

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN SCADA EN .NET ORIENTADA AL CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS MAQUETAS MT-542 Y MD-544 CON EASYPORT DE FESTO Y PC

Alfonso Poncela Méndez, Eduardo J. Moya de la Torre, F. Javier García Ruiz
ITAP – Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción, Ing. de Sistemas y Automática, EII, Paseo
del Cauce 59, Valladolid, 47011, España { poncela.edumoy.javgar@eii.uva.es }

Pedro Bustamante Munguira
Universidad de Valladolid

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar el desarrollo de un proyecto completo de automatización en el que partiendo de unas especificaciones, se materializa la solución en su totalidad.

Se trata de controlar mediante ordenador personal el funcionamiento de dos sistemas de dinámicas distintas uno lento y otro rápido. El equipo físico (dos sistemas, adquisición de datos, ordenador personal) elegido se completa con el armario de automatización correspondiente, y con dos aplicaciones software una servidor otra cliente, que convenientemente instaladas en al menos dos ordenadores personales, con acceso a internet, permitirán el gobierno completo a los dos sistemas objeto del trabajo, y el registro de datos para posterior tratamiento.

No se emplean herramientas comerciales ni para el control ni para la programación.

Palabras Clave: Control, Monitorizado, Cliente, Servidor, SCADAs , HMI, MMI

1 INTRODUCCIÓN

Los humanos nos caracterizamos desde el principio de los tiempos por utilizar herramientas para facilitar nuestra vida cotidiana. Llegar al grado de sofisticación actual sin el uso de herramientas es impensable. El ser humano dispone de sensores muy avanzados, por sí mismo, sus cinco sentidos, y mediante el uso de su inteligencia y estos es capaz de controlar gran cantidad de procesos, pero hoy en día, la sociedad competitiva en la que vivimos hace que el ser humano sea un recurso valioso y muchas veces insuficiente.

Imaginemos la necesidad de controlar el nivel de un depósito las 24 horas del día 365 días al año, si

empleamos personas para esto necesitaríamos mucho personal sólo para abrir y cerrar una válvula que hace que nuestro depósito se mantenga al nivel deseado.

Además corremos el riesgo de que una persona falle y por lo tanto el nivel del agua deje de ser controlado. Sin embargo si se introduce un sensor, que mida el nivel del líquido, un actuador sobre la válvula de paso y un sistema de control debidamente programado que se comunique con estos dos, podremos conseguir mediante una consigna alcanzar el nivel deseado de modo que, mediante un sistema de supervisión, un operario sea capaz de controlar, no sólo este proceso, sino varios simultáneamente de estas características u otras, de modo que se incrementa la producción disminuyendo costes, el principio de esta sociedad competitiva.

En ocasiones los cinco sentidos de los que estamos dotados no son suficientes como elemento sensor, en el caso anterior el operario mediante su vista, por ejemplo, es capaz de procesar, de forma aproximada, el nivel del agua en el depósito. Qué ocurre si la precisión necesaria supera los límites de la vista, o si es imposible medir la magnitud mediante nuestros sensores denominados cinco sentidos, como por ejemplo la necesidad de control de temperatura de una fundición, o la presión de una caldera de vapor.

En estos casos el uso del ser humano queda relegado a la supervisión del proceso, en el que se le informa mediante una pantalla de forma detallada de todos los parámetros del proceso que sean importantes.

Las exigencias que actualmente se imponen a los procesos productivos en cuestión de rendimiento, calidad y flexibilidad hacen necesario introducir las nuevas tecnologías en el control y vigilancia de estos. Con este propósito, nace la idea de supervisar los procesos.

La incorporación de nuevas tecnologías en la industria ha de permitir reducir el número de paradas innecesarias, predecir la aparición de situaciones anómalas o la actuación rápida y eficaz de forma que

se asegure la continuidad y uniformidad de la producción.

Así la supervisión de procesos se establece como forma de automatizar tareas como las descritas en las guías de aseguramiento de la calidad y/o en los planes de mantenimiento preventivo con el fin de eliminar o reducir situaciones indeseadas.

