En la **Figura 2.5.1** presentamos los elementos a emplearse en el proyecto.



Figura 2.5.1 Elementos generales.

Puede observarse los elementos que forman parte del módulo didáctico incluyendo el cable de red.

Para el levantamiento de una red AS-i es necesario identificar los siguientes componentes:

2.5.1 Fuente de alimentación AS-i.

Es una fuente de 30VDC que proveerá de energía de alimentación a los sensores y al control de los actuadores conectados. Hay que hacer una distinción entre el término “actuador”, ya que muchas veces pensamos en éste como el elemento final del proceso, el cual necesita de una tensión de alimentación para el accionamiento del hardware. La tensión suministrada por la fuente AS-i es totalmente independiente a la utilizada para la fuerza de los elementos de campo.

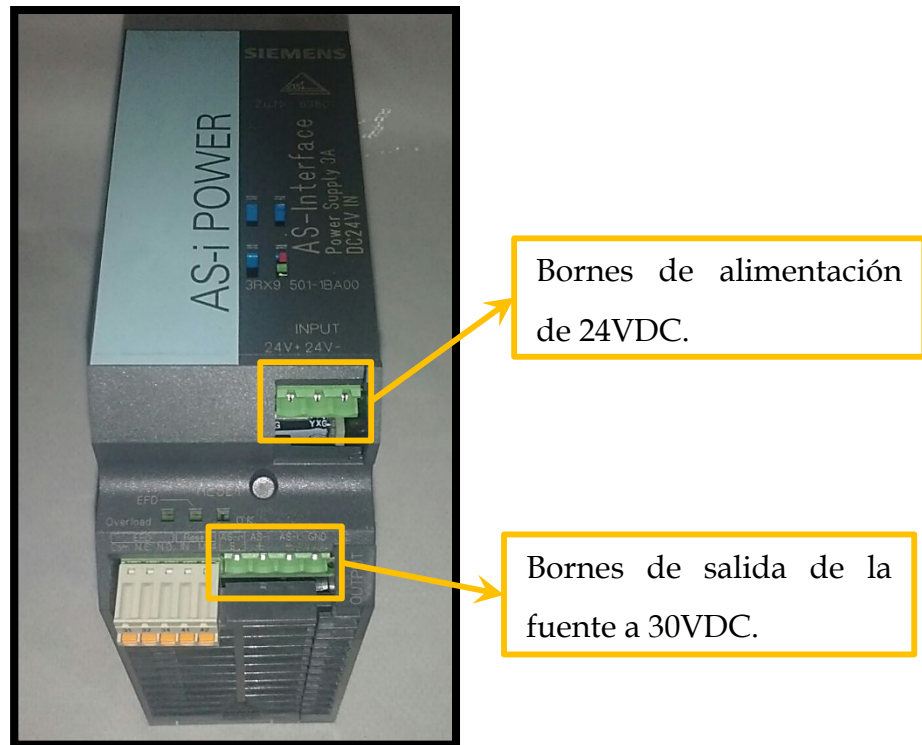


Figura 2.5.2 Fuente AS-i.

Se señalan los bornes de alimentación de la fuente que suministra el voltaje de la red AS-i y del ingreso de voltaje de la misma.

En la más reciente versión (3.0) se puede manejar la tensión común de 24VDC, pero es estrictamente necesario colocar un adaptador de impedancia a la salida (en serie) del mismo. Debemos recordar que el medio de transmisión de la red es un par de conductores que transportan tanto la alimentación, como los datos en una técnica de señal superpuesta y que debe regularse la estabilidad de la misma.

2.5.2 Medio de transmisión. Cable perfilado.

La característica más notable de la red es su cable perfilado que permite que sea fácil no solo la conexión de un elemento (esclavo) sino la desconexión del mismo sin dejar rastros ni daños al conductor debido a su autocicatrización. El cable perfilado también evita errores de polaridad al momento de conectar los esclavos.

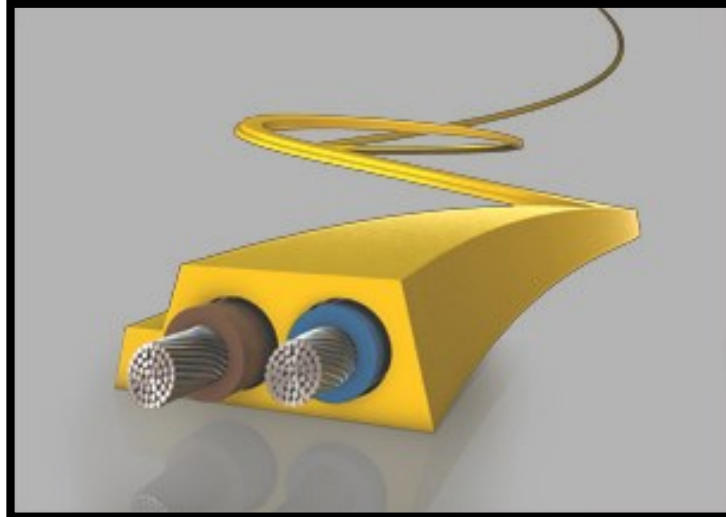


Figura 2.5.3 Cable perfilado AS-i.
Este cable de dos hilos de forma particular evita la mala polarización a la hora de conectar los esclavos (AS-INTERFACE.NET, s.f.).

La característica más notable de la red es su cable perfilado que permite que sea fácil no solo la conexión de un elemento (esclavo) sino la desconexión del mismo sin dejar rastros ni daños al conductor debido a su autocicatrización. El cable perfilado también evita errores de polaridad al momento de conectar los esclavos.

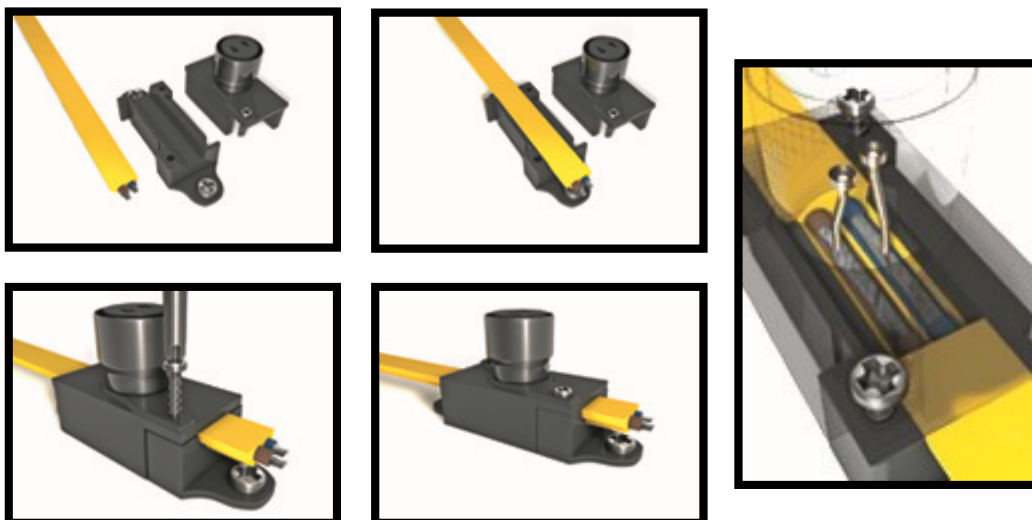


Figura 2.5.4 Pasos para acoplamiento del cable AS-i.
Se muestran los pasos para acoplamiento de los esclavos a la red AS-i. Por (AS-INTERFACE.NET, s.f.)

Este cable de dos hilos no apantallado viene en tres formatos diferenciados por colores para distinguir la tensión utilizada en el mismo:

- Amarillo para señales de control con la fuente AS-i: 30VDC – 24VDC (V3.0).
- Negro para la alimentación auxiliar de los elementos de campo como relés, electroválvulas.
- Rojo para tensiones auxiliar de 240VAC.

2.5.3 Esclavos.

Es el medio entre el control del maestro y el hardware o propiamente dicho elementos de campo conectados a la red. El esclavo envía el status de sus componentes (sensores/actuadores) entre otra información, y recepta las órdenes enviadas por el maestro.

Los esclavos pueden ser elementos actuadores con un chip integrado de aplicación específica (ASIC) o esclavos con entradas y salidas (genéricos) para conectar los elementos de campo convencionales. Al primer tipo de los conoce con el nombre de módulos activos y al segundo tipo (genérico) como módulos pasivos. (SMAR Equipamentos Industriais, 2015)

La tabla adjunta presenta los esclavos utilizados en la construcción del módulo didáctico que conforman la red AS-i, dando un breve resumen de las características de cada uno de ellos.

Tabla 2.5.1 Elementos AS-i.



ARRANCADOR AS-I.

Integra un contactor + guardamotor en un solo dispositivo.

Módulo Activo.



MÓDULO COMPACTO K60.

Consta de 4 entradas + 4 salidas con LED de monitoreo.

Módulo Pasivo.



PARO DE EMERGENCIA.

Paro de emergencia AS-i.

Módulo Activo.



TARJETA I/O.

Consta de 4 entradas + 4 salidas para adaptar a cualquier tarjeta electrónica.

Módulo Pasivo.

Nota: Se visualizan los elementos de integrados en el módulo didáctico con una pequeña descripción de cada uno.

2.5.4 Maestro AS-i.

Es el medio de comunicación entre el controlador y los esclavos. Éste se encarga de transmitir o gestionar los datos del proceso, supervisando cada uno de los esclavos, como su estado, perfil, dirección, y enviando señales de mando desde el controlador. La siguiente figura indica las partes del maestro AS-i.

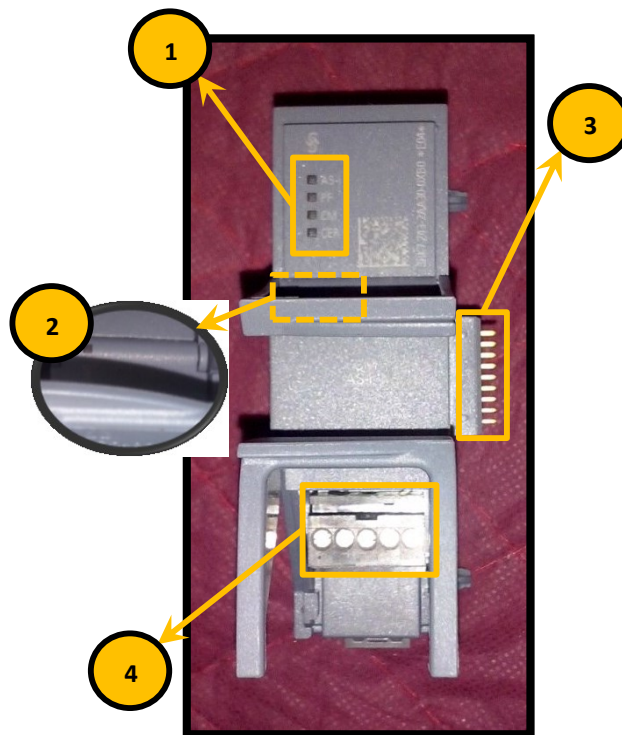


Figura 2.5.5 Maestro AS-i.
Aquí se señalan las partes del maestro AS-i cuya descripción se detalla en la **Tabla 2.5.2**.

Tabla 2.5.2 Partes de maestro AS-i.

No.	ELEMENTO
1.	LED indicadores de estado del maestro AS-i.
2.	LED indicador de diagnóstico de la red.
3.	Pines de conexión con PLC.
4.	Borneras para cable AS-i.

Nota: Los números indican las partes del maestro AS-i señaladas en la Figura 2.5.5. Adaptado de (SIEMENS AG, 2011).

El módulo maestro AS-i monitorea los esclavos en cada ciclo, verificando el perfil de cada uno, control, status de E/S en el caso de señales discretas y de las tramas de datos analógicos cuando sea el caso.

En el sistema de automatización el maestro AS Interface CM 1243-2 participa como módulo de comunicación, accediendo al acoplamiento de una rama AS-i a la estructura AS o PLC de la gama SIMATIC S7-1200. AS-i es un sistema monomaestro, lo cual da entender que solo podemos utilizar un solo maestro por

red siendo el responsable del control de la comunicación de la red. (SIEMENS AG, 2011)

El maestro contiene elementos (LED) o partes (conectores) que indican el estado del mismo y ayudan a supervisar el comportamiento del mismo. A continuación presentamos un breve resumen de estos elementos en la siguiente tabla:

Tabla 2.5.3 Descripción de indicadores de maestro AS-i.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
LED AS-i.	<u>OFF</u> : Indica que el maestro esta offline, <u>ON</u> : Cuando se enciende rojo permanente indica que se ha producido un error y el bus AS-I ha fallado. Si está en rojo parpadeando quiere decir que hay un problema en la configuración de un esclavo. Encendido en verde indica que no hay fallos en el bus.
PF.	Fallo en la periferia. Una vez encendido el LED rojo permanente da como resultado que tenemos una falla de sobrecarga en las salidas estándar o también una sobrecarga en la alimentación del sensor de las entradas estándar.
CM.	Modo de configuración. En este caso tenemos al maestro CM 1243-2 en modo de configuración mientras este encendido en verde permanente. Si está apagado informa que está en modo protegido.
CER.	Error de configuración. Encendido en amarillo indica que en la red AS-I un esclavo ha fallado, no está bien direccionado o que no se haya conectado un esclavo que ya se haya configurado en la red.
DIAG.	Diagnóstico. Es el que alerta de algún fallo convirtiéndose en un indicador de estado. Apagado no hay alimentación mediante el bus de comunicación. Mientras se está iniciando el LED es verde parpadeante. El maestro se ha iniciado correctamente cuando el LED es verde permanente. Cuando existe un fallo de configuración, parametrización, falla periferia o una falla interna el LED es rojo parpadeante.

Nota: La tabla da una descripción de cada uno de los LED del maestro AS-i, pudiendo reconocer la acción ejecutada por éste en su interacción con el controlador y los esclavos de la red. Adaptado de (SIEMENS AG, 2011).

El maestro además de servir de interfaz entre el controlador y los esclavos y su configuración, posee funciones de diagnóstico de la red.

2.5.4.1 Modo de funcionamiento.

Como se mencionó anteriormente, la red AS-i se caracteriza por transportar la señal de datos y alimentación por un par de hilos conductores, y que esta técnica es gracias a la robustez una característica de la fuente con desacoplamiento de datos. En esta ocasión valdrá la pena tener una noción de la transmisión de dichos datos a través de la portadora. Sin importar el tipo de estructura de la red (estrella, árbol, lineal), los requerimientos en el transporte de la onda son muy estrictos, debiendo llevar los datos de forma precisa, simple y sin alteración por los niveles de ruido o perturbaciones del sistema. La técnica desarrollada que permite cumplir con todas estas exigencias se denomina APM (Alternating Pulse Modulation) o “Modulación de Pulsos Alternados”. Esta técnica permite la transmisión de la señal a través del cable con una forma sencilla de interpretación para el esclavo, reduciendo la electrónica utilizada y a la vez reflejando bajo costo de construcción. (SMAR Equipamentos Industriais, 2015)

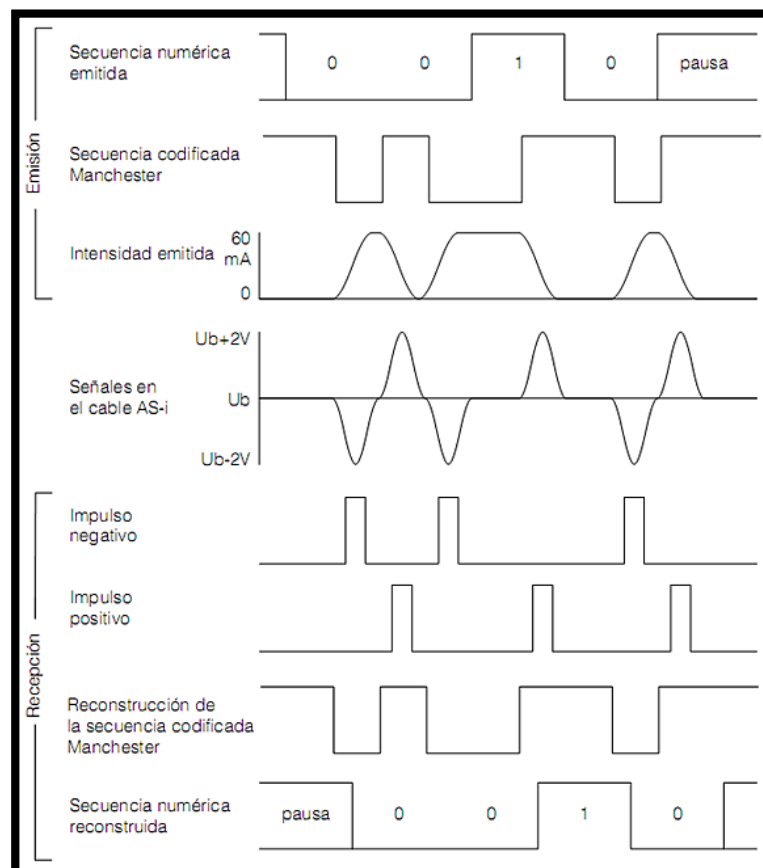


Figura 2.5.6 Modulación de la señal AS-i.

La figura muestra la forma de onda en el proceso de transmisión de las tramas enviadas por el maestro y esclavo en la comunicación de la red AS-i. Facilitado por (Antonio Javier Barragán Piña, 2015).

El maestro envía una solicitud a la red con el fin de monitorear o establecer algún valor a los esclavos y a la vez éste responde de acuerdo a la solicitud. Esto lo hace en cada ciclo, que tiene un periodo de 150us, actualizando las entradas y salidas en un tiempo máximo de 5ms con 31 esclavos (V2.0). Este tiempo disminuye si la red presenta menos esclavos. (Javier Antonio Barragán Piña, 2015)

2.5.4.2 Descripción de interacción en la comunicación.

La forma en que se comunica el maestro con los esclavos, como lo explica (Javier Antonio Barragán Piña, 2015), se desarrolla de la siguiente manera:

Para poder tener un control de forma sencilla rechazando la conexión directa tipo estrella como en los bucles tradicionales, se lograría por la técnica maestro-esclavo con sondeo cíclico. Esto quiere decir que el maestro envía un mensaje o “telegrama” con dirección a ciertos esclavos declarados, y a la vez éstos responden lo solicitado por el maestro en el tiempo determinado. La garantía del envío-respuesta de un telegrama en un tiempo determinado, se denomina “red determinista” y la interacción de mensajes entre maestro-esclavo (solicitud-respuesta) se lo denomina “transacción”.

Una transacción puede representar de la siguiente manera:



Figura 2.5.7 Solicitud del maestro AS-i.

La trama enviada por el maestro consta de 14 bits de datos más 2 de pausa con una duración de 6us cada uno. Adaptado de (Antonio Javier Barragán Piña, 2015).

El maestro envía la solicitud en un total de 14 bits distribuidos como lo indica la **Tabla 2.5.4** en donde se detalla la función de cada bit:

Tabla 2.5.4 Detalle de cada bit de telegrama (maestro).

SB (Start Bit).	Bit de inicio. Su valor siempre es 0.
CB (Control Bit).	Bit de control. 0 = Dirección, parámetros, solicitud de datos. 1 = Comando.
A4 - A0 (Address).	Dirección del esclavo.
I4 - I0 (Information).	Información o cuerpo de la solicitud al esclavo, datos propiamente dichos.
BP (Paridad Bit).	Bit de paridad. El último bit debe ser par
EB (End Bit).	Siempre es 1 e indica el final de la solicitud.

Nota: Se detalla cada parte de la trama de datos enviados por el maestro a los esclavos en un ciclo de transmisión. Información adaptada de (Antonio Javier Barragán Piña, 2015).

Luego de enviar el maestro la solicitud, existe una pausa que comprende de 2 a 4 tiempos de bit como máximo (recordar que el tiempo de bit de 6 μ s). De igual modo existe una pausa luego de la respuesta del esclavo, necesario para que el maestro vuelva a enviar su trama.

El esclavo responde con 7 bits como lo indica la **Figura 2.5.8** con su respectiva **Tabla 2.5.5** de la siguiente manera:

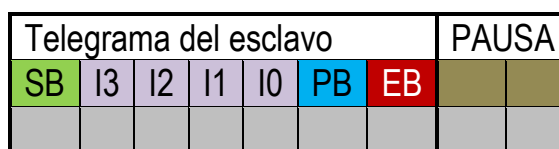


Figura 2.5.8 Solicitud del esclavo AS-i.
La trama enviada por el esclavo consta de 7 bits de datos más 2 de pausa con una duración de 6 μ s cada uno. Adaptado de (Antonio Javier Barragán Piña, 2015).

Tabla 2.5.5 Detalle de cada bit de telegrama (esclavo).

SB (Start Bit).	Inicio de respuesta. Su valor siempre es 0.
I4 - I0 (Information).	Información enviada al maestro.
BP (Paridad Bit).	Bit de paridad. El último bit debe ser par.
EB (End Bit).	Siempre es 1 e indica el final de la respuesta.

Nota: Se detalla cada parte de la trama de datos de respuesta del esclavo en el ciclo de transmisión. Información adaptada de (Antonio Javier Barragán Piña, 2015).

Si consideramos el número total de tiempos de bit en una transacción ideal tendremos: $(14 \text{ [bit/maestro]} + 2 \text{ [bit/pausa]} + 7 \text{ [bit/esclavo]} + 2 \text{ [bit/pausa]}) \times 6 \text{ [us]} = 150 \text{ [us]}$ que equivale al tiempo de transacción. El tiempo que toma la transacción por el número de esclavos nos indicará el tiempo total de cada ciclo: $150 \text{ [us]} \times 31 \text{ [esclavos]} = 4650 \text{ [us]} \approx 5\text{ms}$.

Recordemos que a partir de la versión V2.1 el número de esclavos es el doble, duplicando el tiempo de ciclo a 10ms como máximo. Esta es una de las características importantes de la red AS-i y que le permite detectar errores cuando algún esclavo no responde a tiempo.

El control de las transacciones lo lleva a cabo el control de transmisión, enviando los telegramas generados por el maestro. La petición del control de transmisión puede ser de dos tipos:

- **Transmisión única.** Ésta reporta un error al primer intento cuando no recibe respuesta del esclavo en el tiempo determinado. En este caso no se reenvía el telegrama.
- **Transmisión repetible.** El error se reporta solo cuando ha fallado la segunda vez reenviada.

2.5.5 Descripción del PLC.

En este equipo es donde se procederá a conectar el maestro AS-i. Por medio del programa de configuración de la red, el controlador lógico programable (PLC) reconocerá los esclavos conectados a la red y ejecutará la lógica de lectura y escritura de datos entre las entradas y salidas de los esclavos. El PLC envía las señales a través del maestro AS-i, que es el encargado de la transmisión y recepción de los datos en la red. La siguiente figura y tabla detallan las partes del PLC S7-1200.

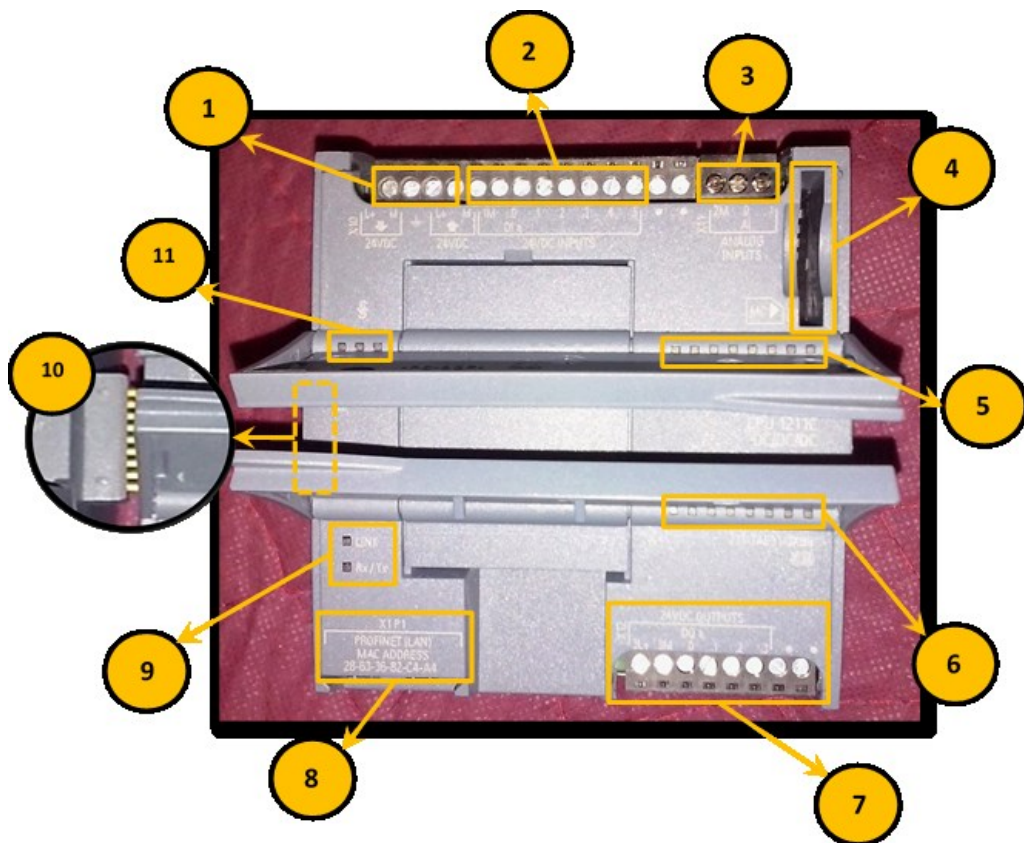


Figura 2.5.9 Controlador programable S7-1200.

Se señalan cada una de las partes del controlador cuya descripción de los numerales lo indica la **Tabla 2.5.6**.

Tabla 2.5.6 Descripción de indicadores de maestro AS-i.

No.	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1.	Borneras de alimentación de 24VDC.	Se realiza la conexión de alimentación de 24 VDC para encender el PLC.
2.	Borneras de entradas digitales [DI].	Se recibe el retorno de la señal (voltaje) desde los sensores, a los cuales se les ha enviado 24VDC desde la fuente y que cierra circuito con la masa de la misma fuente. Este PLC posee embebidas 6 DI comprendidas desde I0.0 hasta I0.6.
3.	Borneras de entrada analógica [AI].	Se dispone de dos entradas analógicas [AI0 y AI1] para conexiones directas al PLC en aplicaciones en que el tiempo de respuesta sea crítico.
4.	Ranura para memory card.	Puede colocarse una Memory Card como tarjeta de transferencia. Esto resulta muy práctico en casos en que sea obligado borrar la memoria interna del controlador sin la necesidad de la intervención del entorno de programación.
5.	Indicadores de entradas activas.	Los indicadores de entradas digitales que señalan cuando está activada o no una de las entradas mediante unos LED de color verde.
6.	Indicador de salidas activas.	Los indicadores de salida se encienden cuando se manda a activar una salida discreta para verificar si el controlador ha enviado el accionamiento de algún dispositivo.
7.	Borneras de salidas digitales [DO].	Se cuenta con 4 salidas a 24VDC que empiezan desde la Q0.0 hasta la Q0.3.
8.	Puerto de comunicación Profinet.	Permite establecer conexión online con el PLC, a la vez de cargar los programas dentro de su memoria interna. Por este puerto podemos configurar el maestro y los esclavos de la red AS-i por medio del entorno de programación (TIA PORTAL).
9.	Indicadores de comunicación Profinet.	Al levantar la tapa inferior y sobre el puerto de comunicación Profinet se encuentran dos LED de comunicación para visualización del estado de conexión.
10.	Slot de comunicación con el maestro AS-i.	En el slot de conexión que tenemos a lado izquierdo podemos realizar nuestra unión con el maestro AS-I CM 1243-2.
11.	Indicador de estado del PLC.	De igual manera que en el maestro AS-i, el PLC posee LED que indicarán el status del controlador.

Nota: Los números indican las partes del controlador S7-1200 señaladas de la Figura 2.5.9. Adaptado de (SIMATIC, 2009).

En la siguiente tabla se detallarán los estados de cada uno de los LED para conocer mejor el estatus del CPU y la comunicación Profinet:

Tabla 2.5.7 Indicadores del PLC s7-1200.

INDICADORES DE CPU.	
RUN/STOP	La luz naranja dice que la CPU está en modo STOP, en verde permanente es porque está en modo RUN y si el LED parpadea entre verde y naranja es porque está inicializando.
ERROR	Cuando hay un error de configuración, error interno de la CPU, error de la Memory Card el LED parpadea en rojo. Si el LED es de color rojo permanente quiere decir que existe un fallo de hardware.
MAINT	Mantenimiento; parpadea cuando se inserta una Memory Card. Si llega a estar encendido permanente es porque existe un mantenimiento solicitado por la CPU.
INDICADOR DE RED PROFINET.	
LINK	Led verde encendido para señalar que la conexión es correcta.
RX/TX	Led amarillo enciende para señalar la transmisión de información al cargar un programa a la CPU.

Nota: La tabla da una descripción de cada uno de los LED del controlador S7-1200, pudiendo reconocer la acción ejecutada por éste en su interacción con el maestro AS-i. Adaptado de (SIMATIC, 2009).

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED AS-I

3.1 Estructura metálica del módulo didáctico.

La primera parte para el ensamblaje de los quipos es la estructura sobre la cual reposarán los elementos del módulo.

El módulo fue construido en partes individuales de acero inoxidable que luego se armaron dando la forma final. En la **Figura 3.1.1** se muestra las medidas del módulo didáctico.

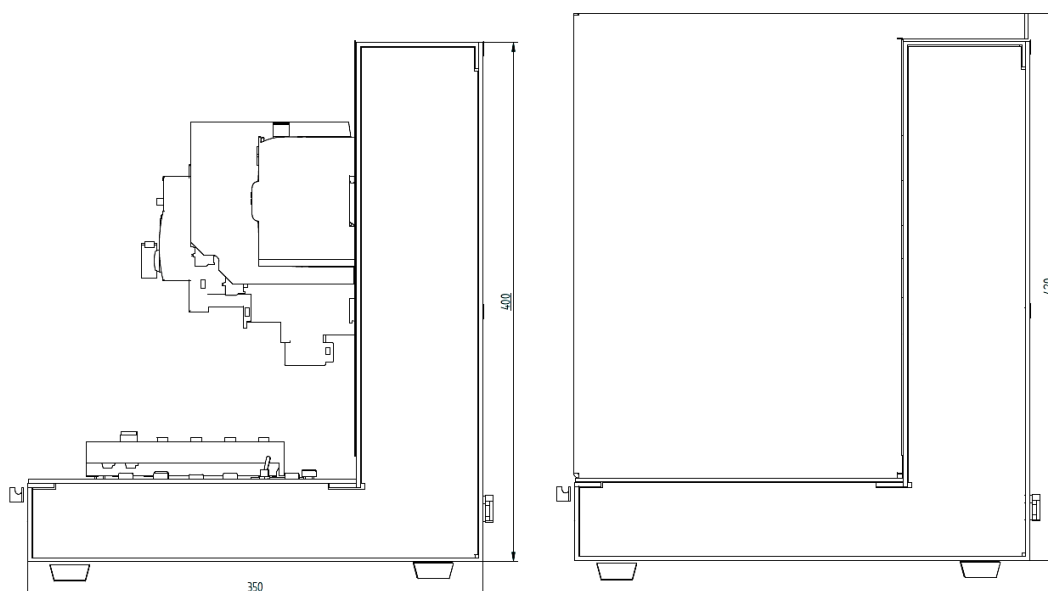


Figura 3.1.1 Medidas del módulo didáctico.

