

IMPORTANCIA Y VENTAJAS DE LOS KPI (KEY PERFORMANCE INDICATORS) EN LOS PROYECTOS: ENFOQUE DE PROCESOS EN EL SECTOR PETROLERO

VALENTINA ORTIZ BUITRAGO
ID 000432591
HUGO FERNANDO PARDO LÓPEZ
ID 000175754

Director(a)
Marcela Villa Marulanda, MSc.

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga
Escuela de Ingeniería
Especialización en Gestión de Proyectos
2021

Copyright © 2021 por Copyright © 2021 por Valentina Ortiz Buitrago, Hugo Fernando Pardo López. Todos los derechos reservados. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.

El presente documento constituye un logro personal, el cual no podría haber alcanzado sin la voluntad de Dios y sin el amor, la compañía y el apoyo incondicional de mi familia. Por ellos enfoco mis esfuerzos en todo lo que llevo a cabo y a ellos debo y dedico la totalidad de mis logros y mis alegrías – Valentina Ortiz Buitrago -.

Este trabajo está dedicado principalmente a DIOS y a mi familia que me ha apoyado a lo largo de mi carrera universitaria y mi vida. –Hugo Fernando Pardo López-.

- **VALENTINA ORTIZ BUITRAGO:**

A DIOS, que me puso en el momento y el lugar indicado.

A MI ABUELA, MIS PADRES Y MI HERMANO agradezco por la educación que me brindaron, por impulsarme día a día a crecer como persona y como profesional.

Por ser el pilar de mi vida y acompañarme en todo lo que emprendo con la mejor actitud y los mejores consejos.

Por estar acompañándome incondicionalmente incluso en los momentos en los que el estudiar y trabajar fueron mi única preocupación y consumieron mi tiempo.

A LOS DOCENTES DE LA ESPECIALIZACIÓN, por brindarme su conocimiento y experiencia para lograr mi objetivo.

- **HUGO FERNANDO PARDO LÓPEZ:**

A DIOS, Que me dio la vida para estar aquí, la fortaleza para superar los obstáculos y la sabiduría para poder culminar esta etapa satisfactoriamente.

A mis padres Orlando Pardo Duarte y Nubia Yolanda López Quintero, Por su inmenso amor, su apoyo incondicional durante toda mi vida, por su motivación a seguir adelante a pesar de los obstáculos, por sus consejos, enseñanzas en momentos de dificultad, por ser mi ejemplo a seguir y a quien le debo todo lo que soy.

A mi esposa Ivy Johana Zapata, Por estar en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo, por su amor y comprensión, quien ve en mí la persona y el profesional que quiero llegar a ser.

A mis hijos Joseph Fernando Pardo Zapata y Thiago Joel Pardo Zapata, Que son el mejor regalo que haya podido recibir de parte de Dios, son mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración, a quienes siempre cuidare para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismo. Gracias a ellos por ser la felicidad de mi vida, gracia a ellos por permitirme ser cada día mejor padre.

A Ecopetrol S.A, Por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda

Resumen general de trabajo de grado	1
General summary of work grade.....	2
Introducción	3
Delimitación del problema.....	5
Antecedentes	8
Justificación	12
Objetivos	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
Marco teórico	14
DEFINICIÓN DE KPI	14
KPI COMO HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS	15
INDICADORES CLAVES DE RENDIMIENTO (KPI) MÁS APLICABLES PARA LOS GERENTES DE PROYECTOS	17
Nivel de Calidad Seis Sigma (Six Sigma Level)	18
Tasa de Uso de la Capacidad (CUR, Capacity Utilisation Rate).....	19
Tiempo de Ciclo de Cumplimiento de los Pedidos (OFCT, Order Fulfilment Cycle Time).....	20
Tiempo de ciclo de Entrega Completa y A Tiempo (DIFOT, Delivery In Full – On Time).....	20

Tasa de Contracción del Inventario (ISR, Inventory Shrinkage Rate)	21vii
Rendimiento en la Primera Pasada (FPY, First Pass Yield)	21
Nivel de Retrabajo (Rework Level)	22
Índice de Calidad (Quality Index).....	22
Efectividad Global de los Equipos (OEE, Overall Equipment Effectiveness)	22
Tiempo de Inactividad de Máquina o Proceso (Process or Machine Downtime Level)	24
Metodología	25
Resultados y discusión.....	27
MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Y EL RENDIMIENTO DE PROYECTO	27
Indicadores del desempeño del proyecto	31
Indicadores de rendimiento del proyecto	32
INDICADORES DE DESEMPEÑO DE SEGURIDAD DE PROCESOS PARA LAS INDUSTRIAS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA.	41
El enfoque de cuatro niveles	41
Selección del KPI.....	45
PASOS PARA DISEÑAR UN KPI.....	27
Identificar metas estratégicas:.....	28
Asegurar que los KPI seleccionados apoyen las metas de la compañía:	28
Validar que los que los KPI sean comparables:.....	28
Definir responsables para el seguimiento de los KPI:	28
Especificar la frecuencia de las evaluaciones:	28
Repositorio de la Información:	28

FORMULACIÓN DE INDICADORES.....	37viii
Inyección No conforme.....	38
Pozos cumpliendo con capacidad disponible.....	38
Porcentaje de producción Diferida.....	39
Indicador Cumplimiento del Pronóstico Operativo de Producción (POP).....	39
Indicador de costo del Upstream.....	40
Costo integral de producción y logística.....	40
Costo total de producción	40
Conclusiones	46
Recomendaciones.	48
Referencias.....	49

Lista de tablas

Tabla 1	19
Tabla 2	35
Tabla 3	37

Lista de figuras

Figura 1	35
Figura 2	42

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: IMPORTANCIA Y VENTAJAS DE LOS KPI (KEY PERFORMANCE INDICATORS) EN LOS PROYECTOS: ENFOQUE DE PROCESOS EN EL SECTOR PETROLERO

AUTOR(ES): VALENTINA ORTIZ BUITRAGO
HUGO FERNANDO PARDO LÓPEZ

PROGRAMA: Esp. en Gestión de Proyectos

DIRECTOR(A): MARCELA VILLA MARULANDA

RESUMEN

Los indicadores claves de rendimiento (KPI, Key Performance Indicators) son un conjunto de indicadores útiles en las organizaciones y en los proyectos para realizar la medición de variables establecidas al momento de decidir qué factores presentan gran influencia o tienen mayor impacto en una organización. El presente documento ha sido realizado para exponer las ventajas y la importancia de integrar los KPI en las organizaciones y proyectos mediante la exposición del caso de la adopción de KPI en la industria petrolera en Colombia. A través de la búsqueda de información secundaria se pudo evidenciar que el establecimiento de los KPI en las organizaciones colombianas es inusual, siendo el sector oil & gas pionero en su adopción. El principal motivo por el cual las organizaciones pertenecientes a este sector han adoptado los KPI es la utilidad de los mismos ante la medición de los indicadores en tiempo real que permite tomar correctivos en el momento sin asumir adicionales en costos o daños en calidad. Basados en la información existente, consignada en los formatos de calidad de la industria petroquímica se obtuvieron múltiples indicadores que han sido implementados hasta la fecha. En esta revisión se evidenció la forma como miden el rendimiento y el desempeño, además de dilucidar cómo se diseñan y se formulan los KPI en las diferentes organizaciones y proyectos del sector y la razón de su implementación.

PALABRAS CLAVE:

KPI, indicadores, impacto, oil & gas, tiempo real,

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

General summary of work grade

2

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: IMPORTANCE AND ADVANTAGES OF KPI (KEY PERFORMANCE INDICATORS) IN PROJECTS: PROCESS APPROACH IN THE OIL SECTOR

AUTHOR(S): VALENTINA ORTIZ BUITRAGO
HUGO FERNANDO PARDO LÓPEZ

FACULTY: Esp. en Gestión de Proyectos

DIRECTOR: MARCELA VILLA MARULANDA

ABSTRACT

Key Performance Indicators (KPIs) are a set of useful indicators in organizations and projects to measure variables set when deciding which factors have the greatest influence or have the greatest impact on an organization. This document has been made to explain the advantages and importance of integrating KPIs into organizations and projects by exposing the case of KPI adoption in the oil industry in Colombia. Through the search for secondary information, it was evident that the establishment of KPIs in Colombian organizations is unusual, being the oil & gas sector pioneering their adoption. The main reason why organizations belonging to this sector have adopted KPIs is the usefulness of them in measuring indicators in real-time that allows correctives to be taken at the moment without assuming additional costs or damage in quality. Based on existing information, contained in the quality formats of the petrochemical industry, multiple indicators were obtained that have been implemented to date. This review demonstrated how performance and performance measure, as well as elucidating how KPIs are designed and formulated in different organizations and projects in the industry and the reason for their implementation.

KEYWORDS:

KPI, indicators, impact, oil sector, real-time

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Las mediciones que se realicen a nivel empresarial del comportamiento de algún indicador permiten conocer el estado del mismo, sin embargo, llevar a cabo estas mediciones suele ser engorroso e impráctico. Es muy común que, al realizar mediciones a un proceso, se mida algo que no represente mayor afectación en un proyecto o incluso que dichas mediciones arrojen datos cuando los proyectos ya están en etapas avanzadas en las que no se puede hacer nada por la mejora (Isotools, 2018). Razón por la que muchos proyectos suelen fracasar.

Los KPI son indicadores versátiles y fáciles de entender, lo que permite una diversidad de combinaciones para medir el cumplimiento de objetivos y metas de una organización o proyecto. Dentro de las múltiples ventajas se encuentra la transversalidad en diferentes áreas funcionales, con lo cual es posible tener información adaptada según el nivel de influencia del área (Riaño, 2020). Cuando la medición de los KPI se hace de manera porcentual con respecto a una meta definida, se visibiliza la eficacia de los procesos, con lo cual se pueden definir niveles de alerta sobre la necesidad de mejoras o intervenciones en los mismos. Según la metodología con la que se obtienen y se procesan los datos de los KPI se pueden obtener mediciones constantes en tiempo real y rápidas que además de informar el estado actual contribuye con la optimización del indicador evaluado al permitir realizar las correcciones sobre la ejecución.

