

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Soluciones Informáticas
Recibido: 1/05/18 | Aceptado: 5/7/18 | Publicado: 27/07/18

Módulo de terminación y ensayo para el sistema integral de perforación de pozos de petróleo fase II

Termination and testing module for the integral system of petroleum well drilling phase II

Yoan Céspedes Williams¹, Daríel Costa Báez²

¹Universidad de las Ciencias Informáticas, ycespedesw@uci.cu

²Universidad de las Ciencias Informáticas, dcosta@uci.cu

* Autor para correspondencia: ycespedesw@uci.cu

Resumen

En el mundo actual las empresas e instituciones se inclinan por informatizar los procesos que las soportan, optimizando costo y tiempo de ejecución de estos. La dinámica de los cambios tecnológicos se acelera exponencialmente, lo cual permite realizar propuestas de nuevos sistemas. Los continuos y veloces cambios en la Industria del Petróleo, conducen a la búsqueda de nuevas tecnologías, siendo una de estas la gestión automatizada de procesos en las instalaciones petroleras. En nuestro país la Unión de Empresas Cuba Petróleo (CUPET), es la encargada de dirigir cada uno de estos procesos (Exploración-Producción, Refinación y Comercialización).

El Sistema Integral de Perforación de Pozos (SIPP), es un proyecto de desarrollo e investigación que está orientado a solucionar las necesidades de la perforación en tierra de la empresa CUPET. SIPP no es capaz de controlar la gestión de los procesos asociados a la etapa de Terminación y Ensayo, proceso que es de gran interés para la Empresa puesto que tiene como objetivo primordial obtener la producción óptima de hidrocarburos a menor costo. Este necesita de un módulo que gestione el flujo de información de los procesos dejándose de realizarse de forma manual y evitando de esta forma incurrir en errores y desactualizaciones de la información. Siendo la solución para ello: Desarrollar el Módulo Terminación y Ensayo para el sistema Integral de Perforación de Pozos de Petróleo, proyecto de desarrollo e investigación que está orientado a solucionar las necesidades de la perforación en tierra de la empresa CUPET.

Palabras clave: automatización, CUPET, ensayo, perforación, terminación.

Abstract

In today's world, companies and institutions are inclined to computerize the processes that support them, optimizing costs and execution time. The dynamics of the technological changes accelerate exponentially, which allows to make proposals of new systems. The continuous and rapid changes in the Oil Industry, lead to the search for new

technologies, being one of these the automated process management in the oil facilities. In our country the Union of Companies Cuba Petroleum (CUPET), is in charge of directing each of these processes (Exploration-Production, Refining and Marketing). The Comprehensive Well Drilling System (SIPP) is a development and research project that is aimed at solving the needs of the shore drilling of the company CUPET. SIPP is not able to control the management of the processes associated to the Completion and Testing stage, a process that is of great interest to the Company since its main objective is to obtain the optimum production of hydrocarbons at a lower cost. This requires a module that manages the flow of information of the processes associated with this stage, leaving it to be done manually and avoiding in this way to incur errors and inaccuracies of the information. The solution to this is: Develop the Termination and Test Module for the Comprehensive Petroleum Well Drilling System, a research and development project that is aimed at solving the needs of CUPET's onshore drilling.

Keywords: automation, CUPET, test, drilling, termination.

Introducción

La creciente velocidad de cambio, impulsado por la competencia globalizada y la acelerada obsolescencia de las tecnologías empresariales, revelan que se está entrando en una nueva etapa, donde la aplicación de los conocimientos para innovar será la única ventaja competitiva sostenible. En Cuba el proceso de gestión y control de información constituye una actividad de suma importancia, sobre todo en entidades que emplean grandes volúmenes de la misma. Cuando se maneja la información de forma manual se pueden cometer errores que afectan directamente los resultados, incurriendo en malas decisiones, por este motivo en muchas ocasiones se ve afectada la producción, la eficiencia y la calidad en sus consecuencias. Hoy el país hace énfasis en desarrollar las tecnologías de la información y las comunicaciones con el objetivo de mejorar y humanizar estas tareas de alto impacto, tanto a nivel económico como social. El sector industrial cubano, se ve urgido de remplazar e implantar nuevas herramientas, basadas en tecnologías libres, que le permitan sustituir y mejorar sus procesos industriales. La industria del petróleo no se encuentra ajena a tales cambios. Actualmente la Dirección de Intervención de Pozos de Petróleo (DIPP) cuenta con un software para la gestión de información de los procesos asociados a la perforación de pozos de petróleos. SIPP, tiene como principal objetivo la informatización de los procesos industriales y áreas asociadas a la industria petrolera en Cuba, específicamente que tengan que ver con la perforación, haciendo uso de nuevas tecnologías que permitan el desarrollo ágil de los procesos industriales de gestión, así como la calidad de los mismos.