Se presentan las medidas del módulo en 2D desde una vista lateral; a la derecha sin los elementos y a izquierda con los elementos montados sobre la estructura.

La siguiente figura presenta el módulo en perspectiva, donde se aprecia la ubicación de los elementos (derecha) y la estructura con la cubierta o tapa (derecha).

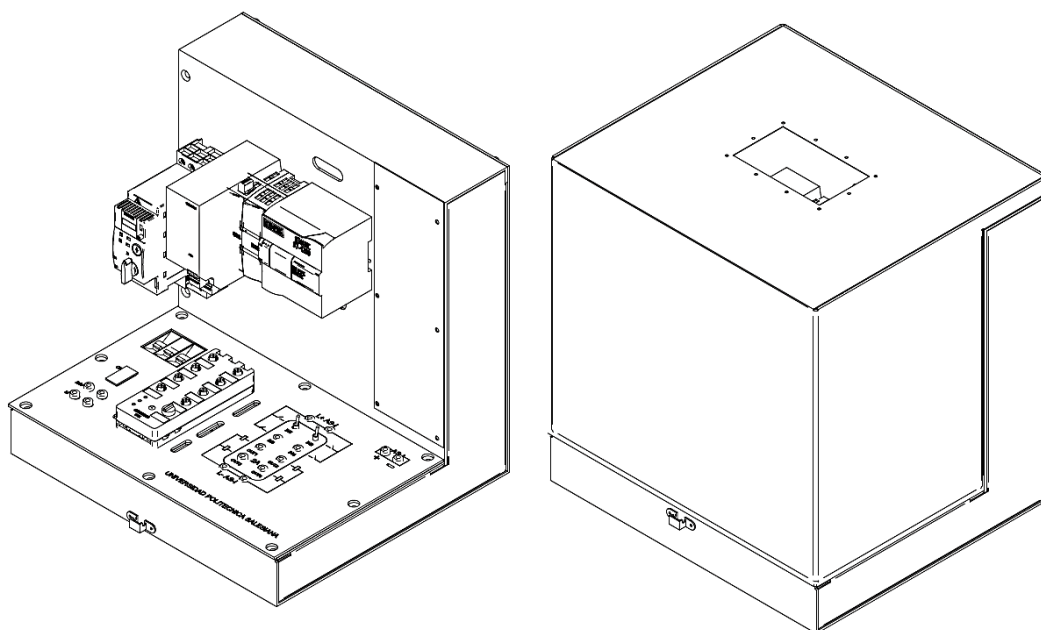


Figura 3.1.2 Perspectiva del módulo didáctico.
Módulo didáctico en perspectiva isométrica; a la derecha el módulo con tapa y a la izquierda sin tapa.



Figura 3.1.3 Construcción de piezas del módulo didáctico.
Puede apreciarse el proceso de construcción del módulo, el cual fue elaborado en partes que luego fueron ensambladas para formar la estructura final.

3.2 Montajes de Equipos.

En conjunto con todos los esclavos, el maestro AS-I y la respectiva fuente, se procedió a realizar una de las diferentes topologías existentes, que en este caso tenemos la topología de BUS. Por medio de esta red fue muy rápida la conexión, en la cual dos de los esclavos poseen una base para ponchar el cable auto cicatrizante, haciendo más rápida y sencilla la instalación de maleta didáctica. A continuación le presentamos como está elaborada la red AS-i del proyecto.

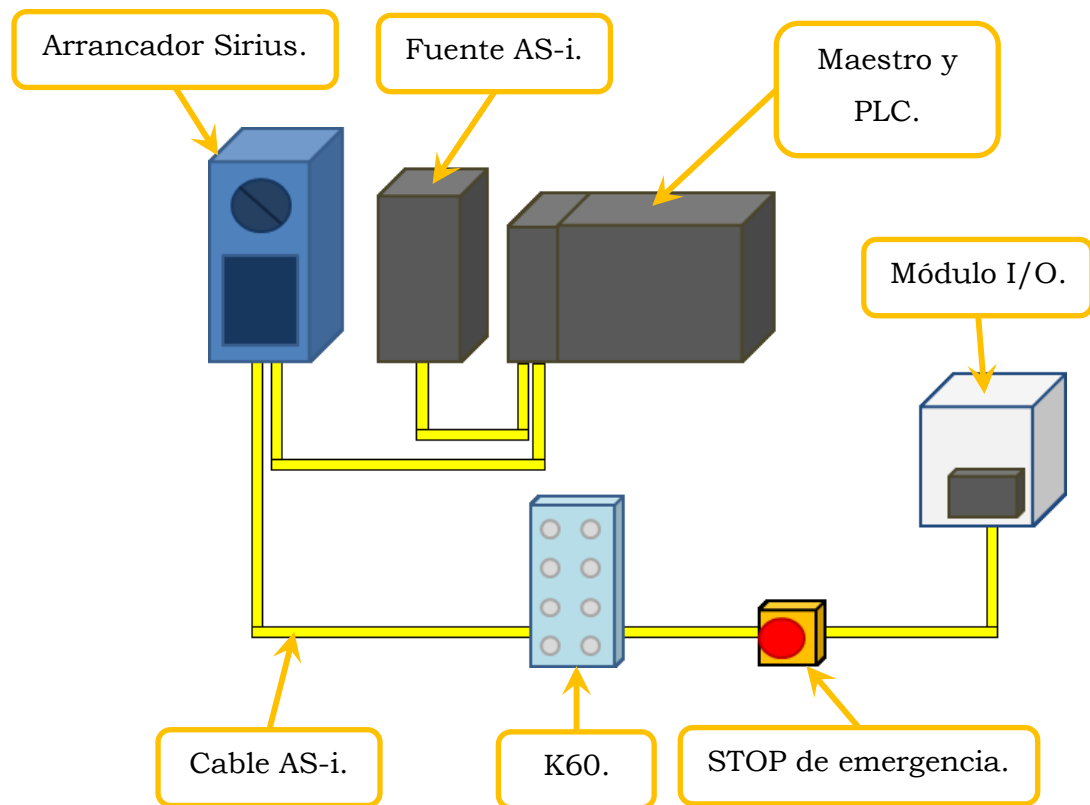


Figura 3.2.1 Elaboración de red AS-i.

El esquema mostrado señala los elementos que conforman la red AS-i del módulo didáctico.

3.3 Cableado de Equipos.

Uno de los elementos que presentes respecto al armado y cableado es el módulo de comunicación AS-Interface para montaje en circuito impreso, en donde se tuvo que elaborar un circuito impreso para montar el módulo y a la vez conectar sus cuatro entradas, cuatro salidas, alimentación AS-i para la comunicación y la conexión de 24VDC auxiliar para interactuar sus salidas y sus entradas.

Este módulo está conformado por 18 pines de los cuales se han adaptado a la tarjeta de circuito impreso una regleta de conexiones con la misma cantidad de pines y así tener la facilidad de poder colocar o extraer de una forma rápida y sencilla el módulo AS-i para su manipulación. Además se colocaron borneras para la conexión de las entradas y salidas.

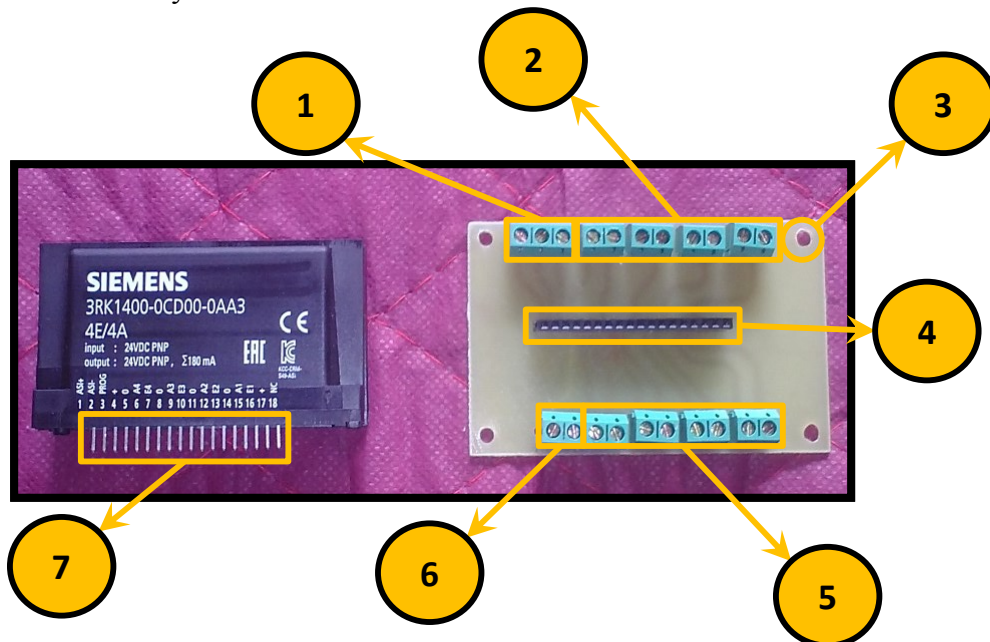


Figura 3.2.2 Partes del circuito impreso.

La figura muestra el módulo AS-i para circuito impreso (izquierda) junto con el circuito (derecha) en el cual se adaptará y permitirá la conexión de las entradas y salidas convencionales.

En la parte izquierda tenemos al módulo pasivo de entradas y salidas digitales adaptables a la circuitería electrónica de diseño independiente; al lado derecho tenemos la tarjeta donde colocaremos la tarjeta AS-i. La **Tabla 3.2.1** indica cada una de las partes señaladas.

Tabla 3.2.1 Descripción de indicadores de maestro AS-i.

No.	ELEMENTO
1.	Borneras para alimentación de la red AS-I.
2.	Borneras para las cuatro entradas.
3.	Perforación para sujetar tarjeta.
4.	Regleta de conexiones para el módulo de circuito impreso.
5.	Borneras para conexión de salidas de la tarjeta.
6.	Alimentación auxiliar 24VDC.
7.	Pines de conexión de tarjeta.

Nota: Los números indican las partes de la tarjeta que permitirá la interconexión de E/S con el módulo AS-i para circuito impreso.

Una vez realizada la tarjeta impresa con borneras del módulo de comunicación AS-i se procede a la instalación completa dentro de una caja con tapa transparente que permite tener visibilidad del módulo desde la parte externa con sus respectivas conexiones en donde tenemos pulsadores y luces piloto para pruebas. En esta caja se realizaron perforaciones para instalar los conectores banana externos, en los cuales soldamos en un extremo los cables y en el otro extremo se colocaron terminales tipo puntera; luego se procedió a ajustar los cables con un pequeño destornillador. De esta manera quedó listo el bloque de pulsadores para las pruebas.

La **Figura 3.2.3** con la **Tabla 3.2.2** dan detalle de la caja con los elementos y el módulo I/O AS-i.

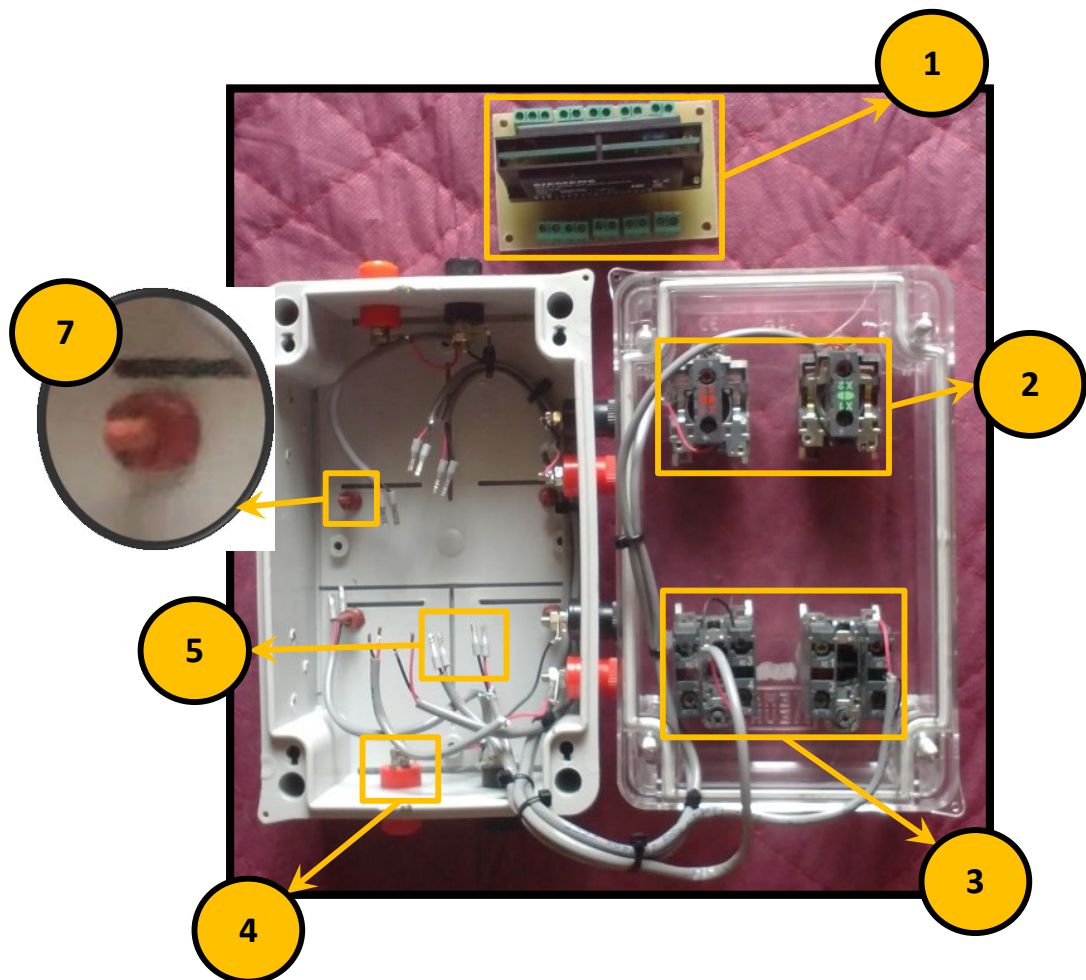


Figura 3.2.3 Montaje del módulo en la caja plástica.
Se señalan cada una de las partes y elementos empleados para la construcción de la caja botonera sobre la cual se colocará el módulo AS-i para circuito impreso.

Tabla 3.2.2 Detalle de montaje de circuito impreso.

No.	ELEMENTO
1.	Tarjeta de circuito impreso.
2.	Luces piloto.
3.	Pulsadores.
4.	Conectores (hembra) de salidas de la caja.
5.	Punteras de conexión.
6.	Bases para sostener la caja.

Nota: Los números indican las partes señaladas en la Figura 3.2.3 de la caja para adaptar el módulo AS-i para circuito impreso.

En el procedimiento de cableado y ajuste de equipos para dejar preparado el módulo didáctico y que permita realizar las pruebas de comunicación de red AS-Interface, se siguieron los siguientes pasos:

1. Instalación de porta fusibles. Se requirió de un pedazo de riel DIN de unos 6 cm y dos remaches, donde se colocaron desde la parte externa y así evitar que se vean los remaches sobresalidos para sostener los portafusibles. Se requirieron en total 3 portafusibles: uno para alimentar la entrada de la fuente, el segundo para la salida de 24VDC para fuente AS-i y PLC, y el tercer fusible para los auxiliares de los elementos K60, arrancador y salida auxiliar de la maleta.

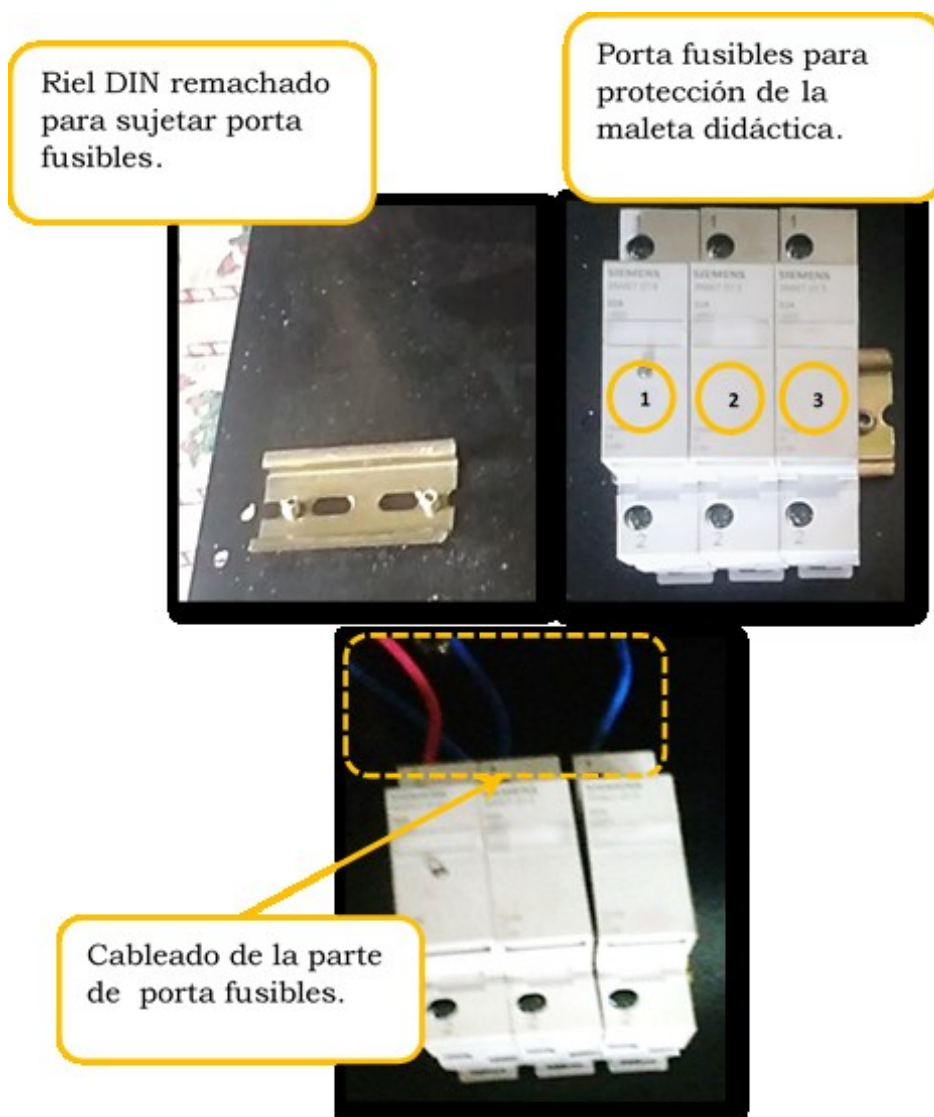


Figura 3.2.4 Montaje y cableado de porta fusibles. Aquí se observa la colocación del riel DIN y el montaje de los porta-fusibles correspondientes a las entradas y salidas de alimentación.

2. A continuación tenemos la instalación de cada uno de los conectores banana, donde presentamos perforaciones, conectores, instalación de conectores con tuercas y cableado de los mismos. Este cableado va hacia las cuatro entradas y cuatro salidas del AS-i K60, en donde se colocaron terminales de enchufe en los cables para acoplar en cada conector.

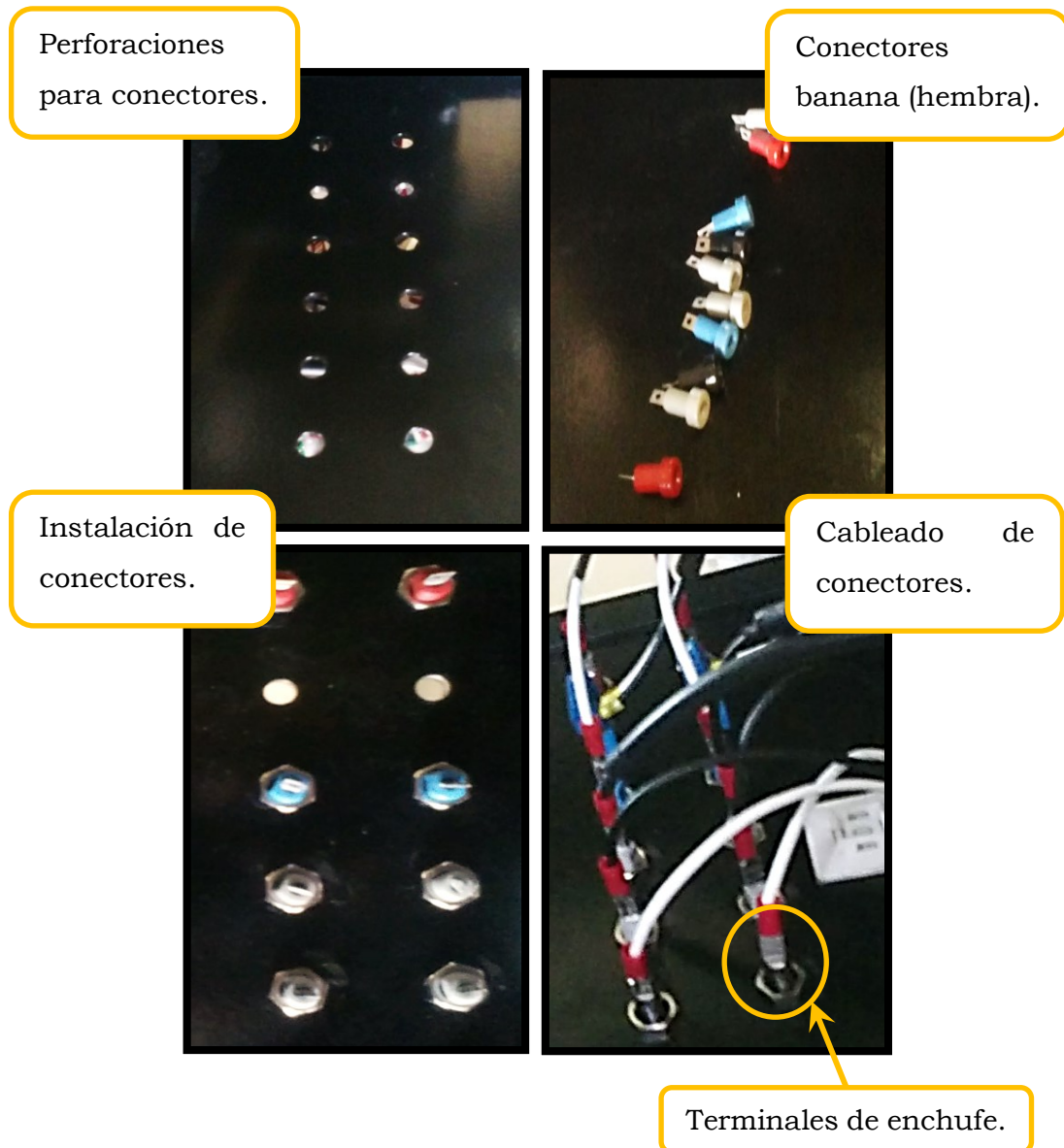


Figura 3.2.5 Montaje de conectores para salidas del módulo K60. Se puede observar la perforación de la estructura e instalación de los conectores hembra.

3. Instalación del módulo AS-i K60. Aquí se requirió asegurar bien la base para instalar el módulo, cablear, ponchar el cable y tenerlo listo para poder realizar las conexiones de las cuatro entradas y cuatro salidas. Para ello la base del módulo K60 fue fijada con dos remaches, luego se traspasaron los cables autocicatrizantes, tanto el amarillo de red AS-i y el negro de los 24VDC auxiliar, por el canal de fijación. Una vez pasados los cables se procedió a instalar el módulo K60 asegurándolo con el tornillo y, finalmente instalar los conectores de entrada y salida, enroscándolos de manera sencilla.

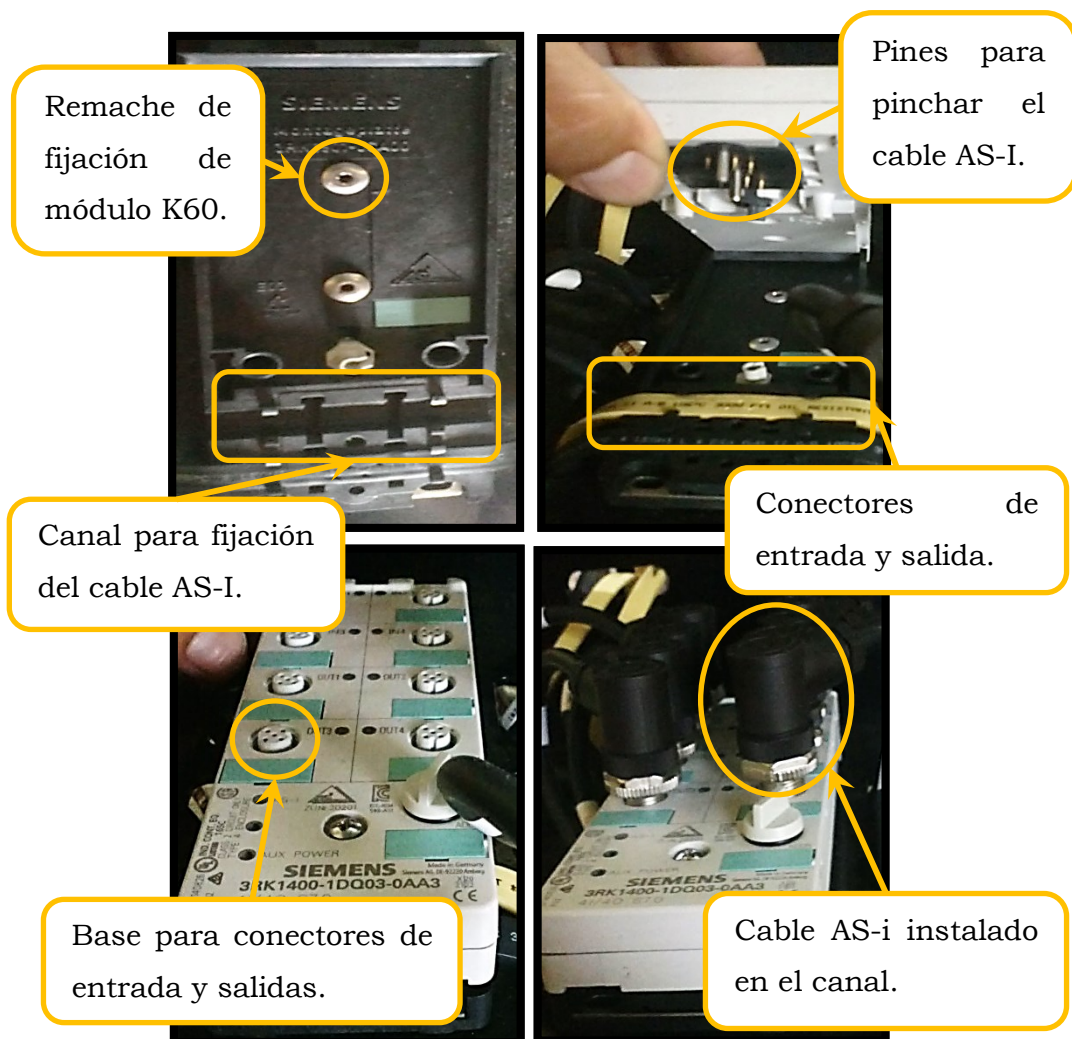


Figura 3.2.6 Montaje del módulo K60.

Puede apreciarse el montaje del módulo en la estructura, la conexión del cable del red y la conexión de los cables de las entradas y salidas.

4. En la parte frontal se estacionan el PLC, maestro AS-i, fuente AS-i, y arranacador. Estos elementos son colocados mediante un segmento de riel DIN de 26 cm, asegurándola con remaches. Luego de colocar los componentes, uno de los primeros puntos es acoplar el maestro AS-i con el PLC, realizándolo de una forma sencilla y rápida con el slot del PLC que posee unas guías para esta tarea. Cada uno de estos dispositivos poseen clavijas para ser asegurados en el riel DIN.

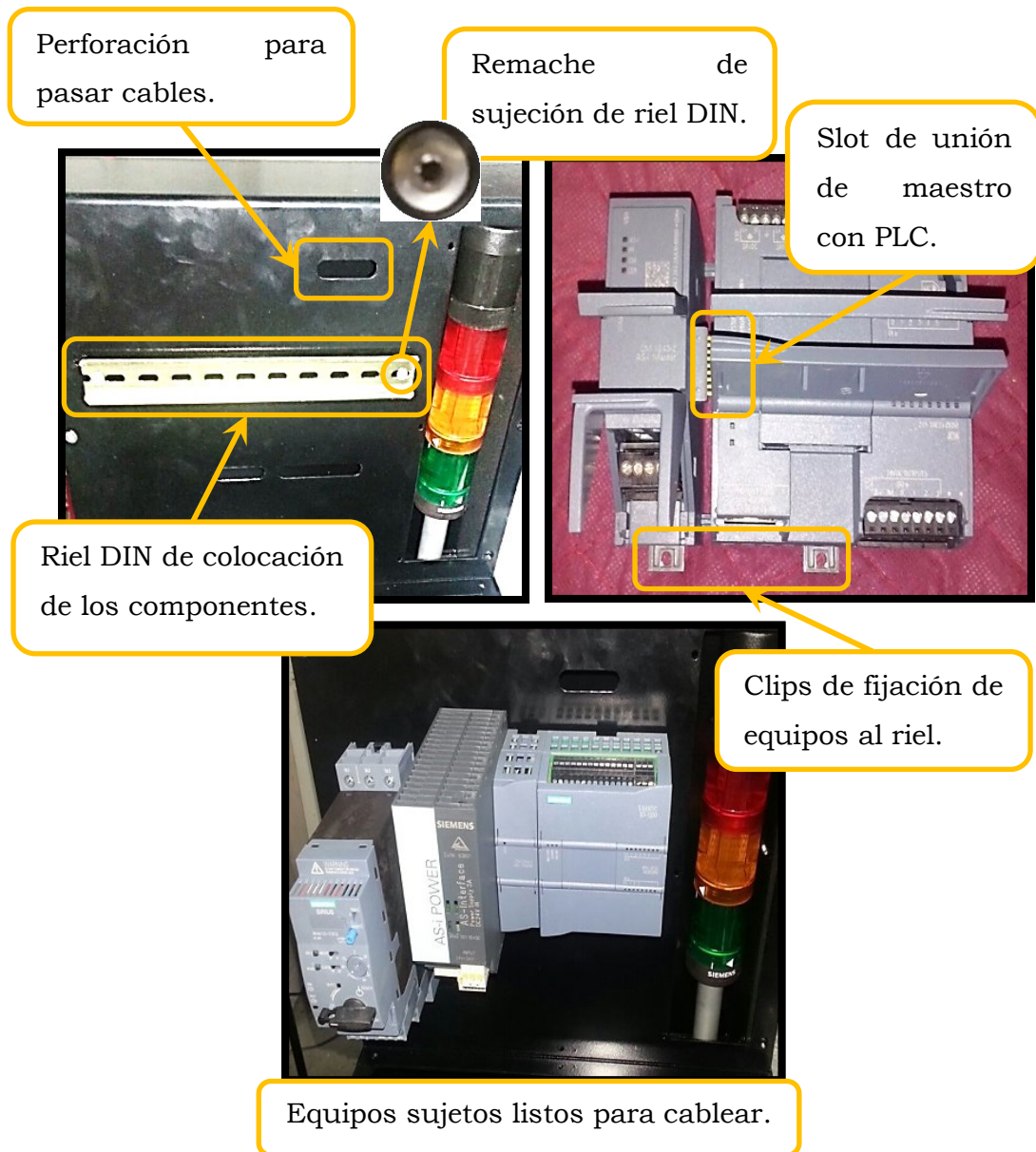
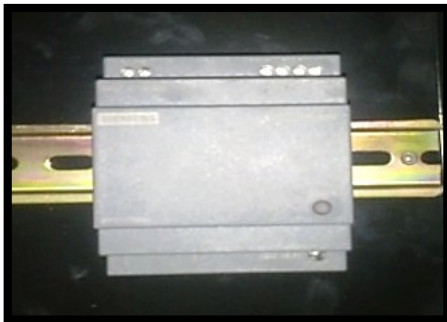


Figura 3.2.7 Montaje de equipos parte frontal.
Se observa la adaptación del maestro con el PLC la colocación de la fuente para la red AS-i.