Estas ventajas dan importancia a la medición de dichos indicadores haciéndolos atractivos y útiles, pues permiten conocer el estado actual de un proyecto u organización y compararlo con las metas determinadas para cada indicador. El hecho de conocer el

estado actual en un tiempo real va a permitir que se apliquen los correctivos necesarios 4
o determinar el éxito o fracaso de una organización o proyecto específico (Marr, 2020).

Actualmente, la implementación de KPI a nivel organizacional en el mundo es común en empresas multinacionales que los adoptan como forma de estandarización de calidad, pero en Colombia son muy pocas las organizaciones que los implementan y se puede afirmar incluso que dentro de la cultura organizacional es un tema desconocido. Una parte de las empresas que implementan KPI lo hace de forma incorrecta porque desconoce los indicadores que debe incluir, mientras que el sector *oil & gas* en el país es pionero en implementación, investigación y obtención de resultados mediante el uso de KPI.

En el presente documento se abordan los KPI desde su parte teórica al definirlos y explicar el uso de los mismos como herramientas a nivel organizacional. En la parte práctica se abordan presentando algunos de los indicadores claves de rendimiento más aplicados por los gerentes de proyectos, la medición del desempeño y el rendimiento en los proyectos y los indicadores de ambos. Adicionalmente se presenta como enfoque de la presente monografía, un indicador característico de la industria petroquímica que es el de seguridad en los procesos. Finalmente se plantean cuáles son los pasos para diseñar un KPI y la formulación de indicadores que realizan específicamente en el sector *oil & gas*.

Los KPI son indicadores de desempeño que varían según el cumplimiento de los objetivos previamente establecidos en una organización. Consideramos que los KPI son de los indicadores más completos porque tienen en cuenta muchas variables y factores, además de diversas unidades de medida por lo cual es amplio su rango y permite evaluar los diferentes ítems que se consideren relevantes para un proyecto.

Su importancia es que permiten reflejar el rendimiento en un periodo determinado y conocer el desempeño del proyecto en un tiempo establecido, incluso al momento actual.

Es decir que considerando KPI en los procesos de los proyectos se obtendrá un control constante de múltiples indicadores que se consideran importantes para el proyecto o la organización logrando medir la eficacia y productividad de todas las acciones que se realicen. Las decisiones serán tomadas teniendo en cuenta estos indicadores y la efectividad de las mismas frente a los objetivos previamente definidos en el plan estratégico de una organización o un proyecto determinado.

Pese a la importancia y utilidad de estos indicadores actualmente es común apreciar diversas situaciones, una de ellas es que las empresas que los tienen establecidos para sus proyectos hacen parte de una minoría. Incluso existen organizaciones que sí consideran los KPI como un tema de vital importancia para sus proyectos, pero no tienen estandarizados los factores que deben incluirse debido a la afectación que puedan generar tanto en los proyectos como en las organizaciones.

En la industria petroquímica son bien conocidos y comúnmente usados y su aplicación varía dependiendo de la estrategia del tipo de proceso o proyecto que se va a

evaluar. En Colombia, no existen investigaciones sobre el tema ni documentos oficiales ⁶ que describan la aplicación y los resultados de los KPI. El sector *oil & gas* realiza el establecimiento de los mismos a nivel interno y los usa para evaluar el desempeño y el rendimiento de las empresas contratistas, para los cuales los KPI son diferentes, porque dependen del proceso que van a llevar a cabo y de cual indicador es aplicable y da más información de cada proyecto.

La presente investigación no considera el análisis de producción del sector *oil & gas*, sino la generación de los KPI que se utilizan para sintetizar la información sobre la eficiencia y la productividad de las acciones realizadas en un proyecto, proceso o trabajo en esta industria.

El alcance de este documento permite comprender los temas relacionados con los KPI en la actualidad y los métodos aplicables a la industria petroquímica y sus procesos en el país, con el fin de dar un lineamiento óptimo en la industria del *oil & gas*.

Este trabajo de grado será realizado mediante revisión documental de toda la información acerca de uso de indicadores y de KPI en las organizaciones y su estado actual en el país. Se tomará la evidencia de cómo estas empresas que los implementaron tienen una ventaja estratégica sobre las otras y como se han visto mejorados sus procesos de calidad, riesgos y ventaja estratégica. Adicionalmente se incluirá información y evidencia de algunos KPI adoptados por el sector petrolero en Colombia y como se da el manejo de los mismos (qué indicadores se consideran y bajo que supuestos).

La temporalidad del documento no será restringida y se tomarán todos los registros encontrados respecto al uso de KPI resaltando su estado actual y la dinámica que ha sufrido esta herramienta.

Con este trabajo se busca resaltar la importancia y la ventaja de considerar los KPI⁷ al interior de los proyectos y las organizaciones, así como visualizar y exponer el estado actual del uso de estos en los proyectos, principalmente en los del sector petrolero que se desarrollan en Colombia.

A lo largo de la historia, la medición de los procesos y actividades internas dentro de la industria se ha convertido en una herramienta eficaz que puede generar resultados positivos en el proceso de mejora, permitiendo a las empresas tomar decisiones básicas para alcanzar y establecer metas a corto, mediano y largo plazo. Estos indicadores se utilizan como apoyo en la gestión de los proyectos y en el proceso de toma de decisiones sobre el estado actual del proyecto.

Román (2020) presenta la secuencia de tiempo de la evolución de KPI y cuándo acontece la incorporación del cuadro de mando integral (CMI).

En el siglo III, el emperador de la dinastía Wei comenzó a medir el comportamiento de los miembros de la familia real. A principios del siglo XIX, un molinero escocés utilizó barriles de madera pintados en varios colores para evaluar el desempeño de sus trabajadores. A principios del siglo XX, se crearon métodos más efectivos, como la medición del Retorno de Inversión, que a su vez marco el inicio de un tablero de medición francés llamado *tableau de bord*. Este tablero fue evolucionando hasta que en la década de 1990 se creó lo que hoy conocemos como cuadro de mando integral (CMI) ó *Balanced Score Card* (BSC).

Drucker (1946) afirma que las empresas de éxito están limitadas por los KPI, por el deseo de mejorar y aumentar la competitividad, y que esto está definido por las mediciones ya que sin ellas no se puede mejorar. Esta afirmación es reforzada por Camelo (2020) al presentar un análisis interesante de cómo establecer indicadores de gestión y sus características para aprovecharlos a nivel empresarial, y asegura que actualmente vivimos en un mundo limitado por KPI.

Este modelo de gestión requiere un control continuo sobre los indicadores clave, ⁹ que pueden probar fácilmente el desempeño general de la organización (Rincón, 1998). Sin embargo, aunque el papel del KPI en el cuadro de mando integral juega un papel decisivo para lograr su máxima eficacia, el contenido del cuadro de mando determinará el uso y los beneficios de los diferentes indicadores.

A Nivel mundial los KPI son comúnmente usados y aplicados en todos los niveles de las organizaciones, siendo incluso pilares fundamentales que se incluyen en cada proceso de un proyecto determinado. El nivel de inclusión de estos KPI, su área de aplicabilidad y la información consultada para el desarrollo del presente documento, evidencia variaciones para cada país.

En países latinoamericanos la aplicación es reciente, pero destaca el uso que hacen de los KPI enfocándolos a su utilidad en la parte de mantenimiento preventivo y desempeño en áreas tan diversas como la industria automotriz (Coveña, 2017), la industria metalúrgica (Rodrigues y Canelada, 2015), el área de tecnología de la información (Marianjel, 2019) y materias primas para el sector alimentario (Carvalho y Dos santos, 2015; Rosales, 2019).

Específicamente en el sector petrolero, existen dos estudios en el Ecuador que son pioneros en la aplicación y registro de los KPI en la industria *oil & gas*. El primero es un estudio que evalúa el impacto de determinados KPI en el control de la gestión de una fase inicial de pozos de perforación (Mora, 2013).

El segundo es un estudio técnico económico para la optimización de parámetros de perforación a través del análisis de KPI, en los pozos del campo Tambococha; su enfoque es evaluar las operaciones de perforación utilizando indicadores clave de

rendimiento (KPI) para optimizar el tiempo y los costos en la industria petrolera (Vera 10 y Verdezoto, 2020).

En Colombia existe actualmente un estudio cercano a nuestro objetivo que es una tesis de maestría escrita por Riaño (2020), la cual está basada totalmente en los KPI, sin embargo, el enfoque de la misma es hacia la logística del sector agroindustrial colombiano. Con lo anterior podemos afirmar que actualmente hay carencia de investigación respecto al tema, pues si bien es cierto que los KPI son comúnmente usados en el sector petrolero, no existen publicaciones puntuales que evidencien el estado de estos a nivel de organizaciones o proyectos.

La industria del sector petrolero se rige por un conjunto de normas (API, ASME, ISO, etc.) cuyos parámetros son aplicables a diferentes procesos con el fin de mejorar su uso y adecuarlo a situaciones específicas. En búsqueda de eficiencia y aplicabilidad de dichos parámetros se han incluido tanto en las organizaciones como en los procesos los indicadores (KPI) como la herramienta que ha contribuido a perfeccionar cada uno de los procesos de la industria y que integra gran parte de lo que hoy en día se conoce como direccionamiento estratégico.

En los procesos de recobro mejorado de la industria del petróleo se han generado muchos indicadores claves (KPI) que permiten determinar los parámetros idóneos a la hora de evaluar un proceso en general, enfocando cada indicador a cada una de las áreas a evaluar. Dicha acción permite medir su éxito en función de los objetivos y metas preestablecidas.

