DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA MONITORIZACIÓN DE UN PROCESO DE CONTROL DE PRESIÓN

Sáenz Parra Jovanny Andrés, Silva Gutiérrez Rafael Alberto.
Ingeniería Mecánica
Jasaenzp23@hotmail.com Rasiva4@gmail.com
Universidad Francisco José de Caldas Sede Tecnológica

Resumen— Por medio de este proyecto se diseñó y se implementó un sistema que permite monitorear las variables de un proceso de control de presión, para que estás sean analizadas y controladas desde un sitio remoto, esto con el fin de que la persona que opera el sistema no tenga la necesidad de estar pendiente del proceso para poder evaluarlo y verificarlo, este sistema de monitorización de procesos de control es aplicable a la industria en general. El sistema de monitorización se implementó en el Banco de Pruebas "T5555-AAU Pressure Process Control Learning System", que se encuentra ubicado en la sede Tecnológica de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, ya que esté no contaba con este tipo de sistema, el sistema se diseñó empleando el software LABVIEW para generar la interfaz y una tarjeta ARDUINO para la recepción y transmisión de datos entre la interfaz y el banco de pruebas.

Índice de Términos—Automatización, control, monitorización y sistema.

I. INTRODUCCIÓN

Desde que fue creado el primer circuito integrado (microchip), por Jack S. Kilby en 1958, surgieron con él, el nacimiento de las computadoras y gran infinidad de dispositivos, que dan lugar y espacio al desarrollo de la tecnología, la cual busca facilitar y hacer más productivos tanto los procesos de producción como las tareas cotidianas. [1]

El desarrollo de la tecnología no sería posible si la información no hubiese evolucionado con ella, desde los jeroglíficos en el paleolítico, pasando por la invención de la imprenta en el siglo XV, hasta la actualidad con la información digital, la cual ha permitido que por ejemplo, un operario pueda supervisar y monitorear desde un sitio lejano determinado proceso productivo en el que intervienen múltiples variables y definir de acuerdo con el comportamiento de las variables si el proceso funciona de manera correcta o no.

Lo anterior implica que el rendimiento, la calidad y la flexibilidad de los procesos productivos crezca día a día, la supervisión y la monitorización permiten una centralización de la información de los procesos productivos y un registro de la misma, ya que se obtienen un mayor número de medidas a las variables de los procesos y un mejor aprovechamiento de esas medidas, con el fin de facilitar la tarea del operario encargado de la vigilancia del proceso y su seguimiento [2].

En la sede Tecnológica de la universidad Distrital Francisco José de Caldas se tiene el Banco de Pruebas "T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM", en el que se realizan ensayos de procesos de presión, simulando los que se hacen en la industria tales como la producción de farmacéuticos, biotecnología y en la generación de energía. Este equipo no contaba con un sistema que permitiera monitorear las variables del proceso por lo que los usuarios debían generar la información de manera análoga lo que ocasionaba que los resultados no fueran verídicos ni confiables como sí lo son los que se obtienen de una monitorización digital, también era necesario que los usuarios estuvieran monitoreando el proceso de manera presencial y no como se hace en la industria, donde está monitorización se realiza en

una sala de control, la cual se encuentra en un sitio lejano de los procesos.

Debido a lo anterior se implementó el sistema de monitorización en el Banco de Pruebas "T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM".

II. Banco de Pruebas T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM

El banco de pruebas T5555-AAU Pressure Process Control Learning System es un simulador de entrenamiento que permite desarrollar en los alumnos los conocimientos y habilidades necesarias en sistemas de control de procesos de presión, es fabricado por la empresa AMATROL.

Contiene una interfaz hombre-máquina (HMI) con la cual se controlan el nivel de líquido y la presión del tanque de manera simultánea, un controlador de automatización de programación (PAC) y un variador de frecuencia (VFD) [3]

Figura 1.Banco de Pruebas T5555-AAU Pressure Process Control Learning System. (AMATROL, s.f)

El banco se compone básicamente de sensores de nivel, un sensor de presión diferencial, válvulas proporcionales, una bomba centrífuga para producir el flujo de líquido y varias válvulas más.