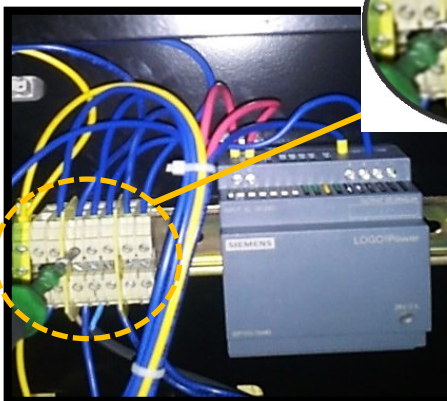
5. A continuación instalación de la fuente auxiliar de 24VDC y sus conexiones mediante borneras para la distribución del tablero didáctico Para ello se colocó un riel de 26 cm aprovechando el remache que utilizamos en el riel del PLC y los otros componentes. Ambos rieles se juntan con el mismo remache, colocando la fuente de 24VDC en su riel. El cableado se realizó por medio de borneras para la distribución por todo el módulo. La alimentación de suministro de la fuente atraviesa los fusibles de protección y asimismo la salida de la misma pasa por otros dos fusibles para llegar a las borneras de distribución de 24VDC.



Fuente auxiliar de 24VDC preparada para ser cableada montada sobre el riel DIN.



Cableado de la fuente: cable rojo alimentación de entrada, azul salida 24VDC.



- Conexión de tierra.
- Salida positiva 24VDC para auxiliar de elementos.
- Salida negativa para auxiliar de elementos.
- Salida positiva 2VDC para fuente AS-I y PLC.

Figura 3.2.8 Montaje de fuente y borneras para distribución de 24VDC.

6. Instalación del switch ON/OFF de encendido. Este switch es el que permite el encendido de los componentes. Aquí llega el suministro de 110VAC desde el conector de entrada, donde va a uno de los fusibles hasta llegar a la fuente auxiliar de 24VDC. Consta de tres terminales y una luz piloto interna que indica que la maleta está energizada. El switch entra a presión sin necesidad de estar sujetado con pernos, permitiendo ser muy fácil de instalar.

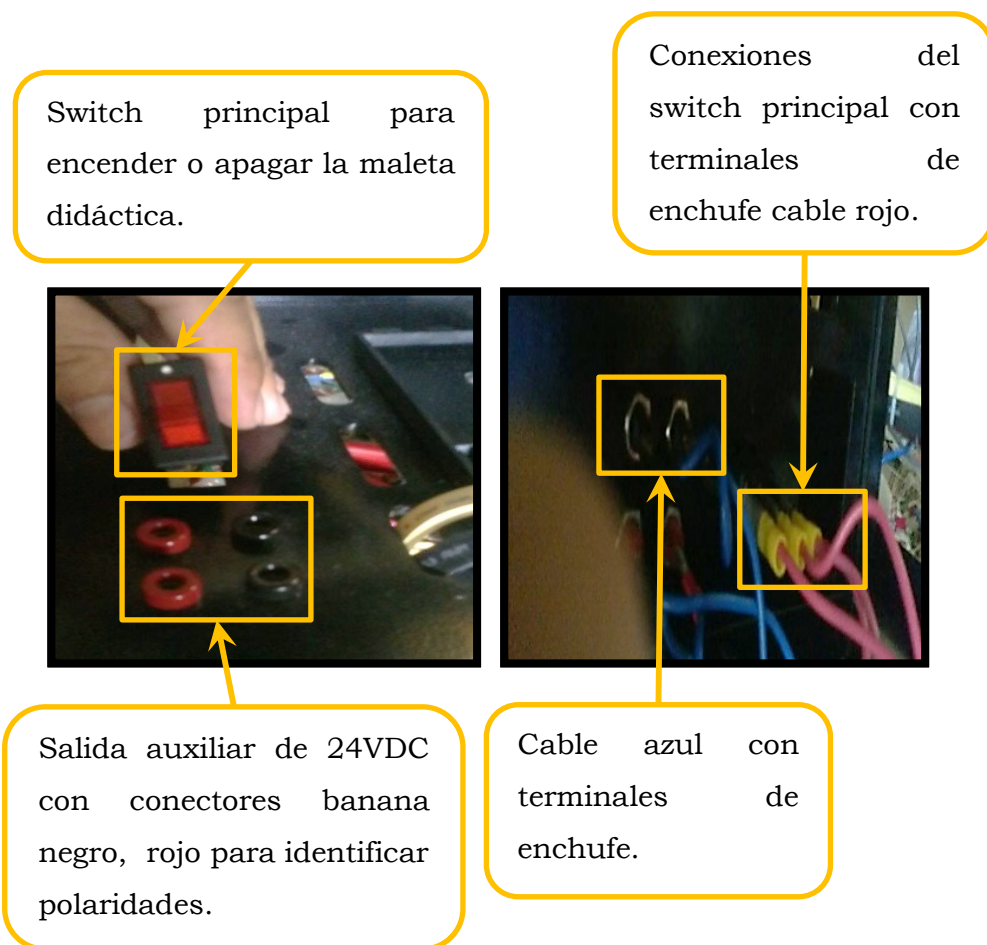


Figura 3.2.9 Montaje y cableado de switch principal.

7. Conexión de baliza, ubicada en la parte derecha 'interna' del módulo didáctico. Se colocó un segmento de acrílico transparente de 32cm de alto y 11cm de ancho para tener visibilidad del elemento, sujetándola con 6 pernos y tuercas. La baliza está formada de cuatro partes: la primera es de iluminación verde, segunda iluminación amarilla, tercera iluminación rojo y la cuarta es una sirena (viéndola de abajo hacia arriba). Para la conexión contamos con cinco terminales, un común y cuatro señales que van hacia unos conectores (hembra) colocados en el acrílico, desde los cuales se realizarán las conexiones por medio de cables con conectores banana.

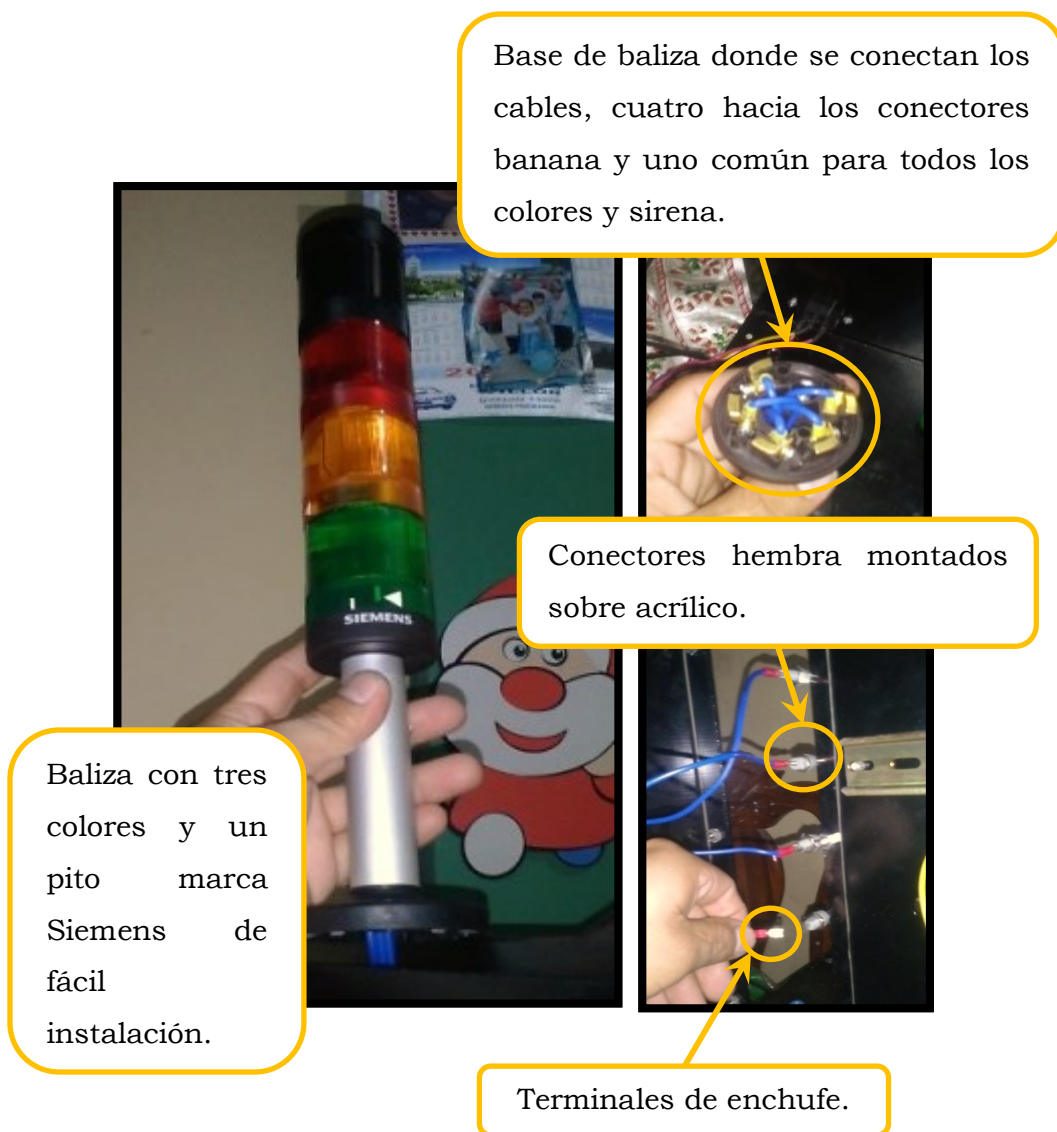


Figura 3.2.10 Montaje y conexión de baliza.
Se señalan los conectores hembra para plug banana a las luces de la baliza

8. Una vez realizadas las conexiones completas tanto la parte de control como la parte de la red AS-i se procedió a acomodar los cables sujetándolos con amarras plásticas para mantener el orden del interior del módulo.

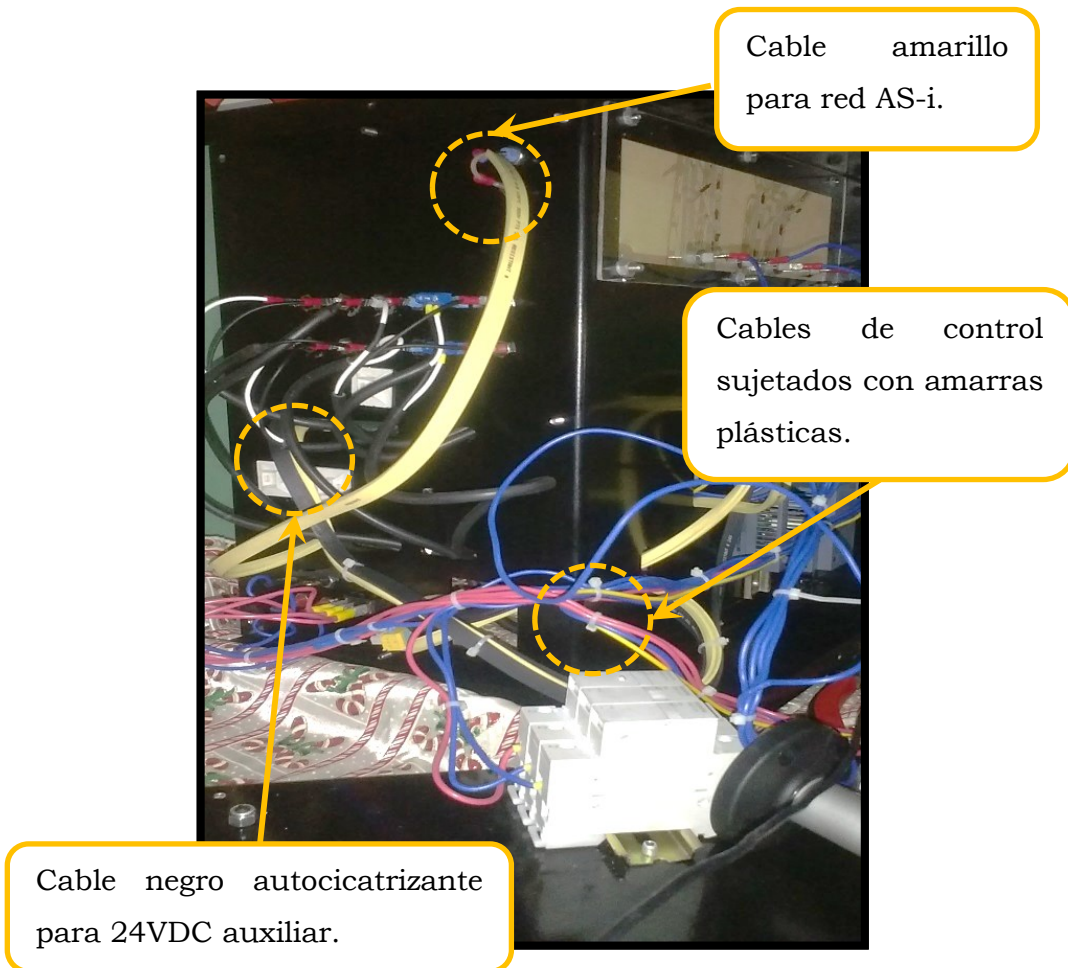


Figura 3.2.11 Cableado interno del módulo.

9. En seguida de las conexiones internas procedemos a la puesta de topes del módulo para asentar; adicionalmente acoplamos las partes, colocar los tornillos y unir la estructura.

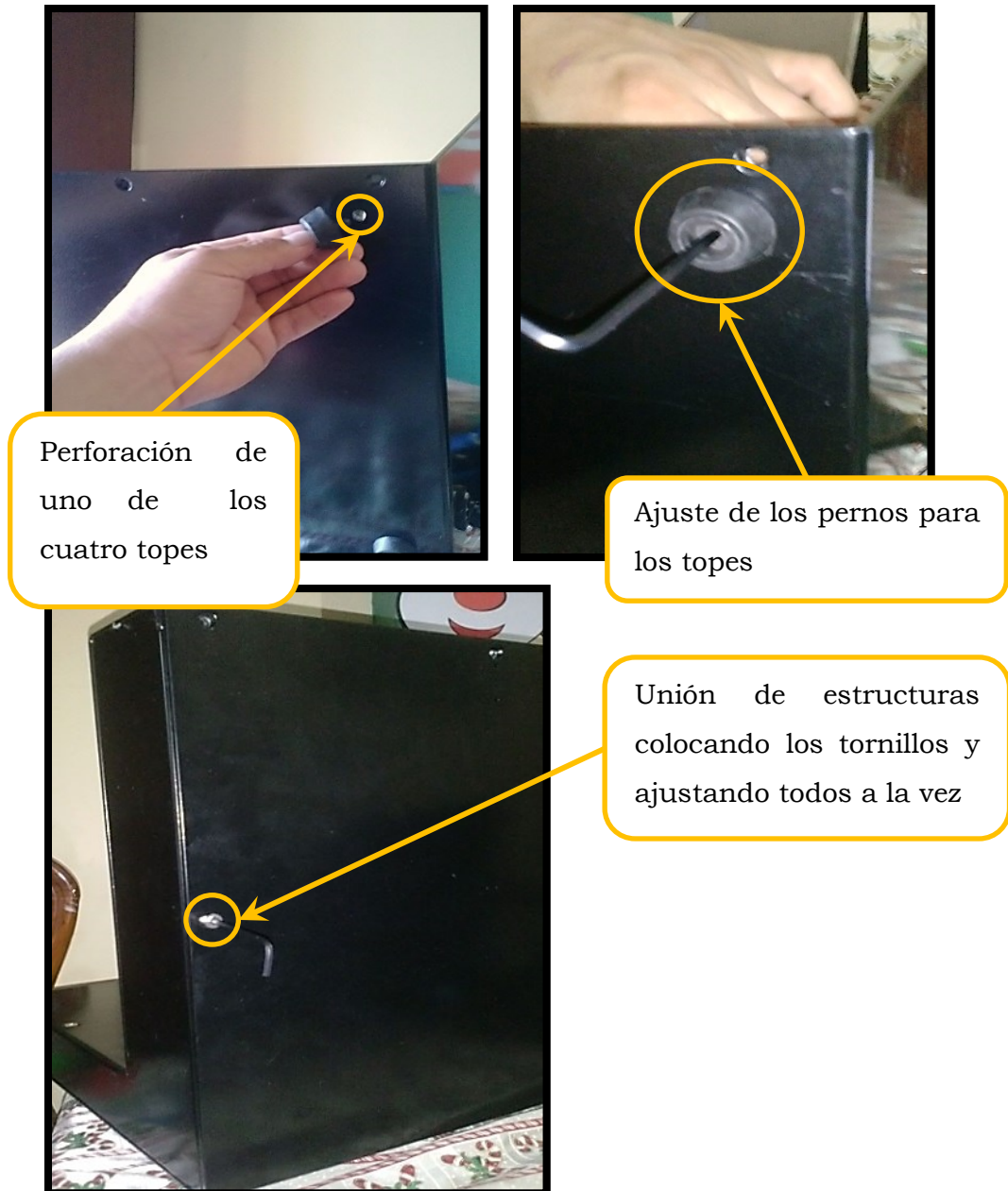


Figura 3.2.12 Montaje de topes y cierre de la estructura.
Se observa las partes de la estructura ya armada en su etapa final de ensamblaje.

10. Una vez unida las partes de la estructura procedemos a realizar las últimas conexiones externas como lo son el control y la conexión de la comunicación de la red AS-i.

Montajes de los equipos listos para cablear



Cableado del maestro AS-I que viene de la fuente AS-i



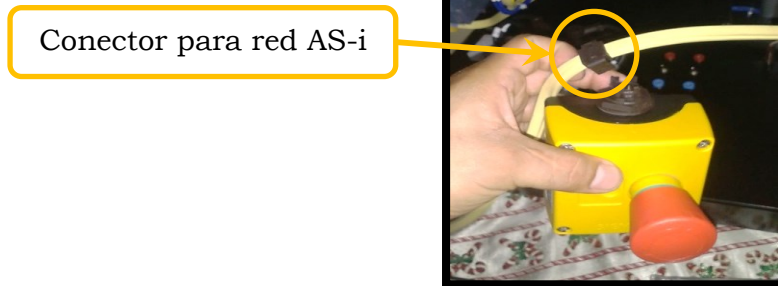
La fuente AS-I y arrancador vienen con socket fácil de conectar



Cableado de la alimentación del PLC

Figura 3.2.13 Cableado de equipos parte frontal. Colocación del PLC, maestro, fuente de poder y conexión del cable de red AS-i.

11. Por último, como parte del procedimiento de ensamblaje tenemos que ponchar el cable del esclavo STOP de emergencia, el cual posee un socket especial para el cable amarillo AS-i, logrando una instalación muy sencilla y rápida, sin confundirse gracias a las guías de conexión del mismo.



Frente de módulo didáctico ya terminado listo para realizar pruebas



Figura 3.2.14 Montaje de STOP de emergencia y módulo terminado.

3.4 Pruebas de comunicación

3.4.1 Introducción al TIA Portal V12.

El software TIA Portal V12 es un conjunto de herramientas compatibles con controladores Siemens, así como componentes HMI, sistemas PC, que ofrece programación de controladores, configuración de dispositivos con el editor de HMI. Mediante este software podremos programar el PLC S7-1200 y configurar los dispositivos a utilizar en el levantamiento de red de comunicación AS-i.

Inicialmente procedemos a abrir el programa STEP7 TIA Portal V12 en donde seleccionaremos con solo un click el tipo de vista, que pueden la ser vista del proyecto o la vista del portal. En este caso utilizamos la ‘vista del proyecto’ y consecuentemente hacemos click en CREAR PROYECTO, donde el entorno de la programación permitirá visualizar algunos menús útiles para la programación.

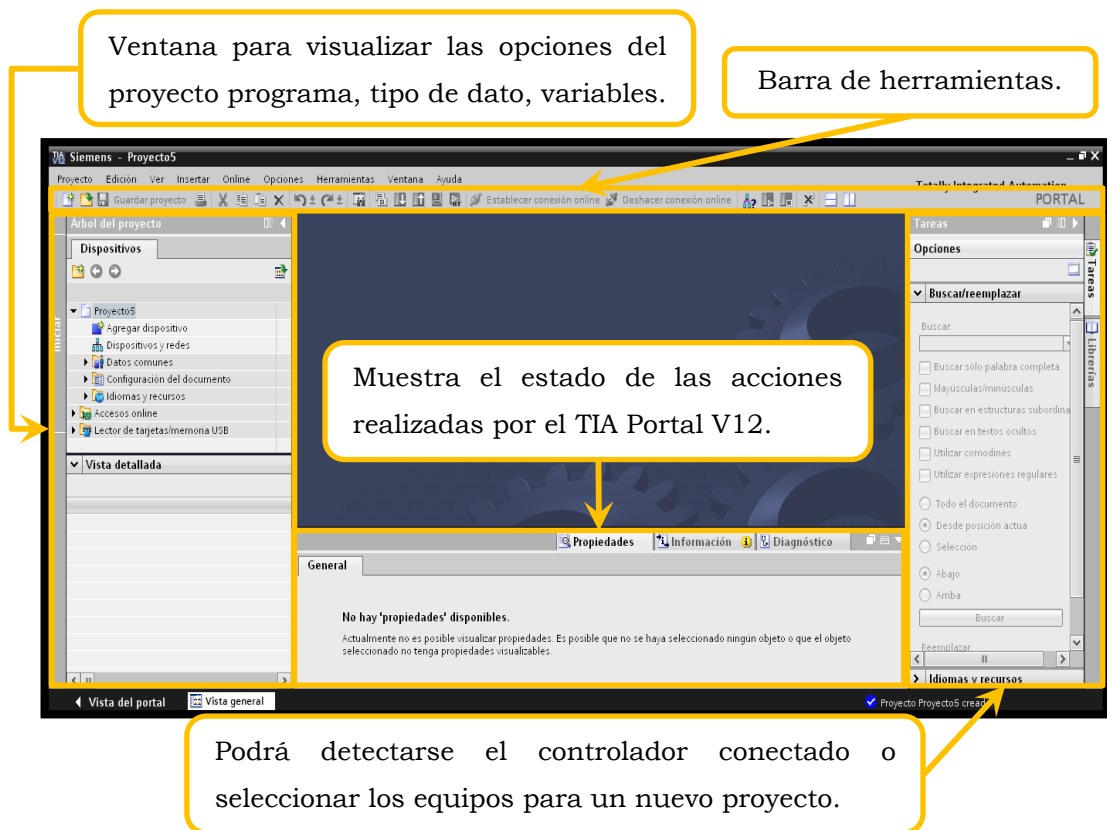


Figura 3.2.15 Menús útiles para programación.

La pantalla principal del programa TIA Portal (V12) con sus partes partes básicas para la programación.

3.4.2 Creación de un proyecto nuevo

Para empezar nos dirigimos a nuevo proyecto donde escribimos el nombre del proyecto y consecuentemente se hace click en CREAR, desplazándose a una nueva pantalla con todos los componentes y poder ingresar fácilmente a todas las áreas del proyecto. Como no tenemos nada creado, el siguiente paso dentro del programa es seleccionar AGREGAR DISPOSITIVOS abriéndose una pantalla en la cual seleccionamos la CPU del módulo didáctico con la referencia respectiva.

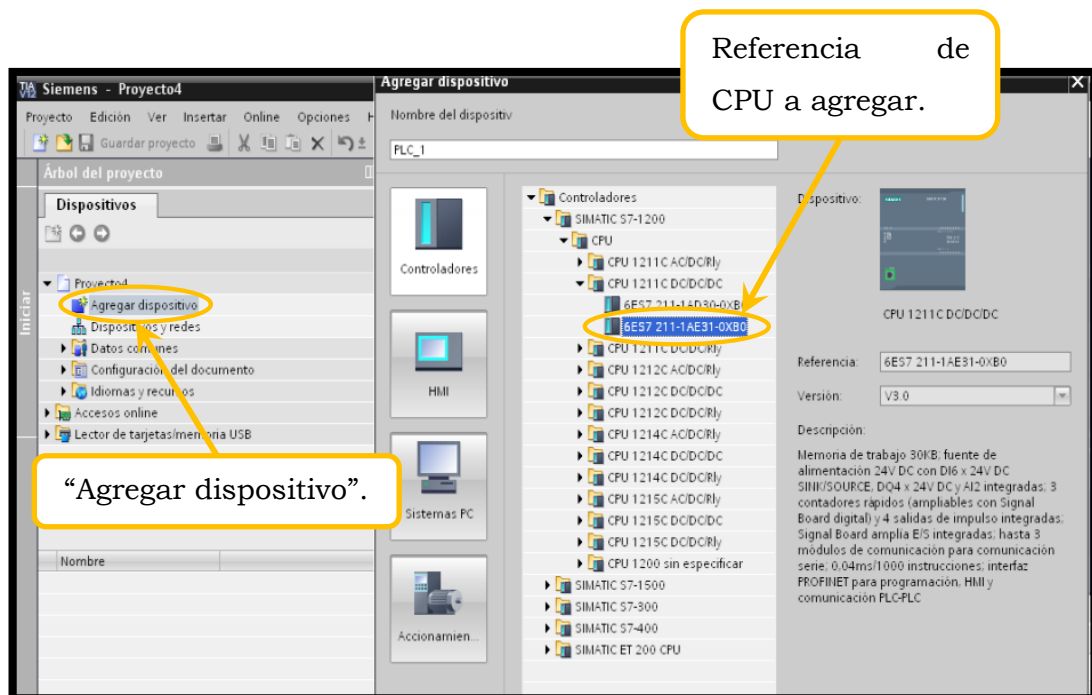


Figura 3.2.16 Agregar controlador.

En la pantalla del TIA Portal se selecciona la CPU según el código de catálogo.

Presionamos en la tecla Aceptar y automáticamente se crean la CPU y el rack en vista de dispositivos. Luego de esto nos dirigimos al CATÁLOGO DE HARDWARE, MODULOS DE COMUNICACIÓN y seleccionamos el AS-i CM 1243-2, lo arrastramos hasta el rack del S7-1200 y listo, ya tenemos el maestro conectado con la CPU como se muestra en la **Figura 3.2.17**.

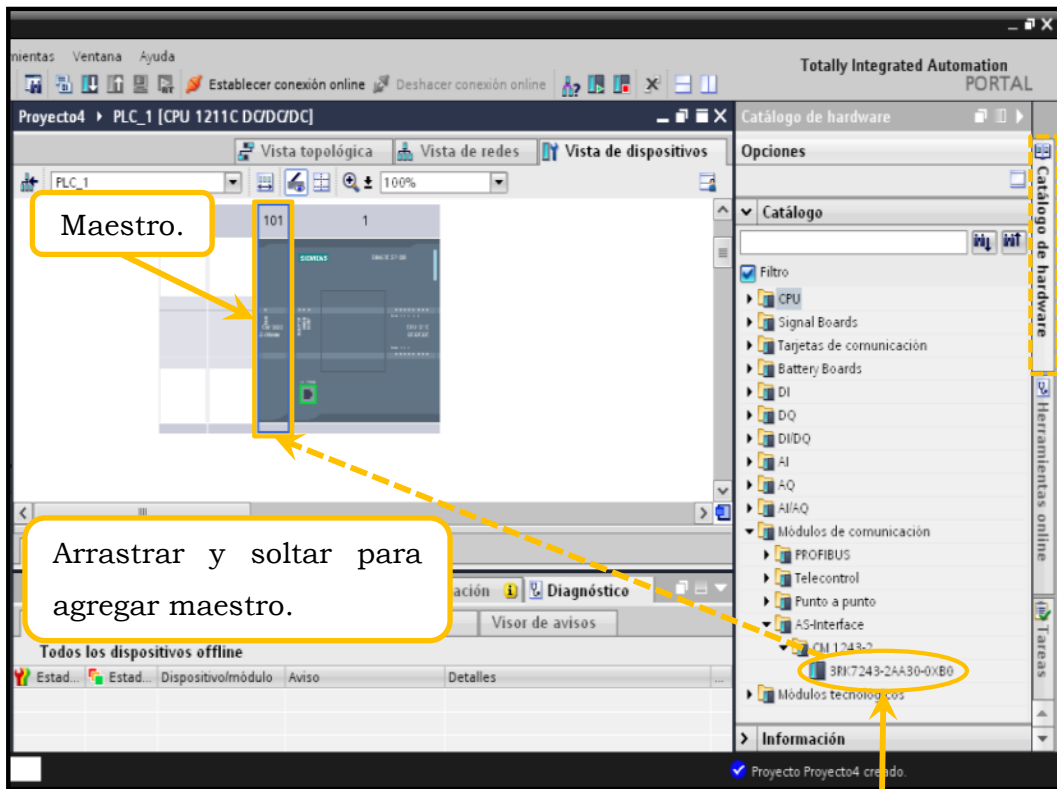


Figura 3.2.17 Agregar Maestro AS-i.

Luego de seleccionar el maestro AS-i, se arrastra al lado de la CPU para ser agregado a la configuración de hardware.

