

**Evaluación Expost del Proyecto PMSI - Plan Maestro de Servicios Industriales de la
Refinería de Barrancabermeja.**

Néstor Leonel Serrano Losada

**Trabajo de profundización para optar al título de Magister en Evaluación y Gerencia de
Proyectos**

Director:

John Jaime Caro

Magíster en Gerencia de Proyectos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Maestría en Evaluación y Gerencia de Proyectos

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

A Dios por llenarme de sabiduría fuerza y resistencia para alcanzar esta nueva meta

A mi esposa Olga Consuelo por su paciencia y aliento

A mis hijas Sofía y Victoria por su dulzura y comprensión

Contenido

	Pág.
Introducción.....	20
1. Marco teórico.....	23
1.1 Conceptos introductorios sobre proyectos.....	24
1.2 Gestión de proyectos	25
1.3 Tipos de proyectos.....	26
1.4 Ciclo de vida de los proyectos.....	27
1.5 Evaluaciones en los proyectos.....	29
1.6 La evaluación en el ciclo de vida de los proyectos.....	31
1.7 Conceptos sobre evaluación EXPOST	32
1.7.1 ¿Qué es la evaluación Expost?	32
1.7.2 ¿Cómo esta Colombia actualmente en esta materia?.....	32
1.7.3 ¿Qué función cumple y para qué sirve la evaluación expost?	33
1.7.4 ¿Que tener en cuenta al realizar una evaluación expost?	34
1.8 Momentos de la evaluación Expost.....	35
1.8.1 Evaluación de culminación.....	36
1.8.2 Seguimiento Expost.....	36
1.8.3 Evaluación de Resultados.....	36

1.8.4 Estudio de impactos.....	37
1.9 Tipos de evaluación Expost.....	37
1.9.1 Evaluación Expost Simple.....	37
1.9.2 Evaluación Expost Completa.	38
1.10 Criterios de evaluación	38
1.11 Momentos y los criterios de la evaluación Expost	39
1.12 Evaluación de los 5 criterios en proyectos de inversión publica.....	40
1.13 Evaluación de los proyectos en Ecopetrol.....	42
2. Marco contextual	43
2.1 Estructura de Ecopetrol	44
2.2 Gestión de proyectos en Ecopetrol	45
2.3 Estructura de proyectos de Ecopetrol	47
2.4 Portafolio	48
2.5 Estructura de la refinería de Barrancabermeja	49
2.5.1 Contexto técnico.....	50
2.5.2 Contexto geográfico y social.	58
2.6 Proyecto PMSI.....	63
2.6.1 Formulación y descripción del problema	63
2.6.2 Definición de la cadena de valor - árbol de objetivos.	66
2.6.3 Descripción de objetivos del proyecto.....	67
2.6.4 Objetivos específicos.....	68
2.6.5 Desarrollo Conceptual De La Iniciativa PMSI.....	69
2.6.6 Análisis de los interesados.....	73

3. Desarrollo metodológico	78
3.1 Alcance de la evaluación EXPOST del PMSI.....	81
3.2 Pasos para la evaluación EXPOST del PMSI.....	83
3.3 Definición de la cadena de resultados del proyecto PMSI	84
3.4 Desarrollo del modelo lógico del proyecto PMSI	86
3.4.1 Fin.....	87
3.4.2 Propósito.....	87
3.4.3 Productos.	88
3.4.4 Actividades	90
4. Paso 1. Medición y compilación de los resultados.....	92
4.1 Horizonte Temporal de la evaluación expost del PMSI.....	93
4.2 Alcance	95
4.3 Tiempo.....	98
4.4 Costo.....	102
4.5 Beneficios	103
4.6 Evaluación Financiera	105
4.7 Gestión HSE (Health – Safety – Enviroment).....	108
4.8 Fuerza Laboral.....	109
5. Paso 2 - Evaluación de los procesos del proyecto	111
5.1 Proceso de preparación del proyecto (Formulación y maduración)	111
5.2 Proceso de ejecución	114
5.3 Proceso de Operación y Mantenimiento.....	116
5.4 Análisis de la Gestión del Proyecto PMSI.....	117

6. Paso 3. Evaluación de resultados - evaluación de los 5 criterios	120
6.1 Criterio de pertinencia	120
6.1.1 Resultado del Criterio de pertinencia.	121
6.2 Criterio de Eficacia.....	124
6.2.1 Resultado Criterio de Eficacia.....	125
6.3 Criterio de Eficiencia.....	133
6.3.1 Resultado del Criterio de Eficiencia.....	134
6.4 Criterio de Impacto	141
6.4.1 Resultado Criterio de Impacto.	141
6.5 Criterio de Sostenibilidad	148
6.5.1 Resultado criterio Sostenibilidad.....	149
7. Paso 4 - Conclusiones recomendaciones y lecciones aprendidas	154
7.1 Conclusiones.....	154
7.2 Recomendaciones	156
7.3 Lecciones aprendidas.....	157
Referencias bibliográficas	161
Apéndices	164

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Organizaciones de proyectos a nivel mundial.	25
<i>Figura 2.</i> Las 5 fases esenciales para la gestión de un proyecto.	28
<i>Figura 3.</i> Relación entre los costos y el tiempo durante el ciclo de vida de un proyecto.	28
<i>Figura 4.</i> Esquema de evaluaciones y ciclo de vida del proyecto.....	31
<i>Figura 5.</i> Momentos de la evaluación expost.	35
<i>Figura 6.</i> Relación entre la cadena de resultados y su evaluación en un proyecto público.	41
<i>Figura 7.</i> Evaluación expost dentro del proceso EDP de gestión de proyectos en Ecopetrol..	43
<i>Figura 8.</i> Estructura organizacional de Ecopetrol.....	45
<i>Figura 9.</i> Modelo de compuertas para el desarrollo de proyectos en Ecopetrol (EDP).....	46
<i>Figura 10.</i> Estructura de la vicepresidencia de proyectos de Ecopetrol S.A.	48
<i>Figura 11.</i> Plan de negocios Ecopetrol 2017 – 2020.	49
<i>Figura 12.</i> Distribución de los principales productos de la refinería de Barrancabermeja.	50
<i>Figura 13.</i> Áreas de proceso de La GRB	51
<i>Figura 14.</i> Localización de las plantas de Servicios Industriales en la GRB.....	52
<i>Figura 15.</i> Planta de agua UF/RO instalada en GRB.	53
<i>Figura 16.</i> Modelo de Planta de UF/RO..	53
<i>Figura 17.</i> Planta de compresión de aire ubicada en central del norte - GRB.	55

<i>Figura 18.</i> Caldera B5120 instalada por el PMSI 2015.	56
<i>Figura 19.</i> Turbogenerador TG2961 ubicado en la unidad de Balance.	57
<i>Figura 20.</i> Localización Municipios de Barrancabermeja.	58
<i>Figura 21.</i> Datos climatológicos Barrancabermeja.	59
<i>Figura 22.</i> Distribución de poblacional de Barrancabermeja (Rojo Mujeres –Azul Hombres).	60
<i>Figura 23.</i> Distribución de la población en los regímenes de salud.	61
<i>Figura 24.</i> Índice de desempeño integral de Barrancabermeja.	62
<i>Figura 25.</i> Árbol de problema definido para el proyecto PMSI.	64
<i>Figura 26.</i> Árbol de objetivos definido para el proyecto PMSI.	67
<i>Figura 27.</i> Opciones evaluadas para los sistemas de energía y vapor durante el estudio conceptual del PMSI.	72
<i>Figura 28.</i> Resultados de la evaluación económica conceptual del proyecto.	73
<i>Figura 29.</i> Identificación de involucrados del proyecto PMSI.	74
<i>Figura 30.</i> Evaluaciones ejecutadas por organismos de control de proyectos.	79
<i>Figura 31.</i> Relación entre el marco lógico del proyecto y los 5 criterios de evaluación.	80
<i>Figura 32.</i> Pasos para la ejecución de la evaluación expost definidos por la OCDE.	83
<i>Figura 33.</i> Cadena de resultados del PMSI.	86
<i>Figura 34.</i> WBS establecida durante la planeación del proyecto.	88
<i>Figura 35.</i> Despliegue temporal del PMSI –línea de ejecución final del proyecto.	93
<i>Figura 36.</i> Líneas base inicial presentada a comité de aprobación Fase 2 2007.	94
<i>Figura 37.</i> Controles de cambios realizados en el PMSI durante su ciclo de vida.	95
<i>Figura 38.</i> Desviación de los Hitos principales en el área de energía y vapor del proyecto.	99

<i>Figura 39. Comportamiento variable tiempo proyecto PMSI – área energía.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 40. Comportamiento variable tiempo proyecto PMSI – área agua.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 41. Comportamiento variable tiempo proyecto PMSI – área aire.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 42. Comportamiento de la variable tiempo proyecto PMSI – Ingeniería área de Energía.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 43. Comportamiento de la variable tiempo proyecto PMSI – Construcción área de Energía.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 44. Comparativa de costos entre las fases de maduración y ejecución.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 45. Datos de beneficios esperados estimados en la fase 2 del proyecto.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 46. Datos de beneficios comprometidos en la fase 3 del proyecto.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 47. Datos de beneficios reales alcanzados luego de la entrada en operación.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 48. Datos de estimación financiera del proyecto en el estudio de conceptualización inicial.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 49. Datos de beneficios reales alcanzados al final del proyecto.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 50. Perfil de inversión anual ejecutada por el PMSI.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 521. Distribución de la inversión anual ejecutada por el PMSI.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 52. Reporte de gestión HSE durante la ejecución del componente Energía y Vapor del PMSI.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 53. Histograma de recursos durante la ejecución del PMSI. 7</i>	<i>110</i>
<i>Figura 54. Distribución de participación del personal durante la ejecución del PMSI.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 55. WBS del alcance a cargo del PMC durante el proyecto PMSI.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 56. Objetivos estratégicos del Ecopetrol vigentes año 2008.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 57. Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Pertinencia.</i>	<i>124</i>

<i>Figura 58.</i> Eficacia en el logro de los beneficios y cumplimiento de la expectativa de valor del proyecto PMSI durante su ciclo de vida.....	131
<i>Figura 59.</i> Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Eficacia.....	132
<i>Figura 60.</i> Datos de tiempo y costo del PMSI, para el cálculo de eficiencia.....	138
<i>Figura 61.</i> Eficiencia calculada para cada producto del PMSI teniendo en cuenta los resultados de tiempo y costo.....	139
<i>Figura 62.</i> Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Eficiencia.	140
<i>Figura 63.</i> Incremento estimado del margen de refinación asociado al PMSI.	142
<i>Figura 64.</i> Eventos de paradas de planta no programadas asociadas a servicios industriales entre los años 2003 y 2008.	144
<i>Figura 65.</i> Balance generación demanda de energía en la GRB antes y después del PMSI..	145
<i>Figura 66.</i> Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Eficiencia.	148
<i>Figura 67.</i> Extracto del memorando de planeación de paradas de planta emitido por el Dpto. de planeación operativa de la GRB hacia planeación financiera.....	152
<i>Figura 68.</i> Relación entre el gas disponible y la generación de energía y vapor para uno de los campos que proveedores de gas a la GRB.....	153
<i>Figura 69.</i> Recopilación de Lecciones Aprendidas proyecto PMSI.	160

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Tipos de evaluaciones dentro del ciclo de vida de un proyecto	30
Tabla 2. Los cinco criterios de evaluación para un estudio expost	39
Tabla 3. Momentos de evaluación expost y criterios aplicados en cada uno de ellos.	40
Tabla 4. Capacidad de producción de agua por planta – GRB 2015	54
Tabla 5. Datos de generación de aire actual en la GRB.	55
Tabla 6. Registro de Paradas de planta en el periodo 2003 a 2008.	65
Tabla 7. Análisis de interesados con categorización de influencia y poder dentro de la organización.	75
Tabla 8. Indicadores de verificación de producto planteado en el modelo lógico del PMSI. .	89
Tabla 9. Actividades e indicadores de verificación para cada actividad relevante planteada en el modelo lógico del PMSI.....	90
Tabla 10. Comparación entre alcance definido en fase 1 y ejecutado real en fase 4	96
Tabla 11. Aspectos relevantes identificados durante las fases de maduración del PMSI	112
Tabla 12. Aspectos relevantes identificados durante la fase de ejecución del PMSI.....	115
Tabla 13. Eficacia en el cumplimiento del propósito general.	126
Tabla 14. Eficacia en el cumplimiento de los objetivos específicos.	126
Tabla 15. Eficacia en el logro de los productos.	128
Tabla 16. Porcentaje de logro los productos del proyecto.	135

Lista de apéndices

Pág.

Apéndice A. Encuestas realizadas a los involucrados del proyecto	164
Apéndice B. Matriz de marco lógico.....	188

Glosario

APP/ Alianzas público-privadas. Mecanismo creado por el gobierno para la ejecución conjunta de proyectos en asocio con una compañía privada.

Auto-generador / Aquellas personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica exclusivamente para atender sus propias necesidades. Por lo tanto, no usan la red pública para fines distintos de obtener respaldo del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Capex/ Capital Expenditure/ son las inversiones de capital que realiza un proyecto y que corresponde al costo de los equipos y sistemas que luego de su puesta en marcha ingresarán a formar parte de los activos productivos de la compañía.

Cogeneración / Es el proceso de producción combinada de energía eléctrica y de energía térmica, destinadas ambas al consumo propio o de terceros en procesos industriales o comerciales.

DNP/ Dirección Nacional de Planeación de Colombia, es el organismo gubernamental encargado de dirigir y ejecutar el plan de desarrollo del país. Asume la planeación y ejecución de los proyectos de inversión pública en Colombia.

Exante/ Es una evaluación realizada antes de la ejecución del proyecto, que permite estimar los criterios básicos del proyecto como los costos, impactos, beneficios, y por lo tanto permite tener una base sólida para tomar la decisión de implementar o no el proyecto.

Expost/ procedimiento metodológico ordenado y sistemático para realizar análisis valorativos de los proyectos de inversión con el propósito de conocer si se lograron los resultados esperados y cuál es el impacto que se está generando.

GRB Gerencia Refinería de Barrancabermeja. Gerencia que tiene a cargo la operación de la Refinería de Barrancabermeja.

Indicadores SOLOMON / Estudio comparativo de funcionamiento de Refinerías de productos petrolíferos, el cual proporciona datos normalizados para evaluar el propio funcionamiento de la Refinería y determinar bases para mejorar con respecto a otras en el sector.

IPA/ Independent Project Análisis. Compañía encargada de realizar estudios de benchmarking de todas las compañías que hacen proyectos, con la cual se evalúa el desempeño de dichas compañías en comparación con el promedio de la industria.

JICA/ Agencia de cooperación internacional del Japón, colabora con proyectos en Suramérica, la cual definió con base en los lineamientos de la OCDE las pautas para la evaluación expost de proyectos de inversión pública.

MMI/ Metodología de Marco Lógico. Es una herramienta para la planificación de proyectos, desarrollada en 1969, orientada mediante objetivos, los cuales internamente en un proyecto tienen una relación causal.

OCDE/ Organización para la cooperación y el desarrollo económico, es un organismo de cooperación internacional, compuesto por 36 países, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales para el desarrollo de la economía mundial.

OPEX/ Operational Expenditure/ Son las inversiones que ejecuta la compañía dueña de los proyectos, para operar y mantener los activos que entraron con el mismo. Estas inversiones aseguran no solo la operación normal del activo sino también su sostenibilidad durante su vida útil.

PMI/ Project Management Institute. Instituto norteamericano de gestión de proyectos.

PMO / Project Management Office, Oficina de administración de proyectos de Ecopetrol.

Servicios Industriales / Estos se definen como todos los procesos encaminados o tendientes a la producción de los servicios de Energía Eléctrica, Vapor, Agua y Aire en refinerías

Resumen

Título: Evaluación Expost del proyecto PMSI - Plan maestro de servicios industriales de la Refinería de Barrancabermeja.*

Autor: Néstor Leonel Serrano Losada **

Palabras claves: Evaluación, Seguimiento, Eficiencia, Eficacia Impacto, Pertinencia, Sostenibilidad, Servicios Industriales, Modelo Lógico

Descripción:

El presente estudio surge ante la necesidad que tiene Ecopetrol de contar con datos fiables sobre su capacidad para gerenciar y ejecutar proyectos de inversión de capital de la manera correcta, logrando los beneficios esperados y cumpliendo su promesa de valor. El proyecto Plan Maestro de Servicios Industriales (PMSI), fue escogido como caso de estudio con el fin realizar una evaluación expost integral que permita a Ecopetrol examinar sus debilidades en la ejecución de proyectos y definir cuáles acciones puede implementar para el mejoramiento de los procesos corporativos en la ejecución de sus proyectos.

La propuesta del autor plantea un estudio integral expost del proyecto PMSI, sustentado en la metodología definida por la OCDE la cual evalúa la relación entre el modelo lógico del proyecto (fines, propósitos, componentes y acciones), y los 5 criterios base (pertinencia, eficiencia, eficacia, impacto, sostenibilidad), para determinar no solo el éxito del proyecto, sino también determina las conclusiones y recomendaciones, presentando finalmente las lecciones aprendidas y las acciones de mejora correspondientes que puedan enriquecer la gestión de proyectos futura en la organización.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en Evaluación y Gerencia de Proyectos. Director: John Jaime Caro, Magíster en Gerencia de Proyectos

Abstract

Title: Expost evaluation of the PMSI Project - Master plan for industrial services of the Barrancabermeja Refinery.*

Author: Néstor Leonel Serrano Losada**

Keywords: Evaluation, Monitoring, Industrial Services Facilities, Efficiency, Effectiveness, Impact, Relevance, Sustainability, Logical Model

Description:

This study comes from the need for Ecopetrol to have reliable data on its ability to manage and execute capital investment projects in the right way, achieving the expected benefits and fulfilling its promise of value. The Master Plan for Industrial Services (PMSI) project was chosen as a case study in order to carry out an integral ex-post evaluation that allows Ecopetrol to examine its weaknesses in the execution of projects and define which actions might implement for the improvement of the corporative processes in the execution of their projects.

The author's proposal proposes a comprehensive expost study of the PMSI project, based on the methodology defined by the OCDE which evaluates the relationship between the logical model of the project (purposes, components and actions), and the 5 basic criteria (relevance, efficiency, effectiveness, impact, sustainability), to determine not only the success of the project, but also determine the conclusions and recommendations, finally presenting the lessons learned and the corresponding improvement actions that can enrich the management of future projects in the organization.

* Degree work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Master's Degree in Project Management and Evaluation. Director: John Jaime Caro, Master in Project Management

Introducción

Desde su creación en el año 1922, la refinería de Barrancabermeja ha ido creciendo y desarrollándose partiendo de una capacidad inicial de 1500 BPD hasta tener una capacidad actual de 250.000 BPD. Para crecer y diversificar sus productos refinados, Ecopetrol y la Gerencia Refinería (GRB) han desarrollado proyectos que apalanquen este crecimiento de manera rentable y sostenible y a su vez satisfagan las necesidades que el mercado exige. Para cumplirle al país y a los accionistas desde el año 2000 Ecopetrol ha invertido en la refinería de Barrancabermeja más de 5000 millones de dólares en mantenimientos mayores y nuevos proyectos, que han permitido no solo ubicar a la refinería entre las mejores de América latina sino también aumentar el margen de refinación cumpliendo con los estándares ambientales internacionales y fortaleciendo su sostenibilidad hacia el futuro.

Proyectos como Hidro-Tratamiento de Combustibles (HDT), Control Operacional Consolidado (COC), Modernización de la Infraestructura Eléctrica, y el Plan Maestro De Servicios Industriales (PMSI), han captado la atención de toda la compañía dado el nivel alto de inversión de capital involucrado y principalmente porque han puesto a prueba la capacidad de la empresa para asumir y ejecutar proyectos de alta envergadura.

Desde el año 2006 Ecopetrol implementó el MMGP o modelo de maduración y gestión de proyectos, con el cual estructuró los lineamientos y procesos para llevar a cabo los proyectos de inversión que la compañía eligiera para su portafolio. Todas las iniciativas que los negocios definieran ya fueran de crecimiento, sostenibilidad, consolidación o normativos debían acogerse y gestionarse de acuerdo con el modelo y fases definido.

El Plan Maestro de Servicios Industriales (PMSI), fue un proyecto que modernizó las plantas que proporcionan los servicios industriales (energía eléctrica, vapor, agua, aire) necesarios para los procesos en las plantas de refinación y petroquímica. Esta iniciativa nació en el año 2006 y fue catalogada luego como uno de los proyectos mayores en la refinería. Para su implementación se acogió al modelo MMGP y desarrolló todas sus fases de maduración y ejecución, hasta llegar a la puesta en operación en el año 2015. Hoy 3 años después de entrar en operación, se puede hacer una evaluación de su desempeño, comprobar ¿cómo cumplió con lo prometido? y ¿cómo la compañía y la sociedad se han beneficiado de la ejecución de este proyecto?

El presente trabajo de profundización busca como objetivo principal llegar a las respuestas de los interrogantes antes mencionados mediante la realización de la evaluación expost integral del proyecto PMSI. Para ello se analizó y evaluó la información del proyecto y los resultados del mismo, visto desde los criterios planteados por las escuelas de investigación de diferentes organismos multilaterales como El Banco Mundial (BM), La OCDE o el BID.

Para desplegar la temática se dividió el trabajo en seis secciones.

En el capítulo uno se define inicialmente todo el marco teórico que explica en detalle los criterios y metodologías que fueron analizadas y aplicadas para la realización de la evaluación expost del PMSI, esto fue un paso necesario teniendo en cuenta que las diferentes escuelas utilizan enfoques distintos, por lo cual se identificó de acuerdo con la naturaleza de este proyecto cual es el enfoque adecuado que logre los objetivos planteados por la profundización.

En el capítulo dos se define el marco conceptual enfocado al caso de estudio, esto quiere decir que se detallan todos los aspectos del proyecto PMSI desde su concepción pasando por su formulación y ejecución hasta la entrada en operación. De igual forma fue necesario explicar

todos los aspectos de la metodología de proyectos que sigue Ecopetrol de manera que se comprenda como el PMSI estuvo enmarcado dentro de dicha metodología para su formulación y ejecución.

En el capítulo tres se describe el desarrollo metodológico que siguió el presente trabajo, con lo cual se definen y sustentan las bases para la evaluación de resultados posterior. Este desarrollo metodológico define el paso a paso que siguió la evaluación expost del PMSI y es pieza clave para entender el modelo lógico del proyecto y los criterios de evaluación contextualizados directamente sobre el PMSI.

En el capítulo cuatro se establece la recopilación y análisis de los datos relevantes del proyecto en las variables que más influyeron para el éxito del mismo como el costo, el tiempo, los beneficios alcanzados entre otros, y a su vez se analizó como estas fueron impactadas por los diferentes eventos que atravesó el proyecto.

En el capítulo cinco se presenta la evaluación de resultados, basada en los criterios fundamentales de pertinencia, eficacia, eficiencia, impacto y sostenibilidad. Estos criterios son clásicamente utilizados por todas las escuelas de proyectos a nivel mundial (BM, OCDE, BID, DNP) y han sido recomendados por los mismos de forma extensa para determinar el éxito o fracaso de un proyecto.

En el capítulo seis se determinan las conclusiones y recomendaciones de una serie de aspectos derivados de la investigación y se identifican lecciones aprendidas durante todas las fases del proyecto de forma que el presente estudio sirva como un activo de la organización para el fortalecimiento de su proceso de proyectos.

1. Marco teórico

En el mundo diariamente se formulan, maduran, ejecutan y se cierran miles de proyectos, sin embargo, cuando se hace la pregunta acerca de cuántos de esos proyectos terminan siendo exitosos se presenta un gran silencio. De acuerdo con el Standish Group 2009, solo un 32% de los proyectos son exitosos, esto se debe en gran medida a que no se tiene una verdadera cultura de evaluación que permita hacer un seguimiento ya sea a nivel exante o expost, que con resultados tangibles proporcione ideas para mejorar los procesos de proyectos en las organizaciones. Si bien organizaciones como el Project Management Institute (PMI), han hecho grandes aportes al desarrollo de los proyectos, estos desarrollos han priorizado sus esfuerzos hacia el mejoramiento de la planeación, el seguimiento y control durante la ejecución, sin embargo, han subestimado el valor de las evaluaciones (Exante, Terminación, Expost), como un medio altamente eficaz para el mejoramiento de los procesos de proyectos.

En este capítulo se detallan a continuación algunos conceptos básicos que se deben tener en cuenta para ejecutar una evaluación expost de proyectos verdaderamente valiosa, que permita a las áreas y equipos de proyectos tomar mejores decisiones sobre el proyecto que están gestionando.

1.1 Conceptos introductorios sobre proyectos

Según expresa Urbina en su libro Evaluación de Proyectos *“un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre muchas, una necesidad humana”* (Urbina, 2001).

Siendo más específicos algunos estándares a nivel mundial como el PMI, o PRINCE2, entre otros, tienen su propia definición sobre los proyectos, sin embargo, por ser el Project Management Institute el más extendido y comúnmente utilizado en el ámbito de proyectos colombiano, se puede afirmar que: *“Un proyecto es un esfuerzo temporal realizado para crear un producto, servicio o resultado único”* (PMI 2013).

Esta definición deja dos puntos por aclarar:

- Esfuerzo temporal significa que cada proyecto tiene un comienzo y un fin definidos lo que lleva a concluir que tiene un ciclo de vida por el cual atraviesa desde su nacimiento o idea inicial, hasta su culminación cuando entrega los beneficios para lo que fue creado.
- Crea un producto, servicio único; Esto indica que sus productos y resultados no pueden ser copiados o repetitivos, de lo contrario se convertiría en un proceso productivo y dejaría de ser proyecto.

Sin embargo, el hecho de ser temporal y único no impide a los gestores de proyectos seguir unas pautas comunes para ejecutarlos apropiadamente y asegurar su éxito.

1.2 Gestión de proyectos

Algunos autores señalan que *“la gestión de proyectos es el arte y técnica para gestionar actividades definidas de manera eficaz y eficiente para el logro de los objetivos planteados durante el ciclo de vida de un proyecto”* (Arias Chipana, 2016). Todo el arte aplicado y las herramientas de gestión se desarrollan en un entorno altamente caótico por esto mismo diferentes escuelas de proyectos coinciden en que algunos pasos son comunes en ellos y su aplicación conduce al desarrollo adecuado de un proyecto.

Organización	Página web
PMI, Project Management Institute	www.pmi.org
APM, Association for Project management	www.apm.org.uk
AIPM, Australian institute of Project management	www.aipm.com.au
PMBN, Project manag. benchmarking network	www.pmbn.org
Swedish project management society	www.projiforum.se/english.shtml
PSA. Project management services for Australia	www.psaproject.com.au/
PMAJ, Project management association of Japan	www.pmaj.or.jp/ENG/
IPMA, International Project Management Association	www.ipma.ch
ISO, International Organization for Standardization	www.iso.org

Figura 1. Organizaciones de proyectos a nivel mundial. Adaptado de Nicolás Estrada, Análisis de la gestión de proyectos 2015

Los proyectos y su adecuada gestión son procesos muy importantes en las organizaciones, puesto que son un apoyo para la toma de decisiones, sin embargo, para lograr una gestión de proyectos exitosa, no solo se debe adoptar un estándar o seguir una organización particular, sino

también es necesario el apoyo de un líder de proyecto capacitado y experimentado y por su puesto el apoyo de un equipo altamente comprometido.

1.3 Tipos de proyectos

Para catalogar los tipos de proyectos se debe partir de especificar el área o sector donde sus componentes serán desarrollados y el tipo de población que recibirá los beneficios finales que el proyecto planeo. En ese orden de ideas se puede encontrar una división básica como se menciona a continuación:

- Proyectos Públicos
- Proyectos Privados

Como también otras combinaciones dependiendo del origen de los fondos con los cuales se financiará el proyecto, para este caso se tienen:

- APP – Alianzas Público-privadas
- Proyectos de Cooperación Internacional

De igual manera existen otros casos como, por ejemplo: ¿cuál sector está involucrado? o su orientación (social, de investigación, etc.). Otra división valida tiene que ver con la expectativa frente al negocio, es decir, si son proyectos completamente nuevos o si son incrementales, lo que implica que tendrán un tratamiento diferente. Toda esta aclaración es válida puesto que

marca la diferencia a la hora de realizar las evaluaciones de los proyectos, dado que la experiencia muestra que los proyectos públicos son expuestos a una más detallada evaluación que los privados. Los organismos multilaterales (Banco mundial, BID), así como también las entidades de planeación nacional (DNP, SNIP), son en gran diferencia más exigentes con el sector público que con el privado.

1.4 Ciclo de vida de los proyectos

Todos los proyectos se organizan para su desarrollo en fases, prácticamente todas las escuelas de proyectos en el mundo coinciden en las mismas fases, como una forma estandarizada de llevar a cabos los proyectos desde su idea inicial hasta su entrega de beneficios.

En la figura 2 se puede identificar un ejemplo de las fases principales de un proyecto.



Figura 2. Las 5 fases esenciales para la gestión de un proyecto. Adaptado de EOI escuela de negocios

Estas fases son una forma simple y coordinada de organizar un proyecto y juntas se convierten en su ciclo de vida, siguiendo su definición elemental de tener un inicio y un fin.

Durante el periodo de tiempo que se le llama ciclo de vida, se presenta una relación entre el costo y el tiempo, como se puede apreciar en la figura 3.

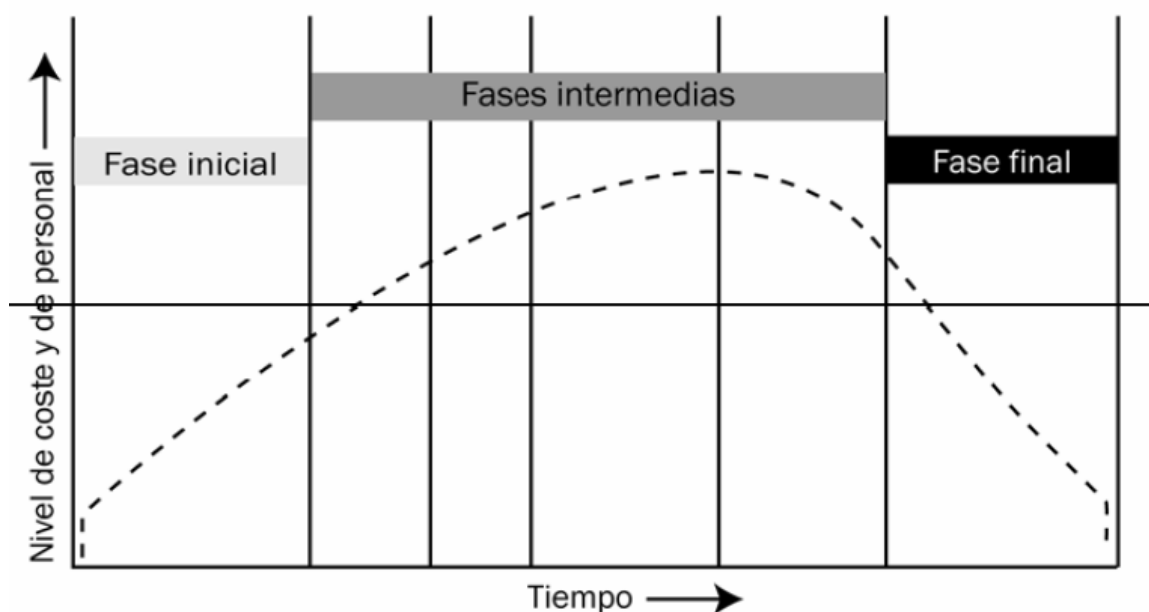


Figura 3. Relación entre los costos y el tiempo durante el ciclo de vida de un proyecto. Adaptado de Guía del PMBOK 2017

La grafica anterior nos muestra como a través del tiempo el proyecto va atravesando una serie de etapas con determinadas características que influyen en el uso del capital asignado. Existen diferentes versiones del ciclo de vida dependiendo de las características propias del

proyecto o la organización que lo ejecuta, sin embargo, la mayoría concuerda en cuatro estados o etapas: Inicio, planificación, ejecución y cierre.

En la Figura 4 se observa como el proyecto atraviesa dichas etapas, va madurando y va incrementando su actividad hasta que declina y cierra.

1.5 Evaluaciones en los proyectos

La evaluación en si misma está dirigida al mejoramiento del diseño e implementación de los proyectos, cumpliendo básicamente dos papeles fundamentales:

- 1) Retroalimentación permanente en las fases de pre-inversión, ejecución y post inversión, apalancando el aprendizaje institucional y buscando una mejora en el desempeño de la entidad que realiza el proyecto.
- 2) Informar a partir de los criterios técnicos, evaluando el proceso de planeación, toma de decisiones y manejo de recursos.

A diferencia de los procesos de monitoreo los cuales suelen ser regulares y enfocados a los procesos productivos y repetitivos, la evaluación hace parte de un marco metodológico que trabaja en conjunto con otros aspectos como las dimensiones a medir, los criterios de valoración, métodos cuantitativos y cualitativos entre otros. Así de esta manera para este trabajo se identificaron 4 evaluaciones que se encuentran bien definidas para desarrollar durante el ciclo de vida de los proyectos.

- Evaluación Exante
- Evaluación Media
- Evaluación Terminal
- Evaluación Expost

La tabla siguiente muestra algunos de los criterios comúnmente utilizados por las escuelas de proyectos para evaluar el mismo dentro de cada una de las evaluaciones utilizadas. Cada uno de estos criterios cobra más o menos relevancia dependiendo de la información disponible o de las proyecciones y objetivos que se haya trazado cada proyecto y por su puesto ejerce con más o menos rigurosidad los criterios mostrados.

Tabla 1.

Tipos de evaluaciones dentro del ciclo de vida de un proyecto

	Eval Exante	Eval media	Eval terminal	Eval expost
Rendimiento	+	X	X	X
Implementación del proceso	+	X	X	X
Relevancia	X	X	X	X
Eficacia	+	**	X	X
Eficiencia	+	X	X	X
Impacto	+	**	**	+
Sostenibilidad	+	+	+	+

+ Evaluación basada en predicciones y proyecciones

X evaluación basada en situación actual demostrable

** Evaluación basada en lo que es posible y necesario evaluar

Nota. JICA Exante - Expost Evaluation 2012

1.6 La evaluación en el ciclo de vida de los proyectos

Durante el ciclo de vida de los proyectos existen momentos donde es posible realizar diferentes tipos de evaluaciones las cuales pueden ayudar a predecir cómo se podrá desenvolver el proyecto, (exante) o como está la salud del proyecto durante su ejecución (seguimiento), y los resultados finales del proyecto (expost). La siguiente figura muestra cómo está el esquema de evaluaciones inmerso dentro del ciclo de vida del proyecto.

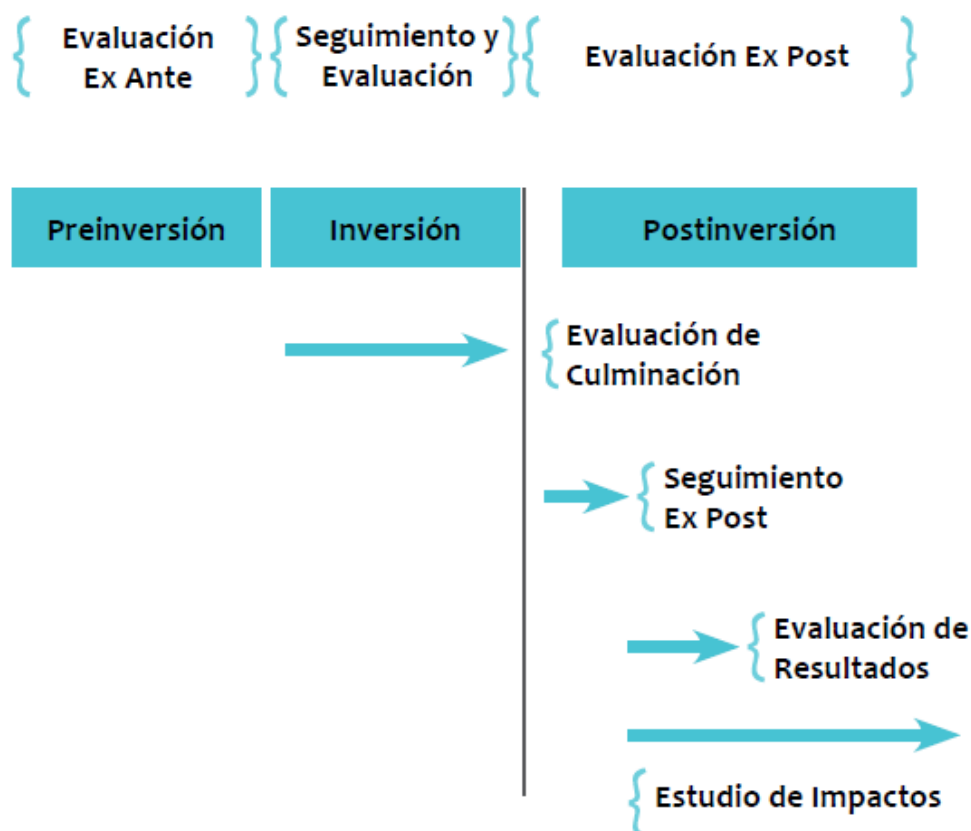


Figura 4. Esquema de evaluaciones y ciclo de vida del proyecto. Adaptado de: Pautas para la evaluación expost - JICA 2012

1.7 Conceptos sobre evaluación EXPOST

A continuación, se definen algunos aspectos claves sobre la evaluación expost, la cual es el objeto principal de este trabajo por lo cual es vital entender a fondo sus características, para ahondar más adelante en todos sus aspectos.

