

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Optimización y análisis de KPIs para Well Construction mediante Power BI

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Petróleos**

Presentado por:

Cristopher Eduardo Cañarte Ayón

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

## DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de la presente investigación de manera especial a mis padres, Rubén y Soledad. Su inquebrantable ejemplo y apoyo han sido el motor que me ha impulsado a superarme personal y profesionalmente desde el momento en que decidí embarcarme este camino de crecimiento. Sin su amor y guía incondicionales, nada de esto hubiese sido posible.

También quiero dedicar este logro a mis hermanos, Jeremy y Rubén. Anheo convertirme en un ejemplo a seguir en el ámbito profesional, y deseo de corazón que logren alcanzar todas sus metas y sueños. Nuestro lazo familiar es un pilar fundamental en mi vida, y sé que juntos seguiremos inspirándonos mutuamente para alcanzar el éxito.

## AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos seres queridos que han estado a mi lado durante este arduo proceso, les agradezco su apoyo incondicional y su paciencia. Sus palabras de aliento han sido el combustible que me ha impulsado a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes. Esta tesis es un tributo a su confianza y cariño en mí.

Finalmente, mi más profundo agradecimiento a todos los profesores, mentores que me han brindado su conocimiento y orientación durante mi formación académica. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido inspiradoras. Han dejado una huella trascendental en mi camino hacia el éxito.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Cristopher Eduardo Cañarte Ayón* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Cristopher Eduardo  
Cañarte Ayón

# **EVALUADORES**

**Fernando Sagnay S.**

PROFESOR DE LA MATERIA

**Danilo Arcentales B.**

PROFESOR TUTOR

**Jorge Lliguizaca D.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Esta investigación presenta una solución para la automatización de la generación de indicadores clave de rendimiento (KPIs) en el área de la perforación de pozos. Se utiliza la herramienta Power BI para desarrollar dashboards dinámicos que agilizan el proceso de análisis y toma de decisiones. Se discute la importancia de los KPIs en la evaluación del desempeño empresarial y se identifica la problemática actual de obtención manual de datos, destacando la pérdida de tiempo, recursos e información altamente accionable. Mediante un enfoque metodológico basado en la elección de Power BI, se diseñan dashboards interactivos que automatizan cálculos y permiten visualizaciones personalizadas, para ello se elabora una base de datos unificada y se programan indicadores de rendimiento pertinentes. Los resultados muestran la creación de dashboards para distintos segmentos de interés como KPIs por sección, BHA, pozo y general; mejorando la eficiencia y colaboración en la generación de KPIs. Así como una optimización del 60% del tiempo en ser generados. En conclusión, la implementación de esta solución ofrece mejoras sustanciales en la gestión de datos y toma de decisiones en la perforación.

**Palabras Clave:** Automatización, Power BI, Dashboards dinámicos, Indicadores clave de rendimiento, Perforación.

## ABSTRACT

This research presents a solution for automating the generation of Key Performance Indicators (KPIs) in the field of well drilling. The Power BI tool is employed to develop dynamic dashboards that streamline the process of analysis and decision-making. The significance of KPIs in assessing business performance is discussed, and the current issue of manual data acquisition is addressed, emphasizing the loss of time, resources, and actionable insights. Employing a methodological approach centered around Power BI, interactive dashboards are designed that automate calculations and enable customized visualizations. This involves creating a unified database and programming relevant performance indicators. The outcomes illustrate the creation of dashboards for various segments of interest, such as section based KPIs, Bottom Hole Assembly (BHA), well-specific, and overall KPIs, thereby enhancing efficiency and collaboration in KPI generation. Furthermore, a 60%-time optimization in their generation is achieved. In conclusion, the implementation of this solution offers substantial enhancements in data management and decision-making within the drilling domain.

**Keywords:** Automation, Power BI, Dynamic Dashboards, Key Performance Indicators, Drilling.

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
KPI	Key Performance Indicator o Indicadores Clave de Rendimiento
ROP	Rate of penetration o tasa de penetración
BRT	Bellow Rotary Table o Bajo la mesa rotaria
HBRT	Hours Bellow Rotary Table o Horas Bajo la Mesa Rotaria
DDI	Difficulty Directional Index o Indice de dificultad Direccional
NPT	Not Producing Time o Tiempo No Productivo
MWD	Measures While Drilling o Mediciones Mientras se Perfora
LWD	Logging While Drilling o Registros Mientras se Perfora

## SIMBOLOGÍA

ft	foot o pies
h	horas
in	pulgada o inches
lb	libra
gal	galón
RPM	Revoluciones por minuto
Ft/h	Pies por hora

# ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	Diseño esquemático de perforación de pozos petroleros con sus respectivos diámetros ...	17
Ilustración 2	Tipos de diseño de perforación de pozos .....	18
Ilustración 3	Hojas base información de pozos segmentadas por clientes .....	25
Ilustración 4	Diseño de la Hoja Máster para Ecuador. Las hojas incluidas son: Data Cruda, KPI por BHA, KPI por Sección y KPI por Pozo.....	26
Ilustración 5	Hoja Máster de Perforación, pose la información unificada de todos los pozos en Ecuador .....	26
Ilustración 6	Pantalla de Inicio en Power BI. En esta sección se realiza la carga de datos.....	27
Ilustración 7	Opciones que muestra la opción de cargar archivos, se puede importar de la nube o archivos locales.....	28
Ilustración 8	Vista previa de Power Query, editor de datos de Power BI .....	28
Ilustración 9	La datos en la Hoja Máster de Perforación en las 3 primeras filas no contiene información para ser interpretada por diseño, a partir de la cuarta fila encontramos datos de interés. ....	29
Ilustración 10	Interfaz del editor de dahsboards en Power BI .....	31
Ilustración 11	Secciones de edición de Power BI, al centro las herramientas de creación de dashboards y a la derecha las variables importadas de la base de datos como variables creadas por operaciones matemáticas.....	32
Ilustración 12	Proceso de creación de un nuevo dashboard con variables, gráfico y edición de diseño..	36
Ilustración 13	Al seleccionar la opción filtro, aparecen variables como respuesta para filtrar los datos, para este ejemplo se ha filtrado por un intervalo de fechas los datos seleccionados. ....	37
Ilustración 14	Diseño final de un KPI por pozo, se aplicaron gráficos, filtros y variables previamente diseñadas .....	38
Ilustración 15	Dashboard #1 generada para KPIs por BHA.....	40
Ilustración 16	Dashboard #1 generada para KPIs por BHA.....	40
Ilustración 17	Dashboard #1 generada para KPIs por Sección .....	41
Ilustración 18	Dashboard #2 generada para KPIs por Sección .....	42
Ilustración 19	Dashboard #1 generada para KPIs por Pozo .....	42
Ilustración 20	Dashboard #2 generada para KPIs por Pozo.....	43
Ilustración 21	Dashboard general de campos petroleros.....	43
Ilustración 23	Gráfico comparativo que expresa la optimización del tiempo en un 60% aproximadamente .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Ilustración 22	KPI por secciones diseñada para comparar pozos de diversos clientes y campos .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de los indicadores de rendimiento compuesto y su fórmula respectiva, obtenida de los datos.....	24
Tabla 2 Gráficos diseñados para la creación de dashboards, se muestra las variables que conforman los gráficos, su nombre y el tipo de gráfico propuesto. ....	35

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

Los datos se han convertido en el petróleo de la modernidad y la ciencia de datos de manera análoga en su proceso de refinamiento (Durán, 2019). A través de la fusión de campos de estudio como la programación, estadística y conocimiento técnico específico, la ciencia de datos permite refinar la información cruda y transformarla a nuevo conocimiento. Con patrones ocultos en los datos podemos obtener información valiosa que nos permitirá tomar decisiones con un amplio espectro de datos.

Los datos más importantes para las empresas son los denominados key performance indicators (KPIs), que, por su abreviatura del inglés, alude a los indicadores claves de rendimiento. Estas variables son de crucial vitalidad puesto que, son medidas de variables cuantificables que nos permite monitorear a través del tiempo el desempeño y éxito de una empresa (Parmenter, 2019). Referenciándonos a la industria petrolera, específicamente al área de perforación, estas variables pueden ser los pies perforados por día, la relación existente entre tiempos bajo la mesa rotaria, circulación y en fondo, horas de perforación, entre otros. Estos indicadores de rendimiento proporcionan información altamente accionable e influyen de manera positiva, lo que nos permite una mejora en la toma de acciones efectivas, optimización del personal, implementar nuevas estrategias de negocios con nuevos clientes, reafirmar la calidad de las nuevas tecnologías implementadas en los planes direccionales (Zamora, 2013) y dar paso a nuevos estudios como minería de datos y modelado predictivo, lo cual permite descubrir patrones, tendencias e información relevante ocultas en los datos.

Por eso, es fundamental implementar sistema de dashboards dinámicas que permita la optimización del tiempo y realizar análisis avanzados para tomar decisiones informadas.

## Descripción del problema

En la situación actual, la obtención de indicadores de desempeño y el análisis de información en las empresas se lleva a cabo a través de un proceso manual que involucra la extracción de datos en aplicaciones de gestión como Microsoft Excel. Estos datos se eligen según criterios de estudio y los análisis que se desean interpretar. Luego, esta información se presenta visualmente en gráficos de fácil comprensión, con el propósito de impulsar estrategias comerciales, comparar resultados, optimizar rendimientos y respaldar decisiones gerenciales.

Sin embargo, esta forma de trabajar conlleva la pérdida de varios aspectos cruciales: tiempo, recursos, calidad de vida profesional y el potencial de los empleados. Esta problemática es considerable, ya que implica una inversión significativa de recursos en la organización. Bajo esta estructura, la etapa de obtención de datos ocupa aproximadamente el 80% del tiempo necesario para llevar a cabo el proceso completo de análisis de datos. La ausencia de automatización en este proceso es evidente, y para llevar a cabo análisis a gran escala o comparativos, el tiempo necesario para obtener información puede superar las 8 horas.

Esta situación subraya la necesidad de una solución más eficiente y efectiva para la generación de indicadores de rendimiento y el análisis de datos en las empresas. La implementación de la solución propuesta en este proyecto no solo optimiza drásticamente el proceso, sino que también aborda las preocupaciones mencionadas, al liberar recursos valiosos, mejorar la calidad de vida profesional y permitir que el personal se enfoque en tareas de mayor valor añadido. (SLB, 2023).

Esto se debe principalmente, a que se pierde tiempo alimentando bases de datos y volviendo a calcular los mismos resultados o de manera análoga, a análisis de datos que converjan a un mismo algoritmo de ejecución. Al largo

plazo, resulta una barrera cada vez mayor porque no permite crecer en conjunto al ritmo de toda la empresa y aporta gran valor en ella. Igualmente, cada trabajador dentro del segmento opera con una hoja de Excel individual por cliente donde se encuentra toda la información, con lo que no se obtiene fácilmente comparativas de pozos y campos de diferentes bloques por su complejidad y estos datos no están en un ecosistema colaborativo.

## **Justificación del problema**

La presente investigación encuentra su justificación en la necesidad imperativa de optimizar los procesos de generación y análisis de datos en el entorno empresarial actual. La era de la información ha propiciado la acumulación masiva de datos, confiriendo un valor estratégico sin precedentes a la capacidad de transformar información en conocimiento accionable. En este contexto, la generación de datos automatizados emerge como un recurso de inmenso valor empresarial, con implicaciones que van más allá de la mera eficiencia operativa.