La centralización y registro de datos es el primer paso en la implantación de un sistema de supervisión, y su simplicidad reside en la conectividad que los actuales sistemas de control ofrecen. Son los llamados sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) o software de monitorización y control que permiten el acceso a datos del proceso y cierta interacción entre el operario mediante interfaces gráficas y animados y el proceso.

Estos sistemas SCADA han sustituido las salas de control por ordenadores o terminales de control, y los estáticos y voluminosos sinópticos por pantallas configurables y animadas. Se conservan las representaciones gráficas sustituyendo el papel por representaciones en pantalla de datos almacenados en los discos duros. El objetivo es uno: facilitar la tarea del operario encargado de la vigilancia del proceso y su seguimiento.

Como consecuencia directa, de que el número de medidas del proceso registradas ha aumentado considerablemente, a la vez que los procesos han aumentado en complejidad y los sistemas de control han tomado el relevo a los ajustes manuales.

Frente a este incremento de información, cambiante y dinámica, el operador de control necesita de nuevas ayudas a su tarea de vigilancia y supervisión del proceso. Así el siguiente paso en la supervisión es dar soporte a la sistematización en el seguimiento de los procesos; automatizando en la medida que sea posible la vigilancia y decisión, es decir, incluir capacidades de razonamiento al sistema de supervisión.

El objetivo del presente trabajo [1] es el de desarrollar de una aplicación software que permita la Monitorización, Control y Supervisión (SCADA) [14,15] de forma simultánea de dos equipos didácticos de laboratorio de la marca ALECOP [16,18] (maquetas MD-544 Depósito y MT-542 Horno). La aplicación permitirá tanto el trabajo a pie de instalación (en el laboratorio), como de forma remota (fuera del laboratorio).

El Hardware empleado es un ordenador personal y un sistema de adquisición de datos FESTO [19], el EasyPort D8A. Las herramientas Software por su parte son Windows .NET Framework y Visual Studio

(lenguaje Visual Basic.NET y C#) [20,21,22].

Para la materialización del objetivo fijado ha sido necesario:

- Dimensionar, preparar y montar el armario de control donde alojar el Módulo de adquisición de datos Interfase de Comunicación FESTO EasyPort D8A, y una botonera básica para diálogo con el usuario.
- Realizar el conexionado entre las Maquetas objeto de Control y el Sistema de Control (PC).
- Estudiar y analizar la documentación del Módulo de Comunicación EasyPort D8A, así como programar en bajo nivel un driver que permita el dialogo bidireccional entre éste y el PC vía comunicación puerto serie.
- Desarrollar una interfase de usuario HMI (Human Machine Interface) basada en una gestión de la información orientada al desarrollo de un entorno gráfico dinámico, amigable e intuitivo que proporciona al usuario información detallada de las variables del proceso, de las variables de control, estado del frontal del armario de control, así como de las conexiones físicas entre sus elementos y usuarios conectados vía web mediante el puerto habilitado en el servidor.
- Implementar el algoritmo de control en el PC desarrollado en .NET.
- Programar el algoritmo de control de modo que el usuario pueda seleccionar la estrategia de control que desea emplear de entre las previstas: Lazo Abierto y Lazo Cerrado PID (y sus variantes).
- Gestionar el permiso otorgado al usuario para la elección del sensor (de entre los disponibles) para cerrar el lazo de control de cada uno de los procesos.
- Desarrollar una funcionalidad que permita al usuario la posibilidad de elección del periodo de muestreo de las señales.
- Implementar una funcionalidad que permita el almacenamiento, tanto local como remoto, de los valores de las variables de control exportando los datos mediante formato CSV para su posterior procesado mediante hoja de cálculo.
- Integrar la Gestión del acceso remoto al equipo servidor vía TCP/IP, permitiendo al operador el manejo de los permisos de conexión con el servidor.

El artículo está organizado de la manera siguiente: En esta sección se hace una introducción sobre la necesidad del trabajo a desarrollar. En la segunda sección se hace una breve descripción de las maquetas MD-544 (DEPÓSITOS) Y MD-542 (HORNO) de FESTO. En la tercera sección se presenta la solución para el sistema de adquisición de datos. En la cuarta sección se presenta el diseño y

construcción del armario de control necesario para el funcionamiento de la aplicación. En las secciones quinta y sexta se describe el funcionamiento de las aplicaciones software programadas “MyC ALEFES SERVIDOR” y “MyC ALEFES SERVIDOR”. Finalmente se presentan las conclusiones finales así como las referencias bibliográficas utilizadas.