La información proporcionada en este documento y teniendo en cuenta la cantidad de indicadores que se utilizan actualmente, proporcionan un punto de partida que permite

determinar las características de las variables relacionadas con la medición de KPI a¹¹ través de la satisfacción de clientes y grupos de interés con el apoyo de procesos internos en el sector *oil & gas*.

Resaltar la importancia y las ventajas de la implementación de KPI en las organizaciones o proyectos determinados y exponer casos puntuales de la aplicación de estos, permitirá que se visualicen como estrategia base en la dirección de proyectos. El hecho de indagar sobre algo poco aplicado en la actualidad y conocer más sobre el tema, permite que su aplicación sea más fácil y cumpla con su utilidad al tiempo que se convierte en algo cotidiano permitiendo su implementación tanto en los proyectos como en las organizaciones.

Dichas acciones conllevarán a que los KPI sean ampliamente aplicados en todos los proyectos desarrollados en el país, para que mediante su aplicación las organizaciones puedan a medir la eficacia y productividad de todas las acciones que se realicen. Bajo estas métricas se podrán tomar decisiones según la efectividad de las mismas frente a los objetivos previamente definidos en el plan estratégico de una organización o un proyecto determinado. Lo cual constituye que a largo plazo los procesos estén constantemente monitoreados y controlados, desencadenando en cumplimiento de los objetivos organizacionales, disminución o correcto manejo de los posibles riesgos y una ventaja estratégica frente a otras organizaciones o proyectos.

El impacto que se pretende lograr es visibilizar los KPI como herramienta transversal en las áreas de calidad, de gestión de riesgos y de seguimiento y control para el monitoreo, control y mejora en los proyectos y las organizaciones. Evidenciar y exponer los proyectos en los cuales la implementación de estos indicadores ha sido exitosa quiere resaltar la importancia de los mismos al interior de una organización y las ventajas estratégicas que puede acarrear para la organización o proyecto.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Determinar las ventajas y la importancia de los KPI en las organizaciones y los proyectos, realizando énfasis en el desarrollo de una estructura documental de los KPI mediante ejemplos y evidencias en proyectos del sector petrolero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar casos específicos y aplicados para llevar a cabo el diseño de los KPI en organizaciones o proyectos.
- Establecer los indicadores con más amplia influencia sobre el éxito de los proyectos y su utilidad en las organizaciones.
- Trazar indicadores clave utilizados en la ejecución de proyectos en el sector petrolero.
- Presentar el caso de KPI específicamente aplicado por la industria petroquímica en Colombia.

DEFINICIÓN DE KPI

Al analizar actividades y procesos en diferentes campos, se deben considerar los parámetros que son útiles para la toma de decisiones para asegurar que el proceso cumpla con los objetivos de la organización. El seguimiento de estos parámetros permite evaluar el logro de metas a través de indicadores clave de desempeño KPI, los cuales se definen como parámetros digitales que brindan información sobre factores clave relacionados con expectativas definidas en una organización, proceso o personal.

Al comparar el valor de un indicador clave de rendimiento o KPI con un cierto nivel de referencia se pueden detectar desviaciones, lo que ayuda a tomar acciones proactivas, preventivas y correctivas para mantener el proceso dentro del rango operativo adecuado. Individualmente se hace importante resaltar que los KPI “miden el nivel de desempeño de un proceso determinado, enfocándose en el “cómo” e indicando qué tan efectivos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado” (Isotools, 2018). De esta forma buscan que el proceso cumpla con todos los KPI establecidos y por lo tanto bien sea la organización, el proyecto o el proceso, alcancen el objetivo que fue inicialmente fijado.

El objetivo principal de los KPI es medir el nivel de servicio realizando un diagnóstico de la situación en la cual se encuentra el proceso respecto a un estándar ya determinado, es decir los KPI logran comparar cómo está un proceso en tiempo real y su cumplimiento respecto a los objetivos planteados del mismo y constituye la evidencia tangible para su posterior comunicación, socialización y toma de decisiones en las áreas requeridas.

El hecho que los KPI estén a lo largo de todo un proceso determinado ayuda a¹⁵ evaluar, monitorear y medir los aspectos que tienen un impacto significativo en la ejecución, garantizando que el proceso cumpla con los objetivos comerciales (Mora, 2012; Guevara, 2008). Siendo a la vez un factor de amplia importancia no solo en el control de procesos, sino también en la alimentación del ciclo de mejora continua, a la vez que permite motivar los equipos responsables del cumplimiento de los objetivos reflejados en el KPI.

Al momento de realizar una evaluación de KPI es importante tener en cuenta tres factores clave en el proceso:

- **Informes claros:** La empresa debe notificar a las a las compañías contratistas cada acción ejecutada en un informe claro, preciso y confiable para todas las partes.
- **Control y análisis del trabajo:** Con los datos exactos de la actividad ejecutada, se obtiene un mejor resultado final para las estadísticas. Aquí se obtiene la valoración exacta de los que hizo.
- **Mejorar el máximo posible:** A través de los KPI se obtiene realmente lo importante para cada empresa contratista y las acciones que se deben tomar para continuar con los buenos resultados.

KPI COMO HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS

Los indicadores clave de desempeño (KPI) son herramientas de navegación utilizadas por los gerentes de proyecto para vislumbrar si su proyecto u organización se encuentra en un camino exitoso o, por el contrario, va en contravía a sus objetivos. Por lo que la selección de un conjunto de KPI donde se tengan en cuenta los indicadores correctos o claves arrojará la información adecuada para conocer el rumbo de dicho proyecto u

organización y aclarará los aspectos clave del desempeño, mostrando cuáles son las áreas¹⁶ que están correctamente encaminadas y cuáles áreas tienen déficits que pueden requerir atención.

Hoy en día las organizaciones representan unos entes competitivos que en aras de ser superiores a otras en el mercado han ido implementando estrategias claves que les permitan entre otras cosas evaluar su posición, conocer si están cumpliendo con los objetivos deseados y si están dentro o fuera de la estrategia. Ese ciclo de procesos que se da al interior de los proyectos y organizaciones no debe quedarse en la mera observación, sino que debe trascender a la ejecución encaminada a la corrección a tiempo y a la adaptación a las condiciones dinámicas de un mercado. Marr (2020) asegura que los KPI son idóneos para tener éxito en los mercados altamente competitivos ya que estos indicadores miden el progreso de un proceso, proyecto u organización en tiempo real y por tanto se pueden tomar medidas para ajustar las operaciones para que logren el cumplimiento deseado.

Los KPI que se consideran en una estructura organizacional como los más eficaces (es decir los que más nos dicen del proyecto) son aquellos indicadores que están estrechamente ligados y alineados a los objetivos tácticos y por tanto ayudan a replicar las preguntas comerciales más críticas. La importancia de abarcar estas dos variables a la hora de definir KPI es que la evaluación genere la mayor información posible; la primera de ellas es hacer una definición clara de los objetivos y la segunda es identificar las preguntas a las que aquellas personas encargadas de la toma de decisiones, los gerentes de proyecto y en general las partes interesadas externas deben poseer respuestas. Posterior a la realización de este proceso y una vez se tenga todo claramente identificado, se podrán bien

sea elegir o bien sea mejorar los KPI adecuados que mejor se adapten a objetar estas¹⁷ preguntas, para que así se pueda contar con que todos los KPI serán claves, relevantes y representativos.

INDICADORES CLAVES DE RENDIMIENTO (KPI) MÁS APLICABLES PARA LOS GERENTES DE PROYECTOS

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) deben ser los indicadores básicos que le permitan realizar un seguimiento del rendimiento y dirigirse a hacia el éxito y el crecimiento. Desafortunadamente, los KPI de muchas empresas están completamente equivocados, o simplemente copian las métricas que están utilizando otros y que no son necesariamente las más adecuadas.

Para las personas que están a cargo de tomar decisiones en una organización o proyecto es importante iniciar el desarrollo de los KPI teniendo clara la perspectiva y los objetivos que quiere alcanzar y así establecerá lo que necesita saber y podrá acoplar los KPI para tomar las medidas. Una vez que se comprendan las necesidades de información de alto nivel, se puede buscar el mejor KPI que dé respuesta a preguntas estratégicas (Marr, 2020).

A continuación, se relaciona un listado de 10 KPI que Marr (2020) considera fundamentales y representativos y adaptable según la estrategia definida; para medir el desempeño operativo de los procesos.

Seis Sigma es un concepto de trabajo y una estrategia empresarial, que se basa en la atención al cliente, la gestión eficiente de los datos y métodos y diseño fiables, que pueden eliminar cambios en el proceso y alcanzar un cierto nivel de defectos menores o iguales a 3,4 defectos por millón de eventos de u oportunidades (DPMO) (Arias et al., 2008).

Después de determinar las características de calidad adecuadas, es necesario definir el nivel sigma del proceso; en general, se tiene en cuenta el número de productos defectuosos por cada millón de unidades producido (DPMO, Defects Per Million Opportunities). Esto se logra mediante el análisis de las características de las unidades, buscando de esta forma los defectos y las posibilidades de cometer estos defectos, mediante el uso de datos estadísticos y el uso de la tabla normal ajustada por Seis Sigma.

