

ELEMENTOS



SEGUIMIENTO A LAS CAMPAÑAS DE WORKOVER DE LA VAO - ECOPETROL

Monitoring of Oil Wells Workover Campaigns from VAO - Ecopetrol
Campanhas De Monitorização De Workover da Vao Em Poços De Petróleo Ecopetrol

Stephanie Alejandra González Hernández

stgonzalez7@poligran.edu.co

Estudiante de Ingeniería Industrial – Politécnico Grancolombiano
Colombia

Recepción: 15/01/2022

Aceptación: 15/06/2022

Resumen

Este documento aborda la problemática del seguimiento de campañas Workover en pozos de petróleo a partir del uso de la herramienta Power BI, para la empresa Ecopetrol S.A., para ello se hace la revisión de documentos académicos en donde se encuentran investigaciones de temas como Proyectos Workover, Sector de Hidrocarburos, Power BI, control de campañas y la importancia del análisis de datos para las grandes industrias. Para complementar la información y articular las necesidades de la empresa se entrevista al equipo de expertos de ingeniería que permitió conocer las principales necesidades que requieren que la herramienta cumpla. Lo anterior, contribuye a identificar las necesidades de seguimiento en campañas de Workover en pozos Ecopetrol, y cómo se puede articular con el uso de la herramienta Power BI, permitiendo que el equipo de ingeniería de Subsuelo de la VAO (Vicepresidencia Regional Andina Oriente), tenga control frente a los escenarios que se presentan en tiempo real de las campañas anuales propuestas y sobre ellas se puedan hacer observaciones, análisis y nuevas estrategias de intervención en pozos petroleros, basada en la data suministrada periódicamente. Para este fin, se establecen los requerimientos para la elaboración de informes de seguimiento usando la herramienta Power BI, que busca plasmar cuáles son los pasos por seguir para la elaboración de los informes, los datos que se requieren y las gráficas que deben evidenciarse para hacer el respectivo análisis.

E L E M E N T O S

Palabras clave

Seguimiento, Power BI, Proyectos Workover, Ecopetrol, Sector hidrocarburos.

Abstract

This document addresses the problem of monitoring Workover campaigns in oil wells supported by the use of the Power BI tool, in the company Ecopetrol S.A., to achieve the aim al literature review of academic papers was made using word such as Workover Projects, Hydrocarbon Sector, Power BI, campaign control and the importance of data analysis for large industries are found. To complement the information and articulate the needs of the company, the team of engineering experts was interviewed, which allowed to know the main needs that require the tool to meet. The above contributes to identify the follow-up needs in Workover campaigns in Ecopetrol wells, and how it can be articulated with the use of the Power BI tool, allowing the Subsurface engineering team of the VAO (Andean East Regional Vice-Presidency), to have control over the scenarios that arise in real time of the proposed annual campaigns and to make observations, analysis and new intervention strategies in oil wells, based on the data provided periodically. For this purpose, the requirements for the elaboration of follow-up reports are established using the Power BI tool, which seeks to show which are the steps to follow for the elaboration of the reports, the data required and the graphs that must be evidenced to make the respective analysis.

Keywords

Monitoring, Power BI, Workover Projects, Ecopetrol, Oil and gas Sector.

Abstrato

Este documento aborda o problema da monitorização de campanhas de Workover em poços de petróleo através da utilização da ferramenta Power BI para a empresa Ecopetrol S.A., através da revisão de documentos académicos onde se pode encontrar investigação sobre temas como Projectos de Workover, Sector de Hidrocarbonetos, Power BI, controlo de campanhas e a importância da análise de dados para grandes indústrias. Para complementar a informação e articular as necessidades da empresa, a equipa de peritos em engenharia foi entrevistada para descobrir as principais necessidades que a ferramenta é necessária para satisfazer. Isto ajuda a identificar as necessidades de monitorização em campanhas de Workover em poços Ecopetrol, e como pode ser articulado com a utilização da ferramenta Power BI, permitindo à equipa de engenharia de subsuperfície da VAO (Vice-Presidência Regional Andina Oriental) ter controlo sobre os cenários que surgem em tempo real nas campanhas anuais propostas e fazer observações, análises e novas estratégias de intervenção em poços petrolíferos, com base nos dados fornecidos periodicamente. Para tal, são estabelecidos os requisitos para a preparação de relatórios de monitorização utilizando a ferramenta Power BI, que procura definir os passos a

E L E M E N T O S

seguir para a preparação dos relatórios, os dados necessários e os gráficos que devem ser mostrados para a respectiva análise.

Traduzido com a versão gratuita do tradutor - www.DeepL.com/Translator

Palavras-chave

Monitoramento, Power BI, Projetos de Workover, Ecopetrol, setor de petróleo e gás.

ELEMENTOS

INTRODUCCIÓN

El problema de investigación que se enmarca en los procesos de la cadena de valor de Ecopetrol, en donde se desarrollan procesos de generación de valor como: Exploración, Producción, Transporte, Refinación y Petroquímica, Comercialización y Mercadeo. De dichos procesos esta investigación se centra en el proceso de Producción, el cual integra a todas las filiales del grupo, y define los requisitos e instancias de decisión a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de extracción de petróleo. Dentro de la filosofía de Ecopetrol se aborda el objetivo de optimizar la gestión, mantener altos estándares de aseguramiento técnico, orientar los esfuerzos hacia el cumplimiento de la estrategia productiva y agilizar el proceso de reacondicionamiento, para garantizar el cumplimiento de producción a proveedores.

En el caso de la toma de decisiones sobre los pozos que están presentando inconvenientes para producir crudo, se proponen campañas de Workover para reacondicionar los pozos y solucionar las problemáticas que se presentan. El objetivo del proceso de Workover se focaliza en garantizar y beneficiar la producción, lo cual permite llegar a la meta de extracción de Petróleo. Dentro de la filosofía de Ecopetrol se procura mantener la producción de los pozos, aumentarla y que no se frene el trabajo. De acuerdo con estos requerimientos, la directiva del área de producción identifica que es necesario contar con una herramienta que facilite el análisis de datos actuales, en el que se pueda proponer campañas de reacondicionamiento exitosas a corto, mediano y largo plazo, tal como lo afirma la Revista de Investigación y Negocios: “Es pertinente crear una cultura estadística en el interior de las organizaciones.”