Algunos de dichos procesos se continúan manejando de forma manual, lo que dificulta el desarrollo, la productividad y la eficiencia del trabajo realizado en la DIPP. Por esta razón se le dio a la Universidad de las Ciencias Informáticas

la responsabilidad de desarrollar una nueva versión del producto que fuera capaz de controlar todas las actividades que se realizan dentro del proceso de perforación de pozos de petróleo.

Actualmente el Sistema Integral de Perforación de Pozos de Petróleos (SIPP) no es capaz de controlar la gestión de los procesos asociados a la etapa de Terminación y Ensayo, proceso que es de gran interés para la Empresa puesto que tiene como objetivo primordial obtener la producción óptima de hidrocarburos a menor costo. En esta etapa se controlan actividades asociadas a las operaciones diarias de terminación, se generan reportes de terminación, y se realiza el esquema de completamiento de pozo, así como el pronóstico de terminación. Además, se registran los datos asociados a las herramientas que se encuentran en el pozo durante este período, así como el volumen de producción generado durante el mismo. Una causa que afecta comúnmente a la terminación es el daño a la formación (disminución de la permeabilidad) causado por el filtrado de lodo durante la perforación.

Lo anterior ha llevado a tomar en cuenta los efectos perjudiciales que pueden ocasionar los diversos fluidos de control, por lo que es necesario seleccionar cuidadosamente y llevar un control de los fluidos utilizados en la terminación de los pozos. Por otra parte, el equipo de intervención del pozo debe contar con herramientas especiales para maniobrar múltiples operaciones a la vez, por lo que estas maniobras son mucho más riesgosas y delicadas si no se hace de forma correcta, por lo que se requiere mantener segura toda la información de este tipo de equipamiento. Mediante el punzado de pozo se puede determinar los volúmenes de fluido que aporta, así como la composición y calidad de los mismos (petróleo, gas, porcentaje de agua), se determina así si la presión de la capa o estrato es suficiente para lograr el flujo hacia la superficie en forma natural o si deben instalarse sistemas artificiales de extracción.

De la situación problemática antes expuesta se deriva el siguiente problema a resolver:

¿Cómo gestionar los procesos asociados a la etapa de terminación y ensayo en el Sistema Integral de Perforación de Pozos de Petróleo Fase II?

Siendo el objeto de estudio la informatización de los sistemas de gestión en la industria petrolera, enmarcándose en el campo de acción la gestión de los procesos asociados a la etapa de Terminación y Ensayo en el Sistema Integral de Perforación de Pozos de Petróleo Fase II.

Para darle solución al problema de investigación se propone como objetivo general:

Desarrollar el módulo de Terminación y Ensayo para el Sistema Integral de Perforación de Pozos de Petróleo Fase II, para controlar la gestión de los procesos industriales asociados a la etapa.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Histórico – lógico: Se utilizó para realizar el estudio acerca de aplicaciones o soluciones similares, de los lenguajes y metodologías de desarrollo de software existentes, así como los frameworks y herramientas de desarrollo. Se estudió la evolución, el estado y las tendencias actuales del proceso de perforación de pozos de petróleo en el país, así como sus flujos de negocio.

Analítico – Sintético: Permitió concretar los elementos más importantes relacionados con las funcionalidades más utilizadas en los sistemas de gestión y control de datos representativos de la perforación de pozos. Se utiliza para reducir documentación acerca de las descripciones y fundamentaciones de herramientas utilizadas en las soluciones existentes.

Modelación: Con el mismo se llevó a cabo la representación de cómo ocurren los procesos a implementar, además para crear los modelos definidos en la metodología utilizada.

Observación: Se utilizó durante toda la etapa de identificación y análisis de recopilación de datos e información que fundamenten su contribución en el análisis del campo de acción y del objetivo de estudio, y para analizar cómo funciona el proceso de perforación de un pozo de petróleo y la información que se genera, así como detectar los flujos alternos de información del proceso de perforación de pozos.

Entrevistas: Se utilizó el proceso de comunicación verbal con los implicados en el centro CEDIN, específicamente con el director del Centro de Informática Industrial el Msc. Maikel Pérez Javier y con otras personas que contribuyen en la investigación del objeto de estudio con vista a recopilar informaciones, en relación con una finalidad establecida en la investigación.

