

# SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA FLOW LOOP TEST DEL MÓDULO ELECTRÓNICO POWERDRIVE CONTROL UNIT DE LA HERRAMIENTA POWERDRIVE

## AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR FLOW LOOP TEST OF THE POWERDRIVE CONTROL UNIT ELECTRONIC MODULE OF THE POWERDRIVE TOOL

LORA RIVERA E. J.

### RESUMEN

La herramienta de perforación PowerDrive es de uso frecuente en el área de perforación direccional. Es importante que se encuentre en óptimas condiciones, dependiendo esto directamente de la calidad de mantenimiento que se le proporcione. Mediante un análisis sobre la situación actual de este procedimiento, se determinó que la manera en que se realiza dicho proceso carece de precisión. Al registrar datos durante el proceso de mantenimiento denominado Flow Loop Test, que es desarrollado por un operario de manera manual, la baja calidad del proceso indica que el nivel de confiabilidad de la herramienta después de su mantenimiento es bajo, ocasionando que la probabilidad de fallas de la misma sea mayor al momento de ejecutar su trabajo. Las etapas más relevantes del test son: Condiciones Iniciales. Leer Torques. Verificar Nivel de Agua. Bombear Agua. Verificar el Funcionamiento del Eje. Hacer secuencia de Comandos variando el flujo del agua. Verificar valores de caudal y torque. Registrar valores en una plantilla. Se automatiza todo el proceso del Flow Loop Test, adquiriendo así, datos más precisos y un mantenimiento de mejor calidad. El Sistema se desarrolló bajo un entorno Siemens, con planos eléctricos e indicaciones directas haciendo así que el diseño sea factible de implementar consiguiendo reducir el tiempo, mejorando la calidad del test. Se elaboró un diagrama de bloques funcional del Sistema de control del Flow Loop Test y un diagrama de flujo del Sistema. La Programación y Simulación del Sistema de Control Automático se realizó en el software TIA Portal V15 (Totally Integrated Automation) y el modelado se efectuó en SOLIDWORKS 2019 mostrando la distribución de los componentes del Flow Loop Test Automatizado. El proceso automático del Flow Loop Test maneja dos variables Torque y Caudal, cada una con porcentaje de error absoluto de 0,4% y 0,2%, respectivamente. La fiabilidad del Sistema es el producto del porcentaje de fiabilidad de los elementos 99,6% x 99,8%, obteniendo así un Porcentaje fiabilidad del Sistema en Conjunto de 99,4%. Por lo tanto, se estima que las fallas se reducirían a 0,08 fallas en 1 Año. Se redujo el tiempo del mismo de 120 a 90 minutos.

### ABSTRACT

The Power Drive drilling tool is one of frequent use in the directional drilling area, the importance of it, being in optimal condition depends directly on the quality of maintenance that is provided. Through an analysis of the current situation of this procedure, it was determined that the way in which this process is carried out lacks precision when recording data during the maintenance process called Flow Loop Test, which is developed by an operator manually, low quality of the process indicates that the level of reliability of the tool after its maintenance is low, causing the probability of failure of the tool is greater at the time of executing its work. The most relevant stages of the test are: Initial Conditions. Read Torques. Check Water Level. Pump Water. Check Shaft Operation. Make Scripts by varying the flow of the water. Check flow and torque values. Register values in a template. Industrial automation techniques were used to automate the entire Flow Loop Test process and thus more precise data is acquired, obtaining better quality maintenance. The components that were used in the Control System are defined based on the process requirements. The System was developed under an easy-to-operate Siemens environment, and with electrical drawings and direct indications, thus making the design feasible to implement because it has all the data that is required. thus reducing time, in order to be more efficient with a higher quality of the test. A functional block diagram of the Control System of the Flow Loop Test and a flow diagram of the System were elaborated. The Programming and Simulation of the Automatic Control System was carried out in the TIA Portal V15 (Totally Integrated Automation) software and the modeling was carried out in SOLIDWORKS 2019 showing how the Automated Flow Loop Test components were distributed. The automatic process of the Flow Loop Test handles two variables Torque and Flow each one with an absolute error percentage of 0.4% and 0.2% respectively in each tool considering the correct scaling in the PLC program and the errors provided by the manufacturer on your data sheet. Then the reliability of the System would be the product of the percentage of reliability of the elements 99.6% x 99.8%, thus obtaining a Percentage reliability of the System as a whole of 99.4%, therefore it is estimated that the failures would be reduced to 0.08 failures in one year. The time of the same was reduced from 120 to 90 minutes

### PALABRAS CLAVE

Herramientas de perforación,  
PowerDrive, Flow Loop Test,  
Automatización

### KEYWORDS

Drill tools, PowerDrive, Flow Loop  
Test, Automation

dimensionados de acuerdo a las capacidades de la demanda:

- Motor Eléctrico Siemens 1LG4 283-4AA
- Variador de Frecuencia Yaskawa A1000
- Bomba Centrífuga SPP Pumps KPD
- Caudalímetro Siemens Sitrans F MAG 5000
- Controlador Lógico Programable SIEMENS SIMATIC S7-1200
- CPU1212C DC/DC/DC I/O integrada: DI 24V DC, 6 DO 24V DC, 2 AI 0-10V DC 20,4-28,8V DC
- Módulo de Entrada y Salida SIEMENS SIMATIC S7-1200 ANALOG I/O SM 1234, I/O integrada: 4 AI ±10V DC 2 AO ±10V DC 14bit or 0 (4)-20mA
- Fuente de Poder SIEMENS POWER SUPPLY S7-1200 PM1207.
- Entrada: 120/230V AC. Salida: 24V DC/2,5A.
- Interfaz Hombre Maquina SIEMENS SIMATIC HMI KTP1000 Basic
- Color DP Tipo de Manejo: Teclado/Táctil Tipo de Pantalla: TFT 10" 256 colores.
- Interfaz: PROFINET. Alimentación: 24V DC.
- Torquímetro Kistler 4502A Torque máximo: 0,5-100Nm
- Rango de Giro: ±360°. Precisión: ±0,2%. Operación: CW y CCW Señal de Salida: ±5V DC Control de Entrada: 5-30V DC.
- Tablero Eléctrico Schneider Electric NSYCRN64250P Dimensiones: 600x400x250mm. Protecciones: IP66 IEC 60529/IK10 IEC 62262
- Botón Pulsador WEG CSW-BF2-WH / WEG CSW-BF1-WH.
- Botón Pulsador Seta WEG CSW-BESG-WH.
- Lámpara Piloto WEG CSW-SD2-WH / WEG CSW-SD1-WH.

En la figura 2 se muestra el diagrama de bloques del Sistema de control del Flow Loop Test.

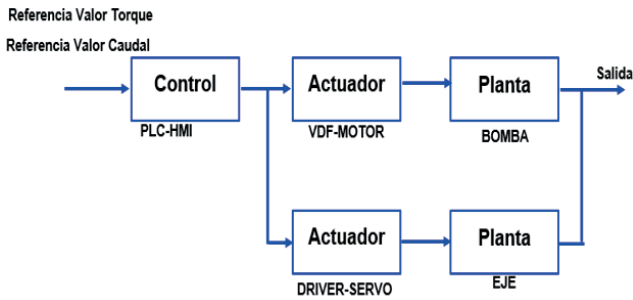


Figura 2. Diagrama de bloques funcional del Sistema de control del Flow Loop Test.

El diagrama de flujo del Sistema que se muestra en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7.

