

**Guía Para La Implementación De Las Buenas Prácticas En Empresas Constructoras:
Aplicación De Casos De Estudio.**

Carlos Manuel Ramírez Gómez

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero civil

Director

Guillermo Mejía Aguilar

Ingeniero Civil, PhD.

Universidad Industrial De Santander

Facultad de ingenierías físico-mecánicas

Escuela de ingeniería civil

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

*A mi **madre** y **padre** queridos, endilgo mis momentos llenos de nostalgia y oscuridad, espero
servirles toda mi vida.*

*A **Nicolás** y **Sofía** mi felicidad y motivación de mi energía, quiero dar el ejemplo necesario
para guiarlos por la vida.*

*A Lufe los recuerdos, lola las diferentes perspectivas, Juanma las salidas inspiradoras,
Alejandra la conexión con el alma.*

*A Molly Nilsson, Coldplay, Enya, Mr. Kitty, The Midnight, Mazzy Star, Fleetwood Mac la
iluminación.*

A los buenos y los no tan buenos,

*Y al **amor**, mi musa más pura, esperaré cada amanecer para volver a disfrutar cada
atardecer.*

Esto es por ustedes.

Carlos Manuel Ramírez Gómez

Tabla de contenido

Introducción.....	12
1. Objetivos.....	14
1.1. Objetivo general	14
1.2. Objetivo específico.....	14
2. Marco teórico.....	14
2.1. Buenas prácticas	14
2.2. Lecciones aprendidas	15
2.3. Línea base.....	15
2.4. Sistema de gestión del valor ganado.....	15
2.5. Gestión de beneficios	16
2.6. Gestión del conocimiento.....	16
2.7. Estimación de costos	16
2.8. Curvas s	17
2.9. Puntos de referencia	18
2.10. Evaluación comparativa	18
3. Metodología.....	18
3.1. Aspectos generales de la organización mr ingenieros s.a.s.	19
3.2. Estableciendo la buena práctica	20

3.3.	Sistema de gestión de beneficios.....	22
3.3.1.	Levantamiento del problema	22
3.3.2.	Estructura de la lección y documentación	26
3.3.3.	Tomando acciones	27
3.3.4.	Cerrando la lección	27
3.3.5.	Actualizar y re aplicar la lección	27
3.4.	Validación	28
3.4.1.	Transferencia a varios proyectos	28
3.4.2.	Rendimiento medible.....	28
3.4.3.	Rentabilidad medible	29
3.4.4.	Actividades completadas optimizando tiempo y costo.....	29
3.4.5.	Valor agregado a la compañía y al cliente.....	29
3.4.6.	Unicidad.....	29
3.5.	Nivel de la buena práctica	30
3.6.	Aplicar la buena práctica: estimación al finalizar (eac)	30
3.6.1.	Factores críticos de éxito (csf).....	31
3.6.2.	Indicadores claves de rendimiento (kpis)	31
3.6.3.	Validando el eac como razonable	33
3.6.4.	Recolectar costos actuales acumulados	37
3.6.5.	Estimar la fecha de finalización programada	38
3.6.6.	Análisis del programa ganado (es)	42
3.6.7.	Estimar los recursos y costos del trabajo autorizado restante a finalizar	45

3.6.8.	Revisar el eac.....	45
3.7.	Identificación de roles	46
3.7.1.	Dirección de la buena práctica eac	46
3.7.2.	Dirección de las lecciones aprendidas	46
3.7.3.	Dirección de la estimación	47
3.8.	Comunicación y transferencia de conocimiento	47
3.9.	Post aplicación de la buena práctica.....	48
4.	Recomendaciones	48
5.	Discusión	48
6.	Conclusiones.....	51
	Referencias	55

Lista de tablas

Tabla 1. Escenarios del EAC. Fuente: elaboración propia	35
Tabla 2. Variables involucradas en el cálculo del EAC utilizadas en las ecuaciones (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10). Fuente: elaboración propia	36
Tabla 3. Costos directos e indirectos sin incluir el IVA en el corte de control del segundo mes de ejecución.....	39
Tabla 4. Variables involucradas en el cálculo del EAC utilizadas en las ecuaciones (11) y (12). Fuente: elaboración propia.	39
Tabla 5. Meses para finalizar el proyecto aplicando las ecuaciones (18)(18) y (19). Fuente: elaboración propia	41
Tabla 6. Rendimiento promedio EV requerido para alcanzar el ECD aplicando las ecuaciones (18)(20) y (21). Fuente: elaboración propia	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Programación ganada aplicando las ecuaciones (22), (23) y (24).....	43
Tabla 8. Ecuaciones de la gestión del valor ganado (EVM) del proyecto “Obras asociadas a la conexión de pozos de la campaña de perforación etapa 3 en el campo castilla del HUB llanos de Ecopetrol”	48
Tabla 9. Porcentajes planeados, ganados y gastados en el corte 12 de octubre de 2019.....	49
Tabla 10. Ecuaciones utilizadas para calcular el EAC	50

Lista de figuras

Figura 1. Ejemplo Curvas S. Fuente: (AACE International, 2008).....	18
Figura 2. Transferencia de conocimiento	20
Figura 3. Sistema de gestión de beneficios.....	22
Figura 3. Niveles de la buena práctica. Fuente: (Kerzner, 2003)	30
Figura 4. Curva S del proyecto.	44

Resumen

Título: Guía para la implementación de las buenas prácticas en empresas constructoras: aplicación de casos de estudio.*

Autor: Carlos Manuel Ramírez Gómez**

Palabras claves: AACE; Buenas prácticas; Estimación al finalizar; Lecciones aprendidas, Pronóstico

La toma de decisiones estratégicas y tácticas en el ciclo de vida de los proyectos se ven influenciados por la historia de la organización, con el objetivo de guiar los futuros proyectos al éxito. En este estudio se implementó la práctica recomendada por el AACE, Estimación al finalizar (EAC) mediante directrices de aplicación de buenas prácticas y lecciones aprendidas. Se seleccionó como empresa de caso de estudio a MR Ingenieros S.A.S., vinculados con el sector de la industria de hidrocarburos en el actual proyecto con objeto de contrato: “Obras asociadas a la conexión de pozos de la campaña de perforación etapa 3 en el campo castilla del HUB llanos de Ecopetrol”. Se encontró un EAC de COP 1,402,676,762.14 con un presupuesto aprobado al finalizar (BAC) de COP 1,622,330,472.42, presentando una reducción en el presupuesto de 14%. La práctica recomendada fue aplicada correctamente y se acopló a la constructora colombiana mediante directrices de lecciones aprendidas y buenas prácticas.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directo: Guillermo Mejía Aguilar.

Abstract

Title: Guideline for the implementation of recommended practices in construction companies: application of study cases.*

Author: Carlos Manuel Ramírez Gómez**

Key words: AACE; Best practices; Estimate at completion; Forecasting; Lessons learned

Strategic and tactical decision-making in the project life cycle are influenced by the history of the organization, with the aim of guiding future projects to success. This study implements the practice recommended by the AACE, estimate at completion (EAC) through guidelines for the application of best practices and lessons learned. MR Ingenieros S.A.S., linked to the hydrocarbon industry sector, was selected as a case study company in the current project under contract: “Works associated with the connection of wells of the stage 3 drilling campaign in the Castilla del HUB llanos of Ecopetrol”. An EAC of COP 1,402,676,762.14 was found with an approved budget at completion (BAC) of COP 1,622,330,472.42, presenting a 14% reduction in the budget. The recommended practice was applied correctly and was coupled to the Colombian construction company through guidelines of lessons learned and best practices.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directo: Guillermo Mejía Aguilar,

Introducción

Se ha demostrado que el éxito en la toma de decisiones en una empresa se ve influenciada por los errores pasados, haciendo estas decisiones más acopladas a la realidad que se presentará en el proyecto.

Un estudio realizado por la unidad de inteligencia del diario Economist (Economist, 2013), a 587 directores a nivel mundial, se encontró que:

- El 36% de los mejores ejecutivos tienen iniciativas de estrategias que son evaluadas hasta completarse y una lista de lecciones aprendidas que son comunicadas a aquellos que se ajustan a un alto nivel de estrategia.
- Solo el 11% de ellos no manejan un método específico para acoplar las lecciones aprendidas dentro del margen estratégico.