Bajo la filosofía de Ecopetrol, y los requerimientos del área donde se desarrolla este trabajo de pasantía, se encuentra que la razón por la que se decide hacer seguimiento a las campañas de Workover en curso, es poder ver el comportamiento del cronograma, el estado económico y financiero y para conseguirlo se deberá: *“Utilizar el método horizontal y vertical para evaluar los indicadores financieros, apreciar el funcionamiento financiero, emitir una mejor opinión acerca de la condición financiera, proponer recomendaciones para la toma de decisiones eficiente, con el fin de optimizar sus recursos económicos y mejorar el margen de utilidad.”* Trujillo Guzmán, Melany Giovanna, DDigital – UMSS

El proceso de Workover, complementa el ejercicio de producción, dado que, hace parte de la extracción de crudo y permite dar continuidad a las campañas propuestas por el área de ingeniería cuando los pozos tienen algún tipo de daño o perjuicio. Cuando se habla de procesos Workover es necesario considerar que su objetivo es mejorar el proceso de extracción, determinando qué maquinaria se debe utilizar para hacer efectiva la intervención. Para poder cumplir con este objetivo es necesario considerar que hay involucradas diferentes áreas, entre

ELEMENTOS



ellas la de ingeniería y la financiera, que buscan proponer una campaña de Workover factible en el ámbito productivo y económico.

Este proyecto se desarrolla en la Vicepresidencia Regional Andina Oriente (VAO), que se compone de distintas unidades organizativas, entre esas están POA (Ingeniería), encargados de identificar las oportunidades de crecimiento, desarrollo, yacimientos e infraestructura, GOR (Gerencia Oriente), en la que se encuentran dos centros de refinación, Caño sur y Rubiales, GPA (Gerencia Andina), que cuenta con cuatro centros de refinación Neiva (Dina y San Francisco) y Putumayo (Orito y la Hormiga) y CAO (Gestión de contratación). Cada una de ellas está ubicada en el proceso de Upstream, una de las áreas más importantes del negocio, encargada de hacer crecer la producción petrotécnica, proponiendo campañas para nuevas y antiguas extracciones de petróleo, con ello identificar si se toma decisión frente a los pozos que se clausuran por distintas situaciones a partir de los escenarios probabilísticos o determinísticos que se presentan con los posibles riesgos que pueda tener cada pozo a lo largo de la campaña que se aprueba cada año.

En la actualidad, existen diferentes procesos de Workover, que corresponden a intervenciones en los pozos de producción y pretenden mejorar la capacidad productiva de los mismos, apalancando el cumplimiento de producción definidas para la VAO. En ese sentido, el problema se presenta cuando la producción disminuye y se empieza a incumplir con lo mínimo estimado en la campaña propuesta, en ese caso se debe tomar decisiones correctivas para reparar y mejorar las condiciones en los pozos, sin embargo, hoy por hoy la centralización de la información no es completa. Y existen algunos reportes que demoran la toma de decisiones.

Por otro lado, se requiere un estricto seguimiento a las intervenciones en los pozos para garantizar que las inversiones realizadas correspondan a las presupuestadas y que el desarrollo de las actividades corresponda a la operación propuesta. Por esta razón, y analizando los elementos descritos relacionados al problema de investigación se plantea un objetivo general que tiene la finalidad de Proponer una metodología para el seguimiento de campañas de Workover en pozos de la VAO soportada en el uso de la herramienta Power BI.

En esto se busca soportado en una herramienta informática responder a los requerimientos y necesidades que presentan los tomadores de decisiones de las campañas de Workover. En donde es vital conocer cómo se generan los reportes, qué datos se utilizan y con qué frecuencia se presentan. Siendo así, la pregunta que se plantea para abordar el desarrollo de este documento es: ¿Cómo mejorar el proceso de seguimiento de campañas Workover en pozos de petróleo a partir del uso de la herramienta Power BI?

ELEMENTOS



Considerando los requerimientos de trabajo y en colaboración con los asesores del proyecto, se opta por iniciar con el diagnóstico para la elaboración de reportes, para así bajo las condiciones actuales y la data proporcionada por las campañas Workover poder definir las variables e indicadores que describen el desempeño del Workover. Bajo esta consideración es necesario entender los requerimientos para su implementación en Power BI y establecer las condiciones de uso de la herramienta.

Basado en esto, se sabe que la necesidad actual de la empresa, plantea variables que le dan sentido al objetivo principal del documento, pues en la industria existe diferentes tipo de riesgo para los grandes inversionistas, tal y como como lo dice Flórez Sierra, D. y Rivero Márquez, M. (2020) *“El riesgo se da debido a las altas inversiones que se realizan en cada proyecto, y por el comportamiento aleatorio que presenta el subsuelo, estos riesgos pueden ser operacionales o de ejecución, entre otros factores que afectan directamente el negocio.”*

Por otro lado, la herramienta que se propone para dar respuesta a la necesidad evidenciada es Power BI, un aplicativo dotado de amplias opciones para visualizar los datos, brindar información que permita cerrar cada campaña y analizar en vigencias conjuntas con datos de Curvas S, tiempos, resultados de producción, seguimiento a proyectos y modelos financieros. Cada uno de ellos comparado entre lo planeado y lo real, ofreciendo *“soluciones innovadoras para la captura, la integración y la visualización de datos, con la ayuda de ingenieros, técnicos y profesionales del análisis, que pretenden integrar los datos suministrados.”* (Rollins, B., & Herrin, M., 2015), que es lo que se busca con la herramienta a proponer.

JUSTIFICACIÓN:

Considerando la necesidad de desarrollar el seguimiento sistemático y el análisis de las campañas en el ámbito de Workover, se busca tomar decisiones para seguir invirtiendo tiempo y presupuesto en determinada intervención de un pozo de petróleo. De igual forma, la evaluación de los resultados de una campaña sirve de entrada a proceso de definición de intervenciones a pozos futuras, con lo cual la VAO desarrolla planeación de vigencias futuras que se pondrán en marcha a medida que se cierren las campañas que se encuentren en desarrollo.

Para la Vicepresidencia se cuenta con múltiples reportes de seguimiento a las intervenciones de Workover en pozos, sin embargo, estas difieren entre las gerencias tanto en el contenido como en la forma, lo cual presenta para la VAO dificultades a la hora de tomar las decisiones. Bajo la premisa la Vicepresidencia requiere estandarizar y tener una única herramienta que permita identificar y simplificar el seguimiento de las intervenciones y el cierre de las campañas de Workover que se encuentran bajo su supervisión, así como soportar la toma de decisiones.

ELEMENTOS



La necesidad de la operación estableció que se deben generar reportes detallados cada 15 días, para tomar decisiones acertadas y oportuna, además, con la condición de hacer el seguimiento en tiempo real con ayuda de la herramienta de Power BI, que permita generar la visualización detallada del proceso de las campañas de Workover. En ello se pretende hacer el seguimiento de cómo se encuentra cada intervención a pozo o campaña, con ayuda de OW (Open Wells), el aplicativo que carga todas las operaciones de los pozos a diario.