2 DESCRIPCIÓN MAQUETA MD-544 (DEPÓSITOS) Y MD-542 (HORNO)

La maqueta MD-544 consta de dos depósitos inferior y superior (fig1).

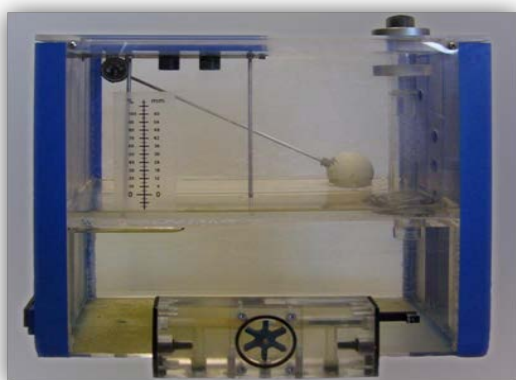


Figura 1: Detalle Maqueta Depósitos

El líquido es impulsado del inferior al superior mediante una bomba movida por un motor de cc. El driver de la bomba opera con una señal analógica 0..10Vcc suministrando la corriente necesaria para mover el motor. Los sensores con que cuenta el sistema son: cuatro para medir el nivel del depósito superior (boya resistivo; dos electrodos para sensor capacitivo; puente de Wheatstone completo para medir la presión en el fondo del depósito superior tipo galgas piezorresistivas; emisor y receptor de ultrasonidos); y dos para medir el caudal (turbina tipo electro óptico; y presión diferencial tipo Bernouilli). Los seis están dotados de la cadena de tratamiento de la señal necesaria para suministrar una señal 0..10Vcc a fondo de escala (fig2).

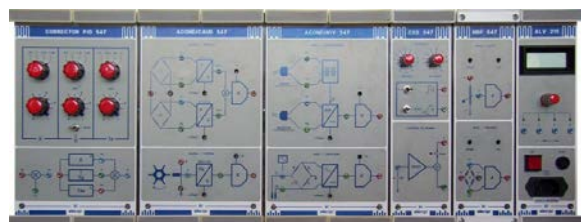


Figura 2: Electrónica asociada a la maqueta de los Depósitos

La maqueta MD-542 consta de un recinto de metacrilato fig3, dotado de cuatro sensores de temperatura (termopar tipo J, termorresistencia de hilo de platino PT100, semiconductor PTC y termotransistor AD590), una resistencia de caldeo montada sobre un disipador de aluminio, un ventilador (lat iz. abajo), una entrada de aire (lateral iz. abajo) y una salida de aire (lateral dch. arriba).



Figura 3: Detalle maqueta del Horno

Los sensores cuentan con la cadena de tratamiento de señal (fig4) necesaria para suministrar una señal 0..10Vcc para un rango 0..100°C. La resistencia de caldeo se alimenta de un driver de potencia que hace que entregue 0..250W mediante una señal 0..10Vcc. El ventilador funciona mediante un conmutador y sirve como bomba de impulsión o como mezclador dependiendo de si los tapones laterales se colocan o no.

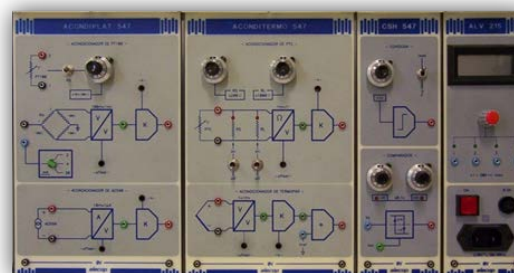


Figura 4: Electrónica asociada a la maqueta del Horno

3 EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (SAD)

Se trata de un equipo FESTO [19] el EasyPort - D8A (fig5). Cuenta con 8 entradas digitales, 8 salidas digitales, 4 salidas analógicas 0..10V y dos salidas analógicas 0..10V) fig6.



