



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN
Y AVIÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**TEMA: “CONTROL DE LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP – 001
MEDIANTE ESCLAVOS AS-i ANALÓGICOS PARA
PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL
LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DE LA
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”**

AUTOR: QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO

DIRECTOR: ING. PABLO PILATASIG

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

CERTIFICACION

Certifico que el trabajo de titulación, “**CONTROL DE LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP – 001 MEDIANTE ESCLAVOS AS-i ANALÓGICOS PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE**” realizado por el señor **QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 mayo del 2017

SR. ING. Pablo Pilatasig

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO

DECLARO QUE:

Este trabajo de titulación **“CONTROL DE LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP – 001 MEDIANTE ESCLAVOS AS-i ANALÓGICOS PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, respetando derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

Latacunga, 16 Mayo del 2017

QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO

C.I. 050298381-0



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“CONTROL DE LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP – 001 MEDIANTE ESCLAVOS AS-i ANALÓGICOS PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad

Latacunga, 16 Mayo de 2017

QUISPE SALAZAR WILMER FERNANDO

C.I. 050298381-0

DEDICATORIA

A mis padres Manuel Quispe y María Salazar por ser el pilar fundamental de mi familia por ser unas personas luchadores y ejemplo de superación para todos, por sus consejos abrazos y besos por ser los mejores padres que puede tener.

A mis hermanas por siempre alentarme cuando me sentía mal por las situaciones que he pasado en mi vida hasta llegar a estas instancias.

A Adriana Maricela Correa Tenorio por siempre decirme e incluso insistirme que nunca abandone mis sueños y ayudarme a ser mejor persona cada día.

AGRADECIMIENTO

Gracias Dios por el regalo de la vida, bendecirme para poder alcanzar una meta más en mi vida, por ayudarme a salir adelante cuando las cosas no salían como quería, por nunca desampararme en mis momentos más difíciles por ser mi fortaleza.

A mi director de carrera Ing. Pablo Pilatasig por abrirme las puertas y darme la oportunidad de estudiar esta carrera, por sus conocimientos impartidos, así como sus consejos y ánimos, por ser una gran persona.

A todos quienes de una u otra manera han contribuido para lograr llegar a esta instancia de mi vida.

Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACION.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos	2
1.5 ALCANCE	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEORICO	4
2.1 Automatización Industrial.....	4
2.2 Sistemas Industriales de Control	4
2.2.1 Control Centralizado.....	4

2.2.2	Control Distribuido.....	5
2.2.3	Control Híbrido	5
2.3	Modelo OSI.....	6
2.3.1	Capas del Modelo OSI	6
2.3.2	Ventajas de la División en Siete Capas.....	7
2.4	Sistemas de Transmisión de la Señal.....	7
2.4.1	Niveles de Tensión.....	8
2.4.2	Bucle de Corriente.....	8
2.5	Redes Industriales	9
2.5.1	Beneficios de una Red Industrial.....	10
2.6	Pirámide de Automatización (CIM)	11
2.7	Protocolos de Comunicación	12
2.8	Tecnología de Buses de Campo.....	13
2.8.1	Ventajas de un Bus de Campo.....	14
2.8.2	Desventajas de un Bus de Campo	14
2.8.3	Buses Existentes.....	15
2.9	Bus de Campo AS-i	15
2.9.1	Introducción.....	15
2.9.2	Historia	16
2.9.3	Concepto.....	16
2.9.4	Características Principales.....	17
2.9.5	Ventajas del Sistema AS-i.....	19
2.9.6	Componentes del Sistema AS-i.....	20
2.10	PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Rly	27
2.10.1	Capacidad de expansión de la CPU.....	28
2.10.2	Módulo de comunicación CM1243-2.....	28

2.11	Paneles SIMATIC HMI.....	29
2.11.1	Características	29
2.11.2	. Componentes de la HMI KTP600 PN mono basic.....	29
2.12	Variador de velocidad Powerflex4.....	30
2.12.1	Características	31
2.12.2	Cableado de control	31
	CAPÍTULO III.....	33
	DESARROLLO DEL TEMA.....	33
3.1	Preliminares.....	33
3.2	Requerimientos mínimos de Hardware.....	33
3.2.1	PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly	33
3.2.2	Maestro AS-i CM 1243 – 2	34
3.2.3	Fuente de alimentación AS-i	34
3.2.4	Módulo de salidas analógicas AS-i.....	35
3.2.5	Módulo de entradas analógicas AS-i	35
3.2.6	Touch Panel KTP 600 PN	36
3.3	Conexión de los dispositivos.....	36
3.4	Programación en el software TIA PORTAL	37
3.4.1	Creación del proyecto en el software TIA PORTAL	37
3.4.2	Insertar y configurar el controlador.....	38
3.4.3	Programación del proyecto.....	47
3.4.4	Añadir el dispositivo HMI al proyecto	51
3.4.5	Transferencia de la programación al PLC.....	55
3.4.6	Transferencia de la programación a la TOUCH PANEL.....	57
3.5	Pruebas funcionales	58
	CAPÍTULO IV.....	60

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
4.1 Conclusiones	60
4.2 Recomendaciones	61
GLOSARIO DE TERMINOS	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	63
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	15
Tabla 2.....	24
Tabla 3.....	50
Tabla 4.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Control centralizado.....	5
Figura 2 Control distribuido.....	5
Figura 3 Capas del modelo OSI.....	6
Figura 4 Bucle analógico de corriente.....	9
Figura 5 Escenario de las redes industriales.....	10
Figura 6 Pirámide de automatización.....	12
Figura 7 Sistema de cableado convencional vs Bus de campo.....	14
Figura 8 Ubicación de AS-i en la pirámide de automatización.....	17
Figura 9 Conexión AS-i.....	18
Figura 10 Comparativa gráfica entre el sistema convencional y AS-i.....	20
Figura 11 Dimensiones cable AS-i.....	23
Figura 12 Distancia de la red As-i sin elementos de expansión.....	25
Figura 13 Conectores para esclavos AS-i.....	25
Figura 14 Módulo As-interface.....	27
Figura 15 PLC S7-1200.....	27
Figura 16 Capacidad de expansión.....	28
Figura 17 Uso del módulo maestro AS-i CM 1243-2 en S7-1200.....	28
Figura 18 Componentes del KTP600 PN mono basic.....	30
Figura 19 Control de cableado.....	32
Figura 20 Alimentación del PLC 1200.....	34
Figura 21 Conexión del Maestro AS-i al PLC.....	34
Figura 22 Fuente de alimentación AS-i.....	35
Figura 23 Módulo de salidas analógicas.....	35
Figura 24 Conexión de la Touch a la red AS-i.....	36
Figura 25 Conexión de la red AS-i.....	36
Figura 26 Ingreso al TIA PORTAL.....	37
Figura 27 Crear nuevo proyecto.....	38
Figura 28 Agregar dispositivo.....	38
Figura 29 Selección del Controlador.....	39
Figura 30 Agregar Subred.....	39
Figura 31 Asignación de la dirección IP.....	40

Figura 32 Insertar el módulo de comunicación	40
Figura 33 Insertar el módulo de comunicación	41
Figura 34 Interfaz AS-i	41
Figura 35 Direcciones E/S	42
Figura 36 Agregar módulo analógico de entrada.....	42
Figura 37 Agregar módulo analógico de salida.....	43
Figura 38 Interconexión de dispositivos.....	43
Figura 39 Agregar subred	44
Figura 40 Dirección AS-i de la interfaz.....	44
Figura 41 Rango de medida.....	45
Figura 42 Direcciones de E/S	45
Figura 43 Agregar Subred.....	46
Figura 44 Interconexión de dispositivo.....	46
Figura 45 Rango de salida	47
Figura 46 Direcciones E/S del módulo analógico de salida	47
Figura 47 Bloques de programa.....	48
Figura 48 Editor de programa	48
Figura 49 Instrucción MOVE	49
Figura 50 Segmento 1	49
Figura 51 Segmento 2	50
Figura 52 Segmento 2	51
Figura 53 Agregar HMI.....	51
Figura 54 Configuración de las conexiones del PLC	52
Figura 55 Configuración de avisos.....	52
Figura 56 Pantalla HMI	53
Figura 57 Configuración de la dirección IP	53
Figura 58 Diseño de la TOUCH PANEL.....	54
Figura 59 Elemento Caudal con su respectivo Tag	54
Figura 60 Elemento Bomba con su respectivo Tag	55
Figura 61 Transferir el programa	55
Figura 62 Transferir el programa	56
Figura 63 Transferir el programa	56
Figura 64 Transferir el programa	57

Figura 65 Transferir el programa a la pantalla HMI.....	57
Figura 66 Transferencia del programa a la pantalla HMI	58
Figura 67 Ventana de Cargar en dispositivo.....	58
Figura 68 Red AS-i en funcionamiento	59

RESUMEN

La finalidad de este proyecto técnico de graduación es la implementación de un protocolo de comunicación AS-i para el control de la estación de caudal CCP – 001 mediante esclavos analógicos AS-i que posteriormente serán usados para prácticas de control de procesos en el laboratorio de instrumentación virtual, el bus AS-i necesita de una fuente independiente de alimentación (30 V DC) la cual está conectada por el cable AS-i, el cual es autocatratizante y está codificado mecánicamente para evitar su polarización incorrecta a través del cable se transmite alimentación y datos hacia los sensores y actuadores (esclavos AS-i de entradas analógicas 3RK2207-2BQ50-0AA3 y salidas analógicas 3RK1107-2BQ40-0AA3), los cuales son conectados al cableado mediante pines de penetración haciendo que el cableado sea mucho más sencillo y económico, el bus AS-i usa un solo maestro (CM 1243-2) el cual es conectado al lado izquierdo del PLC (S7-1200) y cuya programación se realizó en el software TIA PORTAL V12, mediante Profinet se realizó la interconexión de la PC, PLC y la Touch Panel que trabajan simultáneamente para el HMI (Interfaz Hombre Máquina), para lo cual se programó en la pantalla táctil (KTP600 Basic mono PN) que sirvió para variar la velocidad de la bomba hidráulica y de esta manera controlar el flujo de líquido del tanque reservorio de la estación de manera didáctica y fácil de usar y comprender, una vez terminada la implementación del HMI se realizó pruebas de funcionamiento obteniendo una excelente comunicación entre los diferentes dispositivos integrados a las red AS-i

Palabras Claves

- **AS-i**
- **TIA PORTAL**
- **Maestro - Esclavo**
- **HMI**

ABSTRACT

The purpose of this technical graduation project is the implementation of an AS-i communication protocol for the control of the CCP-001 flow station using analogue AS-i slaves that will later be used for process control practices in the Virtual instrumentation Laboratory, the AS-i bus needs an independent power supply (30 V DC) which is connected by the AS-i cable, which is self-healing and mechanically coded to avoid incorrect polarization through the cable, to sensors and actuators (AS-i slaves of analog inputs 3RK2207-2BQ50-0AA3 and analog outputs 3RK1107-2BQ40-0AA3), which are connected to the wiring through penetration pins making wiring much easier and cheaper, The AS-i bus uses a single master (CM 1243-2) which is connected to the left side of the PLC (S7-1200) and whose programming was performed in the software TIA PORTAL V12, through Profinet was made the interconnection of the PC, PLC and Touch Panel that work simultaneously for the HMI (Human Machine Interface), for which it was programmed on the touch screen (KTP600 Basic mono PN) which served to vary the speed of the hydraulic pump and in this way to control the liquid flow of the reservoir tank of the station in a didactic and easy way to use and understand, once the implementation of the HMI was finished the tests were performed obtaining an excellent communication between the different devices integrated to the AS-i network.

KEYWORDS:

- **AS-I**
- **TIA PORTAL**
- **Master - Slave**
- **HMI**

CHECKED BY:
Lcda. MARÍA ELISA COQUE
ENGLISH TEACHER UGT

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

TEMA:

1.1 ANTECEDENTES

El laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías está dotado de una estación de caudal CCP – 001 elaborado por "CHICAIZA COCHA JAIRO JAVIER, PULIDO CAJAMARCA RUBÉN JAVIER, CRUZ QUIMBIULCO DARIO JAVIER" en el cual se desarrolló una interfaz HMI y CONTROLES P, PI, PD Y PID mediante el software TIA PORTAL y LABVIEW.

La red AS Interface (AS-i) es un bus de sensores y actuadores estandarizada a nivel mundial de la automatización industrial, además es considerada como el más económico y sencillo, ideal para la comunicación usada en el área de producción de las industrias por su alto nivel de protección al polvo y chorros de agua (IP 65).

En la carrera de Electrónica es necesario que los alumnos desarrollen destrezas y habilidades para ser capaces de desempeñar cualquier función en la vida profesional relacionadas con el monitoreo y control de procesos industriales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE existe una estación de caudal CCP – 001 la cual nos permite el monitoreo y control del fluido de agua mediante varios buses de comunicación como PROFIBUS, MODBUS. Excepto con el protocolo de comunicación AS-i.

La red de comunicación AS-i es muy utilizada en las diferentes compañías e industrias a nivel nacional y mundial debido a su gran acogida en el mercado, por sus ventajas y bajos costo con respecto a otros

protocolos de comunicación, esta red se encuentra en el nivel más bajo de la pirámide de automatización.

Al implementar este protocolo de comunicación garantizaríamos que los técnicos que se especializan en la Unidad de Gestión de Tecnologías obtengan conocimientos teóricos y prácticos y así puedan desempeñarse de mejor manera en el campo laboral.

1.3 JUSTIFICACION

La implementación del presente proyecto técnico se realizará debido a la necesidad de trabajar con otro protocolo de comunicación en la estación de caudal CCP – 001, usando un maestro AS-i y esclavos de entrada/salida, complementar los conocimientos en control de procesos.

La red AS-i fue desarrollada para complementar los demás sistemas y hacer más simples y rápidas las conexiones entre sensores y actuadores, así como sus respectivos controladores.

La razón principal para el desarrollo del proyecto es controlar y monitorear la estación de caudal mediante esclavos AS-i analógicos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Controlar la estación de caudal CCP- 001 mediante esclavos AS-i analógicos para prácticas de control de procesos en el laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Indagar información referente al bus de comunicación AS-i, del maestro AS-i y de los esclavos de entradas y salidas analógicas para conocer los requerimientos mínimos para el montaje de una red AS-i
- Configurar al PLC S7-1200 – CPU 1212C AC/DC/Rly mediante el software TIA PORTAL para la comunicación con los esclavos AS-i.

- Construir una red AS-i para el control de la estación de caudal CCP – 001 mediante un HMI.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la red AS-i con la ayuda de un HMI para el control de la estación de caudal CCP - 001.

1.5 ALCANCE

El proyecto técnico de control automatizado y monitoreo de la estación de caudal CCP–001 va dirigido a los alumnos de la Carrera de Electrónica de la Unidad de Gestión de Tecnologías en la cual permite la familiarización con el protocolo de comunicación AS-i lo cual ayudara a un mejor desempeño de los estudiantes en su vida profesional.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Automatización Industrial

Según (jacape, 2016) define a la automatización como:

La Automatización Industrial se ha convertido en un medio fundamental para mejorar el rendimiento y la eficacia de las funciones operacionales de una empresa industrial moderna. La obtención de datos en el momento y punto de origen, al integrarse al ciclo de procesamiento y control de las operaciones y al actualizar las bases de datos en forma automática, permite la toma de decisiones operacionales, tácticas y estrategias más eficaces cualquiera que sea la naturaleza de la empresa. Las estrategias básicas en la automatización de procesos industriales están dirigidas hacia los siguientes objetivos:

- 1.- Aumentar la eficiencia de las operaciones y procesos industriales a través de la aplicación de las modernas tecnologías de la Electrónica, la Informática y las Telecomunicaciones.
- 2.- Incrementar la productividad de los recursos. (pág. 1)

2.2 Sistemas Industriales de Control

Se diferencian tres tipos de sistemas de control industrial: control centralizado, control híbrido y control distribuido. La categoría de las tareas a realizar, establecerá en varios casos la elección de un tipo u otro de control.

2.2.1 Control Centralizado

Según (Hurtado Torres, 2015) acota que:

Esta aproximación es la que se sigue en el caso de sistemas poco complejos, donde un proceso puede ser gestionado directamente mediante un único elemento de control encargado de realizar todas las tareas del proceso de producción y que puede incluir un sistema de monitorización y supervisión. (pág. 3) **ver figura 1.**

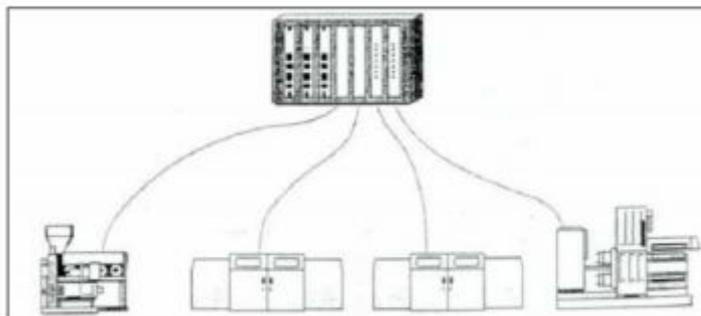


Figura 1 Control centralizado

Fuente: (Castro, 2013)

2.2.2 Control Distribuido

“Requiere que puedan considerarse procesos, áreas funcionales susceptibles de ser definidas por un algoritmo de control que pueda realizarse de forma autónoma. A cada unidad se destinará un autómata dimensionado de acuerdo con los requerimientos del proceso considerado.” (Hurtado Torres, 2015, pág. 3) **ver figura 2.**

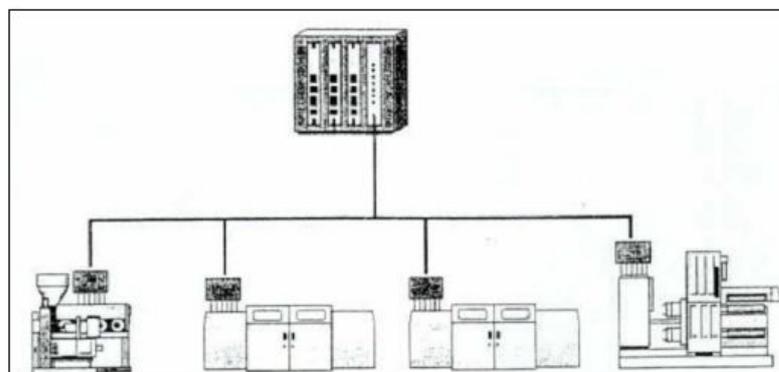


Figura 2 Control distribuido

Fuente: (Castro, 2013)

2.2.3 Control Híbrido

“El control híbrido no está muy bien definido, ya que este tipo de gestión de planta puede considerarse a cualquier estrategia de distribución de elementos de control a medio camino entre el control distribuido y el control centralizado.” (Hurtado Torres, 2015, pág. 3) **ver la figura 3.**

2.3 Modelo OSI

La publicación de (Godoy, 2016) dice que el modelo OSI:

Para poder simplificar el estudio y la implementación de la arquitectura necesaria, la ISO (Organización Internacional de Normas) creó el modelo de referencia OSI para lograr una estandarización internacional de los protocolos. Este modelo se ocupa de la Interconexión de Sistemas Abiertos a la comunicación y está dividido en 7 capas, entendiéndose por una entidad que realiza de por sí una función específica. **ver figura 3.**

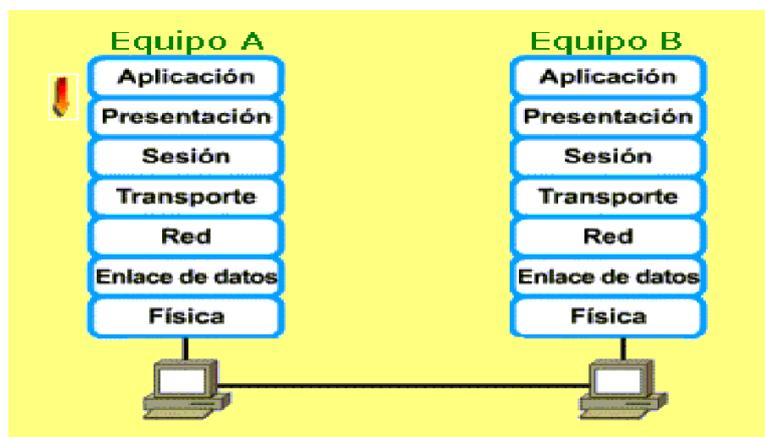


Figura 3 Capas del modelo OSI

Fuente: (uazuay, 2013)

2.3.1 Capas del Modelo OSI

De acuerdo a (Godoy, 2016) define a las capas del Modelo OSI:

Capa Física. - Tiene que ver con el envío de bits en un medio físico de transmisión y se asegura de éstos se transmitan y reciban libres de errores.