Con el propósito de abordar el desarrollo de los objetivos, este trabajo procura dar los elementos que constituyen el informe final de cierre de las campañas de Workover, el cual permite evaluar el desempeño de cada una de las campañas de Workover y capitalizar las lecciones aprendidas para la proyección de las futuras campañas de intervenciones a pozo a desarrollar en la VAO.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. MARCO TEÓRICO

Control en campañas

Consiste en hacer seguimiento a las campañas de Workover para los pozos con el fin de identificar su nivel de producción, y tomar acciones frente a aquellos que no estén produciendo lo estimado, en ese sentido, se busca proponer una “Filosofía básica que minimice los desperdicios o elimine actividades que no agregan valor para mejorar la eficiencia, la calidad y el tiempo de entrega, con ayuda de una planificación integrada basada en decisiones, vinculada a al subsuelo y la superficie.” (Behera, C., Ghufaili, A., Wassing, B., Ghulam, J., Hadidi, S., Hamdoun, L., Wahaibi, H., 2018)

Así mismo, será importante resaltar que la producción y operaciones en los campos petroleros, pueden complicarse en cualquier momento debido a diferentes fallos que pueda presentar el proceso de extracción que se esté llevando a cabo, sin embargo, para estas problemáticas también pueden dar diferentes propuestas, como lo dijo Mardashov, Dmitrii V., (2021) “A través de distintas pruebas de laboratorio, incluyendo física, química, propiedades de bloqueo y filtración de composiciones durante la simulación de un yacimiento fracturado, se tuvo como resultado algunas composiciones que tienen el objetivo de preservar exitosamente su productividad.”

Power BI

ELEMENTOS



Power BI es conocida como una herramienta capaz de generar reportes periódicos, en donde de acuerdo con los datos proporcionados por las diferentes áreas de una organización, por medio de visualizaciones de gráficos y tablas, se puede hacer seguimiento a las funciones principales o de interés. Para el caso del sector de Hidrocarburos se puede relacionar con el estado de cada pozo, dado que Power BI proporciona “Soluciones innovadoras para la captura, integración y visualización de datos, con la colaboración de geocientíficos, ingenieros, técnicos y profesionales del análisis.” (Rollins, B., & Herrin, M., 2015).

Algunos de los análisis que se pueden llevar a cabo con esta herramienta, serán “Análisis univariado, bivariado y multivariado, detección de valores atípicos, análisis de correlación de Spearman, detección y resolución de multicolinealidad y pruebas t estadísticas” Rollins, B., & Herrin, M. (2015); y gracias a la versatilidad del software se podrá proponer un prototipo que automatice e integre datos de geociencia y datos de ingeniería, además de permitir en una fase posterior, el despliegue de modelos predictivos, y la implementación del flujo de trabajo analítico, que garantice mayor veracidad en la propuesta de nuevas campañas, recopilando la data de anteriores procedimientos.

Muestra de lo propuesto se relaciona en lo descrito por Nwaochei et al. (2019), quienes proponen que “La industria del petróleo y el gas se ha modernizado ampliando cada vez más sus actividades en ciencia de datos para aumentar la eficiencia, reducir costos, tomar mejores decisiones y mejorar la calidad de los productos y servicios técnicos.”

Para ello, y soportado en ciencia de datos se debe tener en cuenta los diversos sistemas de registros, la base de datos de maduración del proyecto, cronogramas de costos, posibilidad de éxito, reservas, perfiles de producción, etc. Que según Nwaochei et al. (2019), “Proporciona un enfoque multidisciplinario e integrado para salvar el vacío de optimización convencional de la ciencia de datos y el enfoque de big data para tomar decisiones de programación de pozos sin plataforma más rápidas.”, de esta forma, se espera que el proyecto a largo plazo reduzca costos, ahorre tiempo y aumente la eficiencia en la ejecución del trabajo de Workover.

Proyectos Workover

El Workover, mejor conocido como “reacondicionamiento o reparación”, tiene un papel fundamental a lo largo del proyecto, pues como lo expone Florián, A. D. & Laguado, H. (2013) “Un equipo de Workover es un equipo para el servicio de acondicionamiento, rescate y limpieza de pozos en campos petroleros. Su operación es de 24 horas y esta práctica permite observar la importancia de los hidrocarburos y los datos estadísticos en Colombia”

ELEMENTOS

Además, es necesario reconocer que “El sector de hidrocarburos maneja diferentes niveles de riesgo debido a las altas inversiones que se realizan en cada proyecto, y por el comportamiento aleatorio que presenta el subsuelo, estos riesgos pueden ser operacionales o de ejecución, entre otros factores que afectan directamente el negocio.” (Flórez Sierra, D. R. y Rivero Márquez, M. M. 2020)

MÉTODO

La metodología propuesta para cumplir los objetivos planteados para el proyecto de investigación es de tipo exploratoria y descriptiva, dado que la investigación exploratoria es aquella que se realiza para encontrar pruebas o información clave de un objeto de estudio, esto con el propósito de obtener la información mediante la observación directa, de manera ágil, coherente y precisa.

Desde la perspectiva del estudio descriptivo se propone comprender por medio de diferentes bases de datos con las que ya se cuentan en Ecopetrol, los reportes que dan seguimiento a cada campaña de Workover y de este modo generar un reporte práctico y efectivo para proponer a la organización.

En ese sentido, se proponen diferentes actividades basadas en los objetivos planteados anteriormente, las cuales se describen en detalle a continuación:

Objetivo General:	Proponer una metodología para el seguimiento de campañas de Workover en pozos Ecopetrol soportada en el uso de la herramienta Power BI				
Objetivo Específico	Variable	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores – Medible.	Técnica / Instrumento
1. Diagnosticar la operación de elaboración de reportes y analizar las condiciones actuales a partir de la data proporcionada por las campañas Workover.	Datos de reportes pasados.	Solicitar los reportes generados en el último año por Spotfire, Power BI u otras herramientas. Analizar los datos presentados y la variabilidad entre un reporte y otro, con el fin de anexar a la	Reportes procesos Workover en el último año.	N/A	Consulta y revisión de reportes actuales.

ELEMENTOS

		propuesta a trabajar las variables necesarias.			
2. Definir las variables calculadas y los indicadores que muestren el desempeño del Workover y los requerimientos para su implementación en Power BI.	Datos necesarios para generar nuevos reportes.	Definir los temas de relevancia para la generación de los nuevos reportes acorde con las necesidades de la empresa.	Relevancia de variables para la generación del nuevo reporte.	Variables obtenidas / Variables requeridas	A partir de la información suministrada por la empresa.
3. Establecer los requerimientos para la elaboración de informes de seguimiento de campañas Workover con la ayuda del software Power BI.	Datos de entrada acorde con el Software.	Establecer las condiciones de entrada para la herramienta Power BI de acuerdo con los reportes requeridos en el área.	Condiciones de entrada.	Requerimientos para la elaboración de informes.	Base de datos de reporte diario.

*Tabla 1
Cuadro Metodológico
Fuente: Creación propia.*

Con lo anterior, junto con la herramienta de reporte de campañas de Workover, se identifica los posibles reprocesos que se están presentando, puesto que generalmente quienes almacenan la información requerida son de áreas distintas y cada una reporta por aparte. Por el contrario, esta propuesta que busca integrar los diferentes reportes, facilitando y simplificando el seguimiento a las campañas de Workover, se eliminan los vacíos en la información, los duplicados, o redundancias que distorsionan la información presentada.

