

# Toma Muestras Automático para línea de descarga de los tanques de la Planta Deshidratadora y Desaladora de una Petrolera

Granado, Angel, MSc<sup>1</sup>, Urdaneta Elizabeth, MSc<sup>1</sup>, y Custodio Ángel, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Venezuela, acustodio@unexpo.edu.ve

**Abstract**– *En este trabajo se presenta la Implementación de un Toma Muestras Automático, usando un PLC (Controlador Lógico Programable) ControlLogix y un Terminal Gráfico o IHM (Interfaz Hombre Maquina) PanelView, ambos de Allen&Bradley, el cual permite obtener una muestra representativa del crudo a la condición operacional de la línea de descarga de los tanques 0003-TK-1101/02 de la Planta Deshidratadora y Desaladora (PDD) de Petrolera Sinovensa en Morichal, Edo. Monagas. El estudio que se propone en este trabajo es una investigación experimental de tipo aplicado y se desarrolló en dos fases, una de diseño y la otra de implementación. En la fase de implementación se procedió a realizar la instalación y conexión eléctrica de todos los elementos asociados al toma muestra automático, se realizaron pruebas de aceptación en sitio. Luego de comprobar su correcto funcionamiento, se realizó un enlace de comunicación entre la red de control de Petrolera Sinovensa y el PLC asociado al toma muestra automático. Finalmente se procedió a realizar modificaciones en los despliegues actuales del SCADA de Sala de Control de la Planta Deshidratadora y Desaladora (PDD) para incluir el monitoreo y control remoto del toma muestra automático.*

**Keywords**– *Control Remoto, Muestra Representativa, PLC, SCADA, Toma Muestra Automático.*

## I. INTRODUCCION

La industria petrolera representa el 80% de la economía venezolana. Esto quiere decir que las mediciones fiscales que se realizan para generar los aportes al tesoro nacional deben poseer la menor incertidumbre posible. Por esta razón cada día aumenta la necesidad de controlar esta medición de volúmenes de hidrocarburos.

Dentro de la industria petrolera, en la medida en que se vende, compra o transfiere hidrocarburos, existen dos elementos claves que deben ser determinados; estos son la Cantidad y la Calidad.

La Planta Deshidratadora y Desaladora (PDD) de PDVSA Petrolera Sinovensa Morichal se encarga de acondicionar el crudo diluido mojado que proviene de la Estación de Flujo (FF) de PDVSA Petrolera Sinovensa para obtener un crudo diluido seco con un volumen del porcentaje agua (corte de agua) menor al 1%, salinidad de 28.5 ppm y un promedio de gravedad específica de 0.959 (16°API o Instituto Americano de Petróleo) [1].

Los toma muestras automáticos son utilizados en la industria petrolera para recolectar y almacenar una muestra representativa del crudo a la condición operacional del oleoducto, y permitir su transporte al laboratorio para su análisis. Entre estos estudios de laboratorio se encuentra el cálculo de porcentaje de volumen de agua, salinidad, y

promedio de gravedad específica, los cuales son especificaciones indispensables para determinar la calidad del producto [2].

Según el manual de estándares de medición de petróleo del Instituto Americano de Petróleo (API) [3], un sistema de muestreo automático típico consiste de un acondicionador de flujo corriente arriba de la ubicación del muestreador (Sonda de Muestreo), un dispositivo para extraer físicamente una porción de muestra de la corriente de flujo, un dispositivo de medición para la dosificación de flujo, un medio para controlar el volumen total de la muestra extraída, un receptor de muestra para recoger y almacenar las porciones y, dependiendo del sistema, un sistema de mezclado/recepción de muestra.

Las porciones de muestra deben obtenerse en proporción al flujo. Sin embargo, si la tasa de flujo durante el tiempo de entrega total de la parcela (semana, mes, día.) varía menos del  $\pm 10\%$  de la tasa de flujo promedio, puede obtenerse una muestra representativa mediante un control de las porciones proporcional al tiempo [4].