Capa de Enlace. - Es la encargada de detectar si una frase se pierde o daña en el medio físico.

Capa de Red.- Se encarga de controlar la operación de la subred. Su tarea principal es decidir cómo hacer que los paquetes lleguen a su destino dado un origen y un destino en un formato predefinido por un protocolo.

Capa de Transporte.- La obligación de la capa de transporte es tomar datos de la capa de sesión y asegurarse que dichos datos lleguen a su destino.

Capa de Sesión.- Esta capa establece, administra y finaliza las sesiones de comunicación entre las entidades de la capa de presentación. Las sesiones de comunicación constan de solicitudes y respuestas de servicio que se presentan entre aplicaciones ubicadas en diferentes dispositivos de red.

Capa de Presentación.- Provee servicios que permiten transmitir datos con alguna sintaxis propia para las aplicaciones o para el nodo en que se está trabajando.

Capa de Aplicación.- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas. Normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes.

2.3.2 Ventajas de la División en Siete Capas

Según (Godoy, 2016) acota que:

- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas.
- Normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes.
- Permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí de una forma totalmente definida.
- Impide que los cambios en una capa puedan afectar las demás capas, de manera que se puedan desarrollar con más rapidez.

2.4 Sistemas de Transmisión de la Señal

“El primer reto de hacer que una señal pueda transmitirse entre dos puntos es hacer que esta llegue en condiciones físicas óptimas al destinatario. Que en el destino se pueda recuperar la señal tal como la han enviado.” (Castro, 2013, pág. 30)

2.4.1 Niveles de Tensión

Según el de (Castro, 2013) estudio constituye que:

Las conexiones físicas en el entorno industrial se realizan mediante interfaces serie. Normalizados por la Asociación de Industrias Electrónicas de los Estados Unidos (EIA). Estos estándares solo determinan las características del soporte de comunicación y cómo debe ser la señal eléctrica.

Son los estándares recomendados (Recommended Standard, RS), de los cuales, los más conocidos son:

- RS-232
- RS-232 A
- RS-485
- TTL

La transmisión por señales de tensión no es recomendable en distancias importantes. Ello es debido a que la tensión depende de la resistencia del cable y de sus capacidades, factores determinados por las dimensiones físicas del mismo. (pág.30)

2.4.2 Bucle de Corriente

Según la investigación de (Castro, 2013) define el bucle de corriente como:

En esta tecnología, los diferentes niveles lógicos se indican mediante niveles de corriente en la línea de transmisión (0mA a 20mA). El bucle analógico de corriente de 4- 20 miliamperios apareció en la década de los 60.

Permite transmitir señales analógicas a gran distancia sin pérdida o modificación de la señal.

Es más robusto frente a interferencias eléctricas que el método basado en niveles de tensión. La transmisión de corriente permite, asimismo, utilizar el mismo cable para transmitir potencia a los dispositivos (alimentación).

Para realizar el bucle de 4-20 mA, hacen falta por lo menos, 4 elementos:

- El emisor.
- La alimentación del bucle.
- El cable.
- El receptor. (pág. 33) **ver figura 4.**

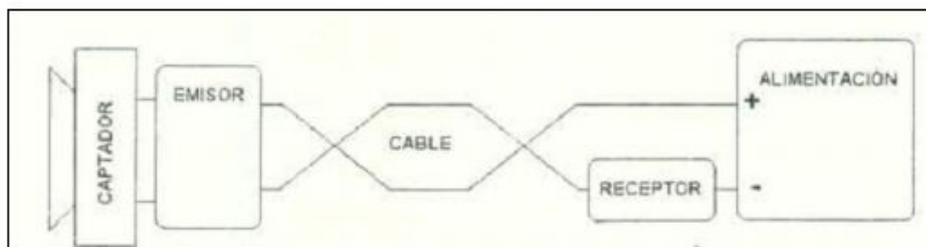


Figura 4 Bucle analógico de corriente

Fuente: (Castro, 2013)

2.5 Redes Industriales

Acorde al estudio de (Cassiolato, 2012) puntualiza las redes industriales como:

Un punto importante es diferenciar red de informaciones, red de control y red de campo. La red de informaciones representa el nivel más elevado de una arquitectura. En grandes corporaciones es actual la elección de una espina dorsal de gran capacidad para interconectar los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning), Supply Chain (supervisión de la cadena de provisiones) y EPS (Enterprise Production Systems).

La red de control tiene la función de interconectar los sistemas industriales de nivel 2 o sistemas SCADA a los sistemas de nivel 1, representados por PLCs y remotas de adquisición de datos. También es posible que equipos de nivel 3, tales como los sistemas PIMS y MES estén conectados a este varamiento. Actualmente el estándar más recomendado es el Ethernet 100 Base-T.

La función de la red de campo es garantizar la conectividad entre los varios dispositivos actuantes directamente en el “suelo de fábrica”, o sea, el nivel 1, sean dispositivos de adquisición de datos, actuadores o PLCs.

Las redes de campo son sistemas de comunicación industrial que usan amplia variedad de medios físicos, tales como cables de cobre y fibras ópticas o inalámbricas para acoplar los instrumentos de campo a un sistema de control o un sistema de supervisión. **ver figura 5.**

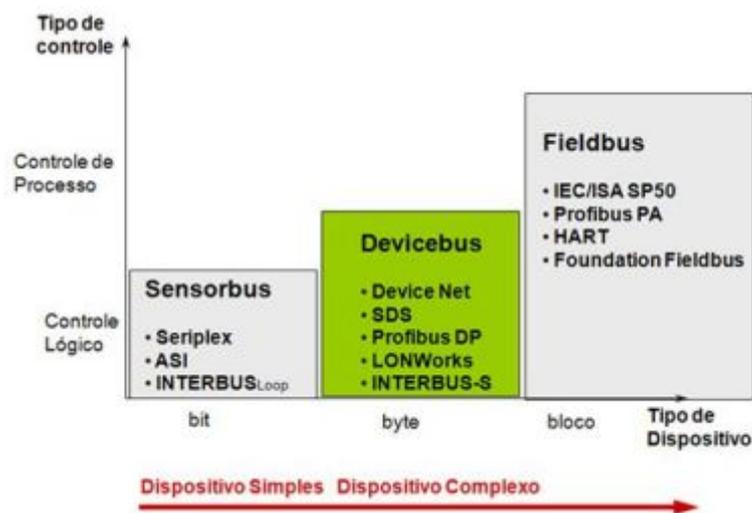


Figura 5 Escenario de las redes industriales

Fuente: (Cassiolato, 2012)

2.5.1 Beneficios de una Red Industrial

Según el estudio de (Cassiolato, 2012) acota que:

Con vistas a reducir costos y aumentar la operatividad de una aplicación se introdujo el concepto de red industrial para interconectar los varios equipos de una aplicación. La utilización de redes y protocolos digitales ha previsto un avance importante en las siguientes áreas:

- Costos de instalación, operación y mantenimiento
- Procedimientos de mantenimiento con la supervisión de activos
- Expansión y upgrade sencillos
- Informaciones de control y calidad
- Determinismo (Permite determinar con exactitud el tiempo necesario de transferencia de informaciones entre los integrantes de la red).

- Tiempos bajos de ciclos
- Varias topologías
- Estándares abiertos
- Redundancia en varios niveles
- Variabilidad más pequeña en las mediciones, con mejora de la precisión
- Mediciones multivariantes
- Etc.

La opción de implementar sistemas de control basados en redes requiere una evaluación para determinar qué tipo de red es más ventajosa al usuario final, lo cual debe buscar una plataforma de aplicación compatible con el mayor número posible de equipos.

2.6 Pirámide de Automatización (CIM)

Según (Portilla, 2016) la pirámide de automatización como:

La necesidad de Integrar los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación) con los de gestión de la empresa. Se obtiene así la denominada fabricación integrada por computador, también conocida como CIM (Computer Integrated Manufacturing).

CIM se aplica en las empresas que tratan de integrar, en mayor o menor medida, y mediante el uso adecuado de computadores, todas las áreas de la empresa:

- Órdenes de entrada
- Control de inventarios
- Planificación de necesidades de materiales
- Diseño del producto y proceso
- Simulación
- Planificación de la fabricación
- Automatización de la producción
- Control de calidad
- Ensamblado automático
- Control de ventas

La división en niveles de la estructura funcional de un proceso propicia la representación de un sistema de fabricación integrada por computador mediante la denominada pirámide CIM. **ver figura 6.**

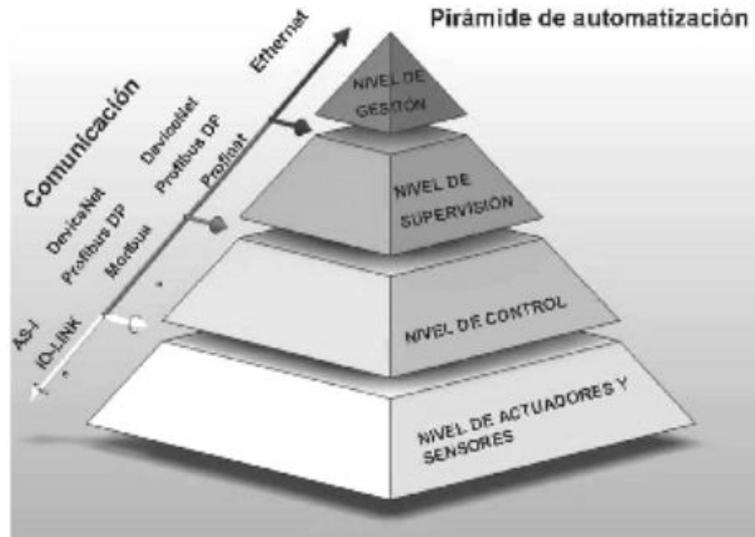


Figura 6 Pirámide de automatización

Fuente: (Automatización y Control, 2014)

2.7 Protocolos de Comunicación

La investigación de (Castro, 2013) define los protocolos de comunicación como:

El protocolo de comunicación engloba todas las reglas y convenciones que deben seguir dos equipos cualesquiera para poder intercambiar información.

El objetivo de cualquier protocolo de comunicación es poder conectar y mantener el dialogo entre dos Equipos Terminales de Datos (DTE), permitiendo que la información pueda fluir entre ambos con seguridad (sin fallos). Es decir, todas las reglas y especificaciones del lenguaje a utilizar por los equipos. Si varios proveedores utilizan el mismo protocolo en sus productos, se llega al ideal dentro de cualquier sistema; la integración de sistemas con el mínimo esfuerzo.

La estandarización es un punto de conflicto entre intereses técnicos y comerciales, pues cada fabricante realiza sus investigaciones

encaminadas a que sus equipos cubran determinadas necesidades y, por supuesto, después pretende que estas utilidades se conviertan en estándar ya que, por supuesto, son las mejores soluciones del mercado.

Este tipo de soluciones tienen denominaciones tales como:

- Hart Control de Procesos
- Profibus Control Discreto y Control de Procesos
- AS-i Control Discreto
- Can Control Discreto

Prácticamente cualquier protocolo pueda integrarse, en mayor o menor medida, en cualquier nivel de la famosa Pirámide de Automatización (CIM, Computer Integrated Manufacturing), pero la gracia está en encontrar la relación prestaciones/precio ideal, y el equilibrio entre varias tecnologías que permitan complementarse unas a otras.

No hay un bus mejor que otro, sino que, dependiendo de la aplicación, hay unos buses más adecuados que otros.

A la hora de decantarse por uno u otro bus, deberán tenerse en cuenta algunos de los siguientes puntos:

- Coste por nodo de bus.
- Coste de programación (o desarrollo).
- Tiempos de respuesta.
- Fiabilidad.
- Robustez (tolerancia a fallos).
- Modos de funcionamiento (Maestro-Esclavo, acceso remoto).
- Medios físicos (cables, fibra óptica, radio...).
- Topologías permitidas.
- Gestión.
- Interfaces de usuario. (pág. 38)

2.8 Tecnología de Buses de Campo

Según (Sosa, 2011) acota que:

Físicamente podemos considerar a un bus como un conjunto de conductores que conectan conjuntamente varios circuitos para permitir el intercambio de datos. Contrario a una conexión punto a punto, donde solo dos dispositivos intercambian información, un bus consta normalmente de un número de usuarios superior, además que generalmente un bus transmite datos en modo serial, a excepción de algún protocolo de bus particular como SCSI o IEEE-488, utilizado para interconexión de instrumentos de medición, que no es el caso de los buses tratados como buses de campo. **ver figura 7.**

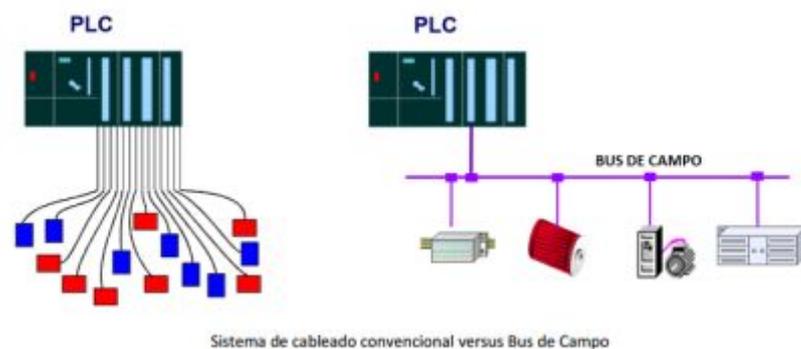


Figura 7 Sistema de cableado convencional vs Bus de campo

Fuente: (Hurtado Torres, 2015)

2.8.1 Ventajas de un Bus de Campo

- El intercambio logra llevarse a cabo por medio de un mecanismo estándar.
- Flexibilidad de extensión.
- Conexión de módulos diferentes en una misma línea.
- Posibilidad de conexión de dispositivos de diferentes orígenes.
- Distancias operativas superiores al cableado tradicional.
- Reducción masiva de cables y costo.
- Simplificación de la puesta en servicio.

2.8.2 Desventajas de un Bus de Campo

- “Necesidad de conocimientos superiores.

- Inversión de instrumentación y accesorios de diagnóstico.
- Costos globales inicialmente superiores.” (Sosa, 2011)

2.8.3 Buses Existentes

Tabla 1 Buses de Campo

Bus de Campo	Medio Físico	Velocidad	Distancia Segmento	Nodos por Segmento	Acceso al Medio
P-Net	Par trenzado apantallado	76'8 Kbps	1.200 m	125	Paso de testigo maestro/esclavo
Profibus	Par trenzado apantallado	Hasta 12Mbps	Hasta 9'6km y 90km	125	Paso de testigo maestro/esclavo
Hart	Cable 2 hilos	1'2kbps	3.000 m	30	Maestro/esclavo
Modbus	Par trenzado	Hasta 19'2kbps	1 km	248	Maestro/esclavo
Bitbus	Par tranzado	500 kbps	400 m	256	Paso de testigo
Can	Par trenzado	Hasta 1 Mbps	Hasta 1.000 m	127-64	CSMA/CD
Devicenet	Par trenzado	Hasta 500 Kbps	Hasta 500 m	64	CSMA/CDBA
Seriplex	Cable 4 hilos apantallado	98 Kbps	1.500 m	300	Maestro/esclavo
AS-i	Cable 2 hilos	167 Kbps	Hasta 200 m	32-62	Mestro/esclavo
M-Bus	Cable 2 hilos	Hasta 9'6 Kbps	1.000 m	250	Arbitro de bus
Uni-Telway	Par trenzado apantallado	Hasta 19'2 Kbps	20 m	Hasta 28	Maestro/esclavo

Elaborado por: Wilmer Quispe

2.9 Bus de Campo AS-i

2.9.1 Introducción

De acuerdo (Castro, 2013) define a así como:

AS-i o Interfaz de Actuador/Sensor es un sistema de enlace para el nivel más bajo de procesos en instalaciones de automatización. El estándar está regulado por las normas: EN 50295, IEC 62026-2 y el IEC 947.

Es un sistema de conexionado diseñado para transmitir alimentación y datos, mediante un único cable bifilar que reemplaza los mazos de cable utilizados en la implementación tradicional. Ideal para aplicar en los

niveles más bajos de automatización de planta, donde abundan los elementos de tipo binario (finales de carrera, sensores, electroválvulas, etc.).

Está preparado para la integración en cualquier plataforma permitiendo la transmisión de señales digitales y analógicas relacionadas con el proceso y la maquinaria. Por otro lado, constituye una interfaz universal entre sencillos actuadores y sensores binarios. El sistema AS-Interface se caracteriza por un alto grado de sencillez y efectividad, siendo el más económico frente a otros sistemas de bus. Por lo tanto, no es de extrañar que AS-Interface se haya convertido en el estándar más extendido en la automatización industrial. No sólo es sumamente fácil de manejar y de rápida instalación, sino que también es especialmente flexible para futuras actualizaciones, y extremadamente robusto, incluso en las condiciones más adversas. (pág. 72)

2.9.2 Historia

Según (Atom, 2014) define que:

El concepto AS-i surgió en el año 1990, por iniciativa de un grupo de trabajo formado por una decena de empresas, en su mayoría fabricantes de sensores/actuadores, cuyo objetivo inicial era definir y adoptar un sistema de comunicación único para todos los fabricantes de sensores o actuadores, lo que determinó la denominación AS-i (Actuator Sensor Interface).

Dicho concepto permitiría descentralizar las funciones inteligentes hasta el nivel de las células de producción o de las máquinas, con un sistema de cableado e instalación muy sencillos.

2.9.3 Concepto

Según (Pascual, 2012) acota que:

El Bus “Actuador – Sensor – Interface” (AS-i) sirve como medio de transmisión de información en el nivel de campo y, como PROFIBUS, es un estándar abierto. Existen multitud de fabricantes que ofrecen productos e interfaces AS-i.

El AS-interface posibilita una simple y extremadamente eficiente integración de sensores y actuadores en la comunicación industrial, transmitiendo los estados de estos sensores/actuadores y tensión auxiliar mediante un simple cable de dos hilos.

A través de un diseño robusto y un grado de protección IP65 o IP67, el bus AS-i se aplica en el nivel más bajo del área de campo, el cual se encuentra sometido a condiciones de trabajo extremas.

AS-i se sitúa en la parte más baja de la pirámide de control, conectando los sensores y actuadores con el maestro del nivel de campo. Los maestros pueden ser autómatas o PCs situados en los niveles bajos de control, o pasarelas que comuniquen la red AS-Interface con otras redes de nivel superior, como Profibus o DeviceNet. (pág. 2). **ver figura 8.**

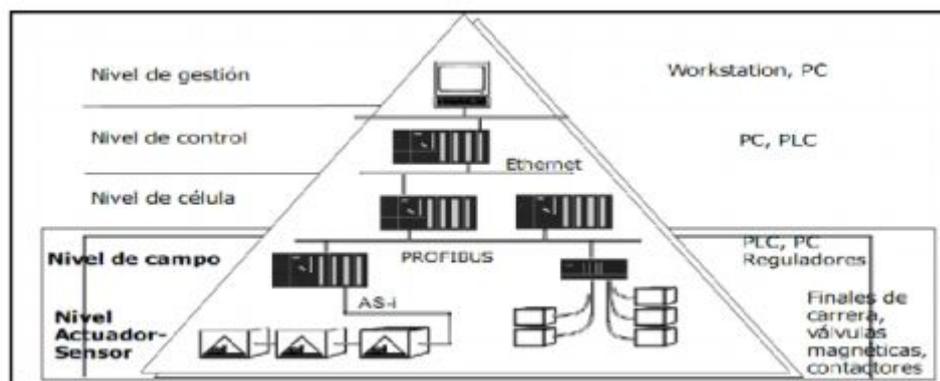


Figura 8 Ubicación de AS-i en la pirámide de automatización

Fuente: (Castro, 2013)

2.9.4 Características Principales

De acuerdo al estudio de (Barragan, 2016) describe que:

- Protocolo: Maestro/esclavo centralizado.
- Tipo de acceso: Escrutinio cíclico (polling).
- Tiempo de actualización: 5 ms para 31 esclavos (1 ms para cada 6 esclavos).
- Tiempo de respuesta: Tiempo máximo establecido para cada esclavo.
- Puntos de conexión: 31 esclavos.
- Número de productos estándar: 248 como máximo.