1.7.1 ¿Qué es la evaluación Expost? Aunque es una práctica que se puede realizar a cualquier tipo de proyectos sean públicos o privados, quienes han conceptualizado de mejor forma el tema son los organismos del gobierno encargados de la planificación de proyectos públicos; El Departamento Nacional de Planeación en Colombia (DNP), el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) en el Perú, o el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES) adjunto a la Organización de Naciones Unidas, son ejemplos de entidades que han desarrollado a su medida la metodología expost y cuya definición concuerda con la siguiente:

La evaluación expost se define como una evaluación objetiva y sistemática sobre un proyecto cuya fase de inversión ha concluido o está en la fase de post inversión. El objetivo es determinar la pertinencia, eficiencia, efectividad, impacto y la sostenibilidad a la luz de los objetivos específicos que se plantearon en la pre-inversión. Una evaluación ex post debe proveer información útil y verosímil. Es una herramienta de aprendizaje y de gerencia para mejorar los procesos de análisis, planificación y ejecución de proyectos, así como la toma de decisiones. (JICA, 2012)

1.7.2 ¿Cómo esta Colombia actualmente en esta materia? De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación, *“en Colombia no existe una cultura de evaluación expost que permita identificar y valorar las falencias en el desarrollo de proyectos de inversión*

de capital ya sea público o privado” (Departamento Nacional De Planeación – DNP, 2004). En el contexto colombiano, existe gran apoyo a las evaluaciones expost en ambientes académicos, lo que no sucede igual en ambientes empresariales, así mismo es importante resaltar que la bibliografía universitaria es escasa debido a que no se aborda o desarrolla el tema a nivel de maestrías o en proyectos de grado, esto mismo se aprecia en la literatura la cual solo se toca el tema de manera tangencial.

Si bien hace alrededor de una década existía una marginal aplicación de técnicas de seguimiento, todas estaban encaminadas hacia el control durante la ejecución de los proyectos, hoy con el desarrollo de mejores técnicas, herramientas y la aplicación de metodologías como la del PMI, los proyectos han mejorado notablemente en lo que corresponde a su control y seguimiento; No siendo así con la evaluación expost, la cual sigue siendo marginal, en muchas ocasiones subestimada o en otros casos ni siquiera es tomada en cuenta durante la planeación del proyecto, por lo cual ni el equipo ni el cliente consideran esta actividad como necesaria o que aporte valor agregado para su proyecto y como resultado final no son asignados recursos a la misma.

1.7.3 ¿Qué función cumple y para qué sirve la evaluación expost? Muchas empresas han designado grandes sumas de dinero en inversiones sin evidencia de impacto positivo para la organización, por lo que conocer y evaluar si un proyecto cumplió sus metas debería ser parte fundamental de su proceso de ejecución. Sus resultados deberían ingresar como parte de los activos del proceso organizacional (lecciones aprendidas, análisis de riesgos materializados, comparaciones financieras entre otros). Revisar aspectos como eficacia de las inversiones, eficiencia de los procesos, impacto en el negocio, impacto en la sociedad involucrada, nivel de

aceptación y satisfacción por parte de los interesados que participaron en el proyecto, y beneficios que está percibiendo el negocio luego de la puesta en marcha, son aspectos que luego de terminar la etapa de inversión y durante la operación pueden dar luz a los tomadores de decisiones en las organizaciones para ejecutar acciones de mejora que verdaderamente impulsen el éxito de futuros proyectos y justifiquen las inversiones.

1.7.4 ¿Que tener en cuenta al realizar una evaluación expost? Recolectar información y organizar algún tipo de metodología para evaluar lo que ha pasado con el proyecto requiere gran trabajo, por lo tanto, es muy importante mostrar a la organización la utilidad de realizar esta evaluación, no solo para al área de proyectos como tal, sino para todos los que pudieran verse beneficiados con los resultados que se encuentren.

La fiabilidad de la información es uno de los aspectos clave, “*si entra basura sale basura*”. La fiabilidad de los datos y su análisis determinará el grado de aceptación que se logre entre los interesados finales de la evaluación.

A pesar de que es muy importante incluir en los informes finales de los proyectos o en las evaluaciones expost todos los resultados en aspectos tanto técnicos como económicos, para que los mismos tengan impacto deben ser expuestos de forma sencilla de manera que los niveles altos de la organización puedan entender y apropiarse de los resultados de forma fácil y pasen a ser aplicados en los procesos existentes.

De igual forma es importante señalar que la evaluación expost no es sinónimo de control, auditoría o fiscalización, se trata de recabar información y analizar los resultados, para la mejora de los procesos de la organización y del impacto logrado en la población.

1.8 Momentos de la evaluación Expost

Como ya se resaltó anteriormente en el ciclo de vida de un proyecto se definen 3 fases principales, pre-inversión, inversión y post-inversión. Como ya vimos la evaluación expost se asienta en la última fase, donde ya se cuenta con los resultados derivados del proyecto, así las cosas, para realizar una expost que abarque el espacio de tiempo de la post-inversión la escuela de la OCDE define que existen 4 momentos o fases que componen la evaluación. En la Figura 5, se aprecian los 4 momentos, estos momentos no necesariamente deben ser secuenciales pueden traslaparse y su ejecución depende en gran medida de la calidad y cantidad de información adquirida para analizar los criterios y presentar resultados.

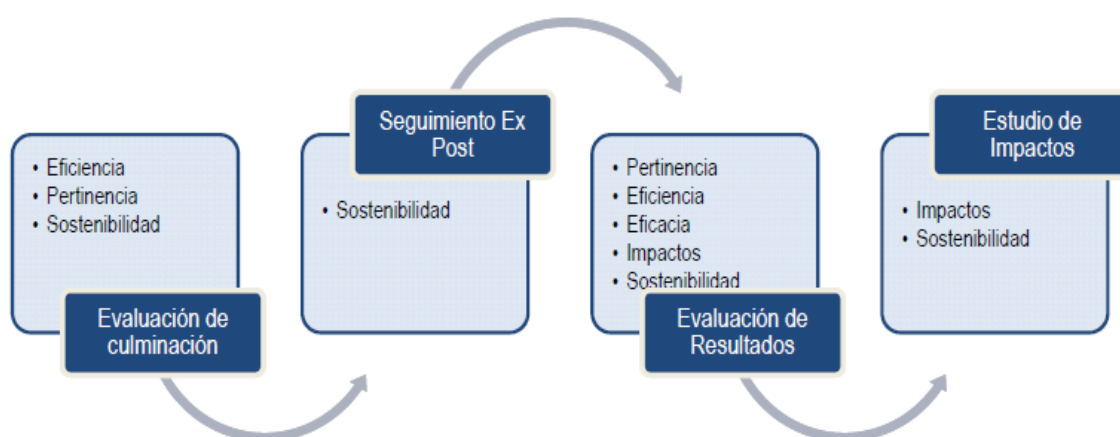


Figura 5. Momentos de la evaluación expost. Adaptado de Escuela OCDE

1.8.1 Evaluación de culminación. Refleja de manera inmediata el proceso de ejecución puesto que se efectúa al momento de terminar la misma y mide la eficiencia en términos de tiempo, costo y metas. Define lecciones aprendidas acerca de la ejecución y analiza las perspectivas de sostenibilidad recomendando la necesidad de realizar el seguimiento expost.

1.8.2 Seguimiento Expost. De acuerdo con la necesidad definida en la evaluación de la culminación se realiza el seguimiento expost, el cual está enfocado a asegurar lo correspondiente a la operación y mantenimiento de los bienes y servicios entregados por el proyecto. Es muy importante que esta evaluación sea conducida junto con los responsables de la operación, para asegurar la implementación de los resultados encontrados.

1.8.3 Evaluación de Resultados. Las escuelas de proyectos y los organismos multilaterales consideran que esta parte de la evaluación corresponde al corazón de la expost, ya que evalúa de manera integral los 5 criterios y realimenta a través de lecciones aprendidas a los ejecutores para mejorar el desempeño de los proyectos, de igual forma evalúa de manera transversal la transparencia del proceso de proyectos y los resultados del mismo. Lo anterior implica que para esta etapa se recomiende que la misma sea realizada por un ente externo que sea imparcial ante los resultados que se obtengan.

1.8.4 Estudio de impactos. Este paso es especialmente importante para proyectos de interés social donde es imprescindible medir los cambios ya sean positivos o negativos que el proyecto ha traído a la comunidad directamente involucrada. Así mismo este estudio debe ser realizado a un mediano y/o largo plazo de manera que se puedan verificar claramente los efectos de la relación causal de los objetivos del proyecto y los beneficios indirectos obtenidos por los stakeholders. Generalmente los resultados de los estudios de impactos determinan políticas públicas de los gobiernos, lo cual muestra la relevancia y responsabilidad de realizar este tipo de estudios.

1.9 Tipos de evaluación Expost

Dado que dentro de los requisitos para una evaluación expost se supone tener toda la información disponible lo cual generalmente no sucede en la realidad, el Ilpes es su guía metodológica para evaluaciones expost (Ilpes 1997), propone 2 tipos de evaluación:

1.9.1 Evaluación Expost Simple. Este tipo de evaluación trata de sintetizar los aspectos básicos y más relevantes de un proyecto y contempla básicamente la información del reporte de terminación del proyecto, hace una comparación entre lo planeado y lo ejecutado y cierra con un análisis de las diferencias y lecciones aprendidas. De acuerdo con el Ilpes (guía metodológica 1997) este tipo de evaluación es recomendada para la totalidad de los proyectos.

1.9.2 Evaluación Expost Completa. A diferencia de la simple, la evaluación completa se debe realizar de forma detallada, y es recomendable solo para proyectos seleccionados, ya que conlleva el análisis riguroso de variables y componentes como los costos, beneficios e impactos de los proyectos. Por consiguiente, esta evaluación abarca muchos más componentes que la simple, por ejemplo: análisis de la formulación, análisis del ciclo de vida, análisis de la ejecución y análisis de la operación del proyecto. Como es de suponer, se necesita gran cantidad de información para realizar este tipo de evaluación.

La decisión de llevar a cabo una u otra (simple o completa) depende de factores como, por ejemplo: el objetivo que persigue, los recursos con que se cuenta (humanos y financieros) y el tiempo que se dispone para el proceso. Sin embargo, la decisión de aplicar una u otra depende esencialmente del nivel de interés del beneficiario y lo que pretende adquirir luego de obtener los resultados.

1.10 Criterios de evaluación

En el numeral 1.5 y en la tabla No 1 se mencionó acerca de algunos criterios utilizados en las evaluaciones llevadas a cabo durante el ciclo de vida de un proyecto. La mayoría de las escuelas de proyectos han adoptado los llamados “5 criterios”, los cuales fueron originalmente propuestos en 1991 por el Comité de asistencia para el Desarrollo (DAC) en la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD). La definición y evaluación detallada de estos criterios es pieza clave en este trabajo de aplicación ya que se considera que dichos criterios abarcan la situación desde un punto de vista amplio y determinan de forma integral el éxito del proyecto.

A continuación, la tabla No 2 define cada uno de ellos de acuerdo con la metodología propuesta por la OCDE:

Tabla 2.

Los cinco criterios de evaluación para un estudio expost

Pertinencia	Medida en que los objetivos de un proyecto son coherentes con las necesidades de los beneficiarios, los contextos regional y local y las políticas del país.
Eficiencia	Medida en que los recursos / insumos (fondos, tiempo, etc.) se han convertido económicamente en productos del proyecto.
Eficacia	Medida en que se lograron o se espera lograr los objetivos del proyecto, se asocia al propósito y los fines directos de un proyecto.
Impacto	Cambios a largo plazo, positivos y negativos, primarios y secundarios producidos directa o indirectamente por un proyecto.
Sostenibilidad	Continuidad en la generación de los beneficios de un proyecto a lo largo de su vida útil. Se asocia con el mantenimiento de las capacidades para proveer los servicios entregados como producto y el uso de estos por parte de los beneficiarios.

Nota. Documento SNIP - JICA 2012

1.11 Momentos y los criterios de la evaluación Expost

A partir del momento en que el proyecto termina su ejecución y comienza la etapa de post-inversión, se inicia de igual manera el ciclo de la evaluación expost con sus cuatro momentos descritos anteriormente; estos momentos abarcan diferentes análisis de acuerdo con la información disponible al momento de su ejecución, si se habla por ejemplo de la evaluación a

la terminación puede suceder que para ese momento no se cuente con toda la información de cierre del proyecto o aún no se cuente con beneficios concretos, por este motivo cada momento de la expost evalúa ciertos criterios.

La tabla a continuación ilustra la relación que existe entre los momentos de la expost y sus criterios de evaluación:

Tabla 3.

Momentos de evaluación expost y criterios aplicados en cada uno de ellos.

Criterios	Evaluación de culminación	Seguimiento Expost	Evaluación de resultados	Estudio de impacto
Pertinencia			X	
Eficiencia	X		X	
Eficacia			X	X
Impacto			X (impactos directos)	X (impactos indirectos)
Sostenibilidad	X (proyección)	X (operación y mantenimiento)	X	X

Nota. Pautas para la evaluación expost JICA- 2012

1.12 Evaluación de los 5 criterios en proyectos de inversión pública

Dado que los proyectos públicos en su mayoría siguen el MML o modelo de marco lógico durante su formulación y por consiguiente durante su ejecución, se encuentra que los 5 criterios de evaluación expost están estrechamente relacionados con el desarrollo de los proyectos de inversión pública. Como se explica en la metodología para evaluación expost (Medianero 2012), en el contexto de la evaluación expost se adopta un esquema de cadena de resultados, el cual, a

su vez toma como punto de partida el marco lógico del proyecto. Al iniciar con este marco lógico, los fines, objetivos, propósitos y actividades pueden ser evaluados completamente a través de una evaluación expost. Así las cosas, como indica Medianero, (Medianero Burgas, 2012), el concepto de cadena de resultados es un elemento fundamental para la evaluación expost.

A continuación, se observa en la Figura 6, la relación entre la cadena de resultados de un proyecto público y su evaluación.

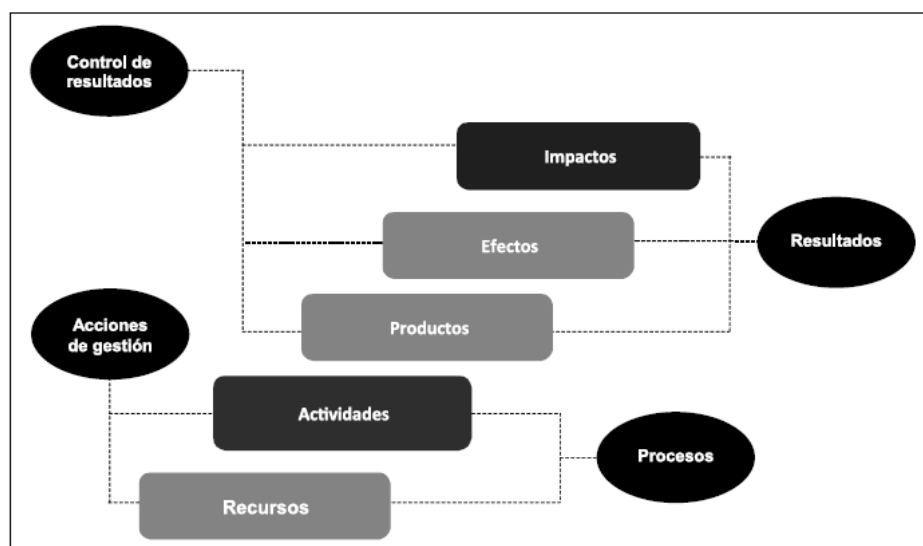


Figura 6. Relación entre la cadena de resultados y su evaluación en un proyecto público. Adaptado de Metodología de evaluación expost. Davis, M. B. (2012). Metodología de la Evaluación expost

Así las cosas, la evaluación de la cadena de resultados permite determinar en qué grado se logran los objetivos y los cambios deseados, por lo tanto, al evaluar los resultados de un proyecto y determinar si su diseño, ejecución y gerenciamiento, fueron adecuados, salen a

relucir los 5 criterios (pertinencia, eficiencia, eficacia, impacto y sostenibilidad) que permiten corroborar los resultados esperados.

1.13 Evaluación de los proyectos en Ecopetrol

En Ecopetrol se sigue un modelo de maduración y evaluación de proyectos llamado EDP, en el cual se enmarcan todos los pasos y procedimientos para el desarrollo de todos sus proyectos sin embargo al analizar todos sus procesos se encontró que dentro del modelo EDP no existe una definición concreta sobre las evaluaciones que los proyectos deben surtir durante su ciclo de vida, es decir no se realiza ni evaluación ex ante, ni de culminación, no obstante, al examinar el proceso de cierre o fase 5 se incluye un aparte donde en conjunto con el cierre de todos los demás procesos del proyecto se realiza una evaluación expost que verifica los resultados a nivel técnico del proyecto. Esta evaluación no sigue los lineamientos de las escuelas de proyectos, sino que únicamente evalúa el componente financiero y técnico del proyecto.

A continuación, se observa donde está ubicada la evaluación expost del proyecto en la fase de cierre dentro del modelo EDP.

5.5 Cierre del proyecto

5.5.1 Resumen

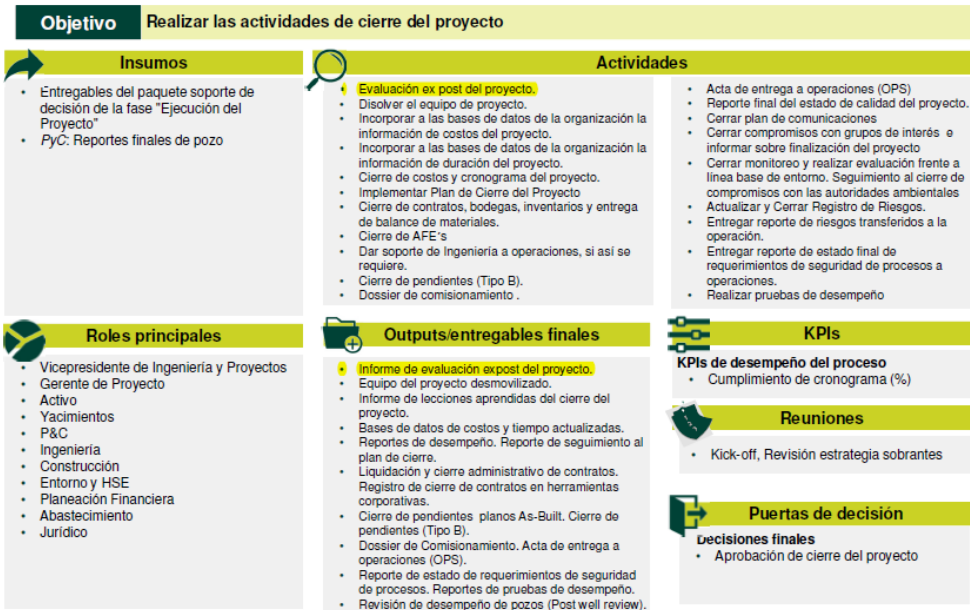


Figura 7. Evaluación expost dentro del proceso EDP de gestión de proyectos en Ecopetrol.

Adaptado de Ecopetrol S.A. Vicepresidencia de ingeniería y proyectos.

2. Marco contextual

Con el fin de adentrarnos en el contexto de los proyectos de Ecopetrol y tomando en cuenta que el proyecto PMSI se ejecutó en este contexto siguiendo el modelo de proyectos, se desarrolló este capítulo donde se explica toda la estructura de proyectos de Ecopetrol y como este modelo de gestión determina los pasos que Ecopetrol que surte un proyecto desde su idea inicial pasando por su maduración hasta su ejecución y entrega final. De igual forma se define la estructura base donde se asienta el modelo lógico del proyecto.

2.1 Estructura de Ecopetrol

Con la transformación que surtió Ecopetrol desde el año 2016, se reformo toda la estructura corporativa la cual se puede observar en la figura 8, esta nueva estructura pretende fortalecer los negocios y brindar cierta independencia en la toma de decisiones, aunque de igual forma se fortaleció el proceso de auditoría y control de recursos de capital para todas las inversiones tanto de Capex como de Opex.

La nueva estructura creó la Vicepresidencia de proyectos e ingeniería. Anteriormente la gestión de los proyectos estaba asignada a cada negocio. Con la nueva estructura se centralizó la ejecución de proyectos y definieron nuevas directrices para todos los procesos de formulación evaluación y ejecución de los proyectos de la compañía. La nueva vicepresidencia definió el EDP mencionado en el numeral 1,13 como proceso base e inició la integración de todas las áreas de proyectos en una sola estructura de control de gestión unificada.

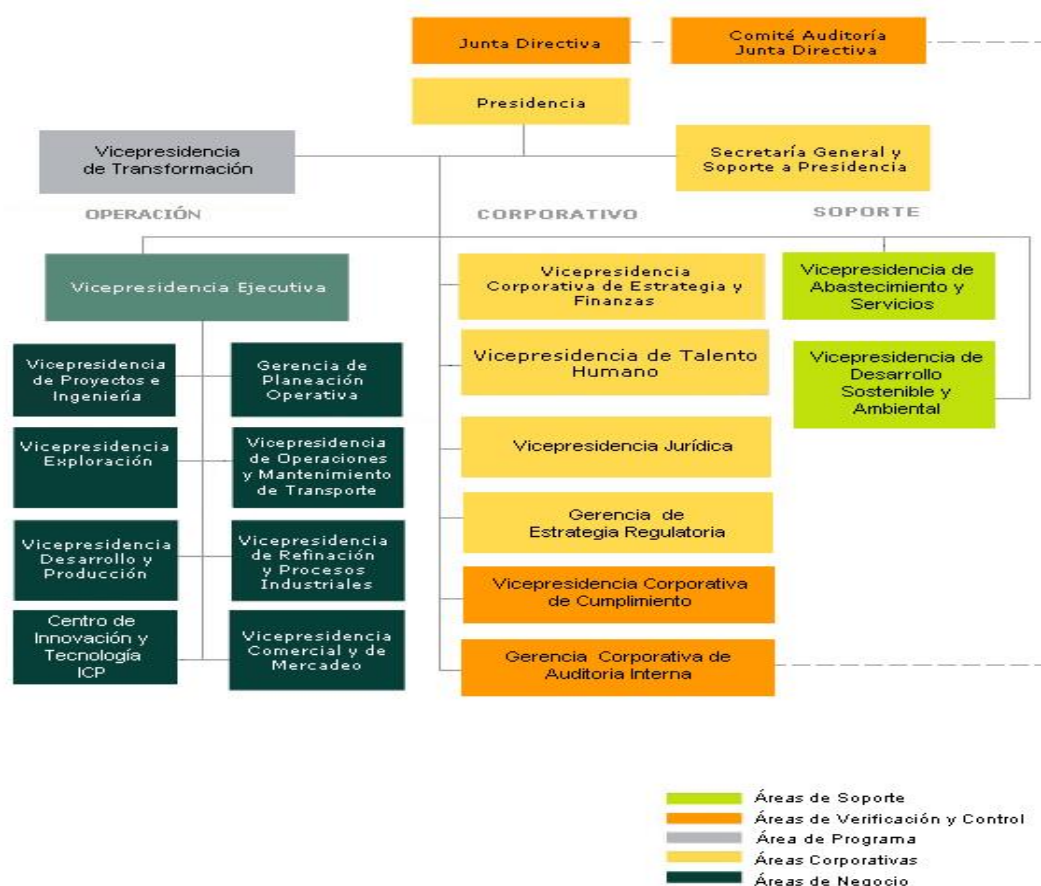


Figura 8. Estructura organizacional de Ecopetrol. Adaptada de Página Web Ecopetrol S.A.

2.2 Gestión de proyectos en Ecopetrol

Luego de unos años muy complejos para Ecopetrol en materia financiera debido a la caída de los precios del crudo, en los cuales se pasó de 100 USD/BL (año 2014) a cerca de 27 USD/BL (año 2016), Ecopetrol en el año 2016 inicio un proceso de transformación empresarial que implicó cambios rigurosos en el manejo de capital. Para esto modificó su forma de ejecutar proyectos estableciendo el modelo EDP con el cual arranco el 2017. Se Estableció un portafolio de inversión de entre 3500 y 4000 millones de dólares que no solo represento un repunte en sus

finanzas sino también una gran responsabilidad con los accionistas y por supuesto con el país. Esta apuesta de inversión apalanca básicamente los proyectos que la compañía piensa desarrollar en su plan de inversiones 2017-2022, en el cual se distribuye 85% en producción de crudo y exploración de nuevos campos y 15% en los demás negocios. Así las cosas, el mejoramiento de los procesos en materia de desarrollo y control de proyectos se convierte en un punto fundamental para que la ejecución de los recursos se haga de manera efectiva.

Llevar a cabo proyectos exitosos implica mejorar de manera transversal en la organización. La cadena de abastecimiento, el desarrollo de ingenierías, las proyecciones financieras, la disciplina de gestión del capital, la ejecución de contratos de construcción, entre otras actividades, articuladas todas dentro del modelo EDP, que integre y eleve la eficiencia y eficacia de los montos invertidos, permitirá el cumplimiento de los objetivos.

La Figura 9 a continuación muestra el proceso EDP diseñado para la gestión de proyectos en Ecopetrol, que entró en vigor desde finales de 2016.

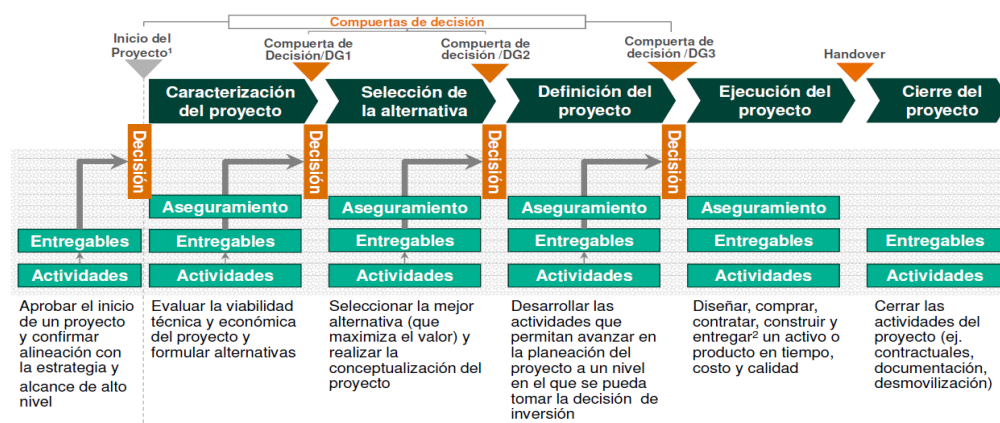


Figura 9. Modelo de compuertas para el desarrollo de proyectos en Ecopetrol (EDP). Adaptada de: Ecopetrol S.A. Vicepresidencia de ingeniería y proyectos

2.3 Estructura de proyectos de Ecopetrol

Con la estructura de proyectos que Ecopetrol definió a partir del 2016, se buscó fortalecer la cultura de planeación, ejecución y entrega de proyectos que pudiera estar al nivel de las mejores compañías a nivel mundial, estandarizando los procesos y fortaleciendo el cumplimiento de la promesa de valor de los proyectos. Para lograr este objetivo se tomaron en cuenta lecciones aprendidas de proyectos a nivel nacional y se contó con asesoría de expertos en el tema como IPA (Independent Project Analysis). A continuación, están los objetivos trazados por la Vicepresidencia de Ingeniería y Proyectos de Ecopetrol en su estructura de proyectos, los cuales se definieron cuando fue creada:

- 1) Enfocar todos los esfuerzos al cumplimiento de la promesa de valor cumpliendo indicadores de tiempo, costo y calidad, sin comprometer los valores, ética y principios HSE.
- 2) Constituir equipos integrados, multidisciplinarios y con visión holística.
- 3) Maximizar la comunicación entre los miembros del equipo y todos los stakeholders
- 4) Aplicar con disciplina las herramientas, técnicas y mejores prácticas en todas las actividades de los proyectos
- 5) Asegurar el manejo adecuado de información y reportes para una adecuada toma de decisiones.

Estos objetivos fueron transcritos del libro EDP 1.0 emitido por la vicepresidencia como parte de los activos de la organización en el desarrollo de proyectos. Para ejecutar estos objetivos, la estructura de la Vicepresidencia de Ingeniería y proyectos fue definida con la siguiente estructura:

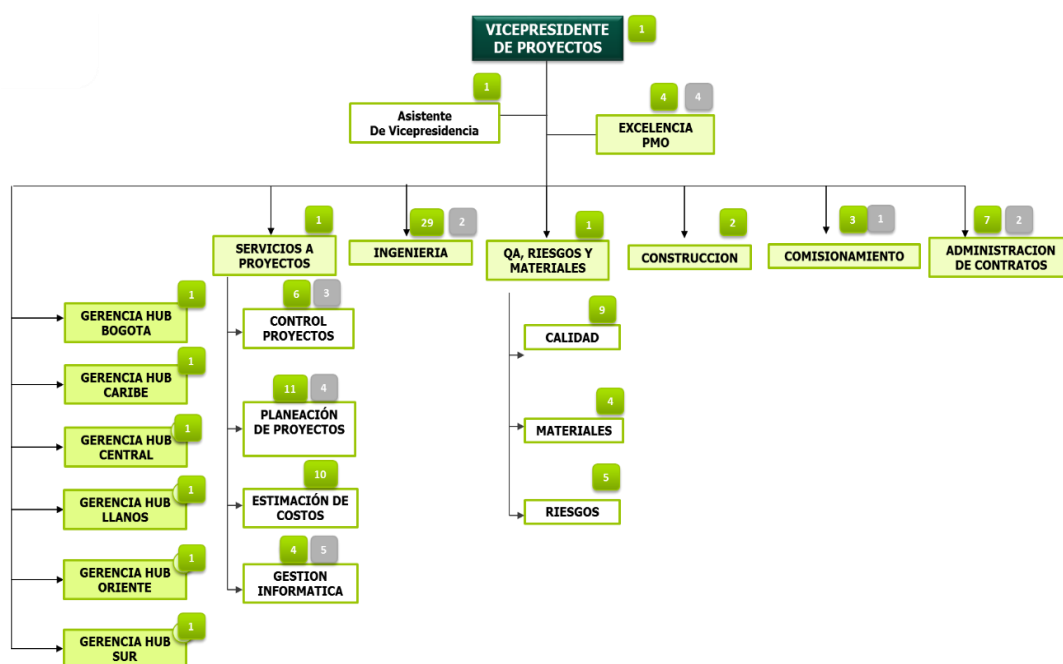


Figura 10. Estructura de la vicepresidencia de proyectos de Ecopetrol S.A. Adaptado de Vicepresidencia de Ingeniería y Proyectos de Ecopetrol

2.4 Portafolio

A nivel de portafolio Ecopetrol maneja una estructura por segmento, esto quiere decir que existe un portafolio por cada negocio el cual en conjunto conforma el portafolio de la compañía, este portafolio es estructurado desde mediados del año inmediatamente anterior y hacia finales de año luego de ser aprobado por la junta directiva se convierte en el plan de inversiones. Durante

los años 2017, 2018 y ahora 2019, Ecopetrol ha establecido un plan de inversiones de entre 3000 y 4000 millones de dólares anuales, los cuales están estratégicamente dirigidos hacia el cumplimiento del plan de negocios 2017 – 2022 que se observa en la Figura 11.



Figura 11. Plan de negocios Ecopetrol 2017 – 2020. Adaptada de: Ecopetrol S.A.

2.5 Estructura de la refinería de Barrancabermeja

Para decantar hacia el objetivo del presente trabajo, el cual es analizar el proyecto PMSI, se debe inicialmente contextualizar el marco técnico y socioeconómico en el cual opera la refinería de Barrancabermeja. Para esto se debe entender como está constituida la refinería y cómo interactúan sus 49 plantas de proceso actuales.

2.5.1 Contexto técnico. Para su operación la refinería está dividida en 2 gerencias principales (Gerencia técnica y Gerencia de producción), las cuales gobiernan todos los aspectos técnicos, planeación de la producción, aspectos ambientales, entre otros, que hacen parte de toda la cadena de refinación y petroquímica, hasta finalizar en los productos que vende en todo el país.

En la tabla siguiente se puede apreciar cómo está distribuida por productos la carga actual de la refinería.

Productos	Producción (*), kbd	Usos
Gasolinas	60,0	Consumo vehículos automotores
Diesel	65,0	Consumo vehículos automotores, transporte público y pesado
Jet	23,0	Combustible para aviones turbina o tipo jet
Fuel Oil	20,0	Combustible industrial y marinos
GLP	6,0	Combustible en estufas domésticas y equipo industrial
PGR	3,5	Precursor industria petroquímica (polipropileno)
Disolventes Aromáticos (kb/m)	90	Solventes
Bases lubricantes (kb/m)	55	Aceites lubricantes para motor
Parafinas (ton/m)	3500	Velas, betún, papel parafinado
Disolventes Alifáticos (kb/m)	28	Pinturas, precursores petroquímicos
Polietileno (ton/m)	4000	Plásticos de baja densidad
Azufre (ton/m)	2400	Fertilizantes
Acido (ton/m)	2100	Industria, fertilizantes

Figura 12. Distribución de los principales productos de la refinería de Barrancabermeja.

Adaptado de: Departamento de economía y gestión GRB – Ecopetrol S.A.

La Refinería de Barrancabermeja se encuentra distribuida en cuatro grandes áreas de proceso como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Áreas de proceso de La GRB Adaptada de: Archivos PMSI – GRB

Las cuales corresponden a:

- **Área de Refinación:** comprende varios bloques operativos como las unidades de Destilación Primaria, Cracking Catalítico, entre otros.
- **Área de Petroquímica:** Comprende los bloques de extracción de productos petroquímicos como polietileno, bases, ceras y lubricantes.
- **Área de Balance;** comprende las plantas cuyo objetivo primordial es aumentar la recuperación de gasolina desde los fondos de vacío de las unidades de refinación.
- **Área de Tanques:** Comprende las áreas de almacenamiento de productos antes de ser vendidos al mercado.

Para el funcionamiento normal de las plantas y para que se lleven a cabo las reacciones químicas que procesan el crudo, es necesario con el suministro de algunos insumos como agua, aire, energía eléctrica y vapor, estos son los llamados servicios industriales cuyas plantas de generación están distribuidas por toda la refinería como se puede ver en la Figura 14.



Figura 14. Localización de las plantas de Servicios Industriales en la GRB. Adaptada de Archivos PMSI - GRB

A continuación, se describe como están conformados dichos sistemas al interior de la Refinería:

2.5.1.1 Agua (desmineralizada, potable, agua de calderas, clarificada). El sistema cuenta actualmente con 5 plantas de tratamiento de agua, las Unidades 800/830/850/5400, localizadas en el área de Refinería y la Unidad 2900 localizada en el área de Balance. El año 2012 entro en

servicio la nueva unidad 5400 de Ultrafiltración y Osmosis Inversa implementada por el PMSI, la cual permitió aumentar la capacidad en 5000 gpm.