La frecuencia óptima de muestreo es el máximo número de porciones de muestra que puedan ser obtenidas de alguna parcela, operando dentro de los límites del equipo en cuanto a la frecuencia de la toma de muestra y el volumen de la porción. La muestra final debería ser de volumen suficiente para mezclarse y analizarse apropiadamente sin sobrellenar el receptor de muestra [5].

## II. DESCRIPCIÓN GENERAL

El modelo de toma muestras automático está compuesto por diferentes equipos de instrumentación, control, y telecomunicaciones, los cuales son utilizados para recolectar las muestras y monitorear la funcionalidad y permisos del sistema. Entre estos equipos se encuentran sondas de muestreo con sus respectivos actuadores, transmisores de flujo, conmutador de nivel, controlador (PLC), terminal gráfico (IHM), radios industriales, y conmutador ethernet industrial.

El modelo de toma muestra automático que se presenta en este trabajo funciona de la siguiente manera: El operador mediante un terminal gráfico (Interfaz Hombre Maquina o IHM) introduce la frecuencia de la prueba (ej.: 50 Barriles por día o BPD) y el tiempo total de la prueba (12 Horas), y luego dará inicio a la prueba o muestra representativa. El controlador se encargará de calcular el número de muestras requeridas y el tiempo de muestreo para que la muestra final sea representativa de acuerdo al flujo o tasa de bombeo que se está desplazando por la línea (ej.: 160000 BPD) y el tiempo total

de la prueba. Los datos de flujo se obtienen mediante transmisores de flujo aguas abajo de la sonda de muestro del toma muestras automático. Dichos transmisores de flujo están gobernados por un PLC externo y se comunican con el PLC del toma muestras automático mediante un enlace de radio implementado en la red de control de PDVSA Petrolera Sinovensa.

En la Fig. 1 se muestra la descripción gráfica del funcionamiento del equipo mencionado anteriormente.

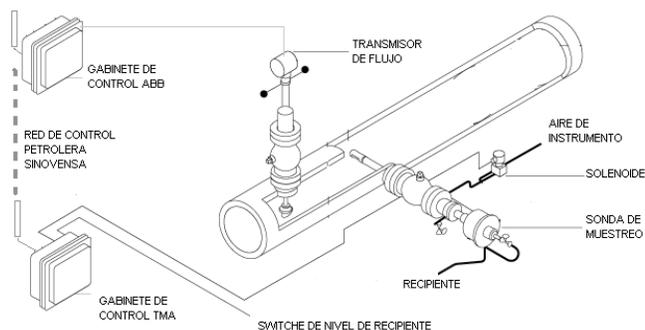


Figura 1: Diagrama de Toma Muestras Automático Diseñado.

En la Fig. 2 se muestra el diagrama de bloques del modelo de toma muestras automático y su interconexión con el sistema de control existente.

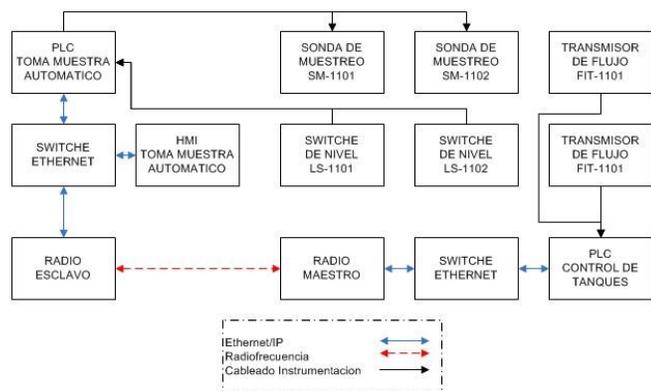


Figura 2: Diagrama de Bloques del Modelo de Toma Muestras Automático.