ELEMENTOS



La data con la que se cuenta para generar un nuevo reporte que integre los ya existentes, son por un lado SAP, que reporta los gastos que se han generado del pozo que está en reparación, y OW (Open Wells), que se encarga de reportar la producción; cada una de estas actualiza la información diariamente y se encuentra subida en una plataforma digital en la que se otorgan permisos de uso únicamente a los ingenieros expertos.

Lo anterior, cuenta con la facilidad de que se pueda acceder a la información suministrada en archivos de .xls para dar un correcto uso y lograr el objetivo de reportar a tiempo.

Los principales beneficiarios del modelo propuesto son el equipo de ingeniería de subsuelo, que son quienes evalúan la información y generan recomendaciones a partir de los datos suministrados en la herramienta Power BI, pues se sabe que dentro de la empresa Ecopetrol se tiene un amplio conocimiento y certificaciones en dicho instrumento. Este equipo es el encargado de proponer las próximas campañas anuales de reacondicionamiento de pozos que tienen el objetivo de mejorar la extracción de barriles de petróleo.

En vista de los requerimientos propuestos se vio la necesidad de conocer cómo se realizan en la actualidad los reportes de pozos en intervención, qué información contienen, qué área los reporta, qué recomendaciones adicionales se deben dar respecto al desempeño del desarrollo de los trabajos y cuándo se toman decisiones sobre su estado, así mismo, qué parámetros se tiene en cuenta para proponer una próxima campaña de reacondicionamiento y qué datos serían importantes agregar para complementar lo que ya existe. Por esa razón, se propuso desarrollar espacios de interacción con los expertos, con el fin de tener claridad frente al proceso que se lleva a cabo mediante la recolección de experiencias de cada uno de ellos.

Bajo la premisa de la información recopilada con ayuda de los diferentes puntos de vista para los ingenieros expertos, se realiza la identificación de necesidades de información que se respondan con ayuda de la herramienta. Para esto se propone una entrevista, que tiene el objetivo de centralizar y organizar la información dentro del proyecto; las preguntas que se definieron en colaboración con el jefe encargado son las siguientes:

1. ¿Cuál cree que es el beneficio de conocer periódicamente (cada 15 días) el avance de las intervenciones y los resultados de los Workover de cada campaña?
2. ¿Para usted qué factor es determinante a la hora de generar recomendaciones adicionales frente al desarrollo de los Workover que no estén logrando lo proyectado?
3. ¿Cuáles podrían ser las afectaciones al no realizar un seguimiento periódico en los pozos de Workover?
4. ¿Qué información de la campaña actual de Workover puede ser útil a la hora de definir las siguientes campañas de Workover?

ELEMENTOS

5. ¿Qué variables considera que son importantes a la hora de hacer seguimiento a la campaña de Workover?

Una vez desarrolladas las entrevistas, se procede a desarrollar el análisis de la información, en donde de acuerdo con los elementos identificados se propone definir las entradas del modelo que se va a proponer con ayuda de la herramienta Power BI. Siendo el objetivo dar respuesta a la necesidad que se tiene, junto con los reportes que se proporcionen por el área encargada que hasta el momento lo ha manejado.

RESULTADOS

Las variables identificadas para la construcción del reporte son: la producción de agua y aceite de cada uno de los pozos activos en la campaña, que permita crear la curva esperada y sirva para establecer el modelo o matriz con el que se pueda generar propuestas y hacer seguimiento dentro del área de ingeniería. Sin embargo, algunos de los datos presentados en este documento han sido modificados por solicitud de la organización para guardar confidencialidad sobre datos operativos o sensibles de las acciones que se desarrollan.

Por otro lado, la información que se requiere para la construcción de los reportes, se encuentra en las dos bases de datos que maneja Ecopetrol, OW y SAP, ya que como se mencionó anteriormente, se requiere la producción de agua, aceite, tiempos de ejecución, demoras, costos planeados vs. Reales, variación de efluentes, variables operativas, para garantizar que el nuevo reporte garantice hacer seguimiento al cumplimiento de la promesa de valor, comportamiento de producción de pozos post intervención, evaluación integrada de la campaña de WO, valoración de riesgos, lecciones aprendidas y por aprender de pasados eventos.

La información que se tuvo en cuenta para cargar los reportes completos de producción, tiempos, curva S y seguimiento a proyectos en pozos de Workover activos, conserva la siguiente estructura:

- Código WELL: Identificador asignado a cada pozo cuando es propuesto y aprobado, que contendrá las siglas del centro de extracción (Rubiales, Orito, Caño Sur, Dina San Francisco, la Hormiga) y el número que identifique la creación del pozo.
- Campaña: Relación de año en la que fue aprobada la campaña y está en curso.
- Fecha: Mes exacto en el que se inicia la producción.
- Mes Normalizado: Al existir dos fechas, el mes (como número – 1: Enero) se debe normalizar con respecto a la fecha propuesta y la fecha real de inicio.

ELEMENTOS

- Oil: Cantidad de hidrocarburos que se extrajo desde el inicio de producción hasta la fecha.
- Water: Cantidad de agua que se extrajo desde el inicio de producción hasta la fecha.

A continuación, se presenta a forma de ejemplo una tabla con sus diferentes campos:

WELL	CAMPAÑA	FECHA	MES_NORM	OIL (BOPD)	WATER (BWPD)	AÑOMES
RB-001	WO-2021	1/1/2021	0	0	0	202101
RB-001	WO-2021	1/2/2021	0	0	0	202102
RB-001	WO-2021	1/3/2021	0	0	0	202103
RB-001	WO-2021	1/4/2021	0	0	0	202104
RB-001	WO-2021	1/5/2021	0	0	0	202105
RB-001	WO-2021	17/6/2021	1	72.0	728.0	202106
RB-001	WO-2021	17/7/2021	2	108.7	1191.3	202107
RB-001	WO-2021	16/8/2021	3	154.4	1845.6	202108
RB-001	WO-2021	15/9/2021	4	149.2	2150.8	202109
RB-001	WO-2021	15/10/2021	5	144.1	2455.9	202110

Tabla 2

Ejemplo de producción planeada Oil&Water.

Fuente: Creación propia.

Adicional a los datos descritos, se debe comparar con las cifras propuestas para el proyecto en su etapa de maduración con el fin de desarrollar un comparativo. Con ello se elaboran las gráficas que orientan la medición en contraste con el cumplimiento de lo planteado en la factibilidad del proyecto, para esto se tiene en cuenta el proyecto, su presupuesto, cronograma, escenario CAPEX y perfiles.

En el caso de los perfiles la organización define tres escenarios probabilísticos, divididos en P90, P50 y P10, que parten del límite inferior respecto al mejor resultado que se puede alcanzar a nivel de producción. Para el caso del P10 es el mejor escenario posible que se puede alcanzar; sin embargo, por política de la organización es la de comparar los datos reales contra los estimados, se tiene en cuenta P50.

