

Módulo de comunicaciones industriales basado en protocolos PPi y MPI

Module of industrial communications based in protocols PPi and MPI

BRUNO ELIO VARGAS TAMANI¹

¹ Ingeniero electrónico, magister en Ingeniería de Control y Automatización, Doctor en Ingeniería Industrial. Amplia y reconocida actividad docente en universidades como UNMSM, UNI, PUCP. Docente e investigador en el área de Control y Automatización de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Perú. Ha participado como ponente representando a nuestra Universidad en congresos tanto nacionales como internacionales en el área de su especialidad. También ha asumido responsabilidades administrativas como directivo de su Facultad, habiéndose caracterizado por su proactividad, inclusión y receptor de todas las opiniones interesadas en alcanzar mayores logros de nuestra Facultad.
E-mail: bvargast@unmsm.edu.pe

Resumen

Se propone la construcción de dos módulos de entrenamiento independientes, basados en controladores lógico programables, de las familias S7-200 y S7-300 de SIEMENS, tales módulos deben incluir controladores de variables continuas utilizadas en el control de procesos, una tarjeta simuladora de plantas industriales, panel industrial, motor trifásico, interconexión mediante redes industriales con los protocolos propios de Siemens, como son los protocolos MPI (Multi Point Interface), PPI (Point to Point Interface) y USS (Universal Serial Interface), además de utilizar la red industrial estándar de Protocolo Profibus DP, también deberá permitir el desarrollo de aplicaciones SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), pudiéndose realizar el control supervisado de manera remota de los procesos. Esto permite el entrenamiento de los participantes de manera personalizada, teniendo a disposición los instrumentos básicos de uso industrial en los Sistemas de Automatización y de Control Automático. Se realizó el estudio mecánico, eléctrico y electrónico, para estos módulos, así como su implementación y prueba de diferentes aplicaciones, como la configuración de los protocolos a utilizar, la supervisión centralizada de los procesos y su control a través de la red industrial.

Palabras clave: Red industrial, protocolos, red PPI, red MPI, control, supervisión, comunicación.

Abstract

The construction of two separate training modules based on programmable logic controllers of the S7-200 and S7-300 of SIEMENS families such modules should include continuous variables controllers used in process control, a simulated card was proposed industrial plants, industrial panel, three phase motor, industrial networks through interconnection with Siemens proprietary protocols such as MPI (Multi Point Interface), PPI (Point to Point Interface) and USS (Universal Serial Interface) protocols, in addition to using industry standard network Profibus DP protocol. It should also enable the development of applications SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), being able to perform supervised remotely control processes. This allows training participants in a personalized way, having the basic tools available for industrial use in Automation and Automatic Control. Mechanical, electrical and electronic study for these modules and their implementation and testing of different applications such as configuration protocols to use, centralized monitoring and control processes through the industrial network was performed.

Keywords: Industrial network protocols, network PPI, network MPI, control, monitoring, communication.

I. Introducción

El equipamiento de nuestros laboratorios para experimentar, realizar prácticas, desarrollar proyectos y ofrecer servicios a la comunidad industrial, siempre resulta en un problema latente cuando deseamos contar con los instrumentos y sistemas de actualidad para los fines planteados, debido al costo elevado y a los escasos recursos de nuestra institución. Por ello, nuestra preocupación ha sido cubrir en lo posible esa necesidad desarrollando estudios de investigación que puedan disminuir los efectos de esa problemática. Como parte de la actividad de investigación en nuestra Universidad, nos hemos enfocado en diseñar e implementar módulos de laboratorio para el área de automatización y control automático, habiéndose logrado construir varios módulos de procesos, es así que contamos con procesos continuos y discretos, gobernados por controladores lógicos programables (PLC), como son: módulo secuencial de llenado y envasado, módulo de control de procesos, módulo de control de motores de inducción con variador de velocidad, panel touch screen, controlador industrial de procesos, y tarjeta de simulación de plantas analógicas industriales. Teniendo a disposición varios módulos de control de procesos que pueden ser controlados por controladores lógicos programables, instalados en dos módulos de aprendizaje, basado en el PLC S7-200 CPU 224 y el PLC S7-300.

Se trata de implementar un segundo nivel de automatización, en el cual se puedan interconectar los procesos, controlados por sus respectivos controladores individuales mediante una red industrial, aprovechando los puertos de comunicación con que cuentan los controladores lógicos programables PLC S7-200 con los protocolos PPI y MPI.

Así nos planteamos como objetivo diseñar un sistema de red industrial basado en los protocolos PPI y MPI mencionados, estas redes básicas se amplían con las redes USS y la red Profibus DP, siendo nuestra finalidad la de centralizar la información de los procesos controlados por instrumentos locales y crear aplicaciones de supervisión y de control de esos procesos, a través de las redes industriales a configurar.

Los módulos construidos permiten una preparación personalizada de manera autodidacta a los

integrantes de nuestra comunidad educativa, en las áreas de Automatización y Control Automático, teniendo a disposición los instrumentos de uso común en los ambientes industriales.

II. Materiales

El estudio de investigación desarrollado nos ha permitido diseñar e implementar un módulo de comunicaciones industriales a través de un sistema de redes industriales, especialmente para la utilización de la red industrial estándar de Protocolo Profibus DP, además de poder trabajar con los protocolos propios de Siemens, como son los protocolos MPI (Multi Point Interface), PPI (Point to Point Interface) y USS (Universal Serial Interface).