## IMPLEMENTACIÓN

### PLC e IHM

La lógica de control del PLC fue desarrollada en lenguaje de escaleras usando el software de programación RSLogix 5000 de Rockwell Automation. Dicha lógica de control funciona de la siguiente manera: Inicialmente, se encuesta la variable asociada a la derivación del transmisor de flujo, si la derivación está activado entonces se tomara como flujo el valor introducido por el operador en el IHM o SCADA, si la derivación esta desactivado se tomara como flujo el valor proveniente del transmisor de flujo. Esta derivación es

utilizado en caso de tener problemas técnicos con el transmisor de flujo o problemas técnicos con la comunicación vía radio entre el PLC del toma muestras automático y la red de control de PDVSA Petrolera Sinovensa. Como segundo paso, se calcula el número de muestras requeridas para la prueba dividiendo el flujo entre la frecuencia de muestreo introducida por el operador en el IHM o SCADA. Este valor obtenido se compara con el máximo número de muestras que puede resguardar el recipiente (8000 muestras o 8000 mililitros). Luego se convierte el tiempo de la prueba introducido por el operador en el IHM o SCADA de horas a milisegundos. Finalmente se calcula el periodo de muestreo dividiendo el tiempo de la prueba entre el número de muestras obtenido anteriormente. Dicho periodo de muestreo debe ser igual o mayor a 3 segundos debido a que el fabricante de la sonda de muestreo recomienda que el tiempo de energización del solenoide deba ser por lo mínimo 2,8 segundos para garantizar una muestra de 1 mililitro del flujo que pasa por la línea

La lógica de control del IHM fue desarrollada mediante despliegues gráficos usando el software de programación FactoryTalk View ME de Rockwell Automation.

En la Fig. 3 se puede observar el despliegue asociado a la rutina principal, el cual permite al operador navegar entre los despliegues de estatus y configuración de los toma muestras automáticos. En este caso se tiene como Toma Muestras A la sonda de muestreo asociada a la línea de descarga del tanque 0003-TK-1101, y se tiene como Toma Muestras B la sonda de muestreo asociada a la línea de descarga del tanque 0003-TK-1102.



Figura 3: Despliegue de Pantalla de Inicio del IHM.

En la Fig. 4 se puede observar el despliegue de estatus de los toma muestras automáticos asociados a los tanques 0003-TK-1101/2. En estos despliegues el operador monitorea los parámetros de las pruebas, los cuales son: número de muestras transcurridas, número total de muestras de la prueba, periodo de muestreo (minutos), tiempo restante de la prueba (minutos), flujo o tasa de bombeo que se está desplazando por la línea,

estado de la sonda de muestreo, y alarmas por alto nivel en el recipiente. Adicionalmente, a través de estos despliegues el operador puede navegar hacia los despliegues de pantalla de inicio, configuración de pruebas, historial de alarmas, y derivación de transmisores de flujo.



Figura 4: Despliegue de Estatus de Prueba.

En la Fig. 5 se puede observar el despliegue de configuración de los toma muestras automáticos asociados a los tanques 0003-TK-1101/2. En estos despliegues el operador introduce la frecuencia de la prueba (BPD), el tiempo total de la prueba (Horas), y puede dar inicio, parada, y reinicio de la prueba.



Figura 5: Despliegue de Configuración de Prueba.

En la Fig. 6 se muestra el gabinete de control ensamblado en su totalidad. En dicho gabinete se encuentra instalado el controlador (PLC), terminal gráfico (IHM), un radio industrial

para la comunicación remota con el SCADA existente. Adicionalmente se instaló un conmutador ethernet industrial para la interconexión de los equipos mencionados anteriormente.



Figura 6: Gabinete de Control del Toma Muestra Automático.

En la Tabla I se describen todos los equipos instalados en dicho gabinete de control.

Tabla I

Equipos instalados en gabinete de control.