DPMO es una escala que mide la calidad de los procesos que se utilizan comúnmente en los programas Seis Sigma, y a la vez se encuentra muy relacionada con la eficiencia y la productividad, ya que esta medición se centra en los errores. Los errores por su parte impactan en la eficiencia al requerir mayor uso de recursos para enmendar los errores y en la productividad al obtener menores resultados y requerir más recursos. DPMO también sirve como base para calcular el valor de proceso sigma (otro indicador de eficiencia). El cálculo del DPMO es sencillo de realizar, se lleva acabo de la siguiente manera:

$$DPMO = (\text{Número de defectos} \times 1.000.000) / (\text{Unidades producidas} \times \text{Número de oportunidades de defectos})$$

En la tabla 1, podemos ver el DPMO aceptable según el número de "sigma". Cuanto mayor sea el número, mejor rendimiento obtendremos

Tabla 1

Niveles Sigma

Nivel Sigma(σ)	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	Costo de la no calidad (% ventas)	Rendimiento
2	308.537	30 al 40%	69%
3	66.807	20 al 30%	93,30%
4	6.210	15 al 20%	99,30%
5	233	10 al 15%	99,98%
6	3,4	< 10%	100,00%

Nota. Los datos de la tabla fueron tomados de Escalante (como fue citado en Pérez, 2013).

Tasa de Uso de la Capacidad (CUR, Capacity Utilisation Rate)

Esta es una de las mejores medidas de cómo usamos las capacidades del proceso, lo que nos da una comprensión del alcance del desperdicio (*muda*, para la filosofía *Lean*). Muy simple, nos dice en forma de porcentaje la capacidad máxima de la máquina / línea de producción / proceso actualmente en uso. En otras palabras, mide el grado en que una empresa utiliza plenamente su potencial de producción o trabajo. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 & \textbf{TASA DE UTILIZACIÓN DE CAPACIDAD} = \\
 & \text{(Capacidad real en el periodo de tiempo } t \text{ /} \\
 & \text{Capacidad posible en el periodo de tiempo } t) \times 100
 \end{aligned}$$

Tiempo de Ciclo de Cumplimiento de los Pedidos (OFCT, Order Fulfilment Cycle Time)

Como todos sabemos, la satisfacción del cliente depende no solo del cumplimiento de las especificaciones técnicas, sino también de otros factores (tiempo de entrega, coste, etc.). En este caso, la OFCT es un indicador importante que puede medir específicamente el tiempo transcurrido desde que un cliente realiza un pedido hasta que recibe el producto o servicio que solicita. El OFCT estará dado por:

$$\mathbf{OFCT} = \textit{Tiempo de recepción de materiales} + \textit{Tiempo de fabricación} + \textit{Tiempo de entrega (logística)}$$

Tiempo de ciclo de Entrega Completa y A Tiempo (DIFOT, Delivery In Full – On Time)

Esta tasa se relaciona con los indicadores, se basa en los resultados esperados y el consenso al que se llegó con los clientes, lo cual da idea del grado de cumplimiento (completo) del pedido en términos de tiempo y forma. Es un indicador porcentual que muestra que todo lo entregado se completó en el tiempo estipulado. El cálculo se lleva a cabo de la siguiente forma:

$$\mathbf{DIFOT} (\%) = \frac{\textit{(Número de unidades entregadas completas y a tiempo)}}{\textit{(Total de unidades entregadas)}} \times \mathbf{100}$$

Es un indicador representativo de cómo se presentan variaciones en los inventarios con el paso del tiempo. Esta tasa permite saber cuánto se está reduciendo debido al daño, obsolescencia o caducidad del material que contiene. Es conocido que para que una organización funcione correctamente se debe contar con un inventario específico. La tasa de merma de inventario se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$ISR (\%) = ((\text{Inventario que se debería tener} - \text{Inventario que realmente se tiene})) / ((\text{Inventario que se debería tener})) \times 100$$

Rendimiento en la Primera Pasada (FPY, First Pass Yield)

Ésta es una forma excelente de medir la eficiencia operativa. Su valor indica el porcentaje de productos que fluyen por el proceso sin problemas, dividiendo su análisis en varios pasos. La fórmula de cálculo es:

$$FPY \text{ del proceso } (\%) = FPY \text{ del paso A } (\%) \times FPY \text{ del paso B } (\%) \times \dots \times FPY \text{ del paso n } \times 100$$

Como ejemplo, se tiene un proceso que consta de tres pasos consecutivos, entre ellos:

- En el paso A, 8 de las 10 unidades procesadas se produjeron sin problemas.
- En el paso B, entre las 11 unidades procesadas, se produjeron 10 unidades sin problemas
- En el paso C, se produjeron 9 unidades sin problemas a partir de las 9 unidades procesadas.

Con lo que se obtiene que:

- $FPY \text{ del paso A } (\%) = 8 \text{ unidades} / 10 \text{ unidades} = 0,8 * 100 = 80\%$

- FPY del paso B (%) = 10 unidades / 11 unidades = 0,9091 * 100 = 90,91% 22
- FPY del paso C (%) = 9 unidades / 9 unidades = 1 * 100 = 100%

Así el FPY del proceso estará dado por:

$$\text{FPY del Proceso (\%)} = 0,8 \times 0,9091 \times 1 = 0,7273 * 100 = 72,73\%$$

Nivel de Retrabajo (Rework Level)

Este es un indicador simple que indica cuántos productos deben reprocesarse en un período de tiempo determinado. Este indicador se expresa de la siguiente forma:

Nivel de reproceso =

((Número de unidades que requieren reproceso en un periodo de tiempo)) /

((Total de unidades producidas en el mismo periodo de tiempo) × 100)

Índice de Calidad (Quality Index)

Este indicador presenta algo característico y es que no tiene una forma predefinida porque depende en gran medida de cada proceso. La idea es establecer un indicador que logre cuantificar el nivel de cumplimiento de las expectativas del cliente en función de cómo los productos o servicios ofertados cumplen con el propósito y uso previsto. Este indicador puede calcularse como una combinación de otros indicadores con ponderaciones iguales o ponderarse según su importancia en el indicador final.

Efectividad Global de los Equipos (OEE, Overall Equipment Effectiveness)

Este indicador es uno de los indicadores más importantes aplicados en la medición de la eficiencia de una máquina y/o proceso. La eficiencia general del equipo (OEE) es un

KPI integral que mide la relación entre la producción y la capacidad, teniendo en cuenta²³ la disponibilidad, la eficiencia y la calidad del proceso. Ártabro (2018) resalta la relación de este indicador con los tres parámetros básicos del proceso: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

Disponibilidad: pérdidas por los paros programados o no programados de la línea de producción.

Rendimiento: pérdidas causadas porque las máquinas funcionan a menor ritmo que su capacidad total.

Calidad: pérdidas por la fabricación de unidades defectuosas.

El cálculo de la OEE es directamente proporcional a los tres parámetros y su valor se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

El cálculo de la disponibilidad se realiza con la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad = (TO/TPO) \times 100$$

TO = Tiempo de Operación; **TO** = TPO – Paradas y/o Averías; **TPO** = Tiempo Planificado de Operación; **TPO** = Tiempo Total de Trabajo – Tiempo de Paradas Planificadas.

Para calcular el Rendimiento se debe tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$Rendimiento = TCI/(TO/TU) \times 100$$

TCI = Tiempo de Ciclo Ideal; **TO** = Tiempo de Operación; **TU** = Total Unidades²⁴ Fabricadas.

Para calcular la Calidad se debe tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad} = (TUC/TU) \times 100$$

TUC = Total Unidades Conformes; **TU** = Total Unidades Fabricadas.

La efectividad global de los equipos (OEE) en términos generales se clasifica como en la tabla 2.

Tabla 2

Clasificación de la efectividad global de los equipos (OEE)

Rango	Calificación	Descripción
0% - 65%	Inaceptable	Muy baja competitividad
65% - 75%	Regular	Baja competitividad, aceptable solo si se está en proceso de mejora
75% - 85%	Aceptable	Continuar la mejora para avanzar hacia a World Class.
85% - 95%	Buena competitividad	Entra en valores World Class
95% - 100%	Excelente competitividad	Valores World Class

Tiempo de Inactividad de Máquina o Proceso (Process or Machine Downtime Level)

Es una medida de cuánto tiempo puede funcionar realmente una máquina o proceso con referencia al tiempo de ejecución estimado. Normalmente se calcula de dos formas. El primero es el porcentaje (relación) entre los dos parámetros:

PPT el tiempo que se planifica que debe estar operativa una máquina (o un proceso) en²⁵ un período determinado.

TA el tiempo que realmente estuvo disponible en ese período.

Por lo que la forma de medir la actividad o inactividad es:

$$\mathbf{TIEMPO\ DE\ ACTIVIDAD(\%)} = (TA/PTT) \times 100$$

$$\mathbf{TIEMPO\ DE\ INACTIVIDAD(\%)} = 1 - (PTT/TA)$$

Metodología

El presente documento constituye una investigación del estado del arte en un sector específico como lo es el de *oil & gas* en Colombia; la información acá consignada es una revisión teórica compilada y extraída de documentos internos empresariales con los que se integran a diario los KPI a las actividades de los proyectos en el sector petrolero.

Para el desarrollo del presente documento se aplicaron dos métodos diferentes. El primero de ellos consistió en que acorde a los objetivos del proyecto, se realizó una búsqueda de información secundaria para determinar los KPI utilizados en las organizaciones colombianas, el énfasis se realizó en el sector petroquímico. La revisión se enfocó en buscar documentos teórico-prácticos e investigaciones sobre los KPI en los diferentes sectores empresariales en el país; Los buscadores elegidos fueron *Google Scholar*, *Redalyc* y *Education Resources Information Center (ERIC)*. Se eligieron tres criterios de búsqueda (KPI, *oil & gas* y Colombia) y la información se redujo a la publicada entre los años 2015 al 2021.

El segundo método consistió, en que una vez revisado el estado de aplicación de²⁶ los KPI se recopilaron los formatos manejados en el sector *oil & gas* con los KPI establecidos bajo la implementación de tecnologías efectivas para el procesamiento de los datos de manera completa y veraz. De estos formatos se extrajeron los indicadores que se aplicaban en los distintos procesos llevados a cabo en las actividades específicas del sector petrolero, los cuales se diligencian al momento de ejecutar un proceso, por lo que son totalmente fiables, aplicables y específicos; y posteriormente se condensaron en esta monografía.

