



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERIA ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: “ARTÍCULO CIENTÍFICO - INFRAESTRUCTURA PARA EL MONITOREO Y  
ADQUISICIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA  
PRODUCCIÓN PETROLERA.””**

**AUTOR/A:** Roland Bernardo Mariach Campos

**TUTOR/A:** PhD. René Alberto Cañete Bajuelo

**AÑO 2016**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	2
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	3
1.1 ANTECEDENTES .....	3
1.2 PROBLEMA .....	3
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
<b>2. MARCO TEORICO METODOLOGICO</b> .....	6
<b>3. RESULTADOS ALCANZADOS</b> .....	8
<b>4. CONCLUSIONES</b> .....	11
<b>5. RECOMENDACIONES</b> .....	12
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	14
<b>7. CORREO ELECTRONICO DE ACEPTACION DE PUBLICACION</b> .....	15
<b>8. CHEQUEO ANTIPLAGIO (sitio de publicación y de UISRAEL)</b> .....	16
<b>9. COPYRIGHT</b> .....	17
<b>10. HOJA DE PRESENTACION DEL AUTOR</b> .....	18
<b>11. INDICE DE ANEXOS</b> .....	19
11.1 Artículo científico original .....	19
11.2 Email del tutor asignado indicando la activación y requisito para defensa.	19

---

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 ANTECEDENTES

El Bloque 60 del mapa petrolero ecuatoriano, llamado Campo Sacha y, a su vez la operadora, Operaciones Rio Napo Compañía de Economía Mixta, conocida como “ORNCEM” es donde se ha llevado a cabo el proceso de implementación de una infraestructura tecnológica a nivel industrial, que permita la adquisición de datos de campo en tiempo real, la automatización de actividades y la prestación de herramientas tecnológicas que apoyen el mejoramiento de los procesos de optimización de la producción.

Dicho proyecto toma lugar en el campo Sacha, correspondiente al bloque 60 del mapa petrolero ecuatoriano, ubicado en la provincia de Orellana en la Región Amazónica. Dicho campo, operado por ORNCEM desde noviembre de 2009, tiene una extensión de 351.67 km<sup>2</sup> con más de 200 pozos actualmente productivos, lo cual ha permitido mantener una tasa de producción de 75000 barriles diarios.

### 1.2 PROBLEMA

En ORNCEM el proceso para la adquisición de datos en campo originalmente era desarrollado sin el apoyo de herramientas que permitan automatizar actividades críticas, evitando de esta manera que cualquier anomalía o problema en un pozo pueda ser detectado a tiempo, afectando así el tiempo de respuesta ante tal situación, a la vez de generar un periodo inoperativo alto en el pozo. Dicho proceso presentaba las siguientes características:

- El operador debía movilizarse desde la estación de producción hasta el pozo.
- Cada pozo era visitado en periodos de 2 a 3 días.
- Los datos del pozo estaban siendo recolectados de forma manual.
- La información era consolidada en hojas de cálculo por el operador.
- El análisis de la información se lo hacía en hojas de cálculo.

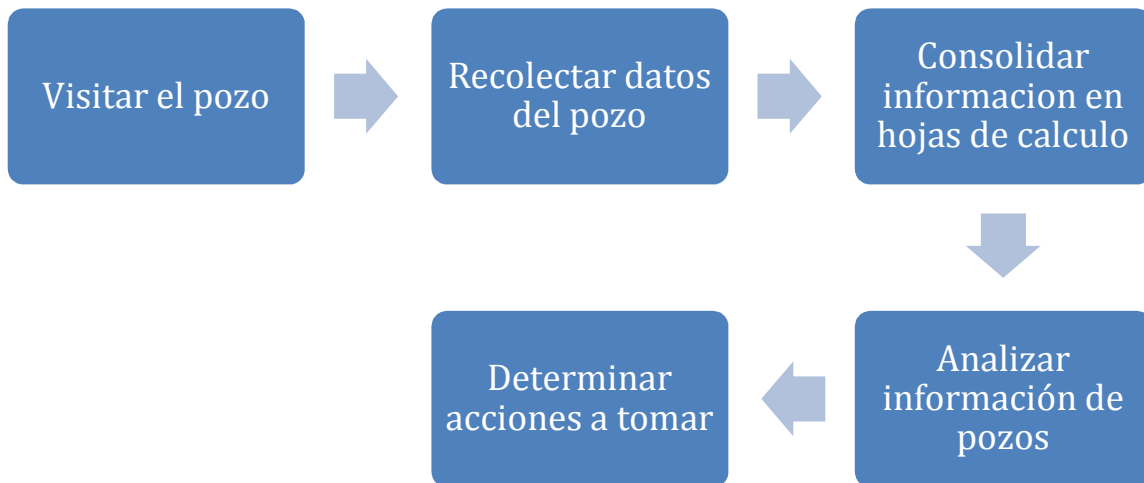


Figura 1.- esquema de recolección de datos.