Fabricante	Numero de Parte	Descripción
AB	1756-A4	Chasis de 4 Slots
AB	1756-L72	Procesador ControlLogix
AB	1756-EN2T	Módulo de Comunicación Ethernet/IP
AB	1756-IB16I	Módulo de Entradas Digitales
AB	1756-OB16I	Módulo de Salidas Digitales
AB	1756-PA75	Módulo de Fuente de Poder de Chasis
AB	1606-XLS240E	Fuente de Poder de Instrumentación
AB	2711P-T6C20A8	Terminal Gráfico (IHM)
N-TRON	105TX-SL	Conmutador Ethernet de 5 Puertos
PROS	RLX-	Radio Industrial
OFT	IHW	RadioLinx

En las Fig. 7 se pueden observar los despliegues del IHM utilizados por los operadores para el monitoreo y control local del Toma Muestras Automático.



Figura 7: Despliegues del IHM.

### Instrumentación

El modelo de toma muestra automática propuesto posee dos (2) Sondas de Muestreo de fabricante Welker y serie LSM. Estas sondas de muestreo (Nº de parte: LSM-6FAI) permiten extraer una muestra isocinética de crudo de una línea o tubería correctamente acondicionada. El actuador de este tipo de sonda de muestreo trabaja con un pistón neumático de doble acción a ciento veinte (120) psi; cuando el solenoide de la válvula de 4 vías y 3 posiciones es energizado, el pistón sube ocasionando un efecto de succión en el interior de la sonda de muestreo; este efecto logra obtener una muestra del fluido (1 mL) de la línea principal, el cual es depositado en los contenedores de la muestra representativa. Luego de que el solenoide de la válvula de 4 vías y 3 posiciones es desenergizado, el pistón vuelve a su estado normal. Ambas acciones del pistón (subida y bajada) deben realizarse con un mínimo de tiempo de dos (2) segundos, según el fabricante. En la Fig. 8 se describe la instalación típica de la Sonda de Muestreo LSM mencionada anteriormente.

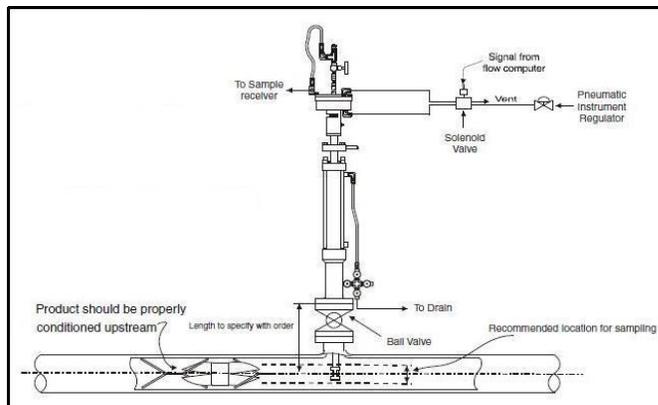


Figura 8: Instalación típica de la Sonda de Muestreo LSM.

En la Fig. 9 se puede observar las sondas de muestreo instaladas en sitio.



Figura 9: Sondas de Muestreo instaladas en Sitio.

En la Fig. 10 se puede observar los recipientes utilizados para el almacenamiento de la muestra representativa. Dentro de cada recipiente se tiene un conmutador de nivel utilizado para evitar el desbordamiento del mismo. Adicionalmente se puede observar una bomba utilizada para extraer las muestras y depositarlas en recipientes portátiles que son luego llevados al Laboratorio de Petrolera Sinovensa Morichal para su respectivo análisis.

## Integración al SCADA

Para lograr el monitoreo y control remoto del toma muestras automático de la línea de descarga de los tanques 0003-TK-1101/02, Se realizaron modificaciones en los despliegues del SCADA de Sala de Control de PDVSA Petrolera Sinovensa. Se realizaron modificaciones en el despliegue asociado a los tanques 0003-TK-1101/02. Adicionalmente se agregó un nuevo despliegue asociado al toma muestras automático.