Herramientas y Tecnologías

Framework: Symfony 2.8.4 ha sido ideado para expresar al límite todas las nuevas características de PHP 5.3 y por eso es uno de los frameworks PHP con mejor rendimiento. Su arquitectura interna está

completamente desacoplada, lo que permite reemplazar o eliminar fácilmente aquellas partes que no encajan en el proyecto. Es uno de los frameworks más flexibles que existen. Cuenta con un micro-kernel altamente optimizado. El núcleo es la pieza central del framework y es el responsable de inicializar la configuración de la aplicación y arrancar los bundles (paquetes, plugins) (Pacheco, 2012). Symfony2 está construido utilizando un contenedor de inyección de

dependencias, inspirado en el framework Spring de Java. En un proyecto, el desarrollador no interactúa directamente con el contenedor. Todos los detalles de implementación están ocultos detrás de un buen sistema de configuración que permite personalizar todo a través de archivos YAML o XML, o incluso a través de código PHP (Pacheco, 2012), (Mar Cornelio, Gulín González, Santana Ching, & Rozhnova, 2016).

Lenguaje de Programación PHP 5.3.1: Es multiplataforma, está orientado al desarrollo de aplicaciones web, manteniendo acceso a información almacenada en una base de datos, el código fuente escrito en PHP es transparente al navegador y al usuario haciendo la programación segura y confiable. Presenta capacidad de conexión con la mayoría de los motores de base de datos destacándose principalmente en MySQL y PostgreSQL (Mar, I, & Gulín, 2017). Posee una amplia documentación en su página oficial, donde todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda. Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos. No requiere definición de tipos de variables, aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.

Servidor Web Apache 2.2: Apache 2.2 es un servidor web de software libre desarrollado por la Apache Software Foundation (<http://www.apache.org/>) cuyo objetivo es servir o suministrar páginas web (en general, hipertextos) a los clientes web o navegadores que las solicitan. (Gobierno de España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2008), (González, 2013).

Se decide utilizar el servidor Web Apache 2.2 debido al gran cúmulo de ventajas que posee, dentro de las cuales resaltan:

- Modular: La arquitectura del servidor Apache consta de diversos módulos que aportan muchas de las funcionalidades que podrían considerarse básicas para un servidor web.
- Código abierto: La Licencia Apache permite la distribución de derivados de código abierto y cerrado a partir de su código fuente original.
- Multiplataforma: Es usado en varias plataformas, tanto, libres como propietarias.
- Extensible: Se pueden añadir módulos y escribir sus propios códigos adaptándolos a las funciones del servidor Apache, de forma tal, que se ajusten a las necesidades de los desarrolladores.
- Popular: Es fácil conseguir ayuda y soporte. Apache tiene amplia aceptación en la red desde 1996 y es el servidor HTTP más usado. Alcanzó su máxima cuota de mercado en el 2005 siendo el servidor empleado en el 70% de los sitios web en el mundo.

Servidor de Base de Datos: PostgreSQL 9.4 Se decide utilizar PostgreSQL, debido a que es un sistema de base de datos objeto-relacional libre, de código abierto y gratis, estas características lo convierten en un gestor más importante que otros. Cuenta con más de 15 años de desarrollo activo y una arquitectura probada que se ha ganado una sólida reputación de confiabilidad, integridad de datos y corrección (The PostgreSQL Global Development Group, 2010), (Mar, 2014).

Herramienta CASE: Visual Paradigm for UML Enterprise Edition 8.0. Se decidió utilizar la herramienta CASE Visual Paradigm, la cual utiliza UML como lenguaje de modelado, soporta todos los diagramas propuestos por el mismo, permite una constante sincronización del modelo de diseño y el código fuente durante todo el ciclo de desarrollo del software, además de una excelente generación de código y tiene un soporte para UML 2.1. Es multiplataforma y tiene una amplia documentación (Visual Paradigm, 2011).

Resultados y discusión

Teniendo en cuenta que la inmediatez de la información debe ser un principio básico en SIPP, la plataforma web viabiliza la información canalizándola a diferentes niveles y usuarios finales. El uso de frameworks hace más ágil el desarrollo simplificando la programación del sistema mediante la automatización de algunos patrones utilizados para resolver las tareas comunes, además de proporcionar estructura al código. Posee altas ventajas de mantenimiento, despliegue y soporte. El 80% de las tecnologías usadas son productos de comunidades de desarrollo de SW Libre. Contiene otras funciones que lo convierten en un producto único: Comunicación entre los usuarios a través de la aplicación, varios idiomas (español, inglés o cualquier otro idioma que se solicite), interfaces configurables, además de que permite al usuario crear nuevos reportes para la gestión, el control y monitoreo de la perforación de pozos de petróleo. Previo a la implementación de la solución propuesta fueron definidos un total de 7 requisitos funcionales del sistema y 6 requisitos no funcionales. Además, el desarrollo del módulo terminación y ensayo contiene otras funciones que aumentan la capacidad operacional del producto.