Fuente: elaboración propia

Bajo este esquema, no era factible determinar de forma temprana cualquier anomalía detectada en los pozos, y las acciones a tomar se enfocaban a las actividades correctivas, reduciendo así el tiempo de vida útil de los equipos, además de representar altos costos de operación.

Por lo expuesto anteriormente es que se consideró la necesidad de la implementación de un software con el que se pudiera obtener datos en tiempo real para el análisis de la información obtenida de los pozos del Campo Sacha.

### 1.3 OBJETIVO GENERAL

La implementación de un software para la adquisición de datos, monitoreo y análisis de comportamiento de pozos, siendo este el sistema **LOWIS** (Life of Well Information Software), propiedad de la compañía *Weatherford International*, y este software, apoyado por una adecuada arquitectura de comunicaciones para estandarizar el acceso a la información de producción mediante éstas herramientas dentro de toda la estructura organizacional, centralizándola y gestionando su adecuado acceso mediante el manejo de roles o perfiles para los diferentes niveles o tipos de usuario de acuerdo a los requerimientos organizacionales de seguridad.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

#### **Infraestructura de comunicaciones para los equipos BES (Bombeo Eléctrico Sumergible)**

Implementar una infraestructura de comunicaciones para la obtención de los datos en tiempo real, generando data histórica y actualizada ya que al disponer de un proceso manual para la obtención de datos de campo, es limitado el volumen de información a obtener, pues, tomaría demasiado tiempo registrar todos los datos que se generen.

#### **Análisis de Rendimiento Equipos BES (Bombeo Eléctrico Sumergible)**

Llevar a cabo un análisis para optimización de consumo eléctrico, además de ajustarse a la realidad del campo sobre el excesivo tiempo requerido para procesar y analizar los datos recopilados en campo, se podrá analizar las variables eléctricas de todos los pozos y no solo dedicarse en casos puntuales o críticos.

#### **Vida útil de equipos BES (Bombeo Eléctrico Sumergible)**

Optimizar el tiempo de vida útil, disminuyendo costos de trabajos de reacondicionamiento y pérdida por falta de producción. Al registrar datos en tiempo real y ubicar los equipos de bombeo eléctrico sumergible dentro de los rangos óptimos de operación, proporcionan un adecuado soporte para una toma oportuna de decisiones respecto al desempeño de los mismos.

## 2. MARCO TEORICO METODOLOGICO

**Infraestructura de comunicaciones.-** Una de las partes neurálgicas para poder contar con la información requerida y su adquisición en tiempo real es tener un medio de transmisión confiable en aplicaciones cuya criticidad es elevada. Para esto, se realizó un levantamiento topográfico de la provincia Joya de los Sachas, específicamente donde se encuentra ubicado el campo Sacha y sus principales vías de acceso, donde se evidenció la existencia de tendido eléctrico y postería, es decir el recorrido físico necesario para la implementación de un tendido de fibra óptica sobre la que se sustentará el medio de comunicación utilizado desde la ubicación de cada uno de los pozos petroleros hasta la estación central en donde estarán ubicados los servidores que alojan el software a implementarse.

La fibra óptica utilizada para esta infraestructura de comunicaciones debió ser seleccionada de acuerdo a la postería existente en la zona del campo Sacha, la misma cuenta con un espaciamiento o span entre estructuras no mayor a los 200 metros, por lo que se utiliza una fibra óptica con trazo SPAN de 250 metros de acuerdo a disponibilidad del mercado, la misma a su vez es de tipo multimodo normativa G.652D dentro del espectro 850 – 1330 Nm. Se utilizaron pretensores y suspensores tipo PLP para asegurar que la sujeción de la fibra óptica a las estructuras no sufra deformaciones o esté sujeta a estrés innecesario.

**Requerimientos de hardware.-** Una vez que se cuenta con un medio de transmisión fiable para la adquisición de datos en tiempo real como es la fibra óptica, se debe también utilizar un equipo activo que brinde las mismas características de confiabilidad al momento de realizar interconexiones hacia donde se recibe la información. Se buscó un equipo que brinde características térmicas de acuerdo a la zona a ser utilizado, es decir temperaturas normales de operación sobre los 40 grados centígrados, así como también características de througput mayores a los 350 Mb/s, también se requería que exista redundancia en el medio físico de conexión.