Concluyendo que recopilar lecciones aprendidas es el enfoque más efectivo al formular estrategias y que se ejecuten como se espera.

Este enfoque de adaptación a nuevas metodologías y estructuración de bases de datos en conocimientos, pueden verse vistas desde el punto de vista de la gestión del conocimiento, encargado de analizar y recopilar tanto el conocimiento dentro de la organización (situaciones internas) como el análisis comparativo del entorno (competencia) y la empresa (situaciones externas), como lo son: la presión de la globalización del mercado, el incremento de la competencia, la aparición de nuevas tecnologías y la mano de obra altamente calificada (Eken, Bilgin, Dikmen, & Birgonul, 2015). Esta recopilación se realizará mediante las lecciones

aprendidas, inclinadas a la implementación exitosa del proyecto, que estén interesadas en alcanzar los objetivos esperados y superar situaciones críticas como la del importe de la empresa.

En adición, (Milton, 2010) expone que muchas corporaciones no reconocen el valor y los beneficios que se pueden obtener de las buenas prácticas, para el caso de empresas constructoras (Eken et al., 2015), los factores específicos en los proyectos de construcción generan dificultad al recopilar conocimiento. No obstante, sin tener sistema de transferencia de conocimiento, no será posible compartir la previa recopilación, existe un problema sobre todo en el sector de la construcción con el personal administrativo (Al-ghassani et al., 2006) por la gran cantidad de actividades que demanda (preliminares diseños, análisis, diseño detallado, planeación y gestión en la construcción, mantenimiento, etc.), ya que la dirección del conocimiento en la construcción no solo provee a incrementar la seguridad y la estabilidad, también salva el gasto del programa y aumenta el alcance para innovar (Al-ghassani et al., 2006).

En el presente proyecto se realizará una propuesta de metodología para generar buenas prácticas a partir de lecciones aprendidas generadas en la misma compañía.

En complemento se tendrán en cuenta los beneficios que la implementación de estas lecciones ofrece aplicada a una simulación en la empresa MR Ingenieros S.A.S.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Diseñar una metodología de buenas prácticas y lecciones aprendidas para empresas constructoras, aplicada al contexto colombiano.

1.2. Objetivo específico

Identificar el procedimiento básico que debe tener una metodología de buenas prácticas de acuerdo con una revisión de literatura que pueda aplicarse al contexto colombiano.

Implementar el procedimiento metodológico en un caso de estudio dentro de una constructora local

2. Marco teórico

2.1. Buenas prácticas. También llamada Práctica Recomendada [Recommended Practice] o Práctica Probada [Proven Practice]. Son un conjunto de técnicas, procedimientos, métodos o actividades que luego de una aprobación experimental, ofrecen con un nivel mayor de eficiencia, los resultados en la entrega de un proceso existente en un proyecto. Dependiendo de cada proyecto, las buenas prácticas son interpretadas de manera particular, es decir, alineadas a los objetivos y los requerimientos de cada compañía.

No obstante, (Kerzner, 2003) crea una metodología flexible de gestión de proyectos, que abarca la definición, captura, validación y comunicación en los casos de aplicación de buenas prácticas; diseñada mediante conceptos afines que se mantienen evolucionando. La implementación promete

un nivel mayor de excelencia en componentes como trabajo en equipo, orientación a solucionar problemas y la toma de decisiones.

2.2. Lecciones aprendidas. Es una recomendación, basada en experiencia previamente analizada, siendo ésta positiva (éxitos) o negativa (fallos, pérdidas, infortunios) que es obtenida mediante procesos de ejecución de un proyecto, entre varios beneficios, permite identificar las mejoras de las cuales los individuos pueden aprender a mejorar su rendimiento en una tarea u objetivo en los procesos de gestión de proyectos y que es incluida en una doctrina, procedimiento, estructura o entrenamiento, (Milton, 2010) crea una metodología de lecciones aprendidas que abarca las directrices para realizar la identificación, documentación, análisis, almacenamiento y acción de estas.

2.3. Línea base. Baseline [Línea base], es el plan de referencia en el cual el costo, la programación, el alcance y otros criterios de ejecución del proyecto son documentados y contra los cuales se evalúan las medidas de desempeño y se notan los cambios (AACE International, 2019).

2.4. Sistema de gestión del valor ganado. Es un enfoque sistemático para el Estimate At Completion [Estimación al finalizar] (EAC) y es usado para la medición del progreso del proyecto, indicando sobre sobrecostos o desfase en la programación y calcula el valor ganado (Earned Value [Valor ganado]) (Iranmanesh, Mojir, & Kimiagari, 2007)

2.5. Gestión de beneficios. La gestión de beneficios permite la identificación, definición, planificación, implementación y realización de beneficios, un ciclo iterativo que se centra en el valor que los proyectos tienen para ser entregados al cliente, teniendo una filosofía en que los proyectos no solo son medidos por la triple restricción (beneficios tangibles): costos, programación y alcance, en efecto, se debe ser perceptivo con las necesidades del usuario final, el cliente (intangibles).

2.6. Gestión del conocimiento. Es definido como un continuo procedimiento de intercambio de información principalmente interna, que recibe y transforma en materia prima para aportar valor a la organización (Dell & Gray, 2014).

2.7. Estimación de costos. La estimación de costos es definida por el Project Management Institute (PMI) [Instituto de la gestión de proyectos] como “The process of developing an approximation of the monetary resources needed to complete project activities”. [El proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesitados para completar actividades del proyecto] (PMI, 2011) que se encuentra dentro del enfoque sistemático del Earned Value Management [Gerencia del valor ganado] (EVM), el cual facilita información de sobrecostos y sobretiempo para tener un plan de acciones preventivas durante el ciclo de vida del proyecto (Iranmanesh et al., 2007).

2.8. Curvas S. También llamado Performance Measurement Baseline [Línea de base de medición de rendimiento]. Es una gráfica que representa acumulados de horas-hombre, progreso u otros datos cuantitativos representados al mismo tiempo contra el tiempo (ver Figura 1.).

Diferente información del proyecto estarán ploteadas en la curva S:

Costo actual (AC): Es el costo que a la fecha de corte analizada se ha gastado.

Valor Ganado (EV): Es el valor pagado a la firma por la cantidad de trabajo realizado.

Valor Planeado (PV): Es el valor que se planeaba gastar en cada corte de control hasta llegar a la finalización del proyecto.

Presupuesto al finalizar (BAC): Es el presupuesto original del proyecto, sin modificaciones, que, dependiendo del desempeño de costos y de programación, se convertirá en el EAC.

Varianza de programación (SV y SV_t)

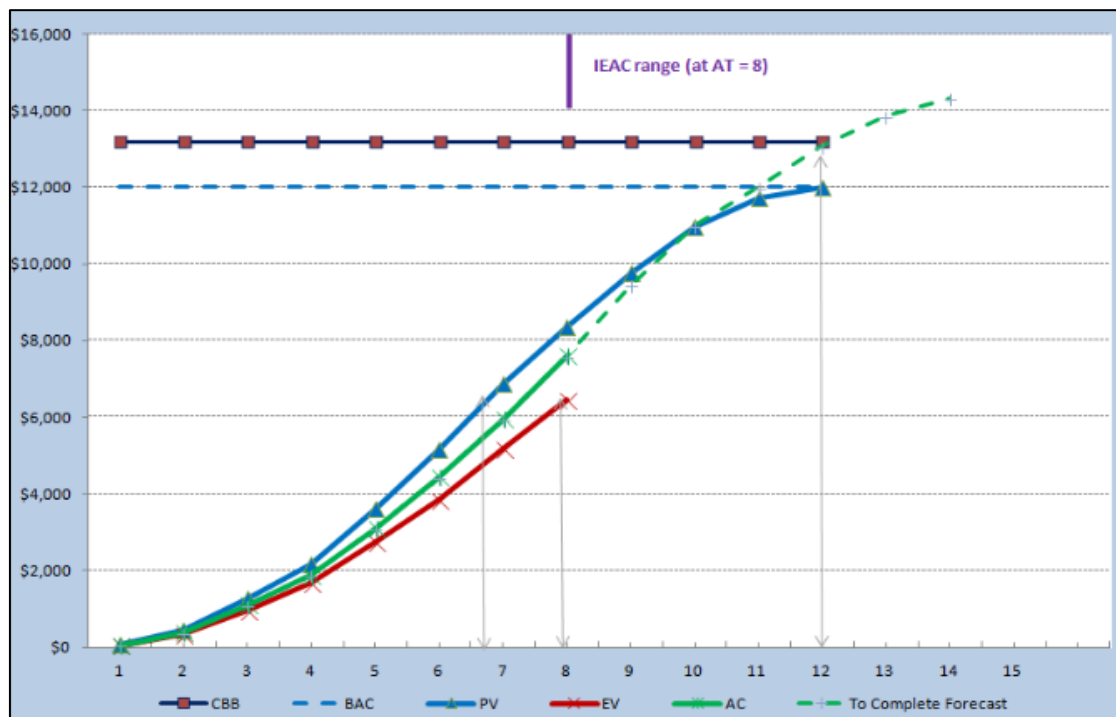


Figura 1. Ejemplo Curvas S. Fuente: (AACCE International, 2008)

La forma de la gráfica no necesariamente debe tener la forma de una “S”, ya que en el corte en el que la curva S empieza a tener una pendiente marcada, es la concentración de recursos utilizados en ese rango. Sin embargo, la posición de la mayor concentración de recursos varía según el proyecto que se presente, alterando la forma de la curva.