- Permite al usuario crear nuevos reportes para la gestión, el control y monitoreo de la perforación de pozos de petróleo en la etapa de Terminación y Ensayo.
- Incluye las funcionalidades de gestionar la evaluación y ensayo.
- Permite analizar la presión del pozo.
- Cuenta con la funcionalidad composición de herramienta para la perforación de pozos.

En la Dirección de Intervención y Perforación se realizan y se aprueban los proyectos de los pozos a perforar, los cuales se elaboran por un equipo multidisciplinario de diferentes ramas (Geología y Perforación), siendo así la responsable de los pozos desde su proyección hasta su terminación.

La DIPP es la encargada de contratar las Compañías de Servicio que van a trabajar en el pozo. Se contratan compañías que brindan servicios de Direccionales, Lodo, Perforación (Contratistas), Registro y Geología. De todas estas empresas (compañías) de servicio, el país solo brinda dos servicios: Geología, el cual es

brindado por el Centro de Investigaciones de Petróleo (CEINPET); en el caso de Perforación e Intervención la empresa cubana que presta este servicio es EMPERCAP, todas las demás empresas que brindan servicios a la actividad de perforación son extranjeras. Durante este proceso de contratación se aprueban los presupuestos, los cuales van contenidos dentro del proyecto de pozo antes mencionado.

Luego de contratar los servicios comienza el proceso de izaje y montaje del equipo de perforación; concluido este proceso se inicia la perforación. En este proceso se realizan muchos subprocesos que generan información valiosa, confidencial e imprescindible para la toma de decisiones en la DIPP, por ejemplo: Registro del avance diario, actividades diarias, caudal de las bombas del lodo, propiedades de uso de la barrena, descripción de las muestras extraídas (cortes o sartas de perforación), torque y arrastre, propiedades del lodo, aditivos añadidos al lado, uso de combustible, por solo mencionar algunos.

Con el Módulo Terminación y Ensayo, se le incorporaron nuevas funcionalidades al sistema Integral de Perforación de Pozos de Petróleo (SIPP), completando sus capacidades de monitoreo y control de los procesos de perforación para la DIPP, se podrá gestionar los procesos asociados a la etapa de terminación de un pozo petrolero en perforación, debido a que nuestro país no cuenta con la cantidad de especialistas (supervisores de pozos) para realizar esta tarea. Esto le facilitará el trabajo al personal de la DIPP y reducirá en tiempo y costo de ejecución de estos procesos.

Impacto Económico, Político y Social.

Ningún desarrollo informático realizado en la Universidad de las Ciencias Informáticas puede estar ajeno a las condiciones económicas, sociales y políticas de su desarrollo y explotación. Habiendo tomado conciencia de ello desde el inicio del desarrollo de esta solución, SIPP se convierte en un hecho histórico para el desarrollo de soluciones informáticas en Cuba.

Económico: Luego del desmantelamiento de la estructura material y humana para la perforación de nuevos pozos de petróleo en tierra durante el período especial, el país le dio un nuevo impulso a la campaña de perforación en tierra y

mar de nuevos pozos de petróleo y gas, debido a los altos precios del crudo en el mercado internacional. Debido al avance científico-técnico de esta rama en el mundo, las tecnologías, técnicas y herramientas para esta labor son del primer mundo, lo cual hace que el costo promedio de la perforación de un pozo en tierra oscile entre 12 a 25 millones de dólares.

La DIPP, específicamente el Departamento de Tecnología monitorea y dirige el proceso de perforación en todos los pozos en perforación por la UNION CUPET, debido a que nuestro país no cuenta con la cantidad de Especialistas (Supervisores de Pozos) ni existen las suficientes personas. Dado estas condiciones se hace necesario un sistema nacional que automatice el control y monitoreo del proceso de perforación. La compra de un sistema de este tipo en el mercado oscila entre 1 millón y 2 millones y medio de dólares por concepto de licencia. Además de que pudiera ser mucho más costoso adquirirlo debido al bloqueo comercial y financiero impuesto por el gobierno de lo EE.UU a nuestro país.