Una vez agregado el PLC con el maestro AS-i, vamos a la vista de redes para proceder a seleccionar uno a uno los esclavos en DISPOSITIVOS DE CAMPO, y el menú ESCLAVOS AS-Interface se despliega una serie de dispositivos de mando y señalización, módulos de entrada y salida, dispositivos de maniobra, etc., y de los cuales seleccionamos los incluidos en la preparación de la red, como son: módulo K60 de 4 entradas y cuatro salidas, ASi-safe paro de emergencia, Arrancador AS-i y el módulo de 4 entradas y cuatro salidas con conexión AS-i. Una vez encontrados, seleccionamos y arrastramos cada elemento como se muestra a continuación:

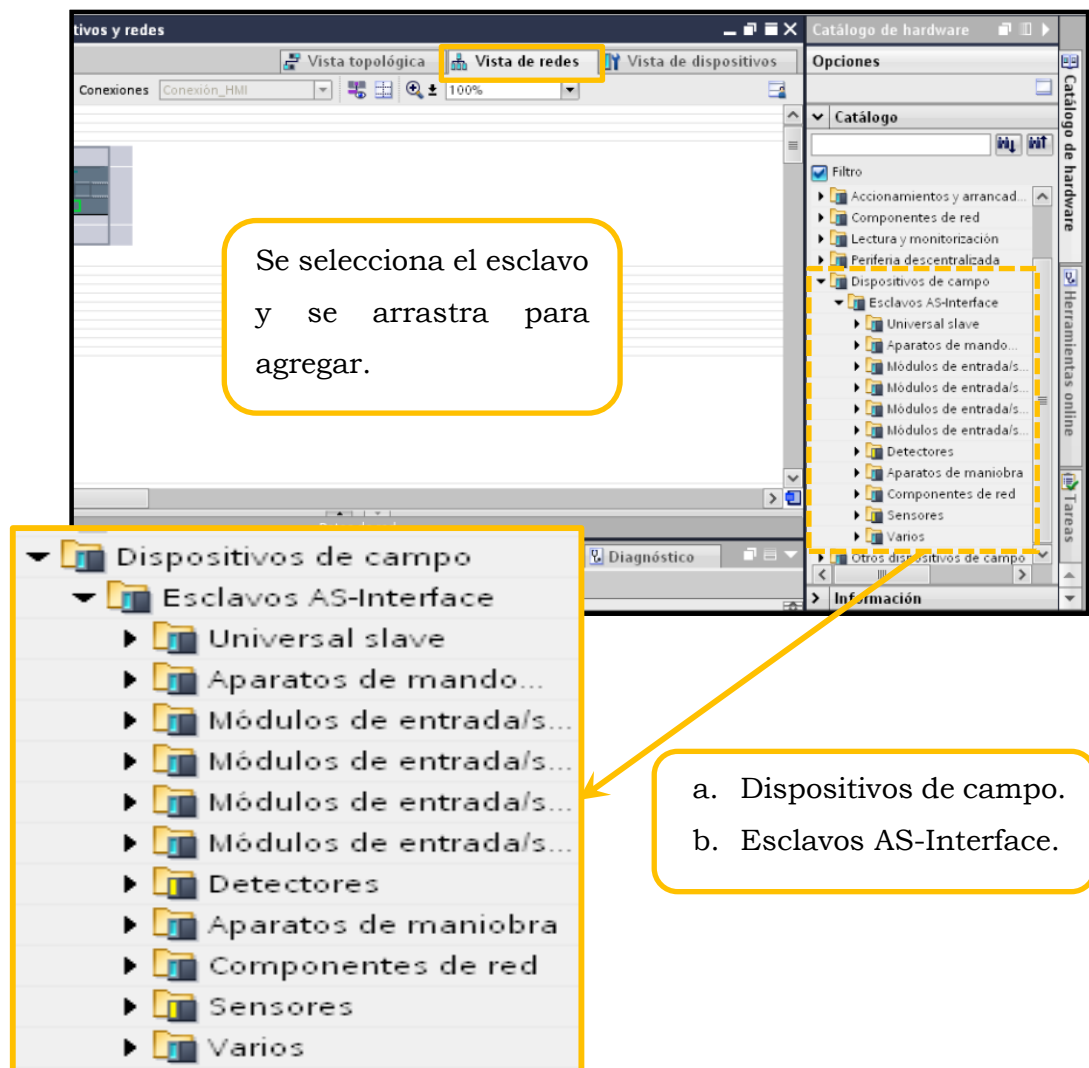


Figura 3.2.18 Agregar esclavos.

En el catálogo, ubicado en la parte derecha de la pantalla, se buscan los esclavos que deben agregarse, arrastrándolos a la pantalla de la configuración de red.

Ya seleccionados los esclavos en la vista de redes, se tiene la visualización de todos los elementos que conforman la red AS-i del módulo didáctico, como se muestra en la **Figura 3.2.19**.

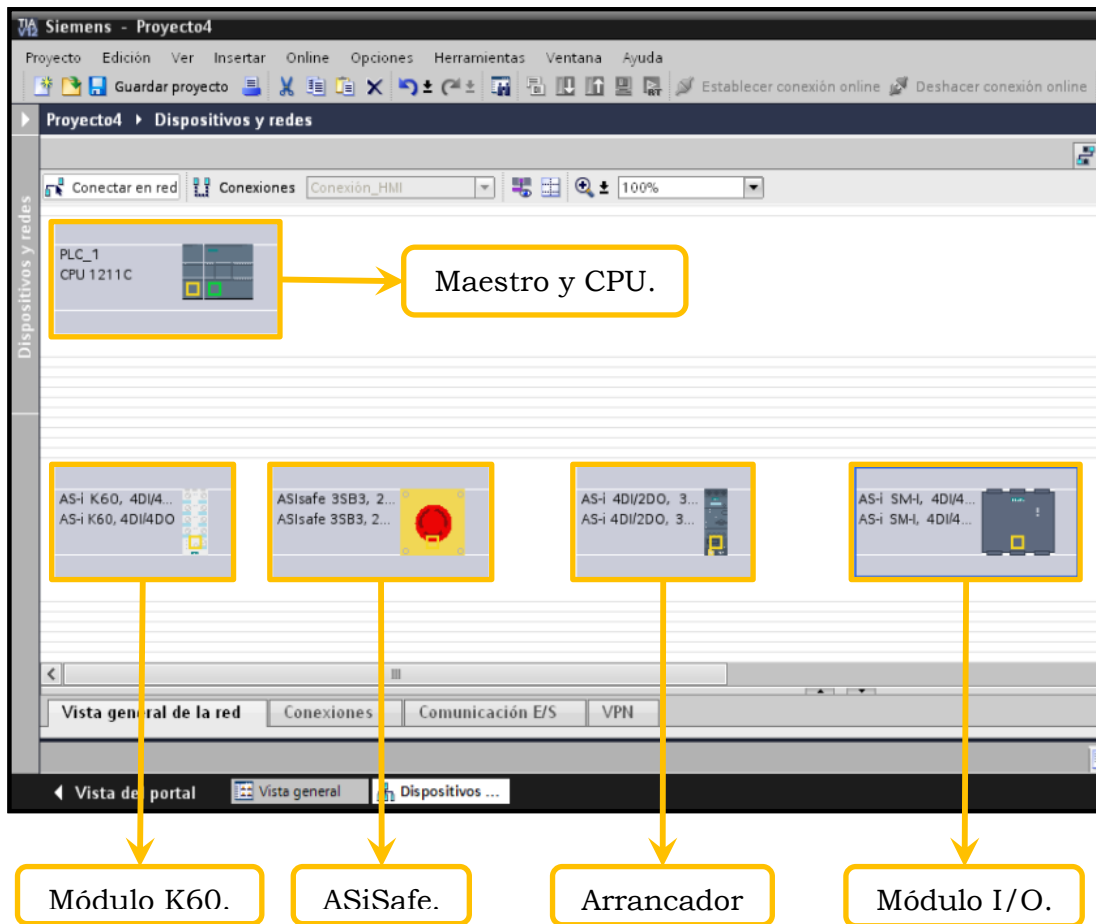


Figura 3.2.19 Esclavos agregados en vista de redes.

Pantalla de dispositivos y redes con el controlador, maestro y esclavos que conforman la red del módulo didáctico.

El siguiente paso es agregar a la red cada elemento, uniéndolos por medio del cuadro amarillo que aparece en cada uno. Al unir cada esclavo con el maestro, el programa automáticamente le designa una dirección por esclavo sin repetirse; en el ícono de MOSTRAR DIRECCIÓN podemos observar la dirección que le ha asignado el programa a los elementos.

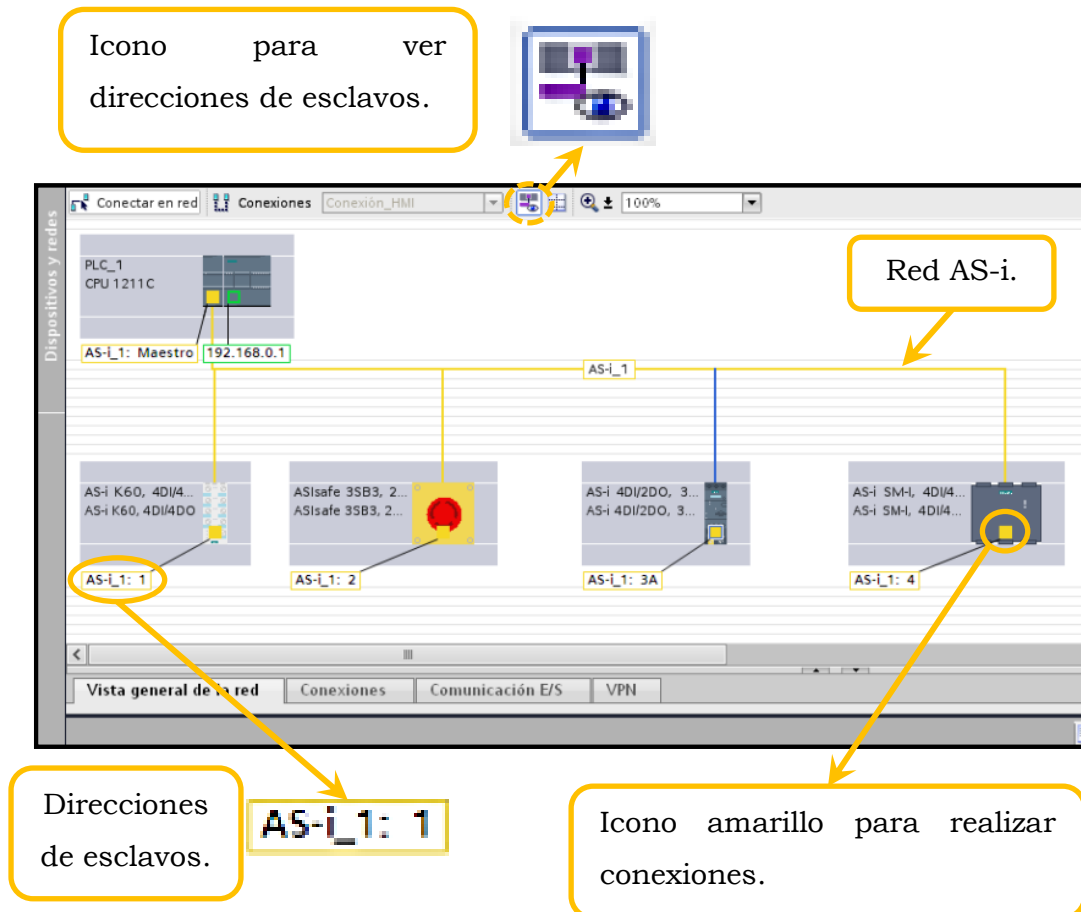


Figura 3.2.20 Configuración de red AS-i.

Puede visualizarse los esclavos unidos a la red con la dirección automática asignada por el programa.

En la vista de redes seleccionamos la red AS-i que ya está lista para poder cargar el hardware a la CPU. Conectamos el patchcord Ethernet a la CPU, seleccionamos CARGAR EN DISPOSITIVO, compila el programa si no hay ningún error y hacemos click en CARGAR.

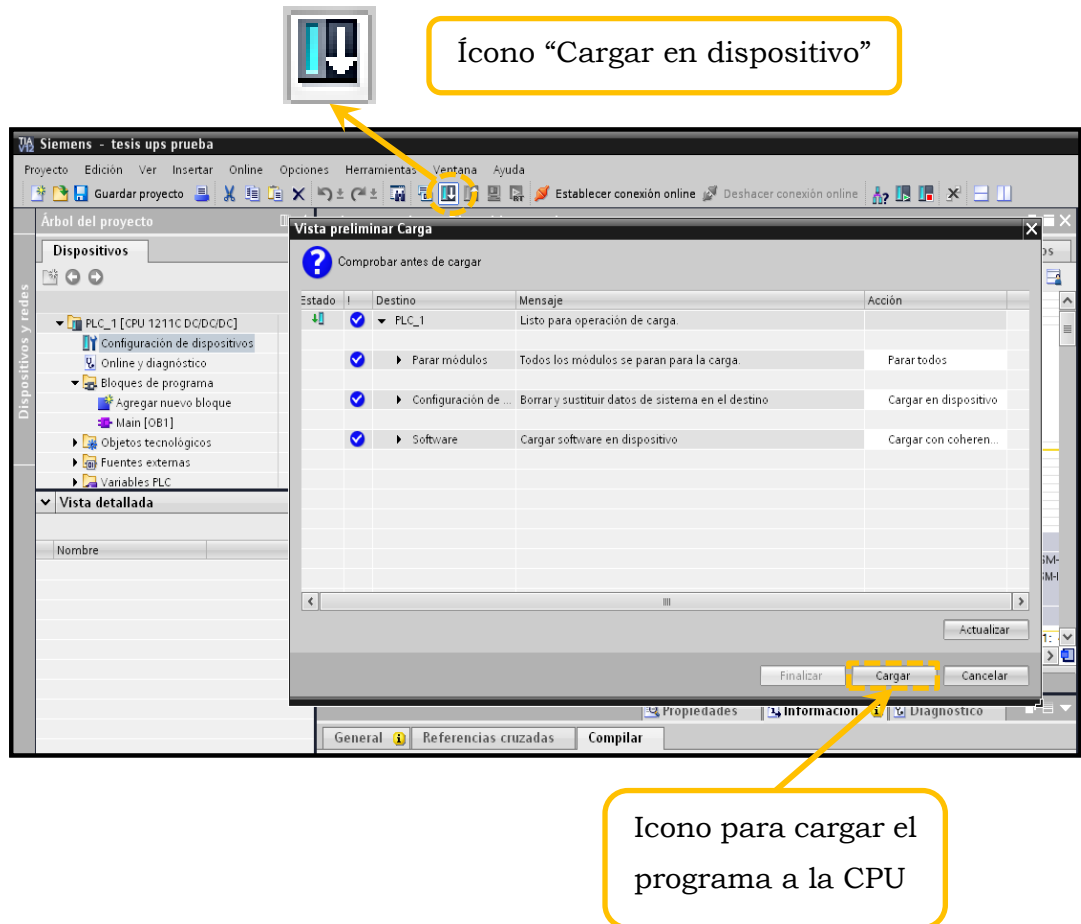
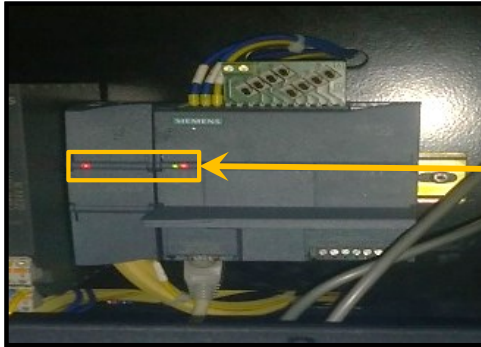


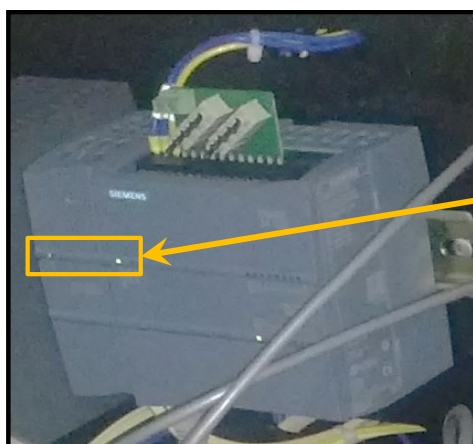
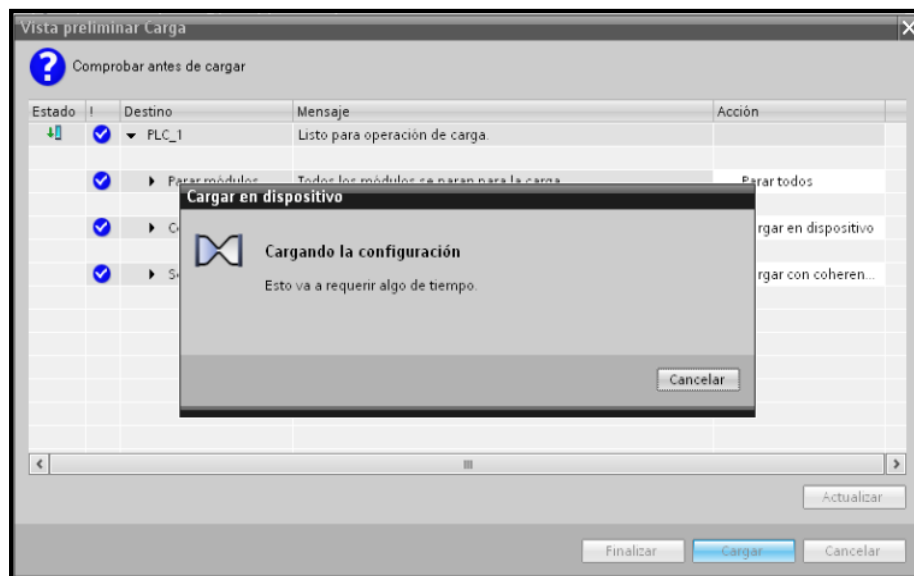
Figura 3.2.21 Cargar hardware a la CPU.

Aparecen las pantallas tras hacer click en el ícono de "Cargar dispositivo". Primero compila el programa y luego solicita confirmar la carga a la CPU.

Luego que damos click en CARGAR aparecerá el mensaje “Cargando la configuración” y el LED del maestro junto con el del PLC empiezan a parpadear ya que se está copiando la información al PLC



Cuando se está cargando el programa a la CPU, los LEDs rojos del PLC y del maestro AS-i parpadear.



Cuando termina de cargar y si están bien direccionados los esclavos, los LED son de color verde.

Figura 3.2.22 Cargar hardware en PLC. Indicación de los LED del controlador y maestro al momento de cargar el programa al controlador.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE APLICACIONES CON EL MÓDULO DIDÁCTICO AS-I

4.1 Configuración de comunicación del maestro.

4.1.1 Objetivos.

- Demostrar el mando de señales digitales por medio del bus AS-i.
- Configurar la red AS-i con los elementos presentes en el módulo.
- Realizar una prueba manual con cada elemento de la red.

4.1.2 Descripción del ejercicio.

Este primer ejercicio consistirá en levantar la red AS-i con todos los elementos que conforman el módulo didáctico, en el cual se realizará un I/O test de cada uno de ellos a través de la red por medio de un programa desarrollado en el entorno de programación TIA Portal V12.

4.1.3 Desarrollo de la aplicación.

- a. Como primer paso crearemos un nuevo proyecto en el TIA Portal V12.

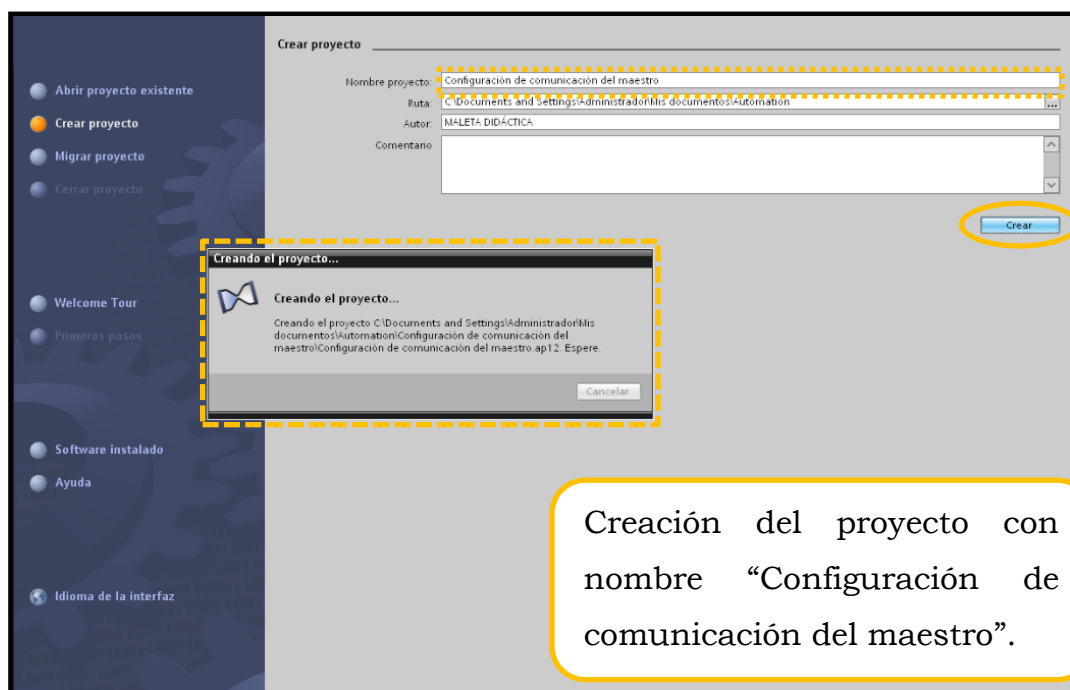


Figura 4.1.1 Paso a.1.

Pantalla de nuevo proyecto en el cual se escribe el nombre del desarrollo de esta práctica, es decir: “Configuración de comunicación del maestro”.

b. Selección de los componentes.

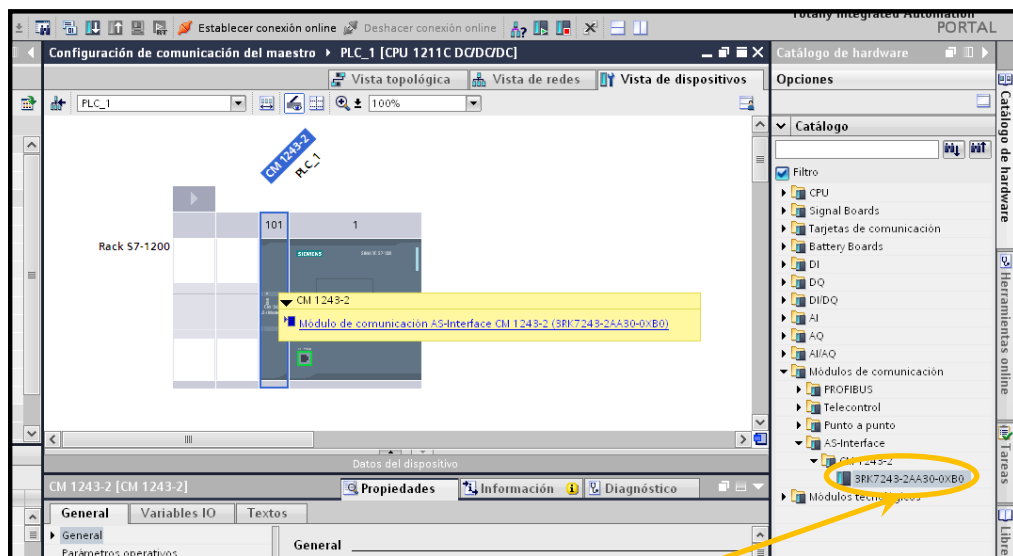
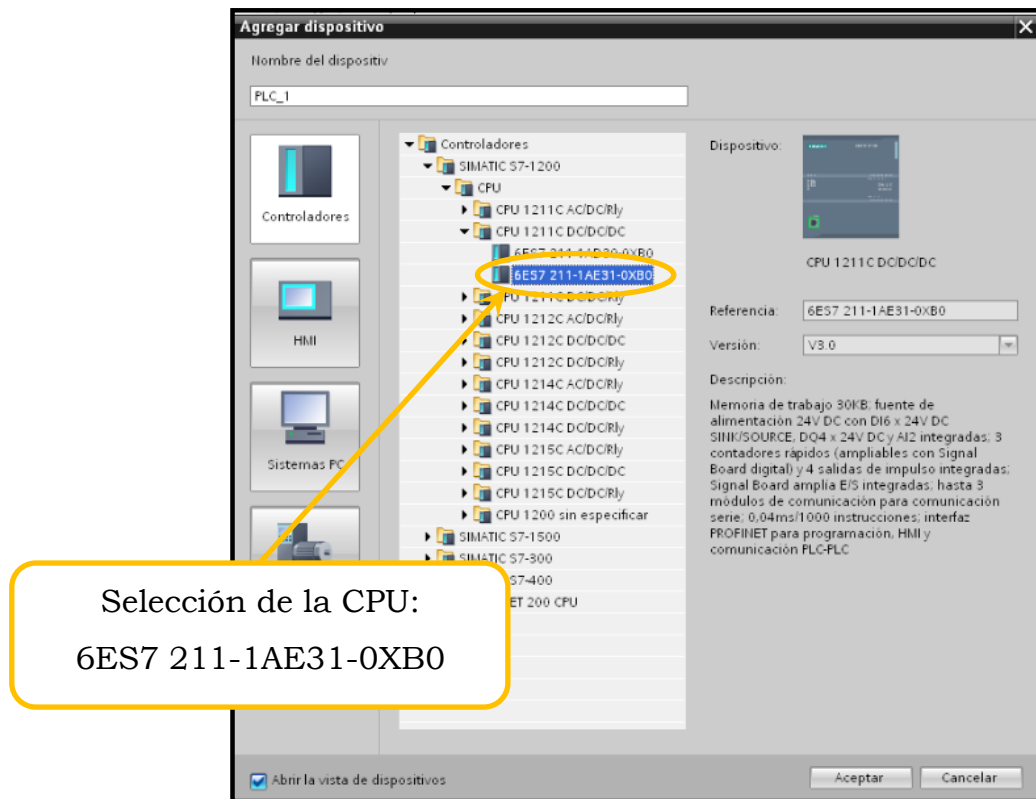


Figura 4.1.2 Paso *b.1*.

Se selecciona el código de catálogo de la CPU y del maestro AS-i.

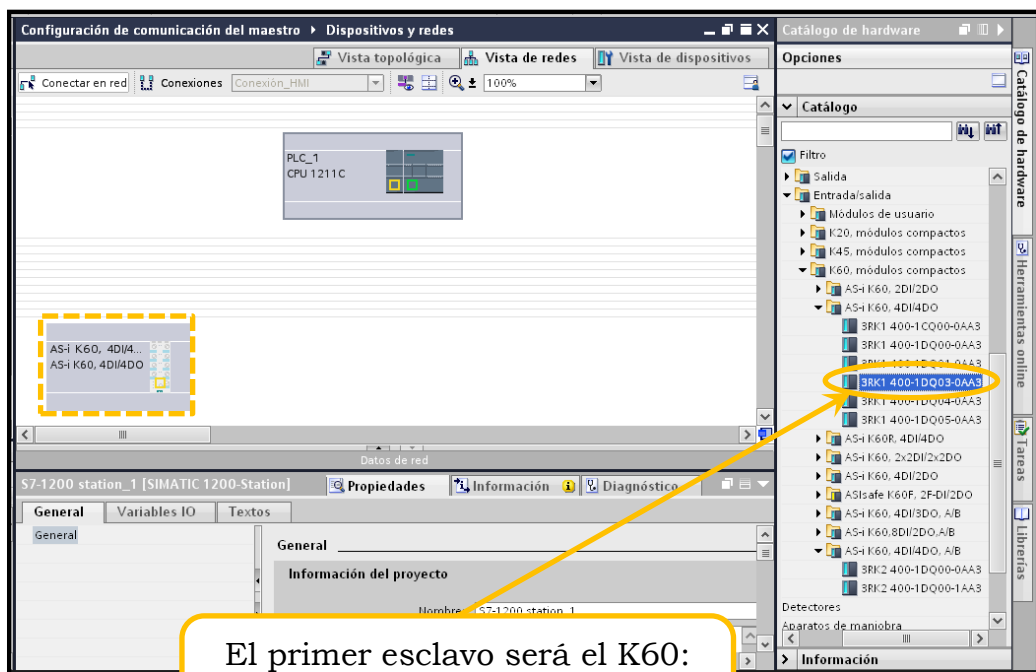
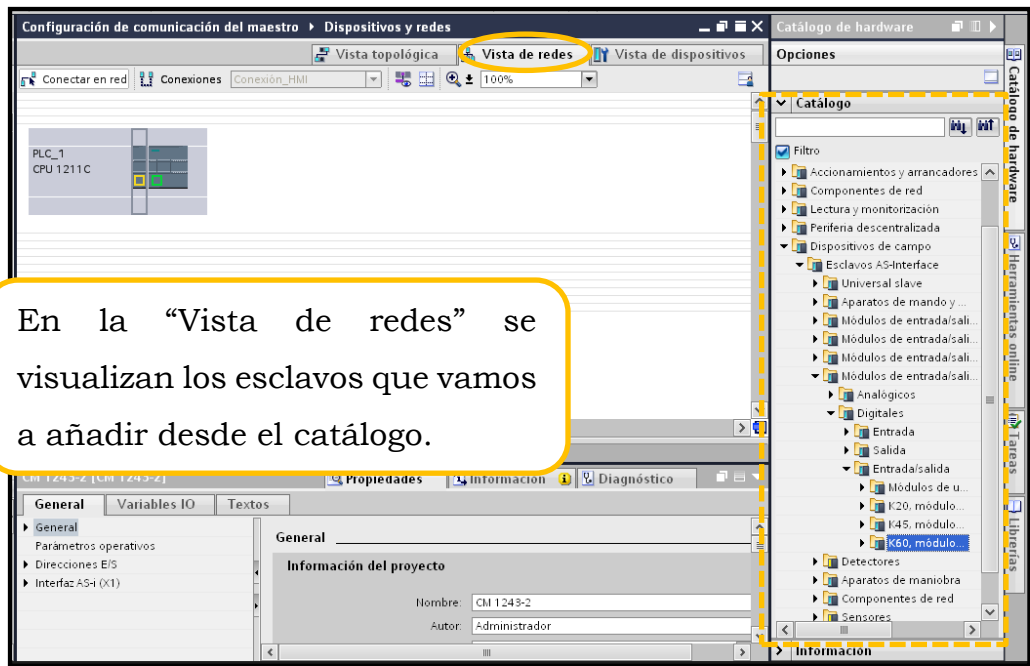
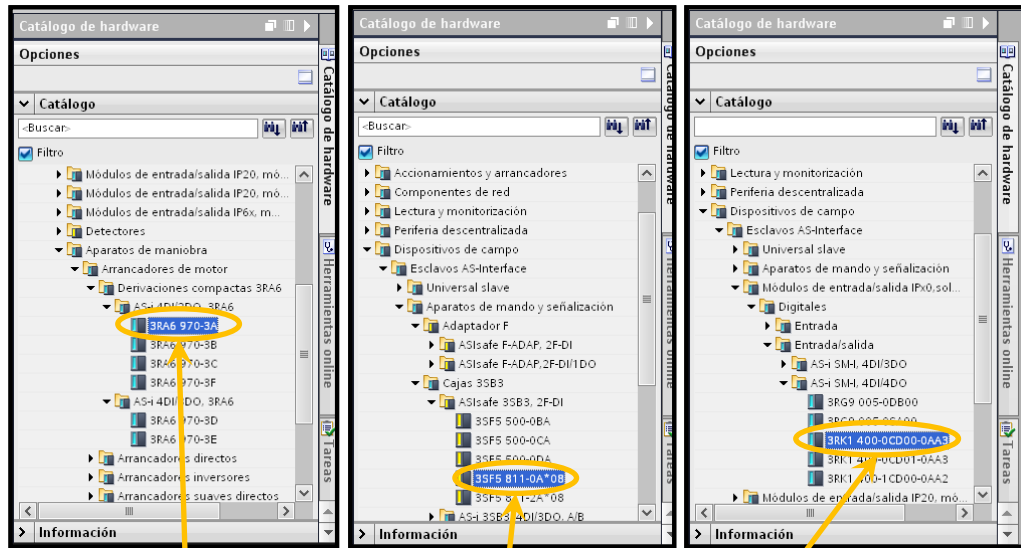


Figura 4.1.3 Paso b.2.