- Tamaño de los datos: 4 bits de estado, 4 bits de mando y 4 Bits de parametrización por esclavo.
- Longitud máxima del bus: 100 metros (300 metros con repetidor).
- Organización del bus: Alimentación y señal sobre el mismo soporte físico.
- Soporte físico: Cable de 2 hilos sin apantallar. **ver figura 9.**

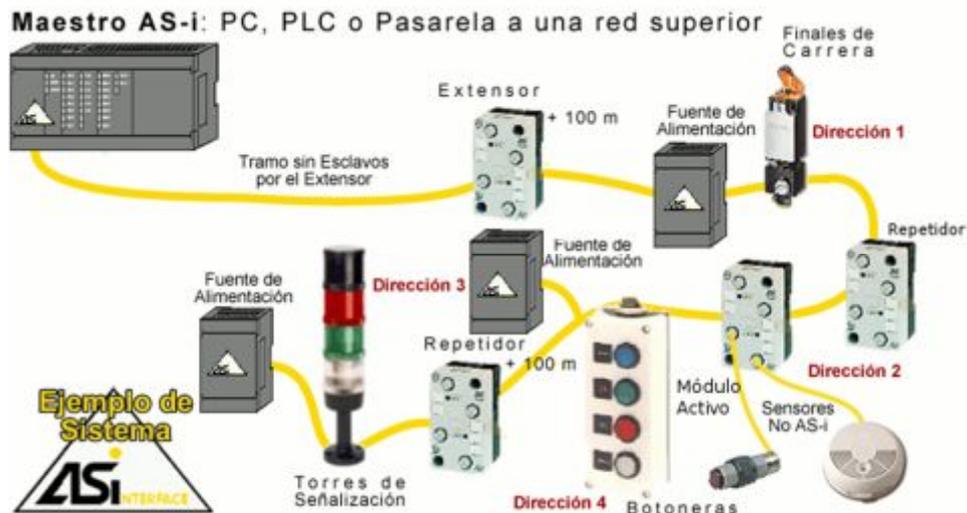


Figura 9 Conexión AS-i

Fuente: (Barragan, 2016)

Beneficios

AS-i es un bus de campo estandarizado abierto, permitido para todos los fabricantes de sensoria/actuadores y acogido a los requerimientos de los ambientes Industriales.

Estandarización de los elementos constitutivos básicos:

- "Cable.
- Repartidores.
- Perfil, o conectores, etc.
- Posibilidad de conectar sensores/actuadores estándar o comunicantes.
- Tiempo de ciclo reducido (5 ms para 31 esclavos).
- Transferencia de datos fiable (conformidad con las normas sobre CEM - (Compatibilidad Electro Magnética)." (Atom, 2014)

Costos reducidos de Instalación y mantenimiento (25 a 70% menos)

- “Menor longitud de cable y menor número de puntos de conexión (alimentación y datos en el mismo cable).
- Menor costo de montaje e instalación por la reducción del tiempo de conexión.
- Concepto de fácil instalación, que no requiere conocimientos específicos.” (Atom, 2014)

Mayor flexibilidad de las instalaciones

- “Topología libre (en estrella, en línea, en árbol, etc.).
- Posibilidad de recableado de máquinas o tableros por tramos.
- Facilidad para modificar y ampliar las instalaciones existentes.” (Atom, 2014)

2.9.5 Ventajas del Sistema AS-i

Acorde a la investigación de (Castro, 2013) señala que:

Cuando se quiere automatizar un proceso, es necesario utilizar una gran cantidad de sensores y actuadores. Por ejemplo, en un centro de logística, donde los detectores de ultrasonidos se encargan de averiguar la posición de un paquete dentro de la cinta transportadora, o en una embotelladora de bebidas, donde hay que controlar el nivel de llenado, o en una fundición, donde los perfiles en T tienen que ser colocados en su posición correcta. Los sensores son “los ojos y los oídos” para el control del proceso, y están distribuidos en todas las partes de la instalación. El cableado de cada uno de los sensores y actuadores se ha realizado durante mucho tiempo según la tecnología tradicional: cada uno de los sensores y actuadores se cablean directamente al PLC de control. De esta forma es necesario utilizar una gran cantidad de cables, conectados al PLC en su correspondiente armario de distribución. La tecnología actual es la denominada técnica del bus, ya utilizada desde hace tiempo en el nivel de fabricación y proceso. Esta tecnología es la empleada con el bus AS-Interface desde mediados de los años 90, para la conexión en

red de sensores y actuadores (nivel Actuador/Sensor). (pág. 76). **ver figura 10.**

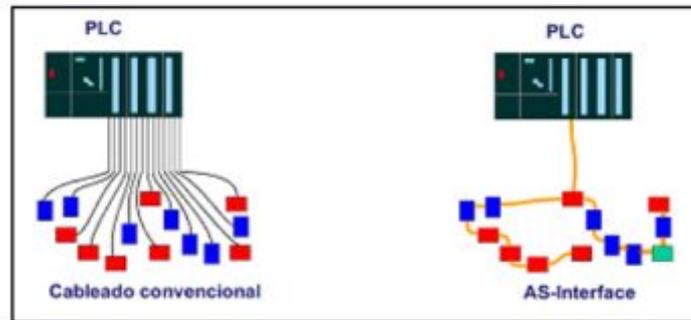


Figura 10 Comparativa gráfica entre el sistema convencional y AS-i

Fuente: (Castro, 2013)

Otras ventajas son:

- “El montaje sencillo garantiza un funcionamiento muy simple.
- La transmisión de datos y energía por el mismo cable.
- Alta seguridad de funcionamiento gracias a la continua supervisión de los esclavos conectados en la red.
- Puesta en marcha rápida y sencilla.” (Castro, 2013, pág. 77)

2.9.6 Componentes del Sistema AS-i

Los componentes básicos del sistema AS-i son:

- Fuente de alimentación
- Maestro AS-i
- Esclavos AS-i
- Cables y conectores
- Módulos AS-interface

2.9.6.1 Fuente de Alimentación

“Las Fuentes de Alimentación para el bus AS-i son específicas, ya que deben proporcionar potencia a los esclavos conectados y realizar el acoplamiento de los datos sobre la alimentación.” (Barragan, 2016)

Características:

Según (Barragan, 2016) acota que:

- Proporcionan tensiones entre 29.5 y 31.5 V DC.
- Normalmente son resistentes a cortocircuitos y sobrecargas.
- Cada segmento de la red (si se utilizan repetidores) requiere su propia fuente de alimentación.
- Las salidas de los módulos se alimentan mediante fuentes auxiliares 24 V DC a través del cable negro.
- La potencia máxima que podrán consumir los esclavos de la red dependen de la fuente de alimentación que se escoja para el sistema, por lo que es conveniente hacer un estudio de la potencia que será necesaria antes de adquirir la fuente de alimentación del sistema.
- La situación ideal de la fuente es junto al dispositivo o conjunto de dispositivos que mayor potencia consuman, para así limitar la circulación de corriente por el menor trozo de cable posible.
- Si se utiliza un módulo extensor, la fuente deberá conectarse en el extremo del extensor no conectado al maestro, ya que es en ese tramo de la red donde se conectarán los esclavos. El otro extremo, al no poder conectarse esclavos en él, no requiere de fuente de alimentación.

2.9.6.2 Maestro AS-I

Según el estudio de (Sacón, 2013) constituye que:

La CPU del autómatas programable por sí solo no es capaz de controlar una red AS-i, ya que no dispone de la conexión necesaria para hacerlo. Por esta razón es necesaria la conexión de una tarjeta de ampliación conectada al autómatas, para que de esta manera realice las funciones de maestro de la red AS-i.

El maestro posee la función más importante dentro de cada red AS-Interface. Es responsable del control de toda la comunicación de la red. AS-i es un sistema mono maestro, lo cual significa que sólo se puede conectar un maestro por red. El maestro gestiona el intercambio de datos cíclicos con los esclavos conectados, supervisa las respuestas y proporciona los datos al procesador principal. El procesador principal

consta generalmente de un PLC o de un controlador equivalente, en el cual se procesan los datos AS-i. (pág. 80)

2.9.6.3 Esclavo AS-I

Según el estudio de (Barragan, 2016) acota que:

Los Esclavos contienen la electrónica de AS-Interface y también posibilidades de conexión para sensores y actuadores, y pueden usarse en el campo o en el armario eléctrico. Los esclavos intercambian cíclicamente sus datos con un maestro, el cual será el encargado de gestionar el tráfico de datos a través de la red.

En un bus AS-i pueden conectarse hasta 62 esclavos. Las estructuras compactas y descentralizadas son posibles tanto en armarios eléctricos como a pie de máquina, p. ej., en módulos con un alto grado de protección.

Los esclavos As-i pueden conectarse al bus de tres formas:

- Sensores / actuadores convencionales. Se conectan al bus mediante módulos de E/S.
- Sensores / actuadores convencionales con capacidad de comunicación.
- Sensores / actuadores integrables en AS-i. Se conectan directamente al bus. Pueden contener parámetros configurables desde el maestro.
- Existen dos tipos de Módulos:
 - Módulos Activos. - Con Chip AS-IC. Permiten la conexión de sensores y actuadores convencionales.
 - Módulos Pasivos. - Sin electrónica integrada. Conexión de sensores/actuadores con chip AS-IC.
- Los Módulos se dividen en dos partes:
 - Módulo de Acoplamiento. - Permite la fijación del módulo en el perfil normalizado, y su conexión con el cable AS-i.
 - Módulo de Usuario. - En él se encuentran las conexiones de E/S, los indicadores de funcionamiento de los sensores/actuadores, el indicador de funcionamiento del módulo.

2.9.6.4 Cables y Conectores

Según el estudio de (Castro, 2013) define a los cables y conectores AS-I como:

El sistema AS-i se ha concebido para posibilitar la transmisión de alimentación y datos con los elementos conectados al bus mediante un único cable bifilar. El cable AS-i estándar es un cable bifilar, plano, robusto y flexible, con las siguientes dimensiones: **ver figura 11.**

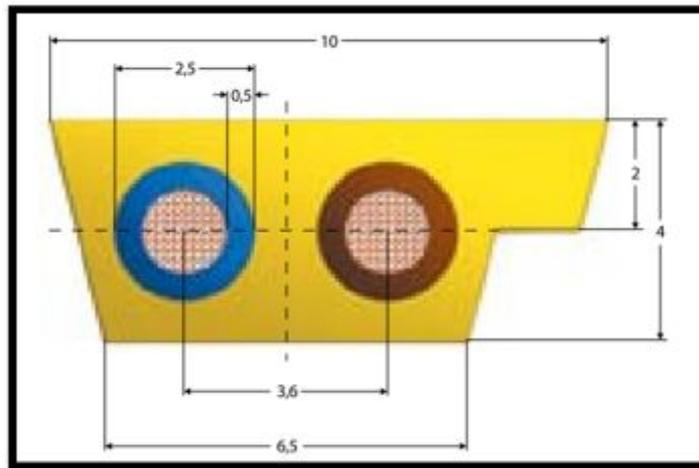


Figura 11 Dimensiones cable AS-i

Fuente: (wiedemann, bihl, 2014)

El cable está envuelto por una cubierta codificada mecánicamente para prevenir posibles problemas de polaridad.

Esta cubierta está hecha de un material denominado auto cicatrizante, que cierra las perforaciones de conexión al retirar los elementos de bus (módulos esclavos, derivaciones, etc.).

En función del entorno de instalación, el cable varía su recubrimiento:

- Aplicación en zonas protegidas con escasas influencias de agentes químicos, TPE - elastómero termoplástico - compuesto de PVC especial
- Para aplicaciones más exigentes en cuanto a la resistencia a los agentes químicos.
- Autorización UL/CSA, PUR – poliuretano.

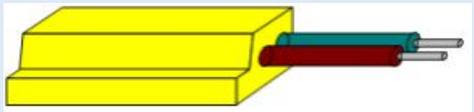
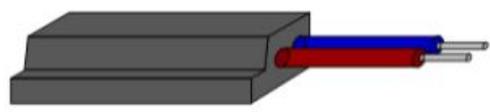
- Para aplicaciones más exigentes en cuanto a la resistencia a los agentes químicos.
- Área alimentaria.
- Cables y cadenas de alimentación y arrastre.
- Autorización para construcciones navales.

Dos aspectos importantes a tener en cuenta en el cable a utilizar son:

- La resistencia eléctrica para la distribución de corriente a los diferentes componentes conectados (hasta 8 A, de acuerdo a la fuente de alimentación).
- Características como línea de transmisión debido a la frecuencia de transmisión de los datos.

En una red industrial AS-i se puede encontrar con cables perfilados de los siguientes colores:

Tabla 2 Cables perfilados según su aplicación

Tipo de cable	Color externo	Aplicación
	Amarillo	Bus AS-i portador de datos + alimentación
	Negro	Alimentación auxiliar de esclavos a 24 VDC
	Rojo	Alimentación auxiliar de esclavos a 220 VAC

Elaborado por: Wilmer Quispe

Es recomendable una distancia de 100m bajo circunstancias normales para cualquier tipo de topología sin elementos añadidos de expansión como se muestra a continuación: **ver figura 12.**

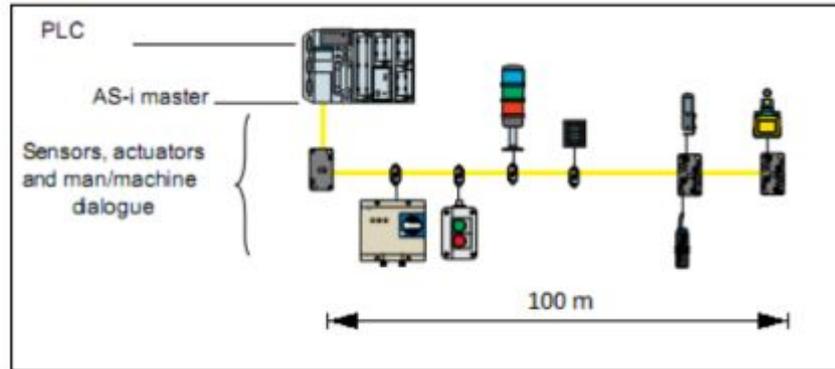


Figura 12 Distancia de la red As-i sin elementos de expansión

Fuente: (Castro, 2013)

“En cuanto a los conectores, estos se utilizan cuando se quiere conectar un dispositivo estándar. Estas conexiones pueden tener una finalidad diferente según el componente aplicado, sensor a dos hilos o a tres hilos, sensor digital o analógico, etc.” (Castro, 2013, pág. 90). **ver figura 13.**

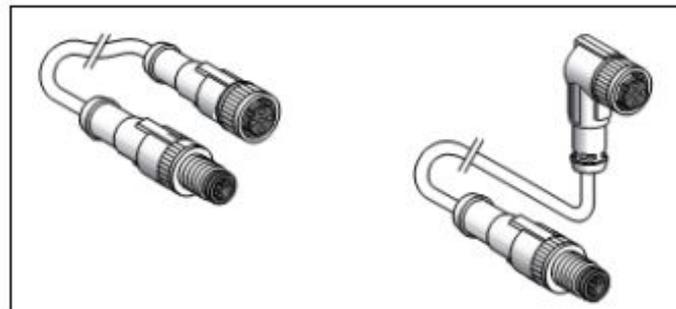


Figura 13 Conectores para esclavos AS-i

Fuente: (Castro, 2013)

2.9.6.5 Módulos AS-interface

De acuerdo a (Barragan, 2016) acota que:

Existen dos tipos de módulos conectables a la red AS-Interface:

- **Módulos Activos.** Son aquellos módulos que integran un chip AS-i, por lo que poseen una dirección en la red (debe ser Asignada con un direccionador o por el maestro). Al poseer una dirección, tendrán asignados 4 bits de entradas y 3 ó 4 bits de salidas según se emplee direccionamiento extendido o estándar, respectivamente. Estos

módulos se emplean para conectar sensores y actuadores no AS-i, es decir, sensores y actuadores binarios convencionales.

- **Módulos Pasivos.** Estos módulos no poseen electrónica integrada, es decir, sólo proporcionan medios para cambiar el tipo de cable, por ejemplo, de AS-i a M12, para realizar bifurcaciones en la red en topologías de tipo árbol o como un medio de conexión de sensores y actuadores AS-i con chip integrado. Estos módulos no poseen dirección de red, ya que serán los dispositivos con electrónica AS-i integrada los que la posean.

Cada módulo se divide en dos partes:

- **Módulo de Acoplamiento.** Proporcionan una interfaz electromecánica con el cable AS-i. La parte inferior es adecuada para su acoplamiento a un carril normalizado, mientras que la parte superior posee las cuchillas de penetración para el cable AS-i.
- **Módulo de Usuario.** Estos módulos son específicos según la aplicación para la que estén destinados. Existen módulos de usuario que son simples recubrimientos del cable para la realización de bifurcaciones, hasta otros que integran un chip AS-i para la conexión de sensores y actuadores binarios. En este caso, el módulo de usuario también poseerá Leds de diagnóstico de la red.

