

**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN Y
CONTROL DE COSTOS PARA EL MANTENIMIENTO CON PARADA DE
PLANTA EN LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE
ECOPETROL S.A.**

JOHANA PATRICIA SUÁREZ ELJURE

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2009

**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN Y
CONTROL DE COSTOS PARA EL MANTENIMIENTO CON PARADA DE
PLANTA EN LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE
ECOPETROL S.A.**

JOHANA PATRICIA SUÁREZ ELJURE

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniera Industrial**

Director

WILLIAM HOYOS TORRES

Ingeniero Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi camino y mi guía constante.

A mi familia, por ser mi motor y mi inspiración para ser alguien mejor.

Al Ingeniero Juan Carlos Toro por la confianza depositada para el desarrollo de este proyecto y las enseñanzas compartidas.

Al Ingeniero William Hoyos Torres por sus valiosos aportes y conocimientos.

A mis compañeros del Departamento de Paradas de Planta por ofrecerme su apoyo y por todos los momentos que hicieron de esta experiencia inolvidable.

A mis amigos que me acompañaron durante este camino y a todas aquellas personas, que de alguna u otra manera aportaron a la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	4
1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO	7
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Específicos	8
2. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO	9
2.1 PRESENTACIÓN DE ECOPETROL S.A.	9
2.1.1 Descripción De La Empresa.	9
2.1.2 Reseña Histórica	9
2.1.3 Marco Estratégico	11
2.1.4 Objetivos Corporativos	12
2.1.5 Estructura Organizacional	13
2.2 UNIDAD ORGANIZATIVA DIRECTAMENTE INVOLUCRADA CON EL PROYECTO	15
2.2.1 Generalidades.	15

2.2.2 Estructura organizativa	16
2.2.3 Marco Estratégico	17
2.2.4 Modelo de Gestión de Mantenimiento con Parada de Planta (T/A)	19
2.2.4.1 Fases que componen una Parada de Planta	21
2.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	25
3. MARCO TEÓRICO	27
3.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS	27
3.2 CONTROL DE COSTOS	29
3.2.1 Control de Costos Usando la “Estimación Ascendente”.	30
3.2.2 Control de Costos Usando un Modelo de Costos.	31
3.2.3 Comparación de las Estimaciones y Modelo de Costos.	31
3.2.4 Administración de la Información del Control de Costos.	32
3.3 METODOLOGÍA SEIS SIGMA	34
3.3.1 Historia y Evolución.	34
3.3.2 Definición de Seis SIGMA.	35
3.3.3 Principios de Seis SIGMA	37
3.3.4 Roles y Responsabilidades.	39
3.3.5 Método para Resolución de Problemas	41
3.3.6 Claves de la Metodología DMAMC.	46
4. MODELO PARA LA GESTIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO CON PARADA DE PLANTA	48
4.1 FASE DEFINIR	48
4.1.1 Impacto en el Negocio.	48

4.1.2 Planteamiento del Problema	49
4.1.3 Funciones y Responsabilidades del Equipo.	50
4.1.4 Cuadro de Proyecto	50
4.1.5 Identificación de Clientes, sus Necesidades y Requisitos.	52
4.1.6 Mapa Conceptual del Proyecto.	56
4.2 FASE MEDIR	57
4.2.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	59
4.2.2 EJECUCIÓN DEL PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	59
4.3 FASE ANALIZAR	63
4.3.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLECTADOS	64
4.3.1.1 Análisis de Datos Continuos.	64
4.3.1.2 Análisis De Datos Discretos.	67
4.3.2 ANÁLISIS DEL PROCESO	71
4.3.2.1 Análisis de Valor de Subprocesos.	74
4.3.3 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS RAÍZ	77
4.3.3.1 Diagrama de Causa- Efecto.	77
4.3.3.2 Listado de las Causas Raíz.	83
4.4 FASE MEJORAR	85
4.4.1 MEJORAS PLANTEADAS	86
4.4.2 EVALUACIÓN DE LAS MEJORAS	89
4.4.2.1 Costos y Beneficios Tangibles	90
4.4.2.2 Costos y Beneficios Intangibles	92
4.4.3 VALIDACIÓN DE LAS MEJORAS ELEGIDAS	93