La figura a continuación muestra la planta de ultrafiltración y Osmosis instalada en la refinería en el año 2012.



Figura 15. Planta de agua UF/RO instalada en GRB. Adaptado de: Archivo PMSI 2013 – GRB



Figura 16. Modelo de Planta de UF/RO. Adaptado de: archivo PMSI 2013.

La capacidad actual de tratamiento de agua es de 19100 Gl/min (Galones por minuto).

La tabla siguiente nos muestra la producción actual de agua por planta.

Tabla 4.

Capacidad de producción de agua por planta – GRB 2015

	U800/830		U850		U850		U5500		Total	
	Cap	Prod	Cap	Prod	Cap	Prod	Cap	Prod	Cap	Prod
Agua Potable	900	750			500	250			1400	1000
Agua Clarificada	600	2800	10000	4200	10000	4200	4000		26000	11200
Agua suavizada	2000	1000			2000	200			4000	1200
Agua										
			1800	1100	1600	600			3400	1700
Desmineralizada										
Agua UF/RO							5000	4000	5000	4000

* Valores en Galones Por Minuto

Nota. Departamento de Servicios Industriales GRB.

2.5.1.2 Aire (industrial, instrumentación). Este sistema cuenta actualmente con 3 centros de generación de aire tanto para instrumentación como industrial, los cuales están localizados en las áreas de Foster, Central del norte y Unidad de balance.

Tabla 5.

Datos de generación de aire actual en la GRB.

Compresor	Unidades	Diseño *	Actual *
U-900/U-2400	8	19500	14600
U2950	3	9750	3450
Total			18050

* Valores en PCM (Pies Cúbicos Por Minuto)

Nota. Departamento de Servicios Industriales GRB.

La imagen a continuación muestra una imagen del proyecto PMSI en lo correspondiente al módulo aire implementado en la central del norte en el año 2012.



Figura 17. Planta de compresión de aire ubicada en central del norte - GRB. Adaptada de: Archivo PMSI 2013 - GRB

2.5.1.3 Vapor (600, 400, 150, 50 y 25 psi). El sistema de generación de vapor cuenta con 15 calderas de tipo acuotubular distribuidas en 4 centros de generación a saber:

- 1) Unidad 5100 (B5100/B5120) – Implementada por el PMSI 2015
- 2) Calderas Distral (B954/5/6)
- 3) Calderas Central del Norte (2401/2/3/4/5)
- 4) Calderas Balance (B2951/2/3/4/5)

El aporte de todos estos sistemas de generación de vapor contribuye para tener una capacidad instalada de 4000 Klb-h (Kilo libras-hora de vapor aproximadamente).



Figura 18. Caldera B5120 instalada por el PMSI 2015. Adaptado de: Archivo PMSI 2015 - GRB

2.5.1.4 Energía Eléctrica (Generación propia y compras al SIN - 230 KV). La generación eléctrica de la Refinería cuenta con 6 turbogeneradores a vapor y 2 turbogeneradores a gas distribuidos en 4 áreas:

- 1) Unidad 5100 (TG5100) - Implementada por el PMSI 2015
- 2) Central del Norte - 3 turbogeneradores (SG2401/2/3)
- 3) Planta eléctrica Balance 3 Turbogeneradores (SG2951/2/3)
- 4) Unidad Turbo-gas (TG2960)

La imagen siguiente muestra la unidad turbo-gas existente en la unidad de balance cuya capacidad actual de generación eléctrica es de 42 MW luego de la repotenciación realizada por el PMSI en 2013.



Figura 19. Turbogenerador TG2961 ubicado en la unidad de Balance. Adaptado de: Archivo PMSI 2013 - GRB

2.5.2 Contexto geográfico y social. Para comprender mejor el entorno de la refinería y sobre el cual se desarrolló el proyecto PMSI, se define en esta sección del estudio, algunos aspectos de la zona geográfica y se describen características de la población involucrada en el proyecto.

El proyecto se desarrolló en la Refinería de Barrancabermeja, la cual se encuentra localizada en la margen derecha del río Magdalena en el municipio de Barrancabermeja, el cual presenta la localización que se observan en la Figura 20:



Figura 20. Localización Municipios de Barrancabermeja. Adaptado de: Informe Barrancabermeja en cifras 2017.

2.5.2.1 Posición Geográfica:

- 1) Extensión: 1246 Kilómetros cuadrados
- 2) Límites: Norte con los municipios de Puerto Wilches y Girón, Sur municipios de Puerto Parra y Simacota, Oriente Municipio de San Vicente de Chucuri y Occidente con el río Magdalena.

A continuación, algunos datos generales tomados del Informe Barrancabermeja en cifras 2017.



Figura 21. Datos climatológicos Barrancabermeja. Adaptado de: Informe Barrancabermeja en cifras 2017.

2.5.2.2 Características Socioeconómicas: De acuerdo con las proyecciones del DANE 2017, Barrancabermeja alberga alrededor de 191000 habitantes de los cuales el 50,6 son mujeres y 49,4 son hombres, la cabecera municipal abarca el 90 de la población y el resto está distribuida en sus 5 corregimientos.

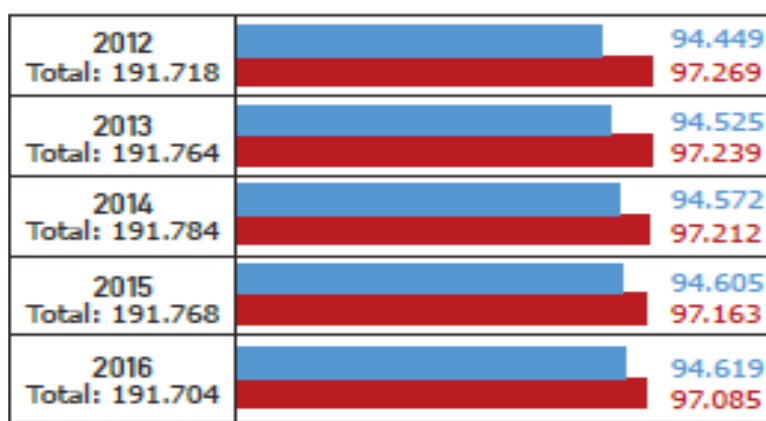


Figura 22. Distribución de poblacional de Barrancabermeja (Rojo Mujeres –Azul Hombres).
Adaptado de: Informe Barrancabermeja en cifras 2017.

Las condiciones económicas de la población están fuertemente influenciadas por la industria del petróleo, la presencia de campos petroleros y la refinería más grande de Colombia hacen que la economía gire entorno a los servicios petroleros y a su vez gran parte de la mano de obra local esté vinculada a esta industria.

En cuanto a la educación, Barrancabermeja es ejemplo de desarrollo en el departamento ya que cuenta con una red fuerte de centros educativos a nivel de educación básica y secundaria, sin embargo, a nivel universitario la mayor parte de graduados emigran a ciudades cercanas como Bucaramanga y Medellín. La formación a nivel técnico y tecnológico se enfoca hacia la industria del petróleo.

En materia de salud cuenta con una red aceptable de prestadores de servicios básicos de salud. Sin embargo, en los temas de medicina especializada la mayor parte de la atención es atendida desde la capital cercana (Bucaramanga).

La Figura 23 muestra la distribución de la población en los 2 regímenes de salud definidos por el gobierno nacional.

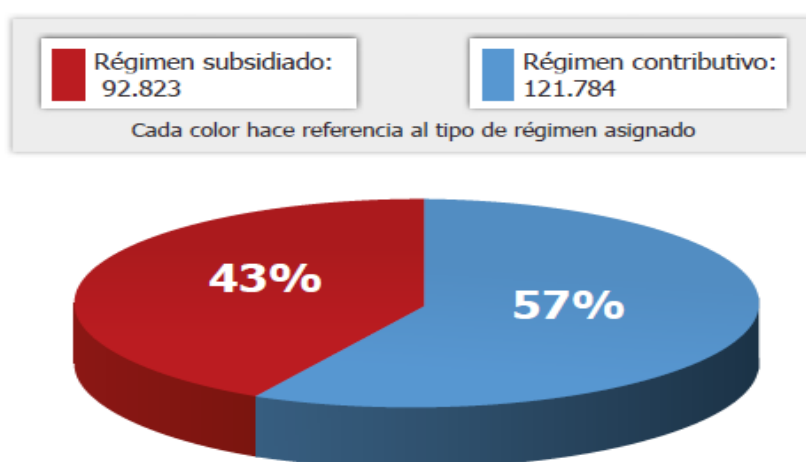


Figura 23. Distribución de la población en los regímenes de salud. Adaptado de: Informe Fosyga Nov de 2017

De acuerdo con el informe “Barrancabermeja en cifras 2017”, en cuanto al acceso a los servicios básicos, Barrancabermeja cuenta con una cobertura de más del 90% en suministro de Agua, electricidad y gas, de igual manera la posición geográfica del municipio ha potencializado la infraestructura de transporte y comunicaciones, con la creación del puerto multimodal sobre el río Magdalena y la construcción de vías de doble calzada que comunican el municipio con los principales centros urbanos, a la fecha del presente estudio se encontraba en construcción la vía Bucaramanga Barrancabermeja de 120 km en doble calzada.

En general en los aspectos socio económicos Barrancabermeja ha sufrido mucho al depender en gran medida de la industria petrolera, las diferentes crisis en este sector a lo largo de los años han afectado directamente la economía del municipio y rezagan su desarrollo, sin embargo, aún mantiene el segundo lugar entre los municipios del departamento y su ubicación geográfica la hace un centro urbano estratégico de gran potencial para el desarrollo de la región media del Magdalena.

En términos generales Barrancabermeja pasa la evaluación a nivel nacional sin embargo sus indicadores muestran que existe margen en donde mejorar; a continuación, se observa el índice de desempeño integral el cual es un indicador creado por el DNP para medir el desempeño de las entidades territoriales en la utilización de los recursos públicos, en este sentido, la figura siguiente muestra el índice registrado por Barrancabermeja hasta el año 2015.

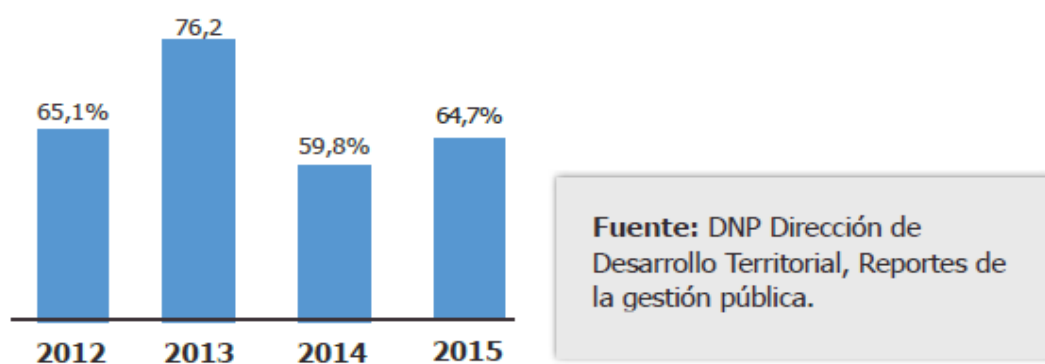


Figura 24. Índice de desempeño integral de Barrancabermeja. Adaptado de: Informe Barrancabermeja en cifras 2017.

2.6 Proyecto PMSI

El Plan Maestro de Servicios Industriales nació como una iniciativa para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los servicios básicos que sostienen los procesos de refinación y petroquímica. Teniendo en cuenta que la refinería data de 1922, muchos equipos y sistemas se han venido modernizando y actualizando a través del tiempo. A medida que la carga de la refinería ha ido creciendo, los servicios asociados de agua clarificada, aire industrial, energía eléctrica y vapor también han crecido para cumplir con la demanda solicitada. Sin los servicios mencionados no sería posible realizar las reacciones químicas en las plantas de proceso. Cuando se inició el proyecto, algunos de estos sistemas contaban con una estructura funcional de más de 30 años de antigüedad, lo que los hacía ineficientes y en algunos casos hasta involucraban riesgos operacionales que era necesario identificar, evaluar y tratar.

Por lo expuesto, hacia el año 2005 nace la iniciativa PMSI o Plan Maestro de Servicios Industriales el cual tenía la misión inicial de modernizar todos los servicios industriales de la refinería, aplicando tecnologías nuevas, mejorando la eficiencia y eliminando riesgos operativos. Este proyecto inició en el año 2006 y culminó su ejecución en el 2015, año en que entró en servicio.

2.6.1 Formulación y descripción del problema. Debido a los constantes eventos de falla ocurridos en los sistemas de servicios industriales hacia inicios de la década del 2000 y sumados a la creciente demanda de energía y demás servicios, la refinería inició la búsqueda de soluciones que permitieran aumentar la confiabilidad y minimizar las paradas no programadas de las plantas así como también asegurar el suministro de los servicios industriales para su

futuro crecimiento; la búsqueda de dichas soluciones se necesitó definir inicialmente el problema raíz que se pretendía identificar y solucionar.

A continuación, se observa el árbol del problema definido para el proyecto.

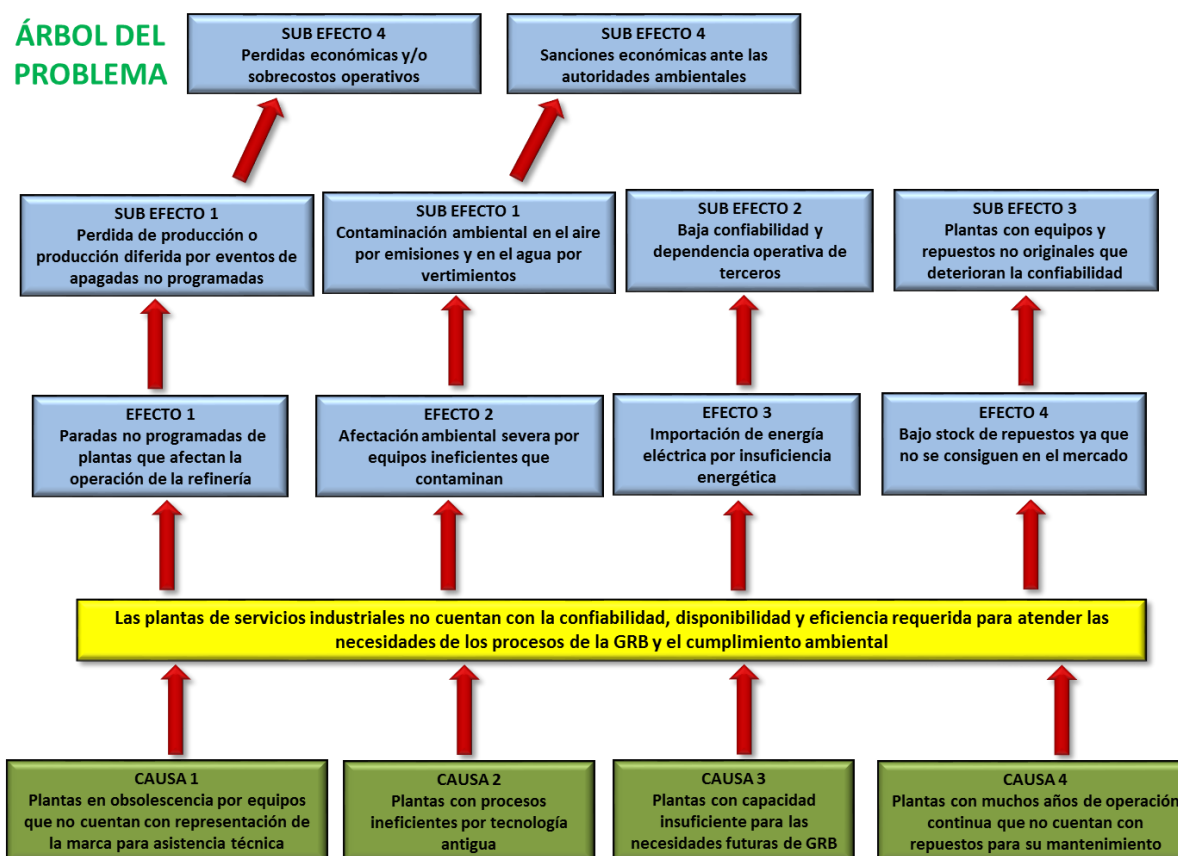


Figura 25. Árbol de problema definido para el proyecto PMSI. Modificado por el autor

Para definir el árbol del problema se partió de la identificación del mismo utilizando la técnica de resolución de problemas definida por la escuela de negocios de Harvard en la cual el primer paso consiste en caracterizar el problema mediante la revisión de la información relevante y los datos históricos sobre los eventos que denotaban las debilidades de los sistemas

de servicios industriales de la época de inicio del proyecto PMSI. Así mismo y en concordancia con la metodología de cadena de valor utilizada por el DNP, se identificó la situación no deseada la cual se requiere intervenir. Importante resaltar lo que dice el DNP, “el problema no es la ausencia de solución sino un estado negativo existente (guía de cadena de valor DNP 2017).

Tabla 6.

Registro de Paradas de planta en el periodo 2003 a 2008.

Planta	No. De paradas	Días	Energía & Vapor	Aire	Agua	Eléctrica
MEK	14	27,45	13			1
U130 VAC	5	6,97	4		1	
U150 atm	6	7,37	4		1	
U1500 Fraccionamiento	16	44,4	16			
U200 ATM	8	15,4	4	1		3
U2000 ATM	8	6,9	4			4
U2000VAC	7	10,7	4			4
U204 Visco-reductora	8	15,7	4	1		3
U205 VAC	8	15,2	4	1		3
U2100 ATM	9	7	4		1	4
U2100 VAC	7	5	2		1	4
U2200 Poli I	37	34,74	24	8		5
U2250 Poli II	42	30	24	14		3
U250 ATM	8	10,7	5			4
U250 VAC	6	8,5	2			4
U2500 DEMEX	10	17,2	7	1		2
U2650 Unibón	8	27,2	5	1		2

Tabla 6. *Continuación*

Planta	No. De paradas	Días	Energía & Vapor	Aire	Agua	Eléctrica
U2700 UOPI	11	8,5	5	1		4
U2800 VR II	9	7	6	1		1
U2880 Azufre II	4	1,5	3			1
U300 MOD IV	7	6,5	4		1	2
U4200 UOPII	10	10,5	7		1	2
U4360 Azufre III	3	6,46	2		1	
U4560 Alquilarción	14	27,1	7		1	7
U500 Orthoflow	10	9,46	7			3
Totales	275	367,45	171	29	8	66

Nota. Departamento de economía y gestión GRB

2.6.2 Definición de la cadena de valor - árbol de objetivos. Como lo define el DNP en su guía para estructuración de la cadena de valor (DNP 2017), este proceso es una relación secuencial y lógica entre insumos actividades, productos y resultados, que añade valor a lo largo del proceso, sea como proyecto o como línea productiva. Esto significa que para la adecuada estructuración y planeación de un proyecto es recomendable seguir los pasos de la cadena de valor. Teniendo en cuenta que para el caso específico del proyecto PMSI, no se realizó esta metodología, este estudio realizó la estructuración de la cadena de valor para el proyecto. A continuación, se muestra la definición de uno de los pasos de cadena de valor como lo es la estructuración del árbol de objetivos.

Para realizar el árbol de objetivos se partió del árbol de problema definido en el numeral anterior y se ejecutó la conversión hacia objetivos de proyecto como lo muestra la figura 26

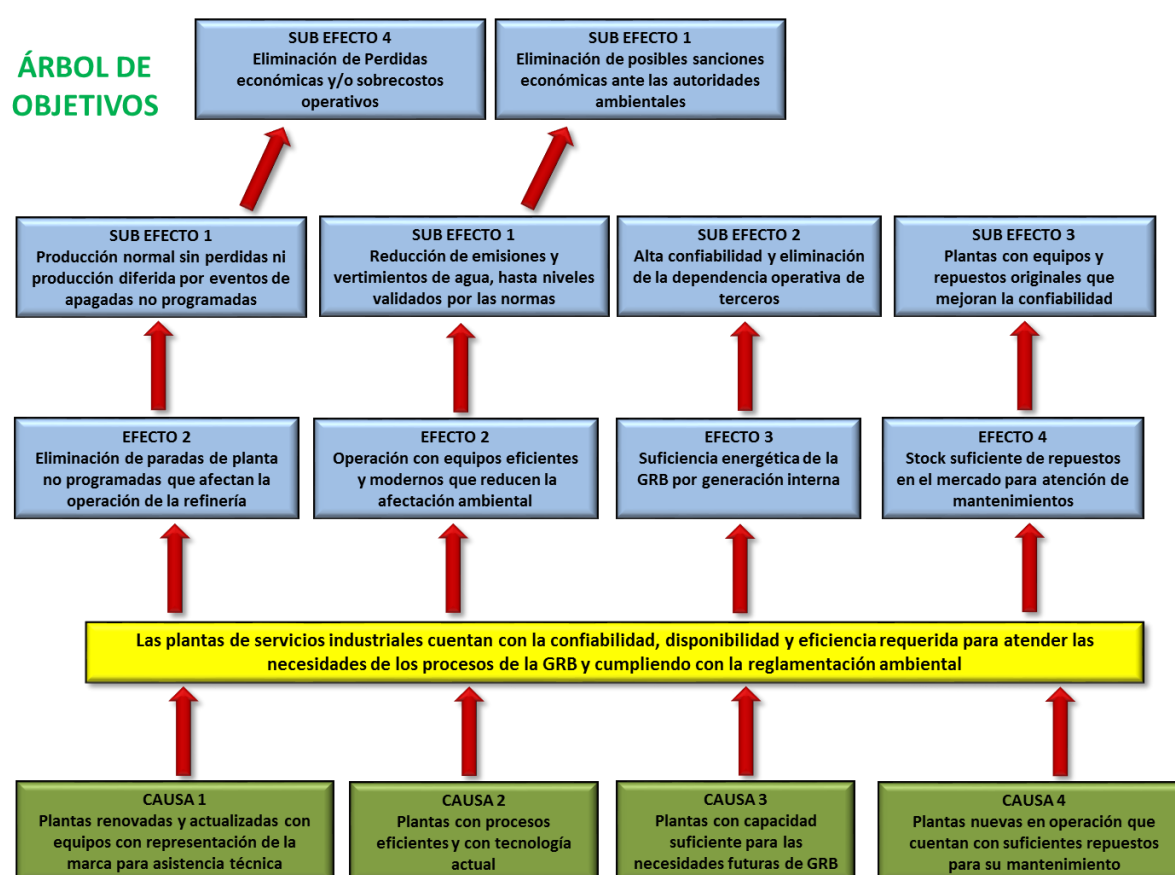


Figura 26. Árbol de objetivos definido para el proyecto PMSI. Modificado por el autor

2.6.3 Descripción de objetivos del proyecto. Para continuar con el proceso de estructuración de la cadena de valor, se evaluaron los documentos del proyecto realizados en sus fases tempranas y se revisaron las consideraciones elegidas por el equipo del proyecto, por consiguiente, siguiendo el árbol de objetivos que se definió para la iniciativa, el objetivo general definido por el equipo del proyecto quedo como sigue: *“Aumentar la confiabilidad de equipos, maximizar la eficiencia y disminuir el impacto ambiental en la generación de los Servicios Industriales de la Refinería de Barrancabermeja”* (Archivos de proyecto PMSI)

2.6.4 Objetivos específicos. En la evaluación de los objetivos específicos se confirmó la gran aplicabilidad que brinda la metodología de la cadena de valor para la estructuración de dichos objetivos, para esto se pudo comprobar la relación de los objetivos específicos trazados por el equipo del proyecto y los objetivos de la iniciativa evidenciados en el árbol de objetivos.

A continuación, se enuncian los objetivos específicos del PMSI definidos en su fase inicial y los cuales se proyectaron para el horizonte de tiempo planeado inicialmente es decir alrededor de 60 meses (Archivos de proyecto PMSI):

- 1) Mejorar la confiabilidad del aire de la Refinería.
- 2) Ampliación de la capacidad de los tambores de aire de los compresores, incrementando su volumen y su tiempo de respaldo.
- 3) Incrementar la presión de descarga de los compresores de 45 psig actualmente a 105 psig luego de la entrada de los compresores nuevos.
- 4) Disminuir en 4% la captación de agua cruda producto de la instalación de equipos más eficientes, dejándose de captar 317.988.000 galones/año.
- 5) Reducir el consumo de productos químicos para el tratamiento de agua cruda en aproximadamente 3.5 Ton/año.
- 6) Disminuir en un 95% el flujo de drenajes hacia PTAR antes del vertimiento al río.
- 7) Incrementar confiabilidad y disponibilidad de los sistemas de captación de Bote de río tanto para la Refinería como para el área de Balance.
- 8) Mejorar la confiabilidad en el suministro del agua para generación de energía y vapor.
- 9) Implementar sistemas más eficientes, con mayor disponibilidad y menores costos de mantenimiento y operación.

- 10) Centralizar la producción de agua de proceso para los diferentes usuarios de la refinería.
- 11) Mejorar la eficiencia en la generación eléctrica y de vapor, por reemplazo de turbogeneradores con un consumo de 17.000 BTU/KW a 12.000 BTU/KW y uso de gases calientes provenientes del turbogas para producción de vapor, reduciendo el CEL (Índice combinado de energía y pérdidas) en 11 puntos.
- 12) Disminuir el consumo de gas combustible en 15% (17 MPCSD).
- 13) Disminuir el impacto ambiental, por reducción de emisiones de CO₂ (341.000 Ton/año).
- 14) Aumentar la confiabilidad de los Sistemas de generación eléctrica y vapor a más de 95%.

2.6.5 Desarrollo Conceptual De La Iniciativa PMSI. Luego de la definición de los objetivos, se estableció de acuerdo con el modelo de maduración vigente en la época (MMGP 2006), la necesidad de conceptualizar la solución de manera que en las fases siguientes se pudieran establecer las alternativas de solución al problema y ejecutar las más convenientes, que a su vez cumplieran los objetivos definidos en el numeral anterior. Así las cosas, el proyecto realizó un estudio conceptual que con las siguientes características y resultados.

2.6.5.1 Alcance Del Estudio Conceptual. El alcance conceptual incluyo cuatro entregables principales:

1) Revisión de las mejores prácticas y tecnologías usadas en servicios industriales en 45 refinerías del mundo.

Este entregable conceptual realizó un benchmarking de servicios industriales utilizando como base refinerías de similar capacidad a la GRB, de esta manera incluyo 19 refinerías en Norte América, 14 en la Unión Europea, 11 en Asia y 1 en Medio Oriente.

En los sistemas de vapor el estudio analizó la configuración de los servicios de vapor para presiones entre 25 y 1500 psig, comparó la capacidad rodante y la tecnología utilizada.

En energía eléctrica se analizaron las configuraciones de suministro de energía (autogeneración o importación de energía), se analizaron los contratos de suministro utilizados, y las configuraciones de tecnología utilizadas (cogeneración, ciclo combinado entre otras).

En los sistemas de agua y aire se analizaron principalmente las tecnologías utilizadas y los esquemas de suministro de los servicios ya fuera por generación interna en la refinería o contratos externos de suministro.

2) Conclusiones Del Benchmarking

a) 85% de las refinerías analizadas trabajan con calderas modulares generando vapor entre 500 y 900 psig. Con capacidad rodante $N + 1$.

b) El 75 % de las refinerías analizadas importan energía de la red y el 25 % restante auto-generan energía, aunque solo el 5% son completamente aisladas. Utilizan contratos de largo plazo para suministro de energía y más del 70 % utilizan ciclos de cogeneración con HSRG con turbinas a gas.

c) 100 % de los sistemas de aire de las refinerías analizadas trabajan a presiones de 100 a 120 psig, con compresores centrífugos y secan todo el aire disponible.

d) 100 % de la producción de agua es realizada internamente, solo el tratamiento químico es tercerizado.

3) Diagnóstico de los servicios industriales de la refinería (estudio 2006).

Desde tiempo atrás, se conoce que los equipos de generación de energía y vapor de la refinería tienen muchos años de uso, el mantenimiento preventivo y una buena disciplina operativa han sido determinantes para sostener el sistema, sin embargo, el estudio encontró que la energía que compra la refinería a terceros (Termobarranca - SIN), es más costosa que la producida internamente a pesar de la ineficiencia que pudieran tener las maquinas existentes.

Adicionalmente solo el 45 de la energía calórica del gas es aprovechada en los sistemas, lo demás se pierde en forma de calor en las torres enfriadoras, solo en determinadas ocasiones el sistema ha estado completamente disponible para dejar de importar energía.

En cuanto a los sistemas de aire el costo por MMSCF es más alto en la refinería, dado el tipo de tecnología (compresores reciprocantes) y los altos costos de mantenimiento que se invierten para sostener el sistema.

Por ultimo en los sistemas de agua el problema principal consiste en las fuentes de agua desde donde la refinería hace la captación, las cuales son fuentes muy contaminadas que exigen un gran tratamiento, así mismo la capacidad de las plantas existentes no cubre la demanda que vendría con los proyectos futuros.

4) Propuestas de esquemas técnico económicos para desarrollar la solución.

El estudio conceptual evaluó 9 posibles configuraciones que permitieran brindar solución a la problemática de los servicios industriales. Como se observa en la Figura 27 se definieron

diferentes tipos de arreglos entre equipos existentes y nuevos que harían parte del proyecto luego que se realizara toda su evaluación económica.

Comparacion de Opciones		Opcion 1	Opcion 1a	Opcion 2	Opcion 2b	Opcion 3	Opcion 3b	Opcion 4	Opcion 5	Opcion 6
Equipos Existentes	Numero de calderas de baja	8	8	8	8	9	10	9	10	8
	Numero de turbos de baja	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Calderas operando/reserva Refineria	4/2	4/2	4/2	4/2	4/1	3/1	4/1	3/1	4/2
	Calderas operando/reserva Balance	4/1	4/1	4/1	4/1	3/1	3/1	3/1	3/1	4/1
Equipos Nuevos	Nuevas CGT (simple)	2x34.3MW	2x34.3MW	2x30.5MW	2x30.5MW	-	-	-	-	-
	Nuevas HRSG	2x400 klb/h	2x400 klb/h	2x400 klb/h	2x400 klb/h	-	-	-	-	-
	Nuevas Cogen (CGT/HRSG/STG)	-	-	-	-	2x30.5/400/7	2x30.5/400/10	2x30.5/400/10	2x30.5/400/20	2x30.5/400/14
	Nuevos turbos	1x8MW	-	2x11MW	2x14+1x7MW	-	-	-	1x4MW	-
Confiabilidad	Energia Rodante	27.3 OK	< 27.3	30.2>27.3	17.2<27.3	30.2>27.3	16.2<27.3	16.2<27.3	3.9+Red	24.2<24.7
	Vapor Rodante Refineria	437>320	437>321	437>320 N+2	437>320 N+2	500>270	312>290	270>110	350>294	410>268
	Vapor Rodante Balance	240>221	240>221	313>200 N+2	313>200 N+2	527>287	365>259	259>140	280>171	366>185
	Confiabilidad, %	99.1	13.4	98.5	98.5	99.1	13.4	13.4	99.1	99.1
	Fallas por año	0.0090	2.0099	0.0151	0.0151	0.0090	2.0	2.0	0.0090	0.0090

Figura 27. Opciones evaluadas para los sistemas de energía y vapor durante el estudio conceptual del PMSI. Adaptado de: Archivos PMSI 2008 – GRB.

5) Posibles escenarios de financiación y ejecución del proyecto.

Principalmente se evaluaron tres escenarios:

- Financiación completa del proyecto por Ecopetrol con recursos propios.
- Contrato tipo BOMT para la porción de generación eléctrica y recursos propios para los demás elementos del alcance (Aire-Agua).
- Acuerdo tipo Joint Venture con un inversionista para el suministro de todo el alcance de energía y recursos propios para el resto del alcance propuesto.

6) Análisis de la solución propuesta en la conceptualización

Luego de analizar las diferentes opciones y variables técnico-económicas como se observa en la Figura 28 siguiente, el esquema más adecuado y que finalmente fue escogido para la ejecución del proyecto fue el esquema 1 en el cual Ecopetrol asumió todo el proyecto con recursos propios.

Comparación Estructuras	Esquema 1			Esquema 2			Esquema 3		
Indicador	Tir	Tirr	Vpn	Tir	Tirr	Vpn	Tir	Tirr	Vpn
Planta Cogeneradora	13,7%	12,6%	11,5	N/A	N/A	-17,0	8,7%	10,8%	-11,3
Otros de Energía y Vapor	20,7%	14,6%	6,4	20,7%	14,6%	6,4	20,7%	14,6%	6,4
Proyectos de Agua	35,6%	18,1%	40,9	35,6%	18,1%	40,9	35,6%	18,1%	40,9
Proyectos de Aire	26,4%	18,6%	25,0	26,4%	18,6%	25,0	26,4%	18,6%	25,0
Proyectos sin EPC	20,3%	14,7%	6,1	20,3%	14,7%	6,1	20,3%	14,7%	6,1
Total Consolidado	19,3%	14,8%	90,1	24,4%	14,0%	61,5	19,4%	14,2%	67,2
Inversión Total de Ecopetrol	217,6			78,0			133,7		

Figura 28. Resultados de la evaluación económica conceptual del proyecto. Adaptado de: Archivos de proyecto PMSI – GRB

Esta decisión fue tomada basada en que la opción cumplía con los objetivos de modernización y garantizaba la confiabilidad de los servicios industriales, sin comprometer la independencia operacional de la refinería, ya que no dependería de agentes externos. Así mismo desde el punto de vista económico y contractual es claramente más favorable.

2.6.6 Análisis de los interesados. Como se observará más adelante, la presente evaluación expost tomó como base el modelo lógico del proyecto, esto significó que se tuvo que estructurar dicho modelo, puesto que cuando el PMSI fue planeado no se siguieron los pasos de estructuración del modelo lógico. Este modelo se generó basado en la información recolectada. Uno de los pasos de la estructuración de esta metodología consistió en realizar en el análisis de

involucrados, de esta forma se siguió la metodología enunciada por el Ilpes en su guía metodológica (Ilpes, ortegon 2005), donde se establece la importancia de la identificación de los interesados en el proyecto. A continuación, se enuncian los pasos ejecutados en el análisis de interesados del PMSI:

1) Identificar a los involucrados



Figura 29. Identificación de involucrados del proyecto PMSI. Modificado por el autor

2) Clasificación de los involucrados

Para esta clasificación fue necesario definir la relación que tiene cada uno de ellos con el proyecto, algunos interesados pueden tener una relación directa, (líder de proyecto, cliente final), y otros sencillamente tocan una parte del proyecto siendo su relación básicamente indirecta (gerentes de abastecimiento, asesores legales).

3) Posicionar y caracterizar a los involucrados

Para este punto como lo dice la guía del Ilpes (Ortegon 2015), es necesario definir su fuerza, intensidad y posición frente al proyecto, esto indicará que tanto apoyo u oposición se espera recibir, de igual forma que tanto poder tiene para influir sobre el proyecto, y finalmente el grado de involucramiento que se puede esperar de cada involucrado.

A continuación, se observa la matriz de interesados que se definió para el PMSI

Tabla 7.

Análisis de interesados con categorización de influencia y poder dentro de la organización.