El procedimiento para montar los módulos AS-i es el siguiente:

- Colocar el Rail DIN (35 mm) en el lugar donde se desea instalar el/los módulo/s. (Opcional)
- Colocar el Módulo de Acoplamiento sobre el perfil normalizado.
- Encajar el Cable en la guía del módulo de acoplamiento. Si se emplease alimentación auxiliar, colocar igualmente el cable negro o rojo sobre su guía.
- Taponar los orificios no utilizados con Prensaestopas.
- Situar el Módulo de Usuario y atornillarlo, lo que hará que las cuchillas penetren en el cable AS-i.
- Si el montaje es correcto se asegura un grado de protección IP65 o IP67 en función de las características de los módulos. **ver figura 14.**

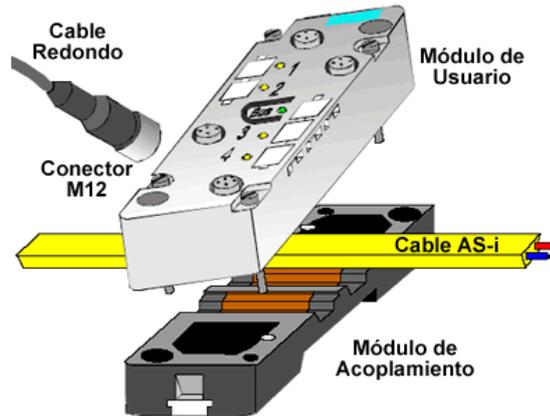


Figura 14 Módulo As-interface

Fuente: (Barragan, 2016)

2.10 PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RIy

Según el manual de usuario (Siemens, 2009) define el PLC como:

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. (pág. 11) **ver figura 15.**

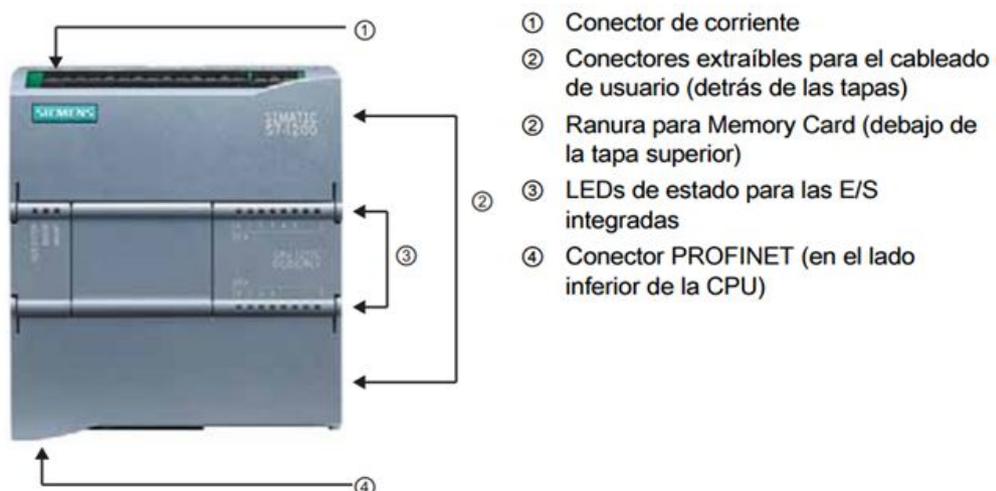


Figura 15 PLC S7-1200

Fuente: (Siemens, 2009)

2.10.1 Capacidad de expansión de la CPU. ver figura 16.



Figura 16 Capacidad de expansión

Fuente: (Siemens AG, 2012)

2.10.2 Módulo de comunicación CM1243-2

Según el manual del producto (SIEMENS, 2013) acota que:

El maestro AS-i CM 1243-2 permite la conexión de una rama AS-i al sistema de automatización ("AS" o "PLC") de la serie SIMATIC S7-1200. Con ayuda del maestro AS-i CM 1243-2 puede acceder desde AS a las entradas y salidas de los esclavos AS-i. Según el tipo de esclavo, puede acceder a valores binarios o analógicos. (pág. 12). **ver figura 17.**

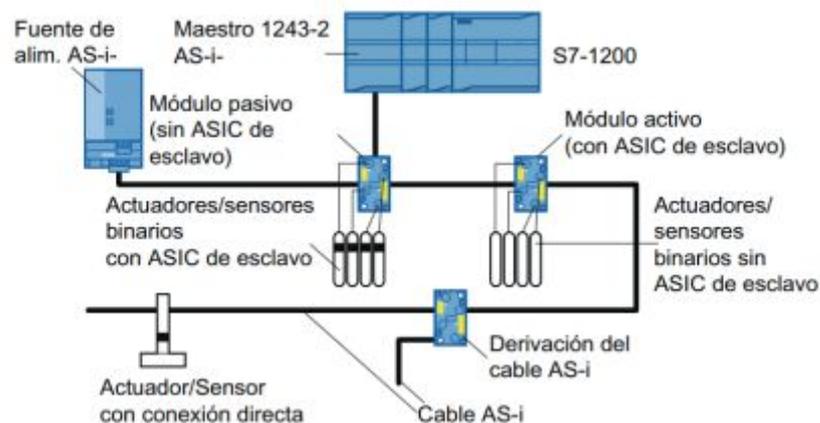


Figura 17 Uso del módulo maestro AS-i CM 1243-2 en S7-1200

Fuente: (SIEMENS, 2013)

2.11 Paneles SIMATIC HMI

Según (Siemens AG, 2015) define a los paneles como:

Los paneles SIMATIC no solo destacan por su innovador diseño y su elevado rendimiento. Una de sus características únicas es la configuración con SIMATIC WinCC desde el TIA Portal, que brinda a los usuarios una eficiencia energética desconocida hasta el momento. (pág. 3)

2.11.1 Características

La KTP 600 PN Basic está proporcionada de muchas funciones estándar para operaciones de automatización, lo que hace parte principal de la interacción con el PLC S7-1200. A continuación, se muestra las principales características:

- Interfaz PROFINET
- Diseño robusto y ahorra espacio
- Funcionalidades
- Aplicación universal
- Pantalla y gráficos
- Teclas de función

2.11.2. Componentes de la HMI KTP600 PN mono basic

De acuerdo a (Simatic HMI, 2015) describe los componentes de la pantalla:

- 1.-Conexión de la fuente de alimentación.
- 2.-Interfaz PROFINET.
- 3.-Escotaduras para una mordaza de fijación.
- 4.-Pantalla táctil.
- 5.-Junta de montaje.
- 6.-Teclas de función.
- 7.-Placa de características.
- 8.-Nombre del puerto.
- 9.-Guía para una tira rotulable.

10.-Conexión de tierra funcional. (pág. 17). **ver figura 18.**

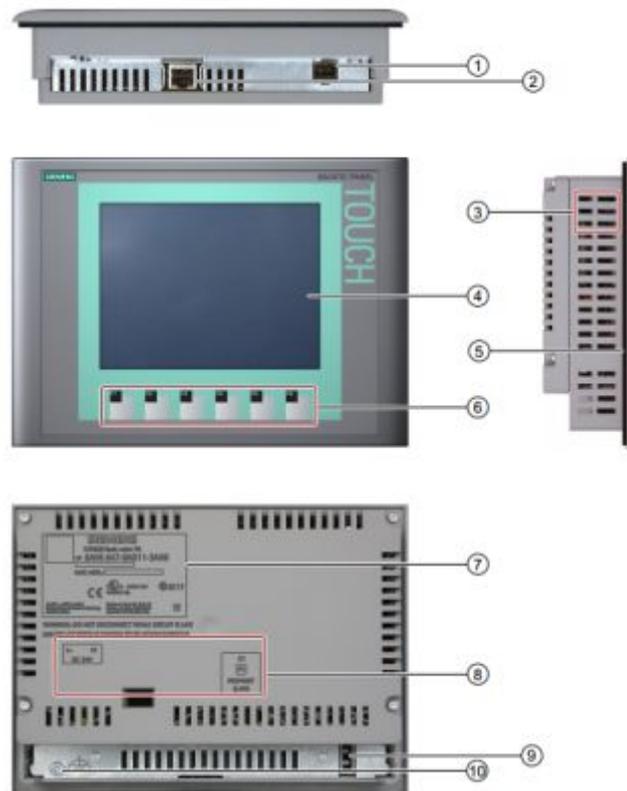


Figura 18 Componentes del KTP600 PN mono basic

Fuente: (Simatic HMI, 2015)

2.12 Variador de velocidad Powerflex4

El manual técnico de (Allen-Bradley, 2013) acota que:

Proporcionando a los usuarios un potente control de velocidad del motor en un diseño compacto y ahorrador de espacio, el Allen-Bradley PowerFlex 4 es el elemento más pequeños y rentables de la familia de unidades PowerFlex. Disponible en potencia nominal, PowerFlex 4 está diseñado para satisfacer las demandas globales de OEM y usuarios finales de flexibilidad, ahorro de espacio, facilidad de uso y alternativas rentables para control de velocidad de aplicaciones tales como máquinas herramientas, ventiladores, bombas y transportadores y sistemas de manipulación de materiales. (pág. 2)

2.12.1 Características

La publicación de (Allen-Bradley, 2013) define las características:

- Clasificaciones de alimentación eléctrica:
- De 100 a 120 V: 0.2 a 1.1 kW/0.25 a 1.5 Hp/1.6 a 6 A.
- De 200 a 240 V: 0.2 a 7.5 kW/0.25 a 10 Hp/1.6 a 33 A.
- De 380 a 480 V: 0.4 a 11 kW/0.5 a 15 Hp/1.5 a 24 A.
- Envoltentes IP20, NEMA/UL de tipo abierto, control V/Hz y compensación de deslizamiento.
- Comunicaciones RS-485 integrales.
- Cableado de alimentación directa.
- Característica de montaje en riel DIN en variadores de estructuras A y B
- Se permiten temperaturas ambientes de hasta 50 °C (122 °F) con separación mínima entre los variadores.
- Protección contra sobrecarga del variador y regulación de rampa.
- Configuración y programación mediante teclado LCD integral, teclado remoto o software.
- La Premier Integration con variadores de CA PowerFlex utiliza la plataforma de control Logix para simplificar la programación de parámetros y tags y reducir el tiempo de desarrollo.

2.12.2 Cableado de control

Según el estudio de (Allen-Bradley, 2013) constituye que:

- La lógica de control es 24V DC y se puede configurar para Sink o Source mediante un ajuste de interruptor DIP.
- Los terminales de E / S 1, 2 y 3 están dedicados a Parada, inicio y reverse, respectivamente. Estas E / S
- Los terminales se pueden programar para cables de 2 o 3 hilos para satisfacer los requisitos de la aplicación.
- Los terminales de E / S 4 y 5 son programables y mayor flexibilidad. Las funciones programables incluyen:
 - Control local
 - Frecuencias Preseleccionadas

- Empujoncito
- Control RS485
- Segundo Accel / Decel
- Falla Auxiliar
- Borrar la Falla
- La velocidad se puede controlar a 0... 10V o 4... 20 ma. Ambos están aislados eléctricamente del accionamiento.
- Un relé de forma C puede programarse para proporcionar estado de una amplia variedad de condiciones de accionamiento.
- La unidad se suministra con un puente instalado entre terminales de E / S 01 y 11 para permitir el funcionamiento fuera de la caja desde el teclado. (pág.15). **ver figura 19.**

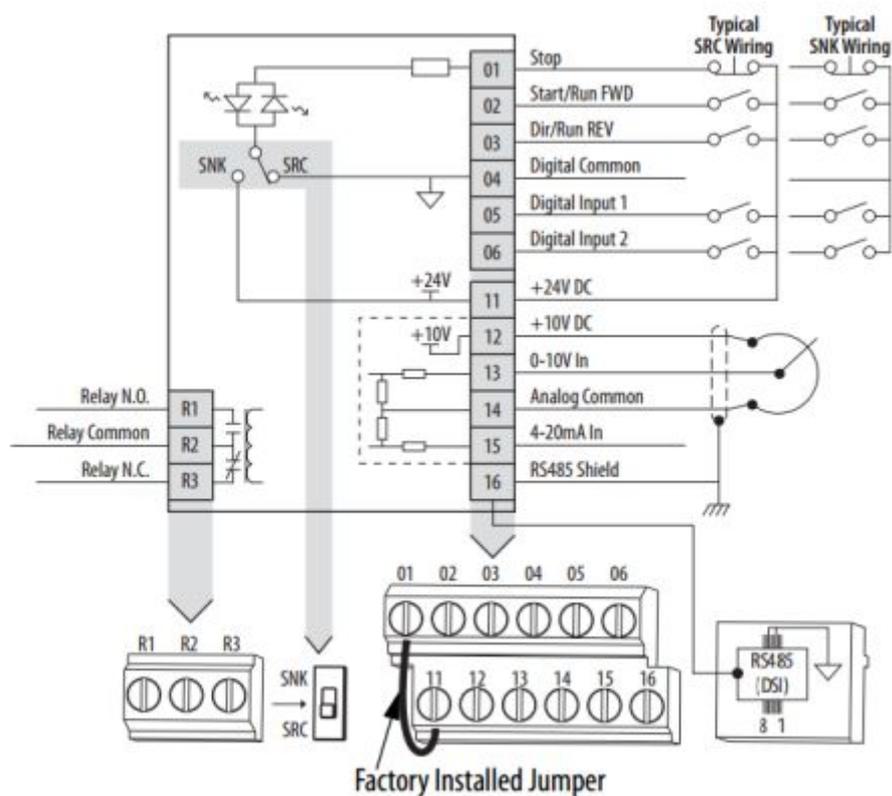


Figura 19 Control de cableado

Fuente: (Allen-Bradley, 2013)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares.

En el siguiente capítulo se detalla paso a paso cómo se realizó la implementación del HMI para el control del caudal de la estación CCP - 001 mediante el protocolo de comunicación AS-i.

Mediante el software TIA PORTAL V12 se realizó la programación del PLC S7-1200 y de la TOUCH PANEL KTP 600 Basic mono PN, estableciendo la comunicación AS-i para el variador de velocidad Power Flex 4, cuyos parámetros fueron fijados en base a las características de la bomba hidráulica y de la comunicación, posteriormente se conectaron todos los dispositivos y se realizaron pruebas de funcionamiento.

3.2 Requerimientos mínimos de Hardware.

Los dispositivos usados para la implementación del control de la estación de caudal CCP – 001 fueron los siguientes.

- PLC S7-1200
- Estación de caudal CPP – 001
- Módulo de comunicación (CM 1243-2 AS-I Master)
- TOUCH PANEL KTP 600 PN
- Módulo de Salidas analógicos AS-i (SIEMENS 3RK1107-2BQ40-0AA3)
- Módulo de Entradas analógicos AS-i (SIEMENS 3RK2207-2BQ50-0AA3)
- Fuente de alimentación AS-i

3.2.1 PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly

Se eligió el PLC S7-1200 CPU1212C AC/DC/Rly que es idóneo para la realización del proyecto, mediante la programación con bloques y diferentes funciones avanzadas, además que se puede acoplar al maestro AS-i CM 1243-2.

En la siguiente figura se puede observar al PLC S7-1200 ya alimentado a 110V para su funcionamiento. **ver figura 20.**

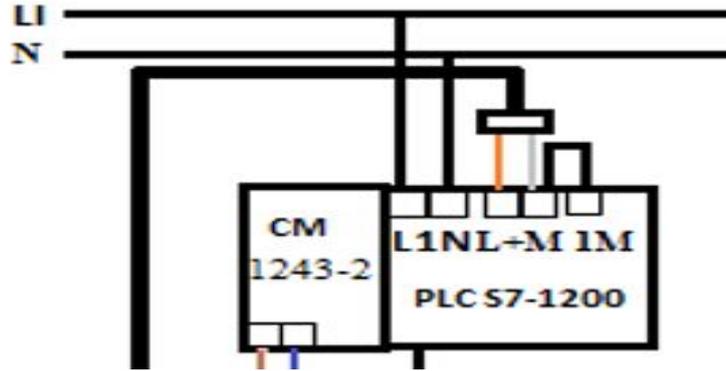


Figura 20 Alimentación del PLC 1200

Elaborado por: Wilmer Quispe

3.2.2 Maestro AS-i CM 1243 – 2

El maestro AS-i CM 1243-2 se lo coloca al lado izquierdo del PLC S7-1200, de la misma manera se lo realiza en software Tia Portal. A continuación, se muestra la conexión del maestro AS-i CM 1243-2 al PLC S7-1200 y de la alimentación del maestro por medio de la fuente AS-i. **ver figura 21.**

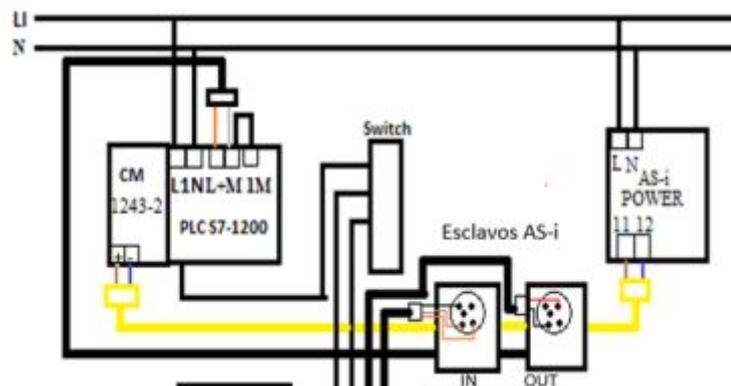


Figura 21 Conexión del Maestro AS-i al PLC

Elaborado por: Wilmer Quispe

3.2.3 Fuente de alimentación AS-i

Entrega un voltaje de 30 VCC estables lo que le hace ideal para el montaje de nuestro proyecto además que suministra una corriente entre 0A a 8A. **ver figura 22.**



Figura 22 Fuente de alimentación AS-i

Fuente: (SIEMENS, 2013)

3.2.4 Módulo de salidas analógicas AS-i (SIEMENS 3RK1107-2BQ40-0AA3)

El módulo posee dos salidas analógicas para valores de tensión su conexión eléctrica de entradas y salidas es mediante M12 atornillado su grado de protección es IP 67. **ver figura 23.**



Figura 23 Módulo de salidas analógicas

FUENTE: (SIEMENS, 2013)

3.2.5 Módulo de entradas analógicas AS-i (SIEMENS 3RK2207-2BQ50-0AA3)

Modulo que posee dos entradas análogas para valores de tensión que van desde (1 ... 5 V / +- 10) V conmutables. La tensión de alimentación va desde (26,5 ... 31,6) V.

3.2.6 Touch Panel KTP 600 PN

Se utilizó la Touch Panel KTP600 Basic mono PN para realizar el HMI en la cual se manipula para el control del caudal de la estación CPP-001. ver figura 24.

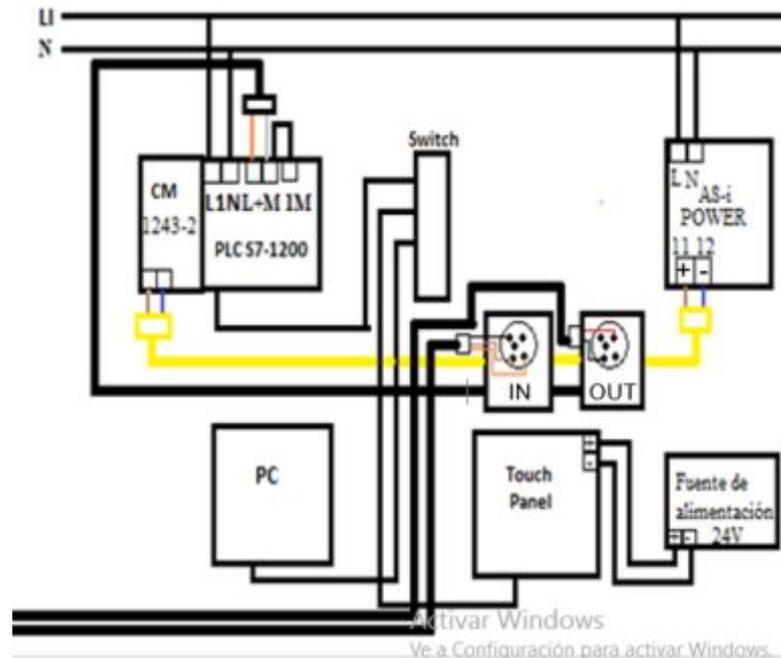


Figura 24 Conexión de la Touch a la red AS-i

Elaborado por: Wilmer Quispe

3.3 Conexión de los dispositivos

A continuación, se puede observar la conexión física de los dispositivos a ser utilizados en la red AS-i. ver figura 25.

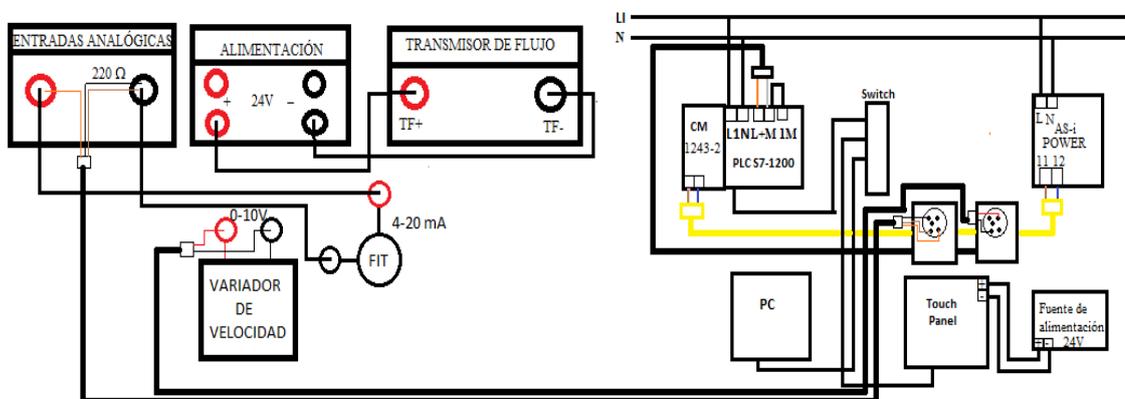


Figura 25 Conexión de la red AS-i

Elaborado por: Wilmer Quispe

3.4 Programación para el control de la estación de caudal en el software TIA PORTAL

Después de que se realizó las conexiones del hardware, se procedió a realizar la programación en el software TIA PORTAL para cargar tanto en el PLC como en la TOUCH PANEL.

3.4.1 Creación del proyecto en el software TIA PORTAL

Los siguientes pasos muestran cómo se crea un proyecto.