2.9. Puntos de referencia. Los puntos de referencia (Benchmark) son indicadores que permiten identificar estándares más altos de excelencia en la entrega de un producto (actividad, metodología, proceso, actividad). Considerada una buena práctica para capturar buenas prácticas (Bhutta & Huq, 1999).

2.10. Evaluación comparativa. La evaluación comparativa es definida por (APQC, 2018) como “The process of comparing and measuring your organization against others, anywhere in the world, to gain information on philosophies, practices, and measures that Will help your organization take action to improve its performance”. [El proceso de comparar y medir la organización respecto a otras, en cualquier lugar del mundo, para obtener información en filosofías, prácticas, y medidas que ayudarán a la organización a tomar acciones para mejorar su rendimiento].

3. Metodología

3.1. Aspectos generales de la organización MR INGENIEROS S.A.S. MR

Ingenieros tiene como misión la entrega de un producto, teniendo como límites infranqueables la satisfacción integral de sus clientes, la alta calidad, los altos estándares de seguridad, salud ocupacional y el talento humano disciplinario.

Algunos datos relevantes de la organización:

- ✓ **Razón social:** MR Ingenieros S.A.S.
- ✓ **Representante Legal:** Oscar González
- ✓ **Ubicación:** Sede principal en Calle 54B No. 17-25 Girón – Santander.
- ✓ **Objeto Social:** Dedicados con el sector petroquímico, industrial e institucional, con una línea dedicada a la realización de consultorías interventorías en diferentes áreas de las ingenierías, especialistas en las siguientes disciplinas:
 - Diseños de ingeniería.
 - Obras y montajes electromecánicos.
 - Obras civiles.
 - Obras en infraestructura vial.
 - Edificaciones institucionales e industriales.
 - Acueductos y alcantarillados.

La aplicación de las directrices de buenas prácticas y lecciones aprendidas, y el análisis de datos se realizó para la orden de servicio número uno, la cual lleva por objeto: “Obras asociadas a la conexión de pozos de la campaña de perforación etapa 3 en el campo castilla del HUB llanos de Ecopetrol”, cuya estimación de valor planeado (PV) se hizo mediante una reunión de expertos en

cada una de las especialidades involucradas (mecánicas, civiles y eléctricas), realizando análisis comparativos (benchmarking) que determinan qué tan bien funcionarían ciertos aspectos para brindar agilidad mediante previa información de industrias competitivas (Sarkis, 2001), relacionadas a proyectos similares con Ecopetrol; acción que puede ofrecer un pronóstico cercano al real cuando se hace correctamente, sin embargo, lo ideal sería analizar cada uno de los ítems que conforman la orden de servicio.

3.2. Estableciendo la buena práctica. Existen varias modalidades para capturar información externa e identificar buenas prácticas. El conocimiento interno abarca las lecciones aprendidas mediante la experiencia e historia, y las bases de datos internas. Desde fuentes externas, el conocimiento externo se maneja de benchmarking [Análisis comparativos], publicaciones, seminarios y simposios, y bases de datos externas.

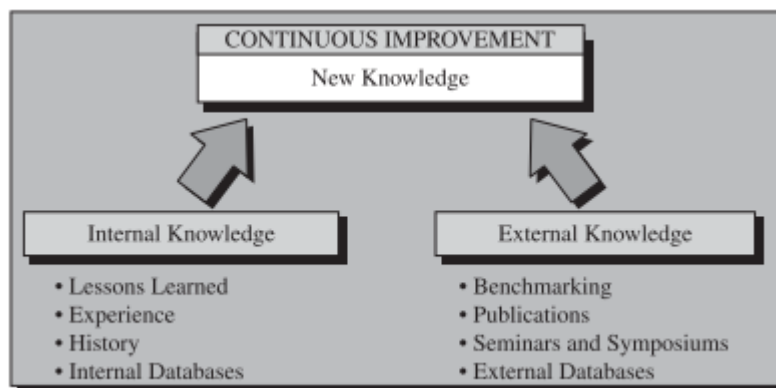


Figura 2. Transferencia de conocimiento

Se aplica la práctica recomendada por el AACE número 80R-13, Estimate at Completion [Estimación al finalizar], éstas buenas prácticas son documentos que contienen información de referencia valiosa que ha estado sujeta a procesos de revisión rigurosos y recomendados para su uso.

El problema presentado con publicaciones externas es la capacidad para adaptarse de una organización a otra, ya que cada práctica recomendada está ajustada a los alineamientos de cada empresa, a modo de cumplir objetivos particulares.

No obstante, no ha sido diseñada para ser un estándar, por otro lado, provee una guía general (AACE International, 2008).

3.3. Sistema de gestión de beneficios. Wäertsilä Project Management Office (WPMO)

[Oficina de Gestión de Proyectos de Wäertsilä] en conjunto con la firma DUBAI CUSTOMS plantean un sistema de gestión de beneficios (Kerzner, 2003), que guiará la necesidad de la investigación. Consta de cuatro elementos: Levantamiento del problema, identificación de beneficios, plan de realización, por último, monitoreo y reporte, como se muestra en la Figura 3.

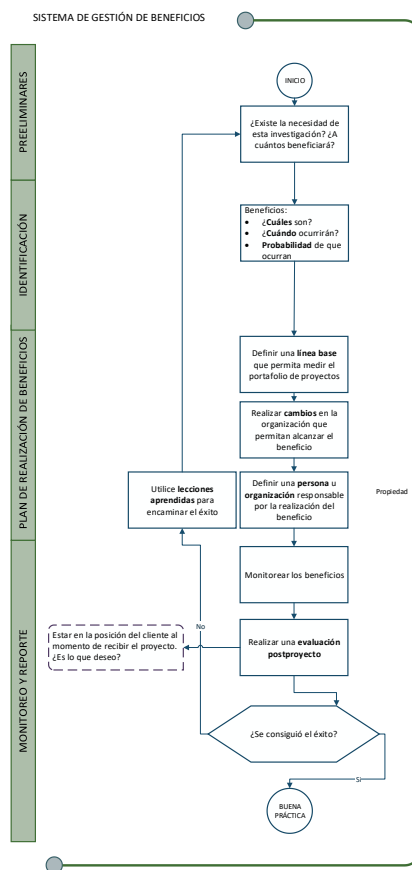


Figura 3. Sistema de gestión de beneficios.

3.3.1. Levantamiento del problema. La necesidad de la inversión de tiempo, energía y costo de la investigación debe verse retribuida en beneficios a posteriori, se plantea el interrogante: ¿Se necesita de esta inversión? ¿A quién más beneficiará? Los anteriores deben ser

resueltos internamente en la compañía, mediante procesos de cuestionamiento reales y no convenientes, para saber la situación actual que se encuentra la firma. La vía más viable es el diálogo.

Milton (Milton, 2010), plantea la metáfora del árbol, proceso que es infalible y estructurado para capturar lecciones aprendidas que resulta sencillo para su uso y entendimiento externo. El proceso identifica tres aspectos importantes encaminados a conseguir la lección, compuesto por las partes de un árbol, tronco, ramas y fruta, que metafóricamente representan respectivamente, el tema central de la conversación, los subtemas adyacentes al tema principal y finalmente la lección identificada.