4.4.3.1 Nueva Secuencia de Trabajo para el Proceso de Recomendaciones.	93
4.4.3.2 Nuevo Plan de Entrenamiento y Capacitaciones.	95
4.4.3.3 Adecuación del Mobiliario y Equipos.	97
4.4.3.4 Sistematización del Proceso Mediante la Creación de la Herramienta Informática de Apoyo.	97
4.4.4 RESULTADOS PRUEBA PILOTO DEL MODELO DE COSTOS	109
4.5 FASE CONTROLAR	112
4.5.1 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (CEP)	113
4.5.2 SISTEMAS DE CALIDAD (TRABAJO ESTANDARIZADO)	115
4.5.3 PLAN PARA LA MEDICIÓN	117
CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	128
ANEXOS	130

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Aspectos claves de la situación actual planteada en el problema	7
Tabla 2. Tabla de conversión de un proceso al sistema σ	36
Tabla 3. Análisis para el planteamiento del problema	49
Tabla 4. Cuadro resumen del proyecto Seis Sigma.	50
Tabla 5. Clientes del proceso Gestión de costos.	52
Tabla 6. Plan general de recolección de datos	57
Tabla 7. Plan específico de recolección de datos para CTQ1.	59
Tabla 8. Análisis de datos Proceso de Recomendaciones	65
Tabla 9. Análisis de datos Proceso de Liquidación de contratos	66
Tabla 10. Análisis de datos Regularidad y Cumplimiento	68
Tabla 11. Análisis de datos Formatos estándares	69
Tabla 12. Resumen de nivel sigma Proceso Gestión de costos	71
Tabla 13. Análisis de valor subproceso de recomendaciones	75
Tabla 14. Análisis de valor subproceso de liquidación de contratos	76
Tabla 15. Costos vs. Implementación Proceso de recomendaciones	87
Tabla 16. Costos vs. Implementación Proceso de liquidación de contratos.	88

Tabla 17. Beneficios tangibles a obtener según las mejoras a implementar.	91
Tabla 18. Resultados obtenidos de las mejoras implementadas del proyecto.	111
Tabla 19. Plan de medición para el nuevo esquema de recomendaciones	117
Tabla 20. Hoja de control del proceso	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura Administrativa de ECOPETROL S.A.	14
Figura 2. Estructura Administrativa Complejo Refinería de Barrancabermeja	15
Figura 3. Estructura Administrativa Departamento Paradas de Planta.	16
Figura 4. Etapas de la Metodología DMAMC y aspectos clave.	42
Figura 5. Resumen de las fases de la Metodología DMAMC	46
Figura 6. Árbol de requisitos del cliente.	54
Figura 7. Diagrama de alto nivel del proceso	55
Figura 8. Mapa conceptual del proyecto	56
Figura 9. Diagrama de de subprocesos del proyecto	73
Figura 10. Nueva metodología del proceso de costos.	94
Figura 11. Diagrama de Trabajo Estandarizado	116

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Histograma de Recomendaciones.	60
Gráfica 2. Análisis de Capacidad Proceso de Recomendaciones.	61
Gráfica 3. Análisis de tendencia Proceso de Recomendaciones.	63
Gráfica 4. Diagrama Causa – Efecto para Proceso de recomendaciones	79
Gráfica 5. Diagrama Causa – Efecto para Proceso de liquidación de contratos	82
Gráfica 6. Ventana Contraseña Macro de costos	100
Gráfica 7. Ventana interfaz principal – Menú	100
Gráfica 8. Formulario para entrada de datos de la parada de planta	101
Gráfica 9. Formulario de registro Tabla de costos	102
Gráfica 10. Hoja Tabla de costos	102
Gráfica 11. Hoja control de recibo de recomendaciones	103
Gráfica 12. Formulario para ingreso de recomendaciones	104
Gráfica 13. Formato 2A	105
Gráfica 14. Formato 2B	105
Gráfica 15. Hoja de control Mayor cantidad de obra	106
Gráfica 16. Hoja de control Pagos	107