Figura. 5 Elementos del SAD



Figura. 6 Conectores del SAD

El conexionado de las señales digitales se lleva a cabo mediante el bornero precableado (terminal SYSlink fig5) en tanto que para las señales E/S analógicas se usa u otro cable conector suministrado por el fabricante (fig7)



Figura 7. Detalle conexión señales analógicas

La comunicación con el ordenador se lleva a cabo mediante el puerto RS232C que con que cuenta el sistema y siguiendo el protocolo propietario.

4 EL ARMARIO DE CONTROL

Las señales elegidas de ambas maquetas se llevan al armario de control fig9 mediante dos mangueras de señales y según el detalle de la fig8. Es decir, se han elegido dos salidas y una entrada de cada maqueta: nivel (capacitivo), caudal (presión diferencial) y bomba de impulsión para el depósito; y PT100, PTC y resistencia de caldeo para el horno. El resto de señales quedan fuera del alcance de este artículo [2].

Elección de las Señales de Adquisición y Gobierno (Analógicas)

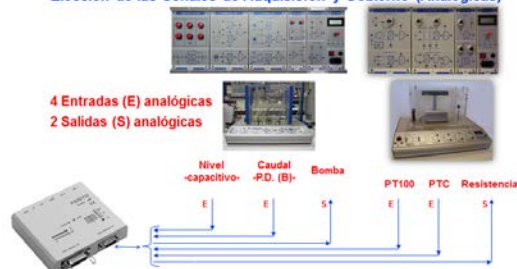


Figura 8: Conexionado señales maquetas

De cada maqueta llega una manguera hasta el regletero situado en el inferior del armario de control (fig9). Los pulsadores y lámparas de señalización empleados están ubicados físicamente en el frontal del armario de control (fig10) y cableados directamente al regletero y de ahí al SYSlink facilitado por el proveedor.

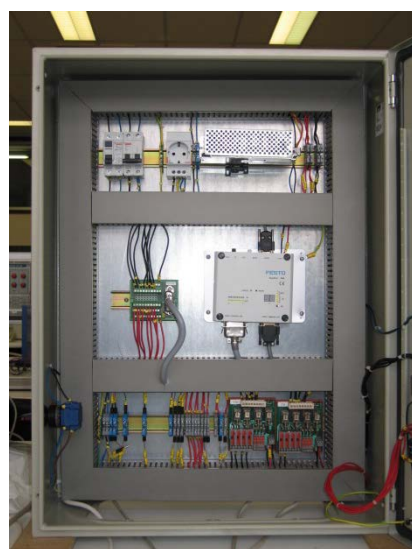


Figura 9. Interior del armario de control



Figura 10. Frontal del armario de control

5 LA APLICACIÓN “MyC ALEFES SERVIDOR”

La pantalla principal la aplicación SCADA [14,15] generada con las herramientas propuestas al principio de este trabajo [20, 21, 22], (una vez resuelta la comunicación PC-SAD), instalada y puesta en servicio en el PC que hace de Servidor (el que se halla físicamente conectado al armario de control vía cable serie y con acceso a internet fig.11), tiene aspecto de la fig12.



Figura 11. . Conexionado PC-SAD

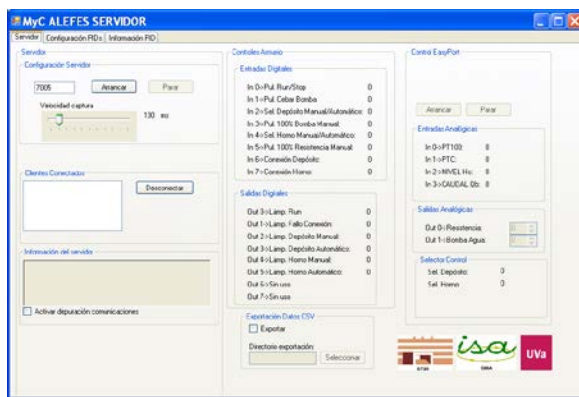


Figura 12. Pantalla principal del Servidor

Consta a su vez con tres pestañas:

- (1) la dedicada a la configuración de la comunicación Cliente-Servidor y visualización de las variables de los procesos;
- (2) la dedicada a la parametrización de los lazos de control implementados en este PC donde reside el servidor para controlar las dos maquetas; y
- (3) la de información al usuario sobre el esquema PID implementado.