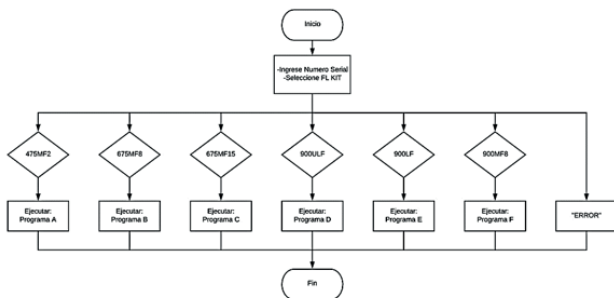


Figura 3. Diagrama de flujo Programa Main

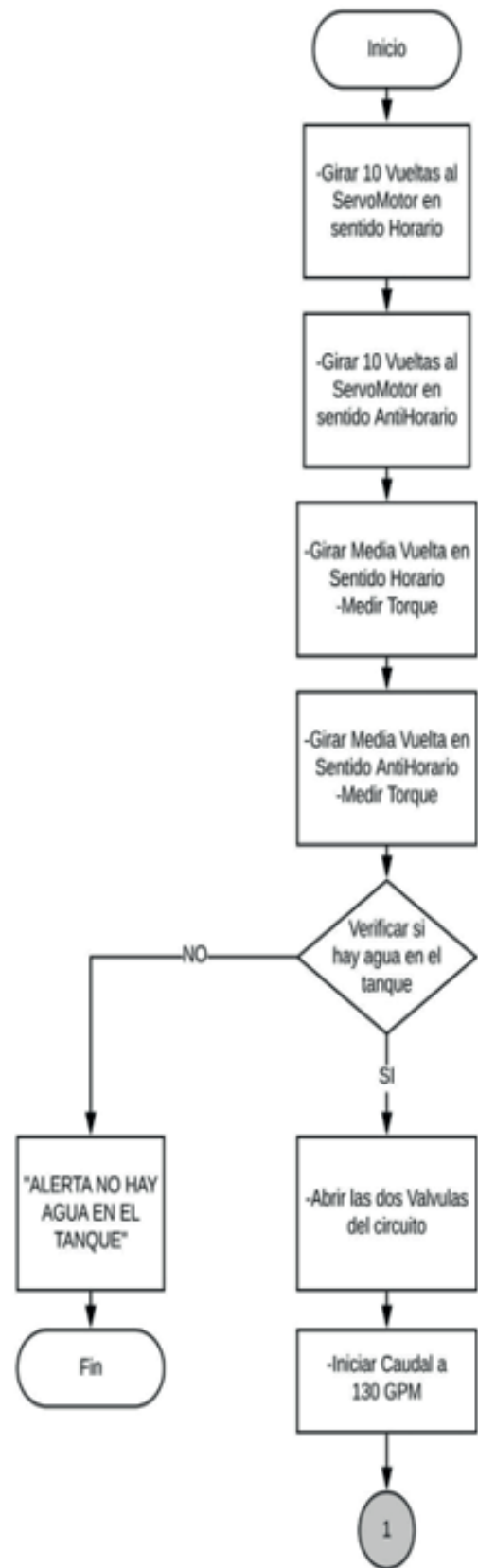


Figura 4. Diagrama de flujo Programa A, primera parte.

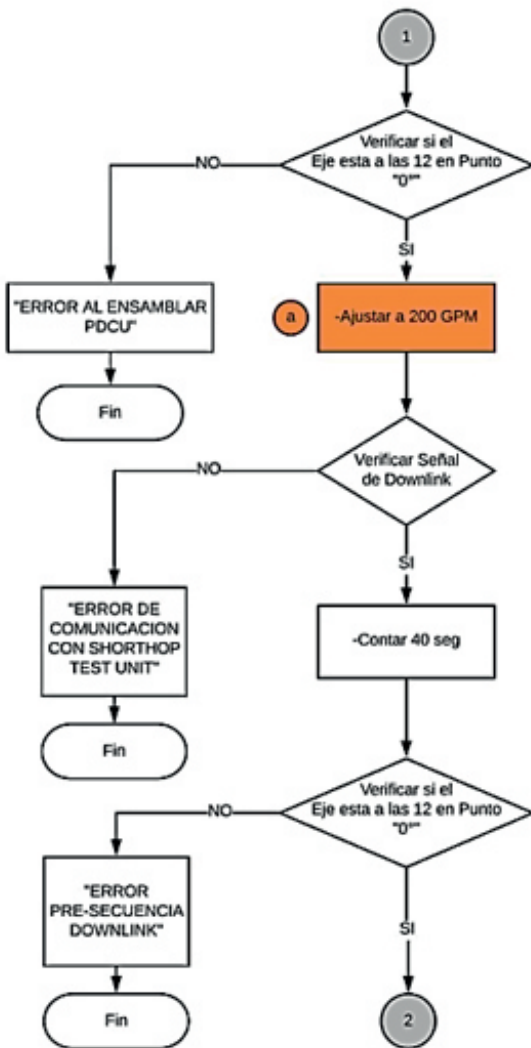


Figura 5. Diagrama de flujo Programa A, segunda parte.