En la Figura 1. Se puede observar el banco de pruebas, en la tabla 1 se muestran los componentes principales del banco, mientras que en la figura 2 se visualiza el diagrama de tuberías e instrumentación del mismo (P&ID).

TABLA I
Lista de Componentes Banco T5555

LISTA DE COMPONENTES BANCO T5555		
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**REF.**
1	Tanque de Proceso	N/A
2	Interfaz Hombre-Máquina (HMI)	N/A
3	Control Lógico Programable (PLC)	PC 100
4	Regulador de Presión	PC 100A
5	Manómetro del Regulador de Presión	PI 100A
6	Válvula de entrada de solenoide proporcional (PV1)	PCV 100A
7	Manómetro de Presión	PI 100B
8	Entrada, indicador de flujo	FI 100A
9	Salida, indicador de flujo	FI 100B
10	Válvula de salida de solenoide proporcional (PV2)	PCV 100B
11	Válvula manual de salida de presión de bypass	HV 100
12	Transmisor de Presión	PT 100
13	Válvula de alivio de presión, 40 PSI	PSV 100
14	Control de nivel (Control Lógico Programable, PLC)	LC 200
15	Variador de Frecuencia (FVD), control de velocidad de la bomba	SC 200
16	Bomba Centrífuga	N/A
17	Tanque de Reserva	N/A
18	Válvula de salida del tanque de reserva	HV 200B
19	Válvula de retorno del tanque de reserva	HV 200D
20	Rotámetro	FI 200A
21	Válvula manual de control de flujo	FV 200
22	Sensor de nivel por presión diferencial	LT 200
23	Válvula Manual	HV 200E
24	Switch de nivel inferior	LSL 200
25	Switch de nivel superior	LSH 200
26	Rotámetro	FI 200B
27	Válvula manual de entrada de recurso externo	HV 200A
28	Válvula manual de salida de recurso externo	HV 200C
29	Válvula manual de desagüe	HV 200F
30	Válvula manual de desagüe	HV 200G

(AMATROL, s.f)

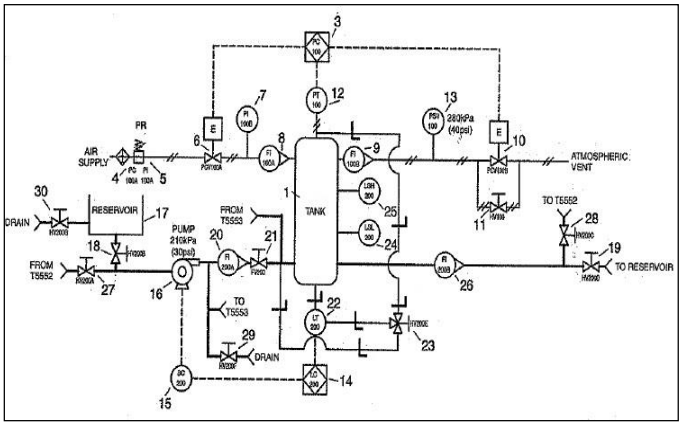

Figura 2 Diagrama de Tuberías e Instrumentación. (AMATROL, s.f)

A. Funcionamiento Banco de Pruebas T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM

El proceso inicia en el tanque de reserva, el agua es succionada por la bomba centrifuga y es impulsada hacia el tanque de proceso, en el recorrido de la bomba hacia el tanque de proceso hay un indicador de flujo mecánico que permite medir el flujo, además una válvula de control de flujo. En el tanque de proceso se miden dos variables, la presión de aire y el nivel de agua, en la figura 3 se aprecia el banco de control y los nombres de las partes que participan en el proceso.

Para lograr la presión de aire, se emplea una unidad reguladora de presión que es la que lleva el aire desde el compresor externo hasta el banco de prueba. La presión máxima recomendable para realizar pruebas es de 2 Bar en el regulador de presión, el suministro de aire hacia el tanque de proceso es controlado por dos electroválvulas que operan en un rango de 4mA a 20mA donde 4mA es cerrada y 20mA es totalmente abierta. Entre el tanque de proceso y las electroválvulas hay una válvula de alivio de presión que permite controlar el exceso de aire y despresurizar el tanque según se requiera.