La entrevista se realizó al gerente transversal a los cuatro proyectos involucrados. La buena práctica de lecciones aprendidas indica disponibilidad de media hora para realizar las pertinentes interrogaciones, comunicación asertiva y habilidad en la redacción para poder analizar la información, utilizando grabadores de voz portátiles, grabación de video o en su defecto una toma de datos completos a mano. Iniciando con el tronco, el tema central es el forecasting [Previsión], llegando a las ramas que, mediante historias sucedidas en la organización, van figurando los puntos de aprendizaje hasta llegar a la lección aprendida (fruta). A continuación, se compartirá la entrevista realizada, con el debido permiso concedido por la misma gerencia para el uso de información pública de esta investigación. El tema central es la previsión en la organización.

Pregunta troncal (Tópico central): ¿Alguna vez (a nivel de empresa) han realizado previsiones en alguno de sus proyectos?

Respuesta: Todo el tiempo, para cada proyecto se tiene en cuenta y se intenta anticipar a los hechos para poder distribuir los recursos a lo largo del ciclo del proyecto. [...]

Pregunta troncal (continuación): ¿Me puede dar un ejemplo de cuando la estimación al finalizar no fue tan esperada?

Respuesta: Existió un contrato pagado en dólares americanos, en el momento de la cotización en el que el dólar estaba en \$3,400 COP y continuaba subiendo. El proyecto demoró más de lo esperado y al momento de la estimación al finalizar, se esperó un valor de la divisa de \$3,000 COP a la fecha para calcular los costos con ese valor.

Pregunta ramal (Enfoque): ¿Cómo resultó el proyecto? ¿Se pudo sacar adelante?

Respuesta: Al momento del acta final, el dólar siendo volátil, bajó a \$2,800 COP. Al realizar la conversión representativa del mercado caía significativamente, perdiendo utilidad. Sin embargo, se negoció con el cliente dejar una tasa fija representativa para evitar este tipo de variaciones, de lo contrario, se hubiera cancelado el contrato.

Pregunta frutal (Punto de aprendizaje): Si usted aconsejara a alguien que estuviera pasando por la misma circunstancia del dólar volátil y no hubiera la posibilidad de acordar una tasa fija entre las partes, ¿Qué tendría por decirle para evitar el infortunio?

Respuesta: Realizar el análisis de riesgos (Estratégicos y prácticos) y realizar un plan de contingencia para mitigar el impacto del daño, agregando un presupuesto de contingencia y ser mucho más conservador con las estimaciones, generando una oferta más costosa, pero asegurada.

En muchas ocasiones se toman premisas planeadas erróneas, el consejo es tratar de mantener una línea base y verificar las premisas con las cuales se hizo la base del estimado. Al igual que utilizar herramientas financieras que puedan brindar este tipo de variaciones.

Mediante la analogía del árbol es posible evaluar la necesidad del proyecto para la estimación de costos. El levantamiento del problema permitió conocer aspectos de la empresa y factores críticos como la carencia de personal designado para control de costos, siendo el gerente del proyecto el principal beneficiado para la aplicación de la buena práctica.

El nivel de ocurrencia de beneficios proporcionado por la buena práctica estará en cada nivel de corte de toma de datos, ya que proporcionará información de avance o retraso para tomar decisiones a tiempo y anticipado. La probabilidad de que ocurran estos beneficios será cada vez más acercada a la realidad cuando se alimente la matriz de costos a medida que el proyecto vaya avanzando (mayor al 20% de avance del proyecto (AACE International, 2008)).

Mientras avanza el proyecto, los valores de *EV*, *AC*, *PV*, *BAC* y sus derivados son alimentados a la matriz de datos del Earned Value Management (EVM) [Gestión del valor ganado], para luego ser graficados contra la línea base medida en meses del proyecto, generando la curva S del EVM, ver Figura 1.

Se debe desarrollar un plan de acción para el cambio del proyecto de la línea base que permita tomar decisiones en la medida del desempeño y controlar desviaciones en alcance, modificar el presupuesto, revisar programación o reflejar un cambio en el levantamiento del equipo del proyecto

(PMI, 2011). Estos cambios deben ser liderados por una persona a cargo, que tendrá un rol y responsabilidades específicas discutidas más adelante.

El monitoreo debe realizarse constantemente a la línea base, cada vez que deba alimentarse la curva S y arroje información valiosa del proyecto, controlando las estimaciones que se realizarán y de igual forma que los índices claves de desempeño estén en rangos estables.

La evaluación post proyecto es crucial, ya que será posible comparar las estimaciones en todos los cortes analizados con los realmente ocurridos, y mediante lecciones aprendidas, iterar el proceso hasta poder alinear las estimaciones a un ámbito más real para poder alcanzar el éxito.

3.3.2. Estructura de la lección y documentación. La lección encontrada debe estar bien estructurada y debe estar en un nivel alcanzable para toda la jerarquía de la empresa que tenga que ver con el punto de aprendizaje.

Realizar análisis comparativos entre lo planeado y lo que verdaderamente ocurrió, por qué hubo una diferencia, buscar las raíces del problema para finalmente obtener una recomendación para el futuro (Milton, 2010), como se propuso con la analogía del árbol. La cantidad al documentar la lección aprendida depende del contexto que esté aplicada: baja representa tópicos simples y sin directrices complejas, expresadas generalmente por un diagrama de flujo y son capturadas mediante una plantilla de lecciones aprendidas, o de alto contexto que son complicadas de transferir el conocimiento, aplicadas en situaciones específicas y se capturan en historias. En el presente caso

la lección aprendida es de alto contexto, ya que la particularidad ocurrida (caída del dólar) fue un factor volátil para la toma de decisiones, captado desde las historias.

3.3.3. Tomando acciones. Dependiendo del proyecto y la aplicación de una buena práctica, es necesario definir las acciones y sus duraciones para poder aplicar la lección aprendida, no obstante, como existe unas directrices de aplicación para realizar la estimación al finalizar, y la lección aprendida, refuerza estas directrices existentes (Milton, 2010), investigando más allá de lo que normalmente se considera, observando la situación más cerca la siguiente vez. Asignando acciones mediante el personal o la persona que facilitó la lección aprendida y en el momento que un facilitador o investigador decida.

3.3.4. Cerrando la lección. Luego de realizar el proceso tomar acción para su implementación y control, debe archivar y guardarse en una base de datos de lecciones aprendidas. Para el caso de estudio, la firma MR INGENIEROS S.A.S. no presenta un sistema de lecciones aprendidas para su implementación y transferencia de conocimiento.

3.3.5. Actualizar y reaplicar la lección. Es necesario el uso constante de la lección aprendida para observar los beneficios analizados, se debe realizar revisiones y procesos de mejoramiento antes de tomar acciones (Milton, 2010) para poder alimentar el alcance de la lección aprendida.

3.4. Validación. Es importante saber los elementos que caracterizan una buena práctica al momento de validarla. Con el propósito de tener un concepto idóneo, algunas Project Management Office [Oficinas de gerencia de proyectos] (PMOs) (Kerzner, 2003), han desarrollado criterios para encajar con la definición de una práctica recomendada.

Para saber si la investigación es viable, es necesario saber si cuenta con las siguientes características:

3.4.1. Transferencia a varios proyectos. Debe tener la capacidad de ser transferible de un proyecto a otro sin alterar sus directrices de ejecución o alcance de aplicación. La práctica recomendada 80R-13 por el AACE presenta principios aplicables a un contexto global, los cuales se mantienen más estables que las herramientas y técnicas volátiles, de un proyecto u organización puntual (PMI, 2011), siendo el EAC transversal inclusive a la magnitud del proyecto, sin importar la complejidad de este.

3.4.2. Rendimiento medible. La estimación al finalizar permite considerar variaciones en el rendimiento por parte de la triple restricción: costo, tiempo y alcance. Valores que son obtenidos por registros contables, medibles, que permitirá analizar el comportamiento del rendimiento, bajo estas influencias.

Teniendo en cuenta que la buena práctica está alineada con algunos capítulos del Total Cost Management Framework (TCMF), ya que permite realizar observaciones de cómo el trabajo está siendo ejecutado: Progress and Performance Measurement [Medición de progreso y rendimiento], y compara el desempeño actual del proyecto respecto al planeado, identificando las varianzas desde

el desempeño planeado: Project Performance Assessment [Evaluación del desempeño del proyecto].