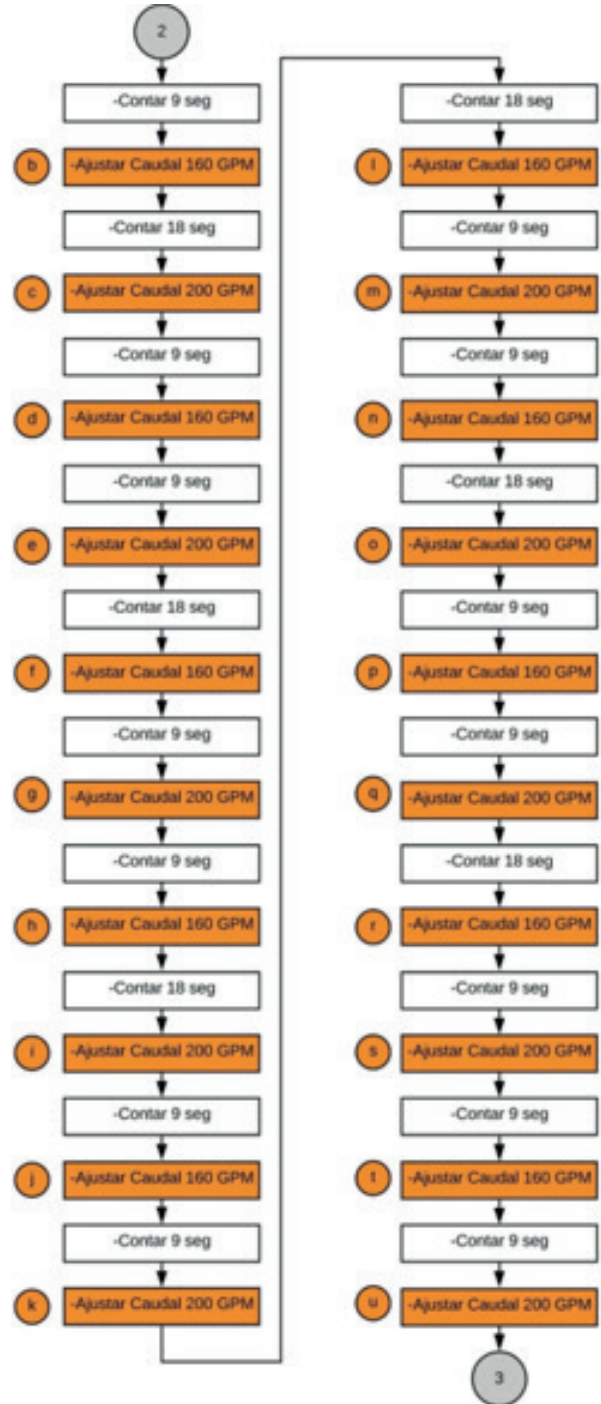


Figura 6. Diagrama de flujo Programa A, tercera parte.

Los diagramas de flujo de los programas B, C, D, E, F, son similares al programa A con la excepción que los caudales son diferentes. En los estados representados de color naranja en el diagrama de flujo programa A, son reemplazados por los valores correspondientes. Estos valores están establecidos en base al Flow Loop KIT seleccionado.

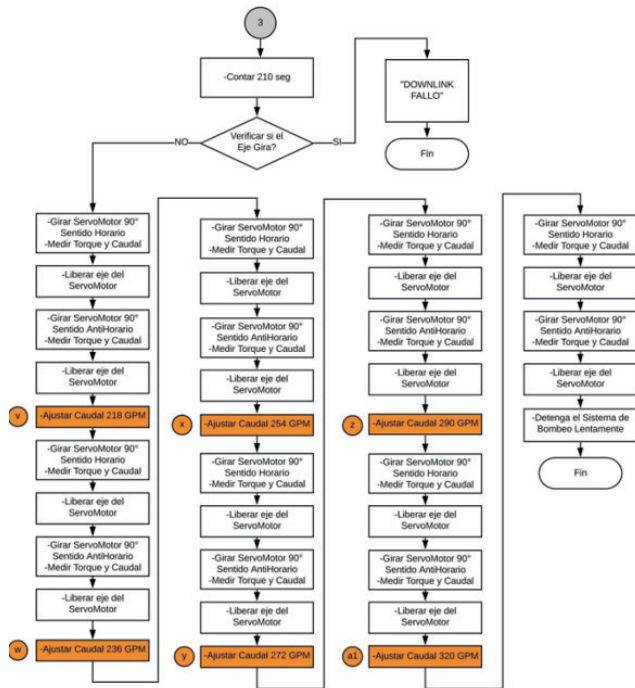


Figura 7. Diagrama de flujo Programa A, cuarta parte.

La figura 8 ilustra la disposición de los componentes de control para el sistema.

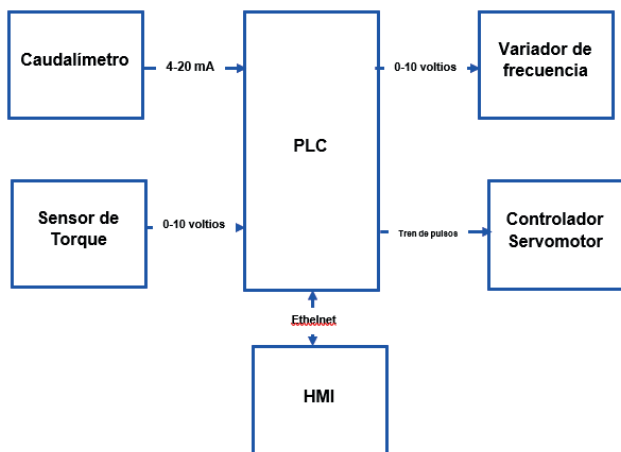


Figura 8. Disposición de los componentes de control.

En la tabla 1 se detalla las variables de Entrada/Salida y el tipo de señal del PLC y módulos.

Tabla 1. Descripción de Variable de Entrada/Salida del PLC+ Módulos

ENTRADAS	SALIDAS
IO.0: Pulsador de Parada de Emergencia	Q0.0: Servomotor Posición
IO.1: Pulsador de Marcha	Q0.1: Servomotor Dirección
IO.2: Pulsador de Parada	Q0.2: Lámpara de Encendido
IO.3: Sensor de Nivel de Tanque de Agua	Q0.3: Lámpara de Error
IO.4: EmagReceiver	Q0.4: Electroválvula A y B
	Q0.5: Variador de Frecuencia Marcha
IW96: Caudalímetro	QW96: Variador de Frecuencia Velocidad
IW100: Torquímetro	
ETH0: PLC	ETH0: PLC
Entradas Digitales, IO/ DI/ DO. Entradas Analógicas, IW/AI. Salidas Digitales, QO/ DO. Salida Analógica, QW. Ethernet, ETH	

La tabla 2 muestra las variables de Entrada/Salida del VFD y en la tabla 3 se describen las variables de Entrada/Salida del driver del servomotor.