La pantalla “Vista de redes” sirve para visualizar los esclavos que se agregarán a la red AS-i.

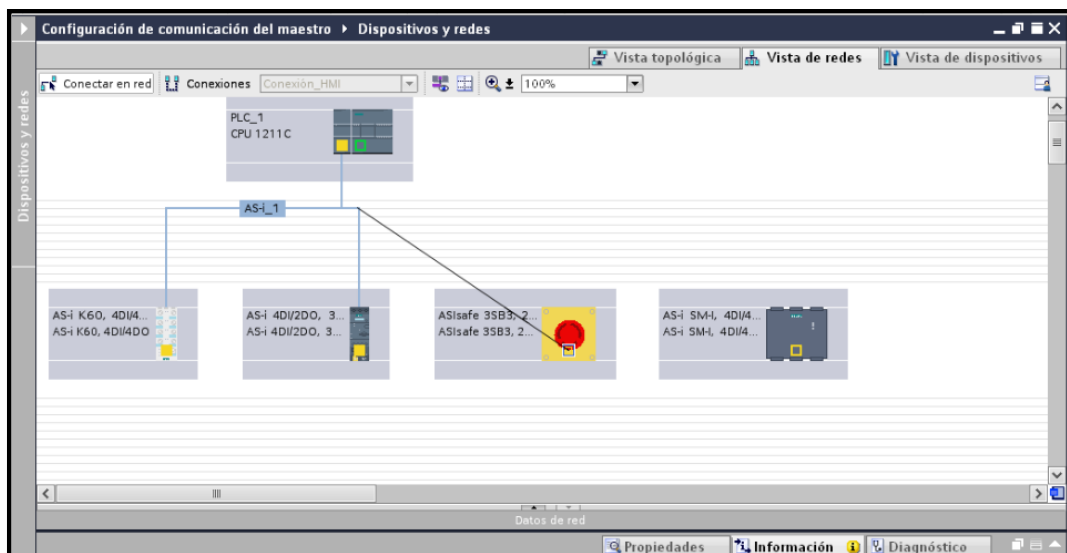
De esta misma forma agregamos todos los esclavos.



Arrancador compacto:
3RA6 970-3A

Módulo pasivo AS-i:
3RK1 400-0CD00-0AA3

Paro de emergencia:
3SF5 811-0AA0B

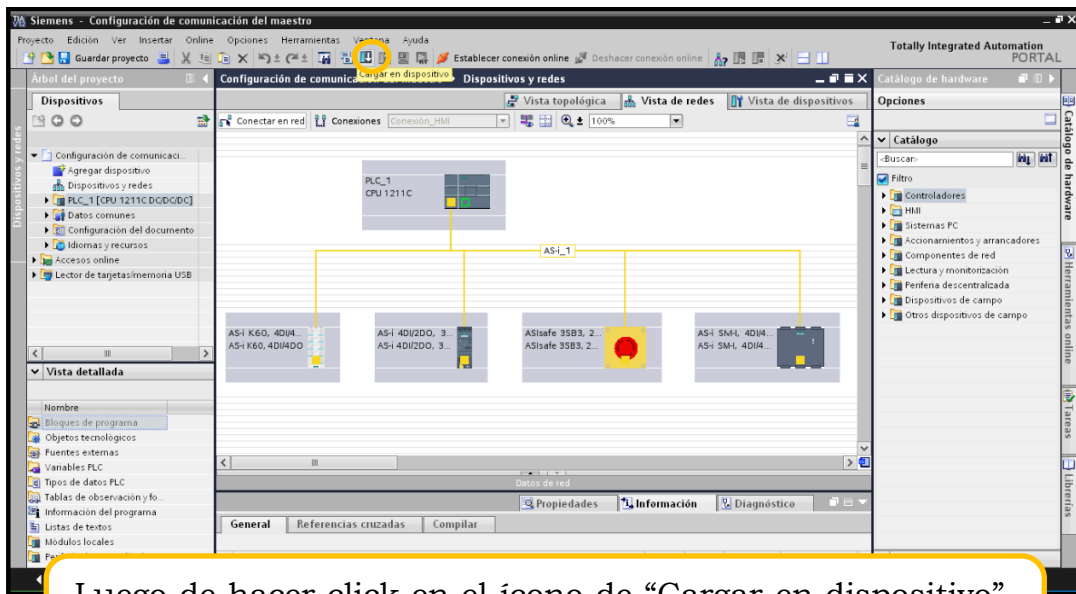


Se arrastra a partir del cuadro amarillo de cada esclavo para crear la red.

Figura 4.1.4 Paso b.3.

Se seleccionan los esclavos y luego se interconectan cada uno de ellos para formar la red.

c. Ahora cargamos al dispositivo la configuración creada.



Luego de hacer click en el ícono de “Cargar en dispositivo”, se compilará el programa.

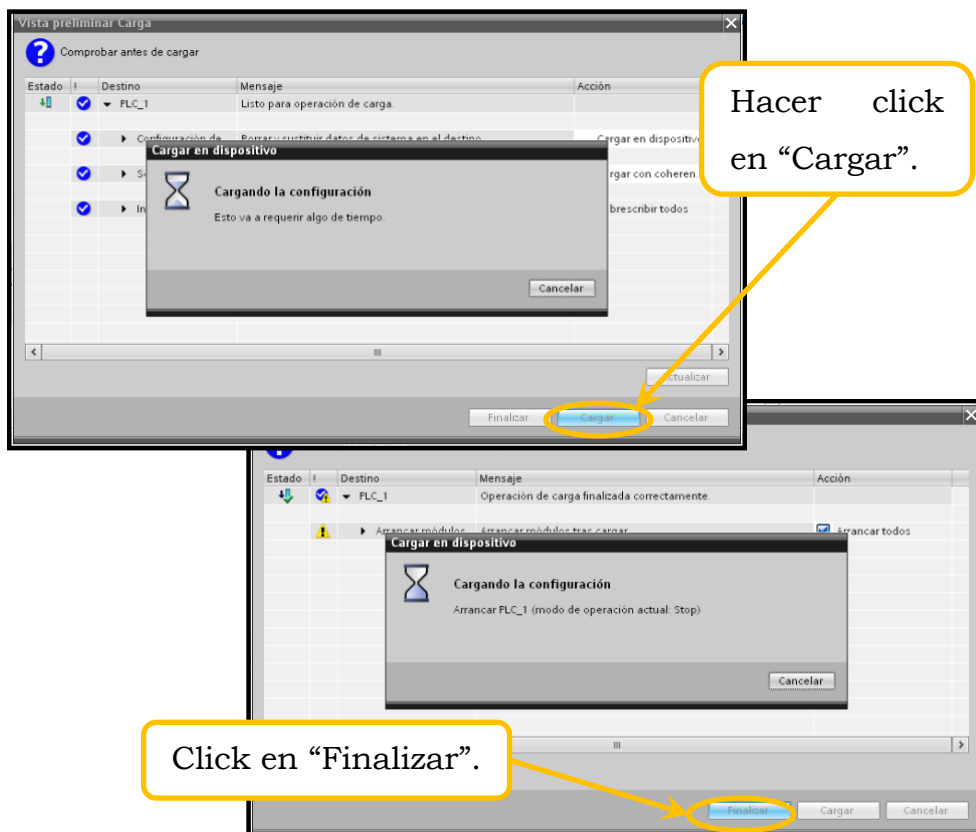


Figura 4.1.5 Paso c.

En las pantallas que aparecen, de forma intuitiva se hacen click para continuar la descarga de la configuración al controlador.

- d. En online se visualizará el estado de cada elemento de la red. Si la red no está OK es porque las direcciones de los esclavos no coinciden con las de la configuración cargada, por lo cual se deberán cambiarse.

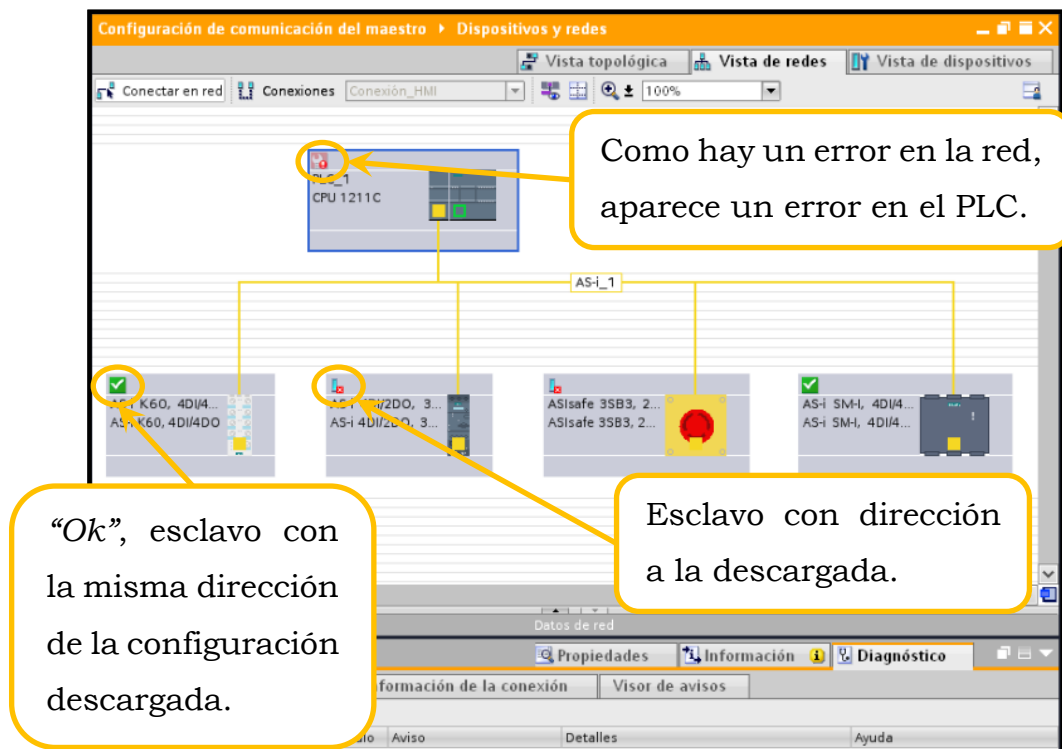


Figura 4.1.6 Paso d.

La pantalla muestra el estado de error de la CPU a causa de los esclavos con dirección diferentes de la configuración.

- e. Se debe cambiar las direcciones en “Online y diagnóstico del maestro”.

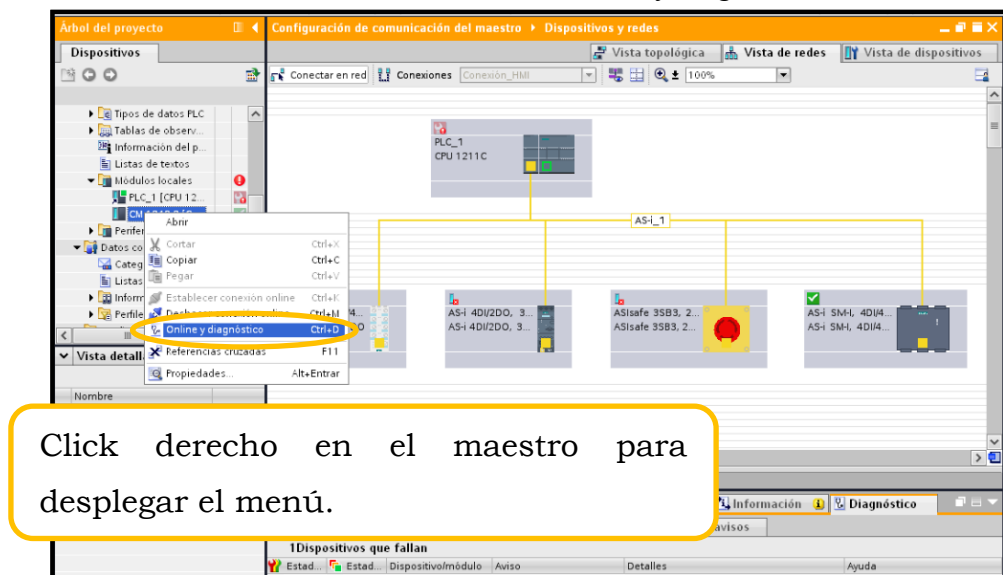
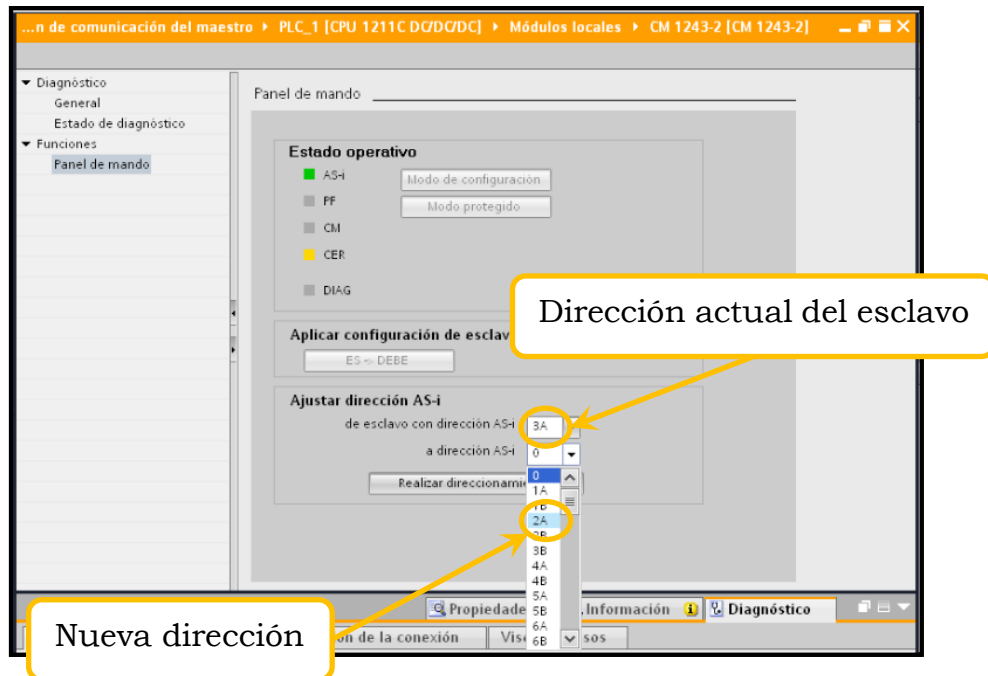


Figura 4.1.7 Paso e.1.

Al dar click derecho sobre el maestro se despliega el menú para escoger el diagnóstico y cambiar las direcciones de los esclavos.

En la pantalla que aparece, el maestro muestra qué elemento de la red provoca el error indicando la dirección actual y sugiriendo cambiarla por una nueva, que en este caso será la configurada en la red. Luego debemos dar click en “Realizar direccionamiento”.



Nota: Para realizar el direccionamiento es necesario desconectar todos los esclavos y dar la dirección uno por uno.

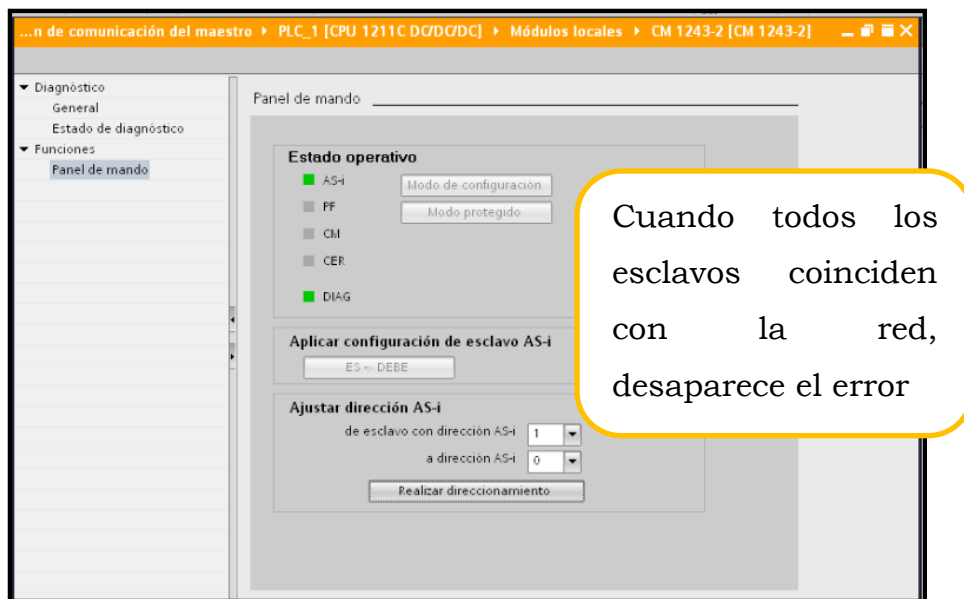


Figura 4.1.8 Paso e.2.

En la pantalla de diagnóstico del maestro se dan las nuevas direcciones a cada esclavo.

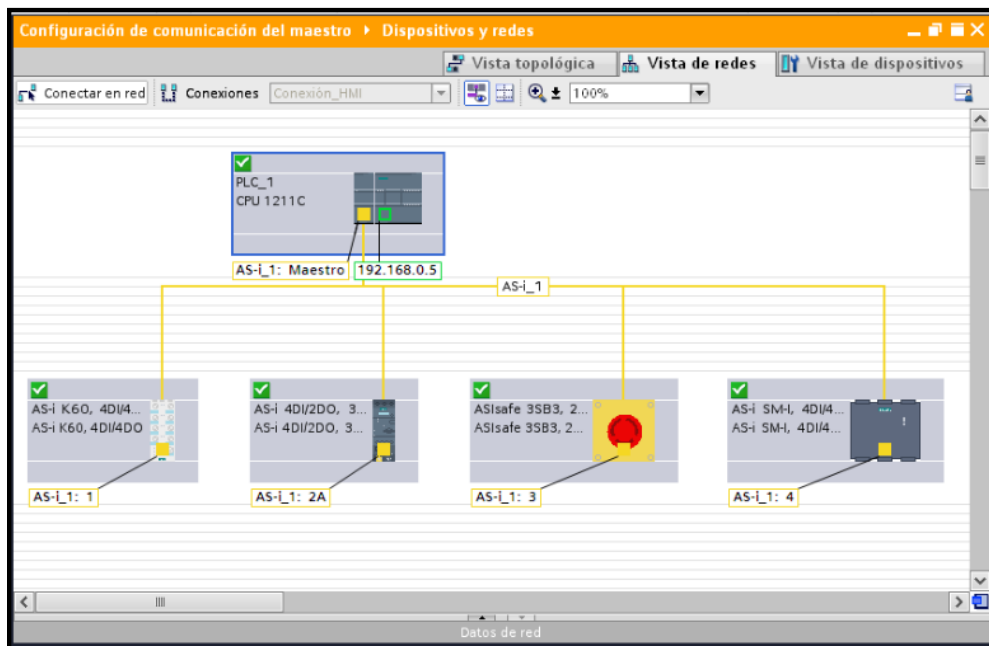


Figura 4.1.9 Paso e.3.
Visualización *online* de la red configurada correctamente.

f. El siguiente paso será reconocer las direcciones de entradas y salidas asignadas a cada esclavo; para ello nos dirigimos a “Vista de dispositivos” donde podemos seleccionar el elemento que deseamos visualizar.

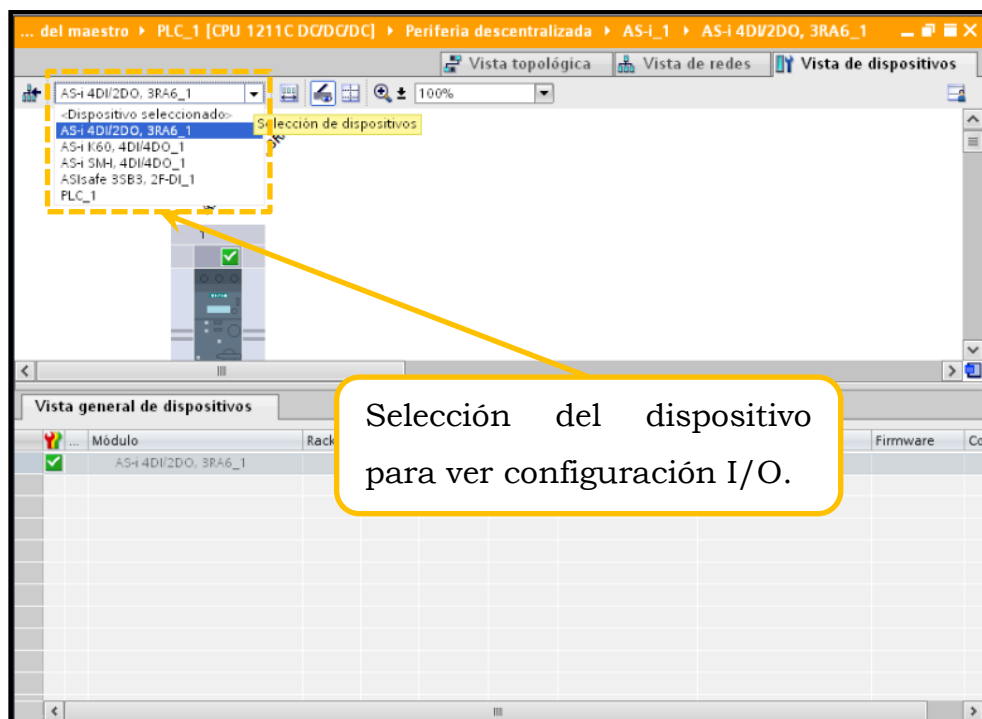


Figura 4.1.10 Paso f.1.
La pantalla de Vista de dispositivos permite seleccionar el elemento de la red y ver las características.

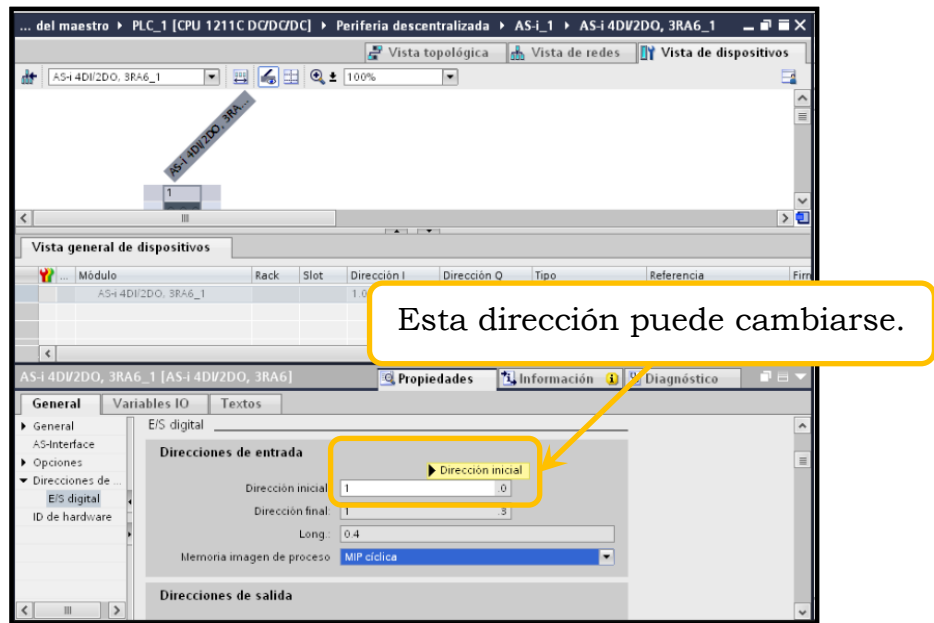


Figura 4.1.11 Paso f.2.

Las direcciones de E/S pueden modificarse en la pantalla de características de cada elemento. Cabe recalcar que el módulo AS-i para circuito impreso acepta direcciones de salida a partir de la I15:0 en adelante, información suministrada por (SIEMENS, 2015)

- g. Como sugerencia para una programación eficiente se recomienda añadir las variables en la “Tabla de variables” y así poder identificarlas fácilmente en el programa.

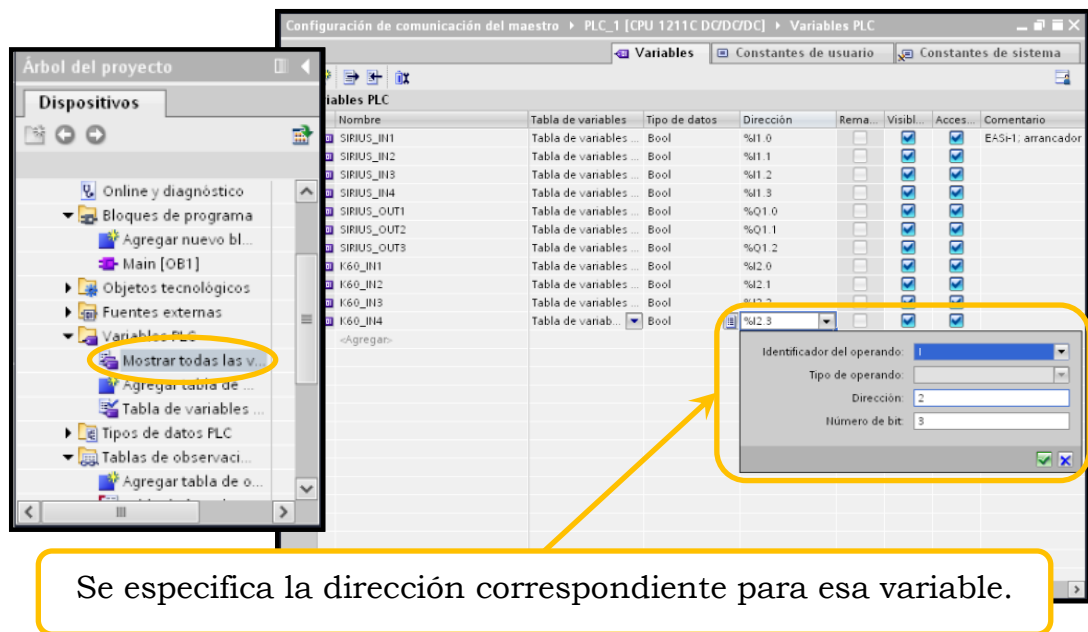
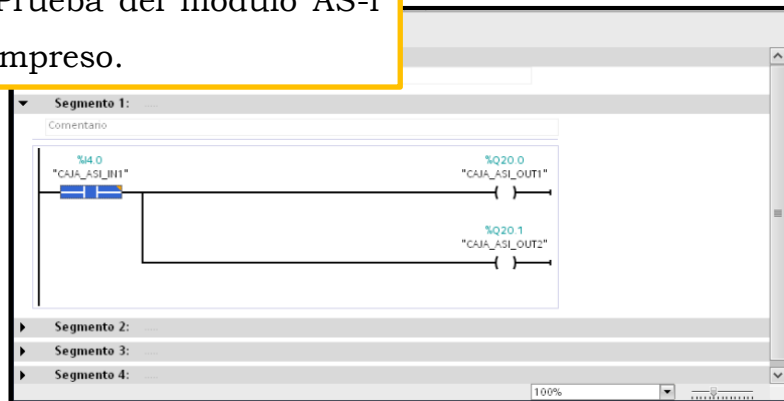


Figura 4.1.12 Paso g.

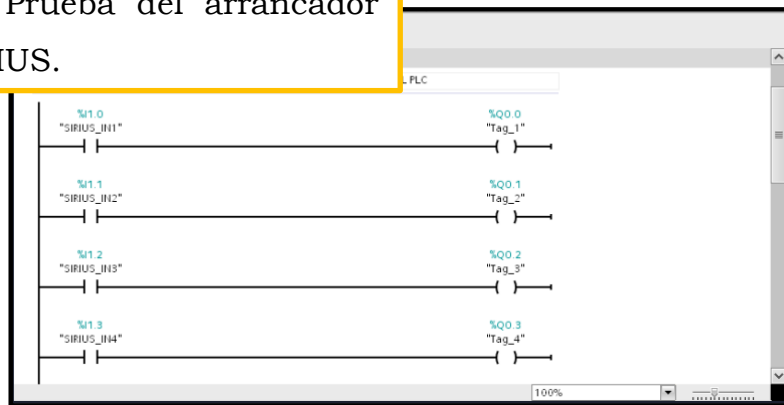
Pantalla de variables donde se agregarán los nombres de las variables para mayor comodidad al momento utilizarlas en el programa.

- h. Crearemos un pequeño programa en el cual podamos probar cada una de las entradas y salidas de los elementos de la red AS-i.

Segmento 1: Prueba del módulo AS-i para circuito impreso.



Segmento 2: Prueba del arrancador compacto SIRIUS.



Segmento 3: Prueba del módulo K60. Aquí probaremos la baliza.

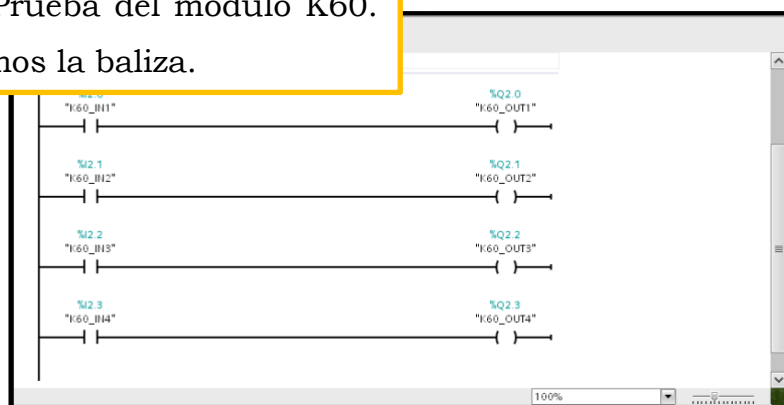


Figura 4.1.13 Paso *h*.
Líneas de programación de las pruebas de los esclavos de la red.