Se utiliza un Controlador Lógico Programable PLC S7-300 CPU 314C-2DP con dos puertos de comunicación, uno con protocolo MPI y el segundo para el Protocolo Profibus DP. A través de una red Profibus DP, utilizando como maestro de esa red, al puerto correspondiente del PLC S7-300, podemos comunicarnos con sistema basado en PLC S7-200 con CPU 224 que utiliza un módulo de comunicaciones Profibus DP EM277, que se configura como esclavo en la red Profibus. El puerto MPI del PLC S7-300 permitirá comunicarnos básicamente con una computadora personal, para poder implementar un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control de Supervisión y Adquisición de Datos), para la supervisión y control de los procesos controlados o interconectados por los PLC que se integran a la red. La comunicación PPI entre dos PLC S7-200, uno de ellos esclavo de la red Profibus, permite comunicar la información de los procesos controlados por el segundo PLC S7-200 al sistema de red. El protocolo USS que se puede configurar en uno de los puertos del PLC S7-200 esclavo de la red Profibus, permitirá la comunicación en este caso particular con un variador de velocidad Micromaster de Siemens, el cual controla un motor Siemens de 1HP. El variador de velocidad incorpora un puerto USS que nos permite incorporar este controlador a la red.

El sistema de red que interconecta los diferentes PLC permitirá experimentar con los diferentes protocolos con los que cuenta y diseñar aplicaciones para cada uno de los procesos desde el sistema SCADA. Asimismo, el módulo implementado

permite un autoaprendizaje del operador del módulo, en todos los instrumentos e interfaces de ellos, llámese PLC S7-300, PLC S7-200, variador de velocidad Micromaster, Panel Touchscreen ESA. Además que el sistema de red se interconecta con otro módulo basándose en un PLC S7-200 que también fue diseñado para un autoaprendizaje de los instrumentos, con los cuales cuenta como son: controlador lógico programable PLC S7-200 Siemens Simatic S7-200 CPU 224 DC/DC/DC, Controlador de Procesos de procesos de uso industrial: Controlador Hanyoung NUX Serie NX9-00, Interface de entrada y salida de datos analógicos para PLC S7-200 módulo analógico digital compatible con el PLC, Siemens EM 235 AI4/AQ1 x 12 bit.

Teniendo a disposición varios módulos de control de procesos, que pueden ser controlados por Controladores Lógicos Programables instalados en dos módulos de aprendizaje, basado en el PLC S7-200 CPU 224, además otros instrumentos de control como son: variador de velocidad (que controla un motor trifásico), panel touch screen, controlador industrial de procesos, tarjeta de simulación de plantas analógicas industriales; se plantea lograr implementar un segundo nivel de automatización, en el cual se puedan interconectar los procesos, controlados por sus respectivos controladores individuales, mediante una red industrial de protocolo estándar, como es el Protocolo Profibus DP, además de aprovechar los puertos de comunicación con que cuentan los Controladores Lógicos Programables PLC S7-200 con los Protocolos PPI, MPI y USS, de los módulos de aprendizaje con los que contamos. Se plantea como objetivo diseñar un sistema de red industrial, basado en los protocolos mencionados, con la finalidad de centralizar la información de los procesos controlados por los controladores aislados hasta ahora y crear aplicaciones de supervisión y de control de esos procesos a través de la red industrial.

III. Metodología

Diseño de los módulos construidos

Diseño del primer módulo

El primer módulo que se planteó construir debería integrar los siguientes equipos: módulo electrónico de simulación de procesos industria-

les, un controlador de procesos de uso industrial con un display que facilite su programación, un controlador lógico programable (PLC) para la comunicación con un sistema SCADA, una interfase analógica digital para la comunicación de datos analógicos hacia el PLC, un sistema de comunicación del PLC con una computadora, un sistema SCADA instalado en el computador para el desarrollo de las interfases de supervisión y control de los procesos controlados.

Además debe contar con los sistemas de alimentación de energía eléctrica de los instrumentos como son: fuentes de alimentación del PLC, fuentes de alimentación de doble polaridad para el sistema electrónico de simulación de procesos, alimentación de red eléctrica para el controlador industrial.

Este módulo debe permitir al usuario que pueda conectar los instrumentos de uso común en el laboratorio como son: generadores de señal, multímetros, osciloscopio, etc.

Además el sistema debe permitir experimentar con cada instrumento del equipo de laboratorio en forma independiente e interconectar los instrumentos constituyentes según convenga, de acuerdo a los temas que se deseen experimentar. Para ello se debe permitir al usuario acceder a cada componente del sistema con facilidad y permitir conectar a las partes seleccionadas los instrumentos de entrada y los medidores de salida.

El módulo contará con un sistema de borneras para acceder a la tarjeta de simulación de procesos. La alimentación de energía de todo el módulo también es independiente y debe permitir entregar energía a los otros instrumentos que se utilizarán en las prácticas, se diseñará un tablero eléctrico para ese fin.

La disposición planteada de los instrumentos del módulo, además de la ubicación de los sistemas de energía a cada módulo, se muestra en la figura A1 de los Anexos.

Como se muestra, el usuario del sistema contará con un espacio a manera de escritorio, donde se pueden ubicar los equipos adicionales que usará como: generadores de señal, multímetros, osciloscopio, cables, herramientas, procesos externos, etc.

Cada componente del módulo: tarjeta electrónica simuladora de procesos, controlador industrial, sistema PLC y módulo analógico tienen su propio switch de energía. Esto permite energizar el módulo de uso actual en forma independiente.

Se ofrece al usuario una bornera para trabajar en forma independiente con la tarjeta electrónica simuladora de procesos. Se puede así experimentar con la simuladora de planta, aplicando diferentes señales y realizando mediciones de salida. Se puede variar el comportamiento de la planta variando las posiciones de los potenciómetros ubicados para ese fin, así también agregar señales de perturbación graduando su magnitud con el potenciómetro de perturbación.