El tanque de proceso cuanta con dos sensores de nivel, el sensor de nivel superior activa un interruptor de seguridad que apaga la bomba si el nivel de agua sube demasiado y de esta manera evita que entre liquido en el sistema neumático del banco.

El tanque de proceso tiene un sensor de presión en la parte superior, dicho sensor maneja un rango de medición de 6 Bar a 26,87 Bar donde 6 Bar equivale a 4 mA y 26,87 equivale a 20 mA. El proceso finaliza cuando el agua sale del tanque de proceso hacia el tanque de almacenamiento.

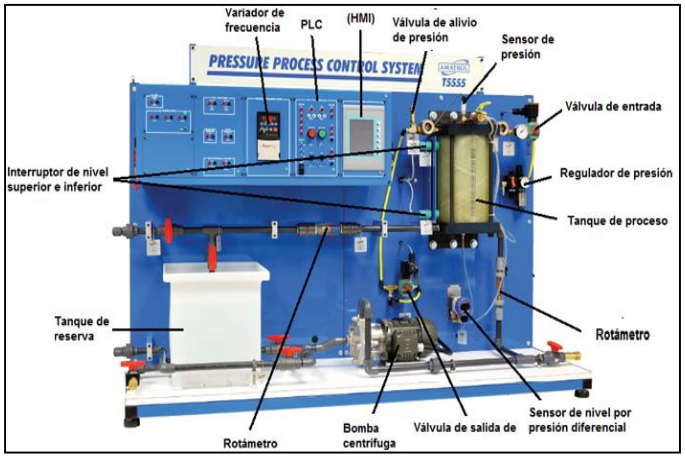

Figura 3 Partes del Banco de Pruebas T5555-AAU Pressure Process Control Learning System. (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

III. DESARROLLO SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización se desarrolló empleando el hardware ARDUINO, que es básicamente una placa de circuito impreso con un microcontrolador con varios puertos digitales y analógicos de entrada y salida y un puerto de conexión USB desde donde se establece comunicación serial con el computador, el hardware permite la adquisición de los datos de las variables, para el control, la configuración del sistema de monitorización se realizó con el software LABVIEW versión 2011, este software emplea un lenguaje de programación gráfica (G) que utiliza un modelo de flujo de datos en lugar de líneas secuenciales de código de texto [4].

En la figura 4 se observa el hardware del sistema de monitorización.

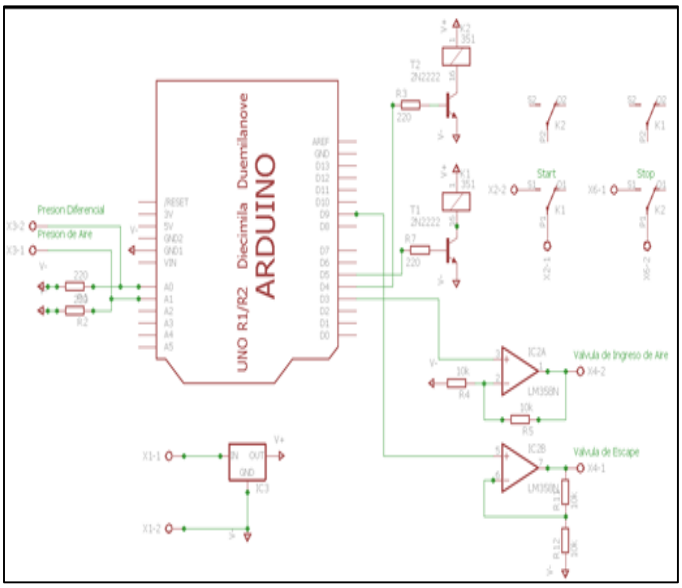

Figura 4 Hardware Sistema de Monitorización (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

El sistema de monitorización emplea una interfaz gráfica que permite una visualización y descripción gráfica del proceso y las variables que intervienen en él, la interfaz se compone de dos pantallas, la primera "Pantalla de Simulación" que es desde donde se pone en marcha el banco de pruebas y se establecen las condiciones de funcionamiento del sistema y la segunda "Pantalla de Resultados" donde se visualiza el comportamiento de las variables del mismo.