Gráfica 17. Informe para el Líder	108
Gráfica 18. Hoja de gráficos de principales ítems del contrato	109

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Plan de recolección de datos y resultados para cada CTQ	131
Anexo B. Ejecución del plan de recolección de datos para cada CTQ	137
Anexo C. Subprocesos de Recomendaciones y Liquidación de contratos	141
Anexo D. Tabla de costos para obras de mantenimiento. Departamento de Paradas de Planta	142
Anexo E. Diagrama de flujo Proceso propuesto de recomendaciones	149
Anexo F. Formato de confirmación de asistencia a reuniones	153
Anexo G. Resultados de las mediciones Etapa Controlar	154
Anexo H. Guía básica para el uso de CEP	157
Anexo I. Formato de Plan de control técnico	160

RESUMEN

TÍTULO:

ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN Y CONTROL DE COSTOS PARA EL MANTENIMIENTO CON PARADA DE PLANTA EN LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE ECOPELROL. S.A.*

AUTOR:

Suárez Eljure, Johana Patricia**

PALABRAS CLAVES: Mejores Prácticas, Mantenimiento de Clase Mundial, Modelo de costos, Mejoramiento de procesos, Seis Sigma, Proceso de costos, Metodología DMAMC.

DESCRIPCIÓN:

El establecimiento de las Mejores Prácticas orientadas al Mantenimiento de Clase Mundial en la industria petrolera, ha llevado a las empresas pertenecientes a dicho sector a administrar este tipo de proyectos siguiendo un modelo que estandarice todos sus componentes. De acuerdo a lo anterior, es necesario contar con herramientas y guías que conduzcan a la reducción de costos y del tiempo de ejecución de las reparaciones.

Es así como el presente proyecto surge dada la necesidad del Departamento de Paradas de Planta de mejorar uno de los procesos claves durante la ejecución de un mantenimiento: el Proceso de gestión de costos el cual, a causa de su ineficiencia genera mayor consumo de recursos en su desarrollo.

Por medio de Seis Sigma y específicamente de la aplicación de la metodología DMAMC, se busca mejorar el proceso con el fin de reducir los costos, incrementar la satisfacción del cliente y optimizar el manejo de recursos.

Finalmente, siguiendo los pasos que componen la metodología DMAMC, siendo éstos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, además de apoyarse en herramientas complementarias y de soporte, se logra la creación del Modelo para la gestión de costos durante un mantenimiento con parada de planta en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja, ECOPELROL S.A.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ing. William Hoyos Torres

SUMMARY

TITLE:

ANALYSIS, DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE MANAGEMENT AND CONTROL COSTS MODEL FOR TURNAROUNDS MAINTENANCE ON BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A. REFINERY MANAGEMENT*

AUTHOR:

Suárez Eljure, Johana Patricia**

KEY WORDS: Best Practices, World Class Maintenance, Cost Model, Process Improvement, Six Sigma, Cost Process, DMAMC Methodology.

DESCRIPTION:

The establishment of Best Practices aimed at World Class Maintenance in oil industry has led oil companies to manage projects following a model that standardize all its components. According to above, it is necessary to implement tools and guidelines aimed to reduce costs and execution time on turnarounds.

Thus, the present project arises from the necessity of the Turnarounds Department to improve one of the key processes during maintenance execution: The cost management process, whose inefficiency generates increased consumption on development resources.

Through Six Sigma and specifically the application of the methodology DMAIC, this project looks towards a process improvement, in order to reduce costs, increase customer satisfaction and optimize the handling of resources.

Finally, following the steps of the methodology DMAIC, which components are: Define, Measure, Analyze, Improve and Control, along with support of complementary tools, the establishment of Management and control costs model for turnarounds maintenance on Barrancabermeja Ecopetrol S.A. Refinery Management is achieved.