- i. Finalmente cargamos la programación y nos ponemos online.

Click en “Activar observación” para visualizar el estado de las E/S.

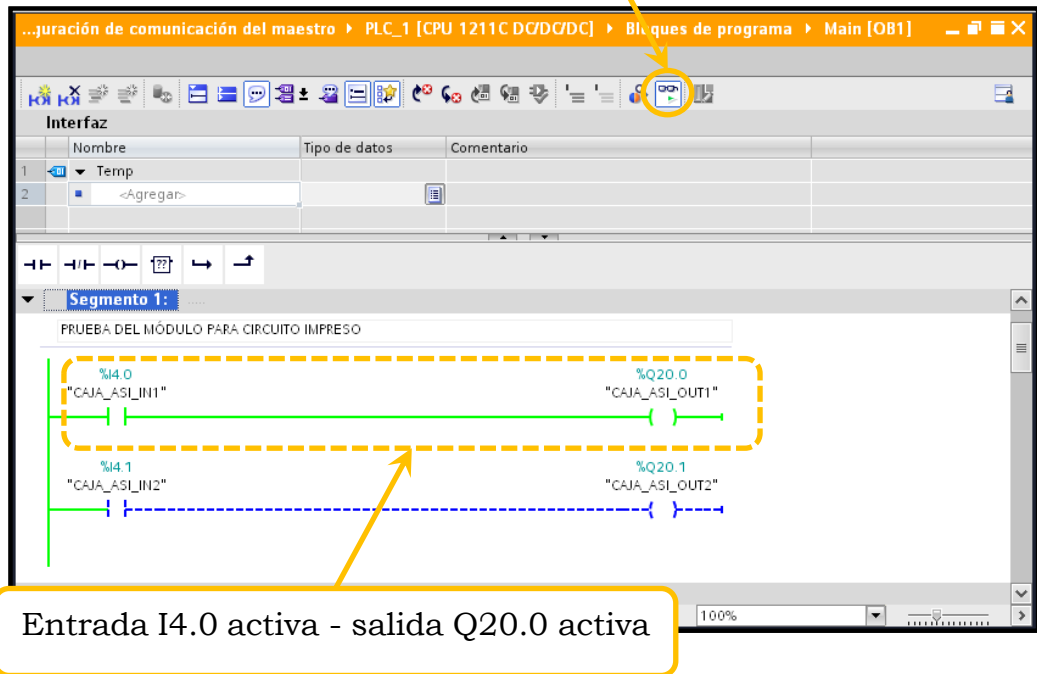


Figura 4.1.14 Paso *i*.

Pantalla de *online* donde se observa la prueba del módulo AS-i para circuito impreso activan la entrada I4.0 al presionar el botón verde de la caja botonera. Puede observarse que se activa la salida Q20.0 que corresponde a la luz piloto color verde.

4.2 Aplicación de monitoreo de seguridad de la red.

4.2.1 Objetivos.

- Hacer uso de las ventajas de seguridad de la red por software.
- Configurar los bloques de seguridad más comunes de la red AS-i.

4.2.2 Descripción del ejercicio.

En esta ocasión añadiremos los bloques de seguridad en el programa del controlador y forzaremos a activar las seguridades al desconectar alguno de los elementos de la red, comprobando su activación por medio de una señal audible dada por la sirena de la baliza. Toda gestión se realizará por medio de un programa desarrollado en el entorno de programación TIA Portal V12.

4.2.3 Desarrollo de la aplicación.

- a. Para el desarrollo de esta práctica utilizaremos el oscilador de la CPU para generar una señal de pulso y evitar tener que desarrollar líneas de programación innecesarias, ya que se cuenta con esta opción.

Como vemos en la **Figura 4.2.1**, en la sección “Marcas de sistema y de ciclo”, marcamos la casilla “Activar la utilización del byte de marca de ciclo”.

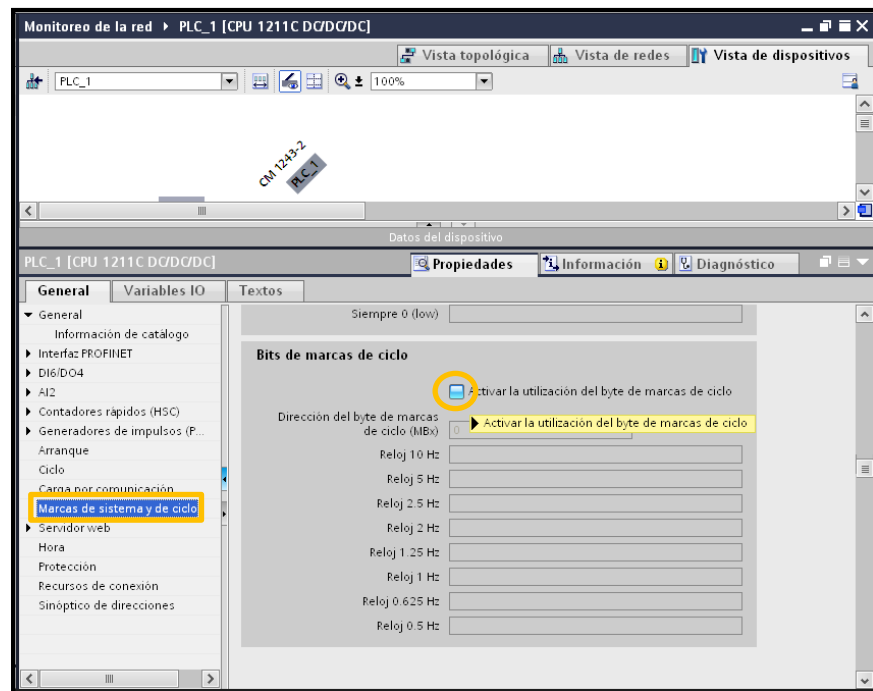
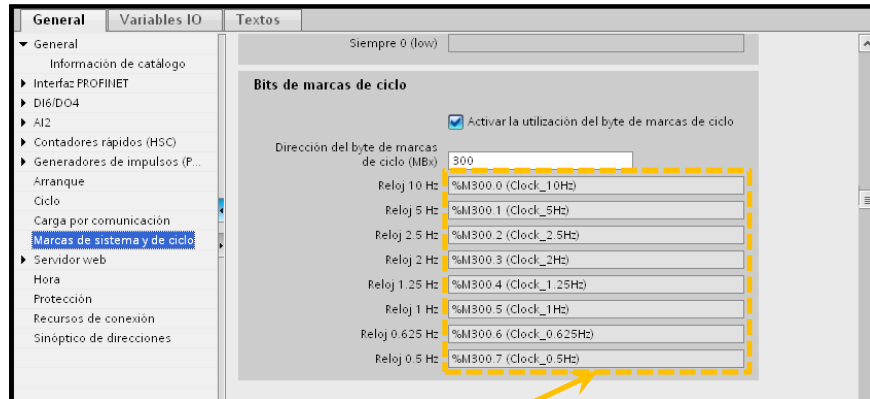


Figura 4.2.1 Propiedades de la CPU.

Se debe activar la casilla señalada para habilitar la utilización de los relojes de la CPU.

Especificamos el inicio de las variables que se crearán. En este ejemplo lo dejaremos a partir de la 300.



Nótese que todas las variables de los relojes han cambiado y ahora empiezan a partir del número colocado recientemente.

Figura 4.2.2 Inicio de variables de oscilador interno.

- b. En las líneas de programación haremos uso del bloque de diagnóstico “LED” que nos sirve para detectar los estados de los LEDs del hardware seleccionado. Debe recordarse que cuando existe una desconexión de algún esclavo configurado, el maestro avisa al controlador esta falla y automáticamente el PLC enciende el LED de error. Nos basaremos en esto para detectar la desconexión de los esclavos.

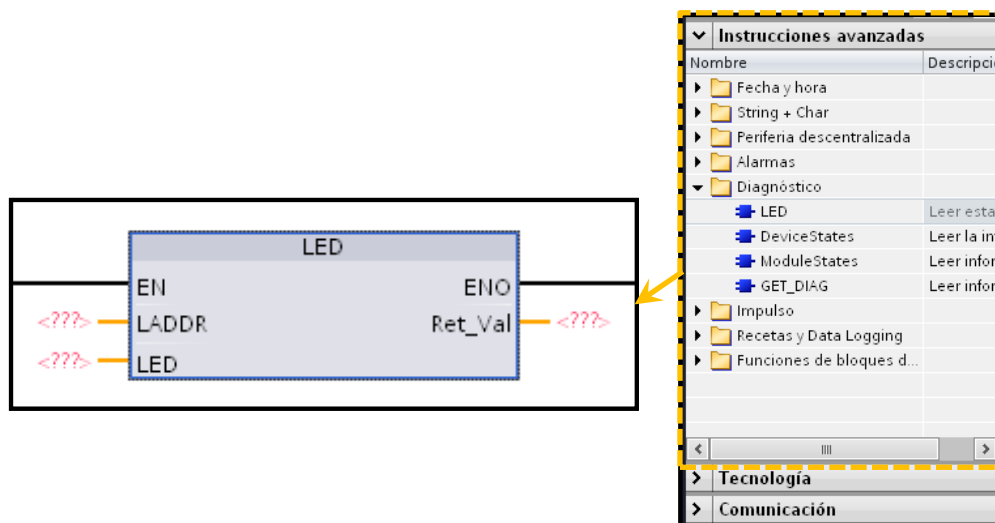


Figura 4.2.3 Instrucción de diagnóstico “LED”.

Tabla 4.2.1 Parámetros de instrucción LED.

LADDR	Número de identificación de la CPU o interfaz.
LED	Número de identificador LED
	1 RUN/STOP.
	2 Error.
	3 Mantenimiento.
	4 Redundancia.
	5 Conexión.
6 Tx/Rx.	
RET_VAL	Estado del LED.

Nota: Parámetros de la instrucción LADDER. Adaptado de (SIMATIC, 2012).

El número de ID de la CPU lo podemos en la pestaña “Constantes del sistema” de la tabla de variables y arrastrarlo en el parámetro LADDR.

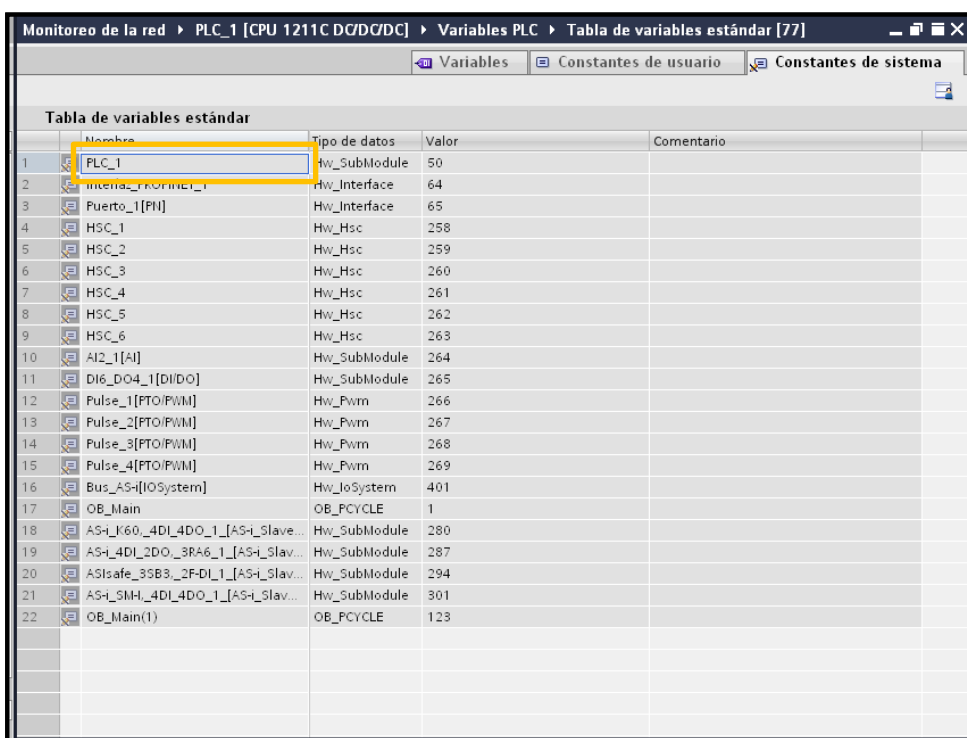
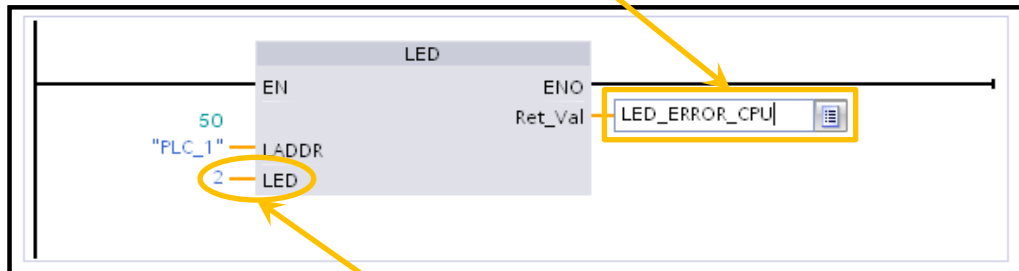


Figura 4.2.4 Número de identificación desde la tabla de variables.

Este valor de retorno es el que nos interesa para evaluar el estado del LED.

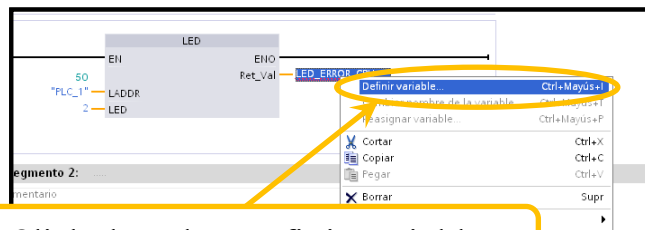


Este número indica que leeremos el estado del LED de error.

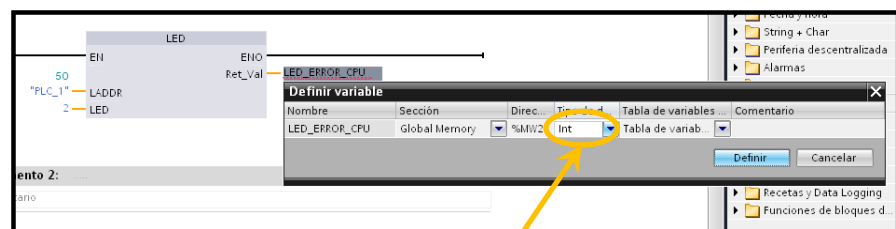
Figura 4.2.5 Parámetros de instrucción LED.

Se señalan los valores que deben llenarse en cada entrada o salida de parámetros de la instrucción.

Como la variable “LED_ERROR_CPU” no existía, se procede a crearla.



Click derecho, Definir variable



Se escoge el tipo de variable *Int*.

Figura 4.2.6 Creación de variable LED_ERROR_CPU.

Debido a que la variable “LED_ERROR_CPU” no existía, se procedió a crearla dando click derecho sobre el nombre escrito y se eligiendo el tipo de variable.

- c. Ahora se procede a colocar las salidas que se desean activar: sirena y luz roja de la baliza, y las condiciones para ello.

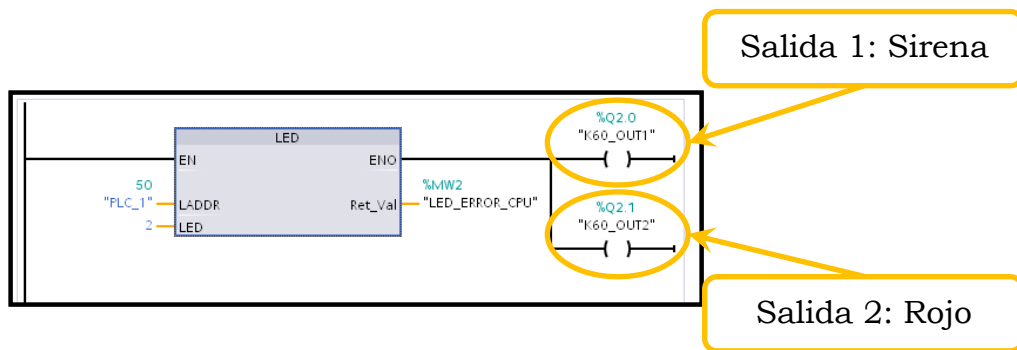


Figura 4.2.7 Declaración de salidas.

Con el valor que nos da el bloque LED en su salida “RET_VAL” se ejecutará una comparación [NO IGUAL] para activar las salidas declaradas. Según la descripción de la instrucción, el LED de error (2) envía un “1” cuando permanece apagado. (SIMATIC, 2012)

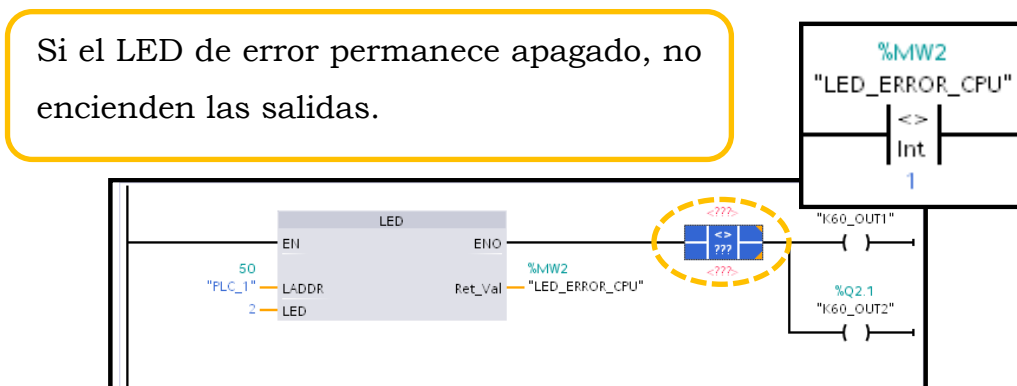


Figura 4.2.8 Comparación de valores para activar salidas.

d. Haremos uso de la señal de reloj para obtener la intermitencia de la luz roja.

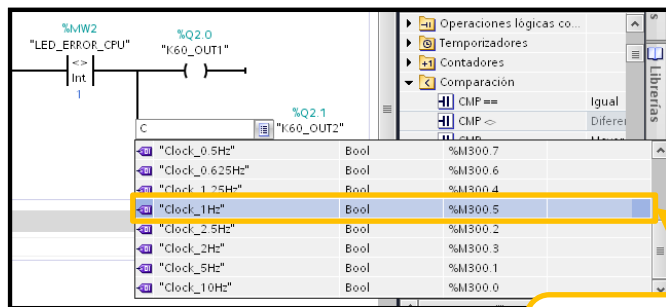
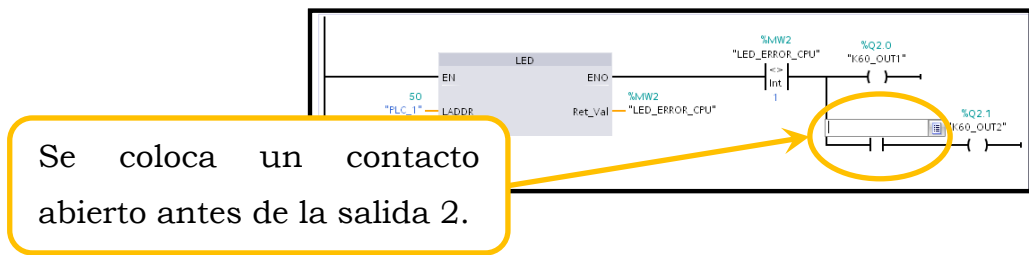


Figura 4.2.9 Aplicación de señal de reloj de la CPU.

e. Cargamos el programa al CPU y verificamos las salidas online.

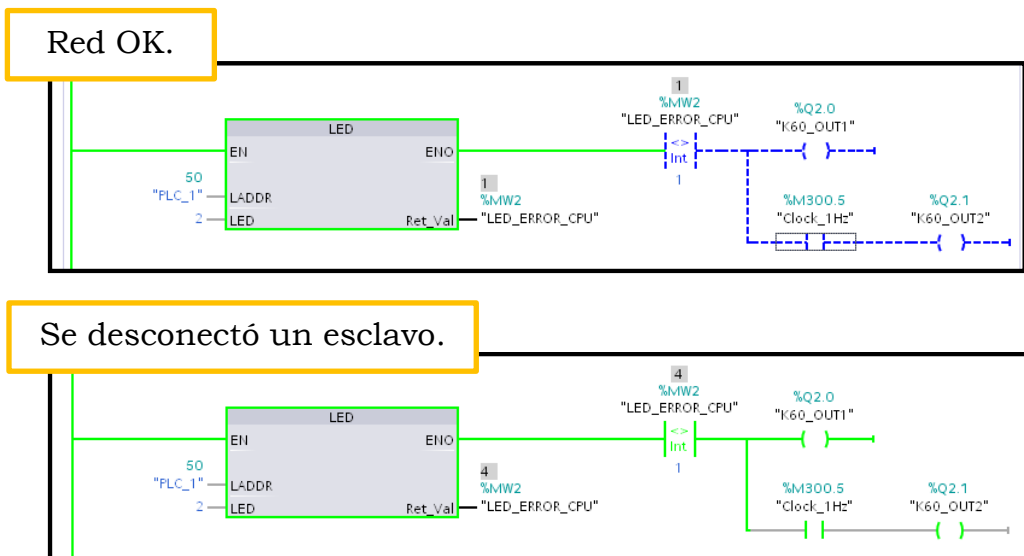


Figura 4.2.10 Prueba *online* de la aplicación.

4.3 Ejercicio de comunicación y mando del arrancador Sirius para el control de motores.

4.3.1 Objetivos.

- Mando Marcha/Paro del arrancador por el bus AS-i.
- Comprobación de comunicación del esclavo activo.
- Utilización del bloque de botoneras con esclavo pasivo AS-i.

4.3.2 Descripción del ejercicio.

En el siguiente ejercicio se comandará el cierre o apertura de contactos del arrancador Sirius por medio de la botonera, la misma que consta de una tarjeta AS-i que transforma las señales convencionales de los pulsadores y luces piloto, a una comunicación en red con el maestro y el resto de elementos. En este ejercicio también incluiremos los bloques de seguridad como se vio en el ejercicio anterior y se lo desarrollará en la plataforma del TIA Portal V12.

4.3.3 Desarrollo de la aplicación.

- a. La primera línea es la lógica de activación de la bobina del arrancador compacto, que se efectuará por la activación de la “Marca_1”. Se incorporan ciertas consideraciones necesarias para el cumplimiento de esta línea, aprovechando las variables propias del arrancador compacto, como se explica en la **Figura 4.3.1**.

Se han utilizado los botones de la caja con el módulo AS-i para circuito impreso para el arranque (I4.0) y paro (I4.1), ambos NC.

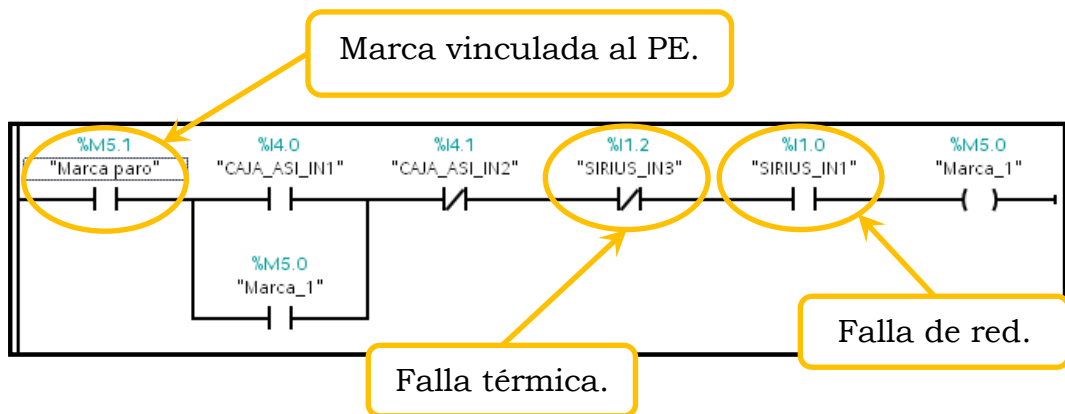


Figura 4.3.1 Activación para encendido.
Se señalan la función de cada contacto en la línea de programación.

- b. Se debe vincular la activación de la Marca_1 con la salida del arrancador compacto.



Figura 4.3.2 Activación de la salida del arrancador

- c. Se relaciona la activación de la salida con las luces piloto de la caja botonera.

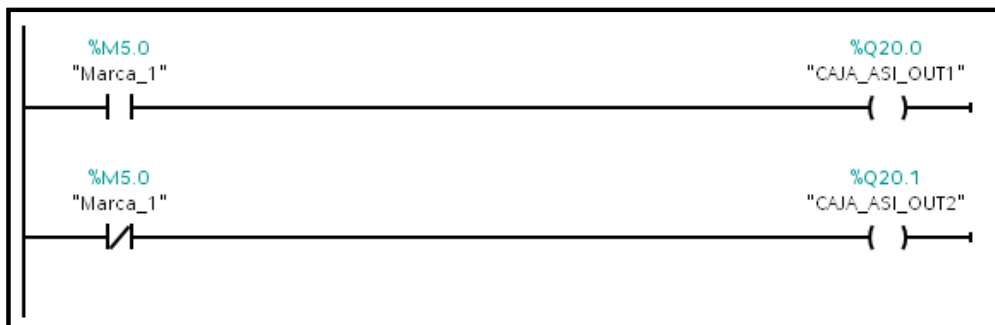


Figura 4.3.3 Señal de luces piloto.

- d. Añadimos el segmento del monitoreo de la red. En esta ocasión se utilizó una señal de reloj con diferente frecuencia para la sirena.

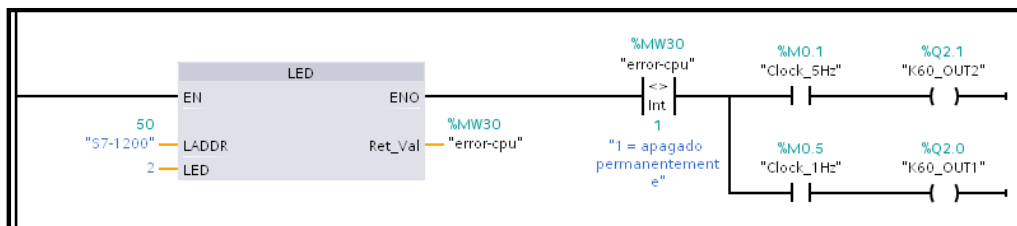


Figura 4.3.4 Segmento de monitoreo de la red.

e. Comprobamos el funcionamiento *online*.

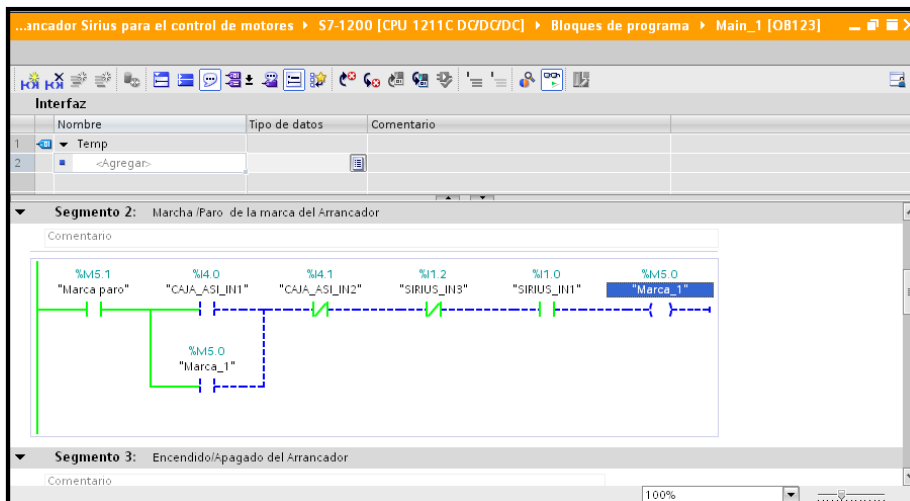
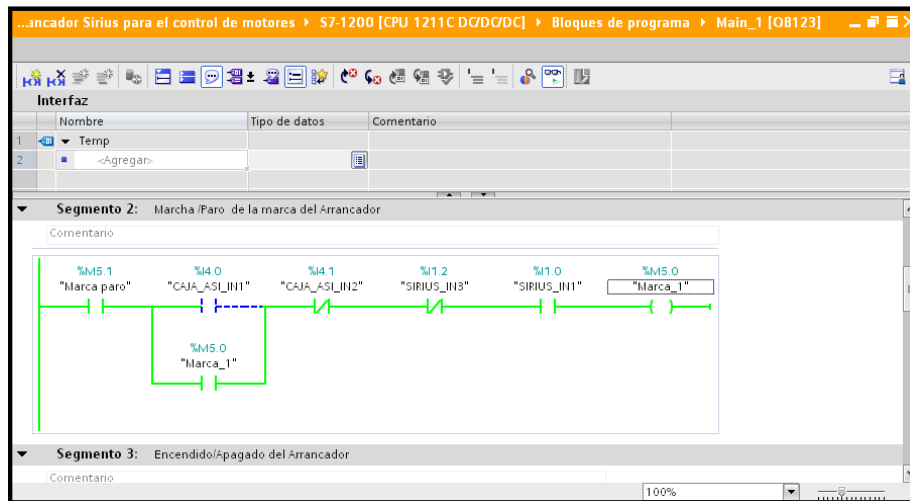


Figura 4.3.5 Prueba *online* de la aplicación 3.

4.4 Aplicación de mando e inversión de giro de un pequeño motor 12VDC a través del módulo AS-i para circuito impreso.

4.4.1 Objetivos.

- Controlar por medio del módulo AS-i para circuito impreso la Marcha/Paro e inversión de giro de un pequeño motor de 12VDC mediante la activación de relés.
- Diseñar un programa en TIA Portal aplicando los bloques de funciones (FB).

4.4.2 Descripción del ejercicio.

La siguiente aplicación se realizará en un lenguaje estructurado, aplicando los bloques de funciones (FB) y organizándolo en el bloque de organización (OB). El módulo AS-i para circuito impreso, ya instalado en la caja botonera, nos permitirá comandar la apertura y cierre de relés que realizarán la inversión de giro del motor de 12VDC. Para la aplicación se ha empleado una pequeña estructura que contiene el motor y finales de carrera para realizar el paro y la inversión de giro automáticos. También se emplea un botón (verde) de la caja botonera para dar marcha al motor. Este ejercicio incluye el monitoreo de la red visto con anterioridad y se lo desarrollará en la plataforma del TIA Portal V12.