A. Pantalla de Simulación

La pantalla de Simulación figura 5 se encuentra dividida en tres partes, el Cuadro Pictórico, Cuadro Fotograma y Encabezado.

Figura 5 Pantalla de Simulación (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

Cuadro Pictórico: Permite activar y desactivar el sistema de monitorización, en este se coloca en marcha la bomba del banco de pruebas con el botón verde y se detiene con el botón rojo, se controla el porcentaje de apertura en las electroválvulas mediante los sliders, además, muestra la corriente en mA que está pasando por las electroválvulas, la presión en bar en el tanque de proceso, el nivel de los dos sensores de nivel del tanque de proceso, uno en cm y el otro en pul y se establece el tiempo sg de muestreo para la obtención de datos figura 6.

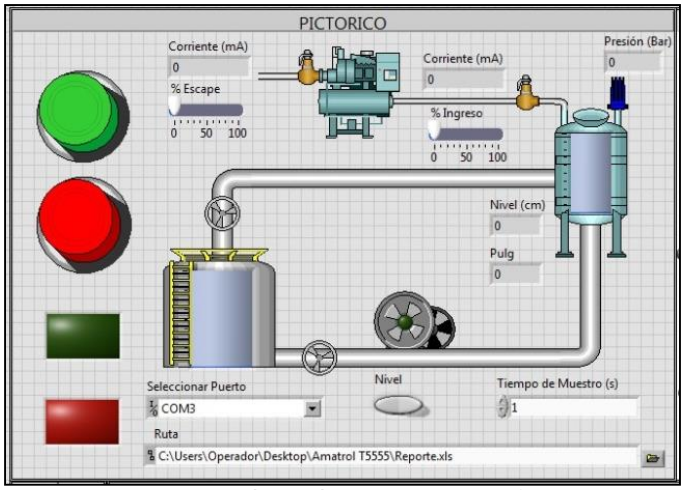

Figura 6 Cuadro Pictórico (Sáenz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

Cuadro Fotograma: Este consiste en una imagen real del banco de pruebas, en este cuadro se visualiza la presión en Bar y el nivel en cm del tanque de proceso y la corriente que emplean las electroválvulas en mA. En la siguiente figura 7 observa.

Figura 7. Cuadro Fotograma (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

Encabezado: En este se muestra el nombre de la

Universidad Distrital, nombre del banco de pruebas y los nombres y códigos de los autores del sistema de monitorización, figura 8.

Figura 8. Encabezado (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

B. *Pantalla de Resultados*

La Pantalla de Resultados se encuentra dividida en dos partes y se ilustra en la figura 9, la primera parte corresponde a la parte grafica llamada "Graficadores de Sensores" y la segunda parte es donde aparecen los datos que se obtienen cuando se utiliza el sistema de monitorización, esta parte recibe el nombre de "Tabla Resumen".

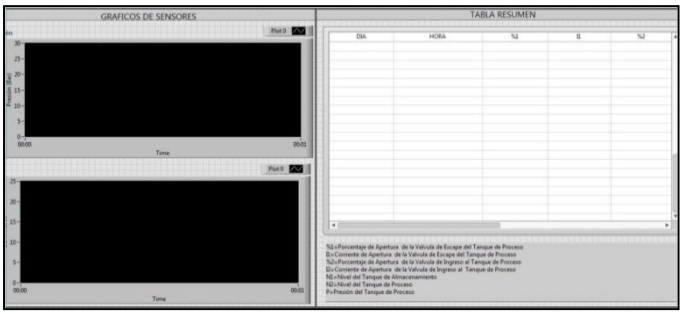

Figura 9. Pantalla de Resultados (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

Graficadores de Señal: En esta parte se observan dos generadores de gráficas, uno para presión, el cual graficara el tiempo vs la presión, y el otro que grafica el tiempo vs el nivel, y dos mas que grafican la corriente de las válvulas de entrada y salida, se puede observar en la figura 10.