Involucrados (Stakeholders)		D	I	Rol	Influencia	Poder
Gerente de Proyectos de Refinación y Petroquímica	Juan Mauricio López	X		Actor principal y quien aprueba los recursos físicos y de presupuesto.	A	A
Gerente del Proyecto	Jorge Ernesto Velasco Páez		X	Responsable principal del proyecto ante la organización.	M	M
Gerente de la GRB	Orlando Díaz Montoya		X	Dueño general del área operativa.	A	A
Participa en la definición de Restricciones y Supuestos. Dueño del área operativa correspondiente a:						
Departamento de Servicios Industriales Balance	José Diego Marulanda		X	- Planta de agua U-2900 - Casabombas San Silvestre - Calderas Balance - Turbogas Balance U-2960 Compresores Balance	A	A

Tabla 7. Continuación

Involucrados (Stakeholders)		D	I	Rol	Influencia	Poder
Gerencia Técnica	Iván Guerrero	X		Participa en la definición de los supuestos y premisas de orden técnico que tienen que ver con el proyecto.	A	M
Gerencia de Producción	José Uriel Camacho	X		Participa en la coordinación de las actividades que tienen que ver con la interacción del proyecto al interior de las diferentes plantas y equipos existentes.	A	M
Departamento de mantenimiento	Jaime Andrés Álvarez	X		Participa en los trabajos que se deben desarrollar durante las paradas de los equipos a intervenir por el proyecto, con el fin de aprovechar y optimizar los trabajos ejecutados.	M	M
Departamento de Apoyo Técnico a la Producción		X		Cursos y/o talleres de entrenamiento que dictan los proveedores como parte de la compra de los equipos. Soporte y consultas para la revisión de las especificaciones técnicas de compra, planos y documentos de los fabricantes.	M	B
Departamento de Gestión de Riesgos	Hugo Villamizar	X		Valida los análisis de riesgos del proyecto y las simulaciones respectivas para establecer los límites de responsabilidad de los diferentes actores.	M	B

Tabla 7. Continuación

Involucrados (Stakeholders)	D	I	Rol	Influencia	Poder
Coordinación de					
Control y	Jesús Joaquín	X	Manejo del Centro de Control de Potencia y las	M	B
Distribución de	Méndez		Subestaciones de la GRB		
Potencia					
Coordinación de					
Prevención y	Jesús	X	Manejo del sistema Contra Incendio y	M	A
Control de	Ramírez		emergencias		
Emergencias					
Departamento de	Reinaldo	X	Desarrolla las ingenierías	M	B
Ingeniería	Acevedo				
Economía y	Henry	X	Apoyo en la revisión de la evaluación	A	B
Gestión	Castañó		financiera del proyecto		
DABS	Luis Carlos	X	Procesos de Contratación y Compras	M	B
	Núñez				
Dirección Jurídica	Adriana	X	Todos los asuntos jurídicos	M	A
	Pacheco				
Profesional DPY	Gustavo	X	Aprobación Fases de Maduración, Gate keeper	M	B
	Adolfo				
	Salazar				
Ministerio de			Licencias Ambientales captación de agua		
Medio Ambiente	CAS	X	Ciénaga	M	A
			Vertimientos y emisiones.		

Tabla 7. *Continuación*

Involucrados (Stakeholders)	D	I	Rol	Influencia	Poder
Dirección de HSE y Gestión Social	Luis Alberto Leal Castellan	X	Encargado de la Gestión MDL-Bonos ambientales	M	A
Contratista EPC	Representante Legal	X	Ejecutante del EPC	B	M
Contratista PMC	Manuel Castro García	X	Dirección del Proyecto	M	M
Proveedores	Representante Legal	X	Suministro de turbogeneradores y demás equipos mayores	B	M

Fuente: El autor

3. Desarrollo metodológico

Luego de haber recorrido todo el contexto tanto en su marco general a través de la teoría de la evaluación expost, como en su marco específico delimitando el proyecto objeto de estudio (PMSI), se concuerda con certeza que la evaluación expost analiza sistemáticamente lo ejecutado y logrado por el proyecto con base en su modelo lógico y lo evalúa a partir de los cinco criterios para definir su éxito, para finalmente recopilar lecciones aprendidas que permitan a futuros proyectos lograr mejores resultados. (Arias Chipana, 2016)

Apartir de la definición anterior de Arias Chipana, se sustentó el presente estudio. Inicialmente se revisó desde las diferentes escuelas de proyectos y organismos internacionales

como el Banco Mundial, el BID, OCDE, entre otros, cual podría ser utilizada como base para la evaluación del proyecto PMSI; A continuación se muestra en la Figura 30 las variables que son evaluadas por los diferentes organismos internacionales y nacionales en una evaluación expost.

ORGANISMOS MULTILATERALES QUE DESARROLLAN EVALUACIONES EXPOST					
VARIABLES	BID	BM	OCDE	DNP	JICA
Evaluación Financiera	✓	✓	✓	✓	✓
Evaluación Económica	✓	✓	✓	✓	✓
Factores Institucionales	✓				
Factores Técnicos	✓				
Aspectos Sociales	✓				
Informe de evaluación de operaciones	✓				
Informe de terminación del proyecto	✓	✓			
Informe de evaluación expost	✓	✓			
Criterio Pertinencia			✓	✓	✓
Criterio Eficiencia			✓	✓	✓
Criterio Eficacia			✓	✓	✓
Impacto			✓	✓	✓
Sostenibilidad			✓	✓	✓
Evaluación a la terminación			✓	✓	✓
Evaluación seguimiento Expost					✓
Evaluación de resultados			✓	✓	✓
Evaluación de Impacto	✓		✓	✓	✓
Lecciones Aprendidas	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 30. Evaluaciones ejecutadas por organismos de control de proyectos. Modificado por el autor

Luego de analizar las metodologías se determinó que la OCDE con la definición de sus cinco criterios los cuales están estrechamente ligados con el modelo lógico del proyecto, es la que mejor se adapta a las características del PMSI. Si bien como se observa en la tabla anterior tanto el DNP en Colombia como el JICA en Japón utilizan los mismos criterios de la OCDE, se debe resaltar que estas metodologías nacieron a partir de la OCDE por lo cual la metodología base escogida es la definida por este organismo.

Otra de las ventajas de utilizar la metodología OCDE es la estrecha relación que maneja entre el modelo lógico del proyecto y los 5 criterios. La Figura 31 explica de manera gráfica esta relación.

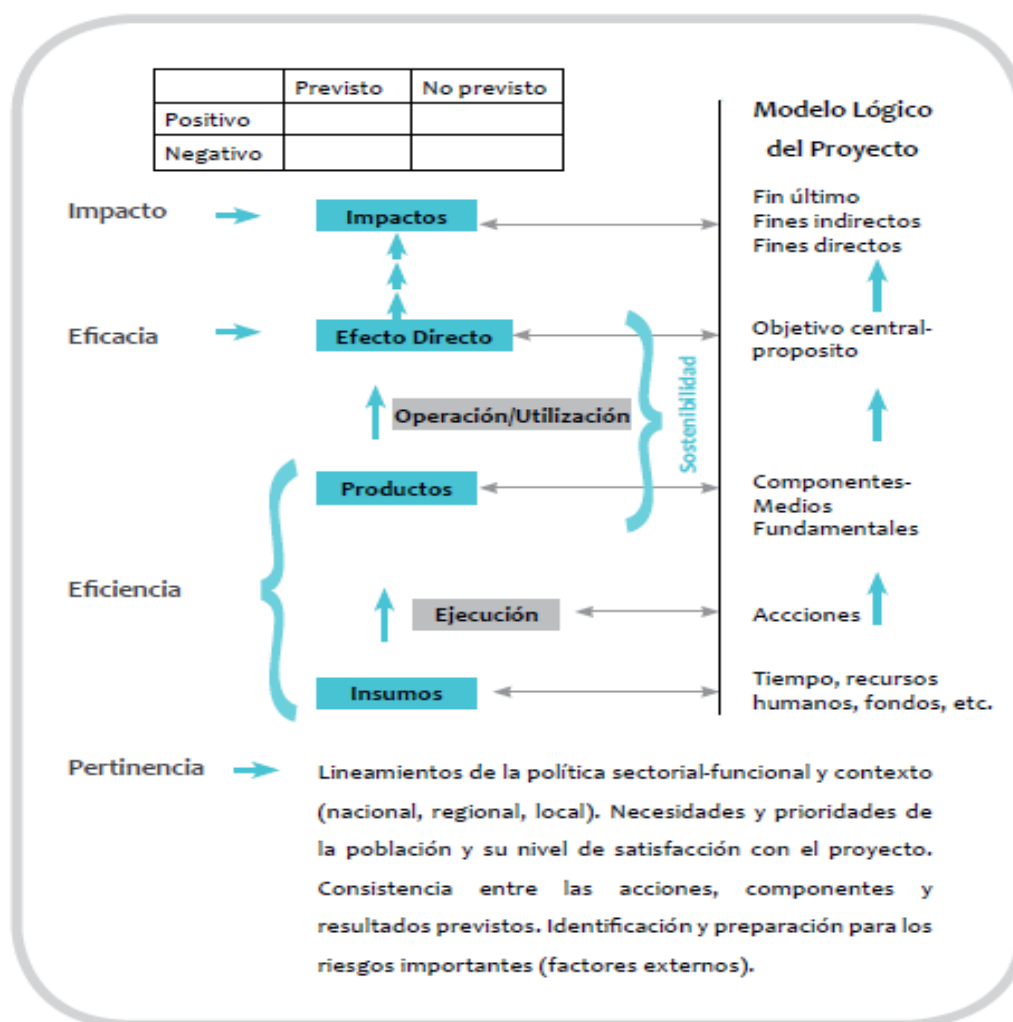


Figura 31. Relación entre el marco lógico del proyecto y los 5 criterios de evaluación. Adaptado de: “Pautas para la evaluación expost” JICA. (2012).

De esta manera es importante confirmar que para el desarrollo de la presente evaluación y seguir la metodología señalada, fue necesario abordar el escenario desde el inicio, es decir que el esfuerzo se orientó a reconstruir la línea base del proyecto debido a que la misma no fue definida inicialmente. A pesar que el proyecto ejecutó el modelo de maduración de Ecopetrol, no siguió la metodología de ninguna escuela en particular por lo cual, fue necesario recabar la información desde sus nacimientos y a medida que se avanzó en el análisis de la información, crear el modelo lógico del proyecto, tomando como base la información que reposa en los archivos del proyecto y como se verá más adelante tomando en cuenta las opiniones y criterios de algunos involucrados que participaron en el proyecto y que fue posible contactar.

3.1 Alcance de la evaluación EXPOST del PMSI

La presente evaluación expost abordó y tuvo en cuenta dos tipos de alcance:

1) Alcance descriptivo: Describe los pasos y eventos que se llevaron a cabo en las etapas de maduración, ejecución y cierre del proyecto. Con este alcance se pretende ilustrar al lector para entender de donde nació la necesidad, como se desarrolló la planeación, como maduraron las diferentes fases del proyecto y en términos generales como se ejecutó; para así entender mejor los resultados obtenidos.

2) Alcance Explicativo: Con el segundo alcance se analizan los resultados obtenidos por el proyecto y se intenta explicar de manera clara por qué algunos resultados fueron muy acertados mientras que otros no se lograron como se esperaba. En este alcance también se aborda el

análisis de indicadores para evaluar los resultados cuantitativos del proyecto. De igual forma se muestran los eventos de cambio que el proyecto realizó y que tuvieron influencia e impacto en el desarrollo del PMSI, puesto que el proyecto afrontó diferentes cambios durante su ejecución con respecto a lo inicialmente planeado.

Como se explicó en el numeral 1.8 existen 4 momentos para la evaluación expost (evaluación de culminación, seguimiento expost, evaluación de resultados y evaluación de impacto), sin embargo, luego de tres años de operación no es posible ejecutar la evaluación de los dos primeros momentos por lo cual la presente evaluación expost enfocó su alcance en el momento 3, es decir la evaluación de resultados. Lo anterior permitió acotar el alcance y aprovechar la información recolectada. La evaluación de resultados se ejecutó siguiendo la metodología de la escuela de la OCDE. La evaluación del momento 4 al igual que los momentos 1 y 2 no es posible realizarla dado que no se cuenta con los datos necesarios (grupo de control inicial) para efectuar la comparación; adicionalmente para efectuar el paso 4 es necesario que el proyecto recorra más tiempo en su operación con el fin de encontrar las relaciones de causalidad indirecta entre lo ejecutado por el proyecto, los beneficios que percibirán los involucrados y el aporte al “fin” proyectado.

Para concluir se menciona que existen otros 2 tipos de alcance que se pueden incluir en esta clase de análisis expost como son, el exploratorio y el correlacional sin embargo por la naturaleza de este trabajo, el cual es de profundización y no de investigación, no fueron abordados en el presente documento.

Mayores detalles de la construcción física o de otros análisis de la ejecución, no se encuentran incluidos en el presente estudio, la mayor parte de las fuentes utilizadas para este estudio son primarias.

3.2 Pasos para la evaluación Expost del PMSI.

Como punto clave en el desarrollo de la metodología se deben ejecutar los pasos de ejecución de la evaluación, arrancando desde la búsqueda inicial de información, pasando por la reconstrucción de los eventos y escenarios en los que se desarrolló el proyecto, hasta llegar a los resultados. A continuación, se muestran los pasos llevados a cabo en el presente trabajo para la ejecución concreta de la evaluación expost. Estos pasos se ejecutaron basados en las pautas para la evaluación expost definidas por la JICA, que a su vez está sustentada en la metodología OCDE.

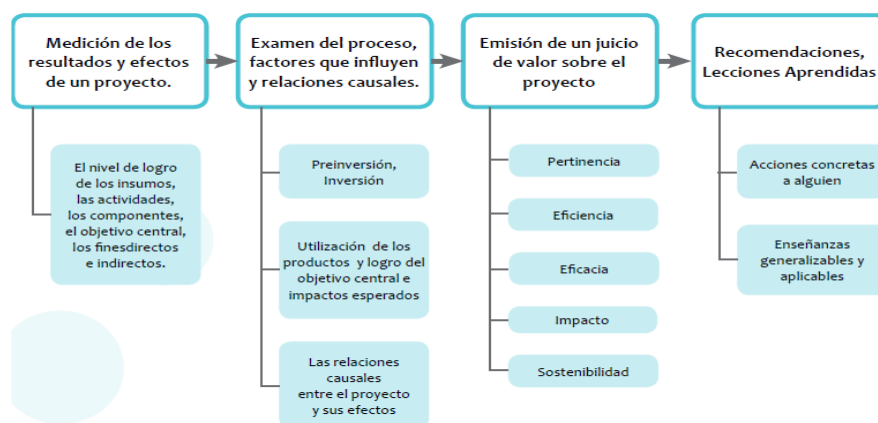
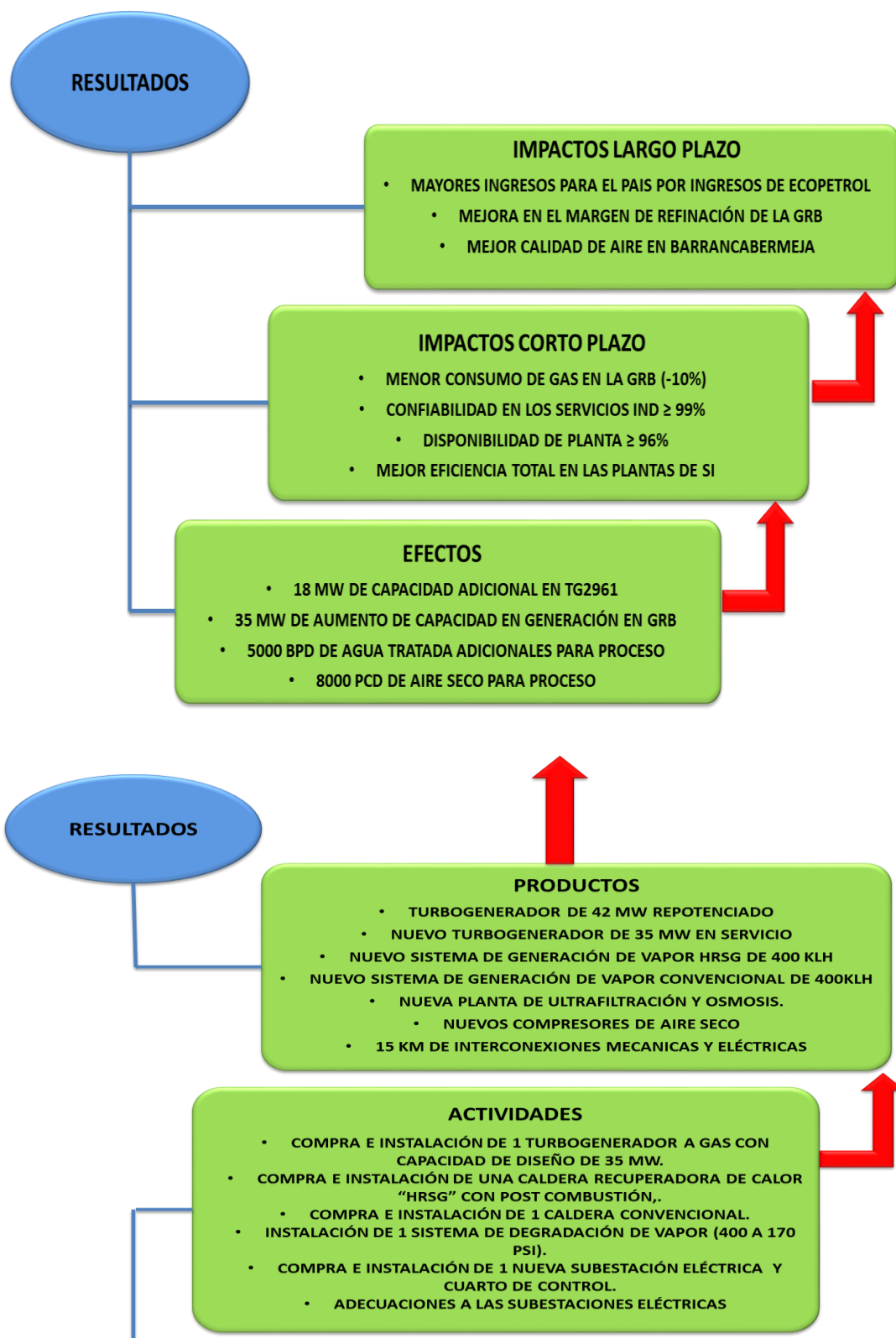


Figura 32. Pasos para la ejecución de la evaluación expost definidos por la OCDE. Adaptado de: Pautas para la evaluación expost - JICA 2012

Como se mencionó, luego de la contextualización se deben realizar los pasos basándose en la información del proyecto, sin embargo, para este caso del PMSI fue necesario reconstruir tanto su cadena de resultados como su modelo lógico, para de esta forma lograr avanzar en los mediciones y análisis de resultados, que son los pasos iniciales de la evaluación.

3.3 Definición de la cadena de resultados del proyecto PMSI

En el contexto de una evaluación expost, el concepto de la cadena de resultados es fundamental para entender como el proyecto se esfuerza por cumplir los objetivos. La cadena de resultados muestra la relación causal entre costos o insumos, actividades, productos, efectos directos e impactos a largo plazo (Medianero Burgas, 2012). Continuando con el enfoque metodológico adoptado (metodología OCDE), se sustenta el presente estudio en el concepto de la cadena de resultados del PMSI, la cual se estructuró como se observa en la siguiente Figura 33. Este concepto acoge como base la gestión por resultados del proyecto, lo cual se deriva en el modelo lógico del proyecto que se verá más posteriormente.



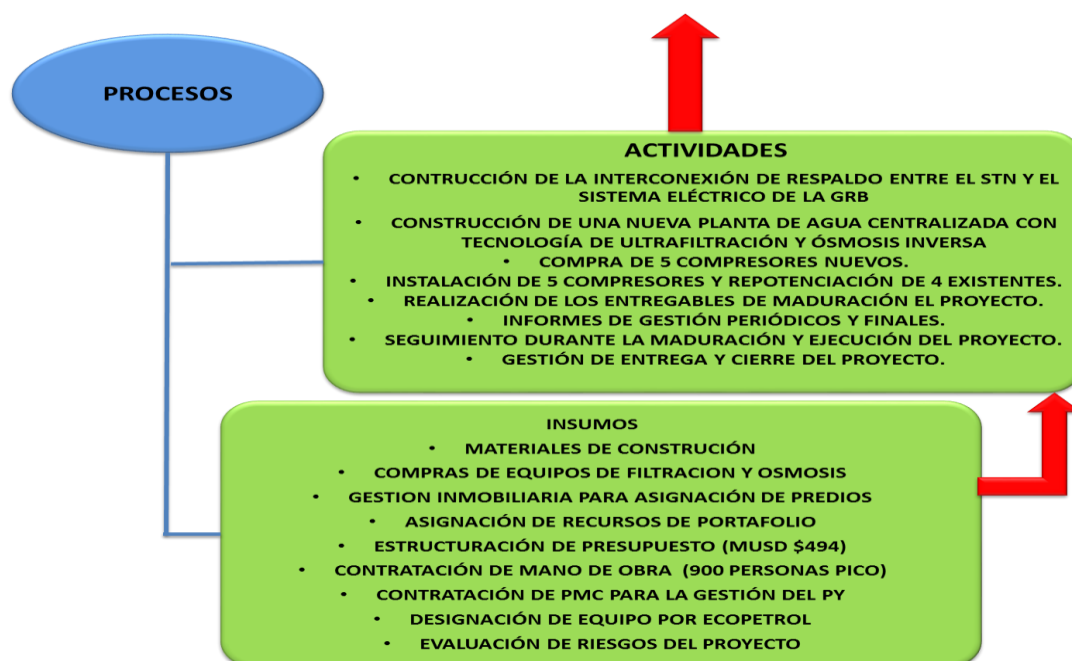


Figura 33. Cadena de resultados del PMSI. Modificado por el autor

3.4 Desarrollo del modelo lógico del proyecto PMSI

El modelo lógico del proyecto es parte fundamental del análisis y sirve de base para lograr el desarrollo adecuado de la evaluación expost. Teniendo en cuenta que este modelo no fue utilizado durante la planeación del proyecto, se estructuró el mismo cumpliendo las definiciones básicas de Fin – Propósito – Producto - Actividad, reforzando el concepto de la cadena de resultados.

A continuación, se detalla la columna base del modelo, en el Apéndice A se puede visualizar la matriz completa.

3.4.1 Fin. El fin del proyecto se definió siguiendo el propósito superior que se enunció en la cadena de resultados y para el cual el proyecto aportará y/o contribuirá a su logro, así las cosas, el “FIN” del proyecto basado en lo que el PMSI y la GRB deseaban apalancar se definió como: *“Contribuir a mejorar los márgenes de refinación de la GRB, disminuir las pérdidas económicas por paradas de planta no programadas y minimizar impactos ambientales derivados de la generación de los servicios industriales.”*

3.4.2 Propósito. De acuerdo con el fin determinado y tomando en cuenta tanto los objetivos especificados en el numeral 2.6, así como los productos que el proyecto debía entregar una vez terminara su ejecución, se especifica el propósito del proyecto como sigue: *“Sistema de servicios industriales confiables, disponibles y eficientes, acordes con las necesidades de las plantas de proceso de la GRB”.*

Para verificar el cumplimiento de la línea base del MML se establecieron como indicadores de propósito los siguientes:

- 1) Incremento de la confiabilidad de los SI desde 91 % evaluado en 2008, a 95% luego de la entrada en operación del PMSI.
- 2) Incremento del factor de disponibilidad de plantas de SI de 90% en 2008 a 96% luego de entrada en operación.
- 3) Disminución del impacto ambiental y costos por combustible al reducir en 15 % el consumo de gas en las plantas de generación de SI.

3.4.3 Productos. Para reconstruir el proyecto a nivel de sus componentes y/o productos se partió de la WBS definida desde las etapas tempranas del proyecto, esta herramienta básica en la planeación se puede observar en la siguiente Figura 34.

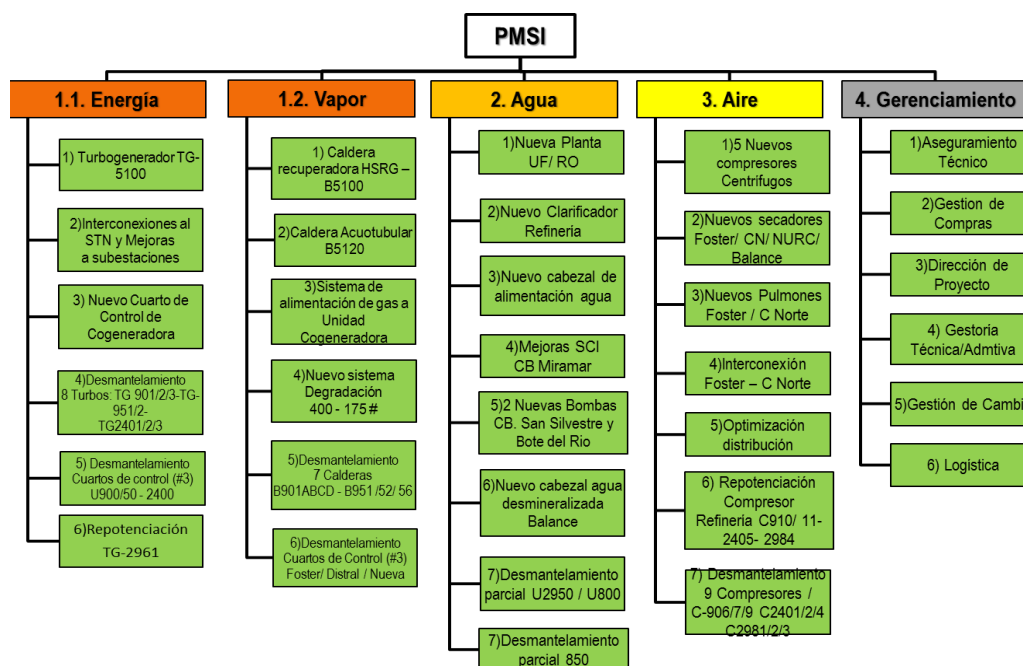


Figura 34. WBS establecida durante la planeación del proyecto. Adaptado de: Archivos PMSI 2010

Con base en la WBS se definieron los 5 productos que forman parte del modelo lógico del proyecto:

- 1) Sistema de generación de energía de la GRB confiable eficiente y disponible.
- 2) Sistema de generación de vapor de la GRB confiable eficiente y disponible.
- 3) Nuevo sistema de tratamiento de agua con capacidad y disponibilidad para las condiciones requeridas.

4) Compresores existentes repotenciados y 5 nuevos compresores de aire funcionado de manera, confiable y disponible.

5) Proyecto desarrollado con la rigurosidad y los estándares de calidad requeridos en la gestión de proyectos.

Ahora bien, para evidenciar el cumplimiento de cada producto se estableció la siguiente tabla de indicadores:

Tabla 8.

Indicadores de verificación de producto planteado en el modelo lógico del PMSI.

Producto	Indicadores de verificación
Sistema de generación de energía TG2961 repotenciado.	30% de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica, para llevar el turbogas TG2961 de 24 a 31 MW.
Sistema de generación de energía de la GRB disponible en mayor capacidad. confiable y eficiente	30 % de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica. Para aumentar en 35MW la generación en la refinería. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).
Sistema de generación de vapor de la GRB disponible en mayor capacidad, confiable eficiente.	20 % de aumento en la capacidad de generación de Vapor. Para aumentar en 750 Klb/h la generación de vapor. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).

Tabla 8. *Continuación*

Producto	Indicadores de verificación
Nuevo sistema de tratamiento de agua con capacidad mejorada y disponibilidad para las condiciones requeridas.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 10 % de incremento de producción de agua. (3500 Gpm)
Compresores existentes repotenciados y 5 nuevos compresores de aire en servicio, confiable y disponible.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15% de incremento en capacidad de producción de aire. (2000 PCM)
Proyecto desarrollado con la rigurosidad y los estándares de calidad requeridos en la gestión de proyectos de Ecopetrol.	Desviación en tiempo y costo entre 0,9 – 1,1 como índice final de desempeño.

Fuente: Tomado de la información disponible en los archivos del proyecto.

3.4.4 Actividades

Tabla 9.

Actividades e indicadores de verificación para cada actividad relevante planteada en el modelo lógico del PMSI.

Producto	Actividades	Indicadores de verificación
Sistema de generación de energía TG2961 repotenciado.	1) Compra e instalación de 1 turbogenerador a gas con capacidad de diseño de 35 MW.	Turbogeneradores instalados y en servicio
	2) Compra e Instalación de una caldera recuperadora de calor “HRSG” con post combustión, con capacidad de diseño 400 klbh.	Caldera recuperadora HRSG instalada y en servicio.
		Caldera convencional instalada y en servicio.

Tabla 9. Continuación

Producto	Actividades	Indicadores de verificación
Sistema de generación de energía de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable eficiente.	3) Compra e instalación de 1 caldera convencional, con capacidad de diseño de 400 klbh.	Sistema de degradación de vapor (400 a 170 psi), con capacidad de 600 klbh. Instalado y en servicio.
	4) Instalación de 1 Sistema de degradación de vapor (400 a 170 psi), con capacidad de 600 klbh.	Nueva Subestación Eléctrica y cuarto de control construidos y en servicio.
	5) Compra e instalación de 1 nueva Subestación Eléctrica y cuarto de control.	Adecuaciones a las subestaciones eléctricas
	6) Adecuaciones a las subestaciones eléctricas (ET004/005/008/009/2400) de la GRB.	(ET004/005/008/009/2400) de la GRB realizadas y óptimas para operar.
Sistema de generación de vapor de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable eficiente.	7) Interconexión de respaldo entre el STN y el sistema eléctrico de la GRB	Interconexión de respaldo entre el STN y el sistema eléctrico de la GRB en servicio.
Nuevo sistema de tratamiento de agua con capacidad mejorada y disponibilidad para las condiciones requeridas.	1) Ingeniería Conceptual, Básica y detallada.	Ingenierías terminadas
	2) Compra de equipos de filtración y osmosis.	Equipos de filtración y osmosis entregados en GRB
	3) Construcción de una nueva Planta de Agua centralizada con tecnología de Ultrafiltración U-5400 y Ósmosis inversa U-5500 con capacidad de producción de 4000 GPM.	Planta de agua centralizada con tecnología de Ultrafiltración y Ósmosis inversa instalada y en servicio.

Tabla 9. *Continuación*

Producto	Actividades	Indicadores de verificación
Compresores existentes repotenciados y 5 nuevos compresores de aire en servicio, confiable y disponible.	1) Ingeniería Conceptual, Básica y detallada.	Ingenierías terminadas
	2) Compra de 5 compresores nuevos.	5 compresores entregados en la GRB y en servicio.
	3) Instalación de 5 compresores y repotenciación de 4 existentes.	4 compresores repotenciados y en servicio.
Proyecto desarrollado con la rigurosidad y los estándares de calidad requeridos en la gestión de proyectos de Ecopetrol.		Entregables completos y a satisfacción.
	1) Realización de los entregables de maduración el proyecto.	Informes entregados a tiempo
	2) Generación de informes de gestión periódicos y finales.	Entregables de maduración terminados.
	3) Seguimiento durante la maduración y ejecución del proyecto.	Cierre técnico y administrativo del proyecto ejecutado.
	4) Gestión de entrega y cierre del proyecto.	

Nota: Tomado de la información disponible en los archivos del proyecto.

4. Paso 1. Medición y compilación de los resultados

En este paso se recolectaron y se midieron los resultados obtenidos en los diferentes aspectos del proyecto tales como cumplimiento del alcance, tiempo, costo, aspectos financieros, Aspectos de seguridad HSE, entre otros. Se compiló la información de manera cualitativa y cuantitativa.

4.1 Horizonte Temporal de la evaluación expost del PMSI

Con el propósito de acotar el tiempo de la evaluación y definir un orden cronológico que permitiera interpretar los resultados, se tomó como horizonte temporal el tiempo que registró el proyecto desde sus comités iniciales hasta su entrada en servicio. Para esto se tomó como base la figura que se muestra abajo, la cual fue la línea base con la que se ejecutó finalmente el proyecto, en ella se identifican los principales Hitos del proyecto, esta línea temporal inicia con la decisión de aprobación de la fase 2 del proyecto el 17 de abril de 2007.

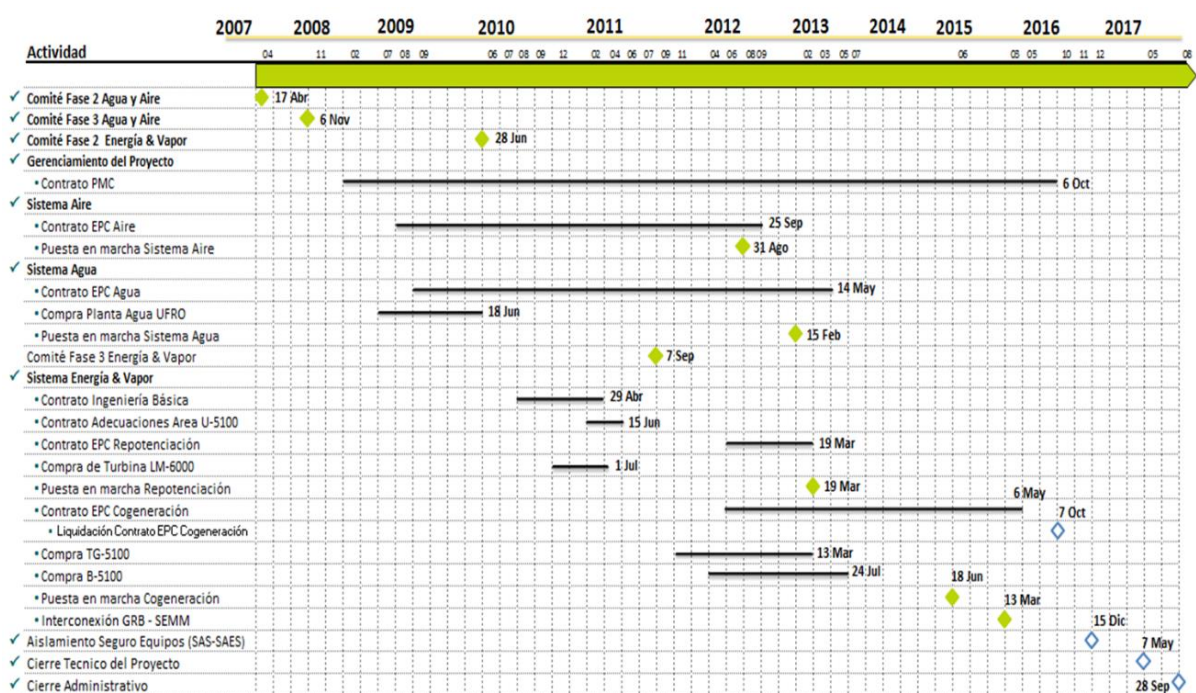


Figura 35. Despliegue temporal del PMSI –línea de ejecución final del proyecto. Adaptado de: Archivos PMSI 2017

Partiendo de la gráfica anterior y al comparar la línea base inicial contra la línea base final se puede encontrar la primera medición importante con respecto al desempeño del proyecto en tiempo, puesto que se identifica que el mismo tuvo fuertes variaciones en tiempo. En la figura No 36 abajo se muestra la línea base original del proyecto.

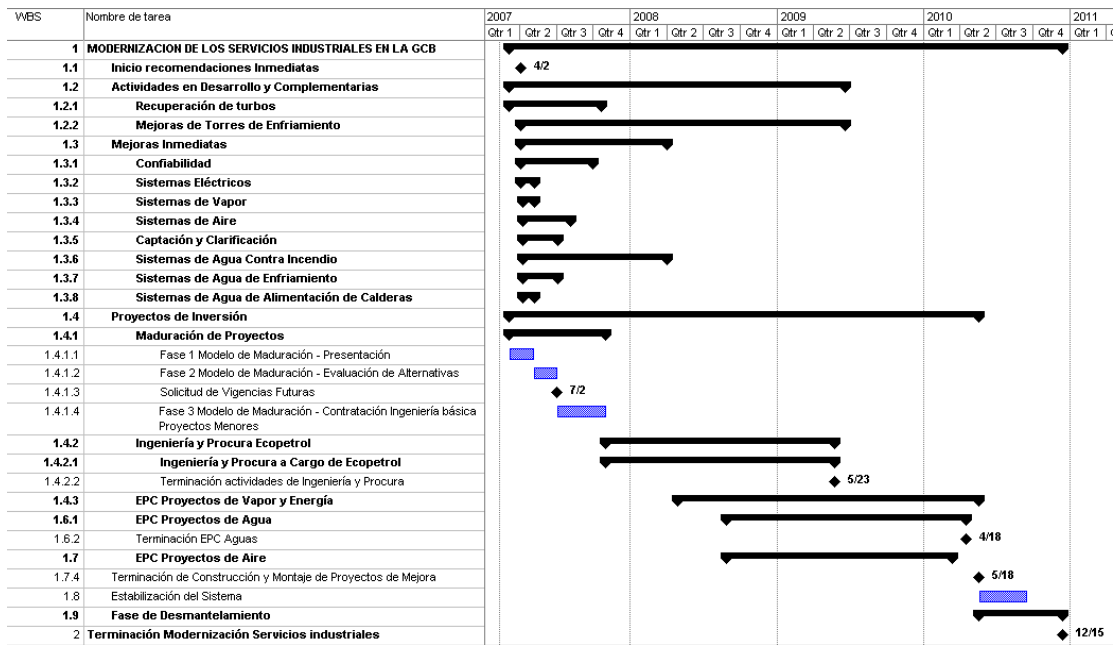


Figura 36. Líneas base inicial presentada a comité de aprobación Fase 2 2007. Adaptado de: Archivos de proyecto PMSI 2007.