Las fuentes de información de las cuales se extrajeron los datos que constituyen esta investigación, fueron documentos internos de información primaria, específicamente: los instructivos y guías de proceso interno que se encuentran cargadas en la carpeta P8 de documentos fuentes de ECOPETROL S.A., y que sirve como base para la actualización de versiones posteriores. Al igual que la información almacenada en el programa de Gestión Documental (PGD) que hace parte de las responsabilidades de la vicepresidencia de abastecimiento y servicios.

Todos los indicadores y las variables obtenidas de los formatos internos de la industria petroquímica se analizaron con el fin de obtener la información de los indicadores en los cuales se basa la investigación.

Por tal motivo, en esta publicación pueden evidenciarse dos etapas principales, la primera constituida por los KPI iniciales para la evaluación de la producción sostenible que fueron identificados y derivaron de la literatura. La segunda etapa está constituida por aquellos KPI que miden el desempeño operativo de los procesos en el sector *oil & gas*.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación, acorde a los cuatro (4) objetivos específicos contemplados para ser desarrollados en el transcurso de la presente monografía.

1. Presentar casos específicos y aplicados para llevar a cabo el diseño de los KPI en organizaciones o proyectos.

Contar con la claridad necesaria al momento de diseñar los KPI es lo que determinará el éxito de un proyecto, la idoneidad de los indicadores y que tan útil y aplicable sea la información obtenida mediante el uso de los KPI.

Por lo tanto, se plantean los pasos básicos requeridos para diseñar un KPI.

PASOS PARA DISEÑAR UN KPI

Los KPI son únicos y propios para cada servicio porque depende de los objetivos que se quieren alcanzar en cada área.

Para establecer cada KPI se deben fijar metas e indicadores claves. Además, se debe realizar el seguimiento como ejercicio cotidiano, para que los resultados logren evidenciar el cumplimiento de las metas, con el fin de soportar las decisiones de la compañía e impulsar acciones de mejora.

Teniendo como base toda la información revisada, se establecieron algunos puntos estratégicos que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un KPI:

Identificar metas estratégicas:

28

Identificados los objetivos que tiene la compañía y principalmente aquellos que tengan mayor influencia en el costo de la operación y el presupuesto asignado, el equipo especialista que acompaña cada servicio debe definir metas a corto, mediano y largo plazo que permitan dar por cumplidos dichos objetivos.

Asegurar que los KPI seleccionados apoyen las metas de la compañía:

Elegidos los objetivos de interés para la compañía, evaluar si los KPI tienen impacto sobre las metas propuestas.

Validar que los KPI sean comparables:

Los KPI deben permitir ser comparados con alguna referencia o meta perseguida para evaluar su estado en un tiempo determinado.

Definir responsables para el seguimiento de los KPI:

Identificar el responsable que realizará el seguimiento y socialización de la evaluación realizada a las organizaciones de servicio.

Especificar la frecuencia de las evaluaciones:

Identificar qué periodo y servicio se evaluará permitiendo definir los KPI de mayor impacto para la compañía. La frecuencia está determinada que aquellos servicios de mayor costo tienen una revisión más frecuente de su desempeño.

Repositorio de la Información:

Definir dónde y cómo reposar la información obtenida en las evaluaciones con el propósito de almacenar el histórico para cada servicio. A su vez, definir el grado de confidencialidad de los registros obtenidos.

Es importante resaltar que para el establecimiento de un KPI se debe tener en cuenta la metodología SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant y Timely) la cual muestra que los indicadores de desempeño deben ser:

Specific (Específicos): Tener claro qué se requiere medir.

Measurable (Medibles): Medir de forma sencilla, sin que entren parámetros subjetivos.

Achievable (Alcanzables): Los indicadores están para lograr unos objetivos y ver que estos sean factibles.

Relevant (Relevantes): Solicitar información con sentido y que aporte seguimiento.

Timely (A Tiempo): No es útil conocer lo que sucedió meses atrás para analizar los indicadores.

2. Establecer los indicadores con más amplia influencia sobre el éxito de los proyectos y su utilidad en las organizaciones

El éxito de los proyectos viene determinado básicamente por dos factores, uno es el desempeño y otro es el rendimiento; y lograr calcular o medir el valor de ambos va a permitir establecer como está la vida de dicho proyecto en el momento actual de la medición.

MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Y EL RENDIMIENTO DE PROYECTO

Habitualmente el rendimiento de proyectos requiere de unas escalas de medición o métricas que permitan cuantificar una variable determinada. Estas métricas son también nombradas indicadores clave de rendimiento o *Key Performance Indicators* (KPI) (Luu et al., 2008).

Una visión más macro de los indicadores, muestra que existe en las³⁰ organizaciones la necesidad de cuantificar un número considerable de KPI. De esta necesidad nace lo que se conoce como el sistema de gestión del desempeño del proyecto, que no es nada diferente al conjunto de indicadores o métricas de desempeño que se utilizan al interior de cada organización y/o proyecto para cuantificar la eficiencia y efectividad de las acciones que se realicen al interior de los mismos (Lauras et al., 2010).

Teniendo en cuenta la complejidad que implica dar manejo a un grupo considerable y diverso de indicadores KPI existe la gestión de desempeño que se encarga de direccionarlos. Esta gestión busca establecer metas de desempeño, seleccionar estrategias de mejora a través de factores críticos de éxito (FCE) basadas en la búsqueda de buenos resultados en cada indicador y finalmente hacer la aplicación de estos resultados en el proceso de evaluación. Es decir que con la adopción de los KPI en un proyecto se va a permitir identificar la diferencia entre los objetivos establecidos y los resultados obtenidos, todo esto como el resultado de la secuencia de pasos previamente mencionados (Toor y Ogunlana, 2010).

Adicional al éxito de los KPI y al cumplimiento de los objetivos se requiere que los proyectos se ejecuten dentro del presupuesto, cronograma, seguridad y calidad para dar cumplimiento al desempeño y rendimiento de este y para también considerarlos exitosos (Bayraktar et al., 2017).

Posterior a la determinación de los objetivos, se recomienda la recopilación de indicadores de referencia para determinar que la información que se pretende registrar es significativa para el proyecto y una vez establecido se puede proceder con el registro de las condiciones al comienzo del proyecto. La importancia radica en que es esencial saber por

dónde empezar para proporcionar indicadores de rendimiento precisos, aplicar los KPI³¹ durante el proyecto para saber cómo se ve afectado el mismo y revisar los mismos KPI al finalizar, va a permitir saber qué tanto influyeron los seleccionados en el éxito del proyecto.

Indicadores del desempeño del proyecto

En todas las organizaciones (grandes o pequeñas, departamentales, nacionales, públicas o privadas), el éxito o el fracaso de su misión y visión depende de su desempeño. Para los proyectos, funciona de manera similar, pero por diferentes razones, no siempre está claro que se establezca un mecanismo claro para evaluar el desempeño del proyecto (Marr, 2020).

Un indicador de desempeño es una herramienta que proporciona información cuantitativa sobre un logro o el resultado de la entrega de un producto (bienes o servicio) transmitido por la empresa, y puede cubrir los aspectos cuantitativos o cualitativos de ese logro. Es una expresión que establece una relación entre dos o más variables.

Los indicadores de desempeño considerados en el presupuesto incluyen metas y compromisos, por lo que sus resultados permiten inferir en qué medida se alcanzan los objetivos que han sido propuestos al inicio de un proyecto u organización. Los objetivos que se han considerado pueden estar directamente relacionados con cualquier producto (bienes o servicios) proporcionado por la organización, pero deben cumplir unos requisitos básicos que estén correctamente definidos, entre ellos la relevancia, independencia de factores externos, comparabilidad, solicitar información a un costo razonable, confiable, simple y completo.

Los indicadores buscan con esto cubrir los aspectos más importantes de la gestión de proyectos priorizando los objetivos principales de la organización, pero debe tenerse presente, que como lo resaltan Bonnefoy y Armijo (2005), el número de indicadores tenidos en cuenta no puede exceder las capacidades analíticas de aquellas personas que se encargarán de utilizarlo.

Indicadores de rendimiento del proyecto

El Project Management Institute (PMI) determina en su cuerpo de conocimiento que el informe de desempeño (bien sea uno o más informes presentados) es una herramienta que se utiliza para resumir el estado de las actividades realizadas para lograr las actividades consignadas en el cronograma del proyecto (Project Management Institute [PMI], 2013).

Acorde a la norma ISO-10006, que establece las pautas de calidad de la gestión de proyectos, se debe registrar toda aquella información que sea relativa al rendimiento (desempeño) como parte de un método de toma de decisiones basado en hechos actuales que suceden al interior de una organización o proyecto (International Organization Standardization [ISO], 2003). De igual manera, la norma indica que para evaluar el estado del proyecto se debe realizar un análisis del rendimiento, del estado de avance del plan de manejo y consignar la información en el plan de manejo.

Es importante no solo establecer que se va a medir sino también cómo se va a realizar esa medición, por lo que los indicadores de desempeño también analizan las técnicas de inspección y medición tales como el uso de libros de registro de proyectos y el análisis del valor ganado.

En términos generales, la mayoría de las estructuras de indicadores se organizan³³ según el llamado Triángulo de la gestión de Proyectos propuesto por Allegue (2018), en donde se contemplan los factores:

- **Alcance:** Tareas necesarias para lograr los objetivos del proyecto.
- **Tiempo:** El cronograma para que el proyecto llegue a su fin.
- **Coste:** Las limitaciones financieras del proyecto, también conocidas como presupuesto del proyecto.

Durante mucho tiempo se ha considerado que el éxito del proyecto es la capacidad de ajustar las limitaciones impuestas al mismo, como por ejemplo los factores tiempo, costo y calidad que integran el triángulo de hierro; y que lograr su equilibrio es suficiente para definir el cumplimiento de los logros y por ende el éxito del proyecto (Atkinson, 1999; Hazebroucq y Badot, 1996; Westerveld, 2003).