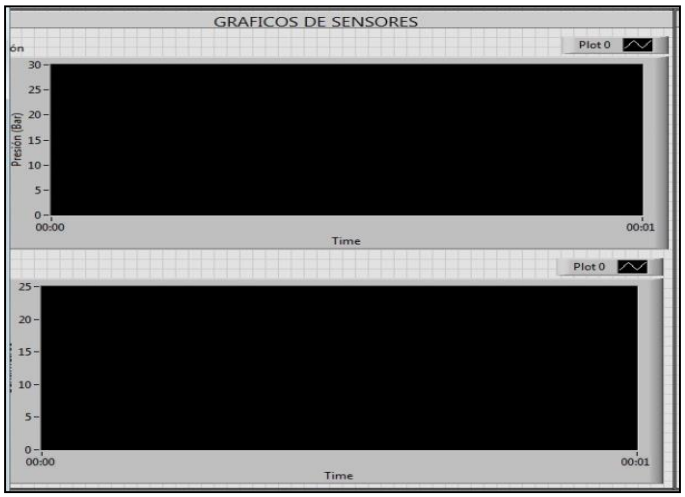

Figura 10. Graficadores de Señal. (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

Tabla Resumen: Muestra la tabla con los datos obtenidos durante la práctica realizada empleando el sistema de monitorización. Los datos consignados son los siguientes:

- %1=porcentaje de apertura de la válvula de escape del tanque de proceso.
- I1=corriente de apertura de la válvula de escape del tanque de proceso.
- %2=porcentaje de apertura de la válvula de ingreso del tanque de proceso.
- I2=corriente de apertura de la válvula de ingreso del tanque de proceso.
- N1=nivel del tanque de almacenamiento.
- N2=nivel del tanque de proceso.
- P=presión del tanque de proceso.

Figura 11. Tabla Resumen (Sáenz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

IV. Prueba y Resultado del Sistema de Monitorización

Se realizaron pruebas al sistema de monitorización durante el proceso de ajuste para corroborar el funcionamiento del mismo, después de terminados los ajustes se realizaron tres pruebas más, a continuación se muestra el comportamiento del sistema de monitorización de una de las pruebas.

Una vez conectado el sistema de monitorización al banco y al computador se procede a poner en marcha la interfaz del sistema, en la figura 12 se muestra el Cuadro Pictórico para un tiempo x de la prueba, en este se aprecian las condiciones de entrada al sistema, corriente en las válvulas de entrada y salida, el porcentaje de escape de las válvulas y el tiempo de muestreo, y los resultados, la presión y el nivel en el tanque de proceso.

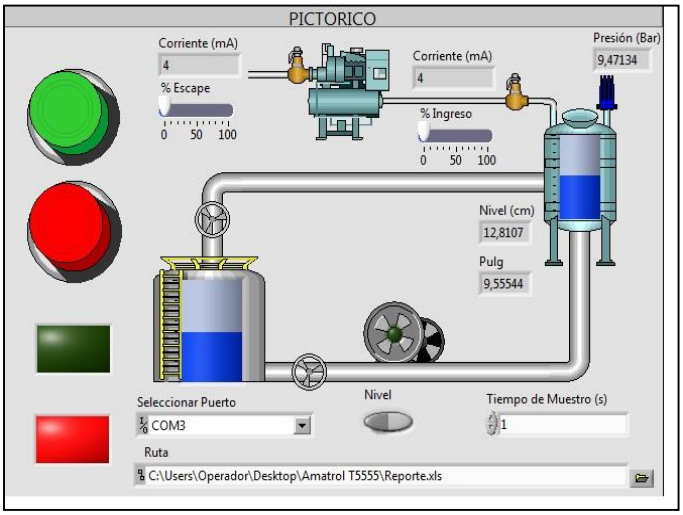

Figura 12. Cuadro Pictórico Pruebas (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

En la figura 13 se observan los graficadores de señal, la primera grafica muestra el comportamiento del proceso relacionando el tiempo de muestreo (s) con la presión (Bar) en el tanque de proceso durante un intervalo de tiempo x, la segunda grafica relaciona el tiempo de muestreo (s) con el nivel (cm) en el tanque de proceso durante el mismo intervalo de tiempo x, mientras que las gráficas cuatro y cinco muestran el comportamiento del a corriente de las válvulas de entrada y salida respecto al tiempo.