También el usuario cuenta con una bornera para experimentar en forma independiente con el controlador industrial. Puede agregar señales externas, configurar el controlador a través de su propio panel y medir señales de salida del controlador. Se pueden agregar procesos externos para ser controlados por este controlador industrial.

Asimismo, puede en forma independiente acceder al sistema PLC módulo de entradas y salidas analógicas; cuenta con una bornera para ese fin; podemos aplicar señales externas y mediante programas en lenguaje del PLC hacer un monitoreo de señales externas, así como conectar procesos externos y hacer pruebas de control utilizando los algoritmos PID con que cuenta el PLC.

La funcionalidad del módulo se puede lograr porque podemos interconectar los diferentes componentes según convenga.

Por ejemplo, podemos interconectar la tarjeta electrónica simuladora de procesos, con el controlador industrial para experimentar con las diferentes estrategias de control en lazo cerrado de ese instrumento, además de poder configurar el comportamiento de la planta de diferentes maneras, convirtiendo a la planta en un nuevo problema de control.

Podemos interconectar la tarjeta electrónica simuladora de procesos con el módulo de entradas y salidas analógicas del PLC, para que a través del PLC se puedan experimentar con las diferentes estrategias de control PID en lazo cerrado con que cuenta el PLC. El programa de control se carga en el PLC a través de una programación

previa en la computadora y luego puede trabajar autónomamente.

También podemos interconectar la tarjeta electrónica simuladora de procesos con el controlador industrial, para que la planta sea controlada por ese instrumento; conectar ese sistema de lazo cerrado al sistema módulo de entradas y salidas analógicas y PLC, de esta manera podemos monitorear el comportamiento del sistema de lazo cerrado, desde el PLC a través del programa del PLC con una computadora.

Finalmente, la conexión de la planta controlada por el controlador industrial, se puede conectar al sistema módulo de entradas y salidas analógicas y PLC, para que pueda ser supervisada y comandada mediante interfaces SCADA en una computadora, utilizándose el software SCADA que permite el diseño de las interfaces de monitoreo y control, además de ofrecer otras ventajas adicionales, como el de registro de los datos para su posterior análisis en el reporte de históricos o cálculos de costos o de administración logística.

Diseño del segundo módulo

El segundo módulo construido se planteó considerando integre los siguientes equipos de laboratorio:

- Un Controlador Lógico Programable PLC de uso industrial, que permita la comunicación a través de una red industrial estándar, como la basada en el Protocolo Profibus DP. En este caso se eligió un PLC Siemens Simatic de la serie S7-300 CPU 314C-2DP, el cual cuenta con un puerto para comunicaciones en red Profibus DP.
- Proceso a ser controlado en el propio módulo, en este caso se eligió un motor trifásico de la marca Siemens 1.00/0.75 HP/kW 1LA 082-4YC80 1680 rpm; esta se constituye en nuestra planta local a ser controlada.
- Un sistema actuador para controlar el motor trifásico de la marca Siemens, en este caso lo constituye el sistema variador de velocidad Micromaster Vector de Siemens.
- Un Controlador Lógico Programable PLC de uso industrial, que permita la comunicación con la planta para su control y monitoreo, además de permitir comunicarse con una PC

para el desarrollo de aplicaciones SCADA. En este caso se eligió un PLC Siemens Simatic de la serie S7-200 CPU 224XP AC/DC/RLY 214-2BD23-0XB0.

- Una interface hombre máquina (HMI) que permita también el control y monitoreo de la planta y pueda comunicarse con el resto del sistema. En este caso se eligió un Panel Touch Screen de la marca ESA VT155W.
- Una computadora para comunicación con el PLC y desarrollo de las aplicaciones de control, supervisión y monitoreo del sistema SCADA y del Panel Touch Screen.
- Sistemas de alimentación de energía eléctrica de los instrumentos como son: fuentes de alimentación del PLC, estabilizadores de tensión.
- Cables de conexión entre los diferentes instrumentos, como por ejemplo el cable de programación del PLC: USB/PPI Multi-Master Cable 6ES7 901-3DB30-0XA0 y el USB/MPI Cable 6ES7 972-0CB20-0XA0.

Al igual que el primer módulo, este sistema debe permitir experimentar con cada instrumento del equipo de laboratorio en forma independiente e interconectar los instrumentos constituyentes según convenga, permitiendo al usuario acceder a cada componente del sistema.

Este módulo cuenta también con un sistema de borneras, para acceder a la tarjeta de simulación de procesos. La disposición inicial de los diferentes instrumentos se muestra en la figura A2 de los Anexos.

La alimentación de energía de todo el módulo también es independiente y debe permitir entregar energía a los otros instrumentos que se utilizarán en las prácticas, se diseñó un tablero eléctrico para ese fin.

Este módulo cuenta con un espacio a manera de escritorio, donde se pueden ubicar los equipos adicionales para el desarrollo de prácticas como: generadores de señal, multímetros, osciloscopio, cables, herramientas, procesos externos, etc.

Cada componente del módulo: controlador lógico programable PLC, panel Touch Screen, variador de velocidad y motor trifásico tienen su propio

switch de energía. Esto permite que cada instrumento que se desee utilizar en forma individual, se energice de manera independiente.

Se ofrece al usuario una bornera para trabajar en forma independiente con cualquiera de los instrumentos del módulo. Así podemos experimentar con el motor trifásico, con el variador de velocidad, con el panel Touch Screen y con el controlador lógico programable.

A través de la bornera que permite aislar cada componente del módulo para experimentar en forma independiente, podemos conectar señales externas, configurar el controlador a través de su propio panel y medir señales de salida del PLC. Se pueden agregar procesos externos para ser controlados por este controlador industrial.

