

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
PROGRAMA: INGENIERÍA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE  
PROCESOS**



**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE  
CRUDO DE LOS POZOS ASOCIADOS A LA ESTACIÓN DE  
FLUJO EF\_C-04**

Trabajo presentado como requisito para optar al Grado de Magíster  
Scientarium de Ingeniería de Control y Automatización de Procesos.

**Autor: Ing. Cedeño, Jaibelith.  
C.I.: 20.214.259**

**Tutor: MSc. Nuñez, Geryk.  
C.I.: 15.068.210**

**MARACAIBO, ENERO DE 2016**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE CRUDO DE  
LOS POZOS ASOCIADOS A LA ESTACIÓN DE FLUJO EF\_C-04**



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**  
**DECANATO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**  
**PROGRAMA DE POSTGRADO EN: INGENIERÍA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE**  
**PROCESOS**  
**NIVEL MAESTRIAS**

**VEREDICTO**

Los suscritos profesores, M.S.c. GILBERT JOHAN AÑEZ CABRERA, M.S.c. KENNETH ENRIQUE ROSILLON OLIVARES y M.S.c. GERYK RODOLFO NUÑEZ ESCOBAR, designados como jurado examinador por el Consejo Universitario de URBE, para evaluar el(la) TRABAJO DE GRADO Intitulado(a): AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE CRUDO DE LOS POZOS ASOCIADOS A LA ESTACION DE FLUJO EF-C4, que presenta el (la) participante: JAIBELITH DEL CARMEN CEDEÑO BENITEZ, C.I.: 20.214.259, para optar al grado de MAGISTER SCIENTIARUM EN INGENIERÍA CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS, bajo la tutoría de M.S.c. GERYK RODOLFO NUÑEZ ESCOBAR, C.I.: 15.068.210, reunidos previa convocatoria el día 30 del mes de Enero de 2016, a las 11:00 AM en el edificio sede del Vicerrectorado de Investigación y Postgrado de ésta Universidad, después de presenciar la defensa de dicho(a) Trabajo, ha sido calificado como APROBADO, correspondiéndole la valoración de EXCELENTE (20 puntos), se recomienda Mención PUBLICACIÓN, de conformidad con el Reglamento General de Investigación y de Estudios para Graduados de la Universidad Dr. Rafael Bellosó Chacín. Maracaibo, a los 30 días del mes de Enero de 2016.

 <b>M.S.c. GERYK NUÑEZ</b> C.I: 15.068.210 Univ. o Institución a la que pertenece URBE	  <b>M.S.c. GILBERT AÑEZ</b> C.I: 17.231.164 Univ. o Institución a la que pertenece CARBOZULIA	 <b>M.S.c. KENNETH ROSILLON</b> C.I: 19.216.499 Univ. o Institución a la que pertenece URBE
--	--	--

## DEDICATORIA

Todo el amor y esfuerzo que entregue a mis días de estudios fueron motivados por los seres que más amo y han dedicado sus vidas a apoyarme en todas las metas que me he propuesto. Hoy con gran satisfacción les dedico la felicidad que siento al culminar este proyecto de vida, donde comenzará un nuevo camino al lado de ellos.

A Dios, mi padre celestial, mi camino y mi luz, por guiarme en todo momento, permitiéndome llegar donde estoy ahora, todos mis éxitos te las debo a ti, porque sólo tú me llenas de maravillas y bondades.

A mis padres, Jairo Cedeño y Yoleida Benítez, sólo pienso en hacerme merecedora de tenerlos, mi lucha continúa hasta recompensar y agradecerles por todo lo que han hecho y dejado de hacer por mi bienestar.

A mis hermanos, Yoleimar y Jairo, por la superación constante de sus conocimientos y aptitudes, para que esta experiencia les sirva de estímulo y motivación.

A mi esposo, Eliezer González, por ser mi apoyo y pilar fundamental en el desarrollo de mis proyectos de vida.

## AGRADECIMIENTO

A Dios doy gracias por darme vida, salud y la fortaleza para mantenerme constante en todas las etapas de mi vida, y especialmente por bendecirme e impulsar mis deseos de lucha en todo momento.