Una vez que se han determinado los indicadores con mayor influencia se puede proceder con el establecimiento de un método de análisis común a todos los KPI al evaluar el desempeño y el éxito del proyecto. Si no se cuenta con una escala de medición común, las mediciones no van a ser útiles y por el contrario su evaluación tendrá un efecto nocivo al no proporcionar igual atención a los indicadores propuestos o incluso llegar a exceder la definición de la meta (Pillai et al., 2002).

Dey en el año 2000, logró identificar algunos procesos aplicables en la planificación de proyectos que incluyen como medida de rendimiento el alcance, el tiempo, los recursos y los resultados de los indicadores de análisis de valor ganado como indicadores de desempeño. Su propuesta tuvo como objetivo determinar los medios

necesarios para completar rápidamente el proyecto y apoyar sus actividades de implementación.

34

Los KPI suelen estar asociados con la estrategia de la organización (tomando como ejemplo técnicas como el cuadro de mando integral), siendo la “herramienta de la comunicación” el indicador clave de rendimiento, debido a que permite a los altos directivos comunicar la misión y visión de la empresa a todos los niveles de una organización y a todos los empleados los integra participativamente y de forma directa en el logro de los objetivos estratégicos de la empresa.

Por lo tanto, es posible asegurar que los principales objetivos de los KPI son: medir los niveles de servicio, diagnosticar la situación, comunicar e informar sobre la situación y los objetivos, y motivar al equipo responsable de lograr los objetivos reflejados en el KPI y hacer un progreso continuo.

También es importante utilizar el cuadro de mando integral para vincular los KPI adecuados para el tipo de proyecto que se ejecutará y gestionará. Toor y Ogunlana (2010) evaluaron el uso de KPI más allá del triángulo de hierro, y propusieron otros elementos a medir como lo son: Seguridad, Eficiencia y Efectividad; los cuales se pueden visualizar en la Figura 1. Y cuyos valores se especifican en la Tabla 3.

Extensión del triángulo de hierro



Nota. Los datos de la tabla fueron tomados de Toor y Ogunlana (2010).

Tabla 3

Ranking de KPI

Descripción	En general		Cliente		Consultores del gerente de proyecto		Consultores de supervisores de construcción		Consultores de diseño		Contratistas de construcción	
	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R
A tiempo	4.61	1	4.00	3	4.60	1	4.55	1	5.00	1	4.88	1
Presupuestado	4.38	2	3.57	7	4.40	2	4.42	2	4.20	4	4.69	2
Eficiente (uso de recursos)	4.25	3	4.43	1	4.30	3	4.24	5	4.00	6	4.25	4
Seguridad	4.24	4	3.57	6	3.90	6	4.37	4	4.60	2	4.31	3
Acorde a las especificaciones	4.21	5	3.57	8	4.10	4	4.39	3	4.20	5	4.13	6

Descripción	En general		Cliente		Consultores del gerente de proyecto		Consultores de supervisores de construcción		Consultores de diseño		Contratistas de construcción	
Libre de defectos (alta calidad de ejecución)	4.03	6	4.00	4	3.90	7	4.05	8	3.80	7	4.13	7
Conforme a las expectativas de los stakeholders	4.00	7	4.14	2	3.90	8	4.11	7	3.60	9	3.88	9
Hacer las cosas correctas (Efectividad)	3.99	8	3.14	9	3.90	5	4.16	6	4.40	3	3.88	8
Minimizadas los agravantes de construcción, disputas y conflictos.	3.95	9	3.71	5	3.90	9	3.92	9	3.80	8	4.19	5

Nota. Los datos de la tabla fueron tomados de Toor y Ogunlana (2010).

Almahmoud et al., (2012) evaluaron la importancia y relevancia de diferentes variables de salud del proyecto y diferentes KPI como costo, tiempo, alcance, calidad, seguridad y satisfacción del cliente. Los resultados arrojaron una notoria relevancia e importancia en dos KPI (costo y tiempo) mientras que evidenciaron reducción de importancia para otros dos procesos (calidad y seguridad), tal como se observa en la Tabla 4.

Relación entre KPI y funciones clave en la verificación del estado del proyecto

PHC core functions	KPI					
	Cost	Time	Scope	Quality	Safety	Satisfaction
PH1: Governance and Leadership						
PH 2: Engineering, Detailed design and Specifications					-	
PH 3: Procurement, Transportation and Warehousing			-			-
PH 4: Planning and control						-
PH 5: Team Performance			-			-
PH 6: Information and Communication Management						
PH 7: Quality Management			-			-
PH 8: Offsite Management	-		-			-
PH 9: Risk Management				-	-	-

Nota. Los datos de la tabla fueron tomados de Toor y Ogunlana (2010).

3. Trazar indicadores clave utilizados en la ejecución de proyectos en el sector petrolero.

En el sector petrolero es común que previo a la ejecución de un proyecto se concreten los KPI necesarios y aplicables dependiendo de las actividades que se van a llevar a cabo.

FORMULACIÓN DE INDICADORES

En este capítulo se realiza la identificación de la variable a utilizar a partir de la construcción de los indicadores en los procesos de la industria *oil & gas*, para determinar el indicador necesario y poder evaluar los procesos de intervención alineados con la estructura del proceso productivo y el flujo de información respectivo.

A continuación, se muestra la formulación conceptual de los indicadores según el propósito de cada componente.

De acuerdo con la metas y condiciones establecidas, este indicador mide el cumplimiento de volúmenes de agua inyectada para los campos en proceso de recobro secundario y terciario. Este indicador busca mostrar desviaciones en la calidad del agua inyectada que afecten los objetivos de producción de hidrocarburos o aumenten los costos (Portal iris Ecopetrol, 2019). Para realizar el cálculo de este indicador se tiene la siguiente fórmula:

Inyección no conforme

$$= ((\text{Volumen de fluido inyectado en calidad}) \\ / (\text{Volumen total de fluido inyectado})) \times 100.$$

$$\text{Cumplimiento} = (\text{Cumplimiento real}) / (\text{cumplimiento meta}) \times 100.$$

Pozos cumpliendo con capacidad disponible

Mide el porcentaje de cumplimiento de la capacidad disponible en el nodo del pozo ya sea crudo o gas en operaciones directas o relacionadas. Portal iris de Ecopetrol (2019) afirma que este indicador está diseñado para evidenciar las restricciones que limitan a alcanzar la capacidad disponible, lo cual impacta en el logro de las metas de producción de hidrocarburos. Para realizar el cálculo de este indicador se tiene la siguiente fórmula:

Pozos cumpliendo Capacidad disponible

$$= ((\text{Prueba valida por pozo normalizada del trimestre}) \\ / (\text{Capacidad disponible por pozo})) \times 100$$

$$\text{Cumplimiento} = (\text{Cumplimiento real}) / (\text{cumplimiento meta}) \times 100$$

Este indicador mide la desviación porcentual entre la producción diferida de crudo reportada y la producción de crudo real medida el último día de cada mes. Su objetivo es mostrar la gestión de la producción que está impactando el logro de las metas de producción de hidrocarburos o costo de levantamiento (Portal iris Ecopetrol, 2019).

El cálculo del indicador se hace mediante la siguiente fórmula:

Porcentaje de diferidas en producción

$$= ((\text{Producción diferida}) / (\text{Potencial de producción}))$$

Cumplimiento

$$= (\text{Porcentaje diferido real}) / (\text{Porcentaje diferida meta}) \times 100$$

Indicador Cumplimiento del Pronóstico Operativo de Producción (POP)

En portal iris Ecopetrol (2020) hacen uso de este indicador para medir el nivel de cumplimiento de la producción de hidrocarburos (petróleo y gas) según el plan formulado en el pronóstico de producción operacional -POP- durante el período en análisis. El cálculo del indicador y de cumplimiento se hace mediante la siguiente fórmula:

Cumplimiento POP [%]

$$= ((\text{Producción de petróleo equivalente promedio día [Boed]}) / (\text{Pronóstico operativo de producción [Boed]}) \times 100$$

Portal iris de Ecopetrol (2019) evalúa el costo de upstream que se compone de los siguientes indicadores calculados por separado, pero que en su conjunto reflejan la gestión completa del segmento.

Costo integral de producción y logística

Son los indicadores acumulativos utilizados para medir la eficiencia económica de los procesos de producción, logística y ventas necesarios para la disposición de crudo y gas natural en las especificaciones (cargas a refinerías o venta a terceros). El cálculo del indicador se hace mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Costo integral de producción} = \\ & (\text{Costo integral acumulado del segmento Upstream}) / \\ & (\text{Volúmenes acumulados de ventas del segmento Upstream}) \end{aligned}$$

Costo total de producción

Es un indicador acumulativo para medir la eficiencia económica de la producción de crudo y gas (por barril equivalente).

$$\begin{aligned} \text{Costo total de producción} \\ = \text{Costo total acumulado} / \text{Producción equivalente acumulado} \end{aligned}$$

petroquímica en Colombia.

Para el sector *oil & gas* uno de los pilares en los que sustentan sus procesos es la seguridad tanto para sus trabajadores como para los procedimientos en sus actividades, puede considerarse que es quizá el único sector que hace uso de un KPI para la medición y el control de la seguridad en los procesos.

El indicador de desempeño de seguridad de procesos es un KPI específico de la industria petroquímica en el país.

INDICADORES DE DESEMPEÑO DE SEGURIDAD DE PROCESOS PARA LAS INDUSTRIAS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA.