Los beneficios derivados de la automatización son múltiples y cruciales para la sostenibilidad y el crecimiento de las organizaciones. En primer lugar, la automatización elimina la carga de tareas repetitivas y manuales, liberando uno de los recursos más escasos y valiosos: el tiempo. Al invertir este recurso de manera inteligente, las empresas pueden focalizar su energía en la innovación, el análisis estratégico y la toma de decisiones informadas.

Además, la generación de datos automatizados tiene un impacto directo en la formulación de estrategias comerciales. La información precisa y actualizada permite a las organizaciones anticipar tendencias, identificar oportunidades y optimizar la ejecución de proyectos. Esta capacidad de respuesta ágil y basada en datos confiere una ventaja competitiva crucial en un entorno empresarial en constante evolución.

Asimismo, el efecto en la calidad de vida profesional de los trabajadores no puede subestimarse. La automatización reduce la carga de tareas tediosas y repetitivas, liberando a los empleados para dedicarse a actividades de mayor relevancia intelectual. Este empoderamiento no solo mejora la satisfacción laboral, sino que también contribuye al desarrollo de un capital humano más valioso y comprometido.

La implementación de un sistema de generación de datos automatizados también propicia un mayor control y comprensión de la información. La gestión eficaz de datos permite a las organizaciones identificar patrones, tendencias y relaciones ocultas, generando un entendimiento más profundo de su funcionamiento interno y su entorno competitivo. Esta perspectiva informada es vital en un mundo empresarial donde la toma de decisiones precisa es una necesidad constante.

La digitalización se ha convertido en un factor crucial para mantener la competitividad y el crecimiento en la industria actual. La necesidad de avanzar al mismo ritmo que la empresa impulsa la adaptación de herramientas de Inteligencia Empresarial. Estas herramientas permiten aprovechar al máximo los datos disponibles, acelerando la toma de decisiones informadas y la identificación de tendencias. Al abordar la generación manual de KPIs, estamos alineando nuestra estrategia con la evolución tecnológica y garantizando que los procesos se ajusten a la dinámica del entorno empresarial. Esta justificación resalta la urgencia de

optimizar la obtención y análisis de datos para estar en sintonía con el avance de la compañía y maximizar su eficiencia.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un dashboard dinámico y estandarizado por BHA, por sección y por pozo, utilizando la herramienta Power BI, con el propósito de automatizar la generación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs).

### **Objetivos Específicos**

1. Crear un ambiente colaborativo en la nube, para la obtención e ingreso de datos generados por Power BI.
2. Automatizar el cálculo de información relevante para los clientes mostrando el rendimiento de las operaciones a través de las dashboards dinámicas.
3. Crear un dashboard Estándar para todos los clientes de la compañía que optimice el tiempo productivo de los trabajadores conectando las bases de datos que posee el segmento con el sistema integrado de KPIs.

## **Marco teórico**

Dentro de la construcción de pozos, la perforación es uno de los procesos fundamentales, por el cual se crea un agujero en diferentes secciones de diámetro que atraviesa los diferentes pliegues subterráneos hasta alcanzar las coordenadas objetivo de interés geológico.

Para llevar a cabo esta operación se utiliza una plataforma de perforación, una sarta de perforación compuesta por una serie de tuberías y herramientas especializadas de fondo llamados ensamble de fondo de pozo (BHA por sus siglas en inglés), que permiten romper la roca, tomar datos en tiempo real tanto del posicionamiento, navegación y medición de datos en la roca.

Para poder perforar los pozos, es necesario implementar un sistema de perforación de pozos. Este se puede definir como la constitución de 5 etapas

para lograr la construcción del pozo. Estos 5 sistemas constituyentes son: energía, izamiento, control de pozo, fluidos, rotación y monitoreo.

Dentro de la construcción de un pozo por medio de estas etapas, se realizan de manera ordenada y descendente mediante secciones. Estas secciones son medidas en de diámetros medidas en unidades de campo, basado en el sistema inglés de mediciones. Como medida de diámetros es empleada la unidad de pies (ft). (Wilson, 2022)

Las secciones más convencionales de perforación dentro de la industria son: 26', 20', 16', 12 ¼', 8 ½' y 6 ¼' tal y como se muestra en la Ilustración 1 (Baby, 2015)

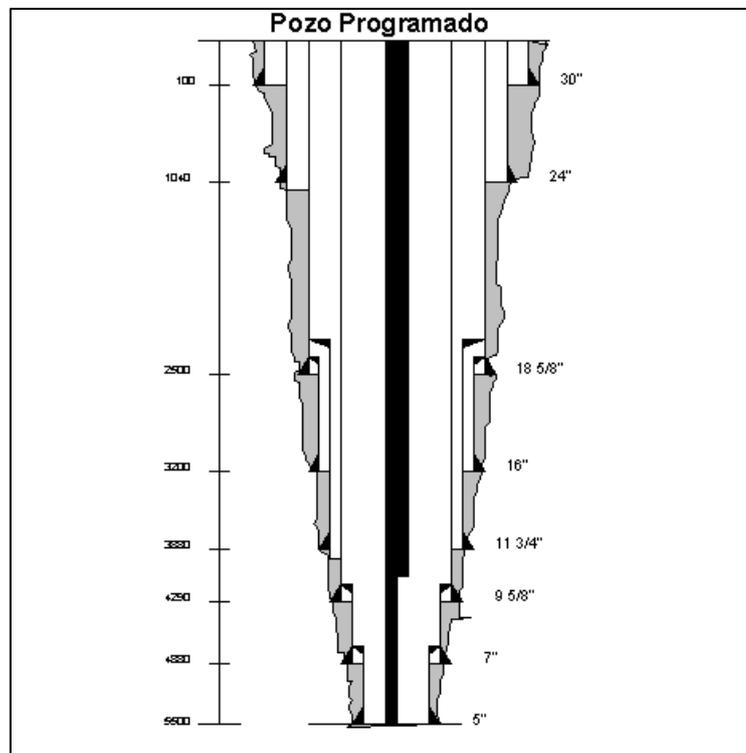
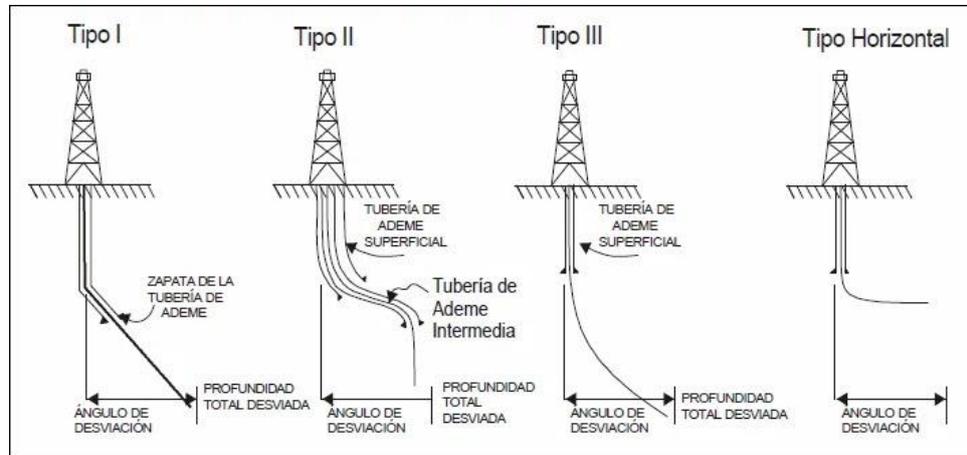


Ilustración 1 Diseño esquemático de perforación de pozos petroleros con sus respectivos diámetros (Segarra, 2017)

Los cambios de diámetros dependen de muchos factores, como los cambios de litologías, profundidades y complejidades que se encuentran. Para obtener mejores resultados, en la actualidad se realiza una técnica avanzada de perforación de pozos, como lo es la perforación direccional. Consiste básicamente en desviar intencionalmente de manera controlada la trayectoria de perforación vertical del pozo con el fin de alcanzar objetivos que de manera vertical no son posibles o incluso de manera económica.

Como se muestra en la Ilustración 2, estos pueden ser de tipo J, tipo S u Horizontales dependiendo de la complejidad del pozo, tendencias formacionales o cambios de litología.



*Ilustración 2 Tipos de diseño de perforación de pozos (UNAM, 2018)*

Así mismo, permite alcanzar múltiples objetivos geológicos ubicados en diferentes direcciones, orientaciones y ángulos desde la trayectoria original, minimizando costos e impacto ambiental. Para poder lograr esta técnica de perforación avanzada, se requieren herramientas de fondo especiales que permiten crear fuerzas de reacción contra las paredes del pozo. Permitiendo controlar y dirigir la trayectoria de la perforación.

Esto se logra mediante especiales de navegación como es el MWD (Measurements While Drilling) que, gracias a su sistema de paquetes de acelerómetros y magnetómetros, permite saber su orientación magnética respecto al norte verdadero del planeta. Permite además medir de manera milimétrica datos de posicionamiento como la dirección, inclinación y azimuth (Inglis, 2013) con el fin de controlar y llegar a las coordenadas geológicas de interés.

Entendiendo como se perforan pozos direccionales, cabe recalcar que previo a la ejecución se requiere una rigurosa planeación, donde paso a paso se detallan los procesos a seguir y alcanzar los objetivos. Si no es diseñado previamente el plan de perforación, pueden ocurrir trágicos problemas, como colisión con pozos previamente perforados o aun, no

alcanzar a las coordenadas objetivo, causando pérdida irreparable de recursos. Para evitarlo se debe realizar un buen diseño de pozo.

Este proceso de planificación abarca un análisis operativo, técnico y económico avanzado donde se seleccionan parámetros fundamentales para garantizar el éxito de la construcción del pozo. Para poder lograrlo se ponderan propuestas de trayectorias, elección de los revestimientos de tubería, herramientas de fondo, profundidades, secciones, técnicas de cementación, selección de fluidos de perforación, número de corridas, planes direccionales necesarias para realizar garantizar la eficiencia, rentabilidad y seguridad en todas las etapas de construcción del pozo. (Guan, 2020)

La gran cantidad de datos de procesamiento que se manejan en esta industria junto con el alto nivel de competencia entre las empresas genera la necesidad de invertir en nuevos sistemas que favorezcan a la explotación de este. Por eso se han implementado herramientas digitales tales como Power Bi.

Este término se refiere a la agrupación de datos extremadamente grandes y por ser provenientes de múltiples naturalezas que logran superar la capacidad de procesamiento por métodos convencionales de análisis de datos. (Casas, 2019) Estos datos grandes y complejos tienen una gran ventaja, obtener información y conocimiento de alta calidad. Para poder interpretar y gestionar adecuadamente los datos, son empleados el día de hoy herramientas digitales como técnicas avanzadas de procesamiento y visualización de datos para extraer conocimientos significativos y valiosos. De estas bondades, dentro del entorno empresarial es muy usado tomar las mejores decisiones, mejorar la personalización de servicios y obtener ventajas competitivas.

Del big data surgen problemas, como la administración uso y manejo de la información. Es aquí donde aparece una herramienta digital como es Power BI, esta es una herramienta de *business intelligence*, que permite a las empresas visualizar y analizar de forma rápida e interactiva información,

mediante visualizaciones dinámicas, informes personalizados y análisis avanzados elaboradas en base al procesamiento de datos. (Torres, 2018)

El mecanismo que usa la herramienta se basa en 4 etapas: conectar datos de múltiples fuentes, luego se transforman los datos mediante operaciones matemáticas y algoritmos que permiten obtener información que finalmente, mediante conocimientos técnicos, análisis e interpretación se genera nuevo conocimiento para la organización.