Asimismo, se puede en forma independiente acceder al sistema PLC módulo de entradas y salidas analógicas; para ello se cuenta con una bornera para ese fin; podemos aplicar señales externas y mediante programas en lenguaje del PLC, hacer un monitoreo de señales externas. Así como conectar procesos externos y hacer pruebas de control utilizando los algoritmos PID con que cuenta el PLC.

Diseño electrónico

El diseño de los componentes electrónicos del módulo, consiste básicamente en el diseño de una tarjeta electrónica de simulación de la dinámica de procesos industriales (Gray y Meyer 1995), básicamente de las variables normalmente utilizadas para control industrial como son: temperatura, presión, nivel y flujo.

El circuito electrónico que se propone como síntesis del modelo de sistema de segundo orden, se trata de un sistema electrónico realimentado, a partir de amplificadores operacionales en operación lineal (Frohr y Orttenburger 1986), que contiene en la línea directa un elemento integrador en serie con un circuito de primer orden. La ganancia variable se obtendrá ajustando un potenciómetro de salida.

IV. Resultados

RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS CON EL CIRCUITO SIMULADOR DE PROCESO INDUSTRIAL

Se realizó la síntesis del circuito que forma parte del primer módulo, mostrado en la Figura 1 y denominado: tarjeta de proceso. El requerimiento fue el de cumplir las características especificadas en el diseño electrónico.

Las pruebas del circuito implementado se realizaron variando el factor de amortiguamiento. Los valores mayor y menor obtenidos, corresponden a un sistema sobreamortiguado y a un sistema subamortiguado, respectivamente. Para cada caso, las respuestas medidas se muestran en la Figura A3 de los Anexos.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS APLICACIÓN SCADA DISEÑADA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL MOTOR TRIFÁSICO

En la aplicación SCADA diseñada para comandar la velocidad del motor, se incluye la opción de indicar la velocidad de referencia deseada para el motor, la inversión de giro, la opción de parada. También se muestra un registro gráfico de la variación de la velocidad en relación con la referencia deseada, así como un registro numérico de tales velocidades con fecha y hora. Además se presenta una animación con una imagen del motor que va intensificando su color, conforme aumenta su velocidad, esa intensidad se reduce cuando disminuye la velocidad. También se puede apreciar una imagen que representa la información que va presentando el variador de velocidad en tiempo real. Los valores de velocidad de referencia deseada se pueden ingresar en porcentaje de la velocidad nominal del motor o en frecuencia de la red (como máximo 60 Hertz). La velocidad real también se presenta en esas unidades.

Se muestra a continuación la interface SCADA y como presenta los resultados para un comando de entrada de referencia deseada de velocidad alta, en este caso el 75% de su velocidad nominal, ver figura A4.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN EN LA INTERFACE HOMBRE MÁQUINA HMI (PANEL TOUCH SCREEN) DISEÑADA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL MOTOR TRIFÁSICO

En el panel Touch Screen que es nuestra Interface Hombre Máquina HMI, también se diseñaron aplicaciones para controlar y monitorear el motor trifásico a través del variador de velocidad.

Presenta algunas opciones como las que ofrece la aplicación SCADA diseñada para comandar la velocidad del motor. Se incluye la opción de indicar la velocidad de referencia deseada para el motor, la inversión de giro y la opción de parada. También se muestra un registro numérico de la variación de la velocidad en relación con la referencia deseada. La Figura 4 de los Anexos muestra la aplicación del panel, se observa que los valores de velocidad de referencia se ingresan de igual manera que en la aplicación SCADA.

V. Análisis y Discusión

La Figura 1 muestra los dos módulos construidos para permitir que los miembros internos y externos del Área de Automatización y Control puedan realizar sus prácticas, de modo autodidacta con instrumentos de laboratorio utilizados en la industria.



Figura 1. Módulos de entrenamiento construidos.

La versatilidad de ambos módulos para el entrenamiento autodidacta o dirigido es lo más resaltante de los módulos construidos. Se detallan las diferentes configuraciones que se pueden realizar y que cada una de ellas ofrece diversas prácticas experimentales.

Configuración: Pruebas con la planta

Se trata de la configuración para experimentación independiente con la planta del módulo. Podemos aplicar señales externas a la planta, para registrar su respuesta en diferentes configuraciones que el módulo permite hacer. Se pueden realizar pruebas de identificación de sistemas (analógica y discreta), de respuesta dinámica de sistemas, medición de parámetros de respuesta, etc. (Ogata 1993).

Configuración: Pruebas con el controlador

Otra configuración posible en el módulo se trata de la configuración para pruebas con el controlador industrial para experimentación independiente. En este caso podemos aplicar señales externas al controlador, para realizar pruebas en los diferentes modos de programación que ofrece el controlador. A partir de la respuesta del controlador, podemos deducir los algoritmos discretos de control en la parte proporcional, integral y derivativa. Esto permite luego el diseño de un controlador discreto basado en esos algoritmos del controlador (Ogata 1996). También podemos experimentar con los escalamientos, el offset para la referencia, probar el modo manual, etc.

Configuración: Pruebas del controlador con planta externa

La siguiente configuración posible en el módulo se trata de la configuración para pruebas con el controlador industrial, para controlar en lazo cerrado una planta externa, por ejemplo podemos utilizar las plantas de control de temperatura (proceso de destilación) y de control de nivel que hemos construido para el laboratorio (Savant et al. 1992). Además de conectar cualquier otro proceso, para ser controlado por este instrumento controlador industrial.