El proyecto como fue planeado inicialmente debía terminar hacia el cuarto trimestre del año 2010, sin embargo debido a los cambios generados por definiciones con las áreas operativas y otras situaciones técnicas y financieras, finalizó en el cuarto trimestre del año 2016, este desplazamiento en su maduración y ejecución es una medida negativa de la eficiencia en tiempo sin embargo como se verá más adelante, los cambios que efectuó el proyecto influyeron para alcanzar finalmente mejores resultados y beneficios.

4.2 Alcance

Para el alcance es importante aclarar que debido al aumento en el horizonte temporal del proyecto (9 años), se presentaron varios cambios de alcance durante el ciclo de vida del proyecto, en la Figura 37 siguiente se observan los 12 controles de cambio realizados en el proyecto los cuales fueron motivados por cambios o modificaciones de alcance.

No Cambio	FECHA	CAUSA	DESCRIPCIÓN
1	30-jun-09	Modificación programa Energía	Se inició evaluación de nuevas fuentes de energía, lo que suspendió la aprobación del área de energía hasta tanto se definiera la tecnología a usar.
2	2-ago-09	Modificación Ubicación Planta de Agua	Por solicitud de operaciones se cambió la ubicación inicial definida para la planta de agua.
3	14-may-10	Cambio Línea Base de costo por cambio en la Arquitectura de Comunicación al CCP, Traslado area de compresores, cambio en los filtros de aire especificados Modificaciones civiles en planta de agua. Desviaciones en ordenes de compra de proveedores. .	Se presentaron cambios en los alcances de los modulos de Agua y Aire por definiciones de ingeniería y procesos de compra.
4	30-ago-10	Trabajos del Compresor C-910	El compresor C910 se incluyó en el alcance por solicitud de la operación.
5	31-ene-11	Desplazamiento de la fecha de Sanción de Fase 3 de Energía & Vapor	Los analisis en el área de energía retrasaron la aprobación de dicha área cerca de 2 años.
6	23-jun-11	Ajustar la fecha de los Hitos asociados a la Puesta en marcha del Primer Compresor del Sistema de Aire y del Clarificador y Planta de Agua.	Retrasos en la ejecución por diferentes causas como acciones sindicales, cambios de ingeniería, adiciones de alcance entre otros, que aumentaron el tiempo de ejecución.
7	1-dic-11	Ajustar la fecha de los Hitos asociados a la Puesta en marcha del Quinto Compresor de aire y de los Hitos del Sistema de Agua.	Retrasos en la ejecución por diferentes causas como acciones sindicales, cambios de ingeniería, adiciones de alcance entre otros, que aumentaron el tiempo de ejecución.
8	29-feb-12	Ajustar la fecha de los Hitos del sistema de Agua, Aire y EPC Repotenciado.	Retrasos en la ejecución por diferentes causas como acciones sindicales, cambios de ingeniería, adiciones de alcance entre otros, que aumentaron el tiempo de ejecución.
9	25-sep-12	Compra de Nuevo Rotor para el TG-2961.	Se aumentó el alcance de la repotenciación cuando se evidenció que el cambio del rotor mejoraba sustancialmente la capacidad del TG.
10	3-jul-13	Incremento en el Valor del Capex del proyecto en 78 MUSD.	Los costos se impactaron por los diferentes cambios de alcance y tiempo, debido a reajustes salariales, reubicación de equipos, restricciones operacionales, cambios de alcance, esto incrementó en el valor del Capex.
11	19-dic-14	Incremento en el valor estimado del Capex en 19.2 MUSD.	Ajuste en los Hitos de puesta en servicio de la Cogeneradora y desmantelamientos en Energía y Vapor.
12	12-dic-15	Disminución de Alcance de Proyecto PMSI.	Se retiró del alcance los desmantelamientos de algunos equipos del proyecto por desición de la operación.

Figura 37. Controles de cambios realizados en el PMSI durante su ciclo de vida. Adaptado de: archivos PMSI – GRB

En el capítulo 4 se analizará el impacto en el criterio de eficacia debido a los cambios mencionados, sin embargo, en la tabla siguiente se observa en detalle la diferencia en el alcance planeado en fase 1 con el alcance final ejecutado.

Tabla 10.

Comparación entre alcance definido en fase 1 y ejecutado real en fase 4

Alcance inicial planeado fase 1	Alcance final ejecutado fase 4
• Dos (2) unidades de cogeneración de 34 MW cada una, con calderas de recuperación de 400 KLBH de vapor de 175Psi. • (1) Generador de Contrapresión de 7 MW • Mejoras eléctricas GCB • Modificaciones TG-2951/2/3 • Nueva planta de agua centralizada para toda la GCB, instalada en el área de Refinería. Nuevo Clarificador, nuevas plantas de micro filtración y Osmosis reversa y mejoras a los sistemas existentes (Varios clarificación y Cierre Miramar/agua sellos) • Mejoras torres de enfriamiento • Mejoras en la succión flotante tanques Contra incendio • Nueva protección catódica botes • 4 nuevos compresores de aire, centrífugos en reemplazo de siete (7) compresores recíprocos. En tres (3) áreas de compresión	• Un (1) turbogenerador a gas TG-5100 con capacidad de diseño de 35 MW • Una (1) caldera recuperadora de calor “HRSG” con post combustión, B-5100, con capacidad de diseño 400 klbh de vapor de 190 psi, 525 °F • Tanque de agua desmineralizada y Sistema auxiliar requerido. • Una (1) caldera convencional, B-5120, con capacidad de diseño de 400 klbh de vapor a 190 psig y 525 ° F • Sistema de degradación de vapor (400 a 170 psi), con capacidad de 600 klbh • Recuperación de condensados del área Sur y centralización en Central del Norte (B2401/2/3/4/5) y Distral (B-954/5). • Mejoras en redes de vapor de 400, 150, 50 y 25 • Alimentación de agua de calderas desde Central del Norte y Distral a generadores de vapor

Tabla 10. Continuación

Alcance inicial planeado fase 1	Alcance final ejecutado fase 4
Sistema de secado para todo el aire requerido. En tres (3) áreas de compresión	- Instalación de analizadores de aceite y conductividad en condensados de áreas Sur - Interconexiones de la nueva unidad de cogeneración con las redes de servicios industriales existentes. - Sistema contra-incendio en área de la nueva unidad de cogeneración. - Nueva Subestación Eléctrica ET-220 y cuarto de control - Interconexión entre la nueva Subestación ET-220 y diferentes Subestaciones de la GRB. - Adecuaciones a las subestaciones eléctricas (ET004/005/008/009/2400) de la GRB. - Interconexión de respaldo entre el STN y el sistema eléctrico de la GRB - Mejoras en el cabezal de vapor de 150 psi. - Nueva Planta de Agua centralizada para toda la GRB, con tecnología de Ultrafiltración U-5400 y Ósmosis inversa U-5500 con capacidad de producción de 4000 GPM - Cinco (5) nuevos compresores de aire centrífugos, con sistemas de secado. (C-2406, C-2407, C2408, C-2485, C-2985: AD-911 A/B, AD-2406 A/B, AD-2407 A/B/C/D, AD-2985 A/B/C/D, AD-4421 C/D)

Tabla 10. Continuación

Alcance inicial planeado fase 1	Alcance final ejecutado fase 4
	• Cuatro (4) nuevos tambores D-920, D-2406, D-2426, D-2985 • Repotenciación de cuatro (4) Compresores C-910, C-911, C-2405, C-2984. • Se desmantelaron algunos equipos obsoletos.

Nota: Datos tomados de los archivos del proyecto 2008 - 2016

Como una conclusión importante que se deriva de la comparación de alcance es que se corrobora como el nivel de definición del alcance va mejorando desde la fase inicial hasta su fase de ejecución producto del proceso de maduración.

4.3 Tiempo

En la sección de horizonte temporal se mencionó que el proyecto había sido afectado en el tiempo de ejecución debido a diferentes causales que fueron mencionadas en la sección anterior de alcance, en la tabla siguiente se observa la comparación de fechas planeadas versus las reales en algunos de los hitos más relevantes del proyecto para el área de Energía y Vapor, allí se pueden observar los impactos en tiempo mencionados lo que también explica el desplazamiento del tiempo en el proyecto de alrededor de 6 años entre lo planificado en fases iniciales y lo real ejecutado.

DESCRIPCIÓN	Fechas Iniciales			Fechas Finales		
	programada	Real	Desviación meses	Programada	Real	Desviación meses
INGENIERÍA	25-jun-12	25-jul-12	1	25-abr-13	9-ene-15	22
COMPRAS DE EQUIPOS	7-sep-12	3-sep-12	0	14-abr-14	8-oct-15	18
CONSTRUCCIÓN	10-ene-13	15-feb-13	1	15-ene-15	6-may-16	15
ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA	9-mar-13	26-mar-13	0,5	26-mar-15	16-jul-16	16
LIQUIDACIÓN DE CONTRATOS	5-jun-15	6-may-16	11	5-oct-15	9-sep-16	11
TOTAL PROYECTO	25-jun-12	25-jun-12	0	5-oct-15	9-sep-16	11

Figura 38. Desviación de los Hitos principales en el área de energía y vapor del proyecto.

Adaptado de: Datos archivos de proyecto – Tabulación por el autor.

De igual forma a continuación se observa en la Figura 39 el comportamiento que tuvo el proyecto en la variable del tiempo.

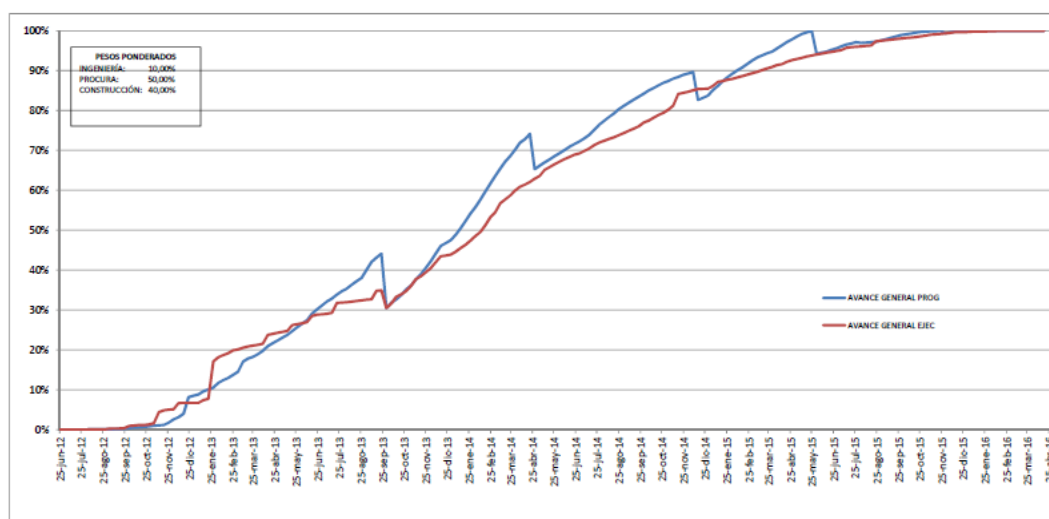


Figura 39. Comportamiento variable tiempo proyecto PMSI – área energía. Adaptado de: Informe final de ejecución proyecto PMSI

Los saltos en la gráfica indican las diferentes reprogramaciones que tuvo el proyecto durante la ejecución, esto se debió al impacto en tiempo de todos los eventos de cambio de alcance o eventos operativos que sucedieron durante la ejecución.

La figura siguiente muestra el desarrollo de la variable tiempo para el área de agua. Aquí se pueden apreciar los fuertes impactos en el avance debido a los cambios durante la ejecución, en algunos casos se redujo hasta 20 puntos porcentuales el avance, lo que extendió así mismo el tiempo de ejecución.

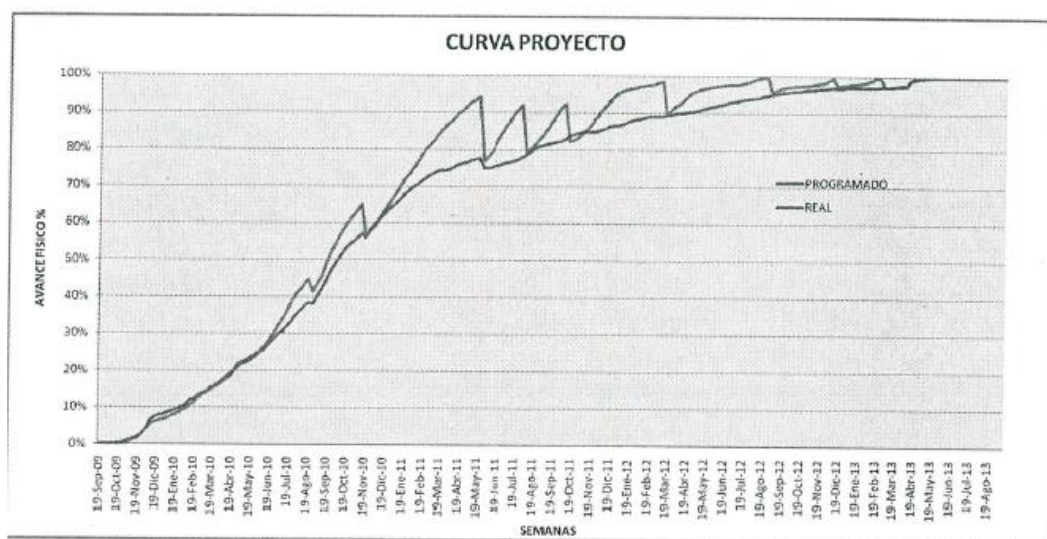


Figura 40. Comportamiento variable tiempo proyecto PMSI – área agua. Adaptado de: Informe final de ejecución proyecto PMSI

En la siguiente figura se aprecia la evolución de la variable tiempo para el área de aire, aquí se distingue la irregularidad entre la curva planeada y la ejecutada sin embargo se evidencia que la ejecución del área Aire fue menos impactada por cambios, lo que se manifestó en una ejecución con menos resaltos y más cercana a la planeación.

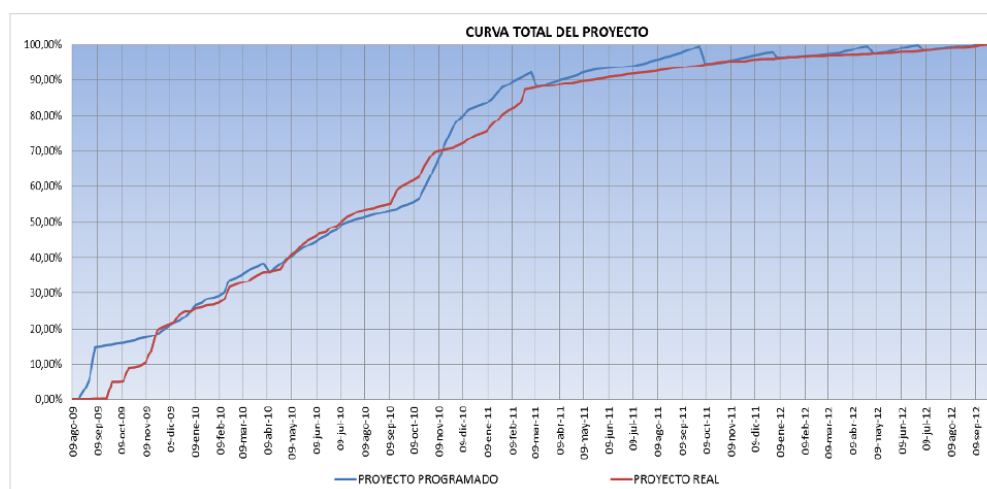


Figura 41. Comportamiento variable tiempo proyecto PMSI – área aire. Adaptado de: Informe final de ejecución proyecto PMSI

Las siguientes 2 figuras muestran el comportamiento en dos áreas claves del proyecto, como fueron ingeniería y construcción, aquí los impactos por eventos tanto de controles de cambio como operacionales son muy sobresalientes y muestran claramente el impacto en la ejecución.

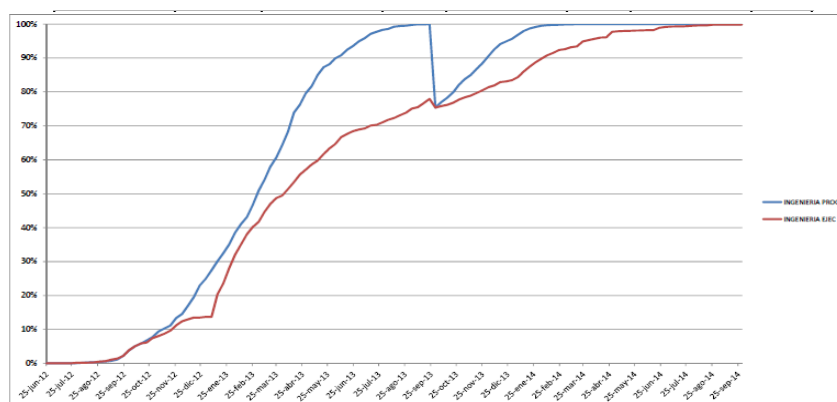


Figura 42. Comportamiento de la variable tiempo proyecto PMSI – Ingeniería área de Energía. Adaptado de: Informe final de ejecución proyecto PMSI

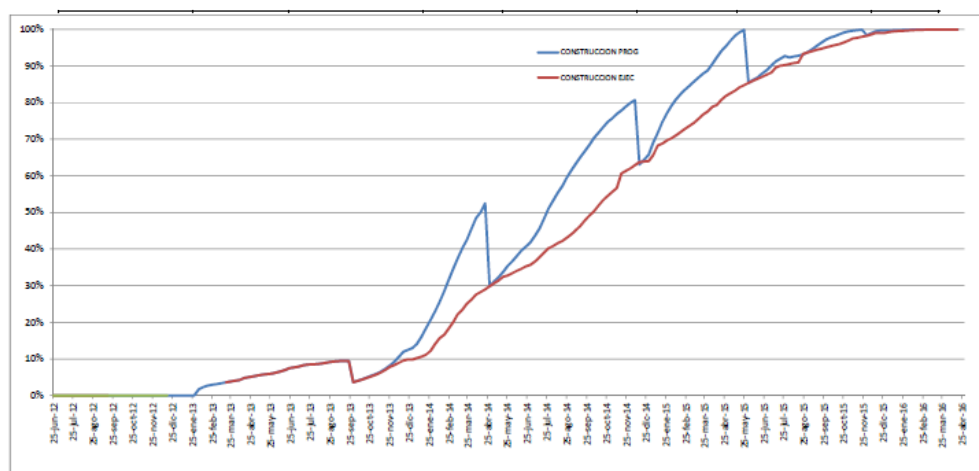


Figura 43. Comportamiento de la variable tiempo proyecto PMSI – Construcción área de Energía. Adaptado de: Informe final de ejecución proyecto PMSI

4.4 Costo

Al igual que el tiempo, el costo del proyecto también sufrió una fuerte variación entre lo planeado en su fase inicial, con lo que fue aprobado para ejecución y lo que terminó costando el proyecto finalmente. Se estima que la variación en costo fue de aproximadamente 46,6% con respecto al costo inicial medido durante la fase de conceptualización.

A continuación, se observa el cuadro comparativo de la variación de los costos entre las fases.

EVOLUCIÓN DE LOS COSTOS DEL PMSI (KUSD)				
CONCEPTO	Fase 1 (2007)	Fase 2 (2010)	Fase 3 (Sep-2011)	Fin Fase 4 (Jul-2016)
ING. CONCEPTUAL Y BÁSICA INICIAL	0	0	6.092	6.486
SISTEMA E&V	139.600	164.700	200.554	247.398
SISTEMA DE AGUA	30.700	58.714	74.721	110.391
SISTEMA DE AIRE	15.100	40.900	53.579	73.363
PMC	26.200	35.754	35.648	51.883
SUBTOTAL EJECUCIÓN	211.600	300.068	370.594	489.520
CONTINGENCIA	43.400	40.518	32.451	0
PRESUPUESTO TOTAL	255.000	340.586	403.045	489.520

Figura 44. Comparativa de costos entre las fases de maduración y ejecución. Adaptado de: Archivos finales de proyecto 2017

4.5 Beneficios

De igual forma como se revisaron los costos del proyecto y se compararon estos contra lo planeado, también se realizó la comparación entre los beneficios estimados en las fases tempranas y lo realmente obtenido. Es importante aclarar que cuando se aprobó la fase 3 se comprometió la promesa de valor por lo cual se tienen 3 escenarios para comparar, el primero lo estimado de beneficios en fase 2, segundo lo comprometido como promesa de valor en fase 3 y tercero lo finalmente logrado. En las tablas siguientes se aprecia la diferencia entre estos 3 escenarios sin embargo es importante resaltar como se evidencia, que los beneficios mejoraron entre lo planeado y lo finalmente obtenido, esto se debió principalmente a cambios en las variables sensibles de la evaluación financiera tales como los precios de gas y los precios de los equipos mayores. Así mismo hubo beneficios que con el tiempo se eliminaron debido a cambios en regulaciones que no permitieron ejecutar lo esperado, este es el caso de los MDL o bonos de

carbono los cuales finalmente no pudieron ser negociados por lo cual este beneficio no se aprovechó.

1) Beneficios estimados del proyecto en la fase 2

CLASE DE SERVICIO	FACTOR DE BENEFICIO (MUSD)								BENEFICIOS POR AÑO	BENEFICIOS POR MES
	GAS	LUCRO CESANTE Y CONFIABILIDAD	OPTIMIZACIÓN DE PERSONAL	OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	OPTIMIZACIÓN DE QUÍMICOS	CER'S MDL	AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	NO QUEMA GLP Y FUEL OIL		
ENERGÍA	18.14	8.07	2.54	12.21	0,13	9.35	6.80	18.85	76.09	6.34
AGUA	-	0.75	0,67	3.80	1,92	-	1.35	-	8.50	0.71
AIRE	-	3.47	0	2,32	0	-	-0.23	-	5.56	0.46
VALORES PROMEDIO AÑO	18,14	12,30	3,21	18.33	2,05	9.35	7,92	18,85	90.15	7,51

Figura 45. Datos de beneficios esperados estimados en la fase 2 del proyecto. Adaptado de: Tabla tomada de los archivos de proyecto 2011

2) Beneficios estimados del proyecto en la fase 3

CLASE DE SERVICIO	FACTOR DE BENEFICIO								BENEFICIOS POR AÑO	BENEFICIOS POR MES
	GAS	LUCRO CESANTE Y CONFIABILIDAD	OPTIMIZACIÓN DE PERSONAL	OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	OPTIMIZACIÓN DE QUÍMICOS	CER'S MDL	AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	NO QUEMA GLP Y FUEL O		
ENERGÍA	42,91	9,72	2,64	9,66	-0,26	7,98	5,60	0,00	78,26	6,52
AGUA		0,90	0,93	5,64	2,94		3,49		13,90	1,16
AIRE		4,19		3,37			-0,30		7,26	0,60
VALORES PROMEDIO AÑO	42,91	14,81	3,57	18,66	2,69	7,98	8,80	0,00	99,42	8,29

Figura 46. Datos de beneficios comprometidos en la fase 3 del proyecto. Adaptado de: Tabla tomada de los archivos de proyecto 2012

3) Beneficios estimados del proyecto luego de la entrada en operación

CLASE DE SERVICIO	FACTOR DE BENEFICIO								BENEFICIOS POR AÑO	BENEFICIOS POR MES
	GAS	LUCRO CESANTE Y CONFIABILIDAD	OPTIMIZACIÓN DE PERSONAL	OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	OPTIMIZACIÓN DE QUÍMICOS	CER'S MDL	AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	NO QUEMA GLP Y FUELO		
ENERGÍA	63,74	13,47	0,80	18,46	0,00	0,00	7,34	5,60	109,41	9,12
AGUA		1,09	0,23	4,06	3,32		1,96		10,65	0,89
AIRE		5,19		2,59			-0,28		7,50	0,63
VALORES PROMEDIO AÑO	63,74	19,75	1,03	25,11	3,32	0,00	9,02	5,60	127,56	10,63

Figura 47. Datos de beneficios reales alcanzados luego de la entrada en operación. Adaptado de: Tabla tomada de los archivos de proyecto 2017

Se observa que el beneficio en el tema de ahorros en gas fue el factor más determinante para obtener los valores evidenciados. Desde la maduración se había estimado que los cambios en el precio del gas, seria al final la variable más influyente para la obtención de beneficios, esto se comprobó al revisar los valores que el departamento de economía presentó con respecto al proyecto en el año 2017.

4.6 Evaluación Financiera

A continuación, se observan dos tablas de variables financieras que la expost analizó correspondientes tanto a la maduración del proyecto como al periodo de operación luego de entrar en servicio. Estas tablas permiten comparar las variables económicas del proyecto en ambos momentos.

DESCRIPCIÓN	PESIMISTA	PROBABLE	OPTIMISTA	P90
TIEMPO (MESES)	58,2	40,2	34,8	44,9
COSTO (M US\$)	506,3	369,7	332,1	419,0
BENEFICIOS (M US\$)	52,3	63,8	72,5	69,5
VPN (MUS\$)	(\$ 69,90)	\$ 100,90	\$ 175,70	\$ 84,75
TIR (%)	5,63%	11,94%	15,15%	10,86%

Figura 48. Datos de estimación financiera del proyecto en el estudio de conceptualización inicial. Adaptado de: Archivos de proyecto

Parametros Financieros	Fase 3 Sept 2011	Revisión 2013 con el CC 10	Revisión 2015 con el CC 11	Medición a la terminación 2017
INVERSIÓN (KUSD)	403.045	496.671	504.948	489.520
VPN (11,1%)	97.059	98.772	123.558	120.537
EFICIENCIA SOBRE LA INVERSIÓN	0,24	0,19	0,24	0,24
TIR	14,42%	13,40%	13,40%	12,89%

Figura 49. Datos de beneficios reales alcanzados al final del proyecto. Adaptado de: Archivos de proyecto - 2017

La promesa de valor del proyecto en el caso final, reporta un aumento del 19% del VPN con respecto al de fase 3, esta mejora con respecto a la estimada inicialmente se debió a la inclusión de nuevos beneficios como el suministro y/o venta de energía y la re estructuración del modelo financiero, en el cual se incluyen victorias tempranas de los beneficios de los sistemas de Aire

y Agua, actualización en la evaluación financiera de las variables macroeconómicas, cambio en impuestos y la proyección del precio del gas y así mismo a la actualización de los resultados de la proyección del ahorro de consumo de Gas.

Se puede así mismo afirmar que a pesar de los cambios incurridos durante la ejecución, se mejoró la rentabilidad del proyecto al observar la diferencia entre los indicadores de VPN en los diferentes momentos de evaluación.

Como datos importantes adicionales se presentan a continuación en las Figuras 50 y 51 el perfil anual de inversión y la inversión detallada por sistemas que ejecuto el PMSI, lo cual muestra cómo fueron ejecutados los recursos y servirá más adelante para evaluar los criterios de eficiencia y eficacia en el uso de los mismos.

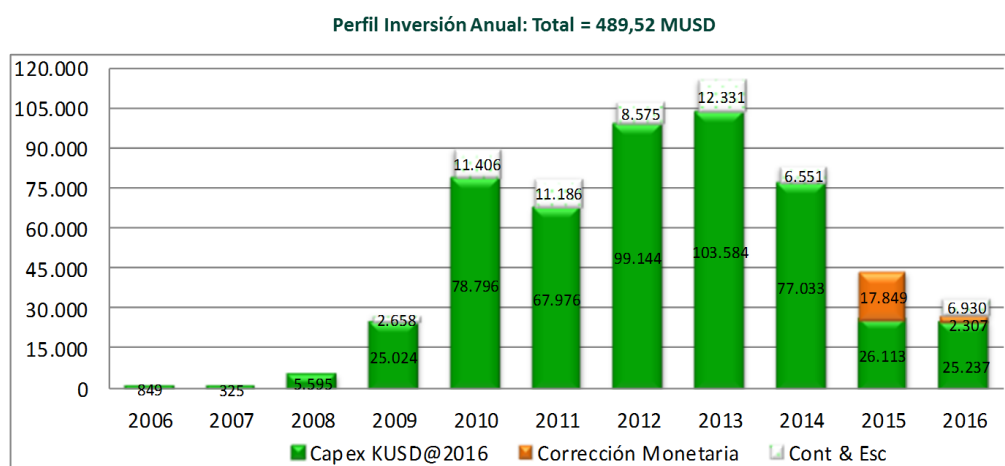


Figura 50. Perfil de inversión anual ejecutada por el PMSI. Adaptado de: Archivos de proyecto

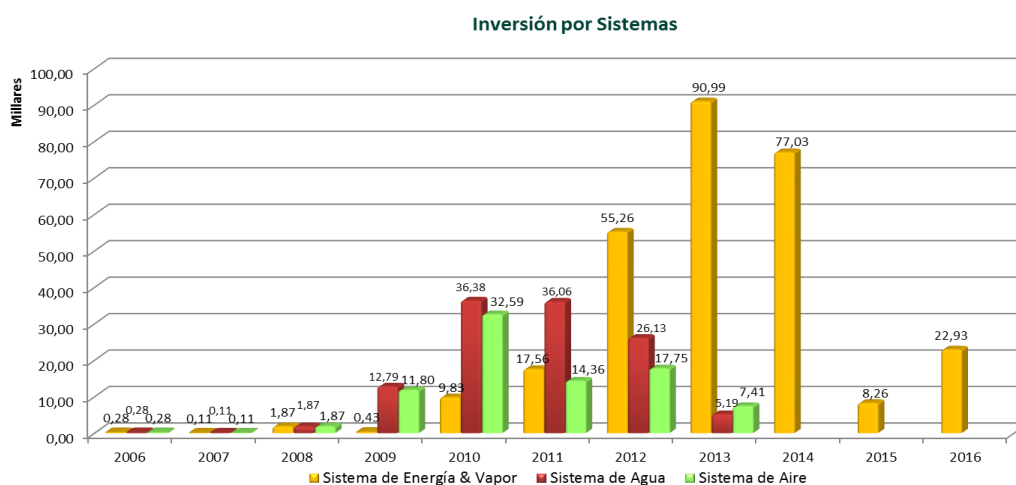


Figura 521. Distribución de la inversión anual ejecutada por el PMSI. Adaptado de: Archivos de proyecto - 2017

4.7 Gestión HSE (Health – Safety – Environment)

Uno de los puntos más relevantes para la ejecución de proyectos en Ecopetrol tiene que ver con el manejo de los planes HSE y el desempeño de indicadores de seguridad industrial durante todas las fases en especial durante la construcción, tiempo en el cual confluyen muchos actores (contratos, compras de equipos, trabajadores, movimiento de cargas, factores climáticos, entre otros), que representan factores de riesgo y a los cuales el proyecto debe hacer seguimiento y control. La figura siguiente expresa como se dieron los indicadores de HSE durante la ejecución del componente Energía y Vapor.



Figura 52. Reporte de gestión HSE durante la ejecución del componente Energía y Vapor del PMSI. Adaptado de: Archivos de proyecto 2017

En la anterior figura se puede apreciar que varios de los componentes fundamentales en los planes HSE, como son las actividades de prevención, (observaciones de comportamientos, visitas, auditorías, inspecciones de equipos entre otras), permitieron que el PMSI tuviera un excelente desempeño HSE a nivel compañía, teniendo en cuenta que fue en su momento uno de los proyectos mayores en el portafolio.

4.8 Fuerza Laboral

El impacto causado por el proyecto PMSI en la comunidad de Barrancabermeja se puede evidenciar cuando se revisa el histograma de recursos de la Figura 53. La utilización de personal tanto para labores de construcción como labores de gestión técnica, interventoría, gestión administrativa, y servicios en general fue un gran aporte que el proyecto le entregó al municipio.

Con más de 1200 personas trabajando en su pico más alto, se puede afirmar que la mano de obra de Barrancabermeja y en general de la región se vio beneficiada. De igual manera se debe resaltar que no todas las personas contratadas fueron exclusivamente de Barrancabermeja. La necesidad de vincular personal altamente calificado para ciertas labores, exigió traer personal foráneo cuya ocupación o cargo no se encontraba disponible en el municipio. En la Figura 54 se puede observar la proporción de personal local y foráneo durante la ejecución del proyecto.

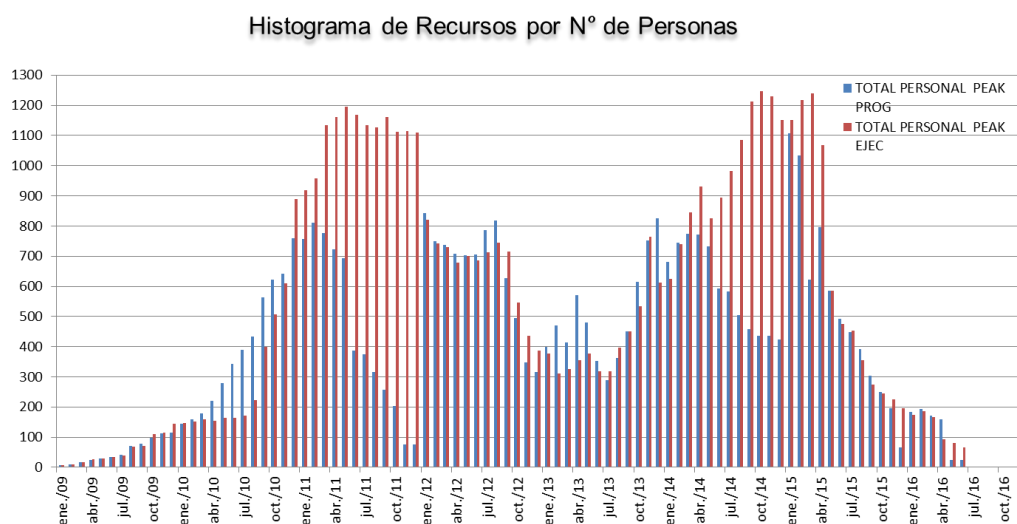


Figura 53. Histograma de recursos durante la ejecución del PMSI. Adaptado de: Archivos de proyecto - 2017

Los dos picos que se aprecian en la Figura 53 se deben a los cambios en la estrategia de ejecución del proyecto, la cual inicialmente estaba definida para ejecutar todo el proyecto en un solo espacio de tiempo sin embargo ante las indefiniciones en el área de energía y vapor se optó por adelantar las áreas de agua y aire y luego una vez estuvo claro el panorama de energía se procedió a ejecutar dicha área. Esto influyó en los tiempos en que el personal estuvo contratado

y aumento su costo asociado al extender la permanencia de los contratos. De igual forma esta distribución mitigó el riesgo que se había identificado de tener deficiencia de personal por la confluencia de varios proyectos, puesto que al ser ejecutado de esta forma se disminuyó el pico total de personal estimado a pesar que se extendió en el tiempo.

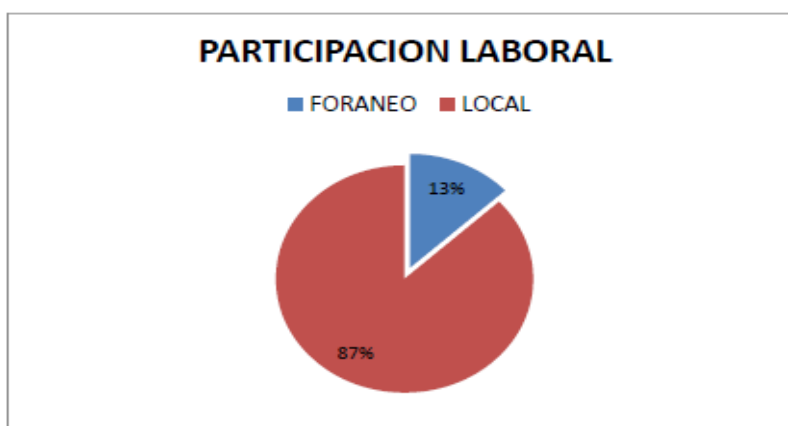


Figura 54. Distribución de participación del personal durante la ejecución del PMSI. Adaptado de: Archivos de proyecto - 2017

5. Paso 2 - Evaluación de los procesos del proyecto

5.1 Proceso de preparación del proyecto (Formulación y maduración)

Como se explicó en capítulos anteriores, el proyecto siguió el modelo de maduración de proyectos que en su momento sustentaba el desarrollo de proyectos en Ecopetrol, esto significó que el PMSI atravesó todas fases de maduración y todos los procesos de aprobación en la fase

de pre-inversión hasta llegar a la ejecución. En la tabla siguiente se identifican los aspectos más relevantes evidenciados en el proceso de maduración que afectaron tanto de forma positiva como negativa el desarrollo del proyecto.