La herramienta posee múltiples ventajas como la visualización e integrar de manera intuitiva, múltiples accesos de conexión de bases de datos para obtener datos, modelado de datos, filtrado personalizado, ambientes colaborativos y en la nube, actualización y monitoreo en tiempo real e integración con herramientas de Microsoft. (Torres, 2018)

Los datos dentro de la plataforma pueden ser usados para manejar los indicadores de rendimiento mediante sus dashboards dinámicas. Para entrar en contexto, los KPI por sus siglas en inglés de indicadores clave de desempeño, son medidas específicas y cuantificables que permite evaluar el rendimiento de una organización (Parmenter, 2019), proyecto, equipo o empresa respecto a las metas propuestas en un periodo de tiempo establecido.

Estas variables son seleccionadas cuidadosamente porque reflejan aspectos claves en la visión del rendimiento. Estas variables son mostradas en números, porcentajes, gráficas o informes para su óptima interpretación.

El estudio de los KPI es importante dentro de este proyecto, porque en la perforación de pozos existen indicadores de desempeño cruciales que permiten saber cómo se desenvuelven las operaciones de perforación. Dentro del área de perforación, existen múltiples variables que son usadas como indicadores de desempeño, unas son medidas en las operaciones y otras variables son obtenidas gracias a la operación numérica de variables, que su interpretación muestra el rendimiento de ciertos parámetros.

Las variables más usadas como indicadores de rendimiento son:

- % de pies deslizados por sección
- BHAs planeados respecto a BHAs usados
- Tasas de penetración (ROP) por BHA empleado
- Pies rotados
- Pies deslizados
- Horas perforadas
- Número de corridas de BHA por secciones
- Pies perforados por día
- Tiempo de operación (Tiempo real, tiempo planeado y días perforados)
- Tiempo de distribución por BHA y por secciones.

El presente trabajo, tiene como objetivo aplicar la herramienta Power BI en análisis de KPI en las secciones más usadas y de mayor interés operativo. Estas secciones son: 16', 12 ¼', 8 ½'. Analizando los progresos en horas, ejecución de herramientas de fondo y parámetros de perforación

# CAPÍTULO 2

## METODOLOGÍA

Como primer paso para la elaboración de este proyecto, se realizó la selección de la herramienta digital que cumpla con las expectativas y alcances del proyecto. La elección de utilizar Power BI u otro software para el procesamiento y optimización de KPIs (Indicadores Clave de Desempeño) depende de diversos factores como las necesidades específicas, el conjunto de habilidades del equipo, el presupuesto y el formato de la información.

Con base a estos criterios, se seleccionó la herramienta digital Power BI sobre las otras herramientas de análisis de datos debido a las siguientes razones:

1. Posee un entorno colaborativo, permite compartir informes y paneles con otras personas dentro y fuera de la organización, permitiendo un mayor alcance y fácil toma de decisiones.
2. Cuenta con opciones para automatizar la actualización de datos y la generación de reportes mediante la creación de comandos y programación, lo que puede disponer de información actualizada en tiempo real.
3. Permite conectar con diversas fuentes de datos, incluyendo bases de datos, servicios web, hojas de cálculo y más. Esto facilita la visualización y gestión de datos de múltiples fuentes en un solo sitio.
4. Power BI es desarrollado por Microsoft y se integra perfectamente a su ecosistema de servicios, como Azure, SQL Server y SharePoint. Esto resulta beneficioso dentro de las compañías debido a que ofrece una experiencia de usuario coherente y una transición intuitiva.
5. Ofrece una amplia variedad de visualizaciones y gráficos interactivos que pueden ayudar a transmitir información de manera efectiva y hacer que los KPIs sean más comprensibles para el público.

Estas bondades que brinda la herramienta digital son vitales para realizar el trabajo, lo cual permitió optimizar la información y mejorar de esta forma su gestión.

Una vez definida la herramienta a utilizar, se continuó con la planeación de las dashboards. En esta etapa se definió cuáles son los KPIs más empleados del marco teórico, estos fueron cuidadosamente seleccionados y en base a la información obtenida se elaboraron 17 indicadores de rendimiento, La *Tabla 1* muestra estos indicadores de rendimiento, los cuales provienen de operaciones matemáticas de las variables independientes. Las variables independientes son obtenidas de hojas de cálculo de Excel, cuyos valores a su vez se obtienen mediante el uso de herramientas de campo y medición por operarios.

<b>Indicador de Desempeño</b>	<b>Fórmula</b>
% de pies rotados	$\frac{\textit{profundidad rotada}}{\textit{profundidad total}}$
% de pies deslizados	$\frac{\textit{profundidad deslizada}}{\textit{profundidad total}}$
% de tiempo rotado	$\frac{\textit{tiempo en rotación}}{\textit{tiempo en fondol}}$
% de tiempo deslizado	$\frac{\textit{tiempo deslizado}}{\textit{tiempo en fondol}}$
Rate of penetration (ROP) o tasa de penetración Rotada	$\frac{\textit{profundidad rotada}}{\textit{tiempo rotado}}$
ROP Deslizada	$\frac{\textit{profundidad deslizada}}{\textit{tiempo rotado}}$
Días perforados	$\frac{\textit{tiempo rotado} + \textit{tiempo deslizado}}{24}$
Duración de corrida	$\frac{\textit{BRT}}{24}$
% Perforación	$\frac{\textit{Tiempo en fondo}}{\textit{Tiempo de bombeo}}$
% Circulación	$(1 - \% \textit{Perforado})$
Días/1000 pies	$\frac{\textit{Below rotary table (BRT)}}{\textit{Profundidad}} * 41.667$
Profundidad/100 circulaciones	$\frac{\textit{profundidad}}{\textit{tiempo de bombeo}}$
Ft/En fondo	$\frac{\textit{profundidad}}{\textit{tiempo en fondo}}$
Ft/Tiempo de bombeo	$\frac{\textit{profundidad}}{\textit{tiempo de bombeo}}$

Ft/Bajo la mesa rotaria	$\frac{\text{profundidad}}{BRT}$
Circulaciones/Horas de fresado	<i>Tiempo de bombeo – tiempo en fondo</i>
Factor de eficiencia operativa	$1 - \frac{NPT}{BRT}$

*Tabla 1 Distribución de los indicadores de rendimiento compuesto y su fórmula respectiva, obtenida de los datos*

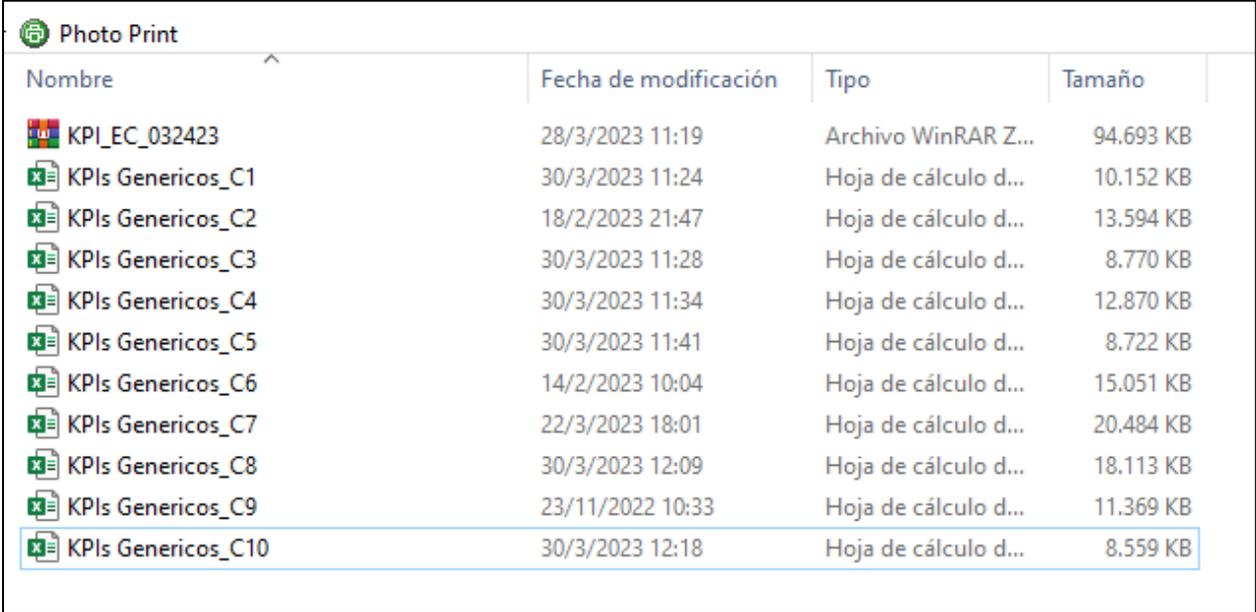
Estas 17 variables de la *Tabla 1*, no son suministradas por la base de datos, por lo que se recurrió a programar cada una de estas variables mediante funciones DAX, herramientas programables proveídas por Power BI. En esta etapa, se programaron las operaciones matemáticas respectivas para obtener los KPIs compuestos.

De manera análoga se diseñaron los KPIs que muestran datos significativos de manera independiente para las respectivas dashboards, las variables seleccionadas fueron:

1. Profundidad/ 100 circulaciones
2. Días/100 pies
3. Profundidad
4. Circulación/Horas de Fresado
5. Días de perforación
6. Tiempo total planeado
7. BRT
8. Tiempo de Bombeo
9. Tortuosidad Planeada
10. Tortuosidad máxima real
11. Difficulty directional index (DDI)
12. DDI Planeado
13. % Pies Deslizados
14. % Pies Rotados
15. Número de Pozos

Continuando con el proceso, se trabajó en la hoja de alimentación de Excel. Esta hoja será de alimentación continua para que el sistema pueda transformar los datos. Debido a que la empresa poseía hojas individuales para cada uno de los clientes como se muestra en la *Ilustración 3*, se realizó la unificación de las hojas de datos para crear un

único documento de alimentación de datos llamada *Hoja Máster de Perforación, segmento Ecuador*.



Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
KPI_EC_032423	28/3/2023 11:19	Archivo WinRAR Z...	94.693 KB
KPIs Genericos_C1	30/3/2023 11:24	Hoja de cálculo d...	10.152 KB
KPIs Genericos_C2	18/2/2023 21:47	Hoja de cálculo d...	13.594 KB
KPIs Genericos_C3	30/3/2023 11:28	Hoja de cálculo d...	8.770 KB
KPIs Genericos_C4	30/3/2023 11:34	Hoja de cálculo d...	12.870 KB
KPIs Genericos_C5	30/3/2023 11:41	Hoja de cálculo d...	8.722 KB
KPIs Genericos_C6	14/2/2023 10:04	Hoja de cálculo d...	15.051 KB
KPIs Genericos_C7	22/3/2023 18:01	Hoja de cálculo d...	20.484 KB
KPIs Genericos_C8	30/3/2023 12:09	Hoja de cálculo d...	18.113 KB
KPIs Genericos_C9	23/11/2022 10:33	Hoja de cálculo d...	11.369 KB
KPIs Genericos_C10	30/3/2023 12:18	Hoja de cálculo d...	8.559 KB

*Ilustración 3 Hojas base información de pozos segmentadas por clientes*

Para crear la *Hoja Máster de Perforación, segmento Ecuador* de Excel, se analizaron las hojas pertenecientes a diversos clientes, como se observa en la Ilustración 3, los documentos poseen información procesada de los clientes que será unificada. Se pudo determinar que las hojas cumplen un patrón y la información de la gran mayoría de las hojas es obtenida de dos hojas, por ello se realizó un criterio específico de unificación donde se cumplieron las siguientes condiciones:

1. Cada hoja por cliente única y exclusivamente proporcionará datos de 4 hojas de cálculo: KPI por BHA, KPI por Sección, KPI por pozo y Sistema de data cruda como se observa en la *Ilustración 4*.
2. Para la hoja de KPI por BHA. En las hojas de cálculo de Data Cruda y KPI por BHA los documentos fueron importados en su totalidad debido a que la información contenida, provee información de secciones y pozos. Para la hoja de KPI por sección serán copiadas: DDI planeado, DDI real, tortuosidad real, tortuosidad planeada y para KPI por pozo se importaron: tiempo total planeado, tiempo real total, NPT y factor de eficiencia.
3. Las demás columnas y hojas de cálculo de cada documento fueron eliminadas debido a que sus cálculos son automatizados por Power BI

CG	ECC	14ECC0225		6	2016/05	New		513	3 X 15.08	BE
CG	ECC	14ECC0225		6	2016/05	New		513	3 X 15.08	BE
CG	ECC	14ECC0225		7	2016/05	New	M223		6 X 11.11	Sn
CG	ECC	14ECC0225		7	2016/05	New	M223		6 X 11.11	Sn
CG	ECC	14ECC0225		7	2016/05	New	M223		6 X 11.11	Sn
CG	ECC	14ECC0225		7	2016/05	New	M223		6 X 11.11	Sn
CG	ECC	16ECC0292		1	2016/08	New	M223		8 X 10.31	Sn
CG	ECC	16ECC0292		1	2016/08	New	M223		8 X 10.31	Sn
CG	ECC	16ECC0292		2	2016/08	New	M223		2 X 11.11	Sn
CG	ECC	16ECC0292		2	2016/08	New	M223		2 X 11.11	Sn
CG	ECC	16ECC0292		3	2016/08	Used	M223		7 X 11.90	Sn
CG	ECC	16ECC0292		3	2016/08	Used	M223		7 X 11.90	Sn

Data Cruda | KPIs por BHA | KPIs por Sección | KPIs por Pozo

Accesibilidad: es necesario investigar

Ilustración 4 Diseño de la Hoja Máster para Ecuador. Las hojas incluidas son: Data Cruda, KPI por BHA, KPI por Sección y KPI por Pozo.

Como resultado, se obtiene una *hoja máster* con 8782 BHA proveniente de 10 clientes que posee la empresa desde 1997 hasta la actualidad como se observa en *Ilustración 5*. Cabe mencionar que, al unificar las hojas, no hay problemas de distinción de clientes puesto que posee cada fila de información el dato del cliente que pertenece el trabajo que fue realizado por defecto, lo cual agiliza el proceso de unificación.

INFORMACIÓN							BY	BZ	CE	CF	CG	CJ	CK
#	COMPañÍA	UBICACIÓN	CAMPO	TALADRO	POZO								
Analysis Type	Job Number	Client	Sedimentary Basin	Field	Rig name	Well Name	Tiempo Perforación planeado (días)	Tiempo Perforación Real (días)	Max Desplazamiento (ft)	Maxima Inclination en la tangente (grados)	Maxima Inclination (grados)	BHAs planned / Section	Actual BHAs /Section
499	1ECC01	ESPOL S.A.	PAD A	CEC-001	FICT011		3,9	2,96	2236,76	40,75	40,98	1	1
500	1ECC01	ESPOL S.A.	PAD A	CEC-001	FICT011		8	8,10	5390,76	40,63	40,63	2	2
501	1ECC01	ESPOL S.A.	PAD A	CEC-001	FICT011		2,46	2,23	5801,07	31,84	31,84	1	1
1501													
1502	1ECC01	ESPOL S.A.		CEC-001	FICT011		14,36	13,29	5801,07	40,75	40,98	4	4
1503													

Ilustración 5 Hoja Máster de Perforación, pose la información unificada de todos los pozos en Ecuador

Esta hoja máster, notablemente más ligera, resulta fundamental para alimentar el programa Power BI y obtener información relevante para nuestro proyecto.

Una vez obtenida la base de datos se estableció la conexión para cargar automáticamente los mismos. Para hacerlo, Power BI provee una herramienta que permite conectar a bases de datos. Al momento de abrir el programa la primera opción que encontramos es saber si deseamos abrir un proyecto o crear uno nuevo, se procedió a crear un nuevo informe y se abrirá una nueva ventana dando paso al apartado de conexión de datos. Tal como se muestra en la *Ilustración 6*, seleccionamos la opción de cargar datos.



*Ilustración 6 Pantalla de Inicio en Power BI. En esta sección se realiza la carga de datos.*

Tal como se ilustra en la Figura 7, se optó por la opción "Examinar" para seleccionar el archivo con los datos. Se ubicó el archivo "Hoja Máster de Perforación", previamente depurado, con el fin de generar de forma automática los tableros de control pertinentes.

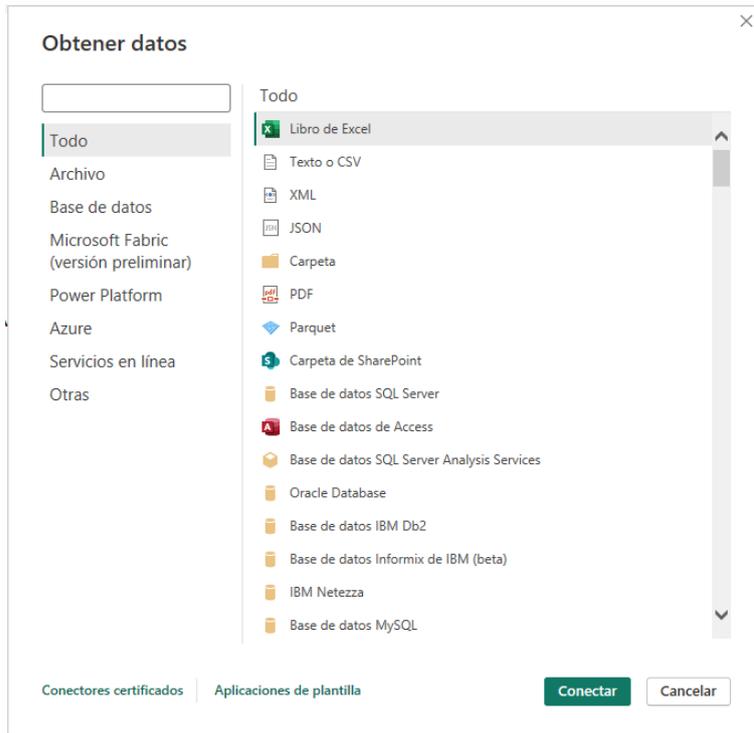


Ilustración 7 Opciones que muestra la opción de cargar archivos, se puede importar de la nube o archivos locales

Una vez seleccionado el archivo, Power BI ofrece una vista previa de la información en su editor de datos llamado Power Query, a ser cargada como se muestra en la *Ilustración 8*. El programa detecta automáticamente las columnas como variables y asigna por defecto un tipo de dato acorde a la naturaleza de los datos.

NIDADES	Soli	Nº de pedido	RESPONSABLE	IMPORTE	MONEDA	SKU Producto	FECHA	FECHA Copia
1	144	9046227341	202560893 S. SANTAMARIA	1700	USD	6	22/10/2014	1741.00.00.00
2	261	9077215775	112 A. SALLMERON	1966	USD	7	02/03/2014	1975.00.00.00
3	524	9095718406	1222 H. SANTOS	1966	USD	13	05/01/2014	1891.00.00.00
4	493	9048846363	1287 A. SALLMERON	1966	PEN	14	08/02/2015	1835.00.00.00
5	27	9035449675	1243 D. MENDIVIL	1966	PEN	21	05/02/2014	2000.00.00.00
6	93	9095718406	1234 C. GONZALEZ	1966	USD	22	05/05/2015	1807.00.00.00
7	441	9095718406	1561 H. ESTEBAN	1966	USD	31	05/04/2014	1941.00.00.00
8	677	9077215775	1583 S. ROMERO	1966	PEN	32	05/05/2014	1911.00.00.00
9	960	9048846363	1588 E. SANTOS	1966	USD	33	05/05/2015	1546.00.00.00
10	882	9095718406	1683 Y. RAMIREZ	1966	PEN	38	05/06/2014	1911.00.00.00
11	653	9035449675	1701 T. RAMIREZ	1966	USD	39	05/06/2014	1880.00.00.00
12	794	9095718406	1715 S. SANTAMARIA	1966	USD	40	05/06/2015	1515.00.00.00
13	575	9095718406	1791 S. SANTAMARIA	6709	PEN	45	05/06/2014	1880.00.00.00
14	915	9034271817	1809 J. GONZALEZ	1966	USD	46	05/07/2014	1850.00.00.00
15	853	9056786875	1902 M. RODRIGUEZ	1966	PEN	53	05/07/2014	1850.00.00.00
16	640	9077215775	1965 A. SALLMERON	1966	USD	54	05/08/2014	1819.00.00.00
17	600	9035449675	1969 A. SALLMERON	1966	PEN	55	05/08/2015	1454.00.00.00
18	303	9035449675	2130 D. MENDIVIL	1966	PEN	63	05/10/2014	1758.00.00.00
19	171	9077215775	2236 G. RICOLME	1966	PEN	70	05/12/2015	1362.00.00.00
20	217	9034271817	2191 E. LOZANO	1966	USD	77	05/12/2014	1697.00.00.00
21	384	9056786875	2889 Y. MARTINEZ	1966	USD	84	07/03/2014	1970.00.00.00
22	805	9095718406	2025612295 E. LOZANO	1966	USD	85	25/04/2014	1921.00.00.00
23	905	9056786875	2025648895 E. MALDONADO	2300	PEN	109	14/02/2015	1626.00.00.00
24	620	9034271817	1708 Y. LAJAS	2314	PEN	114	05/06/2015	1515.00.00.00
25	203	9034271817	1820 G. RICOLME	2314	PEN	115	05/07/2015	1485.00.00.00
26	918	9056786875	4239 A. SALLMERON	2470	PEN	123	05/12/2014	1753.00.00.00
27	843	9095718406	202560893 E. SANTOS	2420	USD	125	22/10/2014	1741.00.00.00
28	247	9056786875	2025615773 J. FERNANDEZ	2448	USD	126	26/08/2015	1402.00.00.00
29	437	9056786875	2025612222 J. MENDIZABAL	2448	PEN	127	29/03/2015	1399.00.00.00
30	679	9056786875	303 G. RICOLME	2453	PEN	129	03/01/2014	2033.00.00.00
31	187	9034271817	305 H. ESTEBAN	2453	USD	130	05/01/2014	2033.00.00.00
32	420	9077215775	308 H. ESTEBAN	2453	USD	131	03/01/2014	2033.00.00.00
33	70	9048846363	310 G. RICOLME	2453	PEN	132	05/01/2014	2032.00.00.00
34	204	9048846363	612 G. RICOLME	2453	PEN	133	04/01/2014	2032.00.00.00
35	33	9057028012	616 J. FERNANDEZ	2453	USD	134	04/01/2014	2032.00.00.00
36	802	9048846363	3970 M. RODRIGUEZ	2453	PEN	136	10/01/2014	2026.00.00.00
37	794	9048846363	2025649105 G. RICOLME	2453	USD	137	17/01/2014	2019.00.00.00
38	758	9095718406	2025620953 H. ESTEBAN	2453	USD	139	28/01/2014	2014.00.00.00

Ilustración 8 Vista previa de Power Query, editor de datos de Power BI

Es decir, si los datos son exclusivamente caracteres alfabéticos las variables serán de tipo texto. Y así respectivamente lo hará con fechas, números enteros, decimales, datos Booleanos y datos alfanuméricos. Mediante el manejo de Power Query, se designaron los criterios de interpretación de datos para que interprete las condiciones que necesitamos establecer en los datos. Es en este apartado donde se asignaron criterios específicos:

- La información de la Hoja de Excel debe ser obtenida a partir de la 4 fila, debido a que las 4 primeras son etiquetas de diseño como se muestra en la *Ilustración 10*.
- Se especificó que filas de datos son de la naturaleza correspondientes: caracteres, fechas, números enteros, números decimales, verdaderos y falsos respectivamente para cada dato.
- La información proviene de 42 filas en la hoja de Excel KPI por BHA, 5 filas para KPI por Sección y 6 para KPI por pozo, con estas conexiones podemos obtener la información respectiva para cada análisis por etapas.