En la Fig. 12 se puede observar el despliegue del SCADA asociado al toma muestras automático. En esta ventana el operador puede configurar la frecuencia de la prueba (BPD), el tiempo total de la prueba (Horas), y puede dar inicio, parada, y reinicio de la prueba. Adicionalmente, el operador puede monitorear los parámetros de las pruebas, los cuales son: número de muestras transcurridas, número total de muestras de la prueba, periodo de muestreo (segundos), tiempo restante de la prueba, flujo o tasa de bombeo que se está desplazando por la línea, estado de la sonda de muestreo, y alarmas por alto nivel en el recipiente.



Figura 10: Recipientes de Muestras Representativas.

## Enlace de Radio

Para realizar el enlace de comunicación entre el PLC del toma muestras automático y la red de control de PDVSA Petrolera Sinovensa, se configuraron dos (2) Radios Industriales de fabricante Prosoft y serie RadioLinx en modo Amo-Esclavo. La configuración del enlace vía radio se realizó utilizando el software RadioLinx Industrial Hotspot Browser V3.1, en el cual se configuran el enlace entre el amo y el esclavo como se muestra en la Fig. 11.

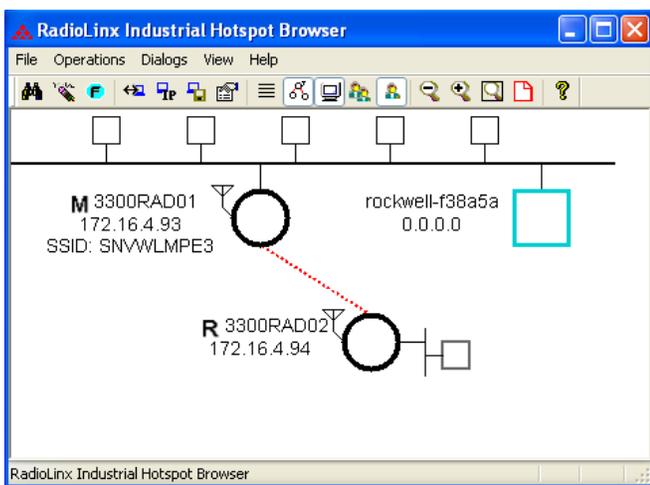


Figura 11: Configuración de Enlace vía Radio.

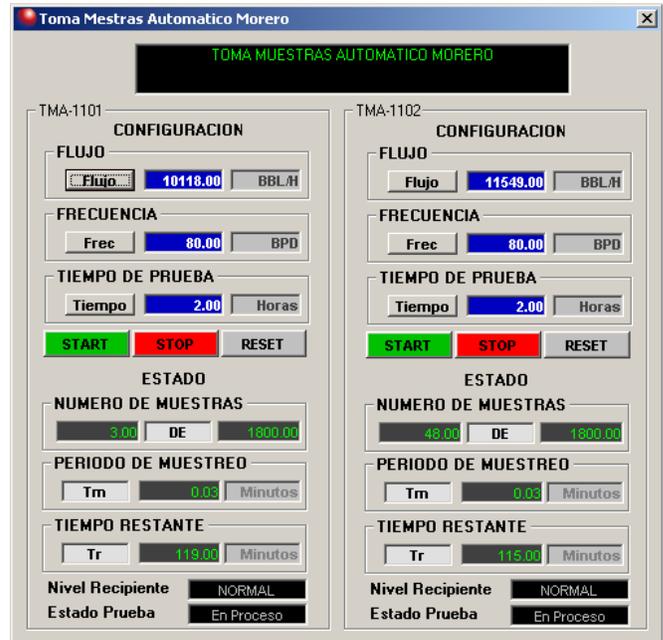


Figura 12: Despliegue del SCADA asociado al Toma Muestra Automático.

## Pruebas de Aceptación en Sitio

Luego de realizar la instalación del gabinete de control asociado al modelo de toma muestras automático, se procedió a conectar toda la instrumentación asociada al mismo. Se realizaron pruebas de lazo a toda la instrumentación asociada al modelo de toma muestras automático.