Configuración: Pruebas con el PLC

Se trata de la configuración para experimentación independiente con el Controlador Lógico Programable PLC. Podemos experimentar con la programación del PLC para controlar procesos secuenciales externos, utilizando las múltiples funciones en software que ofrece el PLC.

Configuración: Pruebas con el PLC y el módulo analógico

La siguiente configuración posible en el módulo, se trata de la configuración para pruebas con el módulo de entradas y salidas analógicas en lazo abierto. Utilizando como interface usuario a una PC, se pueden desarrollar programas para que el PLC registre los datos analógicos de entrada al módulo analógico digital, así como para enviar datos analógicos a ese módulo.

Configuración: Pruebas con el PLC el módulo analógico y planta externa

En esta configuración podemos conectar el módulo de entradas y salidas analógicas a un proceso externo al módulo. Podemos de esta manera controlar el proceso externo utilizando las librerías de control que ofrece el PLC. Podemos experimentar con las variedades de controladores del PLC.

Configuración: Pruebas del controlador con la planta

La siguiente configuración posible en el módulo, se trata de la configuración para pruebas con el controlador industrial, para controlar en lazo cerrado la planta que forma parte del módulo. Aquí se pueden probar las diferentes estrategias de control del controlador para las diferentes configuraciones de la planta del módulo. Se pueden realizar diseños de controladores que pueden implementarse en ese controlador.

Configuración: Pruebas con el PLC o el módulo analógico y la planta

En esta configuración podemos conectar el módulo de entradas y salidas analógicas a la planta que forma parte del módulo. Podemos de esta manera controlar el proceso con que cuenta el módulo. Podemos probar diferentes controladores utilizando las librerías de control que ofrece el PLC.

Configuración: Pruebas con el PLC o el módulo analógico y sistema SCADA

La siguiente configuración posible en el módulo, trata de la conexión del módulo de entradas y salidas analógicas, al cual podemos aplicar señales analógicas y enviar por sus salidas valores analógicos; estos datos podrán ser monitoreados y comandados desde una interfase SCADA instalado en un computador. Se pueden crear múltiples interfaces usuario para entrenarse en los sistemas SCADA.

Configuración: Módulo analógico con la planta y sistema SCADA

Se trata de la conexión del módulo de entradas y salidas analógicas con la planta interna que forma parte del módulo. Esta planta a la cual se puede variar su comportamiento será controlada con los algoritmos del PLC y además se pueden monitorear y comandar desde una interface

SCADA instalado en el computador. Se puede observar en esa interface el comportamiento en lazo cerrado de la planta y modificar los parámetros de control desde esa interface.

Configuración: Analógico con planta externa y sistema SCADA

En este caso se puede conectar el módulo de entradas y salidas analógicas con una planta externa al módulo, para ser controlada en lazo cerrado con los algoritmos del PLC y además se pueden monitorear y comandar desde una interface SCADA instalado en el computador. Se puede observar en esa interface el comportamiento en lazo cerrado de la planta y modificar los parámetros de control desde esa interface.

Configuración: Pruebas con el PLC el módulo analógico con la planta y el controlador industrial

La siguiente configuración posible en el módulo permite el control en lazo cerrado de la planta interna del módulo, para su control por parte del controlador industrial del módulo. Las señales de control, de salida de la planta y de referencia de lazo cerrado, se conectan al módulo de entradas y salidas analógicas, para que el PLC las registre. Mediante un programa de PLC podemos monitorear y comandar los datos analógicos del sistema de lazo cerrado.

Configuración: PLC – Módulo analógico – Planta – Controlador industrial – Sistema SCADA

Es una configuración completa que utiliza todos los instrumentos del módulo. Permite el control en lazo cerrado de la planta interna del módulo, por parte del controlador industrial del módulo. Las señales de control, de salida de la planta y de referencia de lazo cerrado, se conectan al módulo de entradas y salidas analógicas, para que el PLC las registre y pueda comunicar a una interface SCADA para ser monitoreados y comandados.

Configuración: PLC – Módulo analógico – Planta externa – Controlador industrial – Sistema SCADA

Otra posible configuración del módulo consiste en el control en lazo cerrado de una planta externa al módulo, por parte del controlador industrial del módulo. Las señales de control, de salida de

la planta externa y de referencia de lazo cerrado se conectan al módulo de entradas y salidas analógicas, para que el PLC las registre y pueda comunicar a una interfase SCADA para ser monitoreados y comandados.

Configuración: Variador de velocidad – Motor Siemens

Otra posible configuración del módulo consiste en conexión del variador de velocidad con el motor trifásico, para experimentar los diferentes modos de control que ofrece el variador instalado en el módulo.

Configuración: Pruebas con el panel touch screen y planta externa

Una configuración adicional en el módulo consiste en conexión de la Interface Hombre Máquina para controlar o monitorear un proceso externo. Se experimenta con las diferentes opciones en software que permite desarrollar el HMI con que se cuenta.

Configuración: Variador de velocidad – Panel touch screen - Motor Siemens

Una configuración adicional en el módulo consiste en conexión de la Interface Hombre Máquina compuesta por el panel Touch Screen, para que comunicándose con el variador de velocidad se pueda controlar el motor trifásico desde el HMI. Se experimenta con las diferentes aplicaciones que ofrece el HMI con que se cuenta, en este caso para controlar el motor.

Configuración: Pruebas con el PLC S7-300

Se trata de la configuración para experimentación independiente con el Controlador Lógico Programable PLC S7-300 que se encuentra en el módulo. Podemos experimentar con la programación del PLC para controlar procesos secuenciales externos, utilizando las múltiples funciones en software que ofrece el PLC.