Para analizar detalladamente los reportes generados en la actualidad, y dando respuesta al primer objetivo propuesto, se cuenta con el último reporte generado en Rubiales de la campaña del 2021, que contiene un Avance en las campañas de Workover del 2021 en el Campo Rubiales, en la que se muestra que a la fecha se cumplió con 10/10 Workover y 10/10 estimulaciones, cada una de las gráficas que muestran a continuación permiten realizar seguimiento a la ejecución, inversiones, tiempos, producción y normalización, desde los datos propuesto para hacer un comparativo con el desarrollo del proyecto real.

ELEMENTOS

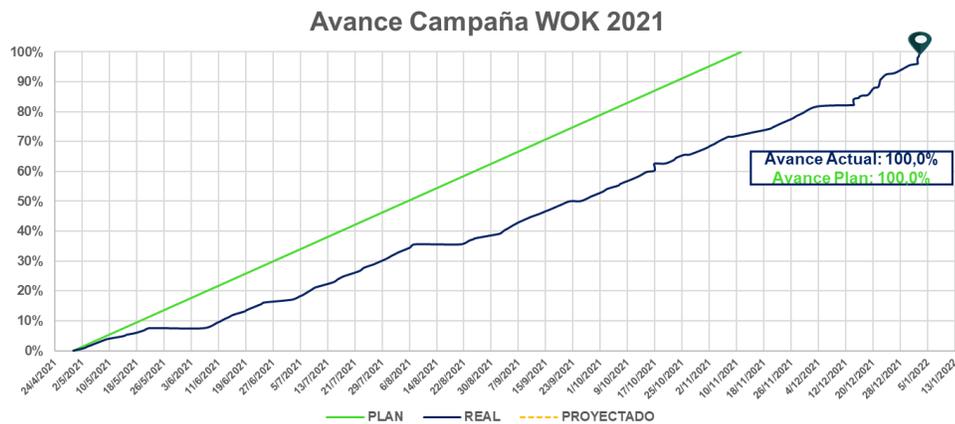
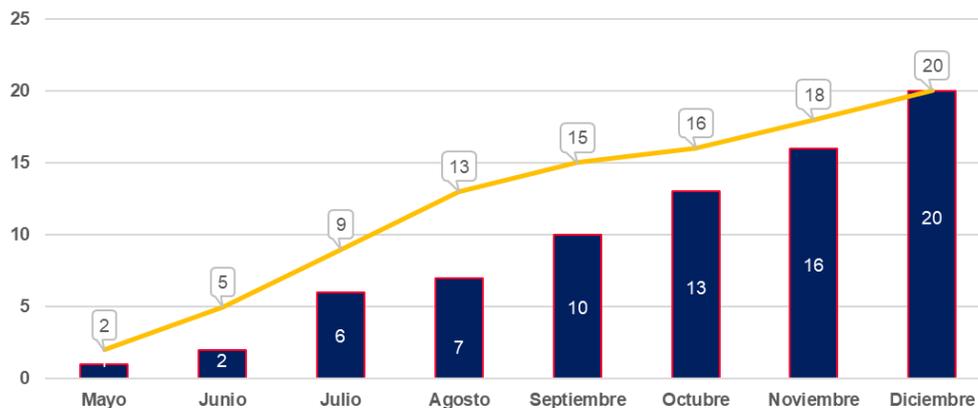


Gráfico 1
Avance Porcentual de Campaña WOK 2021
 Fuente: Creación propia.

Como se evidencia en la gráfica, la data proporcionada refiere a los tiempos propuestos para la campaña para dar cumplimiento a las acciones y junta a ella se encuentra el tiempo real en que se desarrollaron las reparaciones a pozos. Analizando la curva planeada y la real, los ingenieros encargados de hacer seguimiento a los procesos deben estar al tanto de por qué se dan ese tipo de retrasos y proponer acciones para estar lo más cerca posible al cumplimiento de la propuesta inicial.



ELEMENTOS

Gráfico 2
Avance de Producción Mensual
Fuente: Creación propia.

Como la anterior gráfica, en esta hay más detalle respecto a cuántos pozos debían estar cumplidos en cada mes (Curva amarilla), y las barras azules se encargan de mostrar cuántos pozos realmente se han hecho mensualmente para luego dar el acumulado esperado. Permite que en cada reporte el equipo de ingeniería se detenga a analizar qué se ha cumplido y qué acciones son necesarias para lograr las campañas propuestas haciendo lo posible por no exceder en el tiempo propuesto de cumplimiento.

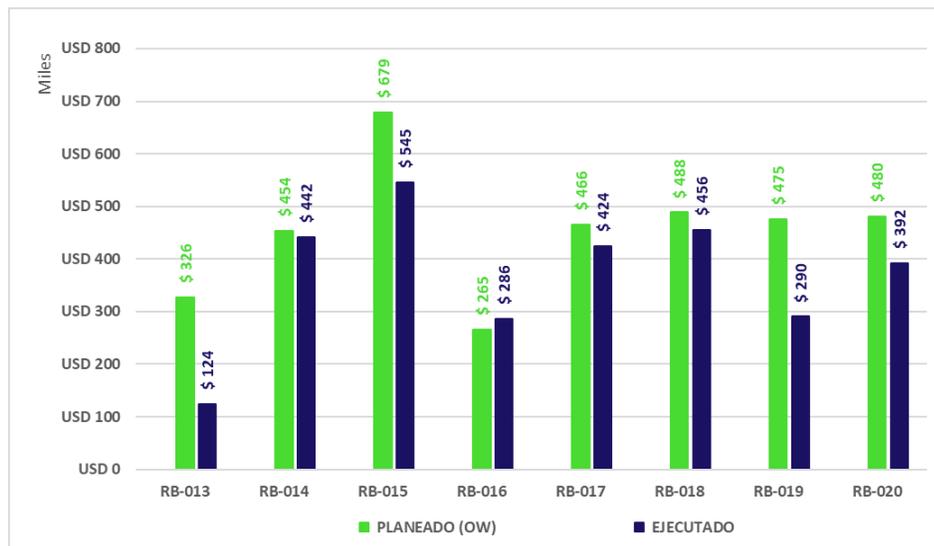


Gráfico 3
Costos planeados v.s. reales por pozo.
Fuente: Creación propia.

Desde el área financiera del negocio, esta gráfica presenta qué tanto de lo que se propuso se ha gastado, este será uno de los datos que toque revisar con cuidado, pues generalmente se busca que la inversión por pozo no sobrepase lo propuesto porque no sería rentable. En este caso se ve que casi en su totalidad los gastos son inferiores a lo esperado, en ese sentido se puede inferir que los esfuerzos han estado invertidos positivamente.