Tabla.2. Descripción de variables de entrada/salida del VFD

ENTRADAS	ENTRADAS
DI1: Variador de Frecuencia Marcha	DI1: Variador de Frecuencia Marcha
DI2: Variador de Frecuencia Paro	DI2: Variador de Frecuencia Paro
AI1: Variador de Frecuencia Velocidad	AI1: Variador de Frecuencia Velocidad

Tabla 3. Descripción de variables de entrada/salida driver servomotor

ENTRADAS	SALIDAS
DO1_a: Servomotor Posición	Conector A Servomotor
	Conector B Servomotor
DO2_a: Servomotor Dirección	

En las figuras 9, 10, 11 y 12, se muestra el circuito eléctrico para realizar las conexiones eléctricas. Es importante que el circuito esté correctamente etiquetado y sea de fácil visualización. El circuito se encuentra dividido en distribución de componentes, detalle de variables de Entrada/Salida y esquema eléctrico de conexiones.

# SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA FLOW LOOP TEST DEL MÓDULO ELECTRÓNICO POWERDRIVE CONTROL UNIT DE LA HERRAMIENTA POWERDRIVE

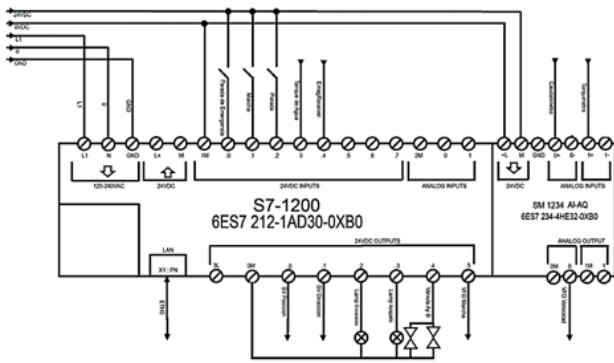


Figura 9. Esquema del sistema eléctrico, parte uno.

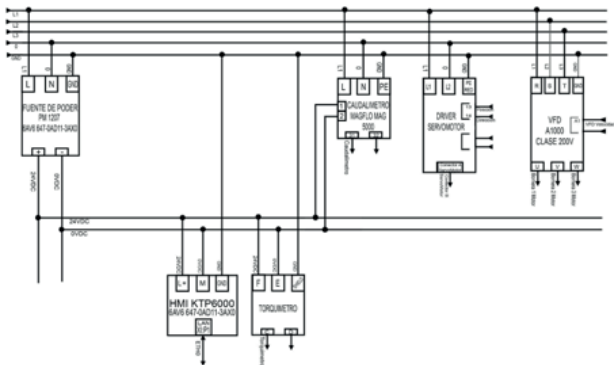


Figura 10. Esquema del sistema eléctrico, parte dos.

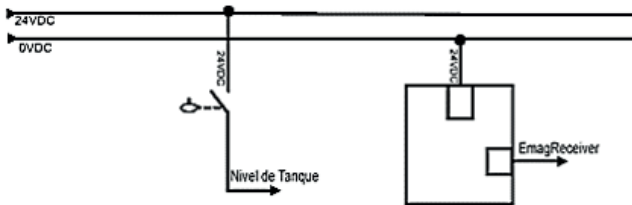


Figura 11. Esquema del sistema eléctrico, parte tres.

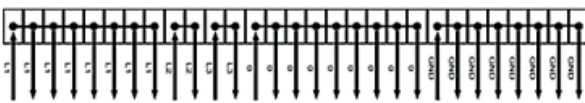


Figura 12. Borneras de conexión

La Programación y Simulación del Sistema de Control Automático se realizó en el software TIA Portal V15 (Totally Integrated Automation) que optimiza todos los procesamientos en una misma interfaz lo que facilita el desarrollo, interconexión y operación. La forma en que se dispone el software supone una rápida puesta en marcha y detección fácil de errores en el sistema.

Se realiza partiendo de los diagramas de flujo, verificando previamente que se cumplan todas las condiciones y requisitos que el manual del fabricante demanda en los pasos del Flow Loop Test. Un ejemplo de cómo se realizó la programación se ve en la figura 13.