3.4.3. Rentabilidad medible. Inicialmente, la práctica recomendada está alineada con el TCMF, que tiene por objetivos y medibles la planificación de la rentabilidad en la aplicación de esta.

3.4.4. Actividades completadas optimizando tiempo y costo. Mediante el sistema de realización de beneficios y las lecciones aprendidas es posible crear una línea base de medición para comparar resultados con escenarios alternativos y analizar si existe una manera diferente (optimizada) de alcanzar los objetivos y tomar decisiones.

3.4.5. Valor agregado a la compañía y al cliente. Interrogantes como ¿Cuáles son los requerimientos y necesidades del usuario final? ¿Qué debe cambiar en orden de que ocurra eso? Son las que plantea el sistema de realización de beneficios con ayuda de la gestión de cambios.

3.4.6. Unicidad. Un aspecto es la cualidad que tiene la práctica recomendada para diferenciar la metodología aplicada en la buena práctica respecto a la competencia externa, ayudando a evitar los fallos, y en caso de que existan, ayudar a disiparlos en una situación crítica.

3.5. Nivel de la buena práctica. La filosofía de la estimación al finalizar tiene unos principios que son permitidos en un nivel general (PMI, 2011), debido a que éstos manejan más persistencia y resistencia al cambio que las herramientas y técnicas que evolucionan constantemente. Así mismo permite la aplicación de la estimación sin importar el proyecto y su magnitud. Por último, es aplicable en un contexto global en términos de acuerdos organizacionales entre participantes.



Figura 4. Niveles de la buena práctica. Fuente: (Kerzner, 2003)

3.6. Aplicar la buena práctica: estimación al finalizar (EAC). Luego de definir el alcance de la buena práctica como organización, antecedentes del caso de estudio, un análisis de gestión de beneficios viable y un deseo vehemente de mejorar procesos, se continuará con la aplicación de la práctica recomendada: Estimación al finalizar (EAC).

3.6.1. Factores críticos de éxito (CSF). Son hechos para desarrollar un fuerte enfoque en cumplir con los objetivos tácticos y estratégicos generales de la organización.

3.6.2. Indicadores claves de rendimiento (KPIs). El primer indicador saludable del proyecto es brindado por los índices de desempeño de programa (*SPI*) y costo (*CPI*) (Kerzner, 2003).

El *SPI* compara el valor ganado (pagado a la firma por un determinado trabajo entregado), contra el valor planeado (lo que se tenía pensado avanzar en un corte dado).

Debe analizarse cuidadosamente con el plan desglosado de trabajo teniendo en cuenta las rutas críticas de los ítems del proyecto, ya que el desfase de por lo menos un día hará que varíe el *SPI*

$$SPI = \frac{Valor\ ganado}{Valor\ planeado} \quad (1)$$

Si el *SPI* es igual a 1, el avance actual del proyecto es exactamente igual al trabajo esperado avanzado. Cualquier variación negativa o imprevisto afectará de igual manera al avance del proyecto.

- Si es mayor a 1, los ítems están avanzando más tempranos de lo esperado a la fecha. Índice óptimo.
- Si es menor a 1, el trabajo realizado actualmente está retrasado con lo previsto. Índice pésimo.

El *CPI* interpreta la eficiencia de los costos, compara el valor ganado (costo pagado a la firma por el trabajo realizado hasta la fecha) y el costo actual (costo real por el trabajo realizado a la fecha).

$$CPI = \frac{\text{Valor ganado}}{\text{Costo actual}} \quad (2)$$

Si el *CPI* es igual a 1, el desempeño actual del proyecto es exactamente igual al desempeño esperado avanzado.

- Si es mayor a 1, el desempeño está siendo mejor de lo esperado a la fecha. Índice óptimo.
- Si es menor a 1, el desempeño realizado actualmente está peor con lo previsto. Índice pésimo.

3.6.2.1. Factores críticos de éxito. El EAC es el resultado de una evaluación periódica del estado del proyecto (costos actuales) y del trabajo que resta; siendo una estimación del costo total al finalizar un proyecto (AACE International, 2008).

$$EAC = AC + EDT \quad (3)$$

AACE presenta seis pasos para determinar el EAC.

1. Validar el EAC como razonable.
2. Recolectar los costos actuales acumulados a lo largo de un periodo dado.
3. Estimar la fecha de finalización del programa.
4. Análisis del Earned Schedule [Programa Ganado] (ES)

5. Estimar los recursos y costos para completar el trabajo autorizado restante (ETC)
6. Revisar la estimación al finalizar (EAC)

3.6.3. Validando el EAC como razonable. Existen dos formas para poder validar el EAC como razonable, es decir, que sea esté en un rango lógico para su comprensión. La estimación al finalizar independiente (IEAC) y el índice de desempeño a completar (TCPI). Los índices de desempeño como el CPI_{cum} y el SPI_{cum} deben ser estables a lo largo del periodo de análisis, para no tener valores atípicos en la estimación.

3.6.3.1. IEAC. Son fórmulas independientes que ayudan a calcular el EAC, utilizados a lo largo de todo el proyecto, ya que es posible realizar cortes de análisis en cualquier periodo deseado para cualquier nivel de la estructura desglosada de trabajo (WBS) o estructura desglosada organizacional (OBS), ajustándose a los cortes de control. Todas las fórmulas tienen la función de ser un punto comparativo para el EAC de la gerencia y cada una de ellas deben ser evaluadas cuidadosamente para determinar cuál es la que se acopla a la predicción del EAC en cualquier nivel de la WBS (AACE International, 2008).

$$EAC = AC + (BAC - EV) \quad (4)$$

La ecuación (4) asume que el alcance del trabajo restante está definido por el valor del presupuesto aprobado, es recomendada utilizarla sólo en la fase inicial del proyecto (ítems completados < 10%) ya que no contempla las variaciones por los rendimientos a la fecha. Asimismo,

el índice de desempeño a la fecha (CPI_{cum}) debe ser cercano a 1.0 para asegurar que el valor ganado esté similar con el costo actual acumulado gastado.

$$EAC = BAC / CPI \quad (5)$$

La ecuación (5) asume que el valor final del proyecto será igual al valor final presupuestado, con una pendiente igual al CPI_{cum} que se asume seguirá constante en el trabajo remanente.

Sin embargo, no considera la eficiencia de rendimiento programada ni el desempeño de costo.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI} \quad (6)$$

La ecuación (6) también asume un desempeño de costos constante en el trabajo remanente. AACE recomienda de igual forma utilizar un promedio de los últimos 6 o 3 meses del CPI_{cum} para poder tener en cuenta los rendimientos pasados y dar una tendencia más real al comportamiento que tendrá. No obstante, si este índice no es estable, la ecuación no será válida. De igual forma en cada fase del proyecto se debe utilizar un índice para cada sección, no será posible realizar promedios del CPI en las que los meses analizados sean de distintas fases. Como las ecuaciones anteriores, esta tampoco considera el desempeño de programa.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI * SPI} \quad (7)$$

Entra un nuevo concepto en la ecuación (7), la estimación al finalizar el proyecto está restringida por el comportamiento del índice de desempeño del programa (SPI), a su vez con el desempeño del costo, definido como el índice de costo programado.

Como el *SPI* será igual a 1 próximo a finalizar el proyecto, (porque el valor ganado deberá ser igual al valor planeado al finalizar el trabajo), no podrá ser evaluado el progreso del programa y la ecuación no se recomienda ser usada a partir del más del 80% ejecutado.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI_{6month} * SPI_{cum}} \quad (8)$$

La ecuación (8) es recomendada usarla al momento en el que la curva S empieza a tener pendiente abrupta y no al inicio del proyecto.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{(A * CPI_{cum}) + (B * SPI_{cum})} \quad (9)$$

La ecuación (9) pondera los índices de desempeño de costos y programación mediante escalares *A* y *B*, los cuales cumplen la condición de $A+B=1$. Valores que serán resueltos mediante reuniones de expertos para determinar los más apropiados, con la ponderación más alta para el escalar que influye en el índice costos (*A*).

La ecuación para utilizar será el ponderado de (4), (5), (6), (7) y (9). Se calcularon para las anteriores fórmulas y de igual forma el mejor y peor escenario que podría suceder.