1. Inicie el Totally Integrated Automation Portal. **ver figura 26.**

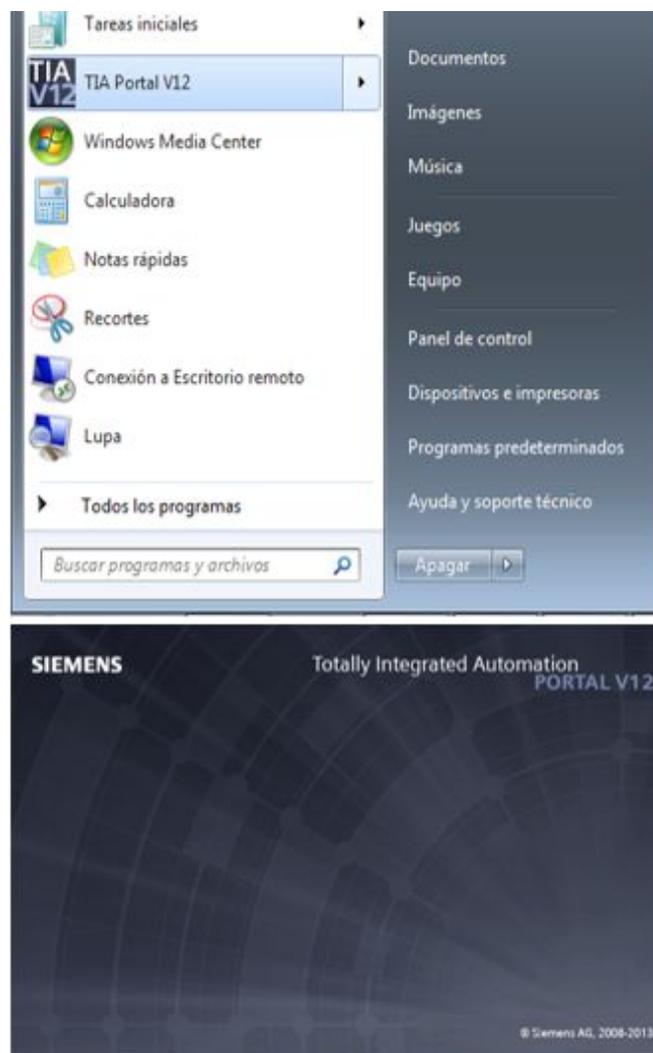


Figura 26 Ingreso al TIA PORTAL

Fuente: Software TIA PORTAL

2. Crear un nuevo proyecto con el nombre “esclavos_ASi-i”. **ver figura 27.**

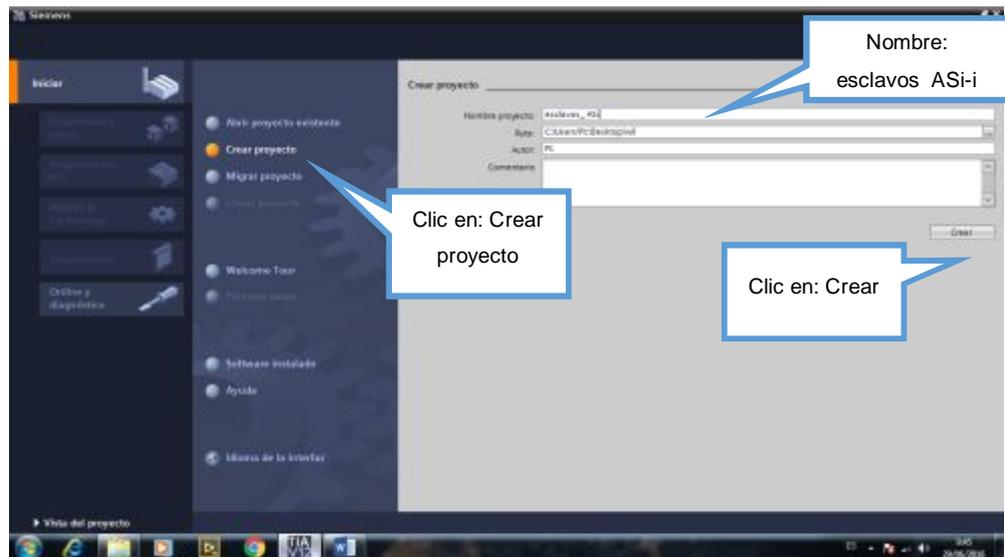


Figura 27 Crear nuevo proyecto

Fuente: Software TIA PORTAL

3.4.2 Insertar y configurar el controlador

1. Presionar en Dispositivos y Redes luego dar clic en Agregar Dispositivo. **ver figura 28.**



Figura 28 Agregar dispositivo

Fuente: Software TIA PORTAL

2. Seleccionar el controlador deseado (CPU 1214C AC/DC/Rly serie 6ES7 214-1BE30-0XB0) ver figura 29.

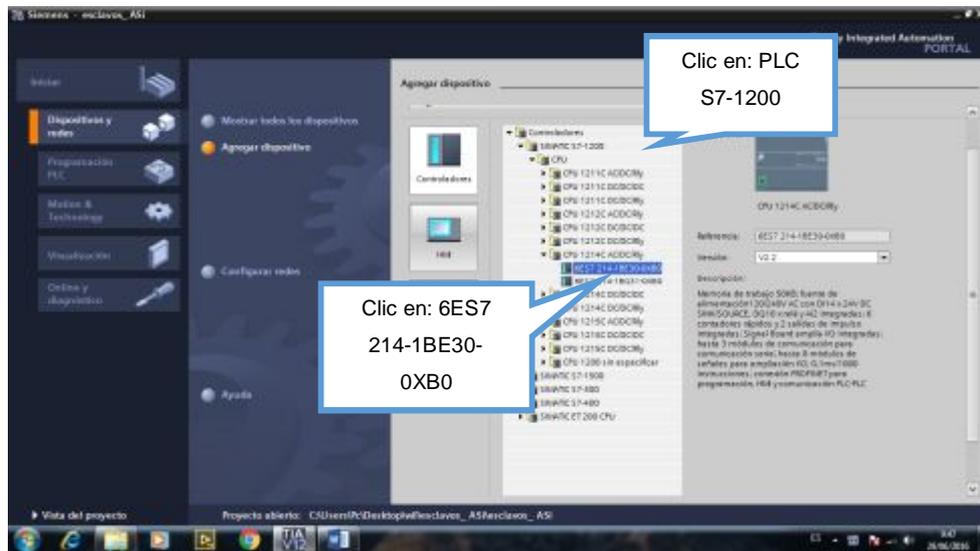


Figura 29 Selección del Controlador

Fuente: Software TIA PORTAL

3. Configurar el controlador

Seleccionar la interfaz PROFINET. En la ventana de inspección aparecen las propiedades de la interfaz PROFINET. ver figura 30.

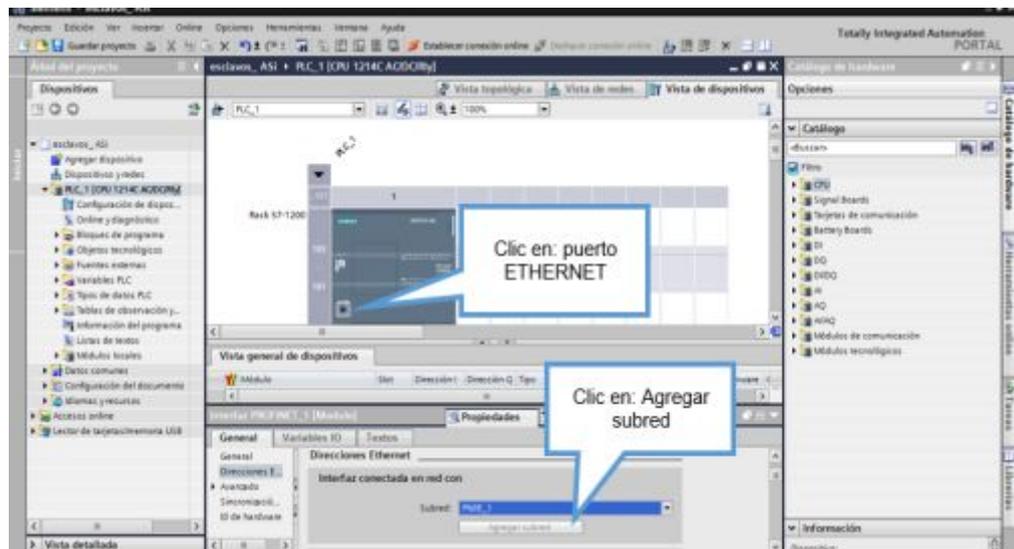


Figura 30 Agregar Subred

Fuente: Software TIA PORTAL

Introducir la dirección IP del controlador en la opción “Direcciones Ethernet” de la ventana de inspección. **ver figura 31.**

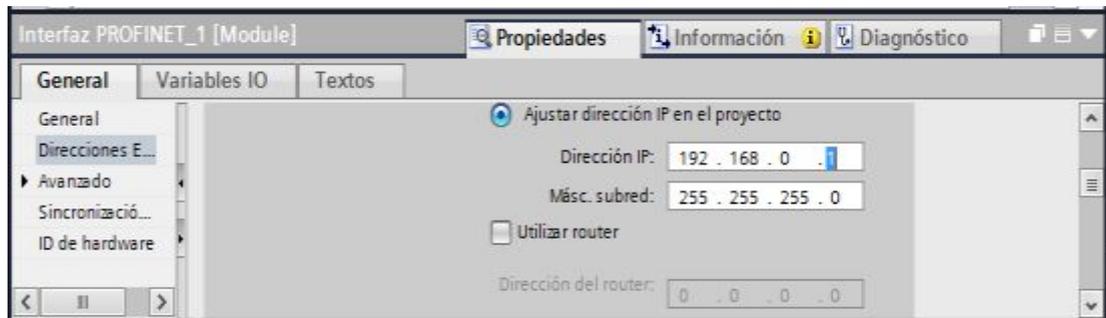


Figura 31 Asignación de la dirección IP

Fuente: Software TIA PORTAL

En la ventana de configuración del equipo se debe añadir el módulo de comunicación CM 1243-2 que se necesita en el equipo físicamente para esto se selecciona del catálogo de la derecha el módulo correspondiente. **ver figura 32.**

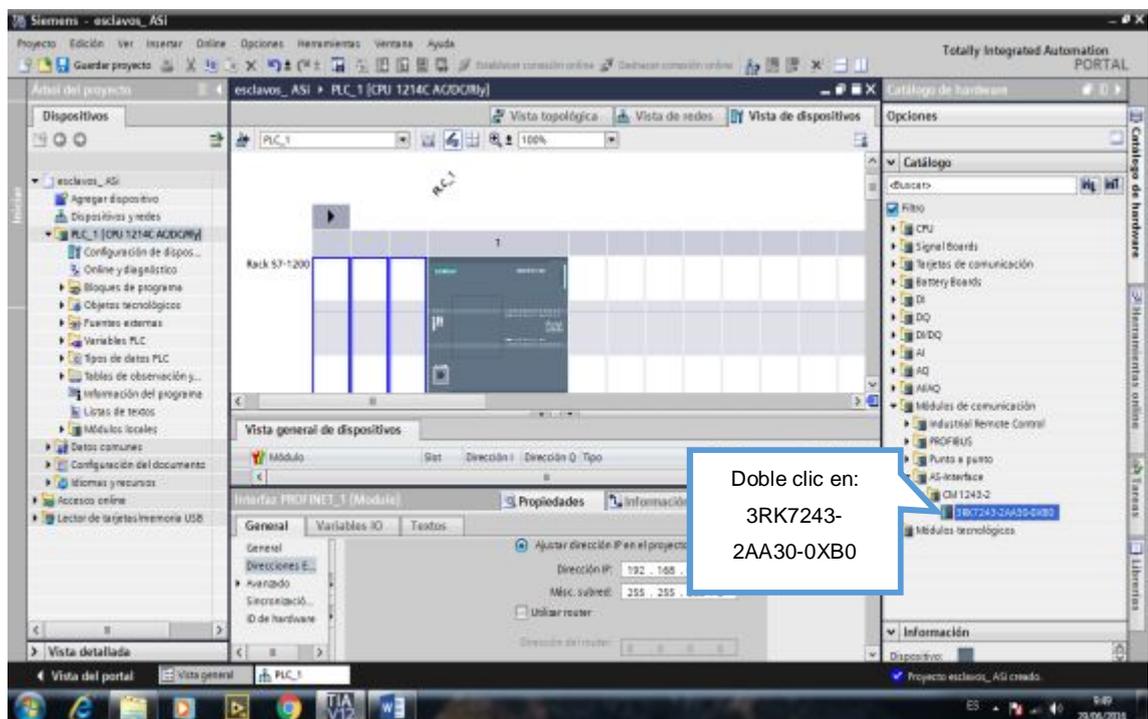


Figura 32 Insertar el módulo de comunicación

Fuente: Software TIA PORTAL

Insertamos el módulo de comunicación en la ventana de visualización de dispositivos. **ver figura 33.**

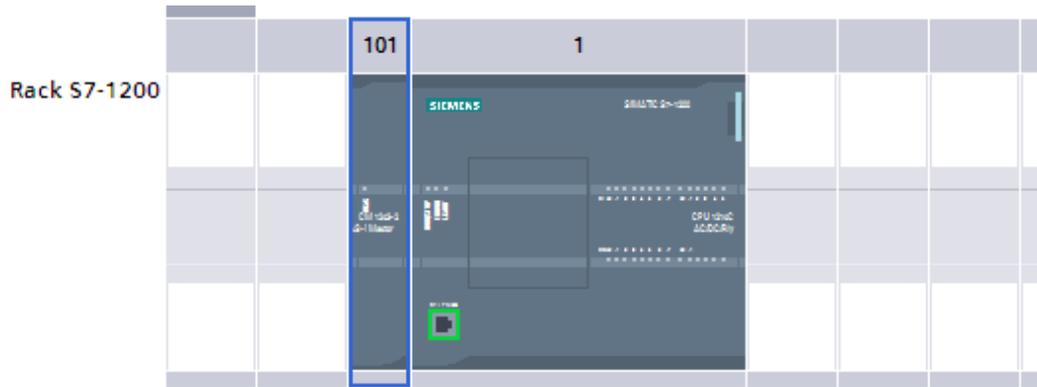


Figura 33 Insertar el módulo de comunicación

Fuente: Software TIA PORTAL

Elegir el nombre de la red a la que se conecta la interfaz. **ver figura 34.**

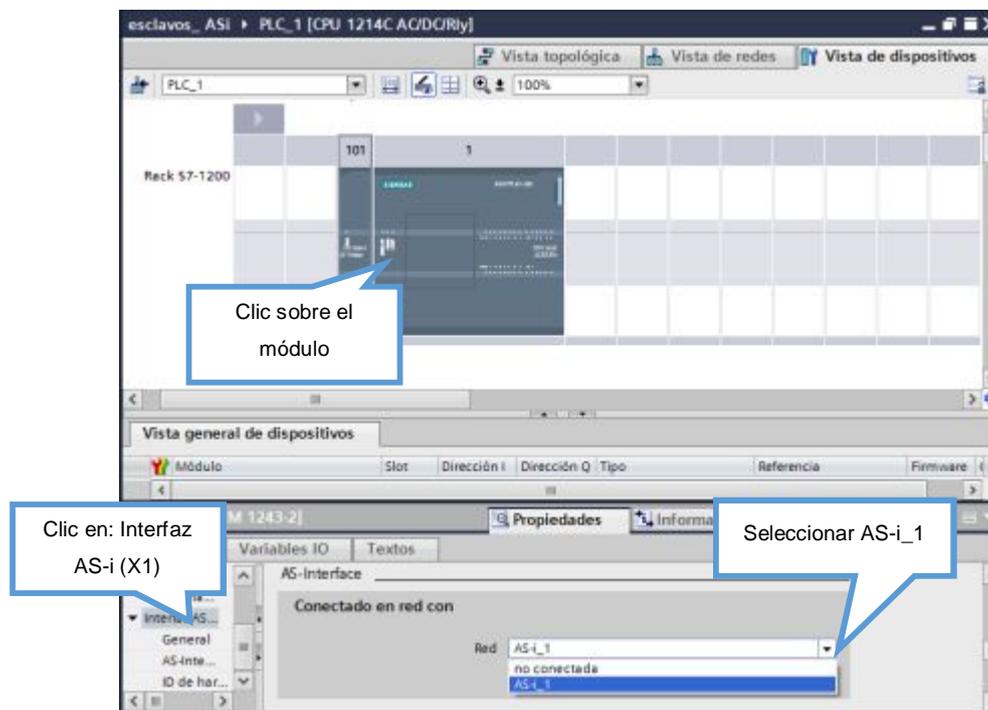


Figura 34 Interfaz AS-i

Fuente: Software TIA PORTAL

En las columnas Dirección I y Dirección Q de la vista general de dispositivos se ven las direcciones o áreas de direcciones de los módulos. La cual se tiene que comprobar que este la correcta en “Direcciones E/S” en este caso “Dirección inicial” (2). **ver figura 35.**