*Work of Grade

** Ability of Engineerings Physique Mechanics. School of Industrial and Managerial Studies. Engineer William Hoyos Torres.

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes demuestran la existencia de una gran diferencia en los costos asociados por paradas de planta realizados en refinerías de Latinoamérica y los equivalentes a nivel mundial, además del gasto aproximado del 52% de los presupuestos destinados a mantenimientos para esta industria, esto sin tener en cuenta el lucro cesante que implica para la organización la suspensión de la producción y los atrasos y fallas en el cumplimiento de metas.

De acuerdo a los altos costos generados por la ejecución de este tipo de mantenimientos, identificar oportunidades de optimización del proceso, apoyarse en la experiencia y el conocimiento de grandes compañías del sector, así como las mejores prácticas de las actividades de paradas de planta, se convierten en la base fundamental que contribuye al éxito de un proyecto de esta magnitud.

Teniendo en cuenta que la necesidad de realizar paradas de planta para las empresas industriales se irá haciendo cada vez más exigente a medida que las normas, tanto legales como de seguridad, la competitividad, los efectos de la globalización, el avance de la tecnología y los requisitos de calidad impliquen cambios y nuevos procedimientos en las técnicas y métodos de trabajo, el establecimiento de una cultura organizacional enfocada hacia el mantenimiento y una política de parada de planta ofrecen la identificación de potenciales oportunidades de mejora, que permiten incrementar la producción de la planta y reducir los costos operativos.

Para esto es relevante la excelente programación y planeación de cada una de las actividades que componen la ejecución de una parada de planta, entre ellas, las actividades relacionadas con el manejo de costos y su impacto económico, la creación de un modelo de costeo diseñado de acuerdo a las características propias de la empresa y la estimación de los mismos.

Con el presente proyecto se busca mejorar el proceso de costos optimizando el manejo de los recursos utilizados durante la ejecución de un mantenimiento que involucra parada de planta sistematizándolo mediante el uso de una herramienta informática diseñada de acuerdo a los requisitos y necesidades del Departamento de Paradas de Planta de ECOPETROL S.A., con el fin de aumentar la disponibilidad y calidad de la información, proporcionando una base fundamentada en hechos y datos para la toma de decisiones y para la correcta gestión de costos.

Mediante la aplicación de Seis Sigma y el desarrollo paso a paso de la metodología DMAMC junto con herramientas estadísticas, se identifican las características críticas de calidad para el cliente, siendo éstas el punto de partida para el posterior análisis de mediciones realizadas al proceso, que conduce a la identificación de las causas raíz que originan la variabilidad y la deficiencia del mismo. El objetivo central es eliminar esas causas de variación brindando soluciones concretas que buscan no disminuir sino evitar el problema, monitoreando su comportamiento por medio de métodos de control, los cuales, garantizan la continuidad de las mejoras implementadas.

Sin embargo, no se debe restar la importancia que tiene el equipo de trabajo en la consecución de estos objetivos, cuyos miembros deben estar bien entrenados, tener conocimientos técnicos y detallados del proceso y contar con las herramientas, los equipos y recursos necesarios para la correcta ejecución de las actividades a ser desarrolladas.

Finalmente, una vez se interioriza y mantiene una política de costos de paradas de planta y un Modelo de costos para el control y seguimiento de los mismos como parte integral de la empresa, trabajando dentro de una metodología de lecciones aprendidas y mejores prácticas, es alcanzada la meta de disminuir el tiempo de ejecución de las tareas y el aprovechamiento eficiente de los recursos, lo que se constituye en una amplia ventaja traduciéndose en reducción de costos por actividades de mantenimiento e incremento de la productividad tanto para el personal como para los equipos.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad ECOPETROL S.A. se encuentra experimentando un proceso de transformación interno y externo debido a diferentes aspectos como la competitividad, la globalización y específicamente, el llegar al cumplimiento de un objetivo establecido; convertirse en una de las empresas líderes en el mercado al ubicarse para el 2010 en el primer cuartil en el cual se encuentran las mejores compañías petroleras del mundo, que significa el top de la medición según un estudio de benchmarking realizado por firmas internacionales. Lo anterior ha llevado a ECOPETROL S.A. a replantear todos sus procesos implementando las Mejores Prácticas definidas para la industria del petróleo.