El puerto de comunicación elegido por defecto es el 7005. Lo primero que deberá hacer el usuario es elegir una velocidad de muestreo, que es seleccionable mediante un slider denominado *Velocidad captura* dentro de *Configuración Servidor*.

Si el usuario desea exportar los datos de la sesión de trabajo a una hoja Excel, bastará con hacer click en *Exportar* y pulsar el botón *Seleccionar* para elegir el

directorio (o crear uno nuevo en su defecto). Acto seguido puede arrancarse el Servidor.

El PC Servidor todavía no ha establecido comunicación con el EasyPort D8A. Para ello hay que pulsar en el botón *Arrancar* de *Control EasyPort* que se habilita cuando el Servidor está arrancado. La captura puede detenerse en cualquier momento.

La segunda pestaña *Configuración PIDs* contiene los parámetros de cada uno de los 4 PIDs implementados siguiendo las indicaciones que pueden verse en las distintas referencias consultadas [3..13]: 2 de ellos para la MD-544 (Nivel y Caudal) y otros 2 para la MT-542 (PT100 y PTC). Se muestra también el valor de la variable manipulada que se aplica a cada uno de los sistemas, teniendo en cuenta la saturación aplicada (la de los límites reales admisibles por los driver de potencia del motor de la bomba y de la resistencia de caldeo).

Para que el usuario conozca los algoritmos de control que han sido implementados en la aplicación, se muestran en la tercera pestaña *Información PID*. Aquí se ve tanto el diagrama de bloques correspondiente, como la fórmula del PID discretizada con el significado de la notación empleada fig13.

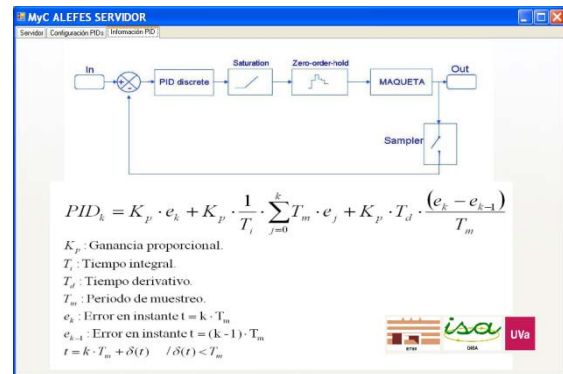


Figura 13. Información al usuario sobre el PID implementado

6 LA APLICACIÓN “MyC ALEFES CLIENTE”

Esta aplicación cuenta con 6 pestañas: *Configuración*, *Sistema*, *Gráficas*, *Configuración PIDs*, *Armario*, *Información PID*. Por defecto la pestaña inicial es la primera fig14.

La pestaña *Configuración* agrupa todos los controles en un único cuadro de control denominado *Servidor*; que a su vez incluye 4 cuadros de controles denominados: *Configuración Servidor*, *Depuración Comunicaciones*, *Salidas Digitales* y *EasyPort*.

Configuración Servidor muestra información tanto de la dirección IP del PC al que se desea conectar como el puerto de acceso al mismo. El PC Server requerido es la máquina en la que se ha instalado MyC ALEFES SERVIDOR de la cual debe conocerse su dirección IP y el puerto elegido.

Si el usuario cliente desea almacenar los datos de la sesión de trabajo, deberá exportarlos análogamente a como se hace en el Servidor.

Presionando el botón *Conectar* MyC ALEFES CLIENTE comienza a establecer comunicación con MyC ALEFES SERVIDOR. El botón *Conectar* quedará ahora deshabilitado, habilitándose *Desconectar*. Podemos presionar *Desconectar* para finalizar la conexión e iterar este ciclo tantas veces como se desee. Además se ha habilitado al cliente la posibilidad de una depuración de las comunicaciones sin más que seleccionar *Activar depuración comunicaciones* en cuyo caso se activará la casilla de verificación correspondiente.