El enfoque de cuatro niveles

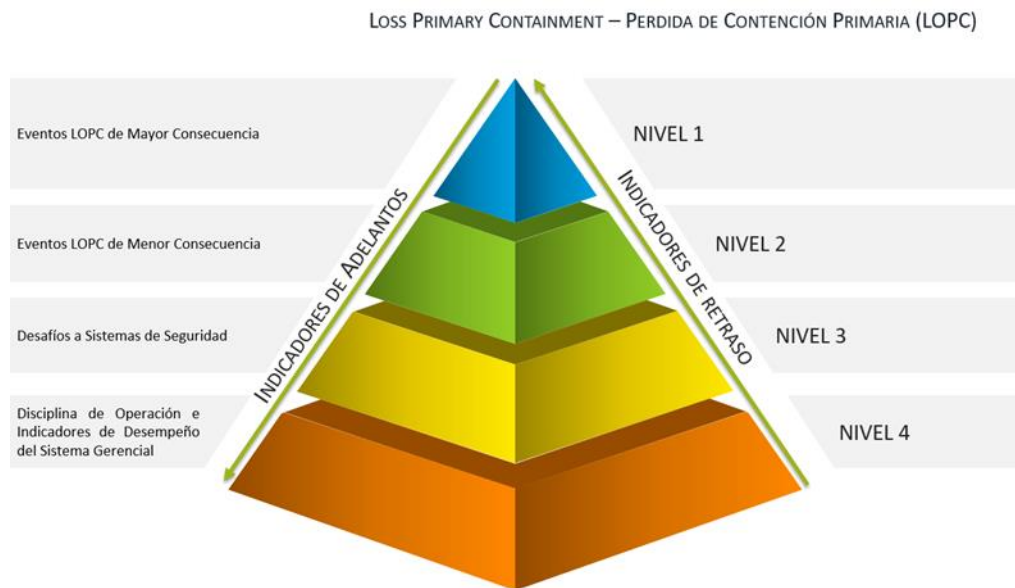
Los incidentes de magnitud considerable en el sector petroquímico son relativamente frecuentes, razón por la cual los KPI que se basan en ellos pueden no generar suficientes datos para evitar eventos catastróficos en el futuro. Sin embargo, existe en los procesos, algo conocido como la pirámide de seguridad de procesos en cuatro niveles (Figura 2), en la que cada nivel de la pirámide representa el resultado no de una, sino de una combinación de fallas en las barreras diseñadas para controlar los riesgos de integridad de los activos.

La consideración de esta combinación de fallas hace a dicha pirámide idónea para que con base en ella se puedan desarrollar KPI que logren recopilar un conjunto más amplio de datos más frecuentes y estadísticamente válidos, incluyendo las observaciones de condiciones inseguras, fallos o activación de sistemas de seguridad que indican obstáculos.

Los datos también pueden incluir KPI activos para monitorear el alcance de los esfuerzos⁴² que se realizan al interior de organización, bien sea para mantener o fortalecer los obstáculos mediante la aplicación de los sistemas de gestión de salud, seguridad y medio ambiente de la empresa (API, 2010).

Figura 2

Pirámide de indicadores de seguridad de procesos.



Nota. La información fue tomada de API (2010).

Cada uno de los niveles propuestos por API (2010), es adoptado y explicado por el Portal Iris de Ecopetrol (2020). A continuación, se presenta la información más relevante de cada uno de ellos.

Indicador de desempeño del Nivel 1

Mide la severidad de los incidentes que impliquen una pérdida de contención primaria (LOPC) o no controlada de cualquier material (incluidas sustancias no tóxicas o

no inflamables como vapor, condensado caliente, nitrógeno, CO2 comprimido o aire comprimido), y cuyas consecuencias estén definidas en la edición vigente del API 754 para ser clasificados como nivel 1. Como ejemplo del indicador se incluyen los incendios y explosiones internas que ocasionen una pérdida de contención no planeada o no controlada en el proceso; es decir, el evento de pérdida de contención puede suceder posterior o como consecuencia al incendio o explosión mencionada.

Para realizar el cálculo de este indicador se tiene la siguiente fórmula:

Frecuencia de incidentes de seguridad de procesos NIVEL 1

$$= \left(\sum \left[(\text{Incidentes de seguridad de procesos por API} - 754 \text{ Nivel 1} + \text{Incidentes de seguridad de procesos en tuberías}) \times 10^6 \right] \right) / \left(\sum (\text{Horas hombre totales laboradas}) \right)$$

Formula de cumplimiento = $(\text{Límite} - \text{Real}) / \text{Límite} + 1) \times 100\%$

Indicador de desempeño del Nivel 2 y 3

Mide el número de incidentes que implican una pérdida de contención primaria (LOPC) no planeada o no controlada de cualquier material (incluidas sustancias no tóxicas o no inflamables como vapor, condensado caliente, nitrógeno, CO2 comprimido o aire comprimido). Cuyas consecuencias estén definidas en la edición vigente del API 754 para ser clasificados como nivel 2 (“Tier 2”) más nivel 3 (“Tier 3”), por millón de horas hombre laboradas. Para realizar el cálculo de este indicador se tiene la siguiente fórmula:

Frecuencia de incidentes de seguridad de procesos NIVEL 2 + NIVEL 3 ⁴⁴

$$= \left(\sum \left[(\text{Incidentes de seguridad de procesos por API} - 754 \text{ Nivel 2} + \text{Nivel 3} + \text{Incidentes de seguridad de procesos en tuberías}) \times 10^6 \right] \right) / \left(\sum (\text{Horas hombre totales laboradas}) \right)$$

$$\textbf{Formula de cumplimiento} = (\text{Límite} - \text{Real}) / \text{Límite} + 1) \times 100\%$$

Indicador de desempeño del Nivel 4

También conocido como el indicador de la disciplina de operación. La Disciplina de operación es el proceso que se encarga de siempre llevar a cabo todas las tareas de la forma correcta. Este indicador mide el porcentaje de incidentes cuya causa está asociada a esta disciplina. Para realizar el cálculo de este indicador se tiene la siguiente fórmula:

IDO

$$= \left(\sum \left[(\text{Incidentes (TRIF, Nivel 1 y 2 de seguridad de procesos y ambientales computables) causados por desviaciones a DICACOCU}) \times 100\% / \left(\sum \left[(\text{Incidentes totales TRIF, Nivel 1 y 2 de seguridad de procesos y ambientales computables}) \right] \right) \right]$$

IDO = Indicador de incidentalidad por disciplina operativa; **DI** = Disponibilidad;

CA = Calidad; **CO** = Comunicación; **CU** = Cumplimiento; **TRIF** = Índice de frecuencia de accidentalidad total de casos registrables.

La elección de indicadores efectivos es un desafío, especialmente los KPI más importantes que tienen como objetivo mejorar de manera proactiva la seguridad del proceso a nivel de las instalaciones.

Las organizaciones deben seleccionar e implementar los KPI adecuados para que se generen datos de desempeño relevantes y que sean específicos para la identificación en el proceso y de esa forma los KPI que se implementen nos brindarán información que permita mejorar. Para este caso los 5 KPI estudiados son: costo, tiempo, calidad, seguridad y satisfacción del cliente, y su impacto se calcula de la siguiente manera:

(%)Impacto de los KPI

$$= ((\% \text{ de los resultados de la evaluación de cada KPI})) \\ /((\text{Número de KPI}(5)))$$

Por ejemplo, para el caso de desempeño de un proyecto o proceso el criterio de cumplimiento de la evaluación del Costo de proyecto fue del 0.2%, por lo tanto, el porcentaje de impacto del KPI es $20\% / 5 = 4\%$.

Los KPI ocupan un nivel muy importante en el sector petroquímico debido a la utilidad y la facilidad de su aplicación. Posterior al análisis del estado de los KPI en Colombia y su práctica en el sector *oil & gas* se determinaron las condiciones y variables de mayor impacto.

Adicionalmente su aplicación ha permitido tener un control en tiempo real cuya rápida respuesta permite la mejora inmediata en los procesos, siendo de gran utilidad en la mejora de la eficiencia de la industria. Las ventajas y los buenos resultados que han dado a esta industria los ha convertido en el conjunto de indicadores con un uso eficiente, tanto es así que su aplicación es obligatoria en todos los procesos del sector *oil & gas*.

Este documento constituye una investigación preliminar que logra el acercamiento a la inclusión de los KPI en las organizaciones en Colombia y una descripción específica de aquellos KPI considerados influyentes en los procesos del sector petroquímico en el país. El presente trabajo aporta información básica que actualmente está estandarizada y es comúnmente aplicada en un sector específico como el de *oil & gas* y pretende ser un punto de partida para investigaciones futuras que abarquen una investigación con mayor amplitud de información y que también permita su réplica y aplicación en otros sectores industriales en Colombia.

En el desarrollo del documento se da cumplimiento a los objetivos específicos del mismo, pues se presentaron varios indicadores con un impacto considerable en los procesos petroleros. Mediante las formulaciones y las explicaciones de los indicadores tenidos en cuenta en el sector *oil & gas*, se pudieron presentar los casos específicos en la industria petroquímica y el beneficio que los KPI traen a la misma.

Finalmente se establecieron algunos KPI que pueden ser aplicados y evaluados por los 47 gerentes de proyectos, mostrando la forma de hacerlo y la información que dicha medida aportará.

La revisión bibliográfica llevada a cabo en los buscadores especializados con los criterios KPI, *oil & gas* y Colombia; con filtro del año 2015 al 2021, permitió percibir la carencia de documentos oficiales, investigaciones y en general de publicaciones que den idea de la adopción de los KPI al interior de las organizaciones y proyectos. La segunda etapa de la metodología constituyó un acercamiento al estado de los KPI en la práctica, ya que al ser los indicadores extraídos de los formatos específicos diligenciados al momento de ejecutar un proceso son totalmente fiables, aplicables y específicos.

El uso de KPI promueve al interior de las organizaciones informes de desempeño consistentes entre empresas, fomentando el intercambio de las mejores prácticas y permitiendo que las organizaciones de la industria del *oil & gas* brinden una visión general y razonable del desempeño del sector. La implementación de los KPI traduce en las organizaciones un mayor desempeño en términos de desarrollo, mejorando así la competitividad.