Totally Integrated Automation Portal

PLC\_2 [CPU 1212C DC/DC/DC] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Información			
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario	ID personalizada

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
SAUIDA	Dint		
Constant			

Segmento 1: CONFIGURAMOS LA MARCHA Y LA PARADA DE MANDO

Segmento 1: CONFIGURAMOS LA MARCHA Y LA PARADA DE MANDO

Segmento 2: CONFIGURAMOS SEÑALES DE ENTRADA ANALOGICA

CAUDALIMETRO (AI\_0) TORQUEMETRO (AI\_2)

Figura 13. Ejemplo de la programación realizada en TIA Portal V15. En la figura 14, se muestra el HMI donde se refleja la planilla de registro del Flow Loop Test.

Totally Integrated Automation Portal

SIEMENS SIMATIC PANEL TOUCH

PLANILLA DE REGISTRO DE DATOS DEL FL TEST

TOOL NUMBER: 5 DATE: 00 00 2008

FLOW KIT: EXOUMFB WELL: WELL FD

WATER BEARING FRICTION: THINKING FAILED

FLOW RATE	MEASURED FLOW RATE (g/min)	CCW (Nst)	MEASURED FLOW RATE (g/min)	CCW (Nst)
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00
0000	0000	0000,00	0000	0000,00

General

Nombre	Imagen raiz	Color de fondo	182; 182; 182
Color Cuadrícula	0; 0; 0	Número	1
Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	
Niveles			
Nivel activo	0		

Figura 14. Ejemplo de la programación realizada en TIA Portal V15.

El modelado se efectúa en SOLIDWORKS 2019, un software de diseño CAD 3D.

En las figuras 15, 16, 17 y 18 se muestra la forma en que se encuentran distribuidos los componentes del Flow Loop Test Automatizado. Las componentes se encuentran descritos y señalizados. En las imágenes posteriores, la información detallada de los mismos, está en el apartado Selección de Componentes y Actuadores.

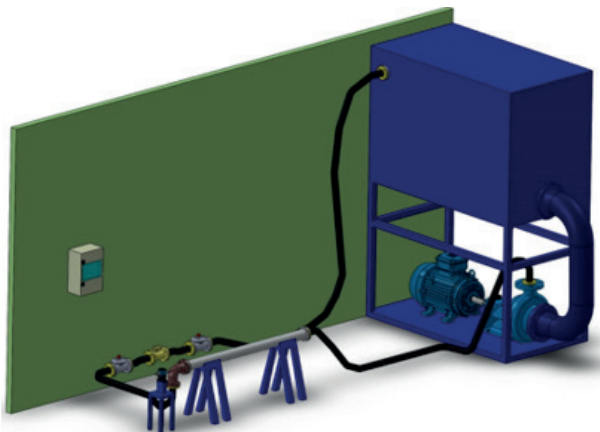


Figura 15. Vista isométrica de la distribución de los componentes.

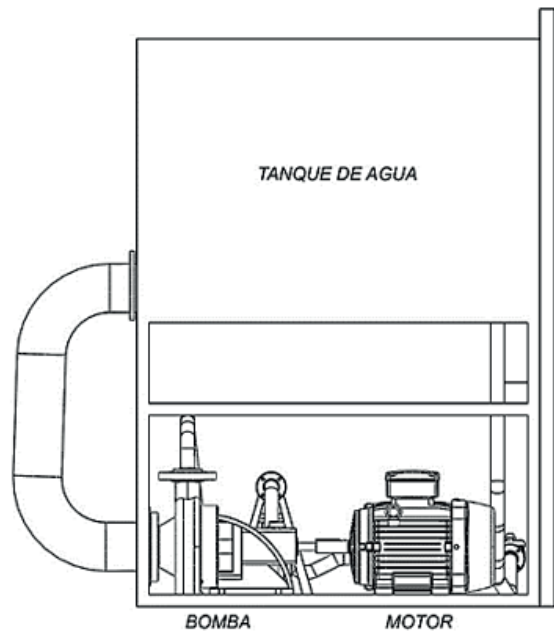


Figura 18. Vista lateral de la distribución de los componentes.

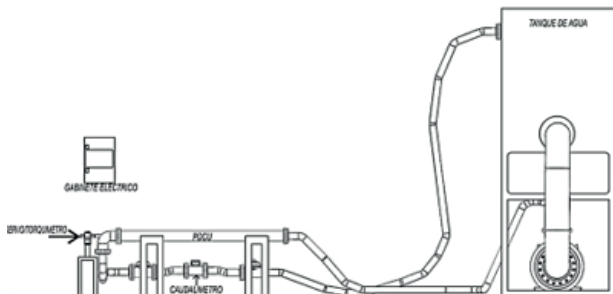


Figura 16. Vista frontal de la distribución de los componentes.