Configuración: Pruebas con el PLC S7-300 y el módulo analógico

La siguiente configuración posible en el módulo trata de la configuración para pruebas con el módulo de entradas y salidas analógicas en lazo abierto. Utilizando como interface usuario a una PC, se pueden desarrollar programas para que el PLC S7-300 registre los datos analógicos de en-

trada al módulo analógico digital, así como para enviar datos analógicos a ese módulo.

Configuración: Pruebas con el PLC el módulo analógico y sistema SCADA

En esta configuración podemos conectar el módulo de entradas y salidas analógicas que provengan de generadores y envíen salidas programadas. Además del caso anterior se puede experimentar con aplicaciones de lectura y escritura de datos analógicos, a través de un sistema SCADA.

Configuración: Pruebas con el PLC, el módulo analógico planta interna y sistema SCADA

En esta configuración podemos conectar el módulo de entradas y salidas analógicas a la planta analógica del módulo. Además del caso anterior se puede experimentar con aplicaciones de lectura y escritura de datos analógicos a través de un sistema SCADA.

Configuración: Pruebas con el PLC el módulo analógico planta externa y sistema SCADA

En esta configuración podemos conectar el módulo de entradas y salidas analógicas, a una planta externa al módulo para leer. Además del caso anterior se puede experimentar con aplicaciones de lectura y escritura de datos analógicos a través de un sistema SCADA.

Configuración: Red MPI

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red MPI, utilizando el puerto respectivo del PLC S7-300 disponible. Se podrán monitorear procesos externos controlados por el PLC.

Configuración: Red MPI y sistema SCADA

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red MPI utilizando el puerto respectivo del PLC S7-300 disponible y la implementación para su control de un sistema SCADA. Se podrán monitorear procesos externos controlados por el PLC.

Configuración: Red MPI panel touchscreen y sistema SCADA

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red MPI, interconectándose a través de esa red con el panel Tou-

chscreen el PLC S7-300 y la implementación para su control de un sistema SCADA. Se podrán monitorear procesos externos controlados por el PLC.

Configuración: Red Profibus DP y red MPI

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red Profibus DP, interconectándose al PLC S7-300 que tiene un puerto Profibus DP con el PLC S7-200 del módulo, el cual se conecta a la red a través de una interface Profibus DP EM 277. Los procesos controlados por ese PLC pueden ser conectados a la red. Además se puede configurar la red MPI.

Configuración: Red Profibus DP red MPI y protocolo USS

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red Profibus DP y el Protocolo USS. Se utiliza el PLC S7-200 que tiene un puerto USS para comunicarlo con el variador de velocidad Micromaster que trae consigo otro puerto USS. Además se puede configurar la red MPI.

Configuración: Red Profibus DP red MPI y protocolo PPI

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red Profibus DP, el Protocolo MPI y el Protocolo PPI.

Configuración: Uso del sistema de red para el control de una planta a través de sistema SCADA

Esta configuración del módulo permitirá experimentar con el protocolo de red Profibus DP, el Protocolo MPI y el Protocolo PPI y con un sistema SCADA (Domingo et al. 2002) para el control de una planta externa.

Configuración: Uso del sistema de red para el control de motor trifásico a través de sistema SCADA

Esta configuración del módulo, que permitirá experimentar con el protocolo de red Profibus DP, el Protocolo MPI, el Protocolo PPI y el Protocolo USS y con un sistema SCADA para el control de un motor trifásico Siemens.

Configuración: Uso del sistema completo

Se trata de la interconexión del segundo módulo implementado y el primer módulo con el que se cuenta, que permitirá a través de un sistema SCADA controlar todos los procesos controlados por cada uno de los PLC de manera aislada.

VI. Conclusiones

- 1.- Se ha cumplido con los objetivos planteados de diseñar y construir módulos de entrenamiento y experimentación en redes industriales, basado en protocolos de comunicación PPI y MPI, así como el protocolo Profibus DP y el protocolo USS. Nuestros módulos permiten la comunicación entre dos Controladores Lógicos Programables S7-200 y un PLC S7-300.
- 2.- Nuestro módulo de experimentación permite el desarrollo de aplicaciones de control de procesos controlados por los instrumentos de control, los cuales serán supervisados y monitoreados a través de la red.
- 3.- El módulo de entrenamiento permite múltiples configuraciones para experimentar con las diferentes aplicaciones de control automático: programación de PLC, configuración de controladores de uso industrial, comunicación de datos de entrada y salida analógicos al PLC, diseño de interfaces SCADA, etc. Podemos realizar variadas configuraciones con los mismos instrumentos de los módulos, para realizar el entrenamiento de cada uno de ellos en forma independiente o en combinación por partes o en forma completa de todos los instrumentos.
- 4.- Se pueden cubrir las deficiencias de equipamiento de laboratorio con propuestas ingeniosas que pueden ofrecer inclusive mejores prestaciones que los equipos de laboratorio comerciales.
- 5.- Se puede utilizar nuestra propia tecnología para construir sistemas de entrenamiento de menor costo que los sistemas comerciales y

con mayores potencialidades a las que ofrecen esos equipos.