Conviene hacer notar que el Cliente recibe la información correspondiente al periodo de muestreo que ha sido elegida en la aplicación MyC ALEFES SERVIDOR. Ésta es una información relevante de cara a la sintonización de los PIDs.

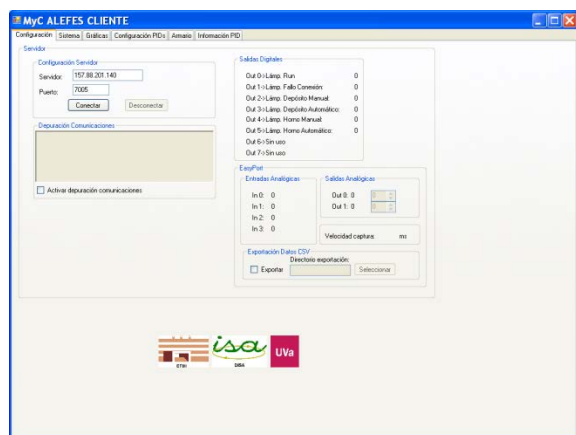


Figura 14. Pantalla general del Cliente

Si se accede a la pestaña *Sistema*, la información que se le mostrará tendrá una apariencia similar a la fig15. La interface se ha dividido verticalmente en 2 zonas claramente diferenciadas, correspondiendo la mitad izquierda a la maqueta Alecop MD-544 (depósito) y la mitad derecha a la MT-542 (horno).

Los modelos CAD de las maquetas son animados. El nivel de agua sube y baja según los valores de la señal del sensor de Nivel capacitivo varíen, a la izquierda del modelo del depósito se ha integrado una fiel representación del sistema integrado en el

tanque para establecer una medida visual del nivel del mismo, representación que permanece en sintonía, como no podía ser de otro modo, con el nivel que el usuario aprecia en el modelo de depósito.

En el caso del horno los colores se adaptan según el rango de temperatura en el que se encuentre, se han establecido 5 rangos (0%-25%, 25%-55%, 55%-70%, 70%-100%), estos rangos se han establecido siguiendo criterios lógicos (25% corresponde a la temperatura de trabajo del laboratorio donde se encuentran instaladas las maquetas y 70% corresponde a la desactivación de la resistencia calefactora por seguridad).

Para cada una de las maquetas objeto de trabajo se han diseñado 2 gauges que aportan la información del sensor correspondiente, además este valor, a fin de proporcionar una mayor exactitud, se representa numéricamente en un cajetín habilitado a tal efecto en la parte inferior central del mismo. En el caso del depósito se proporciona información del sensor *Nivel-capacitivo* y *Caudal-presión diferencial*, en la maqueta MT-542 se muestra información de los sensores *PT100* y *PTC*.

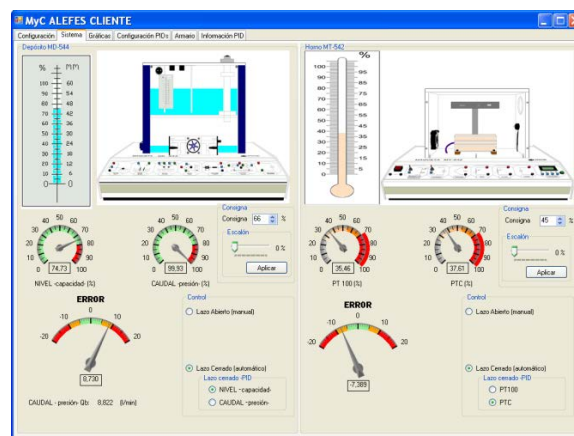


Figura 15. Pantalla de los Controladores

Una funcionalidad con la que cuenta MyC ALEFES CLIENTE es la posibilidad de excitar al sistema mediante un escalón, ésta se ha introducido a fin de que los usuarios puedan identificar el sistema mediante la aplicación de una entrada escalón desde un punto de equilibrio. La amplitud del escalón se elige mediante un slider, y ésta puede seleccionarse de entre un rango 0%-50%.