4.4.3 Desarrollo de la aplicación.

- a. Se añade un nuevo bloque dando click en “Agregar nuevo bloque” y se selecciona “Bloque de función”.

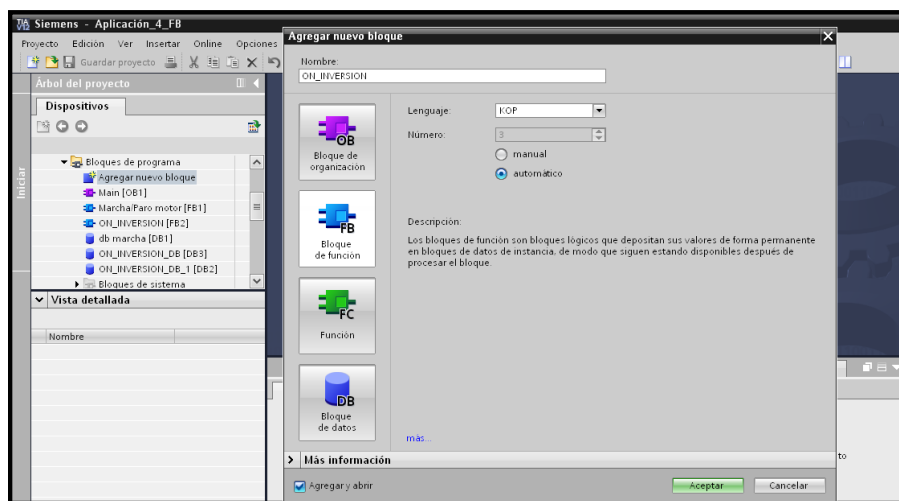


Figura 4.4.1 Añadir bloque de función (FB).

- b. Al ingresar al bloque creado, en la parte superior se añadirán las entradas y salidas que pertenecerán a dicho bloque y que se guardarán en bloque de datos (DB).

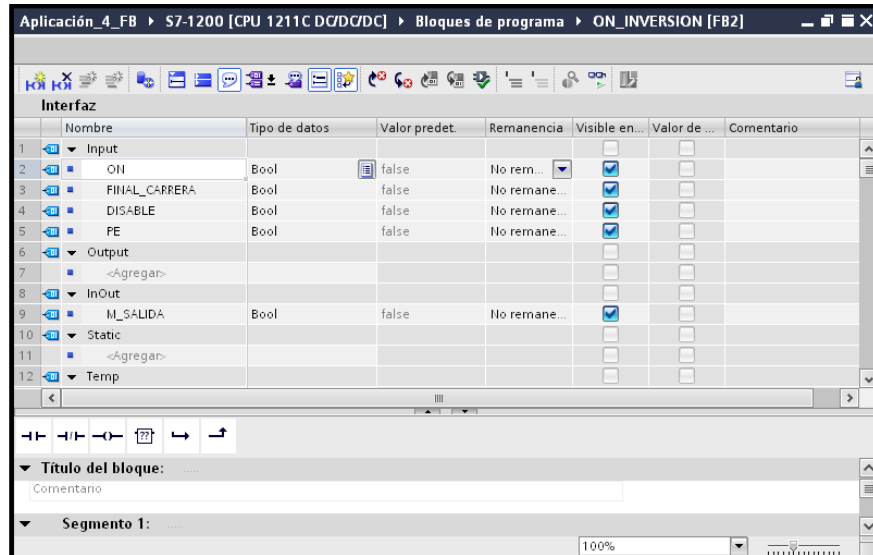


Figura 4.4.2 Declaración de variables del FB.

- c. El siguiente paso será realizar la lógica de programación que ejecutará el FB cada vez que se lo llame en el OB.

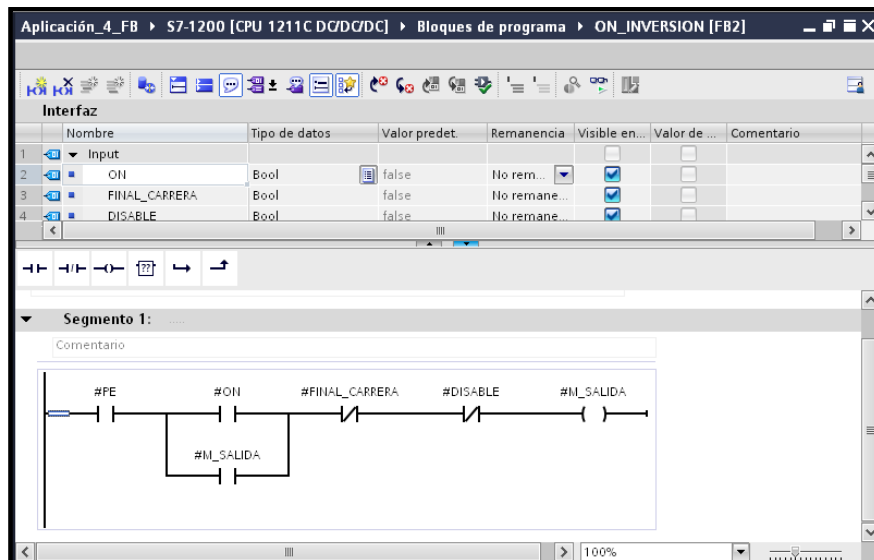


Figura 4.4.3 Lógica del bloque de función.

La **Tabla 4.4.1** da un pequeño resumen de la función de cada variable.

Tabla 4.4.1 Variables del bloque

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
#PE	Paro de emergencia.
#ON	Señal que dará marcha.
#FINAL_CARRERA	Señal que hará detener el motor.
#DISABLE	Condición que deshabilitará el bloque.
#M_SALIDA	Salida activada.

Nota: Descripción de las variables del FB creado.

- d. En el OB principal se llama al FB creado, arrastrándolo a la línea de segmento. Automáticamente aparecerá una ventana que permitirá seleccionar el bloque de datos (DB) con el cual trabajará el FB llamado.

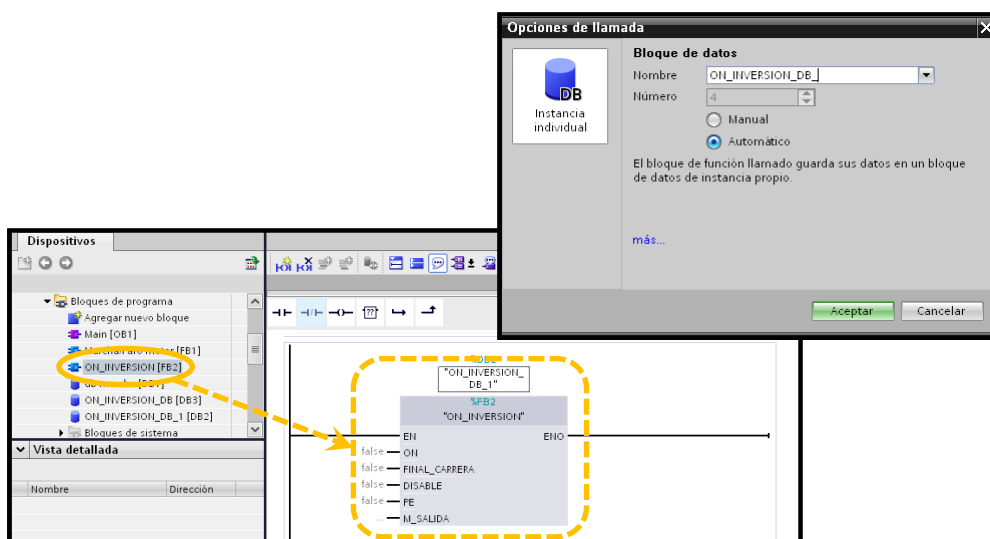


Figura 4.4.4 Llamado de FB.

Se arrastra el FB creado al segmento del OB principal.

Se llenan las entradas y salidas del bloque con las entradas y salidas físicas o marcas direccionadas a éstas, que en este caso serán las del módulo AS-i para circuito impreso, como se muestra en la **Figura 4.4.5**.

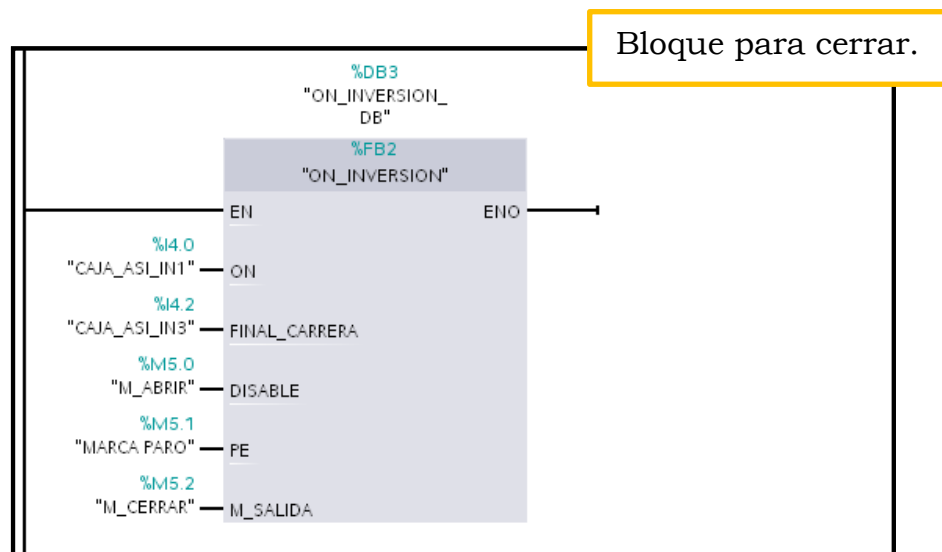
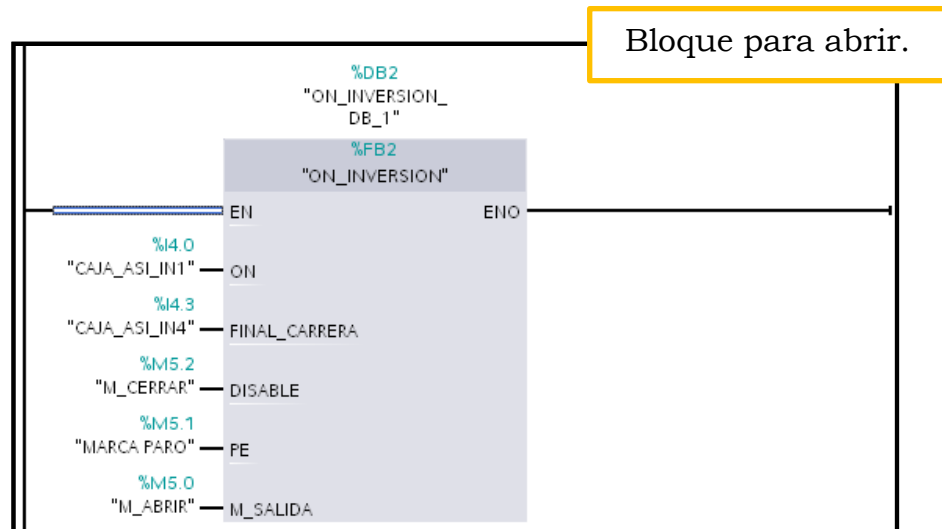


Figura 4.4.5 Bloques con direcciones de la red.

- e. Completamos el OB principal con las líneas necesarias para complementar la aplicación, como son: luces piloto, monitoreo de red, direccionamiento de las salidas.

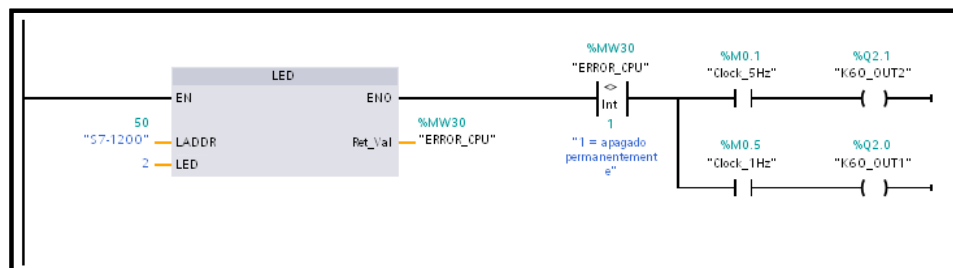


Figura 4.4.6 Monitoreo de la red.

Botones y luces piloto.



Salidas para el motor.

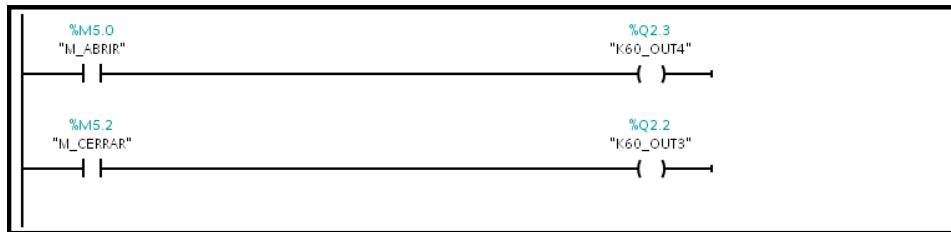


Figura 4.4.7 Direccionamiento (luces piloto).

4.5 Aplicación práctica representando un proceso industrial.

4.5.1 Objetivos.

- Poner en práctica por medio de una aplicación lo aprendido hasta el momento de configuración de la red AS-i.

4.5.2 Descripción del ejercicio.

Se desea comandar el arranque y paro de un motor para un proceso y que siga los siguientes pasos:

- Iniciar marcha de motor por medio de pulsador verde. En este punto se iluminará la baliza con el color rojo, indicando de que nadie debe acercarse a la zona del proceso.
- Al pulsar el botón de rojo de la botonera, se solicitará la terminación del proceso, que llevará 5 segundos antes de apagar el motor. En el tiempo de espera o transcurso de los 5 segundos, la baliza iluminará de forma intermitente con el color amarillo, indicando que se ha solicitado la terminación del proceso.
- Transcurridos los 5 segundos, el motor se apagará y la baliza iluminará de color verde, indicando que el proceso ha terminado y que la zona es segura para transitar.
- En el caso de presionar el paro de emergencia, se apagará el motor y se activará una alarma sonora-visual por medio de la sirena y la intermitencia de la baliza roja. Para reanudar el proceso es necesario resetearlo presionando los botones verde y rojo durante 2 segundos, tiempo en el cual se iluminará la baliza amarilla, y pasado ese tiempo deberá iniciarse el proceso nuevamente.

4.5.3 Desarrollo de la aplicación.

- a. Recordamos el segmento de monitoreo de la red. En este segmento se ha modificado la salida, activando una marca que indica que ha habido la desconexión de algún esclavo.

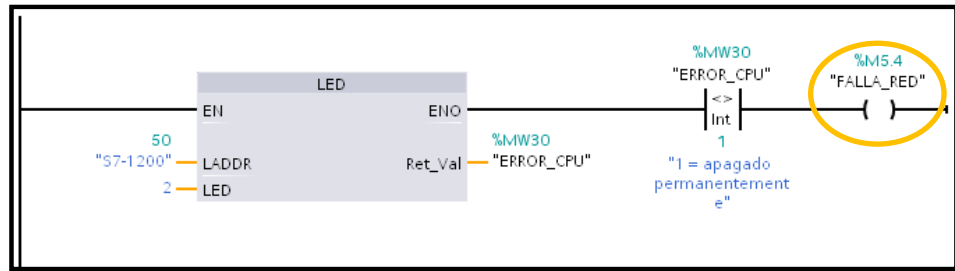


Figura 4.5.1 Segmento de monitoreo de red.

- b. Se coloca una línea para la acción del paro de emergencia, el cual activa de forma permanente (S) una marca llamada “M_RESET”. Debajo de esa línea colocamos un temporizador que esperará 2 segundos (2000ms) para resetear (R) la marca activada.

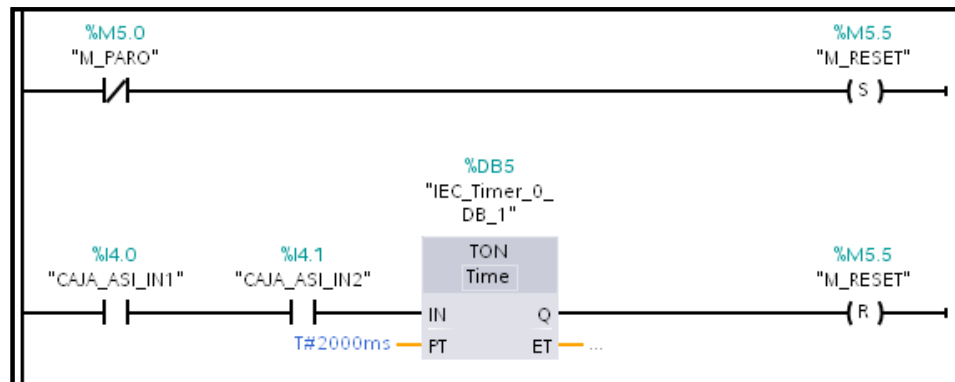


Figura 4.5.2 Acción del paro de emergencia.

- c. Para la marcha del arrancador se utiliza el botón verde, que al detectar el flanco positivo (P) activa la marca permanente (S) “MARCHA”. Tras activar la marcha se habilita la acción del botón rojo, que al pulsarlo activará la marca permanente (S) “INI_APAGADO” que iniciará la secuencia de apagado del motor (conteo de 5s).

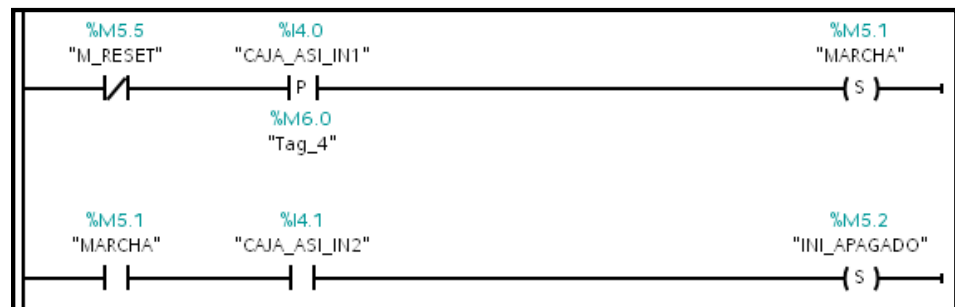


Figura 4.5.3 Marcha del motor.

- d. Para efectuar la secuencia de apagado se ha colocado un temporizador que contará 5000ms y activará momentáneamente la marca “APAGADO”.

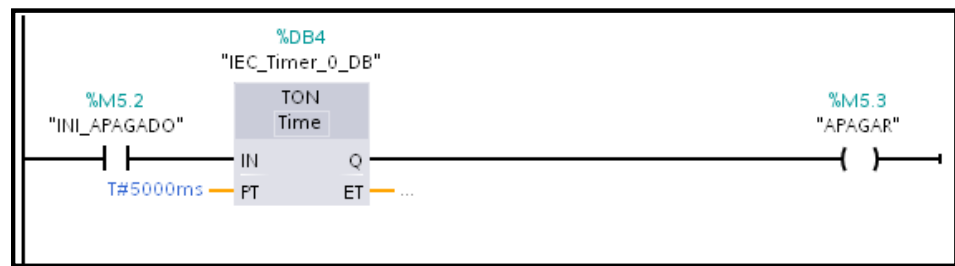


Figura 4.5.4 Tiempo de espera para apagado.

- e. Se direcciona la salida de la marca “MARCHA” con el arrancador Sirius.

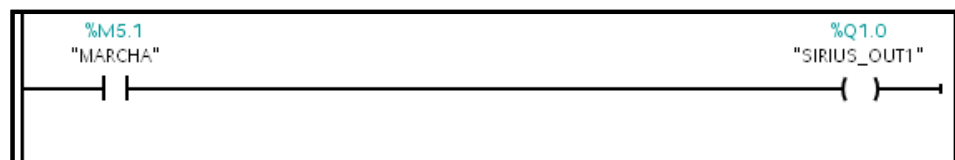


Figura 4.5.5 Direccionamiento del arrancador compacto.

- f. El accionamiento de la sirena responderá a las siguientes acciones:
1. Cuando se activa la marca “M_RESET” (paro de emergencia) sonará a una frecuencia de 2.5Hz.
 2. No está presionado el paro de emergencia y hay una falla en la red, sonará a 1 Hz.

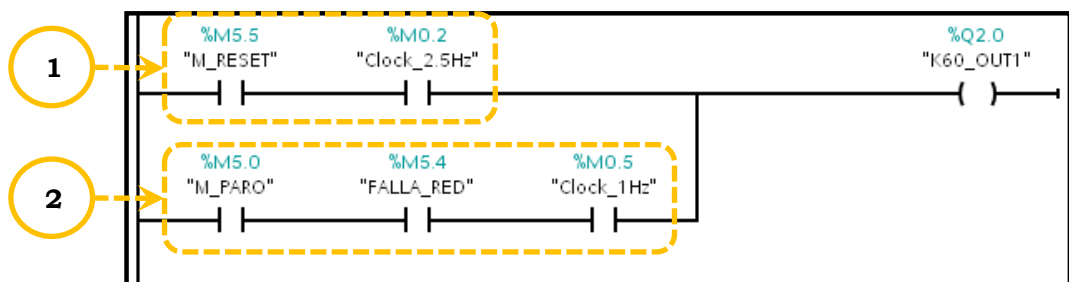


Figura 4.5.6 Acción de la sirena.

- g. La acción de la baliza roja responde a las siguientes acciones:
1. No se ha presionado el PE, no hay falla en la red, se ha dado marcha y no se ha presionado el botón rojo (apagar).
 2. No se ha presionado el PE y hay falla en la red parpadea a 5Hz.

3. Si no se presionan los botones verde y rojo, y se ha presionado el PE parpadea a 2.5Hz (igual que la sirena).

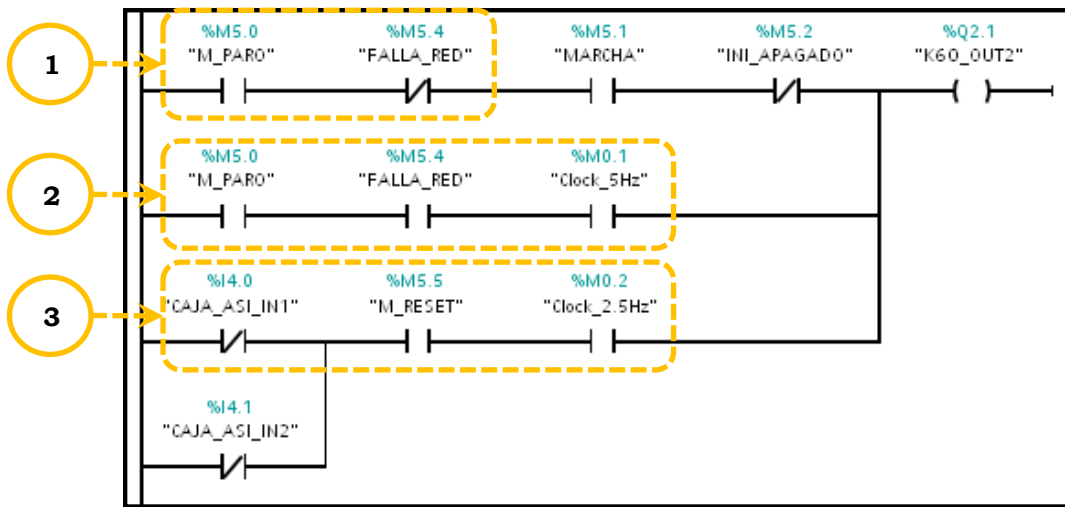


Figura 4.5.7 Acción de la baliza roja.

- h. La acción de la baliza amarilla responde a las siguientes acciones:
 1. Si se ha iniciado la secuencia de apagado (pulsado botón rojo) parpadea a 1.25Hz.
 2. Se ha presionado el PE y pulsamos los botones verde y rojo.

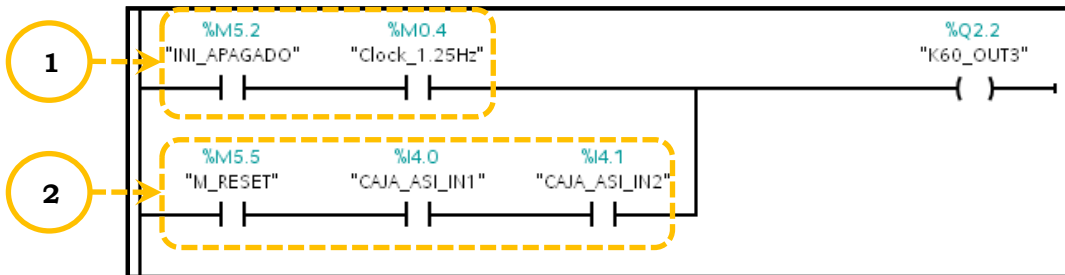


Figura 4.5.8 Acción de la baliza amarilla.

- i. La acción de la baliza verde responde a las siguientes acciones:
 - No se ha presionado el PE y la marca "MARCHA" está desactivada.

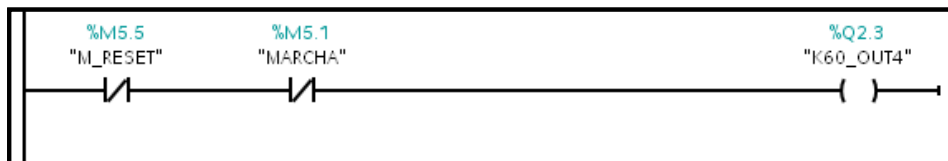


Figura 4.5.9 Acción de la baliza verde.

- j. Para resetear la marca “MARCHA”, que acciona el arrancador compacto, se debe presionar el botón rojo (apagar) o el PE.

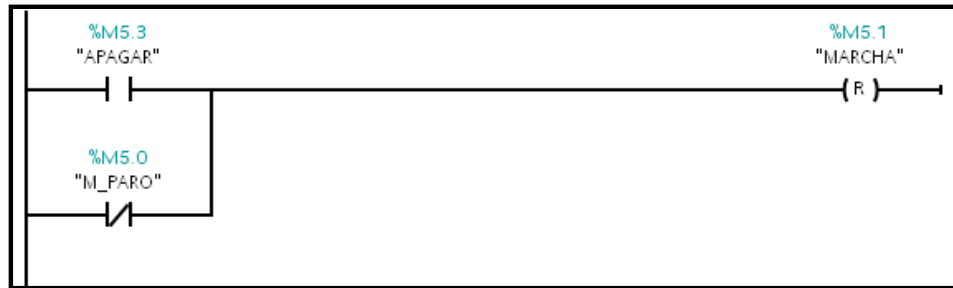


Figura 4.5.10 Reset par apagar motor.

- k. Para resetear la “INI_APAGADO”, que inicia la secuencia de apagado, se deben presionar el botón rojo (apagar) o el PE.

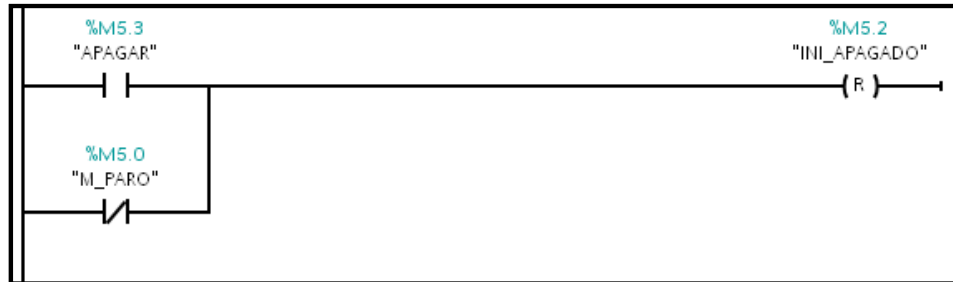


Figura 4.5.11 Reset de secuencia de apagado.

CONCLUSIONES.

Con la implementación del módulo pudo demostrarse la reducción de espacio en el cableado de los elementos de campo, contando con un total de 8 entradas y 8 salidas discretas a través de los módulos pasivos, el control del arrancador compacto y la seguridad del paro de emergencia.

Se pudo demostrar la eficiencia de la red a nivel de campo al lograrse comandar elementos convencionales como finales de carrera, bobinas de relés, torres luminosas, y a la vez su flexibilidad al combinar las señales de éstos elementos junto con la de los esclavos con chip AS-i.

El levantamiento de la red se lo realizó de manera sencilla y rápida, siendo el direccionamiento de E/S de forma eficaz. Además el monitoreo de la red permitió que se percatara de que todos los elementos configurados en la red se encuentren conectados, accediendo a la colocación de una alarma sonora-visual que alertara algún problema en la red.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda que se coloquen todos los esclavos declarados en la configuración de red antes del encendido del equipo para que el maestro realice el reconocimiento satisfactoriamente y evitar que el controlador decrete un error antes de iniciar la aplicación.

Debe considerarse la carga total de los sensores y actuadores a conectarse al módulo AS-i para circuito impreso evitando sobrepasar la corriente máxima de operación. Puede consultarse la hoja de datos del esclavo en cuestión para confirmar la corriente máxima y evitar caídas de tensión que reflejarán perturbaciones en la red.

La red AS-i está diseñada para señales que no requieren un tiempo de respuesta crítico, en tal caso, para velocidades superiores tendrá que pasar a otro nivel de comunicación según la aplicación lo demande.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.

°	ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Planificación.	■	■	■																					
2	Aprobación.			■	■																				
3	Adquisición de materiales.					■	■	■		■	■	■	■	■	■	■									
4	Definición de estructura final.						■	■																	
5	Implementación de diseño de módulo														■	■									
6	Diseño de aplicaciones.														■										
7	Cableado y montaje.															■									
8	Pruebas y evaluación.															■	■								
9	Elaboración del documento.																		■	■	■	■	■	■	■

PRESUPUESTO.