Tabla 1. *Escenarios del EAC. Fuente: elaboración propia*

Escenario	Valor (12/10/19)	Unidad
Ponderado	\$ 1,440,765,567.61	Pesos colombianos
Mejor	\$ 1,402,676,762.12	Pesos colombianos

Peor	\$ 1,548,850,410.9	Pesos colombianos
-------------	--------------------	-------------------

El mejor escenario que puede presentarse es mediante la ecuación (7), asumiendo que la estimación se ve afectada por el rendimiento de costo y programa, un estimado obtenido usando el producto del *CPI* y del *SPI* es un indicador de la salud general del proyecto, reflejando la desviación de costos y el progreso del programa (Narbaev & De Marco, 2014), mientras que el peor escenario lo asume que la influencia del comportamiento del *CPI* estará a lo largo del trabajo remanente

3.6.3.2. Índice de desempeño de costos a finalizar (TCPI). Se calculará el desempeño de costo requerido para poder alcanzar el BAC o el EAC, como sigue:

$$TCPI_{BAC} = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

O

(10)

$$TCPI_{EAC} = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

Tabla 2. Variables involucradas en el cálculo del EAC utilizadas en las ecuaciones

(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10). Fuente: elaboración propia

Símbolo	Variable	Unidad
---------	----------	--------

EAC	Estimación al finalizar	Pesos colombianos
ETC	Estimado a completar	Pesos colombianos
BAC	Presupuesto aprobado	Pesos colombianos
PV	Valor planeado	Pesos colombianos
AC	Costo Actual	Pesos colombianos
EV	Valor ganado	Pesos colombianos
CPI	Índice de desempeño de costo	-
SPI	Índice de desempeño de programa	-
TCPI	índice de desempeño del trabajo por completar	-
A	Escalar asociado con el CPI	-
B	Escalar asociado con el SPI	-

3.6.4. Recolectar costos actuales acumulado. El proyecto “Obras asociadas a la conexión de pozos de la campaña de perforación etapa 3 en el campo castilla del HUB llanos de Ecopetrol” inició en agosto de 2019 y se espera finalizar en febrero 2020 para tener una duración de 6 meses. El contrato fue acordado de precios unitarios con 1200 ítems considerados. Por efectos de facilidad y redacción se seleccionaron solo 42 de más relevancia de la especialidad civil, mecánica y eléctrica. A la fecha, han pasado dos meses para tener el segundo corte de control de análisis.

Los cortes se analizaron con los costos directos y costos indirectos (AIU) de Administración: 21%, imprevistos: 1%, Utilidad: 4%

3.6.5. Estimar la fecha de finalización programada. Al igual que con los costos, la programación del proyecto debe tener un estimado, sobre todo al momento de prepararse para entrar a actividades de rutas críticas. Existen varias maneras para calcular la fecha estimada al finalizar: Se deben presentar previsiones de igual forma para la programación, para tener precaución con las rutas críticas que presenta el proyecto. Existen varias maneras de estimar la finalización del proyecto (Kerzner, 2003):

Tabla 3. *Costos directos e indirectos sin incluir el IVA en el corte de control del segundo mes de ejecución*

Vr. Parcial		12/9/19
Total, costo directo	\$ 1,287,563,867	\$ 211,670,803
Total, con A.I.U. y sin IVA	\$ 1,622,330,472	\$ 266,705,212
	12/10/19	12/11/19
Total, costo directo	\$ 229,691,181	\$ 211,558,470
Total, con A.I.U. y sin IVA	\$ 289,410,888	\$ 266,563,672
	12/12/19	12/01/20
Total, costo directo	\$ 308,041,555	\$ 224,172,947

Total, con A.I.U. y sin IVA	\$ 388,132,359	\$ 282,457,913
	12/02/20	
Total, costo directo	\$ 102,428,911	
Total, con A.I.U. y sin IVA	\$ 129,060,428	

3.6.5.1. Proyección de la fecha estimada al finalizar (ECD)

$$ECD = \text{Fecha de inicio} + ED \quad (11)$$

$$ED = \frac{PD}{SPI} \quad (12)$$

Tabla 4. Variables involucradas en el cálculo del EAC utilizadas en las ecuaciones (11) y (12). Fuente: elaboración propia.

Símbolo	Variable	Unidad
<i>ECD</i>	Fecha estimada al finalizar	Meses
<i>ED</i>	Estimado a completar	Pesos colombianos
<i>BAC</i>	Presupuesto aprobado	Pesos colombianos
<i>PD</i>	<i>Duración planeada</i>	<i>Meses</i>
<i>B</i>	<i>Escalar asociado con el SPI</i>	-
<i>A</i>	<i>Escalar asociado con el CPI</i>	-

<i>AT</i>	<i>Tiempo actual</i>	<i>Meses</i>

La fecha exacta de inicio de proyecto fue el 12 de agosto de 2019, presentando adelantos en los primero dos cortes de septiembre y octubre. Sin embargo, no es recomendada utilizarla en el menor del 20% ejecutado el proyecto (AACE International, 2008).

$$ECD = Fecha\ inicio + Meses\ completar \quad (13)$$

$$ECD = Meses\ completar = \frac{BAC - EV_{cum}}{PV} \quad (14)$$

$$Meses\ completar = \frac{(BAC - EV_{cum})}{PV} \quad (15)$$

La ecuación (15) indica que el rendimiento planeado seguirá estando en tendencia en el futuro. No es posible usar esta ecuación por la inestabilidad que puede presentar el PV a tempranas fases del proyecto.

Una alternativa al problema de la inestabilidad es el promedio a los 6 o 3 meses del PV, para considerar los rendimientos de los meses anteriores.

$$Meses\ para\ finalizar = \frac{BAC - EV_{cum}}{PV_{avg}} \quad (16)$$

$$Meses\ para\ finalizar = \frac{BAC - EV_{cum}}{EV_{curr}} \quad (17)$$

Las ecuaciones (16) y (17) presentan inconvenientes con las etapas tempranas del proyecto, debido al cambio abrupto que se presenta en el momento de que la curva S empiece a ganar pendiente, causando exageraciones o subestimaciones.

$$Meses\ para\ finalizar = \frac{BAC - EV_{cum}}{EV_{avg}} \quad (18)$$

$$EV_{avg} = \frac{EV_{cum}}{Duración\ del\ contrato\ [Meses]} \quad (19)$$

Las ecuaciones (18) y (19) aseguran también tener una variación en fases tempranas del proyecto, no obstante, (AACE International, 2008) recomienda usarla en la etapa cuando la curva S apenas está iniciando su pendiente abrupta.

Tabla 5. *Meses para finalizar el proyecto aplicando las ecuaciones (18)(18) y (19). Fuente: elaboración propia*

BASELINE [meses planeados]	12/9/19	12/10/19
Meses para finalizar	4.95	3.79
<i>EVavg</i>	\$272,573,247.40	\$280,151,663.97

Mostrando un desempeño a la fecha óptimo para los primeros dos meses de corte.

3.6.5.2. Tasa de rendimiento promedio a completar (TAPR)s: El rendimiento porcentual que debe tenerse, en orden del alcanzar el ECD.

$$TAPR = \frac{BAC - EV_{cum}}{meses\ para\ finalizar} \quad (20)$$

$$Meses\ para\ finalizar = ECD - duración\ del\ contrato \quad (21)$$

Tabla 6. Rendimiento promedio EV requerido para alcanzar el ECD aplicando las ecuaciones (18)(20) y (21). Fuente: elaboración propia

BASELINE [months]	12/9/19	12/10/19
Actual Time (AT)		
Duration		
<i>TAPRavg</i>	\$269,607,303.75	\$283,755,541.58
<i>PVavg</i>	\$266,705,211.78	\$278,058,049.92
<i>EVavg</i>	\$272,573,247.40	\$280,151,663.97

Comparando el *TAPRavg* y el *EVavg*, la diferencia porcentual es menor al 10% por lo que no representa problema.