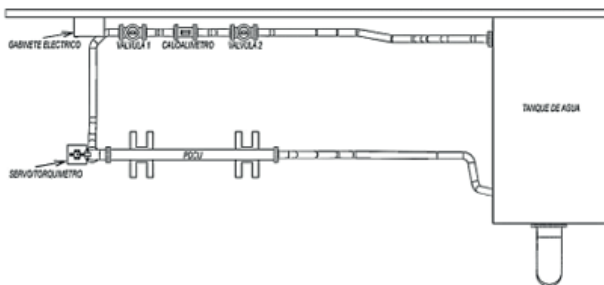


Figura 17. Vista superior de la distribución de los componentes.

El prototipo es una simulación del Sistema de Control. Su objetivo es verificar que el flujo de interacción sea el esperado y responda de manera correcta para evidenciar si es necesario realizar un ajuste.

Para este Sistema de Control se realizó una HMI con animaciones que indican a tiempo real que procesos ocurren de fondo mientras los pasos del Flow Loop Test se están ejecutando de manera automática y secuencial.

Es necesario realizar muestreos para la simulación a fin de verificar condiciones, los cuales son constatados si se utilizan temporizadores, así como para procesos repetitivos y para acortar el tiempo de verificación mientras se realiza el test. Estos pasos son los mismos que los que se detallan en los Diagramas de Flujo, tanto del Programa Main como de los Subprogramas A, B, C, D, E, F.

Principalmente se deben tener claros los pasos del Flow Loop Test para el correcto seguimiento de todo el Proceso mientras la Simulación es ejecutada.

Se debe abrir la HMI Principal que redirige a través del botón Monitor a la ventana de Animaciones para su seguimiento interactivo y su fácil interpretación. A continuación, se muestran dichas ventanas.

La ventana de HMI Principal es donde se visualiza el registro de datos que se requiere adquirir del Flow Loop Test. Las partes de esta ventana son Tool Number, Flow Kit, Fecha, Hanger Bearing Friction, Analógicos, Planilla, y los pulsadores (ON, OFF, Flotador, Downlink, Monitor).

## DISCUSIÓN

El Sistema Automático para Flow Loop Test contó con una

# SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA FLOW LOOP TEST DEL MÓDULO ELECTRÓNICO POWERDRIVE CONTROL UNIT DE LA HERRAMIENTA POWERDRIVE

interfaz amigable para el operador, fácil de utilizar e intuitiva por su disposición en pantalla. Este Sistema permitió un seguimiento y control a tiempo real de los procesos que se están realizando durante el test. La evaluación técnica se realizó teniendo en cuenta la flexibilidad, funcionabilidad, confiabilidad.

Durante el Diseño de la interfaz se pensó en escoger un HMI de menores dimensiones o manejar solo Botoneras para cubrir las necesidades del sistema de control. Sin embargo, se determinó que la mejor opción era un HMI con una pantalla de más pulgadas para una fácil visualización, así como de botones físicos para tener Control de Paradas, Arranque, Paradas de Emergencia en caso que la pantalla táctil no respondiese o fallase. Además que es más sencillo el modificar iconos en la interfaz, debido a que posee una mayor densidad de pixeles por pulgada, que una HMI de menor dimensión.

El programa desarrollado para el sistema presenta comentarios en cada segmento de la programación para su fácil entendimiento en caso que se requiera realizar algún tipo de modificación. Se dividió el trabajo en cinco Bloques Principales: Main, Secuencia 1, Secuencia 2, Secuencia 3, Control Servo. Así mismo consta de Bases de Datos para las diferentes configuraciones de Caudal en Función al Flow Kit que se requiera, además de Fecha y Hora Local del Sistema para su correcto Registro.

Por otra parte, el proyecto presentó un manejo de objetos tecnológicos, que son parte del mismo entorno de programación TIA PORTAL, para el sencillo control de Posición y Dirección, lo cual facilita el control de los Servomotores ya que el software lo integra en sus Librerías.

Evidenciar la funcionalidad significa asegurar que el resultado sea práctico, tal como estaba especificado en el nivel de automatización que se pretendía. El Sistema de Control realizó seis configuraciones del PowerDrive, las cuales se ejecutan previo registro del número de Herramienta y selección de Flow Kit. La ejecución de las tareas secuenciales se realizó mientras se cumplían las condiciones establecidas (disponibilidad de agua, señal de Downlink).

Así mismo, está programado de tal forma que si se detectan respuestas erráticas el proceso se detendrá y mostrará mensajes de la etapa en donde se encontraba ejecutándose. En el campo

de la Investigación, la fiabilidad es conocida técnicamente como la probabilidad de buen funcionamiento de algo, haciendo referencia a la ausencia de errores de medida. Partiendo de este concepto, se realiza una comparación del Sistema Manual y del Sistema Automático.

El proceso manual del Flow Loop Test maneja dos variables, Torque y Caudal, cada una con porcentaje de error absoluto de 6,1% y 7,39% respectivamente en cada herramienta.