La siguiente pestaña denominada *Gráficas*, presenta 2 gráficas de tendencia, una para la MD-544 (Depósito) y otra para la MT-542 (Horno). Las posibilidades implementadas son: Copiar Imagen, Guardar Imagen, Configuración de Página, Impresión, Mostrar los Valores de los Puntos Muestreados, Deshacer Zoom, Deshacer todos los

Zoom y Modificaciones, Volver al Autoescalado por Defecto. Además se puede hacer Zoom con el scroll o seleccionando un área que será ampliada.

La siguiente pestaña hace referencia a la Configuración de los PIDs. Esta pestaña permite definir los parámetros de los PIDs, información que será enviada a la aplicación MyC ALEFES SERVIDOR para ser tenida en cuenta en los lazos de control de las maquetas.

La penúltima pestaña (fig 16) muestra información relativa al estado del frontal del armario de control las lámparas y selectores. Cuando falta la conexión de la manguera de sensores de la manguera MT-542, la luz de fallo de conexiones parpadea lentamente, cuando falta la de la MD-544, por ser esta maqueta de dinámica más rápida, parpadea con mayor frecuencia y si fallan las 2: La luz permanecerá encendida. Frente a fallos de conexión del Servidor o del Cable RS232 el sistema está provisto de los correspondientes avisos por pantalla.

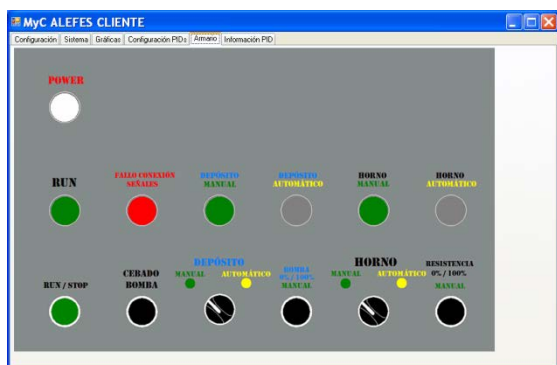


Figura 16. Pantalla con el frontal del armario

7 CONCLUSIONES

Como conclusiones que se derivan de la realización del presente trabajo son:

- Se ha diseñado e implementado un sistema SCADA a "medida" de para el gobierno de dos sistemas de dinámicas distintas: uno lento Horno, y otro rápido Depósito.
- Se ha programado el sistema para facilitar el acceso desde cualquier ubicación remota.
- Se han realizado los esquemas eléctricos correspondientes a la automatización.
- Se ha dimensionado y materializado el armario de control.
- Se ha diseñado y materializado un sistema de conexión de señales Maquetas-Armario de Control-EasyPort D8A-PC.
- Se han desarrollado dos aplicaciones informáticas SCADA "MyC ALEFES

SERVIDOR" y "MyC ALEFES CLIENTE" (Monitorización y Control ALECOPESTO) en el marco Microsoft .NET Framework 2.0 con Microsoft Visual Studio 2005 en lenguaje Visual Basic.NET y C#.

- La aplicación *servidora* desarrollada (MyC ALEFES SERVIDOR) se ha instalado en el PC servidor, ubicado en el Laboratorio del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) de la Universidad de Valladolid (UVA).
- En MyC ALEFES SERVIDOR se ha implementado el protocolo de comunicación con la interfase de proceso EasyPort D8A, permitiendo la comunicación vía puerto serie (RS232). En este software se han desarrollado las funcionalidades que permiten actuar de servidor, elección del periodo de muestreo por parte del usuario, gestión de clientes conectados y restricción de permisos, visualización del estado del proceso de comunicaciones con los clientes conectados, así como su depuración. También se ha habilitado la posibilidad de alternar el estado del EasyPort D8A (RUN/STOP).
- MyC ALEFES SERVIDOR está diseñada para permitir al usuario la visualización del estado de lámparas de señalización, pulsadores y selectores del frontal del armario de control, mostrando el estado tanto las entradas como las salidas digitales del EasyPort D8A. Muestra así mismo la información relativa a la señal proporcionada por los sensores y actuadores cableados al sistema (señales analógicas). La aplicación visualiza el tipo de control (manual/automático), así como los parámetros de cada uno de los PIDs que ha elegido el usuario. Otra funcionalidad habilitada es la posibilidad de exportación de datos a un fichero Excel.
- Se ha desarrollado la aplicación *cliente* (MyC ALEFES CLIENTE) con las funcionalidades propias de los sistemas SCADA: Acceso vía TCP/IP, visualización y depuración del estado de las comunicaciones con la aplicación servidora, visualización de datos (entradas y salidas analógicas, salidas digitales, periodo de muestreo), exportación de datos en formato CSV a ficheros Excel, elección del tipo y de los parámetros de control (así como la visualización del error), cálculo del caudal proporcionado por la bomba, líneas de tendencia (con posibilidad de copiar, guardar, configurar los gráficos, visualizar los valores numéricos de las líneas de tendencia e interactuar con una herramienta zoom), avisos frente a fallos de conexión tanto del sistema de automatización (mangueras de datos y cable RS232) como del estado del servidor e información relativa al diagrama de bloques del control implementado.