3.6.6. Análisis del programa ganado (es). Es el número de valor planeado (PV)

$$ES = C + I \quad (22)$$

$$I = \frac{(EV_{cum} - PV_C)}{PV_{C+1} - PV_C} \quad (23)$$

$$C = \text{Número de veces por las que } EV_{CUM} \text{ es mayor o igual al PV} \quad (24)$$

Tabla 7. Programación ganada aplicando las ecuaciones (22), (23) y (24)

BASELINE [months] Actual Time	12/9/19	12/10/19
(AT) Duration		
<i>ES</i>	1.26	1.49
<i>C</i>	1.00	1.00
<i>I</i>	0.26	0.49
<i>SV</i>	-0.74	-0.51
<i>SPI_t</i>	0.629	0.744

$$SV = ES - AT \quad (25)$$

$$SPI_t = \frac{ES}{AT} \quad (26)$$

El proyecto actualmente está por debajo de la programación 0.51 meses (16 días)

$$ECD_t = \frac{PD}{SPI_t} \quad (27)$$

Con la ecuación (27) se calcula estimación del proyecto en meses, arrojando el valor de 5.87 meses de finalidad total del proyecto con 6 meses de *PD*. Similar a la ecuación (5), supone un desempeño de programación constante para el trabajo remanente.

$$ECD_t = AT + \frac{PD - ES}{SPI_t} \quad (28)$$

La ecuación anterior es comprada con (6) en términos de programación y de igual forma si se presente una variación abrupta del SPI_t (mayor al 10%), la ecuación es inválida y se recomienda usar un promedio de los últimos 6 o 3 meses. El valor arrojado es de 5.87 meses (170 días).

Ponderando las ecuaciones, el ECD_t es de 5.91 meses.

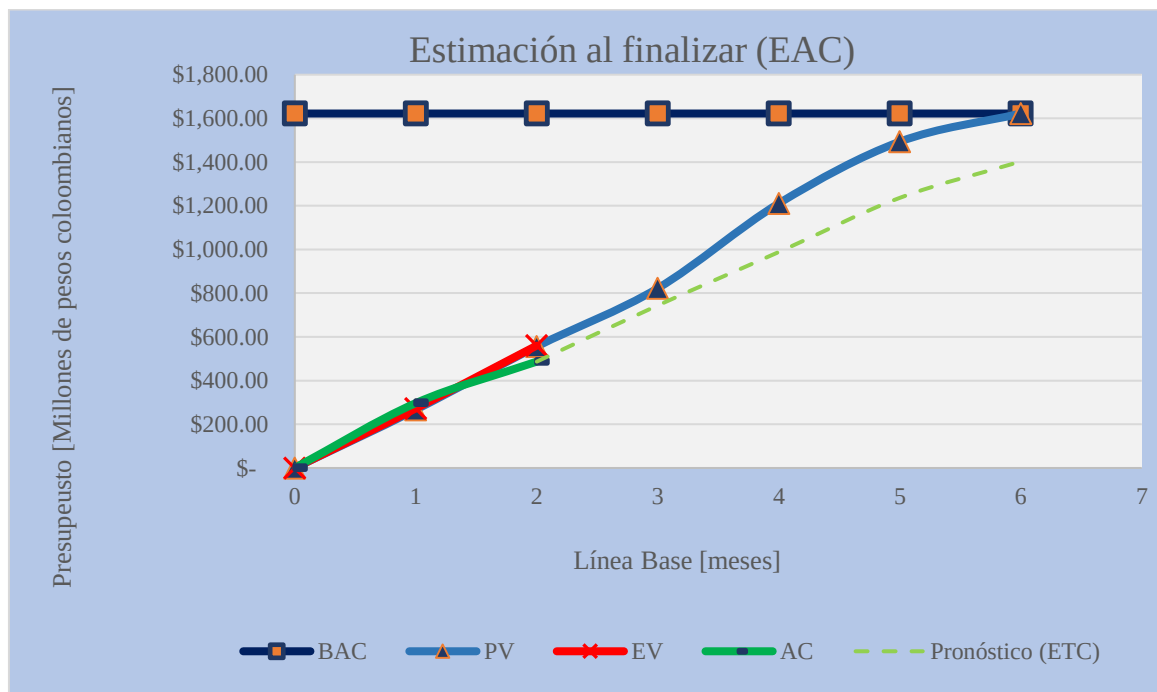


Figura 5. Curva S del proyecto.

3.6.6.1. Índice de rendimiento del programa a completar (TSPI_T). Es el rendimiento necesario en orden de lograr el ECD. La ecuación (29) arroja un valor de 1.005, con un valor de SPI_t de 1.01, lo que indica que el desempeño histórico hasta la fecha de corte (12 de octubre, 2019) ha sido bueno, eso explica el rendimiento de 100% que se deberá tener para alcanzar la meta, ya que hasta la fecha no se ha presentado ningún infortunio.

$$TSPI_t = \frac{PD - ES_{cum}}{ECD_t - AT} \quad (29)$$

3.6.7. Estimar los recursos y costos del trabajo autorizado restante. Es necesario tener en cuenta la comparación del porcentaje de trabajo que se ha realizado y lo que se ha gastado a la fecha, es decir, el trabajo remanente para cuando el forecasting se haya realizado.

3.6.8. Revisar el EAC. Al no existir un Control Account Manager (CAM) [Gerente de las cuentas de control] en el equipo de trabajo de MR INGENIEROS S.A.S, la responsabilidad residirá en el gerente de proyectos el deber de evaluar cada fórmula utilizada EAC, considerar de igual forma el desempeño histórico, condiciones externas e internas y una evaluación del riesgo remanente y oportunidades. Se deberá reconocer el mejor caso de EAC ocurre con el menos costo hacia el cliente, el peor caso asume que los riesgos identificados ocurrirán con tendencias negativas, ofreciendo los costos más altos a los clientes. Los datos son impresos en un dashboard (tablero de muestra de KPIs), es decir, una curva S

3.7. Identificación de roles. En orden de realizar el trabajo a cabalidad, es necesario una administración de los involucrados con su descripción del trabajo. MR INGENIEROS S.A.S, no tiene un equipo de trabajo designado a ninguna de las áreas de buenas prácticas, lecciones aprendidas ni estimación al finalizar, lo que dificultaría el ciclo de aprendizaje de la compañía y la aplicación de transferencia del conocimiento (gestión del conocimiento) deberá ser más rigurosa para su aplicación, se presentan las descripciones de trabajo para cada una de las áreas mencionadas como sigue.

3.7.1. Dirección de la buena práctica EAC. El AACE, siendo el propietario de la documentación, es el encargado de mejorar y mantener actualizada la información, acto seguido es aceptada por el PMO, el cuál decidirá la custodia de esta, periodicidad de revisiones o revalidaciones y caducidad, para luego delegar un administrador de la buena práctica que custodiará y mantendrá un seguimiento de la regularidad con la que se revisa la buena práctica (Kerzner, 2003). En el caso de sobrecostos, el gerente deberá ejecutar un plan de contingencia para la reducción del costo, entre reducir el alcance y la calidad en algunas secciones del proyecto o brindando presupuesto adicional para cubrir la demanda de sobrecostos (Iranmanesh et al., 2007).

3.7.2. Dirección de las lecciones aprendidas. El gerente del proyecto será responsable de que el proceso de identificación sea aplicado, mientras que el gerente del conocimiento del proyecto (igual puede llevar la responsabilidad el gerente en caso de que no exista un tal cargo) asegura que este proceso se lleve a cabo, mediante reuniones y entrevistas encaminadas a la identificación de lecciones con experticia y comunicación asertiva reunidos con los miembros del equipo, quienes también tienen voz y voto en la participación de la identificación. Un facilitador o investigador será el mediador de que el proceso fluya sin problemas y será el

encargado de agregarle valor histórico para entrar en contexto con u nuevo ambiente de posibilidades (recomendado solo al iniciar el primer proyecto de un portafolio extenso). Facilitadores de aprendizaje a las demás jerarquías (Se recomienda con unos 5 años de experiencia para poder generar confianza en la tarea). En la identificación de lecciones de un infortunio, es necesario un especialista en investigación.

3.7.3. Dirección de la estimación. Entrando más en contexto, el gerente del proyecto deberá identificar y documentar riesgos y suposiciones, realizar constantes revisiones y trabajar con la dirección ejecutiva para establecer expectativas con los accionistas acerca de los estimados, suposiciones y riesgos. El director del programa irá de la mano con el gerente actualizando los estimados con cada ítem presentado en la estructura desglosada de trabajo EDT, valores que estarán ligados a los alcances dados a las estimaciones por el cliente para luego ser aprobado por un grupo de gestoría o patrocinadores del proyecto (PMI, 2011).