	A	B	C	D	E	F	G	BY	BZ	CE	CF
1	<b>INFORMACIÓN</b>										
2											
3		#	COMPAÑÍA	UBICACIÓN	CAMPO	TALADRO	POZO				
4	Análisis Type	Job Numbe	Client	Sedimentary Basin	Field	Rig name	Well Name	Tiempo Perforación planeado (días)	Tiempo Perforación Real (días)	Max Desplazamiento (ft)	Maxima Inclinación en la tangente (grados)

*Ilustración 9 La datos en la Hoja Máster de Perforación en las 3 primeras filas no contiene información para ser interpretada por diseño, a partir de las cuarta fila encontramos datos de interés.*

Cabe aclarar que los KPIs provenientes de BHA resultan en gran mayoría los mismos que los KPIs por sección y por pozo debido a que la información de los BHAs conforma los datos de las secciones y que estas representan a su vez el pozo. En el programa

se obtiene el beneficio de que las fórmulas de la *Tabla 1*, son usadas en este apartado ya que la operación de los campos mencionados proviene de la información por BHA. La información que no es obtenida mediante los KPIs por BHA son:

KPIs por Sección:

- Tiempo de perforación planeado
- Máximo desplazamiento
- Máxima inclinación
- BHA Planeado por sección
- BHA Usados por sección

KPIs por Pozo:

- Tortuosidad planeada
- Tiempo real total
- Tortuosidad planeada
- Tortuosidad real
- DDI planeado
- DDI

Estas 11 variables no son obtenidas del cálculo previo como se realizaba en BHA debido a que son datos tomados por operadores cuando se concluyen ciertas etapas, se deben ingresar de manera manual y son los únicos datos en estas secciones que no podemos automatizar por la naturaleza de las variables.

Una vez señaladas todas las condiciones con el programa, el software conoce cuales son los datos que debe analizar y operar. Así mismo se estableció la conexión entre la base de datos de la hoja maestra generada y Power BI para programar las funciones y gráficos adecuados.

Se procedió a guardar los cambios y obtenemos al interfaz de diseño de dashboards como se muestra en la *Ilustración 10*.

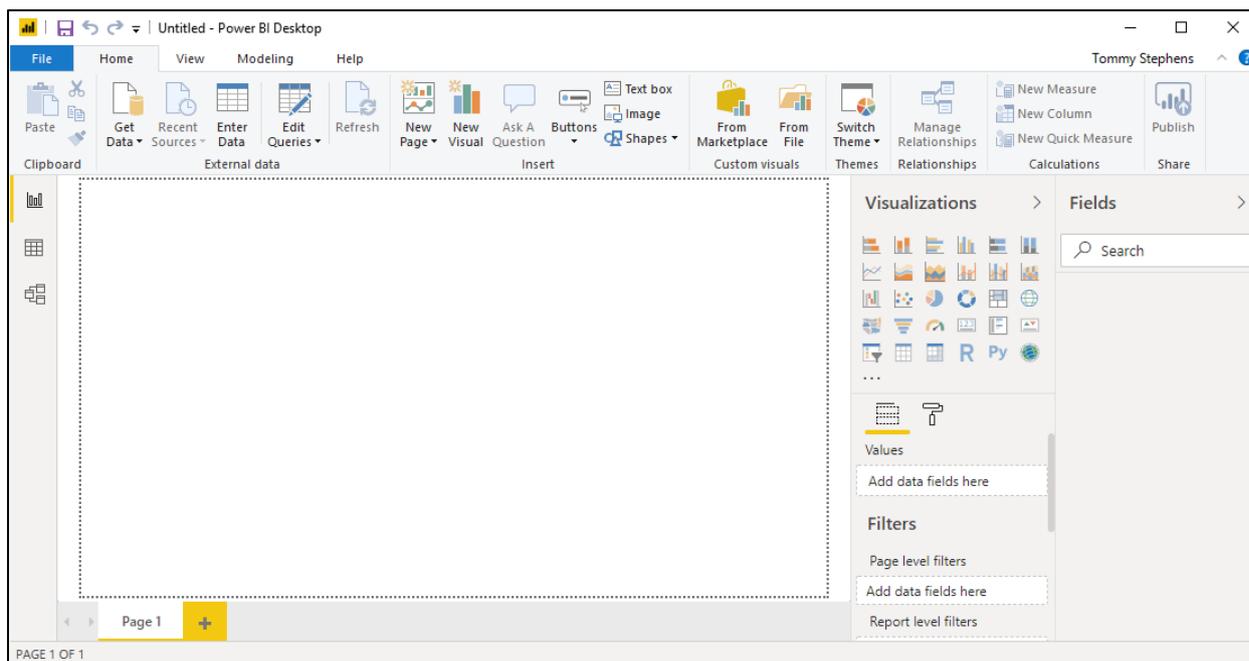


Ilustración 10 Interfaz del editor de dashboards en Power BI

En el apartado de “Datos” encontraremos todas las variables que se importaron desde la Hoja Máster de Perforación. Como se observó en la *Tabla 1*, Se diseñaron indicadores de desempeño entre variables obtenidas directamente de las hojas de Excel y variables dependientes provenientes de la operación de las variables independientes. Es en este apartado donde se crearon las variables operadas matemáticamente. Power BI nos permite crear nuevas variables y almacenarlas en el campo de “Datos” como se muestra en la *Ilustración 11*.

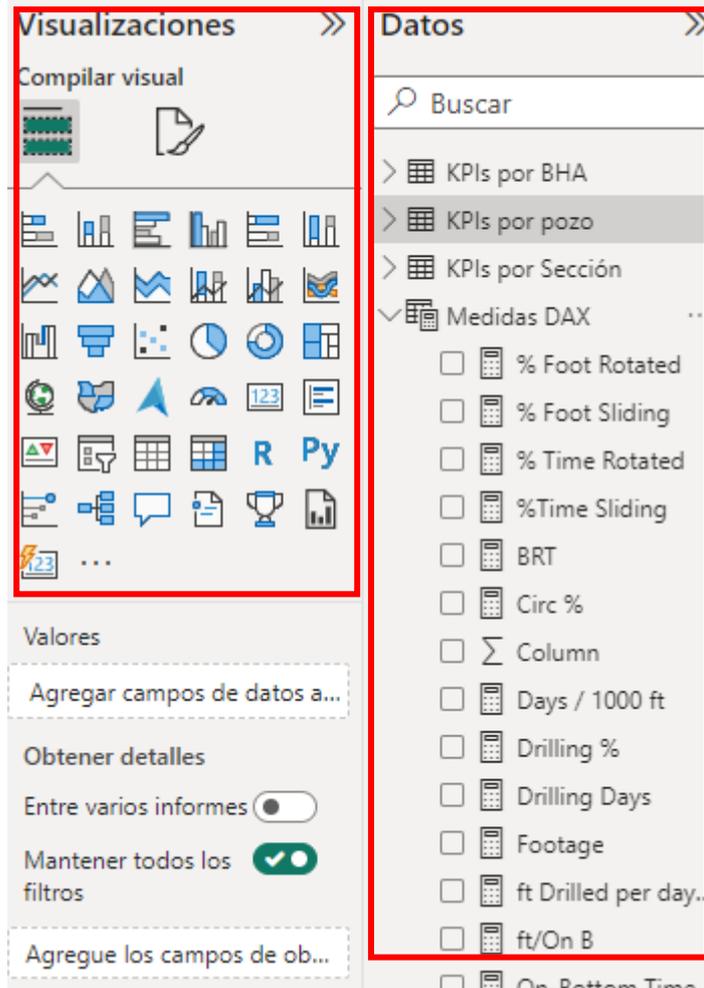


Ilustración 11 Secciones de edición de Power BI, al centro las herramientas de creación de dashboards y a la derecha las variables importadas de la base de datos como variables creadas por operaciones matemáticas.

Al hacer clic derecho a cualquier parte del campo “Datos” que se muestra en la *Ilustración 11*, se despliegan las opciones y se seleccionó crear nuevo campo. Es aquí donde se indicó al programa las operaciones matemáticas que relaciona las variables independientes entre sí para obtener indicadores de rendimiento de alta calidad.

Se programaron los 17 KPIs compuestos de la *Tabla 1* en Power BI y en conjunto a las variables independientes de KPIs por BHA, sección y pozo se elaboraron 17 indicadores de desempeño usados en el proyecto.

Teniendo definidos los indicadores de desempeño, se procedió a definir los gráficos y su respectivo tipo que fueron operados los KPIs y los parámetros de perforación como se muestra en la *Tabla número 2*:

<b>Nombre del gráfico</b>	<b>Tipo de gráfico</b>	<b>Variables:</b>
Tiempo del BHA y profundidad perforada por día	Gráfico de columnas de grupos combinados	Eje X: Pozo, sección, Tipo de pozo, Campo Eje Y: Tiempo en fondo, Sum. Tiempo de bombeo, BRT, pies perforados por día Linea: Pies perforados por día
% Perforación y % de Circulación	Diagrama de pastel	% de perforación y % Circulación
Tiempo operativo	Gráfico de columnas de grupos combinados	Eje x: Pozo, Sección de hoyo Eje y: BRT, Tiempo de bombeo, tiempo en fondo
Ft/ PmpT. ft/On B & Ft/HBRT	Gráfico de barras de conglomerados	Eje x: Pozo, Sección del hueco. Eje y: Pies/Tiempo de Bombeo., Pies/Tiempo en fondo, Pies/Horas BRT
ROP deslizada por sección	Diagrama de pastel hueco	Sección del agujero, Profundidad deslizada
Número de BHAs por sección	Gráfico de barras de conglomerados	Eje X: Sección del agujero, Pozo
Profundidad y ROP por BHA y por Sección	Gráfico de barras de conglomerados	Eje X: Nombre del Pozo, Sección del agujero Eje Y: Tiempo Perforación Real, Tiempo Perforación planeado, días de perforación
Distribución del tiempo	Gráfico de barras de	Eje X: Sección del

para BHA por Sección	conglomerados	Agujero, Nombre del Pozo Eje Y: BRT, Tiempo de Bombeo, Tiempo en Fondo Linea: Profundidad
% Profundidad deslizada por sección de agujero	Diagrama de Pastel Hueco	Sección del Agujero, Profundidad deslizada
Distribución del tiempo	Gráfico de barras de conglomerados	Eje X: Campo, Tipo de Pozo, Sección del agujero, Nombre del Pozo Eje Y: Días de perforación, Tiempo de perforación Real, Tiempo de perforación planeado
Tiempo del Pozo	Gráfico de barras de conglomerados	Eje X: Nombre del Pozo Eje Y: Tiempo total planeado, Tiempo real total
BHAs Reales vs BHAs Planeados	Diagrama de Pastel	BHAs/Sección Real, BHAs Planeado/Sección
Tortuosidad	Gráfico de barras de conglomerados	Eje X: Nombre del pozo, sección de agujero Eje Y: Tortuosidad Planeada, Tortuosidad Real
Complejidad del pozo	Gráfico de barras de conglomerados combinados	Eje X: Nombre del Pozo Eje Y: Tortuosidad Real, Inclinación en la tangente, DDI Línea: Desplazamiento Máximo