## Pruebas de Lazo

Para los transmisores de flujo se utilizó un equipo de configuración y mantenimiento de transmisores Emerson 475 Field Communicator, el cual es utilizado para configuración, calibración, y mantenimiento de transmisores Rosemount.

Para los conmutadores de nivel se utilizó un multímetro Fluke 744, donde se evaluó la continuidad del cable cuando el conmutador es accionado.

Para las sondas de muestreo se utilizaron las salidas digitales del PLC asociado al toma muestras automático, donde se evaluó la energización de la válvula solenoide, y el movimiento del actuador de la sonda de muestreo.

### Pruebas Funcionales

Luego de realizar pruebas de lazo a toda la instrumentación asociada al modelo de toma muestras automático, se procedió a realizar la prueba de aceptación en sitio para verificar el buen funcionamiento de la lógica de control de PLC y el IHM.

La prueba de aceptación en sitio se dividió en tres etapas, las cuales son: Pruebas de Hardware, Pruebas de Software, y Pruebas Funcionales.

En las Pruebas de Hardware se verificó el correcto funcionamiento de todos los equipos que conforman el Gabinete de Control.

En la Tabla II se puede observar el procedimiento y los resultados obtenidos.

Tabla II

### Pruebas de Hardware.

Descripción de Prueba	Resultado
Cerrar Interruptor Principal y verificar alimentación 110Vac en Gabinete	OK
Energizar Fuente de Poder y verificar alimentación 24Vdc en Gabinete	OK
Energizar Fuente de Poder del PLC y verificar LED de estado	OK
Verificar LED de estado de procesador y tarjetas I/O	OK
Energizar el IHM y verificar startup automático	OK
Energizar el Conmutador Ethernet y verificar LED de estado	OK
Energizar el Radio Esclavo y verificar LED de estado	OK

En las Pruebas de Software se verificó el correcto funcionamiento de todos los despliegues del IHM. En la Tabla III se puede observar el procedimiento y los resultados obtenidos.

Tabla III

### Pruebas de Software.

Descripción de Prueba	Resultado
Mover llave de PLC a estado RUN y verificar LED de estado de PLC	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Pantalla de Inicio del IHM	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Estatus del TMA-1101	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Configuración del TMA-1101	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Configuración de Derivación FIT-1101	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Estatus del TMA-1102	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Configuración del TMA-1102	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Configuración de Derivación FIT-1102	OK
Verificar funcionamiento de Despliegue de Historial de Alarmas	OK

En las Pruebas Funcionales se verificó el correcto funcionamiento de la lógica de control del PLC y IHM. En la Tabla IV se puede observar el procedimiento y los resultados obtenidos.

Tabla IV

### Pruebas Funcionales.

	Descripción de Prueba	Resultado
1	Configurar el TMA e iniciar la toma de muestras	OK
2	Verificar el incremento de muestras en Despliegue de Estatus del TMA	OK
3	Verificar el periodo de muestreo en Despliegue de Estatus del TMA	OK
4	Verificar el tiempo restante en Despliegue de Estatus del TMA	OK
5	Verificar el movimiento del actuador de la sonda de muestreo 0003-SM-110X	OK
6	Verificar la introducción de la	OK

	muestra al recipiente del TMA	
7	Detener el TMA y verificar Despliegue de Estatus del TMA	OK
8	Iniciar nuevamente el TMA y verificar la continuidad de la prueba	OK
9	Activar el Conmutador de Nivel 0003-LS-110X y verificar alarma de Alto Nivel	OK
10	Verificar Detención del TMA por Alto Nivel en recipiente	OK
11	Reiniciar el TMA y verificar valores iniciales de estado y configuración	OK
12	Activar la Derivación del 0003-FIT-110X y verificar Despliegue de Estatus del TMA	OK
13	Desactivar la Derivación del 0003-FIT-110X y verificar Despliegue de Estatus del TMA	OK
14	Verificar Despliegue de Historial de Alarmas para Inicio, Parada, y Reinicio del TMA	OK

Es importante resaltar que las pruebas funcionales se realizaron de forma local utilizando el IHM asociado al toma muestras automático, así como también de forma remota utilizando el nuevo despliegue del SCADA asociado al toma muestras automático. Ambas pruebas comprobaron el correcto funcionamiento del toma muestras automático en su totalidad [6].