3.8. Comunicación y transferencia de conocimiento. La implementación de una nueva tecnología, procedimiento, actividad o metodología requiere de un previo entrenamiento por parte de la gerencia antes de ser transferido el conocimiento internamente a las partes, , aspectos que son clave al impulsar el cambio (Laycock, 2005). El reto de lograr la transferencia de conocimiento es proporcional con el tamaño de la compañía.

El enfoque debe ser estructurado, utilizando técnicas como sitios web, librerías de buenas prácticas, prácticas de la comunidad, boletines informativos, correos electrónicos, seminarios internos, casos de estudio, entre otros (Kerzner, 2003).

3.9. Post aplicación de la buena práctica. El valor inicial de la práctica recomendada va perdiendo valor a lo largo de la vida útil del proyecto. Dependiendo del impacto de cambio que tenga, se tendrá que decidir entre mantener la práctica recomendada hasta el proceso de revisión, actualizarla y continuar su uso, o finalmente retirarla del servicio de aprendizaje (Kerzner, 2003).

4. Recomendaciones

Para no interrumpir el proceso de la aplicación de la buena práctica, será necesario por parte del PMO adquirir la responsabilidad de realizar auditorías periódicamente para asegurar el uso de la misma.

Las estimaciones al finalizar realizadas serán más precisas y cercanas a la realidad a medida que el proyecto tenga más ítems ejecutados y pagados (generalmente cuándo la curva S empieza a ganar pendiente), alimentando la curva.

5. Discusión

Los datos analizados se muestran en la

Tabla 8. Ecuaciones de la gestión del valor ganado (EVM) del proyecto “Obras asociadas a la conexión de pozos de la campaña de perforación etapa 3 en el campo castilla del HUB llanos de Ecopetrol”

Periodo actual de reporte (12/10/19)	
Valor planeado (PV)	COP 556,116,099.84

Valor ganado (<i>EV</i>)	COP 560,303,327.94
Costo actual (<i>AC</i>)	COP 486,823,266.42
Varianza de programa (<i>SV=EV-PV</i>)	COP 4,187,228.10
Varianza del costo (<i>CV=EV-AC</i>)	COP 73,480,061.52
Índice de desempeño del programa (<i>SPI=EV/PV</i>)	1.007529414
Índice de desempeño del costo (<i>CPI=EV/AC</i>)	1.150937859

Al momento de decidir cuál desempeño se deberá considerar para tomar decisiones y cambios en la línea base, el análisis de datos realizados sugiere un enfoque para alcanzar el *BAC* y no el *EAC* ya que el rendimiento presente de costos y de programa es óptimo por el momento (mayor a 1).

La causa principal de la variación de programa (COP 4,187,228.1) fue la estimación de una ejecución lenta inicialmente. Por eso el valor ganado es mayor al planeado. Se sugiere reajustar la línea base de medición cuando se entregue la ingeniería nuevamente debido a cambios de la misma que han impedido la ejecución de mayor número de actividades.

La causa principal de la variación del costo ha sido por el mayor costo del concreto. La inclusión de la totalidad del costo de las pólizas. Se han ejecutado actividades adicionales y reprocesos que deben ser transmitidos al cliente. Los valores calculados de interés se mostrarán en la

Tabla 9. Porcentajes planeados, ganados y gastados en el corte 12 de octubre de 2019.

Porcentaje planeado (<i>PV/BAC</i>)	34.3%
---------------------------------------	-------

Porcentaje ganado (EV/BAC)	34.5%
Porcentaje gastado (AC/BAC)	30.0%

Tabla 10. *Ecuaciones utilizadas para calcular el EAC*

IEAC	Septiembre 12/19	Octubre 12/19
Ecuación (4)	\$1,646,768,788	\$1,548,850,410
Ecuación (5)	\$1,767,785,044	\$1,409,572,601
Ecuación (6)	\$1,767,785,044.11	\$1,409,572,601
Ecuación (7)	\$1,736,121,807.69	\$1,402,676,762
Ecuación (9)	\$1,735,102,305	\$1,433,155,461

La ecuación seleccionada para representar la estimación al finalizar fue (7), de continuar con esta tendencia el proyecto probablemente tendrá un valor de 1% en costo por encima de lo planeado. Es un estimativo temprano teniendo en cuenta que apenas el trabajo completado es del 34,5% (ver **Tabla 10. Ecuaciones utilizadas para calcular el EAC**).

Dependiendo del alcance que tenga propuesto MR INGENIEROS S.A.S, decidirá alcanzar el EAC , con un índice de desempeño $TCPI_{EAC}$ del 111%, o por lo contrario alcanzar el BAC con un índice de desempeño $TCPI_{BAC}$ del 94%.

6. Conclusiones

MR INGENIEROS S.A.S como gerencia y organización tienen claros los conceptos de lecciones aprendidas, buenas prácticas y estimaciones al finalizar, y las

consecuencias y beneficios que estos conllevan; sin embargo, en la aplicación carecen de cuerpos de trabajo para su ejecución, no hay una base de datos de lecciones aprendidas formal que pueda consultarse o alimentarse.

El conocimiento no es compartido de una forma adecuada, provocando posibles reprocesos y errores futuros. Se advierte exceso de confianza ya que en los proyectos que han realizado se ha obtenido buenos co-resultados financieros, situación por la que se omite (por experticia) un análisis detallado de lo planeado y ejecutado al finalizar en los proyectos actuales. Con base en lo anterior, se recomendó la aplicación de las directrices planteadas centradas a la estimación al finalizar, permitiendo fluir el ciclo de buenas prácticas y lecciones aprendidas.

Los KPIs de programa, es decir, el *SPI* y el *CPI* deben estar presente como influencia en la toma de decisiones, debido a que la organización es mejor en ejecución de tiempo que en dinero, como se pudo sugerir el análisis de datos con el *CPI*, reflejando un *EACt* de 5.97 meses (179 días).

Referencias

AACE International. (2008). Estimate at Completion (pp. 421–422).

<https://doi.org/10.1201/9781420078336.axn>

AACE International. (2019). AACE International Certified Estimating Professional (CEP).

- Retrieved from http://web.aacei.org/docs/default-source/certification-documents/cep_examinee_format-of-definitions.pdf
- Al-ghassani, A. M., Asce, M., Kamara, J. M., Asce, M., Anumba, C. J., Asce, M., & Carrillo, P. M. (2006). Prototype System for Knowledge Problem Definition, (May), 516–524.
- APQC. (2018). This glossary provides definitions for key terms that are essential to. Retrieved from <https://www.apqc.org/resource-library/resource-listing/apqcs-glossary-benchmarking-terms>
- Bhutta, K. S., & Huq, F. (1999). Benchmarking – best practices: An integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, 6(3), 254–268. <https://doi.org/10.1108/14635779910289261>
- Dell, C. O., & Gray, C. J. (2014). If Only We Knew What We Know : Identification and Transfer of Internal Best Practices. *California Management Review*, 40(3), 154–174.
- Economist, T. (2013). Why good strategies fail: Lessons for the C-suite. *The Economist*, 28. Retrieved from <http://www.pmi.org/Knowledge-Center/PMO-Thought-Leadership.aspx>
- Eken, G., Bilgin, G., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2015). A Lessons Learned Database Structure for Construction Companies. *Procedia Engineering*, 123, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.070>
- Iranmanesh, H., Mojir, N., & Kimiagari, S. (2007). A new formula to “estimate at completion” of a project’s time to improve “earned value management system.” *IEEM 2007: 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1014–1017. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2007.4419345>
- Kerzner, H. (2003). *Project Management Project Management*. (N. W. Hoboken, Ed.) (12th Editi, Vol. 33). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- Laycock, M. (2005). Collaborating to compete: Achieving effective knowledge sharing in organizations. *The Learning Organization*, 12(6), 523–538.
<https://doi.org/10.1108/09696470510626739>
- Milton, N. (2010). The Lessons Learned Handbook: Practical Approaches to Learning from Experience, 190.
- Narbaev, T., & De Marco, A. (2014). An Earned Schedule-based regression model to improve cost estimate at completion. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1007–1018.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.12.005>
- PMI. (2011). PracticeStandard_ProjectEstimating.pdf. Retrieved from Mac2050p
- Sarkis, J. (2001). Benchmarking for agility. *Benchmarking: An International Journal*, 8(2), 88–107. <https://doi.org/10.1108/14635770110389816>