ROP por Año	Gráfico de línea	Eje X: Fecha Eje Y: ROP Promedio
Sección vertical máxima por tiempo	Gráfico de barras	Eje X: Fecha, Nombre del Pozo Eje Y: Tortuosidad máxima (Max. por año)
Tipo de Pozos	Gráfico de barras	Eje X: Número de Pozos Eje Y: Tipo de Pozo
Promedio de día perforado por años	Gráfico de barras de conglomerados combinados	Eje X: Fecha Eje Y: Profundidad perforada por día Línea: # Pozos
Profundidad en deslizamiento vs Profundidad en rotación	Diagrama de pastel	Profundidad en deslizamiento, Profundidad en rotación

*Tabla 2 Gráficos diseñados para la creación de dashboards, se muestra las variables que conforman los gráficos, su nombre y el tipo de gráfico propuesto.*

Una vez establecidos los gráficos, se realizaron las dashboards dinámicas propuestas de la Tabla 2, clasificándolas en BHA, Sección y Pozo como sucede en la hoja de Excel.

Cabe aclarar que las variables de BHA pueden ser usadas en Pozo y Sección debido a que la suma de estos BHA constituye Secciones y pozos. Pueden ser usados sin ninguna clase de restricción.

Para generar los gráficos, se debe seleccionar los previamente proporcionados por la herramienta digital. Como se observa en la *Ilustración 11*, estos gráficos se encuentran en la parte de “Visualizaciones”, y acorde a la *Tabla 2*, según el tipo de gráfico seleccionamos el adecuado.

Para generar los gráficos, como se muestra en la *Ilustración 12*, se debe primero dar clic al tipo de gráfico que necesitamos, basándose en la *Tabla 2* se añaden las

variables que se necesitan y como tercer paso se va dando el formato respectivo, como poner títulos, cambiar colores, unidades, etiquetas y disposiciones.

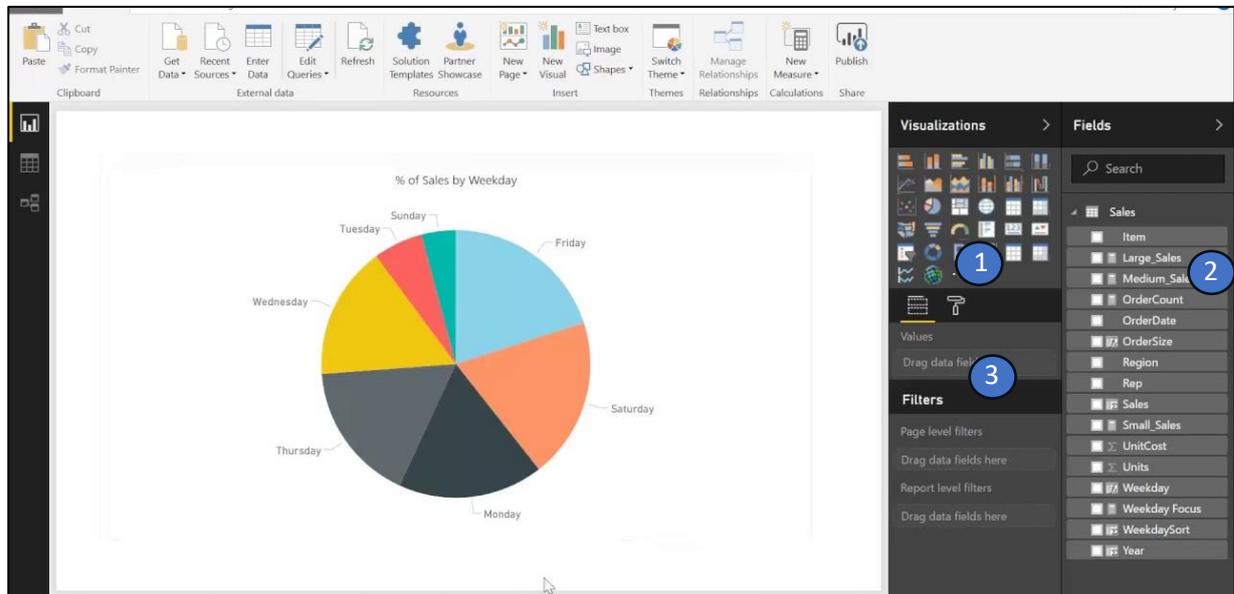


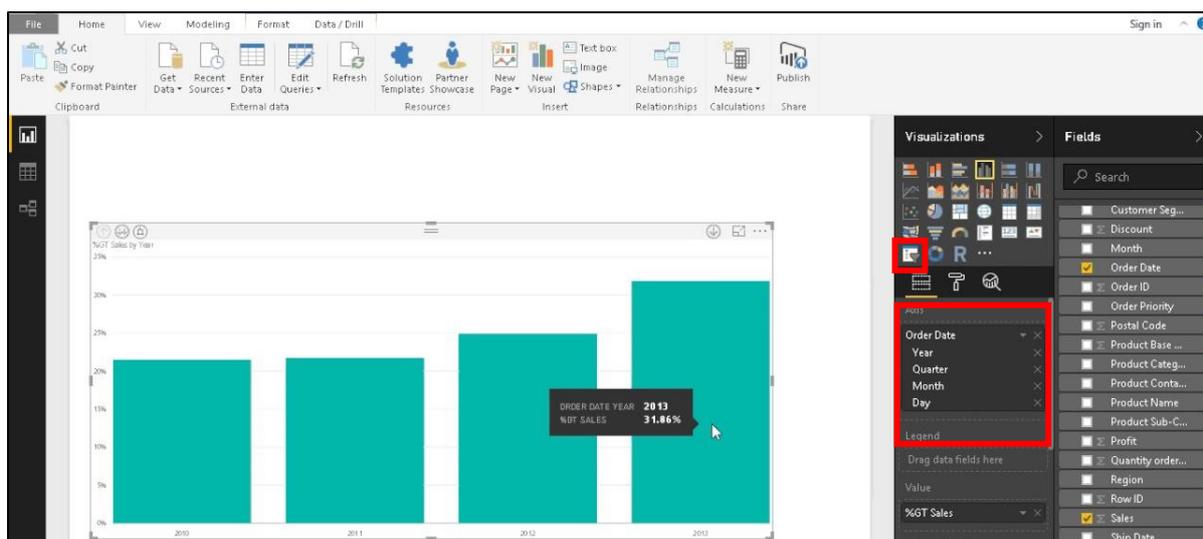
Ilustración 12 Proceso de creación de un nuevo dashboard con variables, gráfico y edición de diseño.

Una vez completada la creación de los gráficos, se establecieron filtros que mejoran la experiencia del usuario al proporcionar una interacción intuitiva y enfocada en el análisis. Los filtros incluyen:

1. Cliente
2. Nombre del Pozo
3. Taladro
4. Sección de pozo
5. Fecha de salida
6. Campo
7. Grupo de herramienta

Filtrar información por estas variables será primordial debido a que permite clasificar información compleja bajo condiciones establecidas por el usuario. Dada la naturaleza de la información en constante actualización, el uso de los 7 filtros se volvió imprescindible. Esto posibilita rastrear indicadores de rendimiento a lo largo del tiempo y clasificar los resultados según herramientas, proyectos, ubicaciones y clientes.

La implementación de nuevos filtros en las dashboards dinámicas, como se muestra en la *Ilustración 13*, es un proceso sencillo. Basta con seleccionar el gráfico de filtro y elegir la variable por la cual se desea filtrar la información. Este enfoque ofrece una mayor flexibilidad en la exploración y análisis de los datos, brindando a los usuarios una herramienta poderosa para personalizar su experiencia y obtener conocimientos más precisos y relevantes.



*Ilustración 13* Al seleccionar la opción filtro, aparecen variables como respuesta para filtrar los datos, para este ejemplo se ha filtrado por un intervalo de fechas los datos seleccionados.

Una vez que los filtros están configurados, se procedió a la selección de los Dashboards correspondientes a los segmentos de BHA, Sección y Pozo, junto con sus respectivas variables y ecuaciones de las Tablas 1 y 2. El proceso de diseño, basado en los criterios de filtros, variables y gráficos, ha permitido obtener los KPIs pertinentes, tal como se ilustra en la *Ilustración 14*.



Ilustración 14 Diseño final de un KPI por pozo, se aplicaron gráficos, filtros y variables previamente diseñadas

### Medición del tiempo optimizado

En el proceso de medición del tiempo de optimización, se llevó a cabo una comparativa entre el enfoque tradicional y el nuevo sistema de dashboards dinámicos. Se obtuvo un tiempo promedio de generación de KPIs de aproximadamente 25.5 minutos utilizando el método tradicional, como se ilustra en la Figura 15. En contraste, con la implementación del sistema, se logró una reducción significativa del tiempo de optimización a un promedio de 10.3 minutos. Esta mejora en la eficiencia se evidencia en la Figura 15, destacando la contribución sustancial de la automatización en la agilización de los procesos.

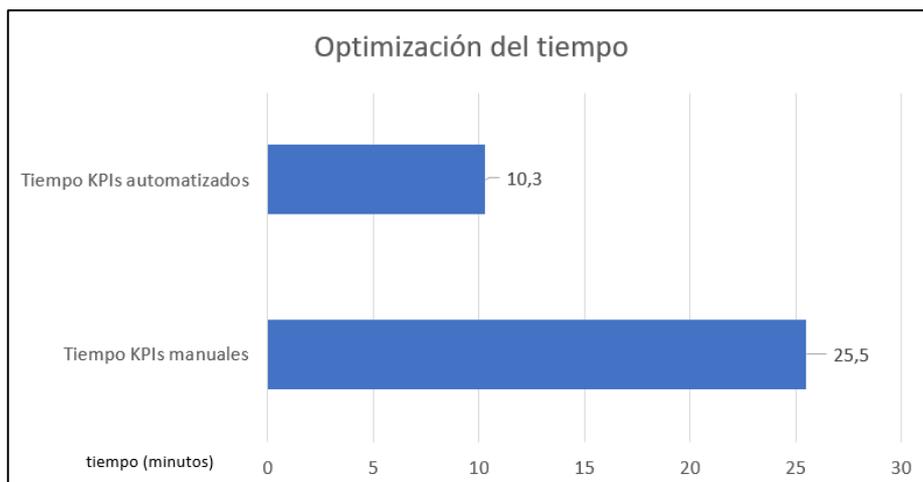


Ilustración 15 Gráfico comparativo que expresa la optimización del tiempo en un 60% aproximadamente

# CAPÍTULO 3

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez culminado el proceso de diseño de dashboards, se elaboraron 7 dashboards dinámicas para el área de perforación. Se obtuvieron 2 dashboards para cada segmento de interés (pozo, sección, BHA y general) donde las variables y gráficas. Estas dashboards son interactivas, es decir que el usuario puede estar verificando datos en tiempo real de variables aisladas, filtrar la información a su conveniencia en tiempo real y los datos son recalculados. Además, cada dashboard posee los 7 filtros mencionados anteriormente porque permitirá refinar las búsquedas personalizadas.