Dentro de las marcas analizadas para este propósito, el equipo G509-T de la compañía MOXA brindaba las necesidades requeridas.

**Requerimientos de software.-** Al contar con la parte física de transmisión de datos, se requería de un sistema que brinde las características para la adquisición de datos en tiempo real, esto es que permita periodicidad en la forma en que censa información de los sensores menor a los 5 minutos, que una vez censada esta información se pueda guardar a manera de histórico para su posterior análisis y que a su vez permita una customización para cada uno de los usuarios que accedan al sistema.

La compañía Weatherford International, posicionada en el mercado del sector petrolero mundial hace más de 80 años, es propietaria del software para monitoreo de pozos petroleros en tiempo real denominado **LOWIS** (Life Of Well Information Software), el cual entre otras cosas, es capaz de monitorear los parámetros de los pozos petroleros utilizados en el campo Sacha y a su vez brindar capacidades de análisis de los históricos recopilados por sus sistemas de censado de variables a través de los equipos de comunicaciones MOXA y del tendido de fibra óptica utilizado en este proyecto.

Dentro de la metodología empleada, se han contemplado:

**Levantamiento de información en sitio.-** la cual, basándose el método histórico-lógico, permitió realizar el levantamiento de información, conocer de cerca la realidad de la zona, como se ha venido desarrollando la adquisición de datos y su modo de operación dentro del proceso de producción.

**Análisis de la data recolectada.-** ayudados de un análisis y su metodología analítica-sintética, se comprendió el proceso, se identificaron las distintas necesidades específicas, con lo que se construyó un modelo para la implementación.

**Diseño del documento.-** Con el método de la modelación, además de los formatos específicos del ente regulador del artículo científico, se deberá cumplir con la elaboración y presentación del mismo.

**Implementación.-** se procederá a ejecutar las etapas planificadas para dar solución al problema presentado, siendo estas la instalación de la arquitectura de comunicaciones, seguida por la adecuación del software **LOWIS** con los parámetros propios del Campo Sacha y así proceder a la optimización de las variables de los pozos petroleros.

### 3. RESULTADOS ALCANZADOS

Para el desarrollo del presente trabajo se ha tomado como referencia un grupo de 6 pozos de diferentes características, a los cuales se ha aplicado los mecanismos mediante los que se puede evidenciar las mejoras logradas en: tiempo de respuesta en situaciones críticas, vida útil de equipos BES, análisis de rendimiento de equipos BES.

<b>POZO</b>	<b>PRODUCCION (BPPD)</b>	<b>DISTANCIA (KMS)</b>	<b>COMUNIDAD</b>
<b>158</b>	<b>248</b>	<b>7</b>	<b>San Carlos</b>
<b>215</b>	<b>409</b>	<b>7</b>	<b>San Carlos</b>
<b>257</b>	<b>456</b>	<b>12</b>	<b>24 de Noviembre</b>
<b>258</b>	<b>612</b>	<b>12</b>	<b>24 de Noviembre</b>
<b>365</b>	<b>545</b>	<b>9.2</b>	<b>Los Ángeles</b>
<b>371</b>	<b>377</b>	<b>14.5</b>	<b>Nueva Tungurahua</b>

Tabla 1.- datos de pozos referenciales.

Fuente: (autor)

#### **Tiempo de respuesta en situaciones críticas**

Basados en la información de los 6 pozos pilotos, se ha llevado a cabo una evaluación del tiempo que los pozos estaban improductivos mediante un proceso manual de adquisición de datos, analizándolo con el proceso automático de adquisición de datos en campo, a través de la red Turbo Ring implementada en los equipos activos MOXA y sobre los cuales el sistema LOWIS obtiene sus registros de mapa modbus en el orden de las variables 70000 hasta los valores 85000, con lectura de cada tres minutos, obteniéndose los resultados detallados a continuación:



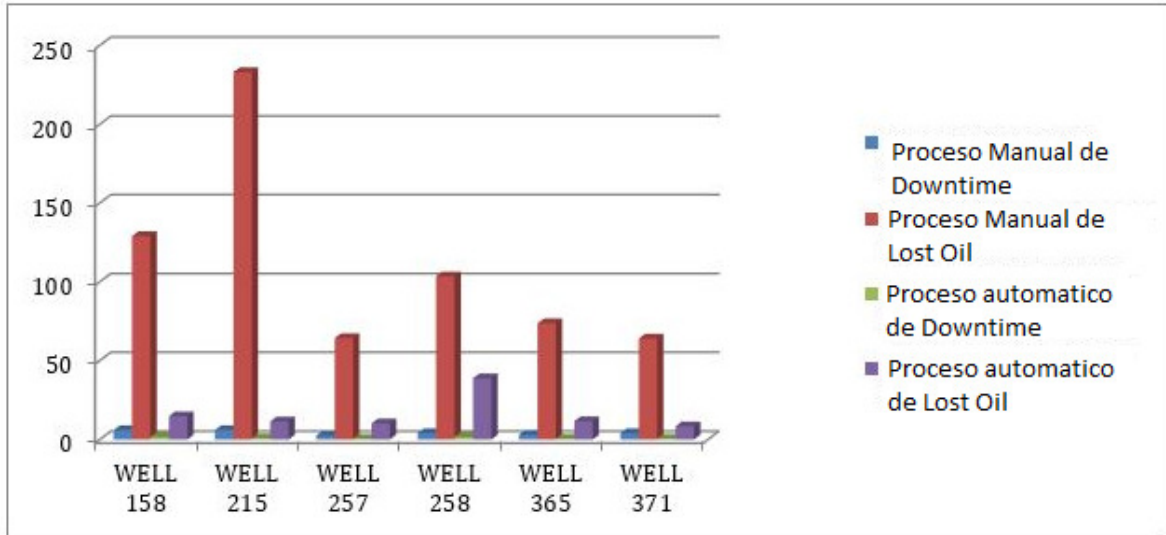


Tabla 2.- recolección de datos manual VS automatizada.

Fuente: elaboración propia

### Vida útil de equipos BES (Bombeo Eléctrico Sumergible)

Al disponer de datos de campo adquiridos en tiempo real, ahora es factible determinar el comportamiento de los equipos BES y evaluar si su desempeño está acorde lo especificado por el fabricante, pues, al disponer de la curva de eficiencia de la bomba, comparada con la información de monitoreo en tiempo real, se puede determinar si se está trabajando dentro de un rango de operación adecuado o si es necesario ajustar los parámetros de funcionamiento con el fin de optimizar su desempeño y prolongar el tiempo de vida útil del equipo.

A continuación se incluye la gráfica de desempeño de la bomba de pozo en las cuales se puede comparar la tasa de fluido comparado con el porcentaje de eficiencia de la bomba, visualizando además la eficiencia observada respecto a los dos parámetros anteriores.

## WELL 158

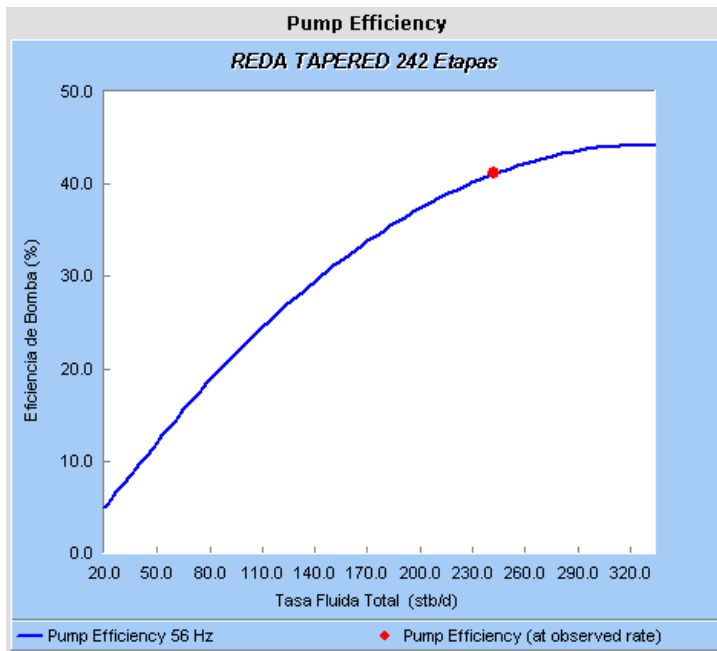


Figura 2.- Cuadro de eficiencia de operación de bomba BES.

Fuente: Schlumberger ESP manual

Como se puede observar en la figura 2, se tomó como ejemplo al pozo piloto Sacha 158, el cual posee una bomba tipo Reda con 242 etapas en formato TAPERED.

Esta bomba, dentro del flujo actual de producción a la fecha del estudio, con un fluido total de 250 barriles de crudo, alcanza una eficiencia del 43%, característica propia para el tipo de equipo instalado en sitio.

#### 4. CONCLUSIONES

##### **Tiempo de respuesta en situaciones críticas**

Se puede evidenciar la considerable reducción de tiempo fuera de operación de los pozos, que va del 65% al 85%, esto debido a la disponibilidad de información en tiempo real que permite la toma de decisiones en un menor tiempo, evitando paradas prolongadas en los pozos.