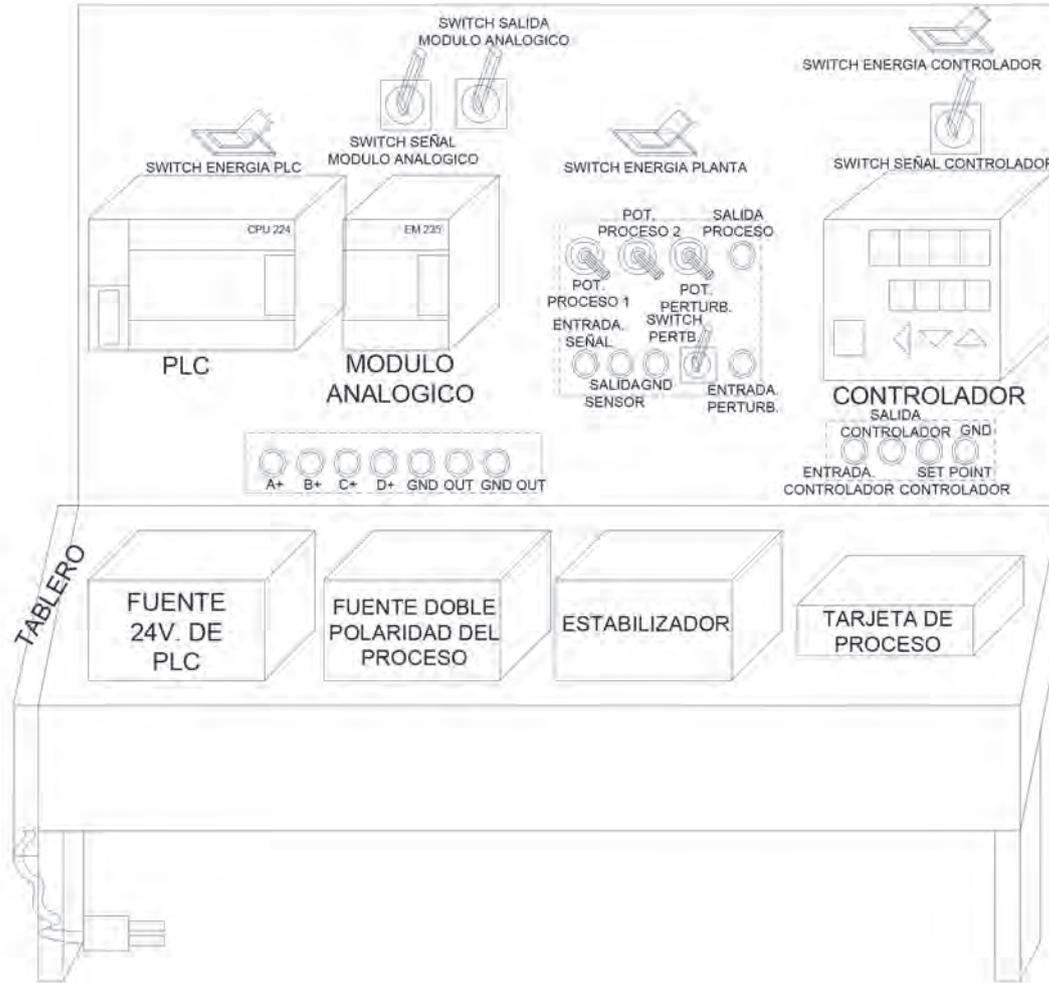
- 6.- Podemos incorporar plantas externas, mediante protocolos de comunicación industrial para su monitoreo y control en forma independiente, mediante el PLC, o por medio de aplicaciones SCADA o de interface HMI.

VII.- Referencias bibliográficas

- 1.- DOMINGO BIEL, Antoni, OLIVÉ, Joaquim, PRAT, Jordi y SÁNCHEZ, Fransesc
2002 Instrumentación virtual, adquisición, procesado y análisis de señales. Alfaomega Grupo Editor S.A. (Primera edición).
- 2.- FROHR, Friedrich y ORTTENBURGER, Fritz
1986 Introducción al Control Electrónico. Marcombo S.A. Barcelona. (Primera edición).
- 3.- GRAY Paul y MEYER Robert
1995 Análisis y diseño de circuitos integrados analógicos. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México. (Tercera edición).
- 4.- OGATA, Katsuhiko
1996 Sistemas de control en tiempo discreto. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México. (Segunda edición).
- 5.- OGATA, Katsuhiko
1993 Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México. (Segunda edición).
- 6.- SAVANT, Jr. C., RODEN, Martin, CARPENTER, Gordon L
1992 Diseño electrónico circuitos y sistemas. Addison - Wesley Iberoamericana, U.S.A. (Primera edición).