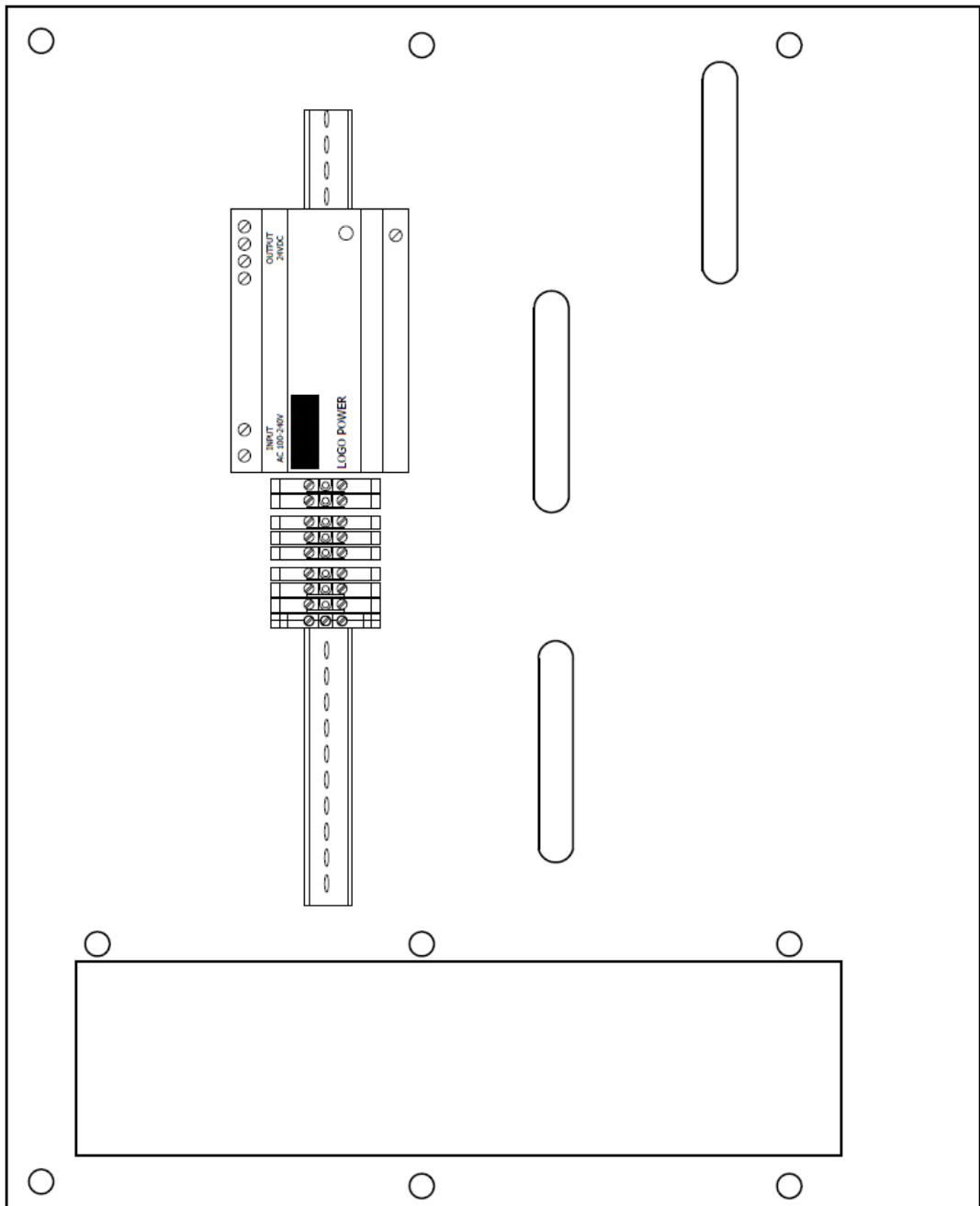
El presupuesto estimado para la realización de este proyecto está detallado en la siguiente tabla:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
1	Fuentes de poder 24VDC 3,1A max. Fuente rango ampliado 100-240VAC.	
2	Fuente de poder ASi/ 3A máx.	
3	CPU Siemens S7-200 tipo compact. Incluye: bornes de simulación tipo toggle y módulo de comunicación AS-i.	
4	Módulo ASI 4DI/4dO formato IP66, incluye base y 8 conectores para conexión frontal.	
5	"Arrancador compacto con módulo de comunicación ASI en modo esclavo y fuente de control a 24VDC".	
6	Módulo esclavo para circuitos impresos de 4DI/4DQ.	
7	Módulo esclavo Pulsador de Emergencia.	
8	Cable perfilado ASI RED 1m	
9	Cable perfilador ASI fuente 1m.	
10	Baliza.	
11	Estructura metálica.	
TOTAL		\$ 4410,00

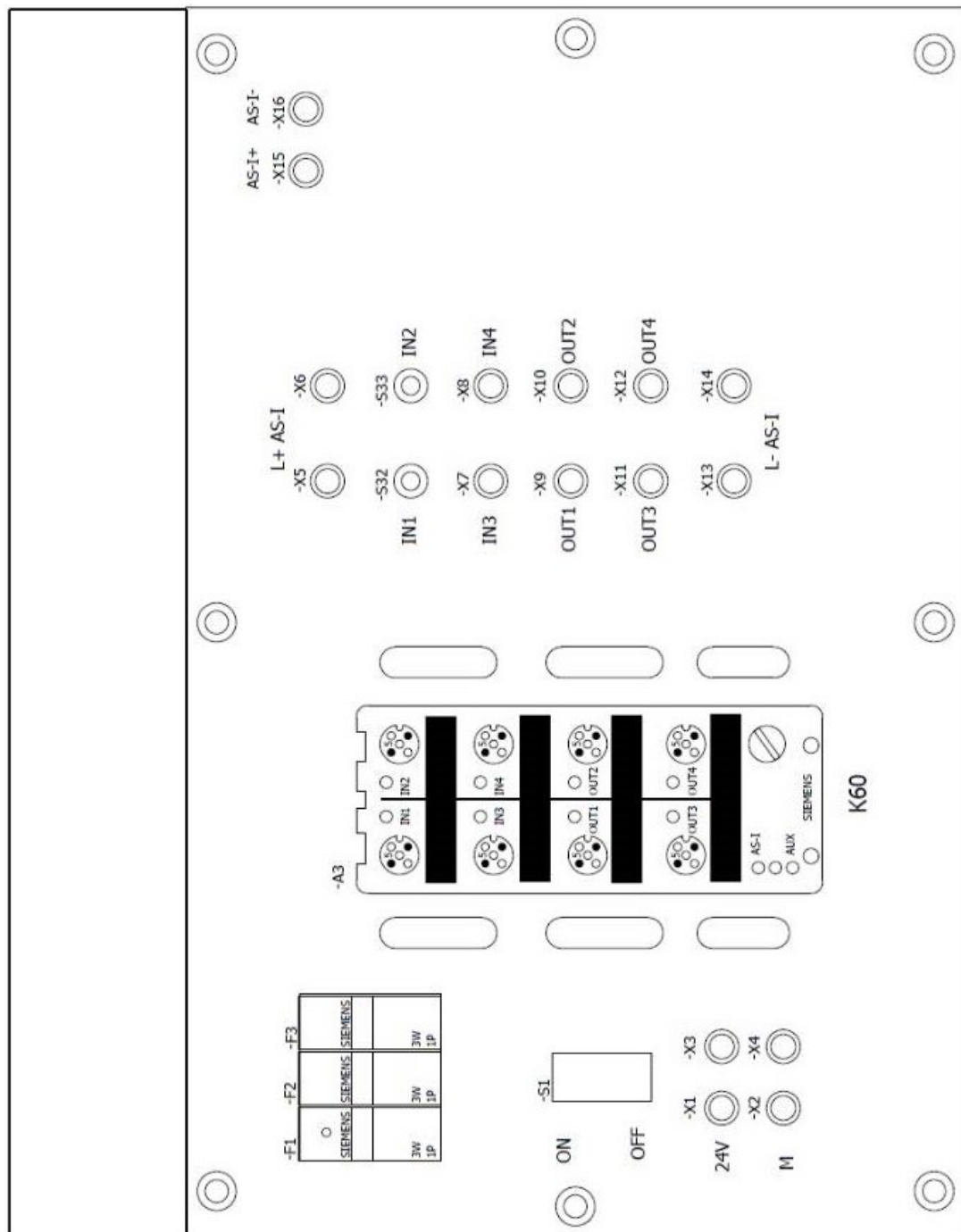
REFERENCIAS.

- Antonio Creus Solé. (2010). *Instrumentación industrial*. Mexico: Marcombo.
- Antonio Javier Barragán Piña. (2015). *Ampliación de Automatización Industrial*. Recuperado el 2015, de Ampliación de Automatización Industrial: http://www.eici.ucm.cl/Academicos/lpavesi/archivos/Apuntes/Apuntes%20Arq.%20de%20Comp.%20I/Transparencias_Tema2_Jerarquizacion_de_las_Counicaciones.pdf
- Aquilino Rodríguez Penin. (2008). *Comunicaciones Industriales - Guía práctica*. México: Marcombo.
- Javier Antonio Barragán Piña. (2015). *Tutoría Virtual de A. Javier Barragán Piña*. Recuperado el 2015, de Tutoría Virtual de A. Javier Barragán Piña: <http://www.uhu.es/antonio.barragan/book/export/html/125>
- Rockwellautomation. (2015). *Rockwell Automation*. Recuperado el 2015, de Rockwell Automation: http://www.rockwellautomation.com/rockwellautomation_es/news/the-journal/exclusive/2011/march3.page
- SCHNEIDER. (2015). *Schneider Electrics*. Recuperado el 2015, de <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/customers/contractors/training/training.page>
- SIEMENS. (2006). *INFOPLC*. Recuperado el 2015, de SIMATIC NETAS-Interface - Introducción y Nociones fundamentales, Edición 04/2006, C79000-G8978-C089-04
- SIEMENS. (2015). Industrial Ethernet. Alemania.
- SIEMENS. (2015). Profinet. Alemania.
- SIEMENS. (2015). *SCE - Siemens Automation Cooperates with Education*. Recuperado el 2015, de SCE - Siemens Automation Cooperates with Education: https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/e_education/pages/default.aspx

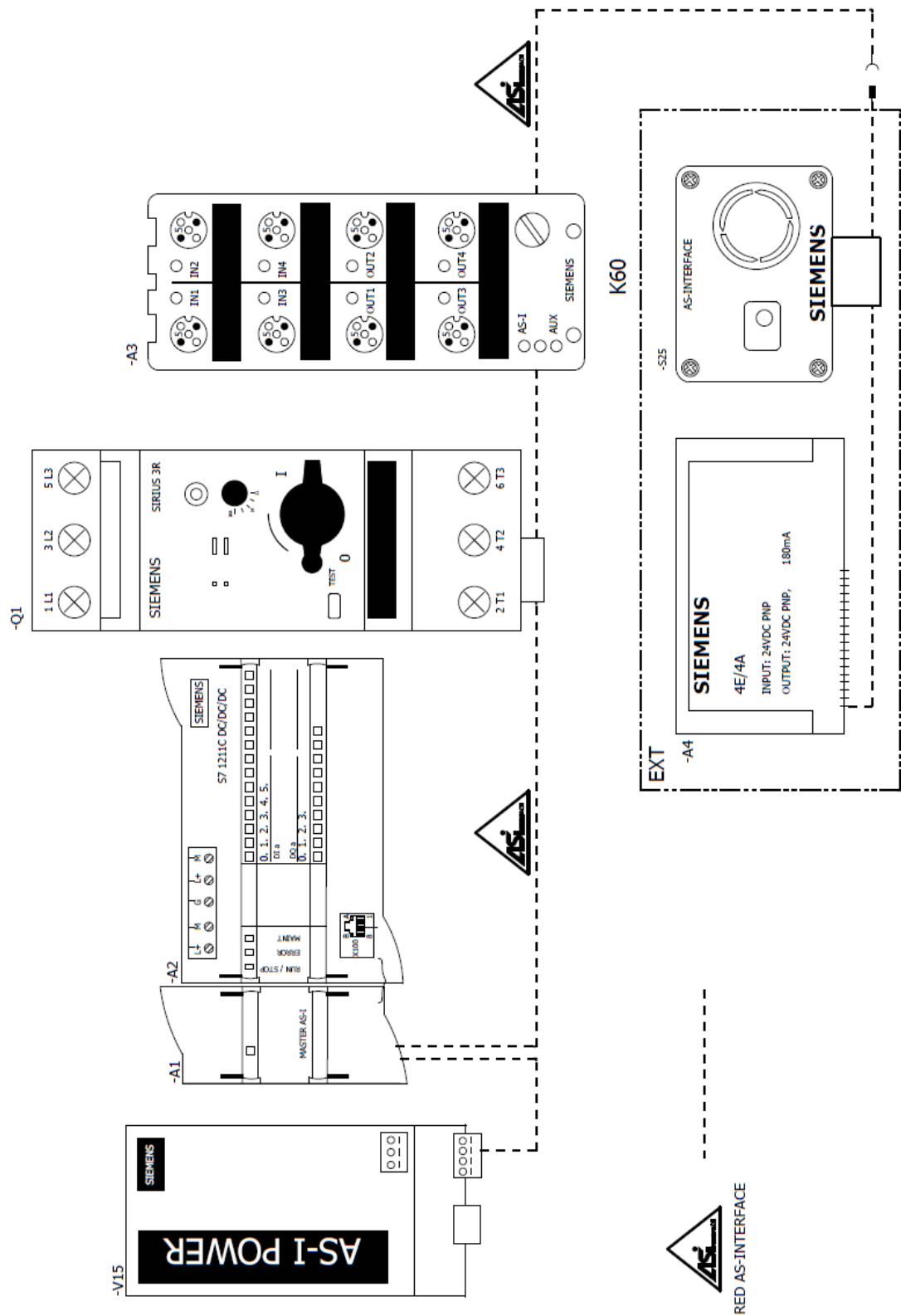
Anexo 2 Disposición de elementos – Parte interior.



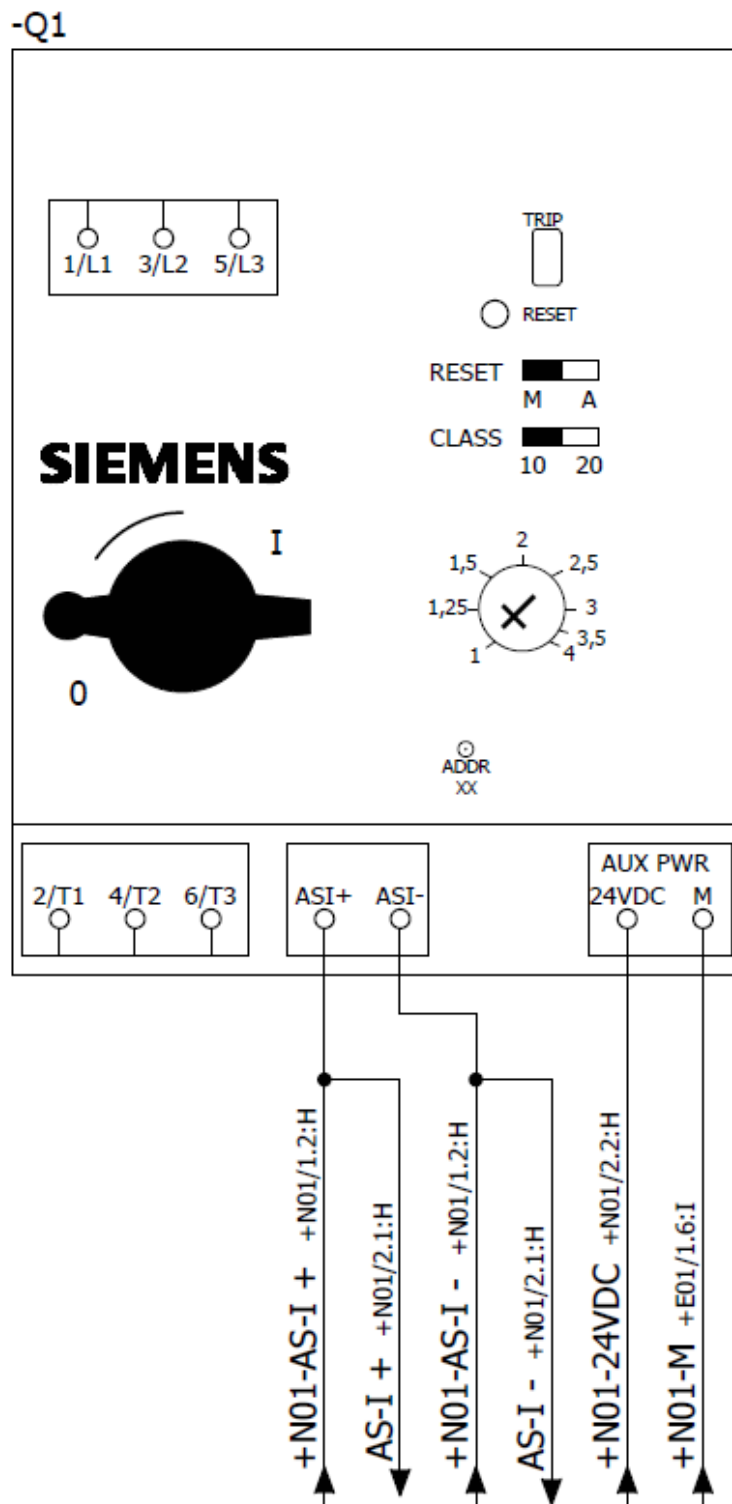
Anexo 3 Disposición de elementos – Parte horizontal.



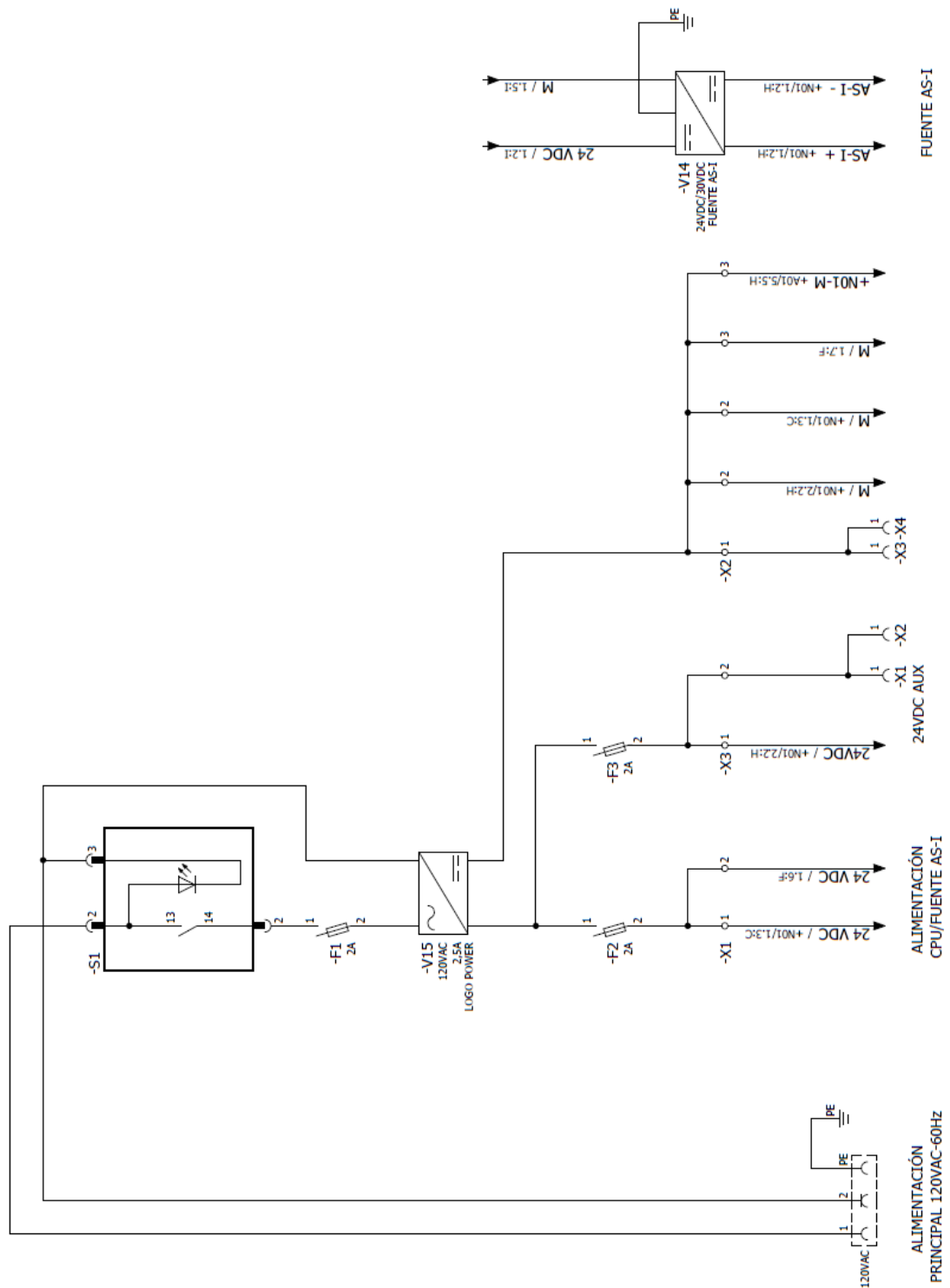
Anexo 4 Diagrama de redes.



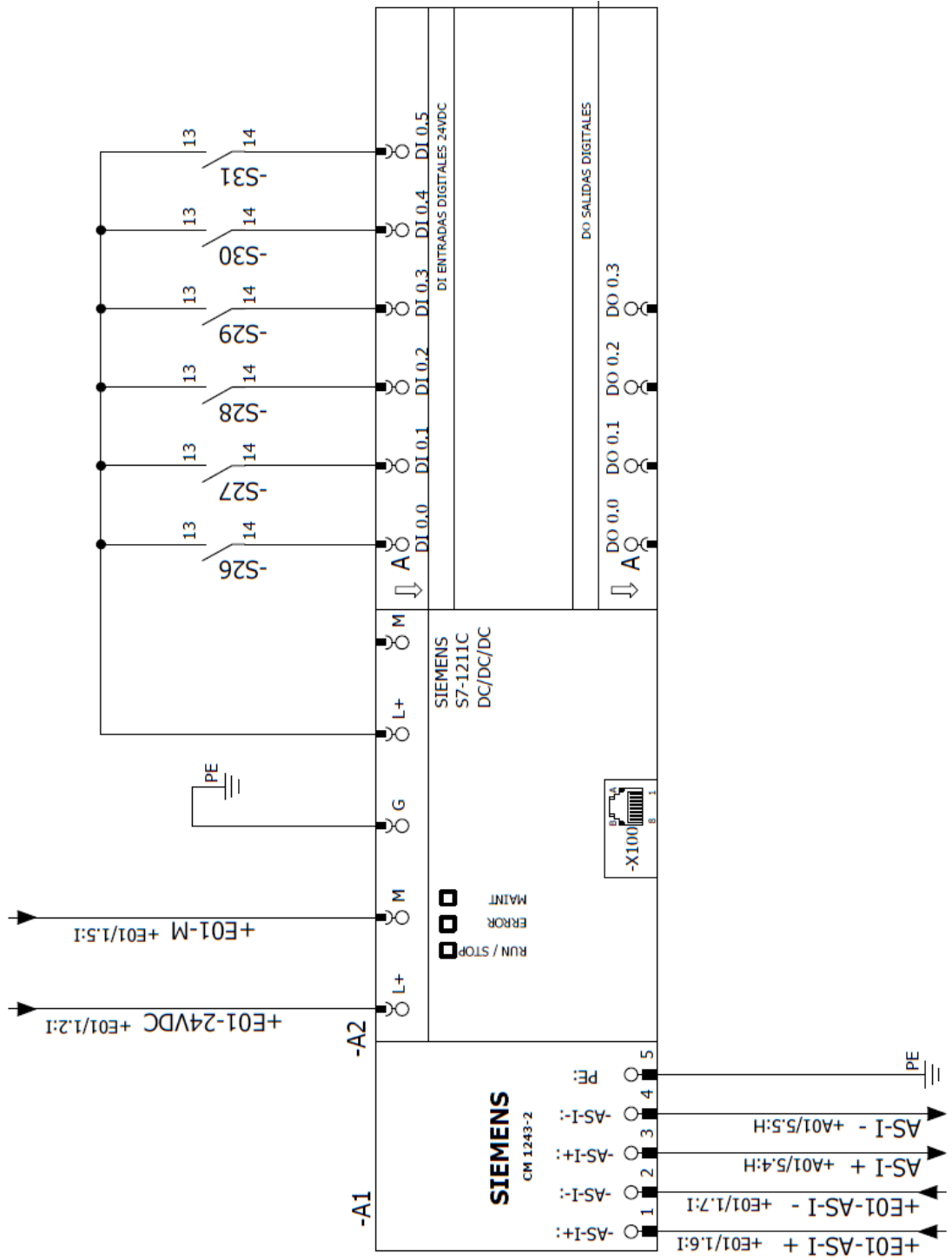
Anexo 5 Arrancador compacto.



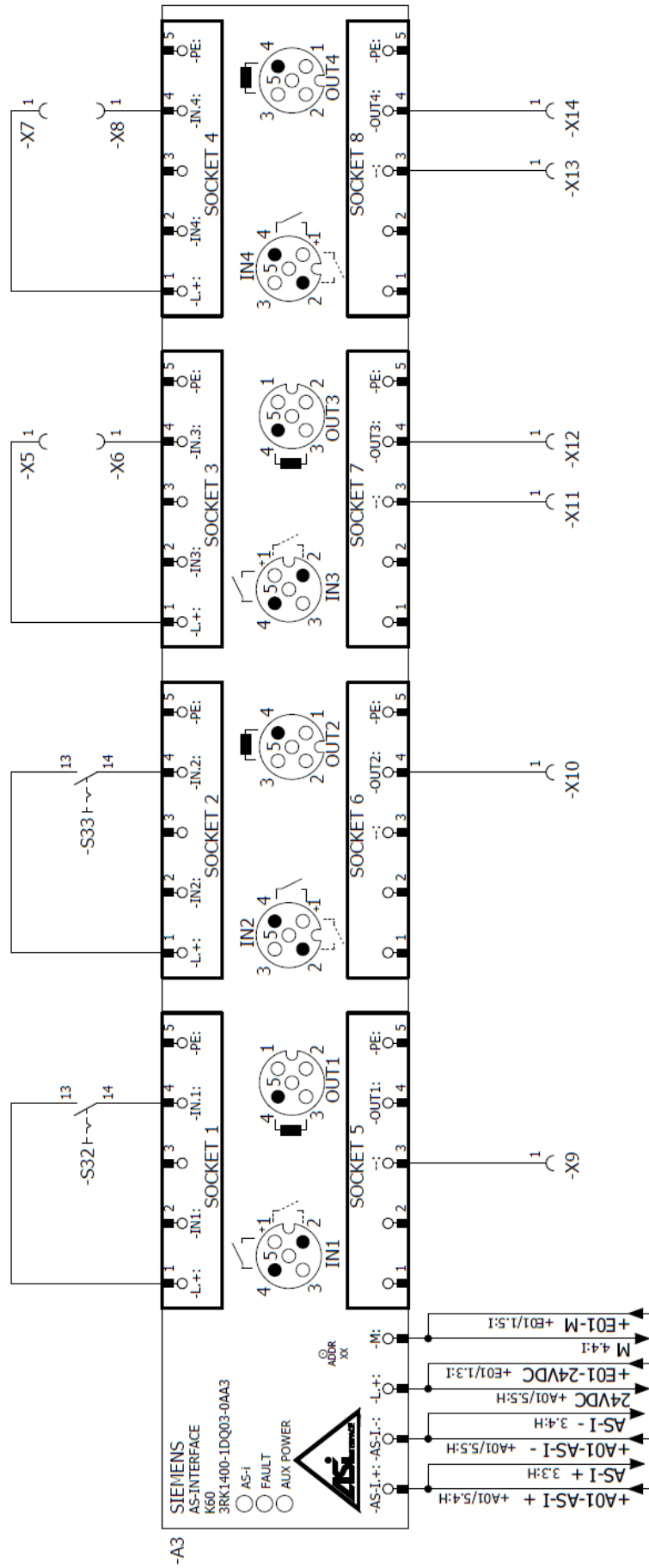
Anexo 6 Distribución de 120VAC – 24VDC.



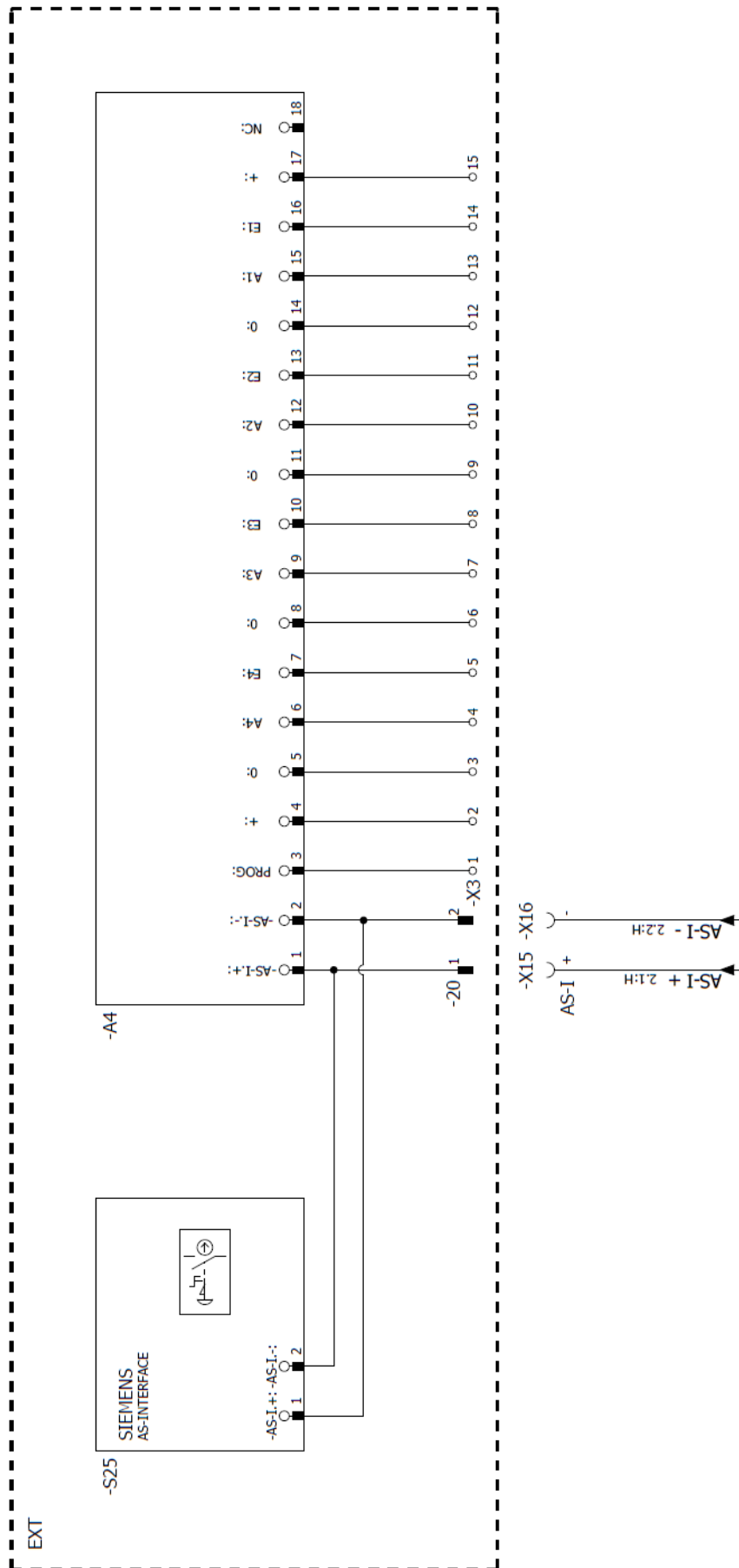
Anexo 7 CPU 1211C.



Anexo 8 Módulo K60.



Anexo 9 Módulo AS-i para circuito impreso.



Anexo 10 Baliza.