A la Lcda. Norys, mi madre preciosa e invaluable, gracias por tu amor, dedicación, bendiciones, por tus palabras de aliento, por educarme y enseñarme los valores que hoy me representan. Gracias por ser mi motivación y ejemplo a seguir, te amo demasiado.

A Jairo Cedeño, gracias papi por guiarme en este camino, por ser mi estímulo afectivo, por premiarme con tus besos y abrazos, amo todo lo que haces por mí, gracias a ti he logrado una pequeña parte de lo que espero sea el futuro que con tanto amor has deseado y trabajado para mí, te amo muchísimo.

A mi esposo, Eliezer González, por su ayuda e incentivo para fortalecerme en los momentos más difíciles, por brindarme siempre su amor, alegría y compañía.

A mis amigos y compañeros de clases, Eumarys, Marihelis, Jose Betulio, Levis, Heli Saul, Angel, Mary Carmen, Rayni y Manuel, por ser mi equipo de trabajo y brindarme constantemente la motivación y apoyo afectivo para alcanzar todos los objetivos trazados.

Al personal de la “Universidad Rafael Belloso Chacín”, Coordinador Kenneth Rosillon y Dr. Pedro González por su valiosa

colaboración como Comité Académico, a mis Tutores Geryk Nuñez y Elina González, por hacer posible este logro con la implementación de sus conocimientos teóricos, humanísticos y estratégicos para formarme en valores éticos y morales en el desarrollo de mis facultades académicas.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
VEREDICTO.....	iv
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	<u>xi</u>
RESUMEN .....	<u>xiii</u>
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	5
EL PROBLEMA.....	5
1. Planteamiento del Problema .....	5
1.1. Formulación del problema .....	10
2. Objetivos de la Investigación.....	11
2.1. Objetivo general .....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. Justificación de la Investigación .....	11
4. Delimitación de la Investigación .....	13
CAPÍTULO II .....	15
MARCO TEÓRICO .....	15
1. Antecedentes de la Investigación.....	15
2. Bases teóricas.....	27
2.1. Sistema de recolección de crudo en estaciones de flujo .....	27
2.2. Múltiple o cañón de producción .....	28
2.3. Caudal .....	29
2.4. Presión .....	29
2.5. Automatización .....	29
2.5.1. Sistemas automatizados .....	29
2.5.2. Autómatas programables .....	30
2.5.3. Requerimientos para la automatización .....	31

2.5.4.	Estructura de un sistema automatizado .....	31
2.5.5.	Selección de Equipos para Automatización .....	34
2.5.5.1.	Sensor .....	35
2.5.5.2.	Trasmisor .....	35
2.5.5.3.	Válvula de control .....	35
2.5.5.3.1.	Válvula Multipuerto.....	36
2.5.5.4.	Actuador.....	36
2.5.5.5.	Controlador lógico programable (PLC).....	37
2.5.5.6.	Lenguaje de Programación .....	38
2.5.5.7.	Control con Supervisión y Adquisición de Datos SCADA .....	38
3.	Sistema de Variables .....	39
3.1.	Definición Nominal.....	39
3.2.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL .....	39
3.3.	Definición Operacional.....	40
CAPITULO III .....		43
MARCO METODOLÓGICO .....		43
1.	Tipo de Investigación .....	43
2.	Diseño de la Investigación .....	44
3.	Unidad de Análisis .....	45
4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	46
5.	Validez y Confiabilidad de los Instrumentos.....	47
6.	Fases de la Investigación.....	49
CAPÍTULO IV.....		52
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		52
CONCLUSIONES .....		91
RECOMENDACIONES .....		93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		94
ANEXOS .....		96



## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Operacionalización de la variable.....	41
Cuadro 2. Estaciones de Flujo (EF) del Campo Mene Grande.....	53
Cuadro 3. Características de Operación de la Estación de Flujo EF_C-4.	56
Cuadro 4. Matriz de selección de la válvula multipuerto.....	81
Cuadro 5. Orden establecido para la selección de medición de pozos.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de tuberías y equipos de la Estación de Flujo EF_C-4.....	54
Figura 2. Múltiple de Producción y Múltiple de Prueba.....	55
Figura 3. Arquitectura del Sistema de Control.....	65
Figura 4. Diagrama de la Válvula Multipuerto.....	67
Figura 5. Diagrama de Entradas de la Válvula Multipuerto.....	67
Figura 6. Diagrama de Válvula Multipuerto con Actuador Integrado..	68
Figura 7. Conexión de líneas de producción a la Válvula Multipuerto.....	69
Figura 8. Diseño Automatizado del Sistema de Recolección de Crudo.....	70
Figura 9. Diagrama de Flujo de la Automatización del Sistema de Recolección de Crudo de la Estación de Flujo C-4.....	71
Figura 10. Diagrama de bloque del PLC. Programación del orden de los pozos a ser evaluados.....	73
Figura 11. Representación del Sistema de Recolección de Flujo en Labview.....	74
Figura 12. Diagrama de bloque del PLC. Programación del sensor de baja presión.....	75
Figura 13. Diagrama de bloque del PLC. Programación del direccionamiento del pozo a medida.....	76
Figura 14. Diagrama de escalera del PLC. Automatización del Sistema de Recolección de Crudo de los pozos asociados a la Estación de Flujo EF_C-4.....	77
Figura 15. PLC Allen-Bradley SLC-500 1747-L553.....	80

Figura 16. Válvula Multipuerto..... 82

Figura 17. Actuador Electrónico..... 84

Figura 18. SCADA. Supervisión de válvula multipuerto 4..... 86

Figura 19. SCADA. Supervisión de válvula multipuerto 2..... 89

Cedeño Benítez, Jaibelith del Carmen. Automatización del sistema de Recolección de Crudo de los pozos asociados a la Estación de Flujo EF\_C-4, Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín. Maestría en Ingeniería de Control y Automatización de Procesos. Maracaibo, 2015.

## RESUMEN

El objetivo fundamental de esta investigación fue proponer la automatización del sistema de recolección de crudo de los pozos asociados a la estación de flujo EF\_C-4, con la finalidad de programar el proceso de selección de los pozos a evaluar diariamente para cuantificar la producción de cada pozo y del campo petrolero Mene Grande, así mismo, facilita y garantiza el cumplimiento del proceso operacional al sustituir el sistema ejecutado manualmente, permitiendo a su vez mantener la supervisión y operatividad del sistema. Para el desarrollo de esta investigación, fue necesario considerar diversos basamentos teóricos, especialmente los contribuidos por Lopez (2003), Añez (2003) y Mendoza (2013). Con respecto a la metodología empleada, el tipo de investigación fue descriptiva, el diseño de campo y no experimental, la unidad de análisis representada por el sistema de recolección de crudo de la estación de flujo EF\_C-4. El instrumento utilizado para la recolección de datos fue la observación directa. Para llevar a cabo el diseño del sistema automatizado, fue necesario describir el proceso de operación actual para comprender detalladamente los factores que intervienen en el procedimiento que se lleva a cabo en la estación, considerando las variables del proceso de operación del sistema de recolección de crudo, donde se propone monitorear la presión a la entrada del múltiple de la estación, y la implementación de un sistema automatizado que ejecute la selección del pozo a ser evaluado. Posteriormente, se seleccionaron los instrumentos a instalar en la propuesta en base a los parámetros y rangos operacionales del proceso del sistema de recolección de crudo y se procedió a validar la misma por medio de la simulación, utilizando la herramienta Labview para comprender el funcionamiento del mismo. El sistema propuesto ofrece una solución práctica a los sistemas de recolección de crudo en estaciones de flujo receptoras de un alto número de pozos, para optimizar y garantizar la productividad del campo petrolero.

**Palabras claves:** Automatización, Estación de Flujo, Recolección de Crudo.

Cedeño Benitez, Jaibelith del Carmen. Crude Oil Gathering Automation System of wells related to Flow Station EF\_C-4. Private University Dr. Rafael Beloso Chacín. Master in Engineering of Control and Automation of Processes. Maracaibo, 2015.