ELEMENTOS

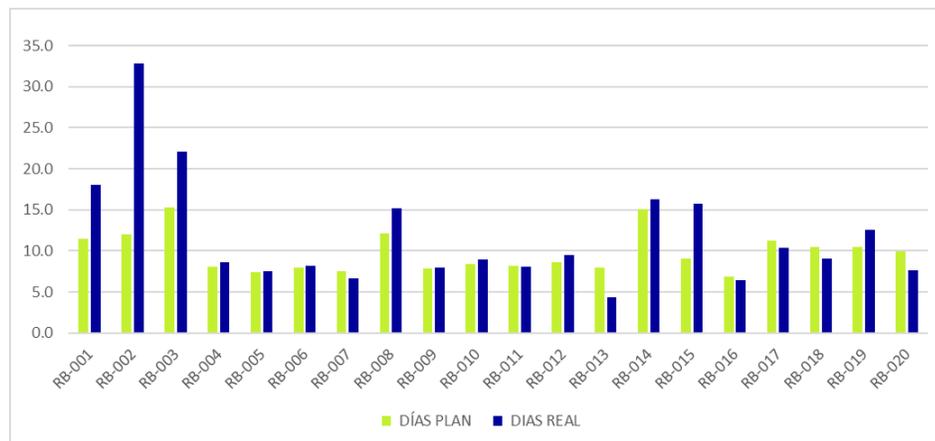


Gráfico 4
Días Planeados v.s. Ejecutados.
Fuente: Creación propia.

Presenta en días cuánto se ha demorado en concluir el trabajo por pozo y se presentan dos columnas, la primera pretende dar a conocer a los analistas cuál fue el tiempo estimado en días para dar cumplimiento a cada pozo de Workover y la segunda refiere a los días reales que demoró el trabajo. En dicho punto, es relevante darle seguimiento, pues cuando se presentan, por ejemplo, situaciones de orden público, o enfermedades como el Covid 19, los procesos se pueden retrasar más de lo previsto desde un principio.

ELEMENTOS



COMPORTAMIENTO DE PRODUCCIÓN CAMPAÑA WORKOVER 2021 - 2022									
N°	POZO	FINALIZACIÓN WO	INICIO PRODUCCIÓN	FECHA PRUEBA	ESTADO	BSW	BOPD	WOR	BOPD P50
1	RB-001	17/5/2021	17/5/2021	16/2/2022	Operando	90	365	8.7	103
2	RB-002	16/6/2021	16/6/2021	19/2/2022	Operando	95	67	20.9	125
3	RB-003	7/7/2021	7/7/2021	21/2/2022	Operando	98	44	55.0	105
4	RB-004	16/7/2021	N/A	6/2/2022	Operando	97	90	33.3	125
5	RB-005	23/7/2021	N/A	18/2/2022	Operando	94	228	17.0	108
6	RB-006	31/7/2021	N/A	18/2/2022	Operando	91	151	9.5	120
7	RB-007	7/8/2021	N/A	23/2/2022	Operando	96	95	27.1	97
8	RB-008	4/9/2021	5/9/2021	23/2/2022	Operando	93	91	12.9	101
9	RB-009	13/9/2021	N/A	22/2/2022	Operando	98	32	51.0	27
10	RB-010	22/9/2021	N/A	3/2/2022	Operando	96	178	25.2	78
11	RB-011	3/10/2021	N/A	6/2/2022	Operando	97	139	29.3	72
12	RB-012	12/10/2021	N/A	17/2/2022	Operando	58	84	1.4	58
13	RB-013	17/10/2021	N/A						
14	RB-014	5/11/2021	5/11/2021	23/2/2022	Operando	88	176	7.3	120
15	RB-015	21/11/2021	21/11/2021	19/2/2022	Operando	98	53	48.5	113
16	RB-016	27/11/2021	N/A	13/2/2022	Operando	98	16	40.5	132
17	RB-017	13/12/2021	N/A						
18	RB-018	24/12/2021	24/12/2021	21/2/2022	Operando	95	73	17.8	65
TOTAL WO 2021						92.6	1,881	25.3	1,551
1	RB-019	1/1/2022							
2	RB-020	2/1/2022	2/1/2022	9/2/2022	Operando	97.9	46	46.0	58
TOTAL WO 2022						97.9	46	46.0	58
TOTAL W.O						95.1%	1,927		1,609
								Cumplimiento P50 a la fecha	119.77%

*Tabla 3
Comportamiento de producción Campaña Workover 2021-2022
Fuente: Creación propia.*

Esta tabla permite dar seguimiento al comportamiento de la campaña de Workover, en ese sentido, consolida, fechas, estado, producción de Water y Oil, con el objetivo de ver las principales desviaciones de Costo V.S. Tiempo, basadas en el cumplimiento P50. La consolidación de la información permite generar un reporte general del estado de la campaña propuesta.

Los gráficos descritos hacen parte del último reporte elaborado para el primer trimestre de 2022, los cuales son generados desde Excel y distintas bases de datos. De acuerdo con lo comentado con la VAO, la mayoría de los gráficos requieren procesos manuales y no son prácticos a la hora de generarlos en los tiempos que se requieren, que son entre 8 a 15 días, por esto alguno de estos procesos incluso se están empezando a tercerizar por su poca practicidad.

ELEMENTOS

Durante el desarrollo de la práctica se desarrolla una entrevista para hacer al equipo de expertos del área de ingeniería, que pretende conocer desde su rol las necesidades que se han presentado hasta el momento para hacer seguimiento a las campañas de Workover, la cual sirve como herramienta para hacer propuestas que mejoren la producción de pozos. A continuación, se comparte el compilado de la información que se obtuvo en la entrevista:

- El beneficio de conocer periódicamente el avance de las intervenciones y los resultados al final del ejercicio de cada campaña es poder dar cumplimiento en tiempos, costos y promesa de valor.
- Este ejercicio es relevante para dar seguimiento a cada pozo y a partir de eso, se logre tomar acciones oportunas que concluyan en prever la logística de intervenciones a tiempo.
- Reportar el estado de los pozos de Workover permite dar seguimiento a las variables operativas, análisis de laboratorio, prueba de pozo, toma de niveles, costos y cumplimientos volumétricos, esto con el objetivo de verificar los resultados y proponer acciones de optimización y/o replantear los trabajos que faltan.
- El factor determinante a la hora de generar recomendaciones adicionales frente al desarrollo de los Workover que no están logrando lo proyectado, es conocer las principales actividades donde hay desviaciones en tiempo y costo y lo que se debe revisar en ese sentido es la caracterización de daño para entender el escenario, eficacia en intervenciones (Tiempo y costos) y bajas competencias técnicas.

Por otro lado, la base del seguimiento es la calidad y la oportunidad de la información, el seguimiento a los costos y producción incremental, para de esta forma tener un seguimiento adecuado y tomar decisiones. Sin embargo, es determinante que se realice una adecuada evaluación de la línea base del pozo (antes de la intervención) y posterior a la intervención, para asegurar que se está realizando una evaluación acertada de la respuesta del pozo de WO. Por último, se debe evaluar si el tipo de tecnología aplicada fue la correcta y si se tomaron los controles de calidad que garantizarán el éxito de los resultados.