### III. CONCLUSIONES

Los toma muestras automático son de gran importancia para la industria petrolera. Su aplicación ayuda a mantener los niveles de calidad del producto final.

En este trabajo se logró satisfactoriamente la implementación de un toma muestras automático para la línea descarga de los tanques 0003-TK-1101/02 de PDVSA Petrolera Sinovensa.

Se realizó la integración de la lógica de control del PLC asociado al modelo de toma muestras automático utilizando el software RSLOGIX 5000.

Se realizó la integración de la lógica de control del IHM asociado al modelo de toma muestras automático utilizando el software FACTORY TALK VIEW STUDIO.

Se logró realizar el ensamblado del gabinete de control asociado al modelo de toma muestras automático, así como también el conexionado eléctrico en sitio de toda la instrumentación.

Se logró realizar el enlace de comunicación entre el PLC asociado al toma muestras automático y la red de control de PDVSA Petrolera Sinovensa, usando los radios industriales RadioLinx.

Se realizaron las modificaciones en los despliegues del SCADA de Sala de Control de PDVSA Petrolera Sinovensa para lograr el monitoreo y control remoto del toma muestras automático para la línea de descarga de los tanques 0003-TK-1101/02.

Luego de finalizar las pruebas de aceptación en sitio, se logró garantizar el correcto funcionamiento de la instrumentación, hardware, y software, asociados al toma muestras automático.

La implementación del toma muestras automático aplicando conocimiento nacional, logró cumplir con las líneas estratégicas asociadas al Proyecto Nacional Simón Bolívar Primer Plan Socialista (PPS), específicamente en el área de Energía y sub-área Petróleo, la cual está enmarcada dentro de la línea de investigación para el aumento de la eficiencia de los procesos de conversión de los crudos pesados y extrapesados de la Faja Petrolífera del Orinoco.

Este toma muestras automático es un desarrollo nacional que aumenta nuestro patrimonio tecnológico, y nos brinda la oportunidad de no limitar nuestras opciones con sistemas importados de protocolos cerrados los cuales nos hacen dependientes de un fabricante extranjero a la hora de realizar mantenimientos y nuevas procuras..

### AGRADECIMIENTOS

A la UNEXPO.

### REFERENCIAS

- [1] ORIFUELS SINOVENSA Ingeniería de Detalle Proceso. "Manual de Operación de La Planta Deshidratadora y Desaladora (PDD)". DD-020-21-2127-K001, Venezuela, 2006.
- [2] Comisión Venezolana de Normas Industriales. "Petróleo Crudo y sus Derivados Muestreo Manual". 1era Revisión. Norma Venezolana COVENIN 950-90. Venezuela, 1990.
- [3] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. "Manual de Estándares de Medición de Petróleo". Capítulo 8 Muestreo, Sección 2 Procedimiento Estándar para Muestreo Automático de Petróleo Líquido y Productos de Petróleo. Estados Unidos de América, 2005.
- [4] ECOPETROL Coordinación de Operaciones y Mantenimiento Monterrey y Altos Del Porvenir. "Instructivo Operacional Toma De Muestras en Líneas y Tanques". (CMO-CMO-I-014). Colombia 2012.
- [5] GPA Estudios y Servicios Petroleros, "Nota Técnica: Toma de Muestras". Argentina, 2010.
- [6] A. E. Granado. "Diseño e Implementación de un Toma Muestras Automático en la línea de descarga de los tanques 0003-TK-1101/02 de la Planta Deshidratadora y Desaladora (PDD) de Petrolera Sinovensa en Morichal, Edo. Monagas.". Trabajo de Grado, Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Puerto Ordaz, Venezuela, 2015.