Referencias

- [1] Bustamante Munguira P., Desarrollo de una aplicación SCADA en .NET orientada al control y supervisión de las maquetas MT-542 y MD-544 con EasyPort de FESTO y PC, ETSII, Proyecto Fin de Carrera, ETSII, UVa, 2008.
- [2] Pascual, C., Automatización, Control y Supervisión con Equipo Siemens de las Maquetas Alecop MD-544 y MT-542. Proyecto Fin de Carrera, ETSII, UVa, 2008.
- [3] Armström and Wittenmark. Computer-Controlled Systems. Ed. Prentice-Hall.
- [4] Hanselman, D. Matlab tools for Control System Analysis and Design, 2nd ed. Ed. Prentice-Hall.
- [5] Kuo, B.C., Sistemas automáticos de control. México: Compañía Editorial continental, 1983.
- [6] Martins and De Carvalho. Computer Controlled Systems. Ed. Prentice-Hall.
- [7] Ogata, K., Ingeniería de control moderna, 3ª edición. México: Prentice-Hall, 1997.
- [8] Ogata, K., Sistemas de Control en Tiempo Discreto, 2ª edición. Prentice-Hall, 1996.
- [9] Reinoso, O., Sebastián, J. M., Torres, F., Aracil, R. Control de sistemas discretos. Ed. McGraw-Hill.
- [10] Smith, C.A., Corripio, A.B., Control automático de procesos. Teoría y práctica. México: Noriega editores, 1991.
- [11] Sportelli, G., Nossa, C., Peinado, I., Sistemas de control muestreados. Madrid: SCTR, 2005.
- [12] Tham. M. Discretised PID Controllers. University of Newcastle.
- [13] Tuning PID Control by Simulation, <http://www.mstarlabs.com/docs/tn031.html> (último acceso 24-06-2015).
- [14] Rodríguez, A., Sistemas SCADA. Barcelona: Marcombo, 2006
- [15] Rodríguez, A., Sistemas SCADA. Guía práctica. Barcelona: Marcombo, 2007
- [16] Manuales de las Maquetas MT-542 y MD-544. Alecop.
- [17] Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- [18] Alecop es fabricante de material didáctico y proveedor de proyectos educativos Integrales. <http://www.alecop.com/> (último acceso 24-06-2015).
- [19] Festo es la empresa que provee de método, sistemas y equipos didácticos para la formación en automatización y comunicación industrial a las principales Universidades, Centros de Formación Profesional y empresas de todo el mundo. <http://www.festo.com/net/startpage/> (último acceso 24-06-2015).
- [20] Windows .NET Framework 2.0: http://www.microsoft.com/spanish/msdn/netframework/Framework20_InformacionGeneral.aspx (último acceso 24-06-2015).
- [21] Visual Studio 2005 Professional: <http://www.microsoft.com/spanish/msdn/vs2005/editions/pro/default.mspx> (último acceso 24-06-2015).
- [22] Lenguaje Visual Basic: http://www.vb-mundo.com/tutorial_programacion/Visual-Basic-NET/Programando-con-Visual-BasicNET-2005/626.htm (último acceso 24-06-2015).