Las afectaciones por no realizar un seguimiento periódico en los pozos de Workover se evidencia inicialmente en el incumplimiento a la promesa de valor, desconocimiento del avance, desviaciones frente a lo planeado y el no cumplimiento del plan táctico. Como tampoco se tendría la data necesaria para evaluar si una intervención fue o no efectiva, de ese modo se perdería la oportunidad de aplicarla a más pozos y/o tomar lecciones aprendidas.

La información de las campañas actuales de Workover que pueden ser útiles para hacer seguimiento a próximas campañas es conocer tiempos, costos planeados vs. reales, cumplimiento de la promesa de valor, comportamiento de producción de pozos post intervención,

ELEMENTOS

seguimiento a efluentes, variables operativas, evaluación integrada de la campaña de WO, valoración de riesgos, lecciones aprendidas y por aprender de pasados eventos.

El generar alertas relacionadas al cumplimiento permite la toma de decisiones en tiempo real en caso de presentarse alguna alteración que incida con la programación del pozo. De ello se considera el uso de los equipos, el nivel de inventarios y el personal requerido para el correcto desarrollo de la operación. Algunas afectaciones externas consideradas son paros, bloqueos, retraso en la llegada de materiales, uso del equipo atendido a la curva básica, capex, volumetría, entre otras.

De acuerdo con conversaciones sostenidas con el equipo de ingeniería, las variables que se deben considerar al hacer seguimiento a la Campaña de Workover son, tiempos, costos, producción Oil-Water, presiones, IP, Costos, físico - químicos efluentes, volumen incremental, seguimiento de producción (Qo,Qw,Qg), tiempos de intervención, cumplimiento de cronogramas y Rig Schedules comparados con los datos que se propuso la campaña.

Bajo estas consideraciones el equipo sugiere visualizar de forma conjunta la información solicitada en un Frame, al estilo de los informes que son contratados con terceros que proporcionan el servicio a otras dependencias usando el servicio de Spotfire:

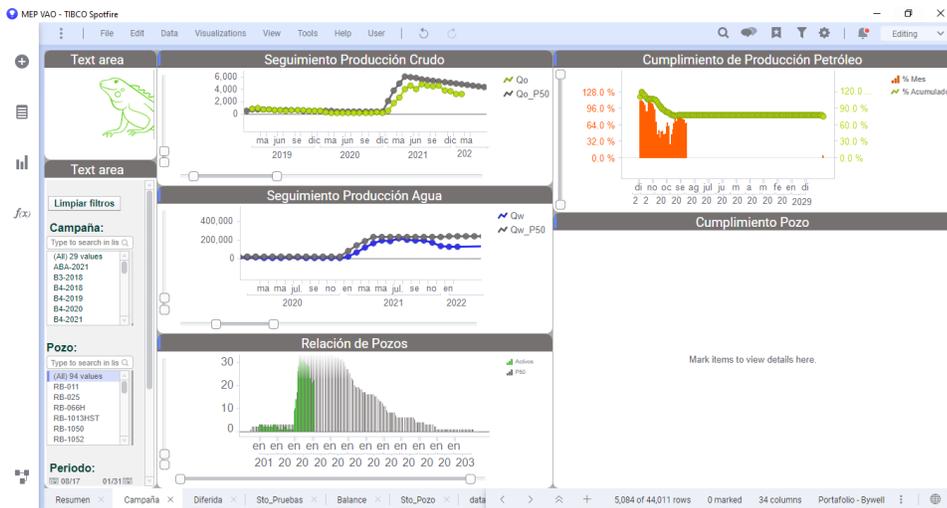


Gráfico 5
Ejemplo de Frame en Spotfire
Fuente: Creación propia.

E L E M E N T O S

Bajo esta consideración se listan los requerimientos de información que manifiestan los ingenieros expertos, que permitan hacer un seguimiento oportuno al estado de los pozos Workover, así como la interacción entre los pozos. La secuencia lógica que está en proceso de implementación por el área de Ingeniería de subsuelo se describe en el anexo 1.

Finalmente, la herramienta Power BI, tiene la función de brindar información detallada de producción, costos y tiempos, por medio de visualizadores como lo son diagramas de: barras, pie chart, puntos, Pareto, series de tiempos y niveles, entre los que se evalúen que puedan añadir valor posteriormente.

DISCUSIÓN

De acuerdo con el trabajo de investigación descrito a lo largo de este documento, se puede identificar desde la perspectiva de los autores y la relación que se obtuvo de los datos obtenidos a partir de la entrevista propuesta para los ingenieros encargados. Parte de las necesidades que se evidencian se centra en el requerimiento de procesamiento de la data mediante el uso de herramientas que aporten a la toma de decisiones, las cuales se requiere que sean acertadas, actualizadas y que favorezcan la optimización del recuso, acorde con los objetivos propuestos por la VAO.

Las necesidades de procesamiento de datos en el sector Oil and Gas se orienta por el uso de métodos de ciencia de datos, inteligencia de negocios, Machine Learning, entre otras diferentes técnicas. Gran parte de los autores convergen en que este tipo de métodos son emergentes para los diferentes sectores productivos, pero destacan su valor en la construcción de análisis exhaustivos, los cuales aportan a la toma de decisiones, un elemento clave para poder obtener resultados exitosos en nuevas implementaciones.

En el eje central de la propuesta que aborda este trabajo de pasantía se procura establecer los requerimientos para la elaboración de informes de seguimiento de campañas Workover con la ayuda del software Power BI, en ello se identificó la falta de sincronización en la transmisión de información, la frecuencia en la entrega data, y los tiempos de construcción de los reportes, en esto, la síntesis de la información se presenta por medio de gráficos. El uso de estos gráficos se sustenta en la facilidad para poder hacer el seguimiento a las curvas de producción, costos y tiempo de ejecución de cada proyecto, además de, brindar la posibilidad de tener al final del ejercicio el cierre de las campañas de Workover.

A partir de este conjunto de elementos, y bajo las consideraciones de la VAO de poder aprovechar la información como elemento de toma de decisiones en las campañas que hagan en el futuro, se procura usar un visualizador de información, en este caso, con ayuda de la tecnología de

ELEMENTOS

Power BI, herramienta licenciada por parte de Ecopetrol, que a su vez aprovecha los diferentes sistemas de información utilizados en el momento.

CONCLUSIÓN

En consideración con el trabajo desarrollado se establece una metodología para el seguimiento de campañas de Workover en pozos Ecopetrol soportada en el uso de la herramienta Power BI, esto en consideración con los requerimientos de la VAO, estamento de Ecopetrol que se encarga de gerenciar y optimizar la producción de hidrocarburos en las campañas propuestas anualmente.

El diagnóstico de la operación de elaboración de reportes presentaba falencias frente a la sincronización de la data y su periodicidad, razón por la cual las condiciones en que se elaboraban los informes no correspondían a la realidad de las campañas Workover en que se necesitaba postular ajustes a las condiciones de operación.