Realizando una analogía con los sistemas reconocidos internacionalmente, agregándole las características específicas del sistema y si además se avala con la implantación de la solución en un ambiente real, la Solución SIPP tendría un valor entre 1.5 y 1.8 millones de dólares anuales por concepto de licencias, esto no incluye las actualizaciones y el desarrollo de módulos específicos para futuros cliente.

Social: Nada de esto hubiera sido posible sin que se soñara y se hiciera realidad la Universidad de las Ciencias Informáticas, y como parte de ella, se demuestra a Cuba y al mundo que la UCI debe y tiene que ser el motor impulsor del desarrollo informático de nuestro país. Este hecho influye positivamente en el ambiente social de nuestro país y de la universidad, posibilitando a la universidad como centro de desarrollo de software, que aumente en credibilidad e importancia.

Político: Una de las políticas principales en materia tecnológica del país es lograr la independencia tecnológica en las ramas principales de la economía y la sociedad. Sin embargo, algunas de las ramas de la Energía, especialmente el desarrollo y aumento de la perforación de pozos en tierra, es considerado una de las tareas priorizadas y de seguimiento diario por la máxima dirección del país, por el impacto económico, político y social que tiene sobre el desarrollo del país. Sin duda alguna este sistema contribuye al cumplimiento de este vital objetivo para seguridad e independencia de nuestra nación.

Conclusiones

Luego de haber abordado los principales aspectos del desarrollo de la solución de Módulo de Terminación y Ensayo para el SIPP, se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- El desarrollo de sistemas de este tipo requiere un amplio estudio del mercado.
- El mayor costo de estos sistemas está en el despliegue e implantación de estos, por lo cual la plataforma web hace que el costo de despliegue se reduzca un 70%.
- El módulo desarrollado enriquecerá al SIPP y contribuirá a la independencia tecnológica de nuestro país, específicamente en la rama de la Energía. A pesar de que SIPP responde a las necesidades de un cliente, debido a su desarrollo modular y orientado a contenido abstracto del negocio, puede ser adaptado con relativa facilidad.

Referencias

- ADDLINK. AddLink. [en línea] [Consultado el: 12 de abril de 2010]. Disponible en: [http://www.addlink.es/productos.asp?pid=430].
- Gobierno de España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2008. Observatorio Tecnológico. [en línea] 2008 [Consultado el: 12 de septiembre de 2013]. Disponible en: [http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/software/servidores/580-elvira-mifsud].
- VÁZQUEZ, Maikel Y. Leyva, ROSELLO, Reynaldo Rosado y ESTRADA, Ailyn Febles. Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos. *Ciencias de la Información*, 2012, vol. 43, no 2, p. 41-46.
- LEONELLO, CHRIS. jqPlot pure javascript plotting. A Versatile and Expandable jQuery Plotting Plugin! [en línea] 2013 [Consultado el: 12 de septiembre de 2013]. Disponible en: [http://www.jqplot.com/index.php].
- PACHECO, NACHO. Manual de Symfony2. s.l. : Autoedición, 2012.
- Software libre para todos. Liberado PHP 5.0.0 - Software Libre. 2009. [en línea] 2009 [Consultado el: 10 de febrero de 2010]. Disponible en: [http://www.somoslibres.org/modules.php?name=News&file=article&sid=178].
- Pressman, Roger S. Metodología de Desarrollo de Software “Un Enfoque Práctico”. Quinta Edición.

Sánchez, Tamara Rodríguez. Metodología de Desarrollo para la actividad productiva en la UCI. La Habana:

s.n.

Pruebasdesoftware. Pruebasdesoftware.com. [En línea] 2005. Disponible en:
[<http://www.pruebasdesoftware.com/laspruebasdesoftware.htm>].

FABIEN POTENCIER, FRANÇOIS ZANINOTTO. Symphony la guía definitiva.2008.

González, J. (2013). Propuesta de algoritmo de clasificación genética. RCI, Vol. 4 (No.2), 37-42.

Mar Cornelio, O., Gulín González, J., Santana Ching, I., & Rozhnova, L. (2016). Sistema de Laboratorios a Distancia para la práctica de Control Automático. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 10(4), 171-183.

Mar, O. (2014). Procedimiento para determinar el índice de control organizacional. Revista Infociencia, Vol.18(No.2).

Mar, O., I, S., & Gulín, J. (2017). Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map. REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL. Retrieved No. 2, Vol. 38, from <http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/38217/38217-07.pdf>