## **ABSTRACT**

The main purpose of this research was to propose an automation system of crude oil gathering of the wells related to the flow station EF\_C-4, in order to program the well selection process in daily assessment to quantify the production of each well in Mene Grande oil field, furthermore, this facilitates and guarantees the accomplishment of the operating procedure while the manual operating system is replaced, allowing to keep the supervision and operativity of the system. This research required to review several theoretical foundations, especially by Lopez (2003), Añez (2003) and Mendoza (2013). The methodology employed was descriptive with a non- experimental design method, the analysis unit represented by the crude oil gathering system of the flow station EF\_C-4. The gathering data instrument was direct observation. In order to design the automated system, it was necessary to describe the current operating process to fully understand the factors in the procedure that take place in the station, considering the variables in the operating process of the crude oil gathering system in which manifold entry pressure monitoring is intended and applying an automated system to perform the well selection to assess. Later, the instruments to be installed were selected in the proposal regarding to the parameters and operation ranges of the crude oil gathering system process to validate it by simulation, applying the Labview tool to understand its function. This proposal offers a practical solution to the crude oil gathering systems in receiver flow stations of many wells, to optimize and guarantee the oil field productivity.

**Keywords: Automation, Flow Station, Oil Gathering**

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito industrial, los requerimientos de producción han aumentado su grado de complejidad, con la necesidad de optimizar sus procesos en busca de mayor eficiencia, reducción de costos, velocidad del tiempo de respuesta y aumentar al máximo la productividad. Por lo cual, ha surgido la incorporación de nuevas tecnologías como la automatización que garantiza la optimización de la producción, implementando estrategias de control para mantener la calidad de los productos, transformando las tareas manuales en sistemas automatizados complejos donde no requiere la presencia permanente de personal para velar por la correcta ejecución de las operaciones, atendiendo eficazmente las características dinámicas de los procesos industriales complejos.

Una estación de flujo se caracteriza por tener procesos continuos a través de un conjunto de equipos interrelacionados para recibir, separar, medir, almacenar temporalmente y bombear los fluidos provenientes de los pozos adyacentes a ella, demandando el control, registro e inspección permanente de cada una de sus variables y etapas del proceso. Así mismo, el sistema de recolección de crudo, requiere del monitoreo constante de la presión de cada uno de los pozos productores de petróleo para demostrar la operatividad de los mismos, cuya producción será destinada primeramente a la estación de flujo donde se procederá a cuantificar el caudal de cada uno y del campo en general para su posterior comercialización.

Con respecto, a la elaboración de la investigación, la misma se basa en cuatro fases de desarrollo. Fase I, Describir el proceso de operación del sistema de recolección de crudo de la estación de flujo EF\_C-4. Fase II, Diseñar la automatización del sistema de recolección de crudo de los pozos asociados a la estación de flujo EF\_C-4. Fase III, Seleccionar los dispositivos de instrumentación de la propuesta del sistema de recolección de crudo de los pozos asociados a la estación de flujo EF\_C-4. Fase IV, Validar la propuesta a través de la simulación del proceso. Esta investigación tiene la finalidad de Automatizar el proceso de recolección de crudo, al mismo tiempo profundizar los conceptos teóricos, criterios e interpretaciones de los procesos industriales.

En este sentido, el presente trabajo de investigación, enmarca las fases anteriormente mencionadas en cuatro capítulos bien conformados, el Capítulo I contiene la información referente a la contextualización, formulación del problema, los objetivos, justificación y delimitación de la investigación.

El Capítulo II, detalla los antecedentes y basamentos teóricos en los que se sustenta la presente en relación directa con el sistema de recolección de crudo, así como lo referente a las estaciones de flujo y automatización.

El Capítulo III, expone la metodología que fue utilizada, el procedimiento bajo el cual fue desarrollada la investigación, así mismo, describe las etapas y el método a emplear para realizar la evaluación.

Por último, el Capítulo IV refleja el análisis y discusión de los resultados, es decir, detalla el cumplimiento de cada una de las fases que fueron desarrolladas para alcanzar los objetivos planteados. Finalmente se presentan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de la presente investigación, las recomendaciones que agruparan en resumen, los resultados de la investigación y sugerencias a tomar en cuenta para futuros proyectos. Seguidamente las referencias bibliográficas que soportan toda la información plasmada en la investigación.