Tabla 11.

Aspectos relevantes identificados durante las fases de maduración del PMSI

Evento	Impacto
Participación del área operativa en la definición de alcance del proyecto.	Durante la etapa de definición del proyecto se realizó el taller SOR (statement of requirements) con el cual se pretendía definir y cerrar claramente los requerimientos del cliente. Este entregable sufrió variadas modificaciones debido a los diferentes puntos de vista de los involucrados en el proyecto, lo que causo retrasos y cambios de alcance durante la maduración. Finalmente, esto impactó y dificultó la maduración y ejecución del proyecto.
Cambios en el alcance	Durante la etapa de maduración se presentaron varios cambios de alcance de gran impacto principalmente en el área de energía debido a su relación con otros proyectos en curso.
Maduración en etapas por interrelación con otros proyectos	Durante la maduración del PMSI se llevaba a cabo la maduración y ejecución de otros proyectos, lo que impactó la estrategia de ejecución del proyecto, la cual se dividió en 2 bloques, Agua y Aire por un lado y Energía y vapor por otro. El primero fue aprobado para ejecución en el 2009 y el segundo fue aplazado hasta 2011.
Cambios en las necesidades de la operación	Debido al tiempo largo que tomó la maduración del PMSI, Varios requerimientos de la operación cambiaron en ciertos aspectos técnicos que impactaron el alcance y estrategia de ejecución del proyecto.

Tabla 11. *Continuación*

Evento	Impacto
Cambios en la normativa energética y tributaria	Durante la maduración se presentaron cambios en la normativa ambiental de emisiones, cambiaron aspectos en la regulación y comercialización del gas natural, así mismo se presentaron cambios en las normas tributarias sobre beneficios de importación de equipo capital lo que impactó la planeación de las adquisiciones.
Cambios en el equipo del proyecto	Debido a la movilidad y ajustes en la nómina de Ecopetrol, durante la maduración del PMSI se presentaron varios cambios en el equipo del proyecto (director, jefe de Ingeniería, especialistas, personal de planeación), esto impactó la maduración y el desempeño en tiempo del proyecto.
Alta calificación FEL	El PMSI para su maduración siguió la metodología FEL la cual permite verificar en diferentes instancias del proyecto cual es el estado de definición de las diferentes áreas, esta metodología demostró que el PMSI tenía un muy buena de definición cuando se presentó a su aprobación para ejecución.
Planificación dinámica	Los continuos cambios en requerimientos y definiciones del área operativa, así como los cambios normativos hicieron que el proyecto fuera altamente dinámico en su planeación, lo cual indica una fortaleza en el equipo del proyecto para la gestión de proyectos.
Capacidad del PMC (Project Management Consultant)	A pesar de que se contrató una firma especializada en gestión de proyectos para que prestara los servicios de PMC (Project Management Consultant) se tuvo diversas dificultades con la gestión y control del proyecto.
Apoyo de los sponsor	El proyecto tuvo varios Sponsor altamente influyentes y con poder dentro de la organización de Ecopetrol. Esto ayudo en algunos casos pero dificultó la toma de decisión en otros.

Nota: Aspectos definidos en la evaluación del autor

5.2 Proceso de ejecución

Para evaluar la fase de ejecución del PMSI se debe tener en cuenta que este proyecto al tener una fuerte inversión de capital de la compañía fue detalladamente fiscalizado por entes de control y sometido a constantes escrutinios por parte no solo de la operación sino también de las áreas corporativas que controlan las actividades de inversión. Así las cosas, se puede establecer que el proyecto surtió variados cambios durante su proceso de ejecución que no solamente cambiaron el alcance que fue aprobado, sino que también actuó sobre los impactos que estos cambios tuvieron en el despeño del proyecto y los resultados finales obtenidos. Se pueden mencionar dos cambios relevantes, uno la inclusión del revamp del turbo TG2961 y dos, la eliminación de actividades de desmantelamiento que el proyecto tenía planeadas hacia el final de la construcción. De igual forma la confluencia de diferentes actores como los sindicatos y la sociedad Barrameja influyeron notablemente en la ejecución del proyecto. Paros y ceses de actividades por reclamaciones sindicales, inconformidad de la comunidad ante algunas acciones derivadas de los contratos de construcción, baja capacidad de la empresa interventora para supervisar adecuadamente las actividades, imprevistos encontrados durante la construcción entre otros, afectaron el normal desarrollo del proyecto y por supuesto sus resultados finales.

A continuación, se enlistan algunos de los más importantes eventos que impactaron la ejecución.

Tabla 12.

Aspectos relevantes identificados durante la fase de ejecución del PMSI

Evento	Impacto
Contratación de personal idóneo	En un proyecto de tamaño del PMSI donde se contrataron más de 2000 personas, el factor humano se convierte en una pieza clave, conseguir mano de obra calificada en una ciudad como Barrancabermeja fue un riesgo identificado, de igual la confluencia con otros proyectos y otras compañías del sector petrolero, afectaron la consecución de mano de obra durante la construcción.
Manejo del entorno socio económico de Barrancabermeja	Barrancabermeja tiene un entorno social complejo, la influencia de grupos armados ilegales y diferentes actores con intereses propios siempre fue un factor de riesgo durante la ejecución que debió mitigarse constantemente.
Interrelaciones con la USO y demás sindicatos	El proyecto mantuvo constante comunicación con los sindicatos que confluyen en el área sin embargo esto no evito que se presentaran protestas y ceses de actividades por influencia sindical.
Manejo de contratistas y seguimiento por parte del PMC	El proyecto contrató un PMC para el seguimiento y control del proyecto sin embargo, se presentaron diferentes afectaciones y reclamaciones de los contratistas de obra asociadas a las labores y funciones del PMC.
Procesos lentos para la toma de decisiones del negocio	Todas las aprobaciones y cambios del proyecto debieron pasar por los niveles de aprobación exigidos por la empresa, esto conllevó en algunos casos a retrasos en la ejecución debido al proceso lento en la toma de decisión.
Excesiva lluvia por fenómeno de la niña	Durante la ejecución del proyecto en especial entre los años 2010 y 2011 se produjo uno de los más fuertes fenómenos de la niña vistos en Colombia lo que causó niveles de lluvia muy superiores a los esperados lo que afectó la ejecución y el avance de las obras.

Tabla 12. Continuación

Evento	Impacto
Sistemas enterrados que no se tenían visualizados en los estudios.	Durante la construcción se evidenció que existe toda una red de sistemas enterrados, algunos en servicio y otros no, lo cuales dificultaron ejecución de las obras y afectaron no solo el tiempo del proyecto sino también los costos.

Nota: Aspectos definidos en la evaluación del autor

5.3 Proceso de Operación y Mantenimiento

De acuerdo con los datos recopilados durante el survey de información, se evidencia que los equipos están siendo utilizados de forma altamente eficiente, lo que ha permitido posicionar la disponibilidad de las plantas de servicios industriales en más de 95%. La planta cogeneradora U5100, funciona actualmente al 85% de capacidad (30 MW), dejando los otros 5 MW restantes como capacidad rodante para responder ante eventos del sistema, en cuanto a la generación en el turbogenerador TG2961, la instalación de chillers de enfriamiento durante el proyecto permitieron subir la operación hasta 40MW de los 42 de capacidad nominal (95%), esto debido a que esta máquina al ser de tipo aeroderivada, responde ágilmente a las exigencias de carga del sistema. En cuanto a las plantas de agua y aire, el hecho de que se implementó tecnología nueva para la refinería, causó una curva de aprendizaje en los operadores que tomo cierto tiempo, sin embargo, al momento de la evaluación, ya se encontraban operando de manera confiable y estable en su capacidad nominal.

5.4 Análisis de la Gestión del Proyecto PMSI

La gestión del proyecto PMSI comprendió varios aspectos y líneas de trabajo, dentro del alcance del contrato PMC (Project Management Consultant), se incluyó la coordinación y aseguramiento técnico de la totalidad del PMSI, la gestión de compras de los equipos con largo plazo de entrega y la Interventoría técnico-administrativa de los Contratos EPC1 (Cogeneración), EPC2 (Agua) y EPC3 (Aire), a continuación se observa la WBS o estructura de división del trabajo que describe los aspectos y las funciones asignadas al PMC.

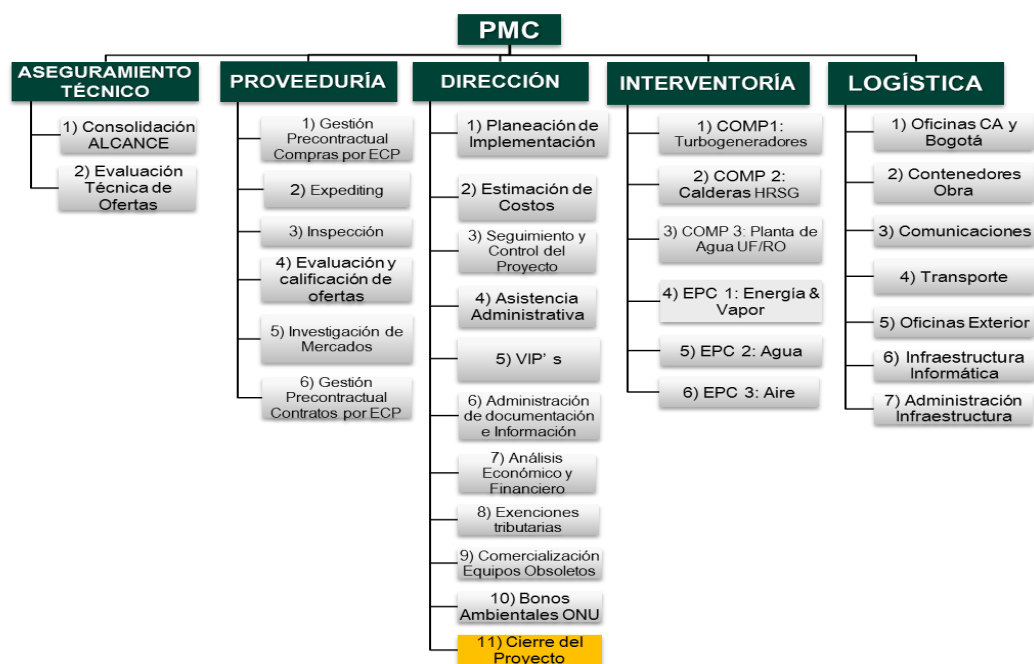


Figura 55. WBS del alcance a cargo del PMC durante el proyecto PMSI. Adaptado de: Archivos del contrato PMC

Luego de analizar los informes finales de ejecución y gestión del proyecto se logró identificar y recopilar una serie de hallazgos que impactaron el proyecto en su gestión y que deben quedar como aprendizaje para la gestión futura de proyectos, de los informes de gestión mencionados se puede resaltar:

1) Bajo control de los subcontratos realizados, no se estableció una estrategia para ejercer control de los subcontratistas que ejecutan labores en lugares donde se tiene poco acceso o control de obra.

2) No se establecieron políticas y/o posiciones concretas (ejemplo bonos) para el personal de mano de obra sensible (soldadores, paileros y tuberos), lo que produjo descontentos y afectaciones durante la ejecución.

3) Debido al alto volumen de personal en determinados momentos, se presentaron inconvenientes en los pagos de prestaciones sociales, los que trajo como consecuencia descontenta en la población trabajadora y acciones de hecho (paros y huelgas), en contra del proyecto.

4) Se presentaron inconvenientes con los contratos de obras debido a falta de claridad en la duración de los contratos que estaban definidos por porcentaje de ejecución, esto causo reclamaciones y descontento de los trabajadores.

5) Falto mayor control en manejo de los gastos reembolsables del proyecto para evitar malgasto de fondos y recursos.

6) No se establecieron mecanismos de control y supervisión adecuada del personal en campo para evitar ociosidad, en varias ocasiones se presenció personal inactivo en obra generando costos.

7) Se presentaron inconvenientes para implementar la metodología de aprobación los cambios que surgieron durante el desarrollo del contrato, lo que afectó el cronograma de ejecución.

8) Se presentaron diferencias entre el contratista encargado de la ingeniería de detalle por parte del EPC, y el grupo de construcción, esto causó dificultad a la hora de avanzar en las obras.

9) Se evidenciaron fallas de control sobre la ejecución del contrato, debido a la falta de un cronograma real donde se identificará claramente el alcance de los trabajos, no con un cronograma teórico solo para cumplir un requisito contractual.

10) Falta contar con herramientas adecuadas para medir y cuantificar los avances de la ejecución de las obras.

11) Se detectaron falencias en la supervisión por parte del PMC para las asistencias técnicas de proveedores, puesto que dichas asistencias quedaron contratadas por fuera de la orden de compra de los equipos esto causó dificultad en la coordinación de las actividades.

12) Se detectaron problemas con la autonomía contractual ya que esto no quedó claro en la planeación y estructuración de los contratos, lo que conllevó a problemas de coadministración y dilución de responsabilidades con personal directo de Ecopetrol.

13) Se encontraron falencias en la estructura para selección y contratación de personal, capacitados e idóneos, con conocimiento del tema legislativo y las diferentes formas de contratación, para mitigar riesgos administrativos.

6. Paso 3. Evaluación de resultados - evaluación de los 5 criterios

En esta sección se contextualizó cada criterio dentro de la naturaleza del proyecto y se expresaron los resultados encontrados para cada uno de los criterios. Para ello se partió de la Figura 31, en la cual se muestra como se interrelacionan las variables del proyecto dentro de su modelo lógico y como estas se relacionan con cada criterio de éxito, de esta manera se definió cada criterio dentro del PMSI de la siguiente forma:

6.1 Criterio de pertinencia

Se evaluó si los objetivos fijados por el PMSI mencionados en el capítulo 2 fueron definidos congruentes con las necesidades de la refinería y especialmente con los servicios industriales, para esto se verificó si los objetivos estaban alineados con las metas de producción, confiabilidad y disponibilidad mecánica exigidas por la gerencia de la refinería y en segundo lugar se verificó si dichos objetivos están en línea con los planes estratégicos de la compañía de manera que apalanquen su crecimiento y rentabilidad. Este criterio se analizó mediante un enfoque cualitativo basado en las encuestas realizadas a los interesados del proyecto, así como también con la información estratégica vigente en el momento de la planeación del proyecto.

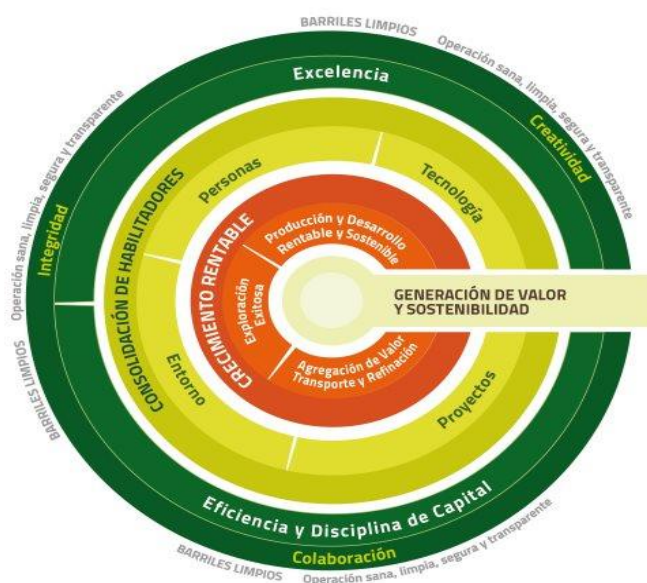


Figura 56. Objetivos estratégicos del Ecopetrol vigentes año 2008. Adaptado de: Archivos vicepresidencia financiera de Ecopetrol S.A.

6.1.1 Resultado del Criterio de pertinencia. Como se mencionó en la contextualización, para este criterio se evaluó la alineación del proyecto con las políticas del sector y principalmente de Ecopetrol por esta razón se tuvo en cuenta el contexto local y regional y se confirma que el proyecto respondió a las necesidades de los beneficiarios. De acuerdo con lo anterior se afirma que el proyecto fue pertinente puesto que sus actividades, productos y propósito respondieron a las necesidades de los beneficiarios de acuerdo con lo siguiente:

1) Relevancia respecto a las políticas y necesidades del sector.

Para el Año 2006, cuando se dio inicio a la iniciativa PMSI, era prioridad para la refinería aumentar los niveles de confiabilidad los cuales como se mencionó en capítulos anteriores rondaban el 91% y venían deteriorándose debido a la obsolescencia de equipos y disminución

de la vida útil de los mismos, entre ellos los correspondientes a los servicios industriales. Esto generó que la modernización de equipos y sistemas se convirtiera en una política prioritaria para la refinería y para Ecopetrol, la cual estuvo totalmente avalada desde la junta directiva de la organización.

De igual forma los precios del crudo en niveles altos (entre \$90 – 100 USD año 2008), permitían en ese momento viabilizar inversiones altas de capital para los activos principales de Ecopetrol, como las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena. Esta bonanza incluyó proyectos como la modernización de la refinería de Cartagena, proyecto HDT y por supuesto el PMSI.

Otro factor importante fue determinado por el cambio en la dieta de crudo que llegaba a la refinería la cual a diferencia de la utilizada en los años 80 no estaba constituida por crudos livianos, sino que al componerse de crudos pesados exigió a las refinerías mayor estrés en sus equipos y en todos sus procesos. Esto conllevó a planes de mantenimiento y reposición más frecuentes y por supuesto a proyectos que apuntaran a mitigar los impactos por los cambios de la dieta.

2) Satisfacción de necesidades y prioridades de beneficiarios

En cuanto a este punto, de acuerdo con lo informado por las áreas operativas y las encuestas realizadas, los resultados han sido mejores de lo que fue planeado en su momento, debido principalmente a la capacidad de respuesta de las plantas nuevas ante eventos operacionales. La respuesta del TG2961 ha servido en varias ocasiones para evitar apagadas masivas de la refinería por eventos en el sistema eléctrico nacional lo que es sí mismo es un factor que demuestra la confiabilidad actual de la refinería. A pesar de que la alternativa inicial contenía 2

turbogeneradores idénticos, la combinación final ha demostrado ser efectiva para el contexto actual y las necesidades actuales.

De igual forma se puede evidenciar que todos los involucrados encuestados coinciden en afirmar que los objetivos fueron congruentes con las necesidades del negocio sin embargo, también se evidenció que pudo haber otros puntos a incluir que mejorarían los impactos positivos a la refinería como por ejemplo centralizar el control de los servicios industriales como lo están las otras plantas de proceso sin embargo, este tipo de alcance no estaba en línea con los objetivos centrales del proyecto por lo cual no se incluyó.

3) Validez de la Estrategia del proyecto

Al analizar el ciclo de maduración se encontró que el proceso de definición del área de energía fue desplazado en el tiempo de cerca de 3 años, lo que se debió principalmente a los análisis que necesitó realizar Ecopetrol para encontrar la mejor alternativa teniendo en cuenta los proyectos que venían en camino y la coyuntura de precios del mercado. Estas decisiones de aplazamiento definieron un rumbo diferente para el proyecto ya que todos sus planes de maduración cambiaron y tuvieron que modificarse los estudios de pre-inversión. Estos cambios definieron la estructura del proyecto en dos etapas principales, en la etapa unos fueron aprobadas y ejecutadas las áreas de agua y aire, con sus respectivos contratos y compras. En la etapa dos, se reestructuró el área de energía y vapor para después ser aprobada y ejecutada. Todo esto no solo modificó el plan de ejecución del proyecto sino también la estructura financiera y la expectativa de entrada de los beneficios. No obstante, luego de 3 años de operación se puede ver el valor de la estrategia implementada ya que los beneficios fueron

percibidos también por etapas lo que mejoró el flujo de la inversión y permitió mostrar resultados tempranos a la organización.

En las preguntas realizadas en las encuestas acerca del criterio de pertinencia, la respuesta de los involucrados es afirmativa con respecto de la pertinencia del proyecto y de los objetivos planteados por el mismo.

Las preguntas utilizadas para evaluar el criterio de pertinencia fueron las siguientes:

CRITERIO DE PERTINENCIA	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol?			3	9
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio?			4	8
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol?	2	2	7	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente ?			8	4
Percepción de pertinencia Total:	2	2	22	21

Figura 57. Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Pertinencia. Realizado por el autor

Como se observa en la Tabla 57 la percepción respecto al criterio de pertinencia es positiva y refuerza el resultado de que el proyecto fue pertinente.

6.2 Criterio de Eficacia

Como se resaltó en secciones anteriores, este criterio analizó y verificó el logro del propósito del proyecto y a su vez confirmó cómo este propósito se relaciona con los objetivos trazados inicialmente y su cumplimiento. Se evaluó cómo los planes iniciales fueron cambiando en el

tiempo dado la maduración del proyecto y se examinaron los factores que influyeron para el cumplimiento de los objetivos y propósito. Respecto a los cambios, se analizó si con los cambios ocurridos durante la maduración y ejecución se mantuvo el propósito o fue alterado.

En el contexto del PMSI se mencionó en la Tabla 37 que el proyecto surtió 12 controles de cambio (se les llama “Control de Cambio” según el modelo de maduración de Ecopetrol), desde su inicio hasta su cierre. Estos cambios y su naturaleza constituyen un ingrediente adicional que ayuda a diagnosticar el grado de eficacia del proyecto PMSI.

Con la información anterior se contextualizó el criterio de eficacia del PMSI con respecto al logro del objetivo central visto en el numeral 2.6.3 y a su vez con cada objetivo trazado mediante un indicador porcentual para verificar su cumplimiento frente a las expectativas iniciales. De igual forma se analizó la eficacia en el cumplimiento de los productos y finalmente se midió la eficacia global del proyecto mediante la ponderación de los resultados individuales.

6.2.1 Resultado Criterio de Eficacia. Con base en la información levantada y analizada se puede confirmar que el proyecto PMSI si fue eficaz pues al momento de la evaluación había completado satisfactoriamente el propósito para el cual fue concebido, sin embargo, el estudio realizó la evaluación de la eficacia y midió tanto en el cumplimiento del propósito general como en el cumplimiento de los productos particulares de cada área (Agua - Aire - Energía y vapor) de acuerdo con el modelo lógico planteado para el proyecto. Esto mostró que no todos los objetivos y productos planeados por el proyecto fueron cumplidos y/o completados. A continuación, se muestra el análisis de cada uno de estos aspectos.

1) Eficacia del Propósito General

Tabla 13.

Eficacia en el cumplimiento del propósito general.

Propósito general	Cumplimiento
“Sistema de servicios industriales confiables, disponibles y eficientes, acordes con las necesidades de las plantas de proceso de la GRB.”	1. Sistemas de SI confiables: la confiabilidad esperada se alcanzó y confirmó con las mediciones realizadas por la GRB que indican que en sistemas como generación eléctrica supera el 99%. 2. Sistemas de SI disponibles: En el momento de la evaluación la disponibilidad mecánica de la GRB alcanzaba valores superiores a 95% en algunos sistemas como generación eléctrica y en otros sistemas más del 98% como es el caso de los sistemas de agua. 3. Sistemas de SI eficientes: Dada la eliminación de 8 calderas obsoletas y la eliminación de 8 turbogeneradores, así como la repotenciación de 4 compresores a tecnología moderna.

Fuente: información levantada durante la evaluación expost

2) Eficacia de los objetivos específicos

Tabla 14.

Eficacia en el cumplimiento de los objetivos específicos.

Objetivos específicos	Cumplimiento
1) Mejorar la confiabilidad del aire de la Refinería.	Cumplido
2) Ampliación de la capacidad de los tambores de aire de los compresores, incrementando su volumen y su tiempo de respaldo.	Cumplido

Tabla 14. *Continuación*

Objetivos específicos	Cumplimiento
3) Incrementar la presión de descarga de los compresores de 45 psig actualmente a 105 psig luego de la entrada de los compresores nuevos.	Cumplido
4) Disminuir en 4% la captación de agua cruda producto de la instalación de equipos más eficientes, dejándose de captar 317.988.000 galones/año.	No cumplido
5) Reducir el consumo de productos químicos para el tratamiento de agua cruda en aproximadamente 3.5 Ton/año.	Cumplido
6) Disminuir en un 95% el flujo de drenajes hacia PTAR antes del vertimiento al río.	No cumplido
7) Incrementar confiabilidad y disponibilidad de los sistemas de captación de Bote de río tanto para la Refinería como para el área de Balance.	Cumplido
8) Mejorar la confiabilidad en el suministro del agua para generación de energía y vapor.	Cumplido
9) Implementar sistemas más eficientes, con mayor disponibilidad y menores costos de mantenimiento y operación.	Cumplido
10) Centralizar la producción de agua de proceso para los diferentes usuarios de la refinería.	Cumplido
11) Mejorar la eficiencia en la generación eléctrica y de vapor, por reemplazo de turbogeneradores con un consumo de 17.000 BTU/KW a 12.000 BTU/KW y uso de gases calientes provenientes del turbogas para producción de vapor, reduciendo el CEL (Índice combinado de energía y pérdidas) en 11 puntos.	Cumplido
12) Disminuir el consumo de gas combustible en 15% (17 MPCSD).	Cumplido
13) Disminuir el impacto ambiental, por reducción de emisiones de CO ₂ (341.000 Ton/año).	Cumplido
14) Aumentar la confiabilidad de los Sistemas de generación eléctrica y vapor a más de 95%	Cumplido

Nota: Información levantada durante la evaluación expost

3) Eficacia en el logro de los Productos Planeados

Tabla 15.

Eficacia en el logro de los productos.

Producto	Indicador	Cumplimiento
Sistema de generación de energía TG2961 repotenciado.	30% de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica, para llevar el turbogas TG2961 de 24 a 31 MW.	Cumplido: se logró aumento de capacidad a 42 MW
Sistema de generación de energía de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable y eficiente	30 % de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica. Para aumentar en 35MW la generación en la refinería. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).	Cumplido: Se logró 35 MW de aumento de capacidad. La confiabilidad se ubica por encima de 99% El ahorro de combustible al momento de la evaluación era de 22.94 MPCD
Sistema de generación de vapor de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable y eficiente.	20 % de aumento en la capacidad de generación de Vapor. Para aumentar en 750 Klb/h la generación de vapor. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).	Cumplido: Se logró aumentar en 800 Klb/h la capacidad del sistema de generación de vapor. La confiabilidad se ubica por encima de 99% El ahorro de combustible al momento de la evaluación era de 22,94 MPCD

Tabla 15. *Continuación*

Producto	Indicador	Cumplimiento
Nuevo sistema de tratamiento de agua con capacidad y disponibilidad para las condiciones requeridas.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 10 % de incremento de producción de agua. (3500 Gpm)	Cumplido: Los sistemas de agua aumentaron la confiabilidad disponibilidad por encima de los valores requeridos, el sistema de agua en la refinería estaba obsoleto y con motivo de las mejoras implementadas en el PMSI el sistema consiguió la confiabilidad y disponibilidad requeridas. La producción de agua incrementó a 4000 Gpm
Compresores existentes repotenciados y 5 nuevos compresores de aire en servicio, confiable y disponible.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15% de incremento en capacidad de producción de aire. (2000 PCM)	Cumplido: Los sistemas de aire aumentaron la confiabilidad y disponibilidad por encima de los valores requeridos, el sistema de agua en la refinería estaba obsoleto y con motivo de las mejoras implementadas en el PMSI el sistema consiguió la confiabilidad y disponibilidad requeridas. La producción de Aire incremento 5000 PCM

Tabla 15. Continuación

Producto	Indicador	Cumplimiento
Proyecto desarrollado con la rigurosidad y los estándares de calidad requeridos en la gestión de proyectos de Ecopetrol.	Desviación en tiempo y costo entre 0,9 – 1,1 como índice final de desempeño.	Cumplido: A pesar que las desviaciones en costo y tiempo superaron las planteadas en las fases iniciales, estas desviaciones impulsaron algunos cambios que resultaron ser convenientes para la organización, lo que se reflejó en la mejora en el VPN y beneficios finales.

Nota: Información obtenida durante la evaluación expost

4) Eficacia del propósito financiero

En el capítulo 4 se mostraron los resultados financieros del proyecto, con los cuales se confirma que a pesar de los cambios en el alcance se obtuvo una mejora en el VPN final. Esto se debió principalmente a mejoras en los beneficios percibidos es especial por ahorros de gas.

A continuación, se observa el análisis del cumplimiento de beneficios y expectativa de valor del proyecto lo cual apoya la calificación de eficacia.

CAMBIO EN LOS BENEFICIOS Y EXPECTATIVA DE VALOR DEL PROYECTO DURANTE SU CICLO DE VIDA					
Valores en Millones de USD					
BENEFICIO	FASE 2	FASE 3	Beneficios a dos años de Operación	VARIACION F3 - FINAL	Cumplimiento de EFICACIA
AHORRO DE GAS	18,14	42,91	63,74	33%	CUMPLE
LUCRO CESANTE Y CONFIABILIDAD	12,3	14,81	19,75	25%	CUMPLE
OPTIMIZACIÓN DE PERSONAL	3,21	3,57	1,03	-247%	NO CUMPLE
OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	18,33	18,66	25,11	26%	CUMPLE
OPTIMIZACIÓN DE QUIMICOS	2,05	2,69	3,32	19%	CUMPLE
CERTIFICADOS MDL	9,35	7,98	0	-800%	NO CUMPLE
AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA	7,92	8,8	9,02	2%	CUMPLE
ELIMINACION DE QUEDA DE GLP O FUEL	18,85	0	5,6	100%	CUMPLE
BENEFICIOS TOTALES AÑO	90,15	99,42	127,56	22%	CUMPLE
VPN (WACC 11,1%)	84,75	97,059	120,537	19%	CUMPLE
EFICIENCIA SOBRE LA INVERSIÓN	No se calculó	0,27	0,17	-59%	NO CUMPLE
TIR	10,86%	14,42%	12,89%	-12%	NO CUMPLE

Figura 58. Eficacia en el logro de los beneficios y cumplimiento de la expectativa de valor del proyecto PMSI durante su ciclo de vida. Adaptada de: Información obtenida durante la evaluación expost

En las preguntas realizadas en las encuestas acerca del criterio de eficacia, la respuesta de los involucrados es afirmativa con respecto de la eficacia del proyecto en general y el logro de los objetivos y promesa de valor planteados por el mismo.

Las preguntas utilizadas para evaluar el criterio de eficacia fueron las siguientes:

CRITERIO DE EFICACIA	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?			5	7
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?			4	8
El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio	3	8	1	
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios?			6	6
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos?			4	8
Percepción de eficacia Goblal:	3	8	15	22

Figura 59. Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Eficacia. Adaptada de: Encuesta realizada por el autor

Como se observa en la figura 59, la percepción respecto al criterio de eficacia es positiva y refuerza el resultado de que el proyecto fue eficaz. Las encuestas realizadas y los resultados que se presentaron en las tablas anteriores se complementan con las dos preguntas siguientes y brindan una visión concluyente con respecto al éxito en este criterio.

- ¿Fue alcanzado, el objetivo central del proyecto (en términos de metas)?

Si, el proyecto alcanzó las metas propuestas, sin embargo, tuvo 2 beneficios que no cumplió como fueron optimización de personal y certificados MDL.

- ¿Si el logro del objetivo no es el previsto? ¿Cuáles son las razones por las cuales el objetivo del proyecto no se cumplió?

El primero se debió a la influencia de actores como los sindicatos (USO), los cuales no permitieron la eliminación de puestos de trabajo e hicieron que el proyecto modificara este aspecto. En cuanto a bonos MDL (mecanismo de desarrollo limpio), cambios en la normativa

internacional expedida por Las Naciones Unidas durante el periodo de ejecución del proyecto hizo que no fuera posible cumplir los requisitos para la venta de los bonos de carbono, por lo cual no se presentó la solicitud y no se obtuvo este beneficio.

6.3 Criterio de Eficiencia

Como se ha explicado anteriormente por eficiencia se entiende el grado en que los resultados del proyecto se han logrado mediante el uso óptimo de los recursos (Medianero 2013). Para contextualizar el PMSI dentro de la definición anterior se evalúa el nivel de logro de los productos definidos en el modelo lógico, su relación con el tiempo y costo ejecutado versus los valores planeados, Verificando si los anteriores fueron realizados con la misma, mayor o menor cantidad de recursos programados.

Este criterio de eficiencia es especialmente sensible para el caso del PMSI, dado que al ser Ecopetrol una empresa mayoritariamente estatal, es fiscalizada de forma detallada por los entes de control, por este motivo la eficiencia en los proyectos del portafolio es un criterio que intenta cuidar Ecopetrol, no obstante se torna difícil cumplir con éxito este criterio en un entorno donde los proyectos tienen muchos cambios motivados por las áreas operativas como fue el caso del PMSI, así las cosas se identifica que el proyecto PMSI obtuvo una buena calificación en materia de eficiencia en algunos productos mientras que en otros resulto ineficiente, en este caso es importante revisar los aspectos que influyeron para que este criterio del proyecto no alcanzara totalmente el éxito esperado.

6.3.1 Resultado del Criterio de Eficiencia. Bajo el concepto de eficiencia el proyecto PMSI fue eficiente en algunos aspectos e ineficiente en otros ya que solo 3 de los 6 productos evaluados alcanzaron puntajes mayores a 1 en la eficiencia global (Repotenciación, Vapor y Aire), mientras que los otros tres no alcanzaron la eficiencia esperada (Energía, Agua, Gestión del proyecto). Este resultado se obtuvo de calcular la relación entre el nivel de ejecución de los componentes, con los tiempos y costos planeados y reales de acuerdo con las formulas planteadas en la metodología JICA. Para lograr esta relación, se recurrió a datos plasmados en informes periódicos de tiempo, costo, financieros, de materiales, de personal, de HSE entre otros. Para el caso del PMSI como se mencionó en la sección de eficacia, se pudo confirmar que no fueron completados todos los componentes inicialmente planificados en sus objetivos, esto se debió a cambios en el alcance y en algunas premisas que variaron durante la ejecución, esta relación de eficacia estuvo directamente relacionada con la eficiencia del proyecto, reflejándose en la variación en costo del PMSI desde su fase inicial hasta su terminación la cual fue de 40,7% y en tiempo de 36%, (información recopilada de los informes de ejecución y finalización del proyecto).

En las Tablas 14 y 15 evaluadas en la sección de eficacia se observa el cumplimiento de los productos y beneficios del proyecto, en aquella sección se evaluó a nivel de porcentaje el cumplimiento de los mismos, ahora bien, en esta sección se utiliza esto como información de entrada para el cálculo de indicadores de eficiencia.

Tabla 16.

Porcentaje de logro los productos del proyecto.

Producto	Indicador	Cumplimiento
Sistema de generación de energía TG2961 repotenciado.	30% de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica, para llevar el turbogas TG2961 de 24 a 31 MW.	Cumplido: El TG2961 aumento 75% en capacidad.
Sistema de generación de energía de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable y eficiente	30 % de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica. Para aumentar en 35MW la generación en la refinería. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).	Cumplido: El sistema de generación eléctrica mejoró 30% en capacidad y se ubica por encima de 99% de confiabilidad. El ahorro de combustible al momento de la evaluación era de 22.94 MPCD con respecto a 17 esperados lo que equivale a 20,24% de cumplimiento
Sistema de generación de vapor de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable y eficiente.	20 % de aumento en la capacidad de generación de Vapor. Para aumentar en 750 Klb/h la generación de vapor. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).	Cumplido: El sistema de generación de vapor mejoró 21,3% en capacidad y se ubica por encima de 99% de confiabilidad. El ahorro de combustible al momento de la evaluación era de 22.94 MPCD con respecto a 17 esperados lo que equivale a 20,24% de ahorro.