Los datos obtenidos durante el proceso se exportan en un archivo XLS, la exportación se realiza con el fin de enfatizar en los resultados obtenidos durante el proceso y de esta manera realizar un mejor análisis del mismo.

Cabe resaltar que debido a que el proceso que se realiza en el banco de pruebas T5555-AAU no está complemente automatizado se deben controlar variables de manera manual, tales como el caudal que ingresa al tanque de proceso mediante un rotámetro, y cada una de las válvulas que permiten el flujo del líquido por el sistema de tuberías del banco.

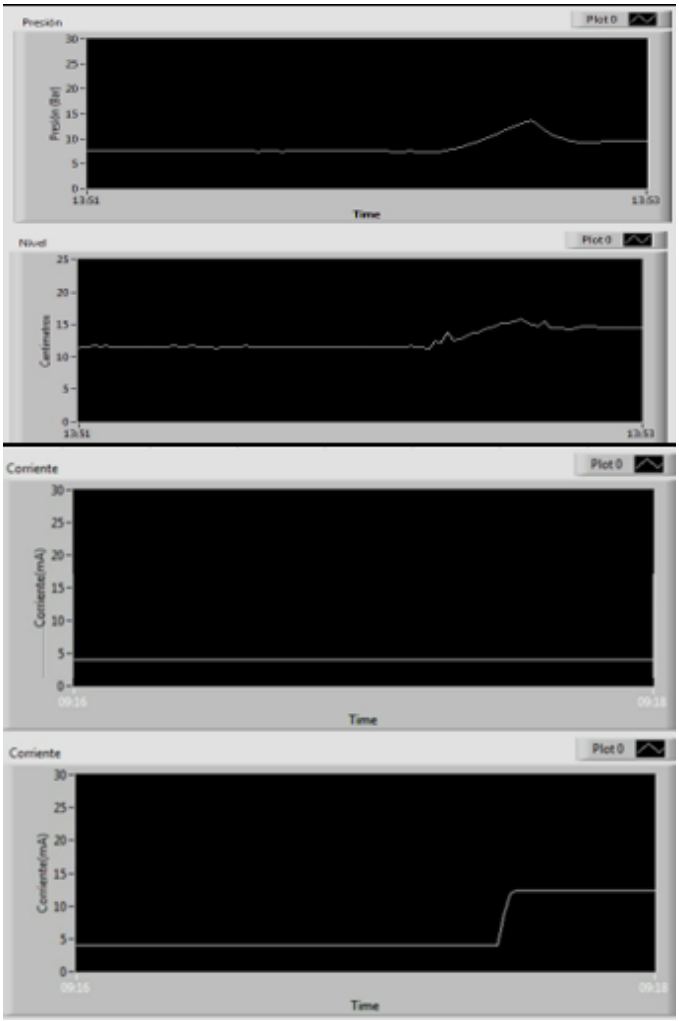

Figura 13. Graficadores de Señal Prueba (Saénz Jovanny, Silva Rafael, 2016)

V. CONCLUSIONES

Se diseñó e implemento un sistema de monitorización para un proceso de control de presión, este se instaló en el Banco de Pruebas "T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM", el sistema de monitorización funciona de manera adecuada y cumple las funciones de monitorización, lo anterior demuestra que el sistema puede ser diseñado e implementado para cualquier proceso de control a nivel industrial.

Mediante el diseño y la implementación del sistema de monitorización para un proceso de control de presión los usuarios del Banco de Pruebas "T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM" pueden realizar las prácticas de laboratorio de manera más adecuada, ya que el sistema reduce la posibilidad de fallas en la monitorización y adquisición de datos de las variables que se encuentran involucradas en el proceso.