A continuación, son mostradas las dashboards generadas por las clasificaciones previamente indicadas.

### 1. KPIs por BHA

Los dashboards generados en este apartado, nos permiten visualizar la información reportada por cada BHA que se bajó al fondo del agujero, como se observa en la *Ilustración 16*, nos muestra una comprensión de la relación del pozo que se tuvo que rotar y deslizar para obtener el efecto de desviación de pozo para cada BHA que se usó en el pozo y las distribuciones de tiempos empleados para cada BHA introducido para perforar el agujero.

De esta manera, podemos monitorear de manera fácil el tiempo empleado para cada operación, bien sea para perforar el pozo, bombear fluido de perforación o tiempo que las herramientas estuvieron bajo la mesa rotaria, idea para comprender la distribución y optimización de este recurso.

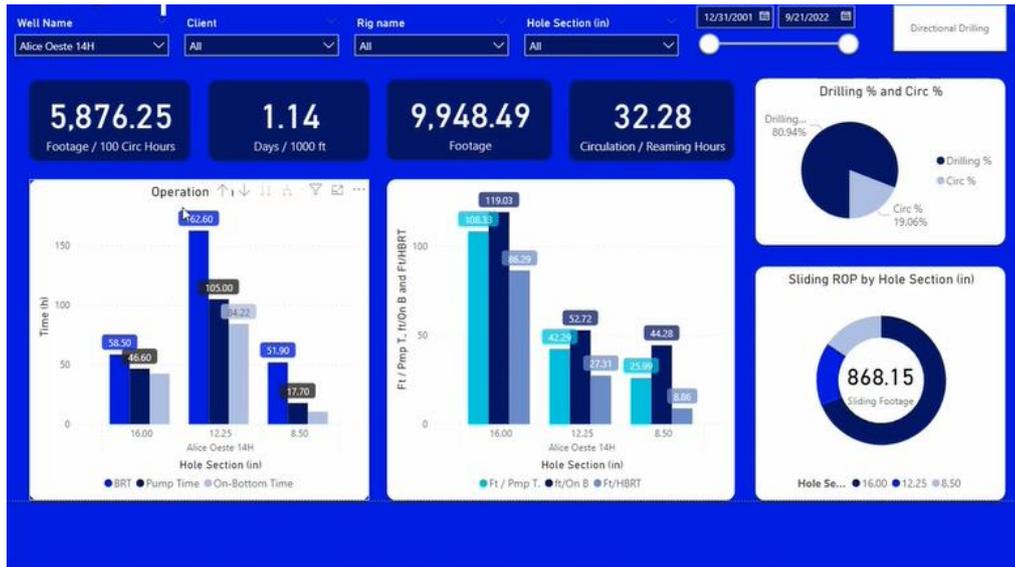


Ilustración 16 Dashboard #1 generada para KPIs por BHA

El segundo dashboard, observado en la Ilustración 17, nos muestra a una escala general el comportamiento de los parámetros fundamentales de cada BHA implementado para un pozo, describiendo cómo fue el comportamiento de la relación entre los mecanismos de perforación deslizados y rotados a través de la profundidad. Obtenemos como datos puntuales a la izquierda los datos de cuánto tiempo se empleó para realizar la perforación con sus respectivos filtros para poder obtener la información del pozo en nuestra Hoja Máster de Perforación.

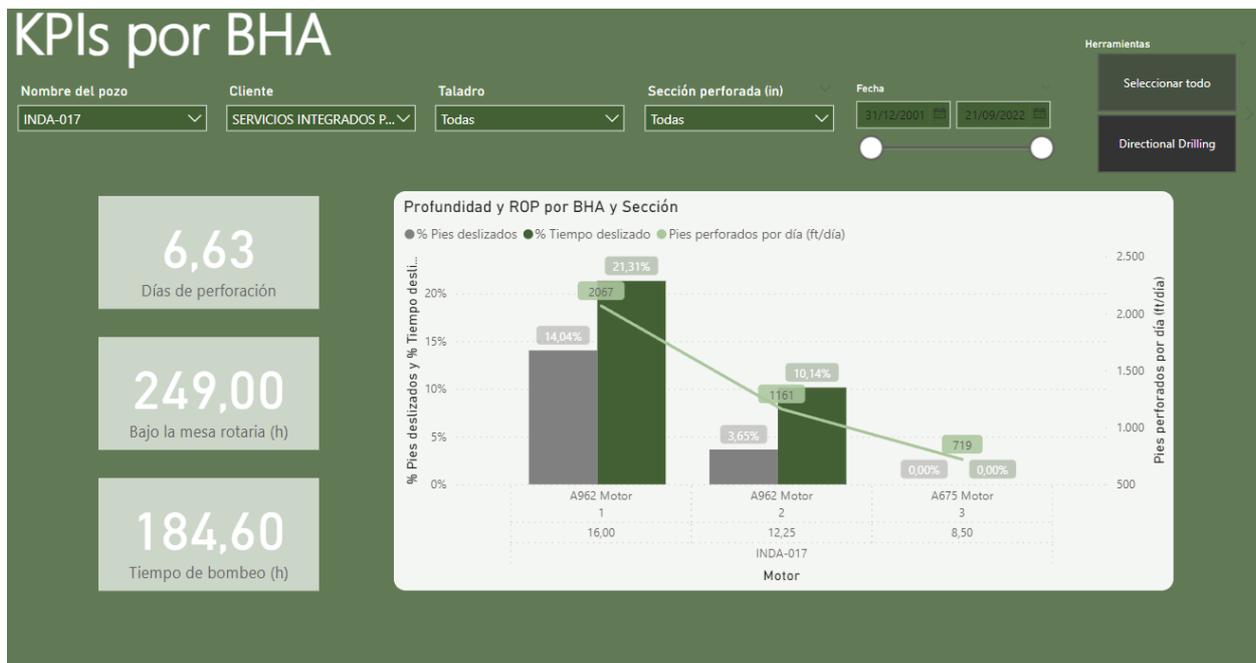


Ilustración 17 Dashboard #1 generada para KPIs por BHA

## 2. KPI por Sección

Para estos dashboards, se analizaron variables diferentes que representan la agrupación de BHAs que contienen una sola sección, es un resumen más detallado de cómo fue realizada la operación antes de hacer un cambio de diámetro.

Como observamos en la Ilustración 18 e Ilustración 19, podemos observar la relación de tiempos manejada para comparar hasta con 2 pozos, la ventaja de este KPI es que nos permite comparar con pozos ejecutados en el mismo campo y comparar su desempeño.



Ilustración 18 Dashboard #1 generada para KPIs por Sección

La Ilustración 19 reporta la relación de la ROP promedio para cada sección y BHAs empleados en estas operaciones, este gráfico nos ayuda a comprender qué tan eficiente resulta la operación ejecutada con las herramientas direccionales empleadas y comprender como se relaciona directamente con la tasa de penetración en el pozo.



Ilustración 19 Dashboard #2 generada para KPIs por Sección

### 3. KPI por Pozo

Para realizar estos gráficos la información a mostrar es más esencial que los gráficos anteriores ya que el punto de interés es la información total del pozo. Para estos dos casos, no fue necesario analizar las secciones y el número de BHA empleados.

Como observamos en la Ilustración 20 E ilustración 21, analizamos a gran escala el índice de dificultad direccional que se obtuvo en todo el pozo, así como su tortuosidad alcanzada y valores promedio en tiempos y modos de rotación.

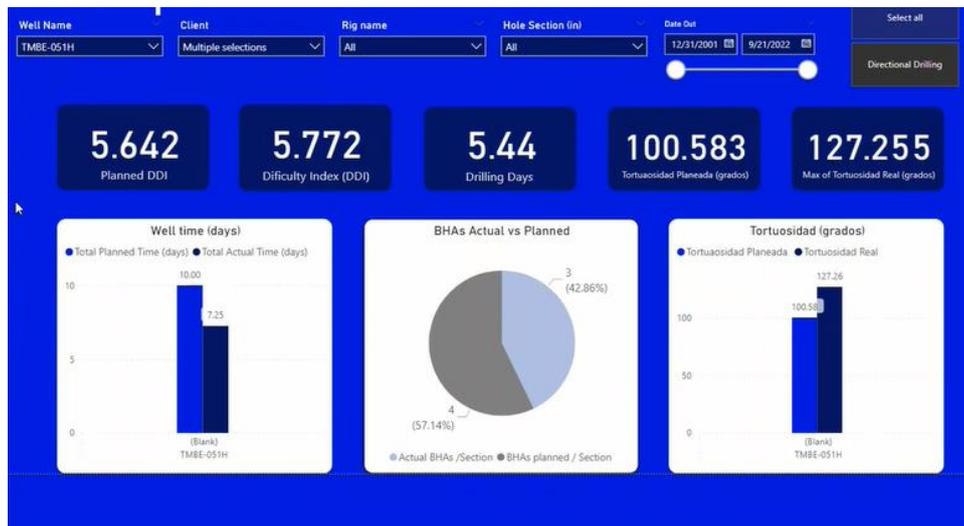


Ilustración 20 Dashboard #1 generada para KPIs por Pozo



Ilustración 21 Dashboard #2 generada para KPIs por Pozo

#### 4. KPI General

Finalmente se realizó un Dashboard donde será presentado para informes de clientes y implementación de estrategias de negocio, la información mostrada son los valores más importantes sin considerar el pozo, secciones o taladros.

La información mostrada son parámetros promedio a través del tiempo, bien sea por trimestres, o un periodo de años, esto para monitorear a gran escala si se están cumpliendo los objetivos de la empresa como se muestra en la Ilustración 22.

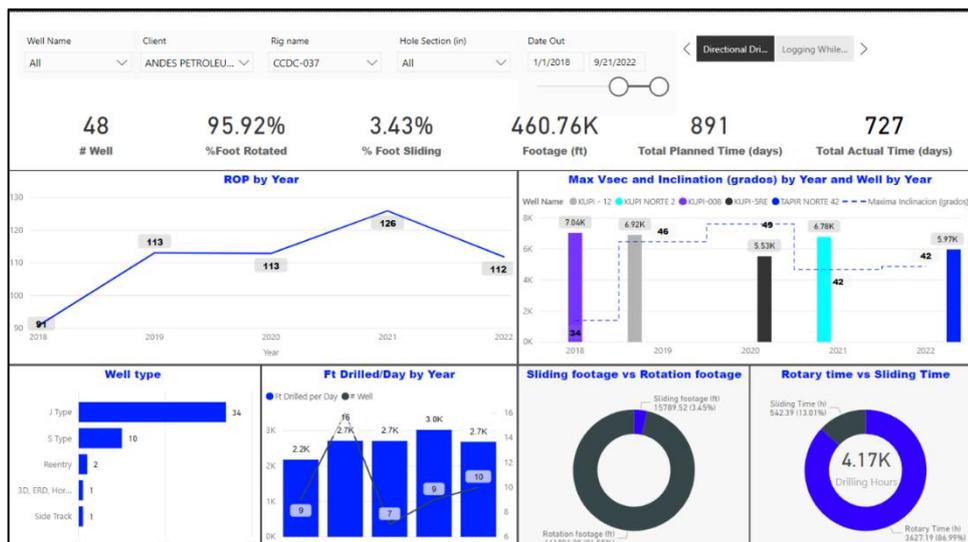


Ilustración 22 Dashboard general de campos petroleros

## **Medición del Tiempo y Optimización de KPIs mediante Dashboards de Power BI:**

Una parte esencial de este proyecto consistió en la medición del tiempo requerido para la generación de KPIs antes y después de la implementación de los dashboards dinámicos en Power BI. El objetivo principal era cuantificar el nivel de optimización que se lograría a través de la automatización de procesos en comparación con el enfoque manual anterior, que involucraba la generación de gráficos en Excel.