Estas Mejores Prácticas son aplicadas en las Refinerías de Barrancabermeja y Cartagena, ocupando un lugar de mayor prioridad el Complejo Refinería Barrancabermeja dada su concentración laboral y el número de plantas allí ubicadas, siendo éstas aproximadamente 50. Por supuesto, el Departamento de Paradas de Planta de la GRB no es la excepción, es más, se podría afirmar que es uno de los puntos clave para ECOPETROL S.A. teniendo en cuenta la gestión que desempeña y los recursos implicados. Hoy por hoy, el departamento maneja el 53% del presupuesto asignado a toda la Refinería y se encarga de realizar labores de mantenimiento con parada de planta, implicando lucro cesante para la organización al suspender la producción de dichas plantas.

El Mantenimiento Clase Mundial establece como novena Mejor Práctica la Gerencia de Paradas de Plantas, la cual sólo puede llevarse a cabo dentro de este contexto siguiendo un Modelo de Gerencia que estandarice los proyectos. Para ello se emplean herramientas y lineamientos que conducen a la reducción de costos y el tiempo de ejecución e incrementan el nivel de confiabilidad y la disponibilidad de las instalaciones² .

De acuerdo a lo anterior, el departamento tiene el reto de estandarizar sus procesos logrando la eficiencia y el buen manejo de recursos desarrollando un sistema ordenado de procedimientos, métodos, reglas, lineamientos y mejores prácticas para crear y controlar todas las fases que componen una parada de planta, cuyo término en inglés se conoce como turnaround.

Para este fin, ECOPETROL S.A. contó con la asesoría de una compañía reconocida a nivel mundial, Shell Global Solutions International, quien con un estudio previo realizado identificó las oportunidades de mejora presentes en la empresa y emprendió un plan de capacitación empleando las Mejores Prácticas con la adopción de estándares internacionales ajustados a las necesidades de la Refinería.

Para Federico Maya, vicepresidente de Refinación y Petroquímica, el trabajo con Shell “permitió planear mejor y respetar cada una de las fases de una parada de planta. Es decir, que ahora no dejamos para la ejecución labores que son propias de la planeación, porque en caliente no son previstas de igual manera las eventualidades. Esto ha mejorado considerablemente los índices de confiabilidad de las plantas, así como ha fortalecido los procesos”.³

² Delta Catalityc (2001). Procesos, Herramientas y Lineamientos de Paradas de Plantas.

³ http://www.ecopetrol.com.co/especiales/cartapetrolera117/rev_refinacion.htm

Conforme a las prácticas enseñadas por Shell, el departamento ha mejorado la planeación de cada una de las fases que componen una parada de planta pero ha identificado un eslabón dentro de esta cadena que necesita ser reforzado para concluir con éxito esta clase de mantenimiento. Este es el proceso de la gestión de costos durante la fase de ejecución de una parada de planta, el cual, dada la debilidad de su estructura al no contar con procedimientos y lineamientos definidos, se convierte en un punto de mejora.

Actualmente, debido a la ineficiencia de este proceso, el departamento presenta inconvenientes en la gestión, el control y seguimiento de los costos generados por los recursos humanos y materiales involucrados en el mantenimiento con parada de planta, la disponibilidad de información actualizada útil para la toma de decisiones y atrasos en los pagos y liquidaciones de los contratos implicando mayores cantidades de dinero a las planeadas y presupuestadas con anterioridad. Con el fin de mitigar a corto plazo el impacto negativo de esta situación, la empresa se vio en la obligación de contratar personal externo que hoy en día maneja este proceso, al no contar con recurso propio capacitado para tal fin.