En el sector petrolero los indicadores más influyentes y representativos son los de seguridad de proceso ya que representa un compromiso permanente con el cuidado por la vida y el ambiente, fortaleciendo el sistema de control interno y optimizando esfuerzos en procura del cumplimiento de los objetivos de la empresa. Estos indicadores son aplicables desde el inicio del proyecto y hacen parte fundamental de los procesos ejecutados dentro la organización

El presente documento aporta información básica restringida a algunos procesos de un sector específico, la cual pretende ser un punto de partida para investigaciones futuras, para las que sugerimos que se considere un mayor número de datos y una mayor amplitud de información.

Los datos deben ser abiertos a todo el público para que se permita su réplica y por ende la aplicación en procesos investigativos.

También consideramos que estos KPI expuestos en el anterior documento pueden ser extrapolables y adaptables a otros sectores industriales en Colombia.

- Allegue, A. (2018). *Alcance-Tiempo-Coste: El triángulo de la gestión de proyectos*. Lecciones aprendidas. <https://lecciondeaprendizaje.blogspot.com/2018/11/alcance-tiempo-coste-el-triangulo-de-la.html>
- American Petroleum Institute (API). (2010). Indicadores de desempeño de seguridad de procesos para las industrias de refinación y petroquímica. https://www.academia.edu/25772331/API_RP_754_Esp_1
- Arias, M., Portilla, L., Margarita, L., Benjumea, C., y Carlos, J. (2008). Aplicación de Six Sigma en las organizaciones. *Universidad Tecnológica de Pereira, SSN 0122-1701*, 265-270. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903846>
- Ártabro, T. (2018). La fórmula OEE para medir la eficiencia de una planta de producción. *Consultoría tecnológica*. Blog. <https://www.artabrotech.com/la-formula-oe-medir-la-eficiencia-una-planta-produccion/>
- Atkinson, R. (1999). Project Management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other criteria. *International Journal of Project Management*, 17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786398000696>
- Bayraktar, C. A., Hancerliogullari, G., Cetinguc, B. y Calisir, F. (2017). Competitive strategies, innovation, and firm performance: an empirical study in a developing economy environment. *Technology Analysis & Strategic Management*, 29 (1), 38-52.

Bonnefoy, J., & Armijo, M. (2005). *Indicadores de desempeño en el sector público*. 50

Cepal.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5611/4/S05900_es.pdf

Camelo, J. (2020). *Definición y características de los indicadores de gestión empresarial*. Grandes pymes.

<https://www.grandespymes.com.ar/2012/12/10/definicion-y-caracteristicas-de-los-indicadores-de-gestion-empresarial/>

Carvalho, D. B. y Dos santos, E. (2015). *KPI – Key performande indicator una feramenta para controlar o desperdício de álcool isopropílico na industria de productos á base de silicone*. [Tesis de pregrado, Universidade do grande rio].

Archivo digital. <http://blogs.unigranrio.br/bibliotecavirtual/files/2020/03/KPI-%E2%80%93KEY-PERFORMANCE-INDICATOR-UMA-FERRAMENTA-PARA-CONTROLAR-O-DESPERD%C3%8DCIO-DE-%C3%81LCOOL-ISOPROP%C3%8DLICO-NA-IND%C3%9ASTRIA-DE-PRODUTOS-%C3%80-BASE-DE-SILICONE.pdf>

Coveña, J. R. (2017). *Analisis de las cargas de trabajo del personal d mantenimiento preventivo, enfocado en la eficiencia del indicador clave de desempeño del mantenimiento preventivo (KPI-2), en el equipamietp del área de suelda de la empresa O.B.B*. [Tesis de Pregrado, Universidad tecnológica indoamérica].

Archivo digital.

<http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/496/1/PROYECTO%20COVE%c3%91A%20V%c3%89LEZ%20JORGE%20RICARDO.pdf>

- Dey, P. K. (2000). Managing projects in fast track. A case of public sector organization⁵¹ in India. *The International Journal of Public Sector Management*, 13.
https://www.researchgate.net/profile/Prasanta_Dey3/publication/243462832_Managing_projects_in_fast_track_-_A_case_of_public_sector_organization_in_India/links/55e628ce08aec74dbe74e444.pdf.
- Drucker, P. F. (Ed.). (1946). *Concept of the corporation*. Routledge.
- Gonçalves, J. F. (2015). *Aplicação de princípios lean thinking numa empresa do setor automóvel: a importância dos KPI*. [Tesis de maestría, Universidade de Aveiro].
Archivo digital. <https://core.ac.uk/download/pdf/32244767.pdf>
- Mora, L. A. (2012). *Indicadores de la gestión logística KPI “los indicadores claves del desempeño logístico”*. [Indicadores de Gestión Logística \(fesc.edu.co\)](http://www.fesc.edu.co)
- Guevara, A, & Garcia, S. (2008). *Diseño de KPI's para proyectos de TI*. November.
[Tesis de Maestría, Universidad del CEMA]. Archivo digital.
https://ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2008/mba_guevara.pdf
- Project Management Institute (PMI). (5ª Ed.). (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Project Management Institute (PMI).
[u3_act1.pdf \(unam.mx\)](http://www.pmi.org)
- Rosales, M. J. (2019). *Determinación de indicadores clave de desempeño (KPI'S) para el área de mantenimiento de barricas para añejamiento de ron en una empresa licorera del oriente de Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.

- Hazebroucq, J. M. y Badot, O. (Ed.). (1996). *Le management de Project*. Presse universitaires de France.
- International Organization Standardization (ISO). (2003). *Quality Management Systems - Guidelines for quality management in projects ISO 10006:2003 - UNE 66916*.
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10006:ed-2:v1:es>
- Isotools. (2018). *KPIs Indicadores*. <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/kpis-indicadores/>
- Lauras, M., Marques, G. y Gourc, D. (2010) Towards a Multi-Dimensional Project Performance Measurement System. *Decision Support Systems*, 48, 342-353.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2009.09.002>
- Luu, V. T., Kim, S. y Huynh, T. (2008). Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach. *International Journal of Project Management*, 26 (7), 758-769.
- Marianjel, P. A. (2019). *Metodología para la gestión integral de la calidad de una empresa consultora del área TI, usando herramientas de inteligencia de negocios*. [Tesis de pregrado, Universidad técnica Federico Santa María]. Archivo digital.
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48193/3560902038887UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marr, B. (2020). *Key Performance Indicator (KPI) Library*. Bernard mar & co. Intelligent Bussiness Performance.
<https://www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=773>

Marr, B. (2020). *What is a KPI*. Bernard mar & co. Intelligent Bussiness Performance. 53

<https://www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=762>

Mora, 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)*. [Tesis de maestría, Universidad técnica de Ambato]. Archivo digital.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7333/1/TMTR023-2013.pdf>

Pérez, M. L. (2013). *Seis sigma: Guía didáctica para Pymes* (Universidad de Ibagué).

[Seis Sigma.indd \(unibague.edu.co\)](Seis Sigma.indd (unibague.edu.co))

Pillai, A., Joshi, A., & Rao, K. (2002). Performance measurement of R&D projects in a multi-project, concurrent engineering environment. *International Journal of Project Management*, 20. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00056-9](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00056-9)

PORTAL IRIS, ECOPETROL S. A. (2019). *Indicador Índice de Frecuencia de Incidentes de Seguridad de Procesos Nivel 1*.

<https://p8.red.ecopetrol.com.co/navigator/?desktop=ECP>

PORTAL IRIS, ECOPETROL S. A. (2020). *Indicador Inyección No Conforme. Producción de crudo y gas*.

<https://p8.red.ecopetrol.com.co/navigator/?desktop=ECP>

Riaño, J. (2020). *Metodología para identificar y medir KPIs logísticos para el sector agroindustrial colombiano* [Tesis de maestría, Universidad nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. Microsoft Word - METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y MEDIR KPIs LOGÍSTICOS PARA EL SECTOR AGROINDUSTRIAL COLOMBIANO (ultimo).docx (unal.edu.co)

- Rincon, R. D. (1998). Los indicadores de gestión organizacional: una guía para su⁵⁴ definición. *Revista universidad EAFIT*, 34 (111), 43-59.
- Rodrigues, A. y Canelada, M. (2015). *utilização de kpi – indicadores de desempenho na cadeia de suprimentos. um estudo de caso em indústria metalúrgica no setor da construção civil*. [Tesis de Pregrado, Centro universitario Eurípides de Marília].
Archivo digital.
https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1418/TCC%20Finalizado_AItera%c3%a7%c3%b5es%20banca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Román, E. (2020). *Indicadores clave de rendimiento para empresas (kpis)*.
<http://er-gestion.com.ar/wp-content/uploads/2020/07/E-Book-Introduccion-a-los-KPIs.pdf>
- Almahmoud, E. S., Doloi, H. K. y Panuwatwanich, K. (2012). Linking project health to project performance indicators: Multiple case studies of construction projects in Saudi Arabia. *International Journal of Project Management*, 30 (3), 296-307.
- Toor, S. R., y Ogunlana, S, O. (2009). Beyond the ‘iron triangle’: Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects. *International Journal of Project Management* 28.
https://www.academia.edu/17732858/Beyond_the_iron_triangle_Stakeholder_perception_of_key_performance_indicators_KPIs_for_large_scale_public_sector_development_projects
- Vera, M. J. y Verdezoto, C. A. (2020). *Estudio técnico económico para optimización de parámetros de perforación a través del análisis de KPI, en los pozos del campo Tambococha, en el periodo noviembre 2018-noviembre 2019*. [Tesis de pregrado,

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22256/1/T-UCE-0012-FIG-249.pdf>

Westerveld, E. (2003). The project excellence model: Linking success criteria and critical success factors. *International Journal of Project Management*, 21 (6), 411–418.