Para llevar a cabo esta medición, como se observa en la *Ilustración 15*, se realizó un estudio comparativo donde se midió el tiempo necesario para generar un conjunto específico de KPIs tanto con el proceso manual tradicional como con el nuevo enfoque de dashboards en Power BI. Se seleccionó un conjunto representativo de KPIs y se aplicaron los filtros pertinentes en ambas metodologías para asegurar una comparación precisa.

Los resultados obtenidos demostraron que la implementación de los dashboards dinámicos en Power BI logró un ahorro de tiempo significativo. El proceso manual, que anteriormente requería una cantidad considerable de tiempo para crear gráficos en Excel y analizar los datos, se redujo aproximadamente en un 60% con la automatización proporcionada por Power BI. El proceso automatizado permitió generar los KPIs de manera más eficiente y rápida, lo que a su vez optimizó el flujo de trabajo y mejoró la toma de decisiones.

Para ilustrar esta mejora, se presentó en la *Ilustración 15* que compara el tiempo requerido para generar los mismos KPIs antes y después de la implementación de los dashboards de Power BI expresado en minutos:

La representación visual de este ahorro de tiempo reafirma la eficacia de la automatización en la generación de KPIs y destaca los beneficios concretos obtenidos a través de la implementación de los dashboards de Power BI en términos de eficiencia y productividad como se muestra en la *Ilustración 15*.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El proyecto ha abordado de manera exitosa el desafío de la generación manual de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) en la perforación de pozos a través de la implementación de dashboards dinámicos basados en Power BI. La optimización lograda en el tiempo, reduciéndolo en un 60% en comparación con el proceso manual previo y llevándolo a aproximadamente 10 minutos, resaltando las ganancias sustanciales en eficiencia y calidad de vida de trabajadores. Este logro subraya el potencial de aprovechar herramientas de automatización de datos para mejorar los procesos de toma de decisiones, la utilización de recursos y la eficiencia general de la cadena de valor del segmento de perforación.

El proyecto presenta un alto grado de replicabilidad y aplicabilidad en diversas áreas de servicios, como reservorios, producción, prueba de pozos, workovers, entre otros. La estructura y metodología implementadas para automatizar la generación de KPIs a través de dashboards dinámicos pueden ser adaptadas con su respectivo análisis de variables fundamentales e indicadores para responder a las necesidades específicas de otras líneas de servicio dentro de la industria.

El reconocimiento inicial de la importancia de los KPIs en la evaluación del desempeño empresarial y la posterior identificación de los problemas relacionados con la recolección manual de datos fueron fundamentales para dirigir el enfoque del proyecto. El desarrollo de bases de datos unificadas, la programación de indicadores de rendimiento pertinentes y la creación de dashboards interactivos han resultado en una solución integral para agilizar el análisis, la visualización y la interpretación de datos.

Además de la optimización interna de procesos, este proyecto encuentra aplicaciones valiosas en la mejora de las relaciones con los clientes y la estrategia empresarial. A través de dashboards generales, respaldados por datos precisos y actualizados, se puede demostrar a los clientes el valor de las nuevas tecnologías, estrategias implementadas y el éxito de las operaciones. La transparencia en la presentación de datos aumenta la confianza y profesionalismo, fortaleciendo la relación con los clientes y permitiendo tomar decisiones más informadas y estratégicas.

Los resultados obtenidos con respecto a la mejora del tiempo en la generación de KPIs son contundentes y destacan el impacto positivo de la implementación de los dashboards dinámicos basados en Power BI. A través de una comparación directa entre el proceso manual tradicional y el enfoque automatizado, se logró un ahorro de tiempo sustancial del 60%. Anteriormente, la generación manual de los KPIs requería una inversión significativa de tiempo debido a la elaboración de gráficos en Excel y al análisis manual de los datos. Sin embargo, con la implementación de los dashboards de Power BI, este proceso se ha simplificado y agilizado de manera drástica. Este ahorro de tiempo no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que también permite a los profesionales dedicar más tiempo a la interpretación y análisis de los resultados, lo que a su vez contribuye a una toma de decisiones más informada y estratégica. El gráfico comparativo entre los tiempos de generación antes y después de la automatización reafirma esta mejora de manera visual y cuantificable, resaltando la transformación positiva en el flujo de trabajo y la productividad general del proyecto.

### **Aplicaciones Adicionales en el Área de Perforación:**

Además de la mejora del tiempo en la generación de KPIs, este proyecto presenta una serie de aplicaciones adicionales que pueden impulsar la eficiencia y la toma de decisiones informadas en el área de la perforación. Estas aplicaciones expanden el alcance del proyecto y demuestran su potencial para contribuir a múltiples aspectos del proceso de perforación:

1. **Análisis Comparativo entre Clientes y Campos Petroleros:** Los dashboards dinámicos permiten la comparación detallada de KPIs entre diferentes clientes y campos petroleros. Al visualizar tendencias formacionales, eficiencia operativa y resultados de perforación en distintos contextos, se pueden identificar patrones y tendencias que podrían influir en la toma de decisiones estratégicas. Como se observa en la Ilustración 23, se pueden generar Dashboards donde específicamente se analizan una sola variable como los tiempos de perforación entre pozos ya perforados de diferentes campos y diversos clientes. Este análisis permite encontrar relaciones ocultas entre el tiempo de perforación y las características de la roca en diversas formaciones rocosas. Este enfoque comparativo puede guiar la asignación de recursos, la selección de estrategias y la identificación de oportunidades de mejora.



Ilustración 23 KPI por secciones diseñada para comparar pozos de diversos clientes y campos

2. **Evaluación de Tecnologías Aplicadas en BHA:** Los KPIs generados pueden ser utilizados para evaluar la eficacia de tecnologías y herramientas específicas implementadas en el fondo del pozo (BHA). Al correlacionar el rendimiento de estas tecnologías con los indicadores de rendimiento obtenidos, es posible identificar aquellas que contribuyen de manera más efectiva al éxito de las operaciones de perforación. Esta evaluación precisa y basada en datos puede

respaldar decisiones sobre la adopción y optimización de tecnologías en el futuro.

3. **Predicciones en Perforación basadas en KPIs:** Los KPIs obtenidos a través de los dashboards de Power BI pueden servir como insumos para análisis predictivos en perforación. Al correlacionar los indicadores de rendimiento con resultados históricos y factores externos, es posible desarrollar modelos que estimen el rendimiento y los resultados futuros de las operaciones de perforación. Estas predicciones pueden proporcionar una valiosa guía para la planificación, asignación de recursos y estrategias futuras.

En conjunto, estas aplicaciones adicionales resaltan el potencial transformador de este proyecto en el área de la perforación. Más allá de la optimización de tiempos y procesos, la generación de KPIs precisos y automatizados ofrece una base sólida para el análisis estratégico dentro de la compañía, la toma de decisiones informadas y la exploración de tendencias y predicciones. Estas aplicaciones ilustran cómo el proyecto no solo impacta en la eficiencia operativa, sino que también impulsa la innovación y la excelencia en la industria de la perforación.

## **Recomendaciones**

Las recomendaciones previamente mencionadas siguen siendo relevantes para asegurar el éxito continuo del proyecto en su implementación en otras líneas de servicio. Además, considerando la replicabilidad del proyecto, se añaden las siguientes recomendaciones:

1. **Análisis de indicadores de indicadores de desempeño:** Al replicar el proyecto en diferentes líneas de servicio, es fundamental llevar a cabo un análisis detallado de las necesidades y particularidades de cada área. Esto

permitirá adaptar la estructura y métricas de los KPIs para que se alineen de manera óptima con los objetivos y procesos de cada segmento.

2. **Colaboración Interdisciplinaria:** Dado que las diferentes líneas de servicio pueden involucrar equipos y habilidades distintas, se recomienda fomentar la colaboración y análisis interdisciplinario. La participación de expertos en cada área garantizará que los KPIs generados sean representativos y accionables para todos los involucrados.
3. **Validación y Ajustes Iterativos:** Al replicar el proyecto en nuevas áreas, se debe priorizar la validación y ajustes iterativos de los dashboards y métricas. Tomando en cuenta la retroalimentación de los usuarios y la evaluación constante asegurarán la adaptación precisa y la mejora continua del proyecto.
4. **Validación de los datos:** Establecer reglas y validaciones en la base de datos que limiten la entrada de datos incoherentes o incorrectos. Como los rangos permitidos para valores, formatos específicos y controles de duplicación.
5. **Capacitación de usuarios:** Brindar capacitación a los usuarios sobre las mejores prácticas para ingresar datos a la *Hoja Máster de perforación* de manera coherente y precisa.
6. **Seguimiento de Datos:** Establecer procesos de seguimiento de datos para identificar y corregir cualquier anomalía o discordancia. Esto garantizará que los datos se mantengan actualizados y consistentes en todo momento.

# BIBLIOGRAFÍA

## **Bibliografía en caso de utilizar norma APA:**

Durán, X. (2019). *El imperio de los datos: El Big Data, la privacidad y la sociedad del futuro*.

España: Publicacions de la Universitat de València.

Parmerter, D. (2019). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. New York: John Wiley & Sons.

Zamora, A. G. (2013). *Los indicadores claves de desempeño kpi's y su impacto en el control de gestión de los pozos de perforación en petroamazonas (FASE PRELIMINAR)*. Ambato.

Wilson, J. D., Buffa, A. J., Lou, B. (2022). *College Physics*. Reino Unido: Prentice Hall.

Baby, P., Rivadeneira, M., Barragán, R. (2015). *La Cuenca Oriente: Geología y petróleo*.

Ecuador: Institut français d'études andines.

Inglis, T. (2013). *Directional Drilling*. Alemania: Springer Netherlands.

Guan, Z., Chen, T., Liao, H. (2020). *Theory and Technology of Drilling Engineering*. Alemania: Springer Nature Singapore.

Casas Roma, J., Julbe López, F., Nin Guerrero, J., Julbe, F. (2019). *Big data: análisis de datos en entornos masivos*. España: Editorial UOC.

Torres, F., Atehortua, D., Caballero, M. (2018). *Inteligencia de Negocios con Excel y Power Bi: Una Guía Exhaustiva para la: Preparación, análisis y Visualización de Datos*. Colombia: Camara Colombiana del Libro.

Segarra, R. (2017). *Revestidores y Tubería en El Pozo*. Scribd.

<https://es.scribd.com/doc/316558050/Revestidores-y-Tuberia-en-El-Pozo#>

Universidad Autónoma de México [UNAM]. (2018). *EVALUACIÓN PETROLERA Y MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN EN LA CUENCA DE BURGOS*. Repositorio Facultad

Ingeniería.

[http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1349/7/A7\\_CAP%C3%8DTULO\\_4.pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1349/7/A7_CAP%C3%8DTULO_4.pdf)