Teniendo en cuenta lo anterior y dada la magnitud de las cifras monetarias involucradas, el *Departamento de Paradas de Planta estableció la necesidad de fijar un procedimiento estándar para la gestión de costos* que permita realizar al personal interno de ECOPETROL S.A. este proceso con el fin de ejercer un manejo oportuno de los costos contando con disponibilidad inmediata de información relacionada con su administración, la cual es la herramienta útil para la toma de decisiones que permitiría realizar un mayor control y operar de manera más rápida y eficiente. Conforme al planteamiento del problema y la situación observada, fue elaborada la siguiente tabla que sintetiza los aspectos clave a mejorar en el presente proyecto y el impacto de su comportamiento actual.

Tabla 1. Aspectos claves de la situación actual planteada en el problema

SITUACIÓN ACTUAL	IMPACTO
Inexistencia de una metodología de trabajo estándar y por ende, una secuencia de trabajo adecuada para el proceso de Gestión de costos.	Se evidencia en re-procesos, mayor tiempo empleado en la gestión administrativa y documental de una parada de planta.
Información actualizada con paralelos de Costos vs. Presupuesto no disponible.	Dificulta la toma de decisiones al no tener datos seguros.
Personal interno temporal no capacitado para realizar el proceso de Gestión de costos, haciendo necesaria la contratación externa.	Aumenta el valor monetario del recurso humano empleado para gestionar la parada de planta.
Límite de tiempo para la liquidación de contratos excedido	Penalizaciones legales y/o monetarias. Re-negociaciones de plazos de pago. Mayor consumo de recursos monetarios, humanos, suministros, etc.
Inexistencia de planillas, formatos estándares. Se emplean archivos personalizados según preferencias de cada gestor de costos.	Dificulta el seguimiento, control y entendimiento de la información referente a costos.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto parte de la recopilación de información de ECOPETROL S.A. y el Departamento de Paradas de Planta, el análisis de la información recolectada y de los procesos que componen al departamento, la propuesta de mejora al proceso de gestión de costos durante la ejecución de un mantenimiento con parada de planta, que abarca el control y seguimiento de los mismos, basada en la aplicación de la metodología seis sigma, el diseño del modelo y la creación de la herramienta informática de apoyo, finalizando con la corrida piloto y el análisis de resultados arrojados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Diseñar e implementar un modelo para la gestión, control y seguimiento de los costos generados durante la ejecución de un mantenimiento con parada de planta apoyado de una herramienta informática para el Departamento de Paradas de Planta del Complejo Refinería de Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un reconocimiento de ECOPETROL S.A. y el Departamento de Paradas de Planta ubicado en el Complejo Refinería de Barrancabermeja por medio de la recolección de información tanto de fuentes primarias como secundarias con el fin de conocer el rol del departamento en la empresa, su importancia y cada uno de sus procesos y prácticas.
2. Diagnosticar la situación actual del proceso de gestión de costos con el propósito de establecer su desempeño y comportamiento.
3. Analizar los procesos y las metodologías existentes correspondientes a la gestión de costos.
4. Diseñar y desarrollar la metodología para la gestión, el control y seguimiento de los costos durante la ejecución de un mantenimiento con parada de planta.
5. Efectuar la sistematización del proceso mediante la implementación de una herramienta informática base para el desarrollo de la metodología.
6. Realizar una corrida piloto de la metodología diseñada y la utilización de la herramienta informática en un mantenimiento con paradas de planta.
7. Analizar e interpretar los resultados arrojados por la prueba piloto.

2. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 PRESENTACIÓN DE ECOPETROL S.A.

2.1.1 Descripción de la Empresa⁴. Empresa Colombiana de petróleos ECOPETROL S.A. Gerencia General Refinería de Barrancabermeja (GRB).

ECOPETROL S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, ECOPETROL S.A. pertenece al grupo de las 35 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.

Es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido en la Ley 1118 de 2006, regida por los Estatutos Sociales que se encuentran contenidos de manera integral en la Escritura Pública No. 5314 del 14 de diciembre de 2007, otorgada en la Notaría Segunda del Círculo Notarial de Bogotá D.C.

2.1.2 Reseña Histórica⁵. La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos, que había sido creada en 1948 mediante la Ley 165 de ese año. La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia

⁴ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=30&conID=38178>

⁵ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=280&conID=38011>

con la puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá. ECOPETROL emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación.