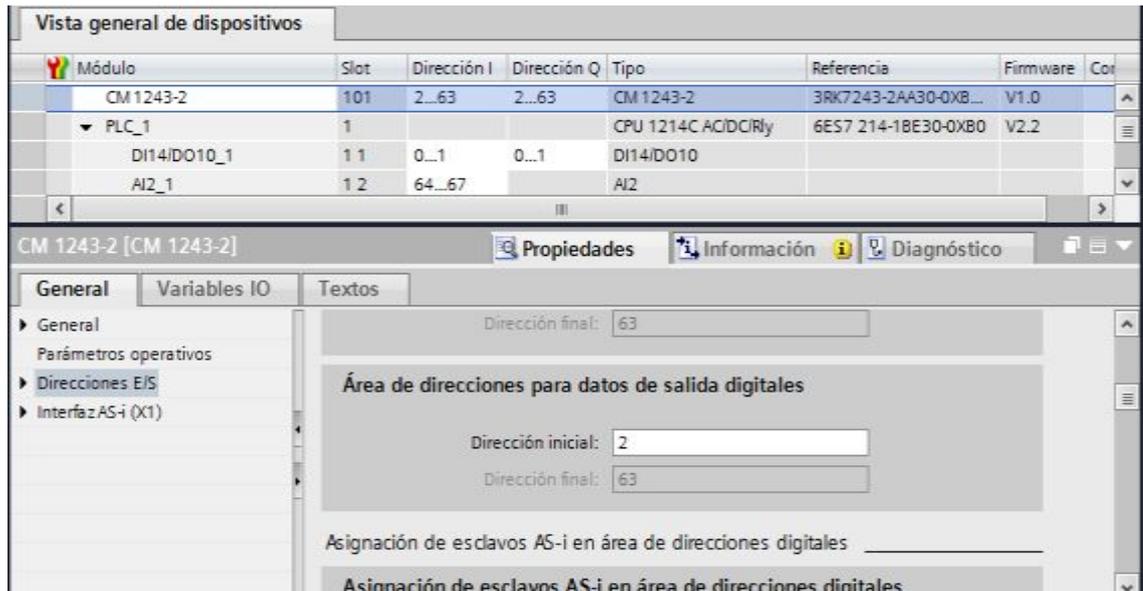


Figura 35 Direcciones E/S

Fuente: Software TIA PORTAL

Agregar el módulo analógico de entrada. **ver figura 36.**

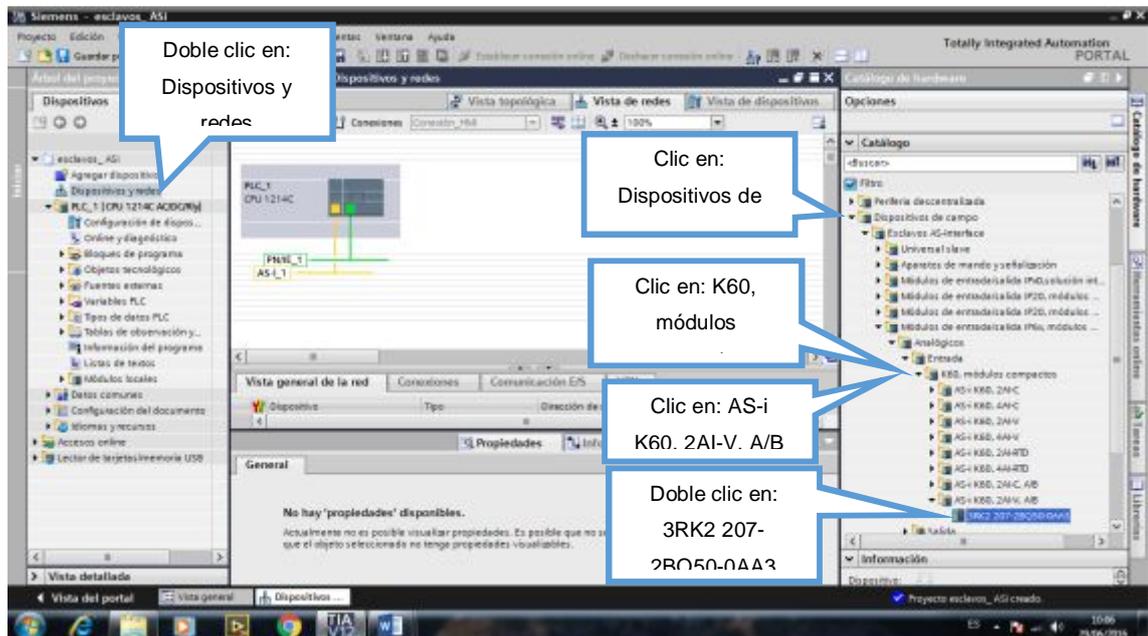


Figura 36 Agregar módulo analógico de entrada

Fuente: Software TIA PORTAL

Agregar el módulo analógico de salida. **ver figura 37.**

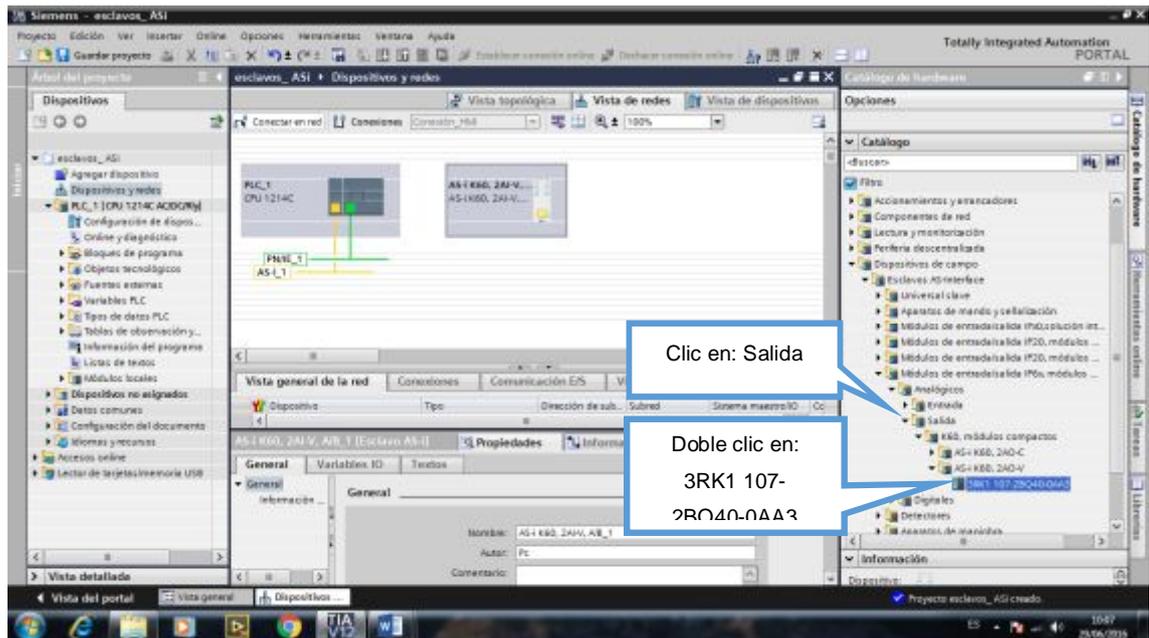


Figura 37 Agregar módulo analógico de salida

Fuente: Software TIA PORTAL

A continuación, interconectamos el módulo analógico de entrada con el módulo de comunicación. **ver figura 38.**

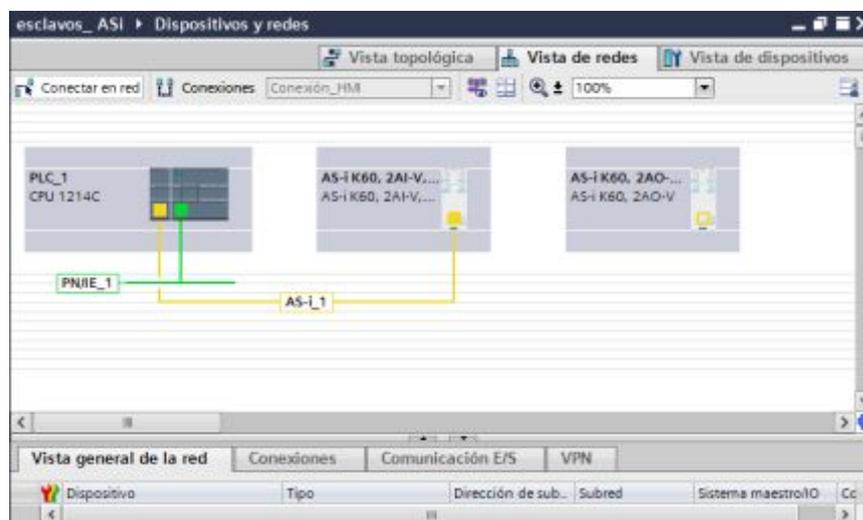


Figura 38 Interconexión de dispositivos

Fuente: Software TIA PORTAL

Doble clic sobre el módulo analógico de entrada, en la ventana de inspección ir a la opción “AS-i Interface” clic en “agregar subred”. **ver figura 39.**

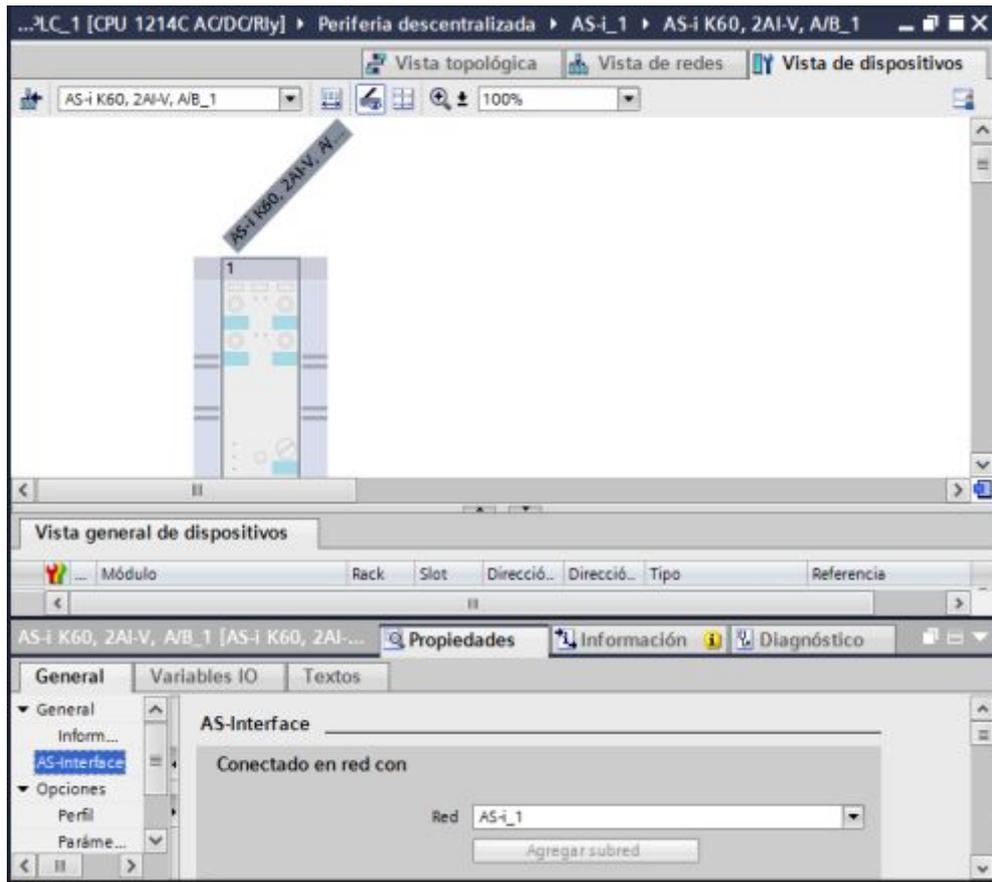


Figura 39 Agregar subred

Fuente: Software TIA PORTAL

En la misma opción ir a la opción de “Dirección(es)” y elegir “3A” esta opción da la posibilidad de seleccionar una dirección de nodo As-i. Esta área de direcciones depende del tipo de esclavo AS-i. **ver figura 40.**

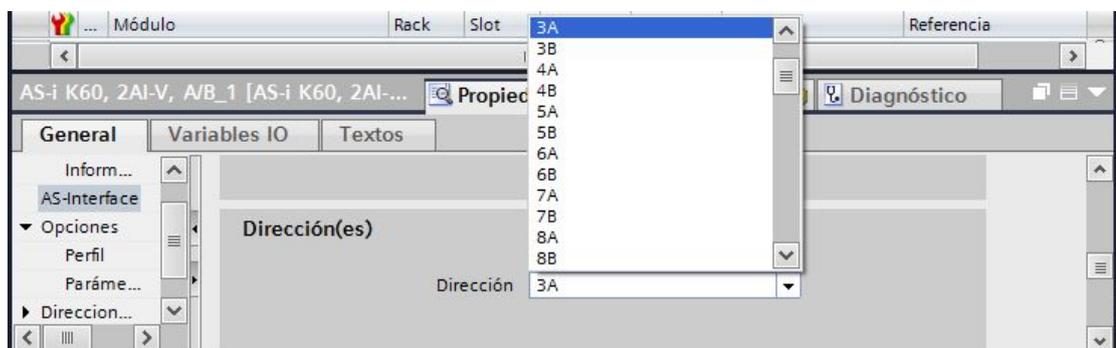


Figura 40 Dirección AS-i de la interfaz

Fuente: Software TIA PORTAL

Se debe seleccionar el rango de Ilustración 1e medida al que se va a trabajar. **ver figura 41.**

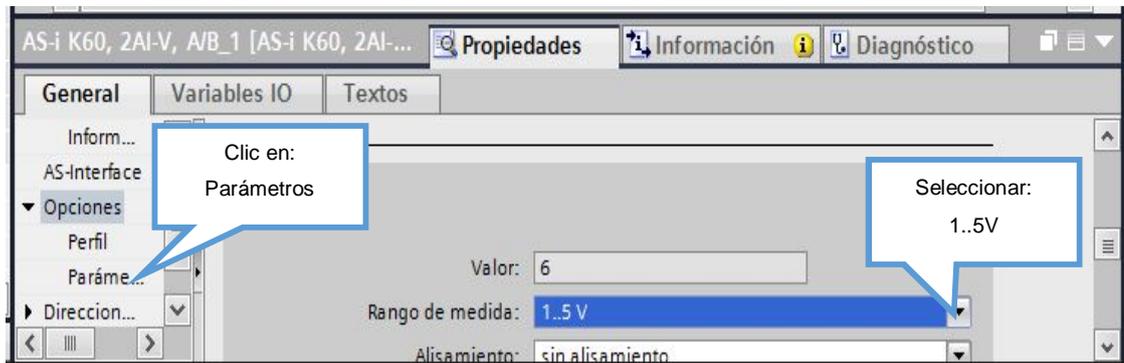


Figura 41 Rango de medida

Fuente: Software TIA PORTAL

Se comprueba que este correcta la “Dirección inicial” con el valor que se observa en la ventana de vista general de dispositivos. **ver figura 42.**

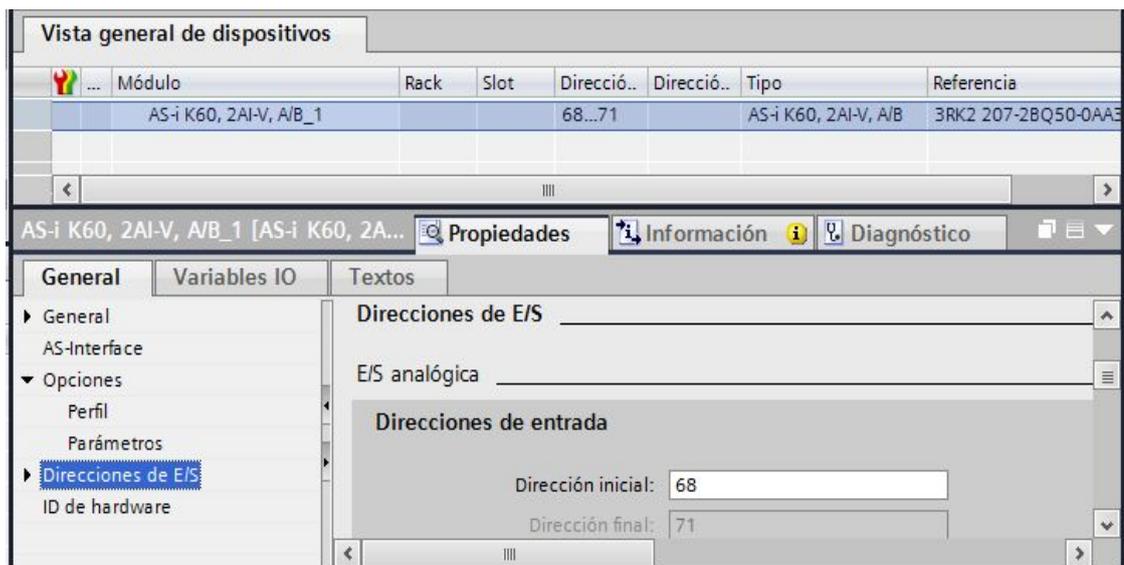


Figura 42 Direcciones de E/S

Fuente: Software TIA PORTAL

Doble clic sobre el módulo analógico de salida, en la ventana de inspección ir a la opción “AS-i Interface” clic en “agregar subred”. **ver figura 43.**

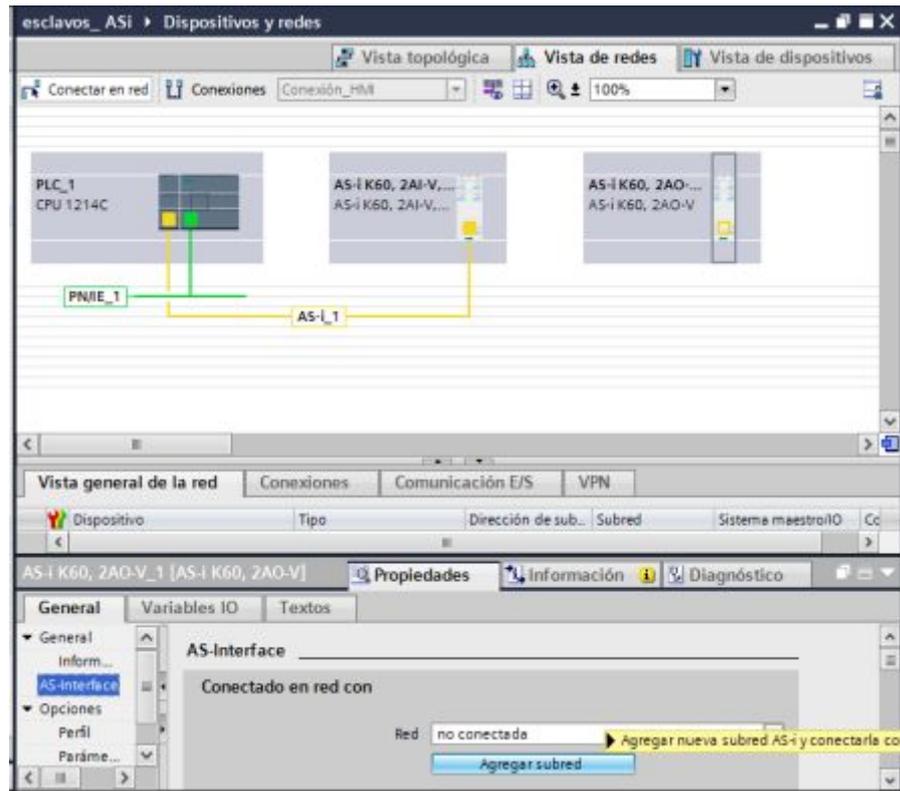


Figura 43 Agregar Subred

Fuente: Software TIA PORTAL

Interconectar el módulo analógico de salida con los otros dispositivos a la interfaz AS-i. ver figura 44.

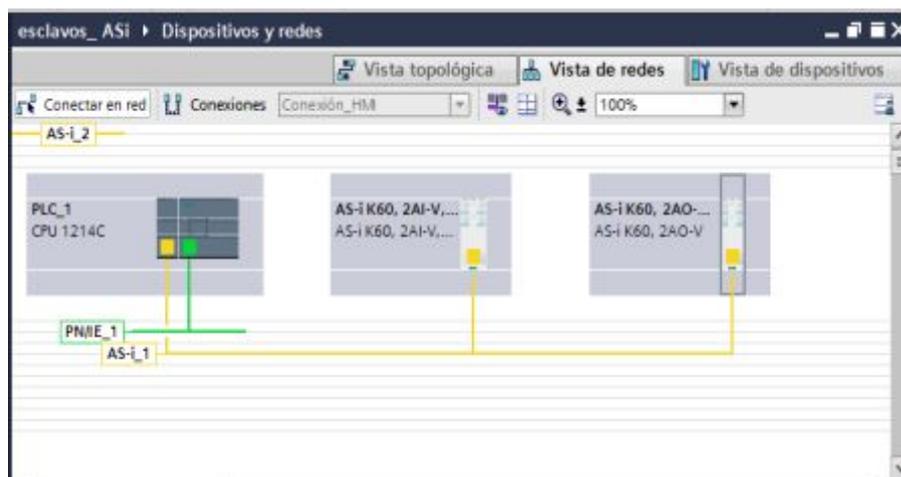


Figura 44 Interconexión de dispositivo

Fuente: Software TIA PORTAL

Seleccionar el rango de salida a operar. ver figura 45.