La fiabilidad del Sistema sería el producto del porcentaje de fiabilidad de los elementos 93,9% x 92,61% dando así un Porcentaje de Fiabilidad del Sistema en Conjunto de 86,96%. Significaría 1,75 fallas en 1 año, según el Registro de datos previos entre 10 de noviembre de 2014 y 12 de diciembre 2017. El proceso automático del Flow Loop Test maneja dos variables Torque y Caudal cada una con porcentaje de error absoluto de 0,4% y 0,2% respectivamente en cada herramienta. Considerando el correcto escalamiento en el programa del PLC y los errores que proporciona el fabricante en su hoja de datos. La fiabilidad del Sistema sería el producto del porcentaje de fiabilidad de los elementos 99,6% x 99,8% obteniendo así un Porcentaje Fiabilidad del Sistema en Conjunto de 99,4%. Por lo tanto, las fallas se reducirían a 0,08 fallas en 1 año.

Todos los cálculos están basados en herramientas debidamente calibradas y correctamente configuradas, tanto en software como de manera física.

El Sistema de Control Automático consigue alcanzar sus objetivos primordiales. Logra la automatización, cumpliendo con los pasos que se realizaban con el método manual. Se tienen ahora errores nulos, reduciendo el tiempo del mismo de 120 minutos a 90 minutos y sin la necesidad de un operario presente en el proceso. En cuanto a nivel de precisión y de confiabilidad de los datos que se recaban mientras el Test se realiza, es superior al método manual.

En el aspecto económico se puede observar que, debido al grado de fiabilidad del sistema, las fallas no se producirán, lo que reduce la posibilidad de multas por falla del PowerDrive debido a un Flow Loop Test de baja calidad.

## REFERENCIAS

- Andrada, I. (2019). Buses de Campo. Obtenido de El ABC de la Automatización: [www.aie.cl](http://www.aie.cl)
- Bellplast S.R.L. (2018). Acerca de Red de PLCs CAIPE. Obtenido de Bellplast S.R.L.: <https://www.caipe.com.ar>
- Blanco, E., Velarde, S., & Fernández, J. (1994). Sistemas de Bombeo. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Cámara Boliviana de Hidrocarburos y Energía. (2019). Acerca de empresas afiliadas. Obtenido de Cámara Boliviana de Hidrocarburos y Energía: <http://www.cbhe.org.bo>
- Chicago Pneumatic. (20 de agosto de 2018). Acerca de Calibración de Herramientas. Obtenido de Chicago Pneumatic: <https://www.cp.com>
- Cise Electrónica. (20 de septiembre de 2010). Acerca de Protocolo de comunicación CAN. Obtenido de Cise Electrónica: <http://www.cise.com>
- Construmática, Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. (septiembre de 2019). Acerca de Caudalímetro Obtenido de Construmática, Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción: <https://www.construmatica.com>
- Creus, A. (2009). Instrumentos Industriales su Ajuste y Calibración. Barcelona: Alfaomega.
- Decología Medio Ambiente y Sociedad. (2019). Perforación Petrolera: Definición, Efectos, Ventajas, Desventajas. Obtenido de Decología Medio Ambiente y Sociedad: <https://decologia.info>
- Dorf, R., & Bishop, R. (2005). Sistemas de control moderno. PERSON.
- Eadic Formación y Consultoría. (2019). Acerca de Técnicas de Perforación Petrolera. Obtenido de Eadic Formación y Consultoría: <https://www.eadic.com>
- Ecured Enciclopedia del Gobierno de Cuba. (2019). Acerca de Protocolos de Red. Obtenido de Ecured Enciclopedia del Gobierno de Cuba: <https://www.ecured.cu>
- Emerson Automation Solutions y Commercial & Residential Solutions. (2019). Funcionamiento del Caudalímetro. Obtenido de Emerson Automation Solutions y Commercial & Residential Solutions: <https://www.emerson.com>
- Futek Advance Technology. (2018). Acerca de Sensores de Par. Obtenido de Futek Advance Technology: <https://www.futek.com>
- Halliburton. (2019). Rotary Steerable Systems. Obtenido de Halliburton: <http://www.halliburton.com>
- Ministerio de Hidrocarburos Boliviano. (2 de febrero de 2019). Acerca de pozos exploratorios y de investigación. Obtenido de Ministerio de Hidrocarburos boliviano: <https://www3.hidrocarburos.gob.bo>
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. PEARSON.
- Omega Engineering a Spectris Company. (2019). Acerca de Caudalímetro - Como elegir un Caudalímetro. Obtenido de Omega Engineering a Spectris Company: <https://es.omega.com>
- Schlumberger. (2019). Directional Drilling Services. Obtenido de Schlumberger: <https://www.slb.com>
- Sensing sensores de medida. (mayo de 2019). Acerca de Sensores de par (Torque). Obtenido de Sensing sensores de medida: <https://sensores-de-medida.es>

CITA