La definición de las variables se estructura a partir de la necesidad de los diferentes equipos que trabajan en las campañas Workover, ellos permiten establecer los requerimientos de data, así como la relación con los indicadores de producción que muestran el desempeño de las campañas, pero ajustando su presentación a la interfaz de Power BI.

Para la elaboración de informes de seguimiento la VAO determinó que la integración de los diferentes indicadores se debería articular usando la herramienta Power BI, la cual permite integrar los elementos de valoración para el desarrollo de las campañas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ecopetrol s.a. (s/f). Edu.co. Recuperado el 15 de marzo de 2022, de <https://www.utsvirtual.edu.co/sitio/blogsuts/wp-content/blogs.dir/51/files/2014/05/Guia-3-Ecopetrol-S.A..pdf>

Florián, A. D. & Laguado, H. (2013). Evaluación financiera para la toma de decisión entre la compra de un equipo de Workover o la reparación mayor del mismo en el campo de Casabe. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/1166>.

Portal Ecopetrol. (s/f). Com.co. Recuperado el 15 de marzo de 2022, de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QuienesSomos/acerca-de-ecopetrol>

ELEMENTOS

Sierra, S.L. (2014). EL PORQUÉ DE LA ALTA ROTACIÓN LABORAL EN LAS EMPRESAS CONTRATISTAS QUE TRABAJAN PARA EL SECTOR DE HIDROCARBUROS DEL ESTADO. [Carta a Estudiantes].

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12136/SANDRA%20LILIANA%20NIETO%20SIERRA.pdf;jsessionid=2C69C8FB64D9A34F211E094045D72356?sequence=1>

Trujillo Guzmán, M. G. (2019). IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS FINANCIERO EN LA TOMA DE DECISIONES “CASO: IMPORTADORA PROIVAL”.

<http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/15468>

Villegas Zamora, Diego Alonso. (2019). La importancia de la estadística aplicada para la toma de decisiones en Marketing. *Revista Investigación y Negocios*, 12(20), 31-44.

Recuperado en 15 de marzo de 2022, de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372019000200004&lng=es&tlng=es.

Pérez, Karen, Ibarra, Danny y Ballen-Segura, Miguel. (2020). Modelización de la producción de biodiesel a partir de microalgas, utilizando aguas residuales industriales como medio de crecimiento. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28 (4), 744-754. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000400744>

Castillo Abarca, Loreto, Vega Zepeda, Vianca, & Meneses Villegas, Claudio. (2020). Alineando el ciclo de vida de un proyecto con un modelo de madurez BI: una propuesta para la etapa de análisis preliminar. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(4), 629-644. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000400629>

Chagoyén-Méndez, César A., Díaz-López, Jorge Luís, Chagoyén- Méndez, Ernesto L., Moya-Rodríguez, Jorge L., & Álvarez-Peña, Constantina. (2015). MODELADO Y ANÁLISIS DE LA TORRE DEL EQUIPO DE INTERVENCIÓN DE POZOS DE PETRÓLEO Y GAS. *Centro Azúcar*, 42(2), 21-30. Recuperado en 24 de mayo de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000200003&lng=es&tlng=es.

Varona-Taborda, María-Alejandra, Mosquera-Ramírez, Jorge-Cesar, Medina-Moreno, César-Augusto, Lemus-Muñoz, Diego-Fernando, Muñoz-Hernández, Carlos-Julián, & Arias-Iragorri, Christian-Gustavo. (2021). Inteligencia de Negocios para los Programas de las Secretarías de Salud, Educación y Planificación en una Entidad Territorial. *Revista*

ELEMENTOS



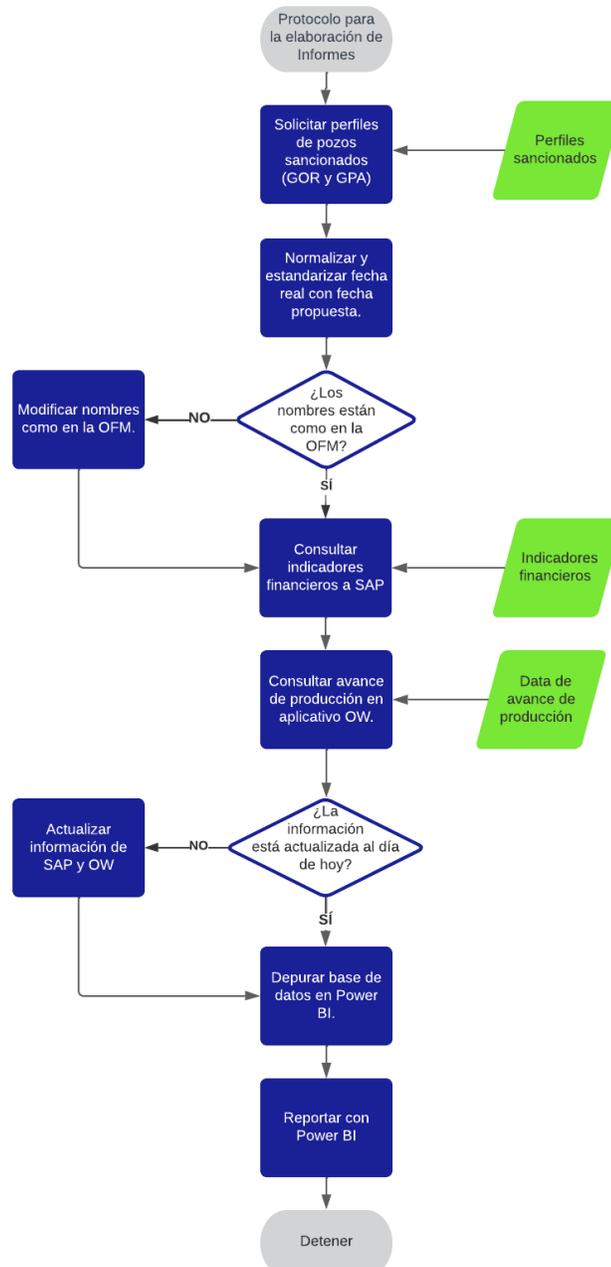
Facultad de Ingeniería, 30 (58), e105. Epub 22 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.19053/01211129.v30.n58.2021.13826>

Villarreal, Aline, Castillo-Villalón, Perla, & Ramírez, Jorge. (2017). Analysis of the interaction of CO₂ with Na, K, and Ca-exchanged Mordenite. An infrared spectroscopic study. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 61(2), 102-108. Recuperado en 24 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-249X2017000200102&lng=es&tlng=en.

Pérez Roig, Diego. (2020). Promoción y declive de la actividad petrolera costa afuera en el margen continental argentino (2002-2011): Promoción y declive del desarrollo de petróleo y gas costa afuera en el margen continental argentino (2002-2011). *Revista Pilquen*, 23 (4), 79-104. Recuperado en 24 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-31232020000400006&lng=es&tlng=es.

ANEXOS

ELEMENTOS



Anexo 1 – Secuencia para el cumplimiento de requerimientos para el Seguimiento de Campañas Workover en Power BI