Tabla 16. *Continuación*

Producto	Indicador	Cumplimiento
Nuevo sistema de tratamiento de agua con capacidad y disponibilidad para las condiciones requeridas.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 10 % de incremento de producción de agua. (3500 Gpm)	Cumplido: Los sistemas de agua aumentaron la confiabilidad disponibilidad por encima de los valores requeridos, el sistema de agua en la refinería estaba obsoleto y con motivo de las mejoras implementadas en el PMSI el sistema consiguió la confiabilidad y disponibilidad requeridas. La producción de agua incrementó 14,2%
Compresores existentes repotenciados y 5 nuevos compresores de aire en servicio, confiable y disponible.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15% de incremento en capacidad de producción de aire. (2000 PCM)	Cumplido: Los sistemas de aire aumentaron la confiabilidad y disponibilidad por encima de los valores requeridos, el sistema de agua en la refinería estaba obsoleto y con motivo de las mejoras implementadas en el PMSI el sistema consiguió la confiabilidad y disponibilidad requeridas. La producción de Aire incrementó 38%

Tabla 16. *Continuación*

Producto	Indicador	Cumplimiento
Proyecto desarrollado con la rigurosidad y los estándares de calidad requeridos en la gestión de proyectos de Ecopetrol.	Desviación en tiempo y costo entre 0,9 – 1,1 como índice final de desempeño.	Cumplido: A pesar que las desviaciones en costo y tiempo superaron las planteadas en las fases iniciales, estas desviaciones impulsaron algunos cambios que resultaron ser convenientes para la organización, lo que se reflejó en la mejora en el VPN y beneficios finales.

Nota: Análisis de información realizada por el autor.

Con los datos de cumplimiento indicados en la tabla anterior se procedió a utilizar las formulas definidas en el modelo de la JICA el cual fue acogido por el proyecto por estar alineado con la metodología OCDE la cual es la guía de este estudio.

Las fórmulas utilizadas para evaluar la eficiencia fueron las siguientes (JICA, 2012):

1) (F1) Nivel de ejecución de productos = Productos Ejecutados (indicador) / Productos Planificados (indicador).

2) (F2) Eficiencia en el tiempo de ejecución = Nivel de ejecución de productos X (Tiempo Planeado / Tiempo Real).

3) (F3) Eficiencia en el costo = Nivel de ejecución de productos X (Costo Planeado / Costo Real).

4) (F4) Eficiencia Global = Nivel de ejecución de productos X (Tiempo Planeado / Tiempo Real) X (Costo Planeado / Costo Real).

Para el caso del PMSI los datos para cada producto ejecutado en el proyecto se observan en la Figura 60. Estos datos fueron obtenidos de los resultados investigados en los documentos oficiales e informes finales del proyecto.

DATOS DE TIEMPO Y COSTO PARA CADA AREA Y PRODUCTO DEL PMSI							
producto	1 TG2961	2 Energía	3 Vapor	4 Agua	5 Aire	6 Gestion del Proyecto	
Tiempo plan meses	7	42	42	32	28	46,2	46,2
Tiempo Real meses	10	51	51	42	45	60	60
Costo plan MUSD	\$ 30.081.000	\$ 170.463.250	\$ 170.463.250	\$ 74.721.000	\$ 53.579.000	\$ 35.648.000	\$ 35.648.000
Costo real MUSD	\$ 37.109.000	\$ 210.288.300	\$ 210.288.300	\$ 110.391.000	\$ 73.763.000	\$ 51.520.000	\$ 51.520.000

Figura 60. Datos de tiempo y costo del PMSI, para el cálculo de eficiencia. Adaptado de: Información obtenida durante la evaluación expost

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla anterior se calcularon los valores de eficiencia en tiempo y costo para cada uno de los productos definidos en el modelo lógico del proyecto.

Los resultados de las formulas se aprecian en la Figura siguiente. Se clarifica que los indicadores menores a 1 significa que fueron ineficientes y los mayores o igual a 1 que fueron eficientes.

CALCULO DE EFICIENCIA PARA LOS PRODUCTOS DEL PMSI							
FORMULA	P1 TG2942	P2 Energía	P3 Vapor	P4 Agua	P5 Aire	P6	
						Gestion de Tiempo	Gestion de Costo
F1	2,5	1,11	1,171	1,21	1,77	1	1
F2	1,75	0,91	0,96	0,92	1,10	0,77	0,77
F3	2,03	0,90	0,95	0,82	1,28	0,69	0,69
F4	8,87	0,90	1,07	0,91	2,49	0,53	0,53

Figura 61. Eficiencia calculada para cada producto del PMSI teniendo en cuenta los resultados de tiempo y costo. Adaptado de: Cálculos obtenidos durante la evaluación expost

De acuerdo con los resultados se indica lo siguiente:

1) El producto No 1 (repotenciación del TG2961) fue eficiente en su ejecución alcanzando un valor de 8,87 como eficiencia global, este valor supera de lejos los otros productos lo que indica que fue el producto más eficiente de los 6 evaluados.

2) El producto menos eficiente fue la gestión del proyecto el cual alcanzo tan solo 0,57 de eficiencia global, esto refleja las dificultades que sorteó el equipo del proyecto para mantener el mismo dentro de los límites definidos de desempeño requeridos por Ecopetrol.

3) En cuanto a la eficiencia en costo y tiempo individualmente se observa que los productos 1 y 5 fueron eficientes en ambos indicadores a pesar que al analizar los datos en estos dos productos se puede observar que los mismos sobre pasaron los valores de tiempo y costo estimados, es importante resaltar que el valor alto de eficiencia se debió al nivel de ejecución del producto el cual en ambos fue más alto del esperado.

4) Para los demás productos y en especial los que no lograron la eficiencia esperada es claro mencionar que los mayores costos y mayores tiempos ejecutados impactaron directamente la eficiencia del proyecto. Aunque el nivel de ejecución de prácticamente todos los productos fue

bueno no pudieron compensar los impactos derivados de los mayores tiempos y costos, lo que disminuyó la eficiencia global de los mismos.

En las preguntas realizadas en las encuestas acerca del criterio de eficiencia la respuesta de los involucrados es afirmativa con respecto de la eficiencia global del proyecto sin embargo se observa que la variable tiempo tuvo la menor calificación, lo cual es razonable teniendo en cuenta el desplazamiento tan amplio en tiempo que tuvo el proyecto, principalmente debido a cambios de alcance, definiciones de la organización o toma oportuna de decisiones.

Las preguntas utilizadas para evaluar el criterio de eficiencia fueron las siguientes:

CRITERIO DE EFICIENCIA	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			8	3
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:			11	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			9	3
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		6	6	
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución	1	5	5	1
Percepción de Eficiencia Total:	1	11	39	7

Figura 62. Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Eficiencia. Adaptado por el autor

Finalmente se puede afirmar que el proyecto visto de forma global fue eficiente y en general esa es la percepción de los involucrados ya que superó las expectativas, sin embargo, en cuanto al producto final, este resultado a su vez sacrificó la eficiencia de los indicadores de costo y

tiempo. Esta es una lección aprendida de mucho valor que será plasmada más adelante en el siguiente capítulo.

6.4 Criterio de Impacto

Para evaluar el impacto se parte del fin y propósito del proyecto y se evalúan los resultados. Es importante resaltar que la evaluación de impacto inmersa en la evaluación de resultados es diferente de la evaluación de impacto que constituye el cuarto momento de la evaluación expost del cual habla la teoría de la OCDE, por tal razón la presente evaluación solo evalúa los impactos directos del PMSI, mientras que el llamado cuarto momento de la expost evalúa los impactos indirectos y de largo plazo derivados de las relaciones de causalidad del proyecto. Así las cosas, para este indicador dentro del PMSI se evalúan el impacto en la confiabilidad y disponibilidad de los servicios industriales una vez entraron en servicio los componentes del proyecto (para el caso del PMSI se disminuyeron las paradas de planta no programadas y aumentó la disponibilidad mecánica de las plantas por encima del 96% siendo 90 el mínimo exigido para refinerías). Así mismo se toman en cuenta otros impactos a nivel sociedad y cultura Ecopetrol y se realiza evaluación cualitativa mediante las encuestas y entrevistas a los involucrados.

6.4.1 Resultado Criterio de Impacto. Para establecer los resultados de este criterio iniciamos definiendo cuales de estos produjeron impactos y cuáles no, esto quiere decir cuáles de los objetivos del PMSI fueron exitosos e impactaron el negocio, la compañía o la sociedad y cuáles no.

El PMSI desde su concepción estableció que crearía varios impactos a nivel de toda la refinería desde el punto de vista técnico, económico, ambiental, algunos sociales entre otros, a continuación, se revisa cada uno ellos:

1) Impacto en el margen de refinación

Este es el impacto más importante reportado por el PMSI puesto que no solo impacta el negocio de refinación sino los indicadores de rentabilidad de todo el negocio de refinación. Este tipo de industria (Refinación) es un negocio de margen pequeño, por lo cual todo tipo de mejora en sus procesos que redunde en el margen es bienvenido. A continuación, se observa la curva de mejora en el margen para el PMSI calculada a partir de los datos obtenidos en los 2 primeros años de operación.



Figura 63. Incremento estimado del margen de refinación asociado al PMSI. Adaptado de: Economía y gestión GRB 2017

2) Impacto en confiabilidad

En evaluaciones realizadas por los departamentos de confiabilidad de la refinería se ha detectado una mejora de más de 5 puntos porcentuales en la confiabilidad de las plantas de servicios industriales. Cuando se realizó el estudio conceptual del proyecto se encontró que el índice de estas plantas oscilaba alrededor de 90 % lo que comprometía las metas volumétricas y de rentabilidad de la refinería, muchos de los equipos por su tiempo de operación y tecnología presentaban fallas constantes. A partir de la entrada del PMSI se ha evidenciado en equipos como los turbogeneradores valores de confiabilidad de 99% lo que muestra el gran impacto en este indicador gracias al proyecto.

3) Impacto reducción de Paradas de Planta asociadas a los SI

Uno de los objetivos perseguidos por el PMSI desde su concepción fue disminuir el número de paradas de planta asociadas a los servicios industriales, en la tabla abajo se tiene un resumen de los eventos recopilados por el estudio conceptual del proyecto en el año 2008.

Planta	No. De paradas	Días	E&V	Aire	Agua	Electrica	Gas
MEK	14	27,45	13			1	
U130 vac	5	6,97	4		1		
U150 atm	6	7,37	4		1		
U1500 Fraccionamiento	16	44,4	16				
U200 ATM	8	15,4	4	1		3	
U2000 ATM	8	6,9	4			4	
U2000VAC	7	10,7	4			4	
U204 Viscored	8	15,7	4	1		3	
U205 VAC	8	15,2	4	1		3	
U2100 ATM	9	7	4		1	4	
U2100 VAC	7	5	2		1	4	
U2200 Poli I	37	34,74	24	8		5	
U2250 Poli II	42	30	24	14		3	
U250 ATM	8	10,7	5			4	
U250 VAC	6	8,5	2			4	
U2500 DEMEX	10	17,2	7	1		2	
U2650 Unibon	8	27,2	5	1		2	
U2700 UOPI	11	8,5	5	1		4	1
U2800 VRII	9	7	6	1		1	1
U2880 Azufre II	4	1,5	3			1	
U300 MOD IV	7	6,5	4		1	2	
U4200 UOPII	10	10,5	7		1	2	
U4360 Azufre III	3	6,46	2		1		
U4560 Alquiler	14	27,1	7		1	7	
U500 Orthoflow	10	9,46	7			3	
Totales	275	367,45	171	29	8	66	2

Figura 64. Eventos de paradas de planta no programadas asociadas a servicios industriales entre los años 2003 y 2008. Adaptado de: Archivos del proyecto 2008.

Con la entrada del PMSI de acuerdo con los datos del RIS (Refinery Information System) los eventos se han reducido a 7 días totales de paradas no programadas año. Lo que confirma el impacto directo del PMSI a este indicador sensible para la GRB.

4) Impacto en generación de energía eléctrica

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores el proyecto cumplió los objetivos de incremento en la capacidad de generación de energía, lo que impactó los niveles de capacidad rodante del sistema eléctrico propio y a su vez disminuyó las compras de energía eléctrica que hacia la refinería al SIN (Sistema interconectado nacional) las cuales pasaron de 13 MW en

promedio a 0 ya que la capacidad rodante del sistema aumentó y cubre la demanda sin inconvenientes.

GENERACION / DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANTES Y DESPUES DEL PMSI

2008

GENERACIÓN = 7 UNID		MW
CENTRAL DEL NORTE	TG-2401/2/3	30
UNIDAD DE BALANCE	TG-2951/2/3	60
TURBOGAS	TG-2960	24
TURBOS AREA SUR*	TG901/2/3-951/2	0
TOTAL		114

DEMANDA	MW
REFINERÍA + OLEODUCTOS	104
CAPACIDAD RODANTE **	20%
COMPRAS AL SIN	13

2017

GENERACIÓN = 8 UNID		MW
COGENERADORA	TG-5100	35
UNIDAD DE BALANCE	TG-2951/2/3	60
TURBOGAS	TG-2960 REP.	42
CENTRAL DEL NORTE	TG-2401/2/3	30
TOTAL		167

DEMANDA	MW
REFINERÍA + OLEODUCTOS	104
HDT + BIODIESEL	17
TOTAL	121
COMPRAS AL SIN	0

Figura 65. Balance generación demanda de energía en la GRB antes y después del PMSI.

Adaptado de: Archivos del proyecto 2017

5) Impacto en los costos de mantenimiento

La entrada de nuevos equipos y la repotenciación de otros no solo permitió aumentar los tiempos entre paradas de mantenimiento preventivo para los compresores y turbo-generator TG2961, sino que también disminuyó los costos asociados a estos mantenimientos, de igual forma influyó en los indicadores de disponibilidad mecánica de las plantas ya que las mismas tienen ahora tiempos de corrida más largos. De acuerdo con la Figura 48, los beneficios por ahorros en lucro cesante y mantenimiento superaron los 25 millones de dólares /año.

6) Impacto en la captación de agua.

Las mejoras en los sistemas de agua, clarificación, y retiro de metales, así como la implementación de un sistema de recobro de condensados, permitió recuperar un gran porcentaje del agua tratada (no se tienen los datos exactos), esto se evidenció por la disminución de los volúmenes de agua captada desde la entrada del PMSI.

7) Impacto en los sistemas de instrumentación por mejora en la presión de aire

Según reportes de los departamentos de mantenimiento y confiabilidad de equipo electrónico, la mejora en la calidad del aire al ser secado completamente desde su fuente, sumado a la mejor presión de descarga de los compresores ha influido en la disminución de procesos de mantenimiento en la instrumentación de los sistemas que se alimentan de este insumo.

8) Impactos ambientales.

El proyecto ha tenido un sobresaliente impacto positivo en el medio ambiente. Uno de sus objetivos principales era la reducción de la producción de CO₂, lo cual se ha reflejado con la optimización en la quema de gas y eliminación del uso de gasóleo en las calderas; a pesar que las calderas actuales aún tienen sistemas de quema de fuel oil o gasóleo, con el buen comportamiento del sistema no ha sido necesario utilizar este combustible desde la entrada del PMSI. Para los equipos nuevos (generadores y calderas nuevas) dichos equipos no tienen entrada de combustible diferente del gas, esto eliminó la quema de estos combustibles lo que también influyó en el cumplimiento del objetivo ambiental.

Un punto en contra de los objetivos ambientales, se debió a que no se pudo obtener los beneficios por bonos de carbono que se planearon en la maduración del proyecto por los cambios en la normativa ambiental, lo cual impactó los resultados económicos esperados.

9) Impactos socioeconómicos en la población de Barrancabermeja

Por último y no menos importante fueron los impactos socio-económicos que el proyecto trajo para la población en la ciudad de Barrancabermeja. Aunque el alcance de este estudio no incluyó el estudio detallado de los aspectos socioeconómicos si es posible afirmar que durante el periodo de tiempo en que se desarrolló del proyecto se vieron beneficios como una mayor vinculación de mano de obra, utilización de bienes y servicios entre otros. Además, el hecho que el proyecto fuera extendido en el tiempo permitió a su vez extender los contratos y contratación de servicios que, si bien terminan afectando las finanzas del proyecto, si permitieron a muchos habitantes contar con empleo por mayor tiempo. El proyecto empleó cerca de 1200 personas en su periodo pico lo cual es una cifra significativa para las proyecciones de empleo en el municipio.

Existe otro impacto que se observó en la población y tiene que ver con el suministro de agua potable a la ciudad. Ante la deficiencia en la calidad del agua del acueducto municipal, un gran número de pobladores acuden a las tomas de agua libre que ofrece la refinería, en las cuales pueden llevar agua para consumo en sus casas, teniendo en cuenta que con los sistemas altamente tecnológicos que implemento en proyecto, el agua potable producida por el proyecto es de alto estándar y calidad, lo que beneficia a la población que se apropia de la misma.

En las preguntas realizadas en las encuestas acerca del criterio de impacto, la respuesta de los involucrados es afirmativa con respecto a la percepción de impacto del proyecto.

Las preguntas utilizadas para evaluar el criterio de impacto fueron las siguientes:

CRITERIO DE IMPACTO	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos			10	2
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			9	2
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			10	2
Percepción de Impacto Goblal:	0	0	29	6

Figura 66. Encuesta a los involucrados sobre el criterio de Impacto. Adaptado por el autor

La percepción general de los involucrados es positiva con respecto al proyecto, el logro de los objetivos, la pertinencia del alcance realizado y los impactos alcanzados muestran una gran aceptación de los involucrados a los logros del proyecto.

6.5 Criterio de Sostenibilidad

La sostenibilidad es una estimación del grado en que los productos y beneficios entregados por el proyecto continuarán después de terminado el mismo (Medianero Burgas, 2012). En consecuencia, con la definición anterior, desde que se inicia un proyecto en Ecopetrol se evalúan los costos Opex que vendrán a futuro ya sea por operación, mantenimiento y demás, estos costos son estimados año a año en la planeación de la compañía de manera que se asegure la sostenibilidad de los procesos y rentabilidad del negocio.

Para el caso de los productos entregados por el PMSI y demás proyectos, la refinería establece el plan anual de inversiones el cual incluye todos los rubros para operación general,

mantenimientos mayores, proyectos normativos y de continuidad operativa. En los dos primeros el departamento de planeación incluye los costos de sostenimiento de las plantas y desarrolla todos los contratos de personal, insumos, materiales y demás.

6.5.1 Resultado criterio Sostenibilidad. Para el análisis de este criterio se verifico si las condiciones físicas y funcionales de la infraestructura construida mantienen su condición operativa y si todos los productos asociados al proyecto están cumpliendo la función para la que fueron proyectados.

En este criterio se consideraron los siguientes aspectos:

1) Sostenibilidad en la Operación

El proyecto realizó un programa de manejo del cambio altamente estructurado que permitió durante la ejecución del proyecto retirar de línea a personal clave en la operación de la refinería y llevarlos a capacitación directa en las fábricas de los proveedores de los equipos mayores. Esto significó que operadores y supervisores de la refinería se capacitaran en Italia (generadores GE), Estados Unidos (Planta de agua Doosan Technologies y compresores Cameron), de esta manera se aseguró una adecuada transferencia de tecnología y conocimiento para la operación futura. 15 personas entre operadores y supervisores de servicios industriales se capacitaron en este programa.

De igual forma todos los equipos que fueron instalados en las plantas siguieron un protocolo de entrega que aseguró capacitaciones y entrenamientos para los futuros operadores del sistema.

Todas las plantas intervenidas entraron a su vez en el programa “Excelencia operacional de la GRB”, que permite mediante un plan anual reforzar las capacidades del personal operativo ante diferentes escenarios de operación normal y falla.

2) Sostenibilidad en el Mantenimiento

En este aspecto las plantas de SI desde el inicio de su operación fueron incluidas en los planes de mantenimiento preventivo que tiene estructurado la refinería, estos planes anuales pueden incluir mantenimientos por tiempo o por condición y apelan a modelos ampliamente empelados en refinerías de todo el mundo como RBI (Risk Based Inspection).

De igual forma la GRB ha implementado metodologías de gestión de activos que permiten el monitoreo constante y sistemático de los equipos de forma que con antelación se pueda prevenir cuando un equipo necesita intervención.

En años anteriores según cifras de portafolio, fueron presupuestados cerca de 100 millones de dólares anuales para todas las actividades de mantenimiento mayor y menor de la refinería. No se cuenta con datos específicos de los costos de estos rubros en los servicios industriales sin embargo si se confirmó que están debidamente mapeados en plan anual de mantenimiento. En este sentido cada jefe de departamento es responsable por las necesidades de sus plantas para el año siguiente.

3) Sostenibilidad Financiera

Para asegurar que los productos entregados por el proyecto tengan el respaldo económico suficiente para mantener su operación en el tiempo, se revisó con el área de gestión económica y financiera de la GRB los planes que se tienen para las plantas asociadas a los servicios

industriales. De acuerdo con el área encargada, las plantas de servicios están incluidas en el plan bianual de paradas de plantas el cual refleja las fechas en las cuales todas las plantas de la refinería realizarán sus respectivas paradas de mantenimiento. Este plan obedece a un proceso detallado de planeación de mantenimiento donde se evalúa la condición de cada planta. Con base en este plan se estructura el portafolio de recursos que se presentan a la junta directiva cada fin de año para la aprobación. Es en este plan aprobado donde quedan en firme los recursos financieros necesarios para la intervención de las plantas.

En cuanto a las calderas se estableció un presupuesto de \$3600 millones de pesos para cada caldera por cada 40000 horas de operación. Por tal motivo para el año 2019 se tiene incluido en el plan intervenir por primera vez las calderas que fueron entregadas por el proyecto.

En cuanto a los equipos de generación eléctrica, la condición es factor más crítico, por tal motivo las cámaras de combustión son intervenidas cada 25000 horas de operación. En este caso para cada cámara de combustión se tiene presupuestado 1.5 millones de dólares por cada generador. Como se comentaba anteriormente todos estos recursos son incluidos en el plan anual para ser ejecutados durante la vigencia.

 PLAN DE PARADAS DE PLANTA 4 Q 2017 Gerencia General Refinería Barrancabermeja Departamento de Programación de la Producción					
Elaborado por: UPP			Aprobado por: LPA		Fecha Actualización: 26/05/2017
4 Q 2017					
PLANTA	FECHA F/S	FECHA E/S	DIAS TOTALES	OBSERVACIONES	LIDER
U4840 - AGUAS AGRIAS	16-oct	28-oct	12	Limpieza Torre T4841	Javier Bayona
U1300 - AROMATICOS	18-oct	06-nov	19	Regeneración	Julio Tristanchó
U-500 - ORTHOFLOW	01-nov	21-nov	20	Eliminación Cuellos de Botella	Benjamin Quino
U2590 - AGUAS AGRIAS	01-nov	21-nov	20	Reparación General	Felipe Hernandez
U650 - ESPECIALIDADES	05-nov	05-dic	30	Reparación General	Alexander Castro
U4300 -LADO FRIO	09-nov	24-nov	15	Cambio de Tuberia Critica	Carlos Zapata
U2250- POLI II	09-nov	19-nov	10	Preventivo Compresores y reactor	Humberto Rueda

 PLAN DE PARADAS DE PLANTA 2018-2022 Gerencia General Refinería Barrancabermeja Departamento de Programación de la Producción						
2018						
PLANTA	Fecha Inicio	Fecha final	Duración días		Obsevaciones	Frete Ejecutor
U4200 - UOP II	07-ene	03-mar	55		Reparación General	Mantenimiento Día a Día
Tea No7	07-ene	14-feb	38		Reparación General	
U4360 - AZUFRE III	07-ene	18-feb	42		Reparación General	
U3100 - Nueva Estación GLP	15-ene	01-mar	45		Inspección Balas SD3161-62	
U204 - TOPPING VRI	15-ene	23-ene	8		Decoquizado Hornos - Giro Carretas	Mantenimiento Día a Día
U4600 - TTO SODA N. VIRGEN	01-mar	21-mar	20		Reparación General	Paradas de Planta
U4750 - HIDROTRATAMIENTO DE GASOLINA	10-mar	29-mar	19	Intervención T4751 y cambio Catalizador SIU	Cambio Catalizador	Paradas de Planta
U1150 - HIDROGENO Y TTOS PARAFINAS	21-mar	25-abr	35		Reparación General	Paradas de Planta
U2200 - POLIETILENO I	25-mar	24-abr	30		Mantenimiento Preventivo	Paradas de Planta
U4600 - TTO SODA N. CRAQUEADA	01-abr	21-abr	20		Reparación General	Paradas de Planta
U4600 - TTO SODA JET	20-abr	10-may	20		Reparación General	Paradas de Planta
U2800 - VISCORREDUCTORA II	01-may	20-may	19	Evaluación frecuencia de las corridas y severidad	Decoquizado Hornos	Paradas de Planta
U2450 - TURBOEXPANDER	01-jun	07-jun	6		Parada Técnica	Mantenimiento Día a Día
U4100 - ETILENO II	01-jun	07-jun	6		Regeneración Catalizador	Mantenimiento Día a Día
U-2250 - POLIETILENO II	01-jun	01-jul	30	por Horas corridas desde ultima parada	Mantenimiento Preventivo	Paradas de Planta
U2500 - DEMEX	11-jun	13-jun	2		Pruebas funcionales (HIPS)	Mantenimiento Día a Día
U2600 - HIDROGENO (UBAL)	01-jul	16-jul	15	Por parada en junio deben definir tiempo de corrida	Intolerables (salida de Unibon por Instalación del R2653)	Paradas de Planta
U2650 - UNIBON	01-jul	16-jul	15		Instalación del R2653	Paradas de Planta
U2870 - TTO CON AMINA (UBAL)	01-jul	11-jul	10		Parada Técnica	Mantenimiento Día a Día
U2000 - TOPPING 2000	15-jul	24-ago	40		Reparación General	Paradas de Planta
U4650 - HIDROGENO (HDT)	23-jul	11-ago	19		Reparación General	Paradas de Planta
U4700 - HIDROTRATAMIENTO DE DIESEL	23-jul	11-ago	19		Reparación General	Paradas de Planta
U4800 - AZUFRE IV	23-jul	22-ago	30		Reparación General	Paradas de Planta
U4860 - AMINA HDT	23-jul	11-ago	19		Reparación General	Paradas de Planta
U204 - TOPPING VRI	01-ago	04-ago	3		Giro de Carretas	Mantenimiento Día a Día
U170 - Debutanizadora	01-sep	26-sep	25		Reparación General	Paradas de Planta
U470 - ACIDO	01-sep	01-oct	30		Reparación General	Paradas de Planta
U4840 - AGUAS AGRIAS	01-sep	13-sep	12		Parada Técnica	Mantenimiento Día a Día
U2590 - AGUAS AGRIAS	01-oct	13-oct	12		Parada Técnica	Mantenimiento Día a Día

Figura 67. Extracto del memorando de planeación de paradas de planta emitido por el Dpto. de planeación operativa de la GRB hacia planeación financiera. Adaptado de: Dpto. de economía y gestión GRB.

En términos generales se puede afirmar que el proyecto es sostenible puesto que están completamente asegurados y planeados los recursos que permiten mantener los activos en funcionamiento.

De las encuestas realizadas se puede afirmar, que los involucrados consideran de forma general que el proyecto es sostenible y la organización está comprometida con la sostenibilidad a largo plazo, sin embargo, se avizora un riesgo muy importante que puede llegar a afectar la sostenibilidad del proyecto y tiene que ver con la disponibilidad del gas actualmente en el país. En la figura siguiente se muestra el perfil de producción uno de los campos que proveen gas a la refinería y se aprecia como el decaimiento de la producción proyectada afecta directamente la generación eléctrica asociada. Para este caso es importante mencionar que la GRB, tiene un plan de reposición de gas que interconecta los campos del Magdalena Medio con los del piedemonte llanero para mantener la operación a lo largo del tiempo.

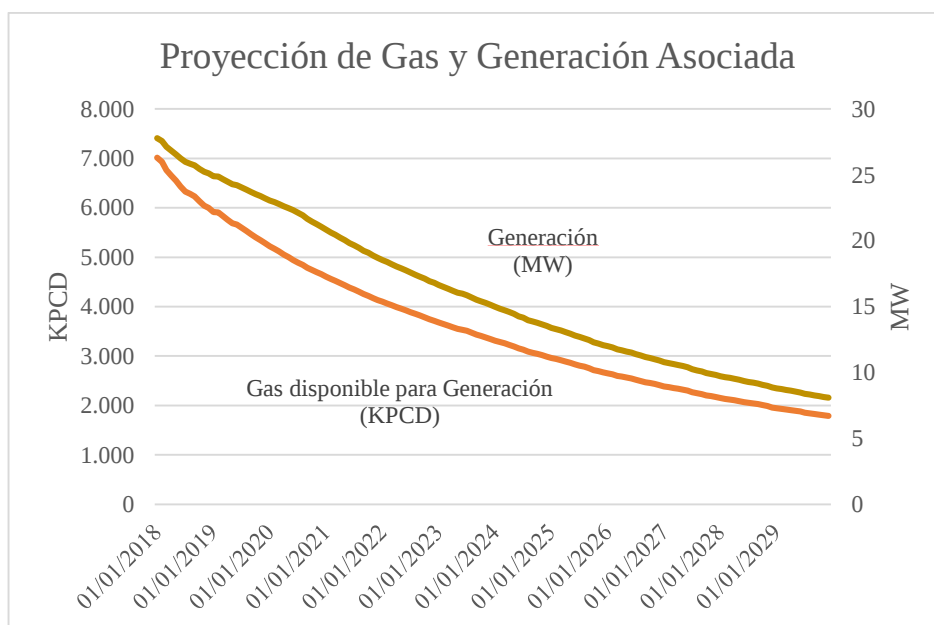


Figura 68. Relación entre el gas disponible y la generación de energía y vapor para uno de los campos que provee de gas a la GRB. Adaptado de: Datos de la gerencia de gas regional central.

7. Paso 4 - Conclusiones recomendaciones y lecciones aprendidas

7.1 Conclusiones

Como conclusión general se puede indicar que con base en los resultados de la presente evaluación el proyecto fue exitoso. A pesar que no todos los beneficios esperados fueron alcanzados como en el caso de los bonos de carbono MDL, en general los objetivos de reducción de emisiones si fueron alcanzados. Se resalta que se cumplió con los objetivos planteados a nivel de propósito y a su vez el proyecto está aportando al objetivo superior por parte de Ecopetrol de hacer el negocio de refinación más competitivo y rentable, el cuál es el “Fin” al cual contribuye el proyecto.

El estudio confirmó que luego de 3 años de operación los indicadores económicos muestran que el proyecto cumplió su propósito financiero, puesto que a pesar que los costos en las tres aéreas (Energía & Vapor, Agua, Aire), superaron lo estimado, los beneficios alcanzados por los productos del proyecto contrarrestan el mayor costo de la inversión y finalmente aseguran el éxito del proyecto.

A nivel de los 5 criterios evaluados se concluye:

1. El proyecto fue pertinente frente a las necesidades de los involucrados y beneficiarios, ya que impulsó una de los pilares de la estrategia empresarial de Ecopetrol como lo es el crecimiento rentable y sostenible.

2. El proyecto fue eficaz ya que logró los objetivos planteados en su propósito general sin embargo al revisar los objetivos específicos se concluye que alcanzo un 85,7% de eficacia puesto que no cumplió con algunos con los objetivos de reducción de captación de agua y drenajes al río. Esto hace que la calificación global de eficacia no sea totalmente exitosa.

3. El proyecto fue muy eficiente en algunos de sus productos tales como la repotenciación del TG2961 y no tan eficiente en otros como la unidad cogeneradora y la planta de agua. Lo anterior permite concluir que, dentro de los cinco criterios analizados, este es el más débil, ya que tanto en tiempo como en costo el proyecto excedió las estimaciones sin embargo el éxito en sus beneficios, salvaron finalmente los resultados del mismo.

4. En cuanto al criterio impacto el proyecto aportó los impactos directos esperados, tanto a nivel técnico (incremento en la confiabilidad y disponibilidad de los servicios industriales), como a nivel socioeconómico ya que fue una fuente de desarrollo para el municipio de Barrancabermeja. Estos impactos son plenamente reconocidos el interior de la refinería y en la población en general del municipio.

5. A nivel del criterio de sostenibilidad se confirma que el proyecto es plenamente sostenible ya que cuenta con planes concretos y rigurosos de operación y mantenimiento sin embargo, a nivel de insumos se mantiene el riesgo que los perfiles de gas producidos por Ecopetrol siguen manteniendo la tendencia a la declinación, lo cual se convierte en una amenaza y hace necesario que Ecopetrol estimule la búsqueda de nuevas fuentes de gas no solo para la generación eléctrica sino para los procesos en general de la refinería.

La conclusión más sobresaliente del presente estudio tiene que ver con la capacidad de gestión de la compañía frente a proyectos de esta magnitud. En el presente estudio se demuestra que Ecopetrol y su vicepresidencia de proyectos poseen una alta capacidad de planeación, sentada en la formación estructurada de su personal, sin embargo cuando los proyectos entran a ejecución sufren significativas modificaciones y cambios que impactan de manera directa el logro de los objetivos o como en este caso se introducen cambios sobre la marcha que afectan la gestión de las variables principales como tiempo, costo e inclusive puede llegar a afectar la calidad.

De igual manera se encontró que los proyectos son fuertemente influenciados por los involucrados tanto del negocio como del área financiera, esto causó que la toma de decisión fuera lenta y los requisitos para manejo y administración de los recursos fueran complicados y poco efectivos, lo que afectó en este caso el logro de una mejor eficiencia global del proyecto. Como conclusión final se puede afirmar que la compañía tiene una alta capacidad para la formulación y planeación de proyectos sin embargo tiene muchas oportunidades de mejora en su capacidad de gestión durante ejecución entrega y cierre final de los mismos.

7.2 Recomendaciones

A pesar de las dificultades que supone la gestión de los involucrados al interior de Ecopetrol, es totalmente necesario que los equipos de proyecto se enfoquen en lograr la mejor sinergia posible con las áreas operativas (Operación y Mantenimiento) y transversales (Abastecimiento, Jurídica, Financiera), puesto que en Ecopetrol esto es un factor fundamental para el desempeño y éxito de los futuros proyectos que realice la compañía. La recomendación está encaminada a

crear mecanismos que permitan el engranaje de todas las áreas con los proyectos, creando a su vez conciencia de la importancia de los mismos para el crecimiento y rentabilidad de la compañía.

Dentro de los factores críticos de éxito es muy importante resaltar que las interrelaciones con la comunidad (sindicato, mano de obra local, bienes y servicios), son parte fundamental para el buen desarrollo de los proyectos, más aún en un área altamente conflictiva como lo es Barrancabermeja, Por lo tanto, se recomienda darle tratamiento prioritario estos aspectos sociales.

Con base en los resultados de la expost se recomienda que las empresas que contrata Ecopetrol para apoyar la gestión de los proyectos, posean un mayor nivel de conocimiento y experiencia, de manera que aporten al desarrollo de los proyectos no solamente realizando trabajo operativo, sino que aporten nuevas ideas y estrategias para mejorar el desarrollo de los mismos. Esto significa un mejor proceso de selección para escoger el aliado idóneo para la maduración y ejecución de los proyectos.

7.3 Lecciones aprendidas

Todas la evaluaciones expost buscan dentro de sus objetivos recopilar lecciones aprendidas que impulsen a las directivas o encargados de las áreas de proyectos a idear o implementar acciones para el mejoramiento de los procesos de formulación, maduración y ejecución de proyectos, para el caso del PMSI el cual fue un proyecto que abarcó todas las áreas de conocimiento desde su concepción hasta su cierre, se podría enumerar una gran multitud de

lecciones en todas estas áreas, sin embargo, hemos tratado de reunir las más significativas en cada área y que puedan ser relevantes para el mejoramiento de los proyectos en Ecopetrol.