Por medio de la interfaz creada los usuarios del Banco de Pruebas "T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM" pueden exportar las señales de interés del proceso de control de presión a un computador para obtener un mejor manejo de la información y un respaldo de las prácticas que se realizan.

La interfaz implementada en el Banco de Pruebas "T5555-AAU PRESSURE PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM" cuenta con graficadores de señal, lo que permite a los usuarios visualizar mediante graficas las variables de interés del proceso de control de presión.

BIBLIOGRAFIA

[1] Busca Biografias. (s.f.). http://www.buscabiografias.com. Recuperado el 03 de 05 de 2016, de http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/9451/Jack%20Kilby

[2] Joaquim Meléndez, Jordi Ayza Joan Colomer, "SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN," TAPA BLANDA, 2000.

[3] AMATROL. http://www.amatrol.com/. [Online]. HYPERLINK "http://www.amatrol.com/coursepage/pressure-process-control-learning-system-t5555/" http://www.amatrol.com/coursepage/pre

[4] Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW - National Instruments. [Online]. HYPERLINK "http://www.ni.com/labview

PAGINAS CONSULTADAS

AMATROL. (s.f). Installation Guide ForT5555-AUU. Louisville.

Cama Pinto, A., & Gil Montoya, F. (2014). Sistema Inalámbrico de Monitorización para Cultivos en Invernadero. DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, 164.

De Prada, C. (2004). El Futuro del Control de Procesos. Revista iberoamericana de automática e informática industrial, 5.

DYM, C., & ITTLE, P. (2002). El Proceso de Diseño en Ingeniería. . Ciudad de Mexico: Editorial Limusa, S.A.

MATAIX, C. (1982). MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS, 2da Edicion. MADRID: Ediciones del Castillo S.A.

Miyara, F. (2014). Conversores D/A y A/D. Rosario, Argentina: Publicado en Internet.

Murcia, J. D. (s.f). Proyectos Formulación y Criterios de Evaluación. Bogotá D.C.: Alfaomega Grupo Editor.

NORTON, R. (2001). Diseño de Máquinas. Editorial Prentice Hall.

Nuñez, J. A. (2014). Diseño e Integración de un Sistema de Adquisición de Datos Mediante el Uso de ARDUINO y RASPBERRY-P1. Ciudad de Mexico: Tesis Profesional.

P.R.V. (s.f.). Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI). 2086.

RODRIGUEZ, P. (2001). Componentes Electronicos. Buenos Aires: ALSINA.

SEAT. (s.f.). Sensores y Actuadores.

AMATROL. (s.f.). http://www.amatrol.com/. Recuperado el 03 de 05 de 2016, de http://www.amatrol.com/coursepage/pressure-process-control-learning-system-t5555/

aprendiendoarduino. (s.f.). Recuperado el 03 de 06 de 2016, de https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/28/que-es-arduino-hw-libre/

ARDUINO. (s.f.). https://www.arduino.cc/. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de https://www.arduino.cc/

Busca Biografias. (s.f.). http://www.buscabiografias.com. Recuperado el 03 de 05 de 2016, de http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/9451/Jack%20Kilby

MAPFRE. (s.f.). http://www.motor.mapfre.es. Recuperado el 07 de 05 de 2016, de http://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/4642/como-funciona-el-control-de-presion-de-los-neumaticos

Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW - National Instruments. (s.f.). Recuperado el 05 de 07 de 2016, de http://www.ni.com/labview/esa/

TBS-TELECON. (s.f.). http://www.tbs-telecon.es. Recuperado el 08 de 05 de 2016, de http://www.tbs-telecon.es/que-es-digitalizar-un-documento-proceso-digitalizacion-documentos

weidmueller. (s.f.). www.weidmueller.com. Recuperado el 08 de 05 de 2016, de http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=es&ObjectID=group6997622393465

Autores

Jovanny Andrés Sáenz Parra, Tecnólogo Mecánico y estudiante de Ingeniería Mecánica.

Rafael Alberto Silva Gutiérrez, Tecnólogo Mecánico y estudiante de Ingeniería Mecánica.