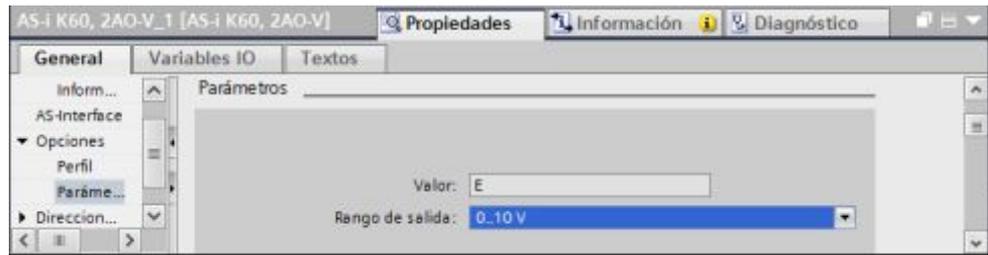


Figura 45 Rango de salida

Fuente: Software TIA PORTAL

En este módulo analógico de salida también se procedió a comprobar la dirección inicial. **ver figura 46.**

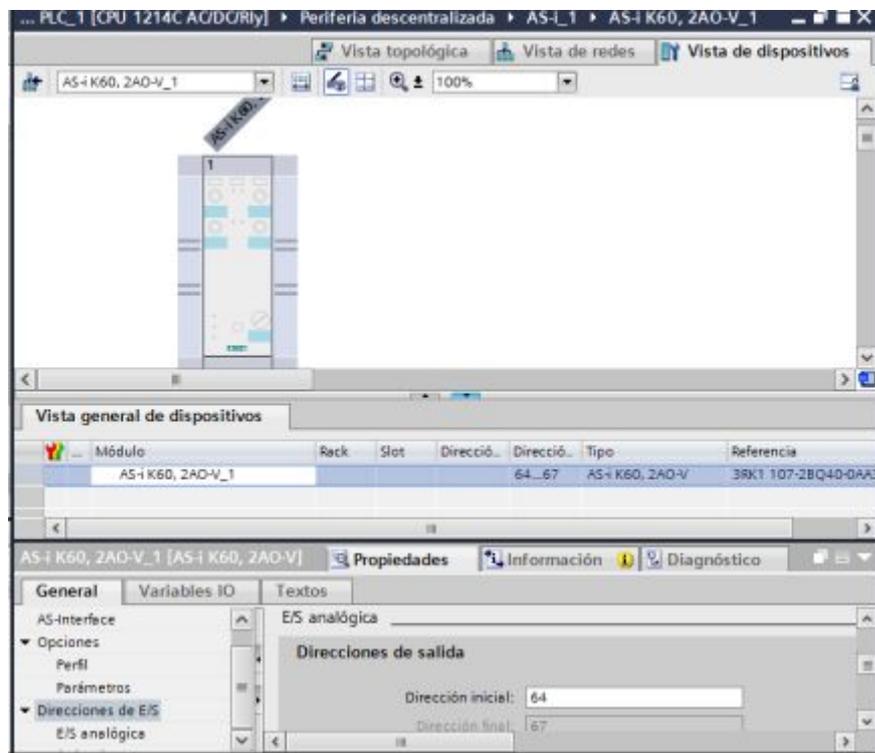


Figura 46 Direcciones E/S del módulo analógico de salida

Fuente: Software TIA PORTAL

3.4.3 Programación del proyecto

Una vez ya configurados los dispositivos a utilizar se procedió a realizar la parte de la programación. Para abrir el bloque de organización "Main [OB1]", se procedió del siguiente modo. **ver figura 47.**

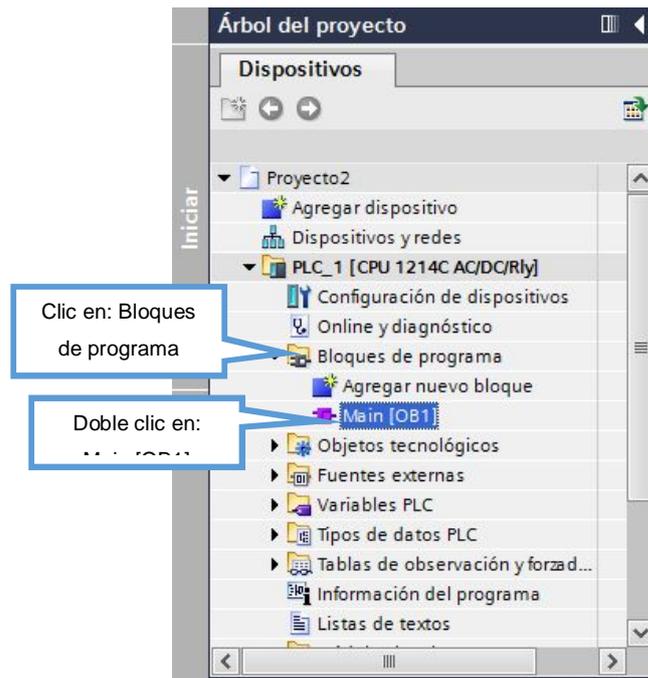


Figura 47 Bloques de programa

Fuente: Software TIA PORTAL

Nos dirigimos al segmento de editor de programa. **ver figura 48.**

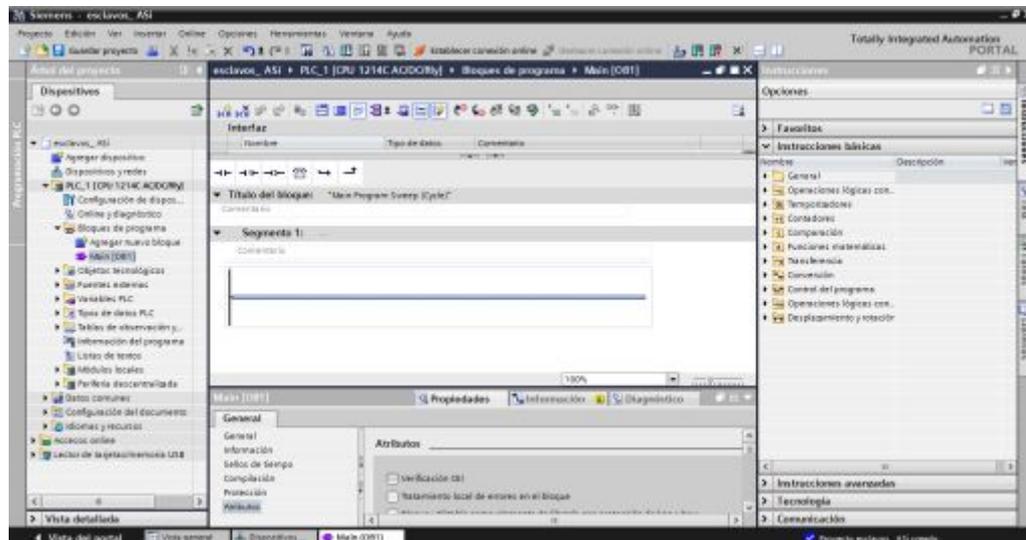


Figura 48 Editor de programa

Fuente: Software TIA PORTAL

En el primer segmento se introdujo una instrucción “MOVE” (copiar valor) que transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1. En la IN se ingresó la dirección inicial del módulo de entrada analógico (68) a una marca. **ver figura 49.**

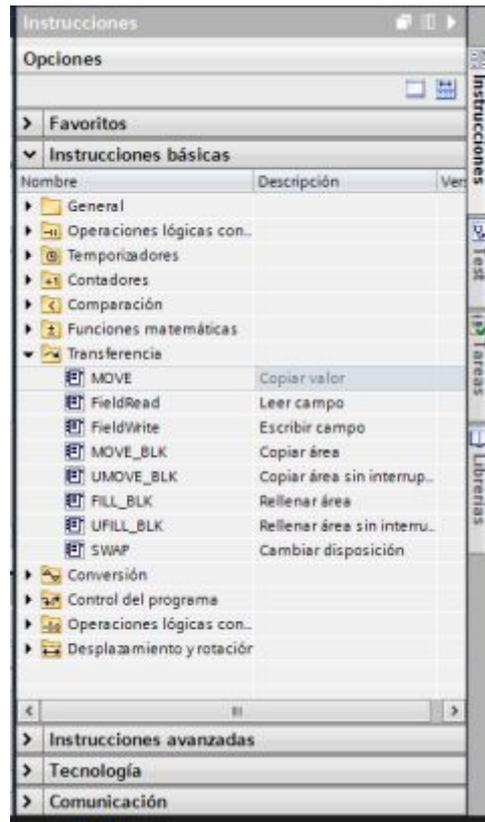


Figura 49 Instrucción MOVE

Fuente: Software TIA PORTAL

Insertamos la instrucción MOVE en el segmento del programa. **ver figura 50.**

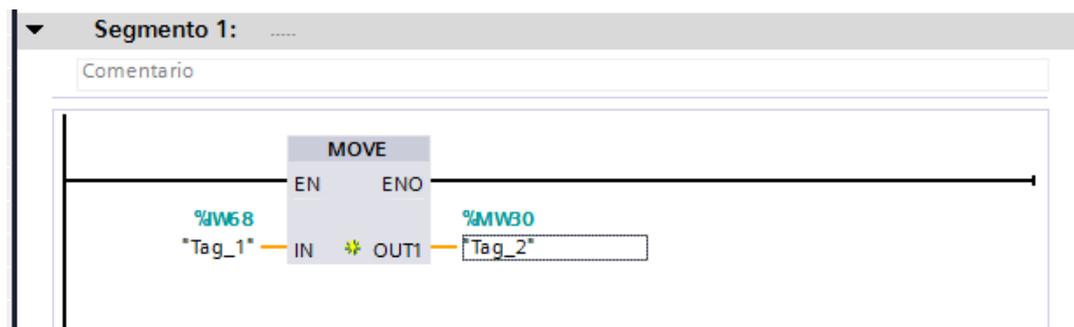


Figura 50 Segmento 1

Fuente: Software TIA PORTAL

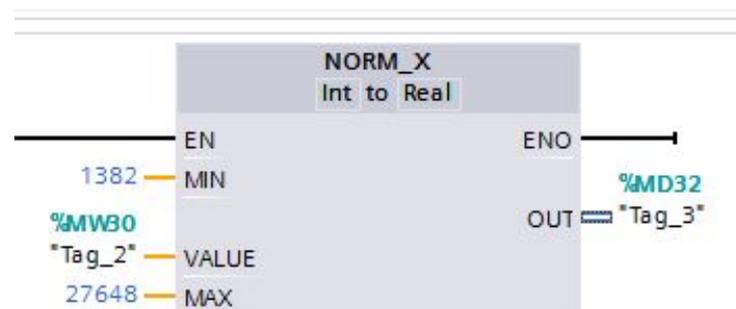
En el primer segmento también se introdujo la instrucción "NORM_X" que normaliza el valor de la variable de la entrada VALUE representándolo en una escala lineal, basándose en la siguiente tabla se llenó los parámetros.

Tabla 3 Parámetros

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Descripción
MIN	Input	Enteros, números en coma flotante	Límite inferior del rango de valores
VALUE	Input	Enteros, números en coma flotante	Valor que se normaliza
MAX	Input	Enteros, números en coma flotante	Límite superior del rango de valores
OUT	Output	Números en coma flotante	Resultado de la normalización

Elaborado por: Wilmer Quispe

Colocamos los valores máximos y mínimos de la palabra. **ver figura 51.**

**Figura 51** Segmento 2

Fuente: Software TIA PORTAL

Finalmente se ingresó la instrucción "SCALE_X" escala el valor de la entrada VALUE mapeándolo en un determinado rango de valores. Al ejecutar la instrucción "Escalar", el número en coma flotante de la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida OUT. **ver figura 52.**

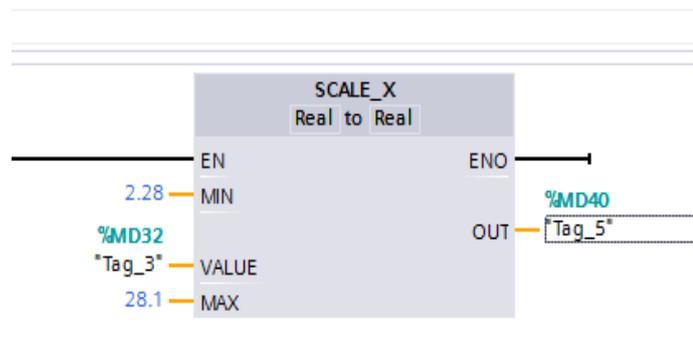


Figura 52 Segmento 2

Fuente: Software TIA PORTAL

3.4.4 Añadir el dispositivo HMI al proyecto

El HMI se debe instalar y configurar, para esto se debe seguir los siguientes pasos: **ver figura 53.**

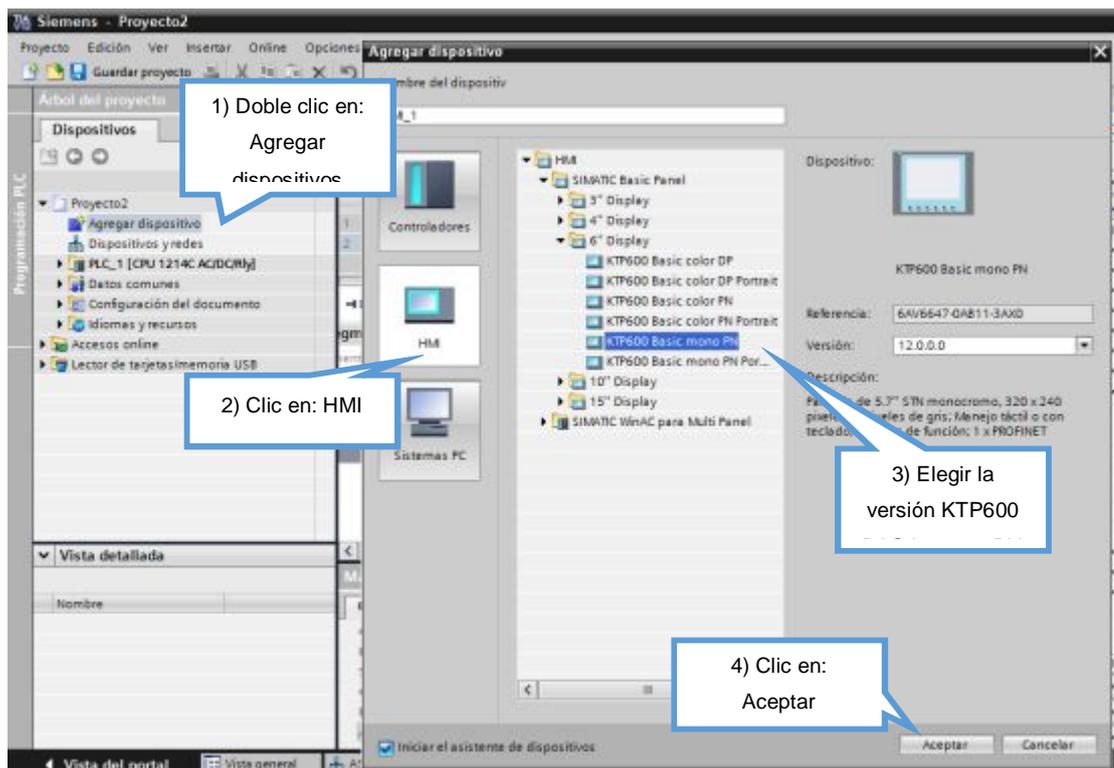


Figura 53 Agregar HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

El software STEP7 proporciona un asistente para HMI que ayuda a configurar todas las pantallas y la estructura del dispositivo HMI como se muestra a continuación. **ver figura 54.**

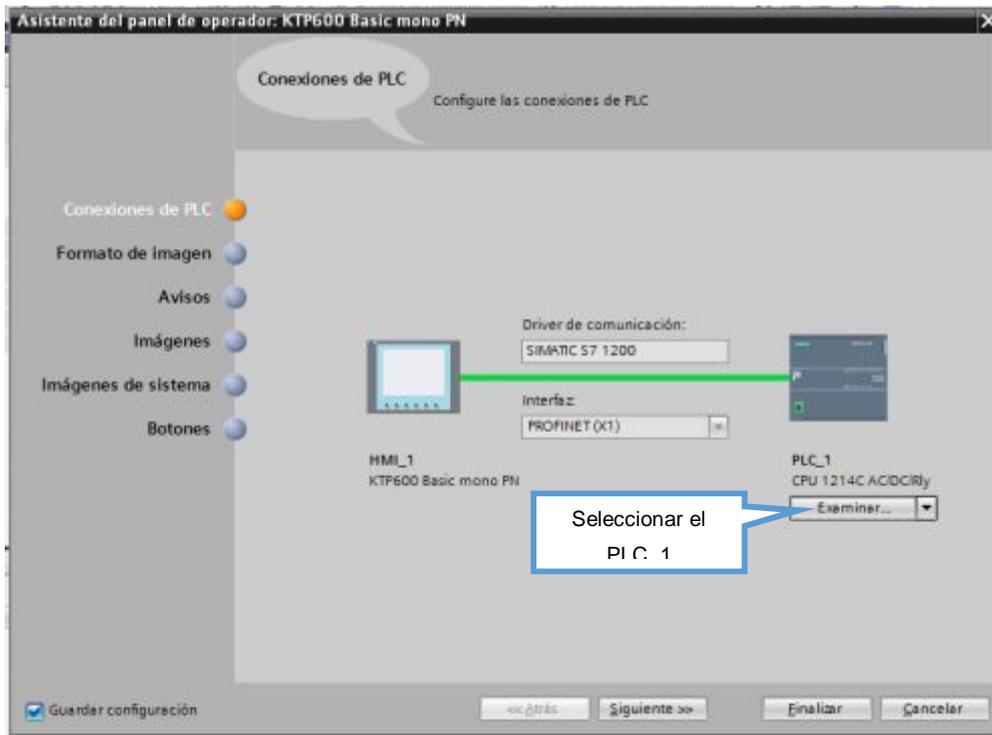


Figura 54 Configuración de las conexiones del PLC

Fuente: Software TIA PORTAL

Terminamos la configuración de Touch Panel dando en Finalizar para empezar a agregar los botones necesarios. **ver figura 55.**

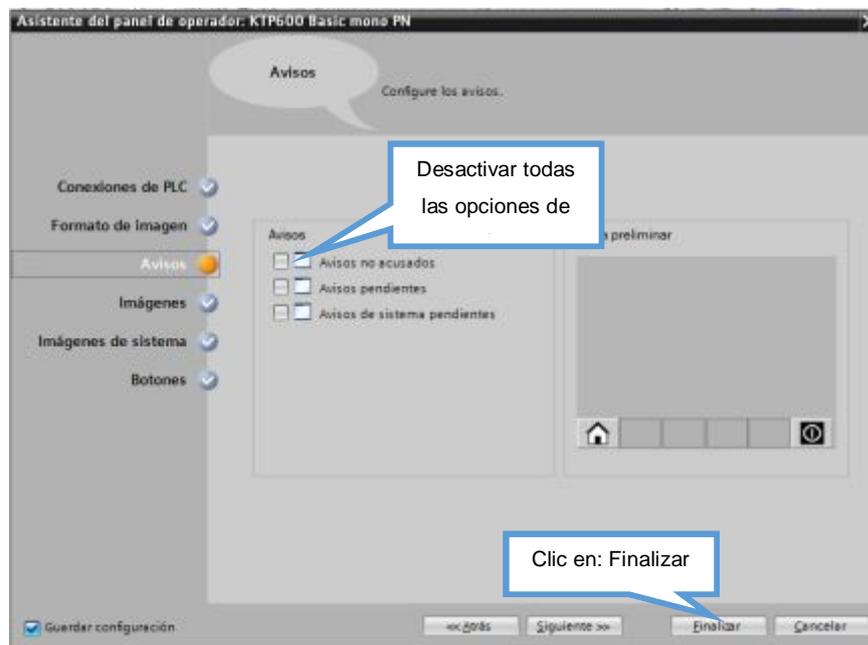


Figura 55 Configuración de avisos

Fuente: Software TIA PORTAL

Después de haber configurado los parámetros del dispositivo, se muestra la pantalla para HMI predeterminada. **ver figura 56.**



Figura 56 Pantalla HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

Configurar la dirección IP de la TOUCH PANEL. **ver figura 57.**

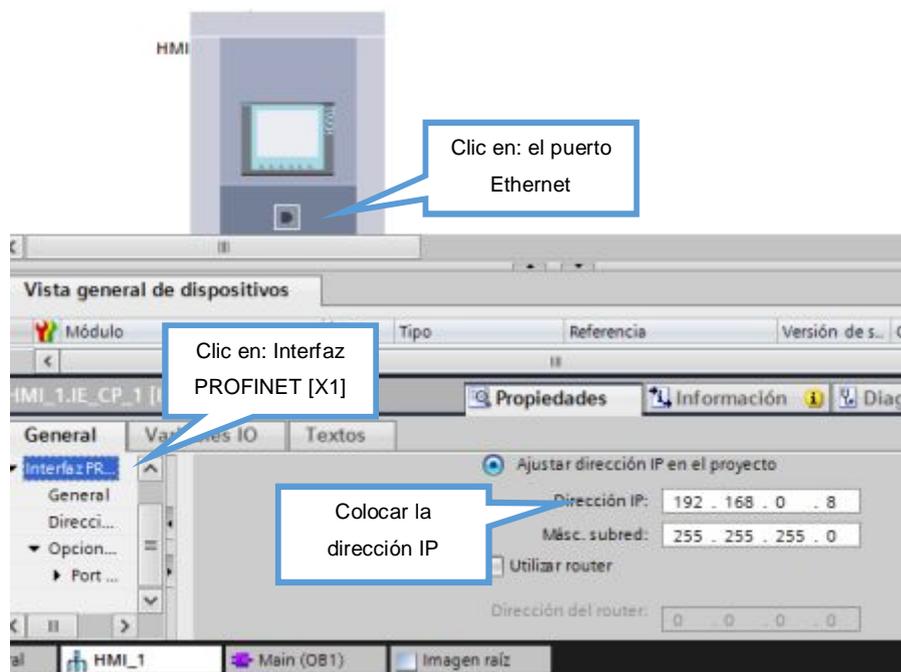


Figura 57 Configuración de la dirección IP

Fuente: Software TIA PORTAL

A continuación, se realizó el diseño del HMI agregando los elementos para el proyecto, solo se debe arrastrar a la pantalla y se les asigna las variables del PLC.