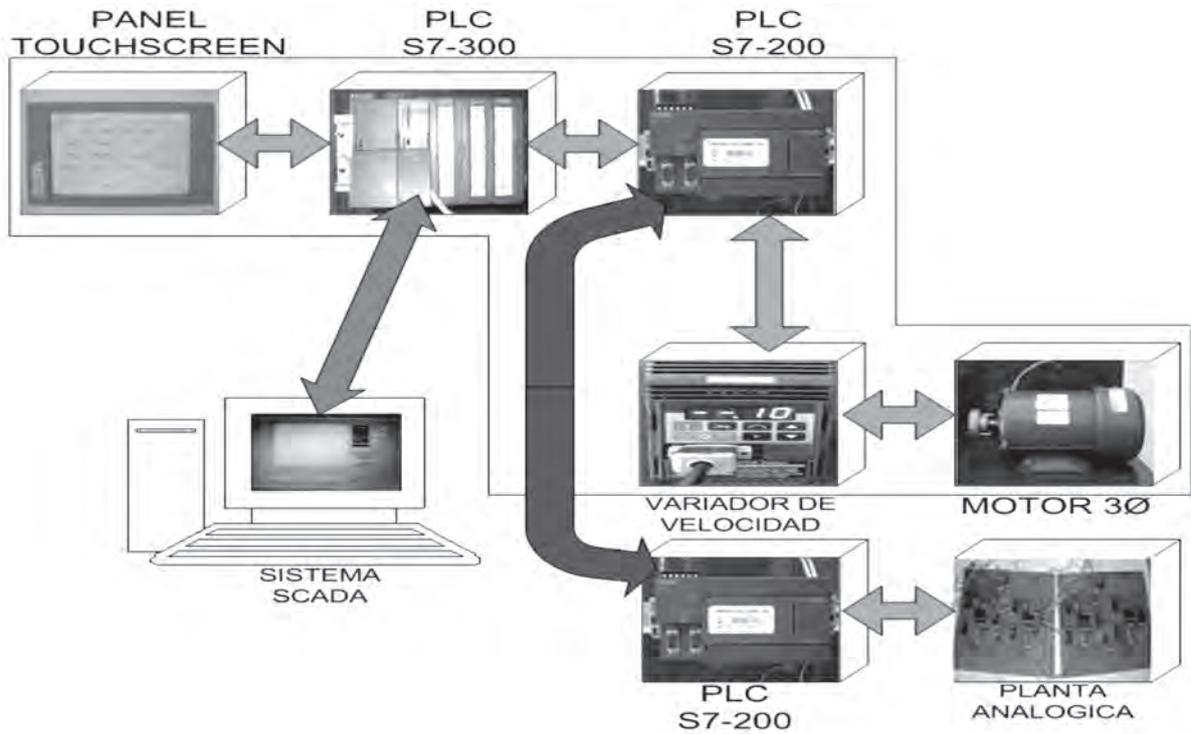
VIII.- Anexos

Figura A1. Disposición final de los instrumentos del módulo y de los equipos de energía.



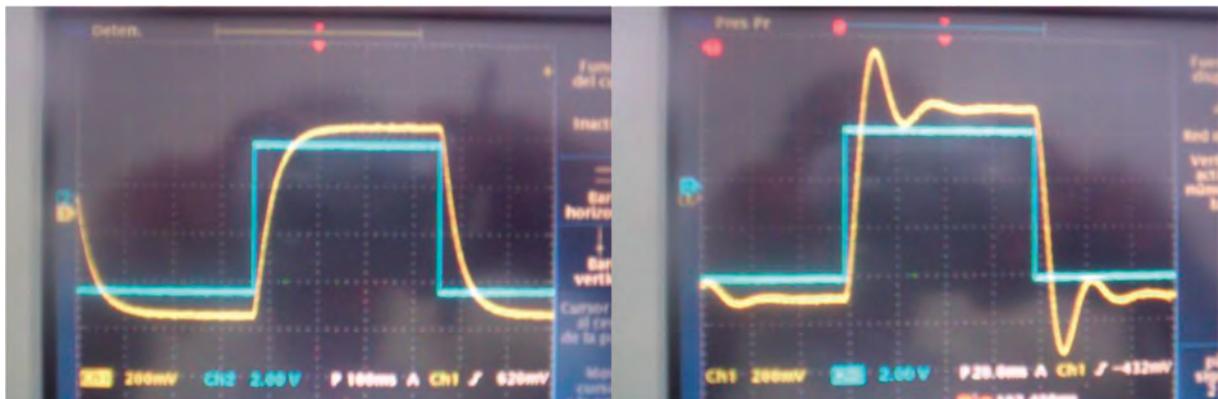
Fuente. Elaboración propia (2014).

Figura A2. Disposición inicial de los instrumentos del módulo.



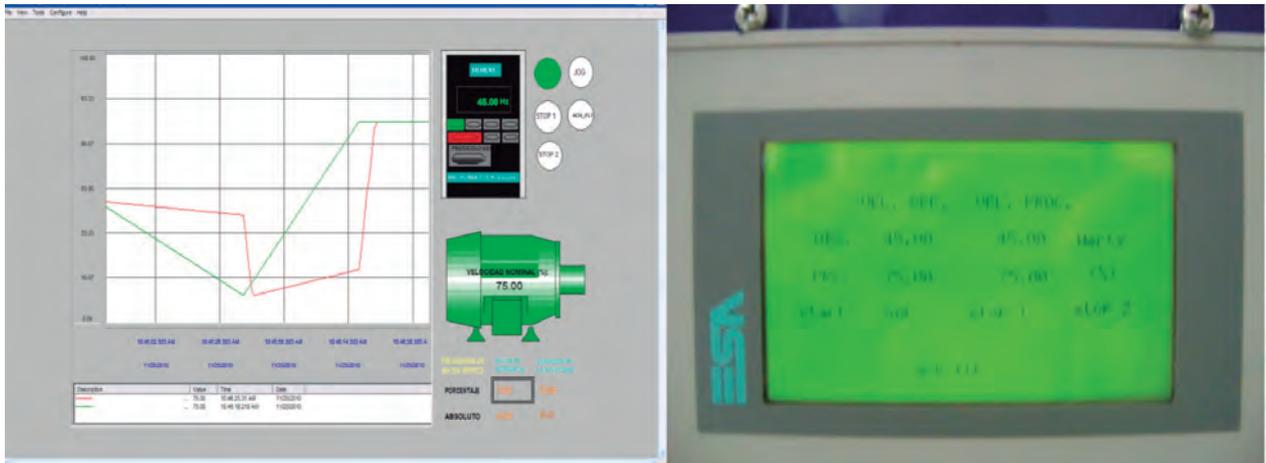
Fuente. Elaboración propia (2014).

Figura A3. Respuesta del circuito electrónico que modela un sistema de segundo orden. Izquierda: sistema sobreamortiguado. Derecha: sistema subamortiguado.



Fuente. Elaboración propia (2014).

Figura A4. Aplicación para el control de la velocidad del motor a alta velocidad 75%.



Izquierda: Interface SCADA Derecha: Interface HMI.

Fuente. Elaboración propia (2014).