##### **Vida útil de equipos BES**

Se puede observar el incremento en tiempo de vida útil que va de 280 a 450 días de operación en promedio por equipo instalado

##### **Análisis de Rendimiento Equipos BES (Bombeo Eléctrico Sumergible)**

Un adecuado aprovechamiento de esta energía es un aspecto clave en la optimización del recurso energético, basados en toda la información de campo obtenida y procesada dentro de la herramienta de software implementada y de dicha evaluación, se categoriza cada uno de los pozos analizados, de acuerdo a lo especificado en la siguiente tabla:

Daily Power / Volume of Fluid	Criterio
Valores entre 0 - 0.5	Dentro del Rango
Valores entre 0.5 – 1	Mayor Consumo
Valores mayores a 1	Excesivo Consumo

Tabla 3.- valores de referencia energética.

Fuente: elaboración propia

De esta manera, se puede llegar a obtener automáticamente y de forma inmediata, un parámetro de evaluación de la eficiencia energética de los pozos registrados y monitoreados a través de la red de comunicaciones implementada dentro del sistema y que forman parte de las facilidades de Operaciones Rio Napo.

## **5. RECOMENDACIONES**

A medida que se van perforando nuevos pozos, de acuerdo al plan de perforación aprobado por los entes reguladores, es necesario que cada uno de estos sea ingresado al sistema.

Los nuevos pozos que se ingresen al sistema deben contar con las características de operación actualizadas para proceder a la carga de sus datos operativos.

Es de vital importancia que exista un mantenimiento preventivo a nivel de los equipos activos de la red de comunicaciones implementada.

Para mayor información sobre el artículo original presentado en este proyecto se puede visitar la página web de la revista onepetro:

Código: SPE-177110-MS

ISBN: 978-1-61399-422-1

DOI: <http://dx.doi.org/10.2118/177110-MS>

URL: <http://www.onepetro.org>

A continuación, se adjunta una captura de pantalla de la página en mención:

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-177110-MS>. The page content includes:

- Breadcrumbs: Home > Search Results > Production Optimization Based on Data Acquisition and Real-Time Monitoring Infrastructure
- Title: **Production Optimization Based on Data Acquisition and Real-Time Monitoring Infrastructure**
- Rating: ☆☆☆☆☆ Average from 0 ratings
- Authors: R. Mariach (Río Napo ORNCEM) | J. Torres (Río Napo ORNCEM) | C. Crespo (Weatherford) | R. J. Gabarron (Weatherford)
- DOI: <http://dx.doi.org/10.2118/177110-MS>
- Document ID: SPE-177110-MS
- Publisher: Society of Petroleum Engineers
- Source: SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 18-20 November, Quito, Ecuador
- Publication Date: 2015
- Document Type: Conference Paper
- Language: English
- ISBN: 978-1-61399-422-1
- Copyright: 2015. Society of Petroleum Engineers
- Disciplines: 5.6 Formation Evaluation & Management, 3.1.2 Electric Submersible Pumps, 3.2.9 Lifecycle Management and Planning, 3.2 Well Operations, Optimization and Stimulation, 3 Production and Well Operations, 5 Reservoir Description & Dynamics, 3.1 Artificial Lift Systems, 5.6.4 Drillstem/Well Testing
- Keywords: Data Acquisition, Networking, Optical Fiber, Production Optimization, Real-Time
- Downloads: 3 in the last 30 days, 92 since 2007
- Link: [Show less detail](#)
- Price information:
  - SPE Member Price: **USD 8.50**
  - SPE Non-Member Price: **USD 25.00**
- Link: [Add to cart](#)

## **6. BIBLIOGRAFIA**

Weatherford International Inc., User Guide: LOWIS ESP, Edition 2014, Houston, Texas.

Schlumberger GHMB, User Guide: ESP, Edition 2009, Paris, France.

Automatización Y Optimización En Tiempo Real De La Producción De Pozos En El Campo Sacha, Operaciones Río Napo Compañía De Economía Mixta Y Weatherford South America, 2010, Quito, Ecuador.

## 7. CORREO ELECTRONICO DE ACEPTACION DE PUBLICACION

**8. CHEQUEO ANTIPLAGIO (sitio de publicación y de UISRAEL)**



## 9. COPYRIGHT

## 10. HOJA DE PRESENTACION DEL AUTOR

## **11. INDICE DE ANEXOS**

11.1 Artículo científico original.

11.2 Email del tutor asignado indicando la activación y requisito para defensa.