Se añadió dos rectángulos, dos elementos (campo E/S) con su respectivo (campo de texto), a los elementos añadidos se les asignó los tag del PLC. **ver figura 58.**



Figura 58 Diseño de la TOUCH PANEL

Fuente: Software TIA PORTAL

Asignamos del tag a cada botón según corresponda. **ver figura 59.**

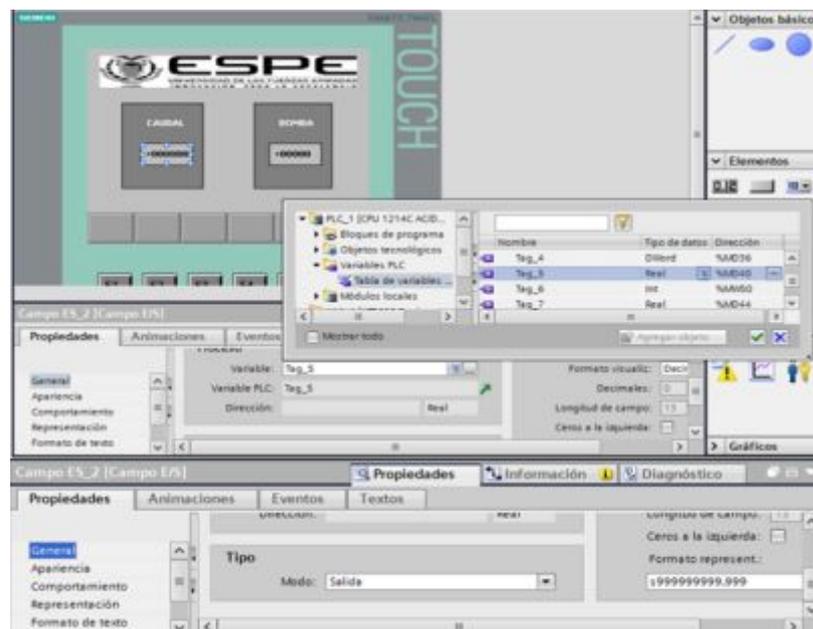


Figura 59 Elemento Caudal con su respectivo Tag

Fuente: Software TIA PORTAL

Concluimos asignando todos los tags necesarios a los botones correspondientes. **ver figura 60.**



Figura 60 Elemento Bomba con su respectivo Tag

Fuente: Software TIA PORTAL

3.4.5 Transferencia de la programación al PLC

Una vez hecha la programación del proyecto se hizo clic sobre "PLC_1" después ir a compilar para comprobar que no se encuentre la programación con errores, para cargar el programa en la CPU y en el módulo se dio clic en el botón cargar en dispositivo y en las ventanas que se muestran, se dio clic en cargar. **ver figura 61.**

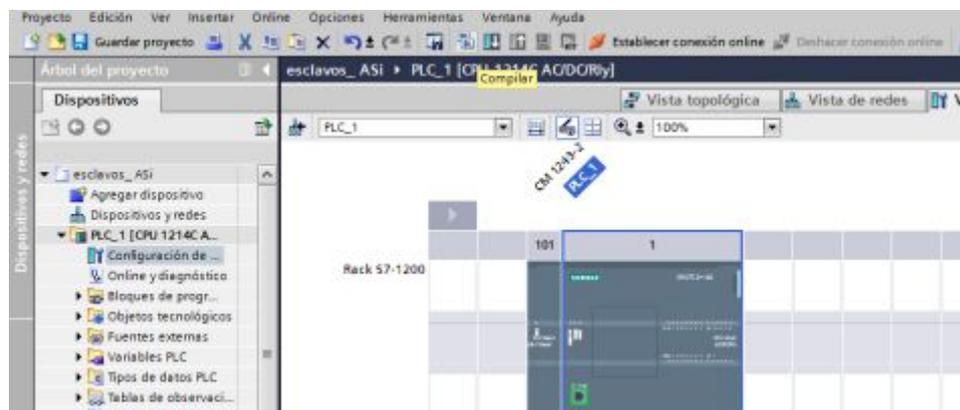


Figura 61 Transferir el programa

Fuente: Software TIA PORTAL

Empezamos a transferir el programa. **ver figura 62.**

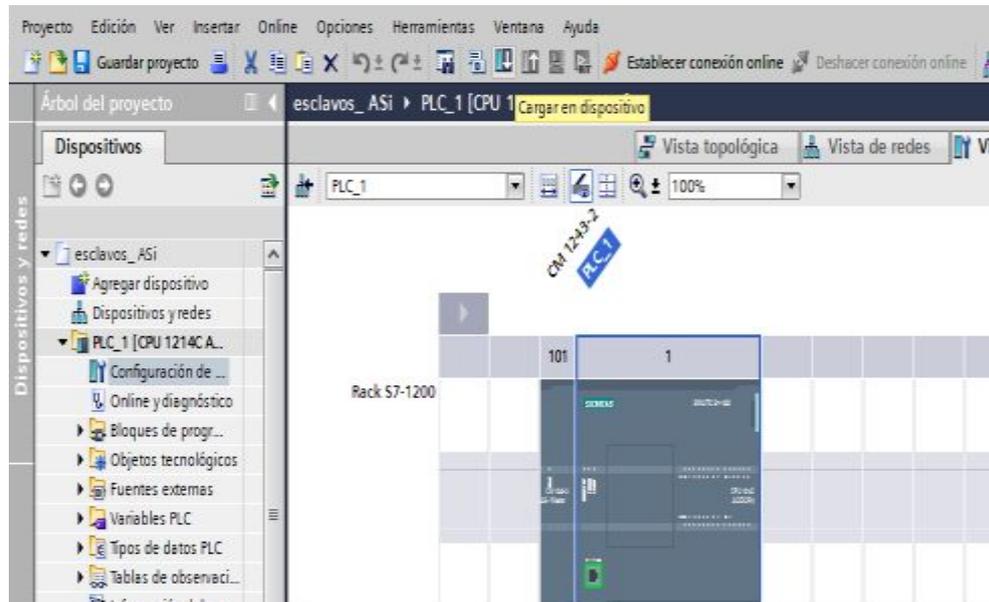


Figura 62 Transferir el programa

Fuente: Software TIA PORTAL

Damos en cargar el programa para que empiece la transferencia del programa. **ver figura 63.**

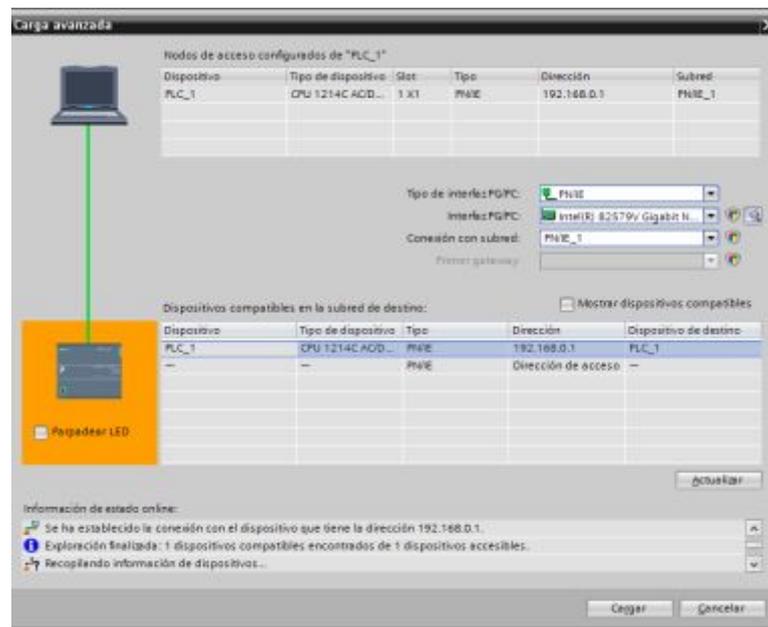


Figura 63 Transferir el programa

Fuente: Software TIA PORTAL

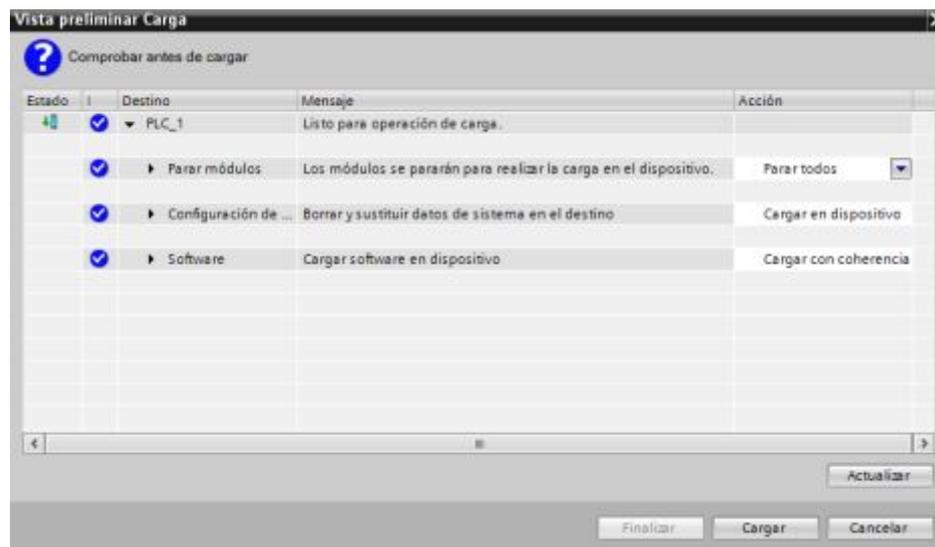


Figura 64 Transferir el programa

Fuente: Software TIA PORTAL

3.4.6 Transferencia de la programación a la TOUCH PANEL

Preceder a dar clic sobre "HMI_1", después se dio clic en el botón cargar en dispositivo y en las ventanas que se muestran, se dio clic en cargar y "Sobrescribir todo". ver figura 65.

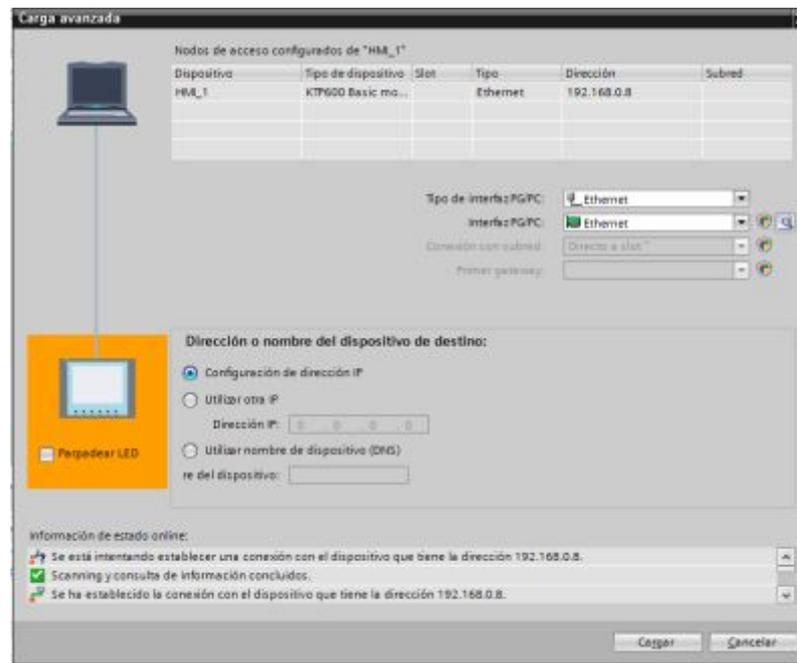


Figura 65 Transferir el programa a la pantalla HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

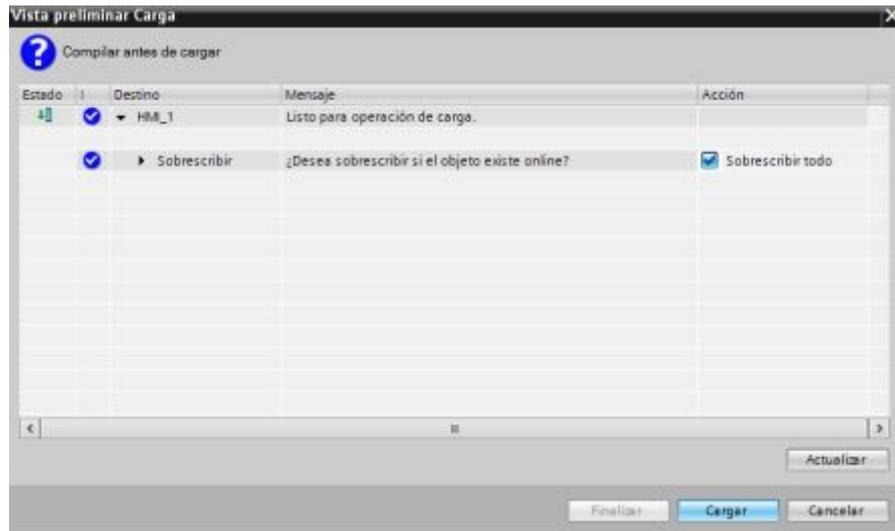


Figura 66 Transferencia del programa a la pantalla HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

Se puede observar la ventana como se carga en el dispositivo. **ver figura 67.**

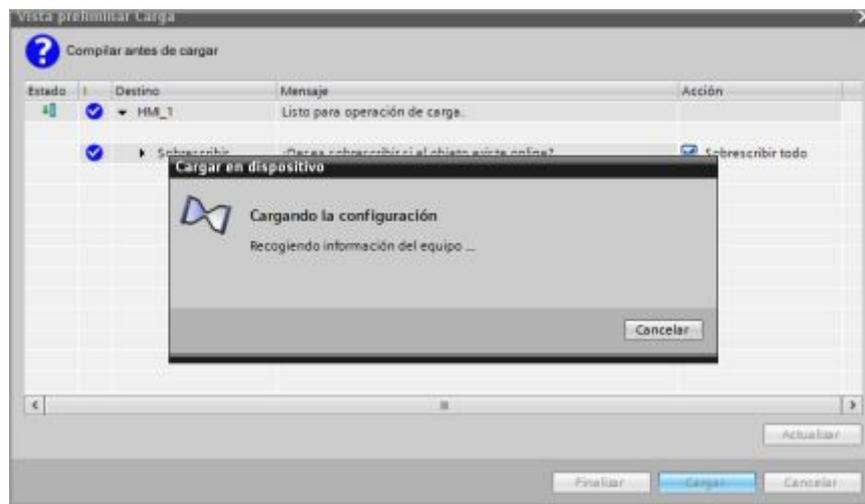


Figura 67 Ventana de Cargar en dispositivo

Fuente: Software TIA PORTAL

3.5 Pruebas funcionales

Después de montar la red AS-i, cargar el programa al PLC 1200 y a la pantalla HMI se puede visualizar los valores en galones por minuto (Gpm) del agua que pasa por la Bomba hacia el reservorio de la estación de caudal CPP – 001. **ver figura 68.**



Figura 68 Red AS-i en funcionamiento

Fuente: Wilmer Quispe

Con las medidas que se visualizan en la Touch panel como en el sensor de caudal de la estación podemos calcular cual es el margen de error de la red AS-i montada mediante la siguiente formula:

$$E\% = \frac{V_{Real} - V_{Medido}}{V_{Real}}$$

Según estudios el error máximo permitido para que una red sea confiable es del 1.5% por lo que nuestro error debe ser menor a este.

Tabla 4 Porcentaje de error

GPM Sensor caudal	GPM red AS-i	Error porcentual
1.31	1.27	0.0305%
2.72	2.65	0.0257%
5.83	5.69	0.0240%
9.47	9.28	0.0200%
12.37	12.18	0.01535%

Elaborado por: Wilmer Quispe

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó que una red AS - i posee características óptimas tanto en su maestro y esclavos además su costo es menor con respecto a otros protocolos de comunicación tanto en montaje y mantenimiento.
- Se programó el PLC S7-1200 – CPU 1212C AC/DC/Rly mediante el software TIA PORTAL para la comunicación con los esclavos AS-i y de esta manera crear la red AS-i.
- Se construyó con éxito la red AS-i usando esclavos de entrada y salidas analógicas para el control de la estación de caudal CPP – 001, siendo una de sus características la
- Las pruebas realizadas del funcionamiento de la red AS-i durante el control de la estación de caudal CCP – 001 fueron satisfactorias gracias al error mínimo encontrado entre el sensor de caudal de la estación y los datos obtenidos en la Touch panel

4.2 Recomendaciones

- Verificar el direccionamiento de los esclavos AS - i ya que por defecto de fábrica vienen con la dirección 00, y pueden producir errores al momento de la programación.
- Verificar que todos los equipos se encuentren conectados correctamente a la red para que su funcionamiento no contenga errores.
- Configurar los parámetros del variador de frecuencia Power Flex 4 referenciándose en el protocolo de comunicación.
- No sobrepasar el número máximo de esclavos que son 31.

GLOSARIO DE TERMINOS

AS – i	Interfaz sensores actuadores
Hardware	Conjunto de elementos físicos
HMI	Interfaz hombre-máquina
Interfaz	Conexión entre hardware, software y usuario
IP	Protocolo de internet
PLC	Controlador Lógico Programable
Software	Conjunto de programas
Touch Panel	Pantalla táctil de uso industrial
Power Flex	Variador de velocidad
Maestro AS-i	Permite la conexión de la red AS-i al sistema de automatización.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen-Bradley. (12 de 02 de 2013). *A-B*. Obtenido de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-4>
- Allen-Bradley. (Junio de 2013). *rockwellautomation*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001_-en-p.pdf
- Atom. (2 de 10 de 2014). *blogspot*. Obtenido de <http://asi-92254.blogspot.com/>
- Automatizacion y Control. (11 de 04 de 2014). *micro*. Obtenido de http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf
- Barragan, A. (19 de 08 de 2016). *uhu*. Obtenido de <http://uhu.es/antonio.barragan/book/export/html/125>.
- Cassiolato, C. (16 de 03 de 2012). *smar*. Obtenido de <http://www.smar.com/espanol/articulo-tecnico/redes-industriales-parte-1>
- Castro, J. (24 de 08 de 2013). *dspace.esepoch.edu*. Obtenido de <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/2820/1/108T0041.pdf>
- Godoy, E. (02 de 08 de 2016). *SlidePlayer*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/6157189/>
- Hurtado Torres, J. (12 de 07 de 2015). *infopl*. Obtenido de http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf
- jacape. (02 de 08 de 2016). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/19987005/Comunicaciones-industriales>
- Pascual, F. (13 de 09 de 2012). *Centro Integrado Politécnico "ETI"*. Obtenido de <http://etitudela.com/fpm/comind/downloads/6asiconfg.pdf>
- Portilla, J. (20 de 05 de 2016). *Mecatrónicos*. Obtenido de <http://mecatronicosena.blogspot.com/2011/02/piramide-cim.html>

- Sacón, G. (05 de 11 de 2013). *dspace.epoch*. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/2900/1/108T0063.pdf>
- Siemens. (16 de Noviembre de 2009). Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Siemens. (16 de Noviembre de 2009). Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- SIEMENS. (04 de 2013). Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/958/57358958/att_73702/v1/manual_CM_1243_2_DCM_1271_es-MX.pdf
- Siemens. (16 de Noviembre de 2015). Obtenido de <file:///C:/Users/Rulo/Downloads/6ES7241-1CH32-0XB0.pdf>
- Siemens AG. (Abril de 2012). Manual del sistema SIMATIC S7. Alemania.
- Siemens AG. (18 de Febrero de 2015). Obtenido de https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf
- Simatic HMI. (20 de Enero de 2015). Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf
- Sosa, J. (1 de 07 de 2011). *blogspot*. Obtenido de <http://jesussosaydiegosolano.blogspot.com/>
- uazuay. (18 de 01 de 2013). *uazuay.edu.ec*. Obtenido de https://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/modelo_osi.htm
- wiedemann, bihl;. (27 de 06 de 2014). *phoenixcontact*. Obtenido de https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dw_l_technical_info/instrecomm10_e.pdf

ANEXOS