A continuación, se enuncian las lecciones aprendidas que se han recopilados a lo largo de este estudio las cuales de acuerdo con la metodología utilizada pueden ser incluidas en las bases de datos de los procesos de gestión de proyectos que se llevan a cabo en la vicepresidencia de proyectos de Ecopetrol. Las lecciones a continuación se seleccionaron teniendo en cuenta el impacto que causaron a las dos variables principales del estudio (Tiempo y Costo) y están enfocadas a la mejora en la gestión de estas dos variables.

1) Etapa de Pre-inversión

LECCIONES APRENDIDAS PMSI				
ITEM	ETAPA	AREA	LECCIÓN APRENDIDA	CONSECUENCIA
1	Pre inversión	Gestión del proyecto	Generar espacios de desarrollo del equipo del Proyecto, que permita interiorizar habilidades de interrelación positiva con las áreas transversales.	Puntajes satisfactorios durante evaluaciones de nivel de definición del proyecto, mínima generación de brechas con otras áreas.
2	Pre inversión	Ingeniería	La aplicación de ingeniería y la adecuada selección de la tecnología requerida en el proceso constructivo permite optimizar tiempo durante la ejecución.	La adecuada logística previa a las actividades apalancaron hitos relevantes del Proyecto.
3	Pre inversión	Ingeniería	Asegurar la información de la operación para definir adecuadamente la ingeniería	Se presentaron retrasos en la ingeniería y cambios durante la ejecución.
4	Pre inversión	Ingeniería	Asegurar la revisión periódica de la ingeniería por parte de la operación durante la etapa de diseño	Se presentaron retrasos en la ingeniería y cambios durante la ejecución por no contar con las revisiones adecuada y personal dedicado por parte de operaciones.
5	Pre inversión	Abastecimiento	Definir y ejecutar planes de preservación de equipos para evitar deterioro temprano antes de la puesta en marcha	Se presentaron daños en algunos equipos que represento sobre costos para su reparación.
6	Pre inversión	Gestión del proyecto	Asegurar la aprobación de compras tempranas para equipos de larga entrega	Se subestimo por parte de abastecimiento el tiempo de entrega de los equipos mayores los cuales se extendieron en tiempo causando atraso en la construcción.
7	Pre inversión	Planificación	Se debe lograr un cronograma detallado con recursos humanos y materiales	Se presentaron deficiencias en la programación de actividades por fallas en el PDT del proyecto.
8	Pre inversión	Gestión del proyecto	Asegurar la socialización con todas las áreas de Ecopetrol y otros proyectos en curso sobre el cronograma y alcance del proyecto	Se presentaron interferencias con otros trabajos en la refinería y con otros proyectos que impactaron el cronograma del PMSI.
9	Pre inversión	Gestión del proyecto	Se utilizó adecuadamente las herramientas para intercambio de información (Webex, Icarus, sharepoint entre otros)	Las herramientas intercambio de información fueron utilizadas de forma acertada lo que facilitó el desarrollo de las ingenierías y la aprobación de los entregables.
10	Pre inversión	Gestión del proyecto	Buena decisión de seccionar el proyecto por áreas para aprobación	A pesar que al seccionar proyecto por áreas para su aprobación extendió el tiempo total del proyecto, esto permitió ejecutar en adelanto áreas que no tenían indefiniciones con lo cual se logró que los beneficios del proyecto se adquirieran de forma temprana.

2) Etapa de Inversión

LECCIONES APRENDIDAS PMSI				
ITEM	ETAPA	AREA	LECCIÓN APRENDIDA	CONSECUENCIA
1	Inversión	HSE	Asegurar el acompañamiento permanente en la aplicación del Modelo HSE y tomar siempre las lecciones aprendidas de actividades o proyectos similares.	Por Incidentes ocurridos se crearon campañas en el proyecto PMSI que generaron un marcado cambio de cultura hacia el autocuidado, por parte de los trabajadores del contratista ejecutor.
2	Inversión	Adquisiciones	Garantizar la asistencia de personal del fabricante de los equipos, durante las actividades de arranque.	Preservación adecuada de equipos previa al arranque. Arranque adecuado de los equipos. Transferencia de conocimiento al personal de operaciones en arrancada.
3	Inversión	Operaciones	Mantener una estructura de control de Gestión, clara a nivel Operativo, tactico y Estratégico; que apalanque las actividades críticas a realizar.	Expedición oportuna de los permisos de trabajo para evitar improductividades. Entendimiento sobre que el proyecto atiende una necesidad operativa, para lo cual requiere un apoyo de todas la areas.
4	Inversión	Gestión social y de entorno	La practica de pago de bonificaciones por rendimientos para, genera ambiente de aparente desigualdad salarial con el resto de cargos.	Anormalidad laboral ocasionada por otras especialidades bajo el argumento de igualdad en aspiraciones salariales originando atrasos en el cronograma.
5	Inversión	Planeación	Asegurar una adecuada definicion del alcance durante las etapas tempranas del proyecto	Nuevo alcance durante la etapa de ejecución como sucedió con la conexión al SIN.
6	Inversión	Riesgos	asegurar el tratamiento adecuado de los riesgos del proyecto, para visualizar cambios en la normativa que afecten los resultados	Pérdida de valor en el mercado de los bonos de carbono por cambio de normativa que reducen los beneficios económicos del proyecto.
7	Inversión	HSE	Asegurar acciones de mitigacion por cambios en las normativas nacionales en los temas de HSE y salud ocupacional.	Impacto en la productividad y rendimiento de las actividades del proyecto debido a cambios en normativas, procedimientos que generen atrasos en el plazo y aumento en el costo del proyecto.
8	Inversión	Gestión social y de entorno	Asegurar en las estimaciones del proyecto como contingencia el posible cambio en los contratos por actualización de las politicas de convención colectiva de trabajo.	Incremento en el valor de los contratos del proyecto, debido al aumento de los salarios con ocasión de los ajustes pactados en la Convención Colectiva de Trabajo vigencia 2011 – 2014.
9	Inversión	Adquisiciones	Adelantar una adecuada gestión de proveedores y contratistas para mitigar retrasos asociados a incumplimiento de los plazos contractuales	No disponibilidad de las obras electricas por atrasos del contratista en los trabajos electricos, impactando en costo y tiempo el Proyecto.
10	Inversión	Adquisiciones	asegurar los contratos con firmas internacionales con tarifas claras y definidas para evitar sobre costos durante la ejecución	Mayores tiempos de ejecución para la asistencia técnica de los equipos mayoreslos tiempos pactados no fueron cerrados , lo cual genero atrasos en la puesta en servicio de los equipos.
11	Inversión	Construcción	Mantener constante el flujo de información entre Ingeniería, Proveedores y Construccion	Se presentaron retrasos en la ejecución por inadecuado entendimiento entre Ingeniería, proveedores y contratista ejecutor.
12	Inversión	Abastecimiento	Mantener constante el flujo de información entre Ingeniería y abastecimiento	Se presentaron retrasos en los procesos de compra por inadecuado entendimiento entre Ingeniería, y proveedores con respecto a las especificaciones tecnicas.
13	Inversión	Ingeniería	Evaluar dentro de los riesgos el incremento en los costos del proyecto por cambios derivados de la ingeniería de detalle.	Se presentaron cambios en la ingeniería de detalle que afectaron las estimaciones de costos e incrementaron el costo del proyecto.
14	Inversión	Abastecimiento	Contar con un equipo adecuado en cantidad y calidad para la gestión de adquisiciones	en determinados momentos del proyecto la carga laboral del equipo de abastecimiento no logro ejecutar las actividades en los plazos establecidos causando retraso en cronograma
15	Inversión	Control de Proyecto	Se debe asegurar un adecuado control de obra y recursos	Se presentaron deficiencias en el control de obra por parte de los interventores y falles en la programación de actividades que produjo retraso en el inicio de actividades claves.
16	Inversión	Gestión del proyecto	Se debe mejorar el tiempo de aprobación de los cambios por parte de las áreas trasversales	En varias ocasiones se demoraron la aprobaciones de los cambios lo que significó impacto en la construcción de las obras.
17	Inversión	Gestión del proyecto	A nivel de Ecopetrol y sus relaciones sindicales se debe mejorar la productividad ya que se ve afectada por acciones sindicales desmedidas	La productividad en la ejecución de obras se afecto notablemente por las acciones sindicales a cargo de los sidicatos de Ecopetrol.

3) Etapa de Cierre

LECCIONES APRENDIDAS PMSI				
ITEM	ETAPA	AREA	LECCIÓN APRENDIDA	CONSECUENCIA
1	Cierre	Gestión de la información	Asegurar que se tenga la información del Proyecto en un repositorio de información para acceso y actualización constante por cada miembro del Equipo del Proyecto.	Mayor tiempo para cierre técnico del proyecto.
2	Cierre	Gestion de cierre	Asegurar en el perfil contratado del especialista ejecutor, su responsabilidad y gestión en el proceso de cierre.	Afectación al cumplimiento del tiempo de ejecución contractual en cuanto a esta actividad.
3	cierre	planificación	Definir de manera detallada los tiempos para los procesos de cierre.	se incumplieron los hitos de cierre puesto que el tiempo estimados para cierre técnico y administrativo fue subestimado.

Figura 69. Recopilación de Lecciones Aprendidas proyecto PMSI. Adaptado: Documentos e informes del proyecto 2009 - 2016

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Barrancabermeja. (2009). Página oficial. Disponible en: www.barrancabermeja.gov.co
- Alfaro Carvajalino, A. L. (sf). La evaluación expost en Colombia. Escuela superior de administración pública “ESAP” Bogotá.
- Arias Chipana, D. K. (2016). Evaluación ex post del proyecto “luces para aprender pero” desarrollado en el departamento de Cajamarca en los años 2012-2014. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ariza Bachiller, J. (2009). La evaluación expost como instrumento de aprendizaje y gestión de proyectos ambientales, caso botadero de Mondoñedo. Universidad de la Salle Bogotá.
- Cámara de Comercio de Barrancabermeja. (2016). Revista Barrancabermeja en cifras, alcaldía de Barrancabermeja.
- Consorcio CISC. (2016). Informes finales de ejecución Proyecto Plan maestro de Servicios Industriales. Barrancabermeja.
- Departamento Nacional De Planeación – DNP. (2004). Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión, Grupo asesor de programas y proyectos de inversión pública.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2017). Dirección de inversiones. Guía para construcción de la cadena de valor.
- Dsenana Begovac. (2005). What aspects are important in an ex-postinvestment evaluation? University of Goteborg.

Ecopetrol. Página oficial. Disponible en: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/>

Escuela de Organización Industrial. Página oficial. (sf). Disponible en: <https://www.eoi.es/es/programas/programas-postgrado>

Estrada, N. (2015). Análisis de la gestión de proyectos

Gobierno de Chile. Ministerio de Hacienda Dirección de Presupuestos. (2015). Evaluación Ex-Post: Conceptos metodologías. División de control de gestión. Chile.

González Lara. (2000). La evaluación ex-post o de impacto. Facultad de Ciencias Económicas. Bilbao.

Medianero Burgas, D. (2012). Metodología de la Evaluación expost.

Morín Maya, E. (2017). Elementos a considerar para la preparación y elaboración de la evaluación expost de proyectos de inversión. Ciudad de México.

Navarro, H. (2006). Pauta metodológica de evaluación de impacto ex-ante y ex-post de programas sociales de lucha contra la pobreza. Aplicación metodológica. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y social – ILPES. Área de proyectos y programación de inversiones. Chile.

PMBOK® Guide – Sixth Edition. (2017). Disponible en: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

Project Management Insitute – PMI. (2017). Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Sixth Edition.

Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). (2012). Pautas generales para la evaluación de proyectos de inversión Pública. Agencia de cooperación internacional del Japón.

Tovar Olano, Á. (2011). Elaboración de la evaluación ex post para proyectos de consultoría e interventoría técnica, administrativa, contable y ambiental. Universidad EAFIT.

Vera, P. (1997). Guía metodológica para la evaluación expost de proyectos. Instituto Latinoamericano y del caribe de planificación económica y social. ILPES.

Zapata Rendón, N. (2013). Marco conceptual y metodología general de la evaluación expost de proyectos de inversión pública. Ministerio de economía y finanzas. Perú.

Apéndices

Apéndice A. Encuestas realizadas a los involucrados del proyecto

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI				
NOMBRE COMPLETO: <i>Martín Quintero Montaña</i>	CARGO O ROL EN EL PROYECTO: <i>Lider Ingeniería</i>			
AREA O UNIDAD TRABAJO: <i>PMSI Ingeniería</i>				
1) Totalmente en desacuerdo 2) En desacuerdo 3) De acuerdo 4) Totalmente de acuerdo	1	2	3	4
El nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto				X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos: <i>1. Disminuir las emisiones CO₂ en 340000 ton/año</i> <i>2. Disminuir consumo Gas 15%</i> <i>3. Reducción de costos de operación y mantenimiento</i>				X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos				X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara				X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto? <i>1. Salieron de Operación varios equipos disminuyendo el mnto y costos operación.</i> <i>2. Disminuyó el consumo real de gas de la Refinería.</i> <i>3. Al disminuir el consumo de gas se redujeron emisiones.</i>			X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos			X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto			X	
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios				X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas: <i>1. Se reemplazó la instalación de un turbogas por el revamping de otro. 2. Se eliminó el diesel como combustible alternativo. 3. Se aplicó avance solicitado por áreas operativas.</i>			X	
Su opinión en general del proyecto es positiva				X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización			X	
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.			X	
CRITERIO DE PERTINENCIA			X	
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol				X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta: <i>1. La optimización energética de la Refinería y la reducción de emisiones de gases efecto invernadero en línea con los objetivos estratégicos Ecopetrol.</i>				X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol			X	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente			X	
CRITERIO DE EFICACIA				
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio.		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios			X	
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: <i>1. Vinculación del área operativa desde el inicio del proyecto, entrenamiento intensivo. 2. Aplicación del modelo de cambio organizacional MCC.</i>				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia: <i>Alineación de la contratación con la WBS recursos asignados por WBS y bajados a nivel de PDT.</i>			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución			X	
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Si mencione uno: <i>Se mejoró la confiabilidad eléctrica de la Refinería.</i>			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				X
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:			X	
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos: <i>La Refinería ha planteado nuevas iniciativas para mejorar la eficiencia energética.</i>			X	
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <u>Alfredo Rodriguez</u>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO:			
AREA O UNIDAD TRABAJO: <u>PMSI Construcción</u>		<u>Lider construcción</u>			
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interes del negocio en el proyecto fue alto				X	
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:				X	
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos				X	
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto?					X
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X	
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:				X	
Su opinión en general del proyecto es positiva				X	
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X	
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta:					X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinaria y/o Ecopetrol				X	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X	
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios			X	
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una:				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución		X		
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es SI mencione uno:			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				X
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:		X		X
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:			X	
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <u>Leonardo Orseda</u>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO: <u>Lider Electrico PMSI</u>			
AREA O UNIDAD TRABAJO: <u>Equipo del Proyecto GCP</u>					
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interes del negocio en el proyecto fue alto				X	
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:					X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos				X	
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto? <u>1) Reducción de emisiones</u> <u>2) Mejor Con Fiabilidad en SIPET</u> <u>3) Distribución en camiones de gas</u>				X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto					X
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas: <u>1) Cambios de alcance</u> <u>2) Retrasamiento de la ejecución</u>					X
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X	
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol				X	
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta:				X	
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol				X	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente					X
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio			X	
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios				X
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: <i>Manejo del cambio</i> <i>2) gestión del proyecto</i>				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?				X
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia: <i>estricto y riguroso en el manejo de maduración</i>			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.				X
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución			X	
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución			X	
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es SI mencione uno: <i>cambio de alcance TG2961</i>				X
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente			X	
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:		X		
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:				X
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <i>Alcibíades Delgado</i>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO: <i>Líder mecánico</i>			
AREA O UNIDAD TRABAJO: <i>PMSI mecánico</i>					
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto					X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:					X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos					X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto?				X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X	
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:				X	
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización				X	
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X	
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta:					X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol				X	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X	
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios			X	
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una:				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:			✓	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución		X		
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Sí mencione uno:			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.				X
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			✓	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente			X	
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:			X	
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:				X
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto				X
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <i>Jose Luis Rodriguez Lopez</i>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO:			
AREA O UNIDAD TRABAJO:					
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
El nivel de involucramiento e interes del negocio en el proyecto fue alto				X	
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos				X	
Enumere 3 Requisitos: <i>Excalencia operacional</i> <i>Generacion de Margen de Rentabilidad (Horno) en consumo de gas</i> <i>Incremento de Rentabilidad</i>				X	
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos					X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto? <i>Construcción de VPIRO / Cogeneración.</i>					X
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto					X
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:					
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.					X
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta: <i>Aumento de Confianza de Equipo, Maximización de eficiencia y minimización de Impacto ambiental en la Generación de S.I. de la GE</i>					
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol			X		
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente					X
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio	X			
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios				X
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: <i>Tuvo Garancia del Proyecto PMC Contratos EPC - Open book</i>				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia: <i>Libro abierto para estimar costos según resultados de Ingeniería</i>			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución			X	
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución			X	
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es SI mencione uno: <i>Disminución del consumo energético por reducción de Emisiones de CO2 (341.000) Ton/año</i>			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.				X
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente			X	
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:	X			
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto				X
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos: <i>Racionalización de activos con el sustituirse de 9 calderas y 8 Turbinas</i>				X
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto				X
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: Camilo Castillo			CARGO O ROL EN EL PROYECTO:		
AREA O UNIDAD TRABAJO: PMSI Civil			Lider Civil		
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interes del negocio en el proyecto fue alto				X	
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:				X	
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos					X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto?				X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X	
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:					X
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización				X	
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X	
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta:					X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol				X	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X	
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios				X
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una:			X	
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?				X
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución		X		
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Si mencione uno:			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				X
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:				X
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto				X
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:			X	
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <i>Adalberto Barba</i>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO: <i>líder interventoria</i>			
AREA O UNIDAD TRABAJO: <i>PMSI interventoria</i>					
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto					X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:					X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos					X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto?				X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X	
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios				X	
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:				X	
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X	
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta:					X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol				X	
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X	
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio	X			
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios			X	
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una:			X	
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución	X			
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Si mencione uno:			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.				X
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente			X	
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:			X	
La organización esta comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:				X
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			f	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: Gissela Ospino Orozco		CARGO O ROL EN EL PROYECTO:			
AREA O UNIDAD TRABAJO: Programación		Técnica Programación			
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto					X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos					X
Enumere 3 Requisitos: Construir una nueva planta de agua centralizada para toda la refinería, unidades de cogeneración y suministro e instalación de generador contrapresión					X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos.					X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto					X
Mencione alguna evidencia al respecto? se construyó la nueva planta de agua para toda la refinería con tecnología UF/RO.					X
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto					X
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto.					
Mencione algunas: se presentó impacto en tiempo debido a las múltiples emergencias operacionales ocasionadas por la planta de ácido.				X	
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.					X
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio					
Explique la respuesta: En el caso del proyecto agua se cumplió con el objetivo de entregar una planta de agua centralizada para la refinería con una nueva tecnología que disminuyó el uso de químicos.				X	
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol			X		
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente					X
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios				X
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: <i>En el caso del proyecto agua, fue amigable con el medio ambiente porque con la tecnología se evitaba el uso de químicos.</i>				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?				X
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia: <i>Se contrató un PMC que llevó la labor de consultoría para el proyecto y ayudó con su rol de interventoría al contratista ejecutor.</i>			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.				X
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución			X	
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución			X	
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Si mencione uno: <i>Emergencias operacionales que impactaron en el tiempo de ejecución del proyecto.</i>			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				X
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:		X		
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos: <i>La calidad del agua tanto potable como para el uso industrial</i>				X
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI				
NOMBRE COMPLETO: <i>Sergio Aza Pedraza</i>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO:		
AREA O UNIDAD TRABAJO: <i>Contralista PMC</i>				
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo			4
El nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto				X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos: <i>- Mejorar confiabilidad de S. Industriales</i> <i>- Optimizar costos insumos de S. Ind.</i>				X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos				X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara				X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto?				
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos			X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios				X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:				
Su opinión en general del proyecto es positiva				X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización				X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X
CRITERIO DE PERTINENCIA				
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol				X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta: <i>Los objetivos estaban alineados con las mejoras requeridas en Servicios Industriales.</i>				X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol				
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X
CRITERIO DE EFICACIA				
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios			X	
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: - Nivel de Inversión - Interacción de diferentes Áreas.			X	
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?				
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia: - Metodología Libro Abierto			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución				
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Si mencione uno: + Mejora Procesos Industriales - Mayores tiempos de Llegada Equipos			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.				
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente			X	
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:		X		
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto.			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:			X	
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto				
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <u>Hector Alfredo Fuentes Pinzón</u>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO: <u>Prof Control y costos</u>			
AREA O UNIDAD TRABAJO: <u>PMC - Control Proyecto</u>					
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
EL nivel de involucramiento e interes del negocio en el proyecto fue alto					X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos					
Enumere 3 Requisitos: <u>* Alcance por la necesidad de optimizar los servicios industriales</u> <u>* Losso: Se realizó proceso de maduración incluyendo imp. Boleinas, que permitieron</u> <u>minimizar incertidumbres y que los costos sean más competitivos a nivel Proyecto</u> <u>* Costos: Se estableció el PIZPA - Presupuesto de cada Sistema: Agua, Aire, Vapor</u>				X	
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos				X	
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara				X	
Se cumplieron los objetivos del proyecto					
Mencione alguna evidencia al respecto? <u>Se aumentó la confiabilidad eléctrica de la GAB</u> <u>con la instalación de una unidad de cogeneración conformada por un Turbo</u> <u>Generador de 35 MW y una caldera HESG de 400113/Hr</u>				X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X	
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios				X	
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto.					
Mencione algunas: <u>* Reubicación de Plots y construcción EPC Agua</u> <u>* Cambio de requerimientos de HSE, E&E</u> <u>* Pesos y densidades estimados de equipos mayores una vez definidos</u> <u>los requerimientos EPC E&E</u>				X	
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.					X
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol				X	
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio					
Explique la respuesta: <u>Aunque no soy experto, a mi criterio hayse tiene una refinación</u> <u>mayor eficiencia y confiabilidad de los servicios industriales en la GAB, por citar</u> <u>un ejemplo, hoy tenemos la GAB interconectada al STN de 230KV y gracias a la SEMH</u> <u>lo que lo hace confiable y un punto de partida a un nuevo caso de negocio (Energía Eléctrica)</u>				X	
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinaria y/o Ecopetrol		X			
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X	
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X	

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios			X	
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: El PMSI marcó la pauta en aseguramiento de componentes de personal en la ejecución de las obras, minimizando riesgos de accidentalidad de personas y de daño a la propiedad			X	
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia: Se fue implementando histograma de recursos para personal/equipos requeridos en el tiempo. Implementación de nuevas tecnologías, transferencia de conocimiento al personal de Servicios Industriales, capacitación en la operación de equipos de última tecnología			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución			X	
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución			X	
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es Si mencione uno: Emergencias operacionales generaron impactos en costo para el EPC Agua, HIRE, E&V.			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas: No tengo conocimiento específico, pero por mi rol, no tengo seguimiento posterior a la puesta en marcha, pero a lo anterior, no se escuchan comentarios referentes a dificultades en beneficios		X		
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto			X	
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos: → la calidad de agua entregada por la planta UPD a la refinación → la capacidad de generación de energía eléctrica por la CEB y su interconexión con el STN por futuras formas de energía *			X	
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

* STN: Sistema de transmisión nacional, se construyeron dos alimentadores para interconexión del anillo de 34,5KV de la GRB con la subestación Magdalena medio con lo que se hace interconexión al STN (de 230KV) haciendo posible un plus de confiabilidad.

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI				
NOMBRE COMPLETO: <u>Alberto Camargo Sánchez</u>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO: <u>Lider de Control</u>		
AREA O UNIDAD TRABAJO: <u>PMSI Especialidad electrónica</u>				
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo			4
El nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto				X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:				X
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos				X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara				X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto?				X
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos			X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto				X
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios				X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas:				X
Su opinión en general del proyecto es positiva				X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización				X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.				X
CRITERIO DE PERTINENCIA				
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol				X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta:				X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol				X
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente				X
CRITERIO DE EFICACIA				
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?				X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio		X		
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios				X
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una:				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:			X	
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.			X	
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución		X		
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución		X		
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es SI mencione uno:			X	
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				X
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios Mencione algunas:				X
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto				X
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos:			X	
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE ÉXITO DEL PROYECTO PMSI					
NOMBRE COMPLETO: <i>Elkin Darío Piña Carreño</i>		CARGO O ROL EN EL PROYECTO:			
AREA O UNIDAD TRABAJO:					
1) Totalmente en desacuerdo	3) De acuerdo	1	2	3	4
2) En desacuerdo	4) Totalmente de acuerdo				
El nivel de involucramiento e interés del negocio en el proyecto fue alto					X
Los requisitos que dieron origen al proyecto PMSI fueron claros y bien definidos Enumere 3 Requisitos:					
Los objetivos y métricas utilizadas durante la gestión del proyecto fueron claros y bien definidos					X
La relación entre los objetivos planteados y el problema a solucionar fue clara					X
Se cumplieron los objetivos del proyecto Mencione alguna evidencia al respecto? <i>Planta de Agua Centralizada para toda la GDA construida y en funcionamiento</i>				X	
El desarrollo del proyecto en tiempo y costo favoreció el cumplimiento de los objetivos				X	
El cumplimiento de objetivos fue efectivo hacia el logro de la situación pretendida con el proyecto					X
Los productos o servicios que entregó (o está entregando) el proyecto son los esperados por los beneficiarios					X
Se presentaron variaciones importantes durante el desarrollo del proyecto. Mencione algunas: <i>- cambio de Salario Legal a conveniomb</i> <i>- Necesidad de Compra de un Motor del 162961</i>					X
Su opinión en general del proyecto es positiva					X
El Proyecto ha dejado lecciones aprendidas hacia la mejora de futuros proyectos en la organización					X
El PM y el equipo que laboró en el proyecto tuvo un buen desempeño y cumplió las expectativas de la organización.					X
CRITERIO DE PERTINENCIA					
Lo realizado por el proyecto respondió a las necesidades y expectativas de Ecopetrol					X
Los objetivos del proyecto fueron pertinentes a las necesidades del negocio Explique la respuesta: <i>Existían antes del proyecto, problemas reales de confiabilidad en la generación de los servicios Industriales</i>					X
Falto considerar otros puntos en el alcance que eran necesarios para la refinería y/o Ecopetrol		X			
El impacto del proyecto a tres años de terminado responde a las necesidades de Ecopetrol actualmente					X
CRITERIO DE EFICACIA					
El proyecto alcanzó los objetivos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X
El proyecto alcanzó los impactos esperados en el negocio de refinación de Ecopetrol?					X

El proyecto tuvo dificultades para que no se hayan logrado todos los impactos esperados por el negocio	X			
El impacto del proyecto ha llegado a todos los beneficiarios				X
El PMSI tuvo características particulares que marcaron la diferencia con otros proyectos Mencione al menos una: - Confirmación de Equipo / Competencias - Estrategia de Ejecución / Disciplina en el modelo mad				X
CRITERIO DE EFICIENCIA				
El proyecto aportó recursos para que se logren mejores resultados en los proyectos futuros?			X	
El proyecto utilizó estrategias para asegurar el uso adecuado de los recursos durante la maduración y ejecución. Mencione alguna estrategia:				
Los resultados obtenidos por el proyecto se lograron en términos de calidad y cantidad requeridas.				X
El proyecto fue eficiente en tiempo durante su maduración y ejecución			X	
El proyecto fue eficiente en costo durante su maduración y ejecución				X
CRITERIO DE IMPACTO				
El proyecto obtuvo impactos positivos y/o negativos imprevistos Si la respuesta es SI mencione uno: - Necesidad de cambio del Rotor del 762961				X
El proyecto alcanzó los impactos financieros esperados al negocio o a los beneficiarios.			X	
El proyecto alcanzó los impactos técnicos esperados al negocio o a los beneficiarios.				X
CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD				
Los beneficios dejados por el proyecto continúan actualmente				X
El negocio ha tenido dificultades para continuar aprovechando estos beneficios. Mencione algunas:	X			
La organización está comprometida para la sostenibilidad del proyecto				X
Se pueden observar cambios claros generados por el proyecto en la organización Mencione algunos: Proceso de manejo del cambio organizacional para el Dpto. de SIREF por la puesta en marcha de la US100				X
Se puede medir el cambio de la situación de la organización antes y luego del proyecto			X	
TOTALES				

Apéndice B. Matriz de marco lógico

RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES DE VERIFICACIÓN	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN			
Contribuir a mejorar los márgenes de refinación de la GRB, disminuir las pérdidas económicas por paradas de planta no programadas y minimizar impactos ambientales derivados de la generación de los servicios industriales	Medición mensual del margen de refinación. Medición de indicadores ambientales exigidos por la autoridad ambiental.	Informes a la autoridad ambiental Indicadores Solomon medidos en la GRB	El proyecto logra los objetivos trazados en su proposito
PROPOSITO			
Sistema de servicios industriales confiables, disponibles y eficientes, acordes con las necesidades de las plantas de proceso de la GRB.”	1) Incremento de la confiabilidad de los SI desde 91 % evaluado en 2008, a 95% luego de la entrada en operación del PMSI 2) Incremento del factor de disponibilidad de plantas de SI de 90% en 2008 a 96% luego de entrada en operación 3) Disminución del impacto ambiental y costos por combustible al reducir en 15 % el consumo de gas en las plantas de generación de SI.	Informe Final del Proyecto Evaluación Expost	Se define adecuadamente las estrategias de ejecución Se logra una adecuada definición y maduración del alcance. Se logra una adecuada ejecución de las obras. Se cuenta con los recursos financieros necesarios se logra cumplir los objetivos de confiabilidad, disponibilidad, capacidad e impacto ambiental.
PRODUCTOS			
Sistema de generación de energía TG2961 repotenciado	30% de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica, para llevar el turbogas TG2961 de 24 a 31 MW.	Informes del centro de control de potencia de la GRB reportes anuales de confiabilidad eléctrica	Formulación y maduración del proyecto adecuada con una acertada definición de alcance que permite alcanzar los objetivos trazados en el área de energía. Acertada gestión de involucrados.
Sistema de generación de energía de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable eficiente.	30 % de aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica. Para aumentar en 35MW la generación en la refinería. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).	Informes del centro de control de potencia de la GRB reportes anuales de confiabilidad eléctrica	Formulación y maduración del proyecto adecuada con una acertada definición de alcance que permite alcanzar los objetivos trazados en el área de energía. Acertada gestión de involucrados.
Sistema de generación de vapor de la GRB disponible con mayor capacidad, confiable eficiente.	20 % de aumento en la capacidad de generación de Vapor. Para aumentar en 750 Klb/h la generación de vapor. Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15 % de Ahorro en combustible (Gas).	Informes de operaciones y planeación de la producción. Informes del estudio de indicadores SOLOMON	Formulación y maduración del proyecto adecuada con una acertada definición de alcance que permite alcanzar los objetivos trazados en el área de vapor. Acertada gestión de involucrados.

Nuevo sistema de tratamiento de agua con capacidad mejorada y disponibilidad para las condiciones requeridas	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 10 % de incremento de producción de agua. (3500 Gpm)	Informes de operaciones y planeación de la producción. Informes del estudio de indicadores SOLOMON	Formulación y maduración del proyecto adecuada con una acertada definición de alcance que permite alcanzar los objetivos trazados en el área de agua. Acertada gestión de involucrados.
Compresores existentes repotenciados y 5 nuevos compresores de aire en servicio, confiable y disponible.	Mejora en la confiabilidad y disponibilidad de planta a los niveles esperados de 95%. 15% de incremento en capacidad de producción de aire. (2000 PCM)	Informes de operaciones y planeación de la producción. Informes del estudio de indicadores SOLOMON	Formulación y maduración del proyecto adecuada con una acertada definición de alcance que permite alcanzar los objetivos trazados en el área de aire.
Proyecto desarrollado con la rigurosidad y los estándares de calidad requeridos en la gestión de proyectos de Ecopetrol.	Desviación en tiempo y costo entre 0,9 – 1,1 como índice final de desempeño.	Informe final del proyecto	Seguimiento y control adecuado del proyecto para controlar su desempeño.
ACTIVIDADES			
Compra e instalación de 1 turbogenerador a gas con capacidad de diseño de 35 MW	Turbogeneradores instalados y en servicio	Informes del centro de control de potencia de la GRB	Contratista de ejecución de obra idóneo técnicamente y con la capacidad financiera necesaria para llevar a acabo el proyecto en área cogeneración
Compra e Instalación de una caldera recuperadora de calor “HRSG” con post combustión, con capacidad de diseño 400 klb/h.	Caldera recuperadora HRSG instalada y en servicio.	Informes de operaciones y planeación de la producción	Contratista de ejecución de obra idóneo técnicamente y con la capacidad financiera necesaria para llevar a acabo el proyecto en área vapor.
Compra e instalación de 1 caldera convencional, con capacidad de diseño de 400 klb/h.	Caldera convencional instalada y en servicio.	Informes de operaciones y planeación de la producción	
Instalación de 1 Sistema de degradación de vapor (400 a 170 psi), con capacidad de 600 klb/h.	Sistema de degradación de vapor (400 a 170 psi), con capacidad de 600 klb/h. Instalado y en servicio.	Informes de operaciones y planeación de la producción	
Compra e instalación de 1 nueva Subestación Eléctrica y cuarto de control.	Nueva Subestación Eléctrica y cuarto de control construidos y en servicio.	Informes de la gerencia de abastecimiento	Gestión de abastecimiento adecuada y efectiva selección de proveedores
Adecuaciones a las subestaciones eléctricas (ET004/005/008/009/2400) de la GRB.	Adecuaciones a las subestaciones eléctricas (ET004/005/008/009/2400) de la GRB realizadas y óptimas para operar.	Informes del centro de control de potencia de la GRB	Contratista de ejecución de obra idóneo técnicamente y con la capacidad financiera necesaria para llevar a acabo el proyecto en área eléctrica.
Interconexión de respaldo entre el STN y el sistema eléctrico de la GRB	Interconexión de respaldo entre el STN y el sistema eléctrico de la GRB en servicio.	Informes del centro de control de potencia de la GRB	permisos aprobados por la autoridad eléctrica para conexión al sistema nacional.
Ingeniería Conceptual, Básica y detallada. Área Agua	Ingenierías terminadas	Ingeniería entregada a archivo técnico	Contratista de ejecución de obra idóneo técnicamente y con la capacidad financiera necesaria para llevar a acabo el proyecto en el área de Agua
Compra de equipos de filtración y ósmosis.	Equipos de filtración y ósmosis entregados en GRB	Informes de la gerencia de abastecimiento	
Construcción de una nueva Planta de Agua centralizada con tecnología de Ultrafiltración U-5400 y Ósmosis inversa U-5500 con capacidad de producción de 4000 GPM	Planta de agua centralizada con tecnología de Ultrafiltración y Ósmosis inversa instalada y en servicio.	Informes de operaciones y planeación de la producción	

Ingeniería Conceptual, Básica y detallada Área Aire	Ingenierías terminadas	Ingeniería entregada a archivo técnico	Contratista de ejecución de obra idóneo técnicamente y con la capacidad financiera necesaria para llevar a cabo el proyecto en el área de Aire
Compra de 5 compresores nuevos.	5 compresores entregados en la GRB y en servicio.	Informes de operaciones y planeación de la producción	
Instalación de 5 compresores y repotenciación de 4 existentes.	4 compresores repotenciados y en servicio.	Informes de operaciones y planeación de la producción	
Realización de los entregables de maduración del proyecto.	Entregables completos y a satisfacción.	Informe final del proyecto	La compañía contratada para gestión del proyecto posee las competencias y experiencia requerida para la adecuada maduración, seguimiento y control de la ejecución y cierre final del proyecto
Generación de informes de gestión periódicos y finales	Informes entregados a tiempo Entregables de maduración terminados.	Informes que reposan en archivos del proyecto	
Seguimiento durante la maduración y ejecución del proyecto.	informes de seguimiento	Informes que reposan en archivos del proyecto	
Gestión de entrega y cierre del proyecto.	Cierre técnico y administrativo del proyecto ejecutado.	Verificación de cierre en las herramientas SAP de la compañía	