En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956. En 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República.

La empresa funciona como sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines, conforme a las reglas del derecho privado y a las normas contenidas en sus estatutos, salvo excepciones consagradas en la ley (Decreto 1209 de 1994).

En septiembre de 1983 se produjo la mejor noticia para la historia de ECOPETROL y una de las mejores para Colombia: el descubrimiento del Campo Caño Limón, en asocio con OXY, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de millones de barriles. Gracias a este campo, la Empresa inició una nueva era y en el año de 1986 Colombia volvió a ser en un país exportador de petróleo.

En los años noventa Colombia prolongó su autosuficiencia petrolera, con el descubrimiento de los gigantes Cusiana y Cupiagua, en el Piedemonte Llanero, en asocio con la British Petroleum Company.

Con la expedición del Decreto 1760 del 26 de Junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en ECOPETROL S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al Ministerio de Minas y Energía y regida por sus estatutos protocolizados en la Escritura Pública número 2931 del 7 de julio de 2003, otorgada en la Notaría Segunda del Circuito Notarial de Bogotá. D.C. Con la transformación de la Empresa Colombiana de Petróleos en la nueva ECOPETROL S.A., la Compañía se liberó de las funciones de Estado como administrador del recurso petrolero y para realizar esta función fue creada La ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos).

A partir de 2003, ECOPETROL S.A. inició una era en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial.

2.1.3 Marco Estratégico

Misión⁶. Descubrimos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando el cuidado del medio ambiente, la seguridad de los procesos e integridad de las personas, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.

Visión⁷ 2015. ECOPETROL S.A. será una empresa global de energía y petroquímica, con énfasis en petróleo, gas y combustibles alternativos;

⁶ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=909&conID=48055>

⁷ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=909&conID=48055>

reconocida por ser competitiva, con talento humano de clase mundial y socialmente responsables.

2.1.4 Objetivos Corporativos⁸

1. Cumplir con la meta de aportes directos acordada con el Gobierno Nacional y con las metas de generación de valor de la empresa.
2. Maximizar la incorporación de reservas y la producción de petróleo y gas de ECOPETROL y del país, en términos comerciales, dentro de un criterio de competitividad.
3. Alcanzar y mantener altos índices de competitividad de la cadena productiva del "downstream".
4. Promover y participar en nuevos negocios de alto valor agregado.
5. Asegurar una gestión comercial en todas las áreas de la empresa que le permita mantener su participación en el mercado nacional de combustibles.
6. Mejorar la viabilidad operacional y la eficiencia administrativa y operativa de la empresa.
7. Adelantar el Plan Maestro de la Refinería de Cartagena: Actualizar tecnológicamente y ampliar la capacidad de la Refinería de Cartagena de 70 KBDC a 140 KBDC, mediante la adición de nuevos procesos y la modernización de las facilidades existentes.
8. Optimizar el Negocio de Refinación: Este programa busca incrementar las utilidades anuales de la empresa hasta en US\$110 millones en los próximos años.

⁸ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?conID=38010&catID=280>

2.1.5 Estructura Organizacional⁹

Administrativamente ECOPETROL S.A. cuenta con la estructura que se muestra en la Figura 1. A continuación se exponen las funciones de las diferentes áreas que componen la organización.

La Dirección General de Planeación y Riesgos que propone el direccionamiento estratégico, elabora el plan de negocios, administra el portafolio de inversiones, evalúa la gestión y fija las políticas de riesgos corporativos de la sociedad y la Dirección General de Operaciones responde por la operación de la cadena de suministros, la producción de crudo, gas, derivados y productos, la refinación, el transporte, distribución y comercialización de los mismos.

La Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica, (VRP), que forma parte de la Dirección de Operaciones, se encarga de la refinación y de cualquier otro proceso industrial de los hidrocarburos y sus derivados, para producir combustibles, petroquímicos y otros productos requeridos por la Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo (VSM) para su comercialización.

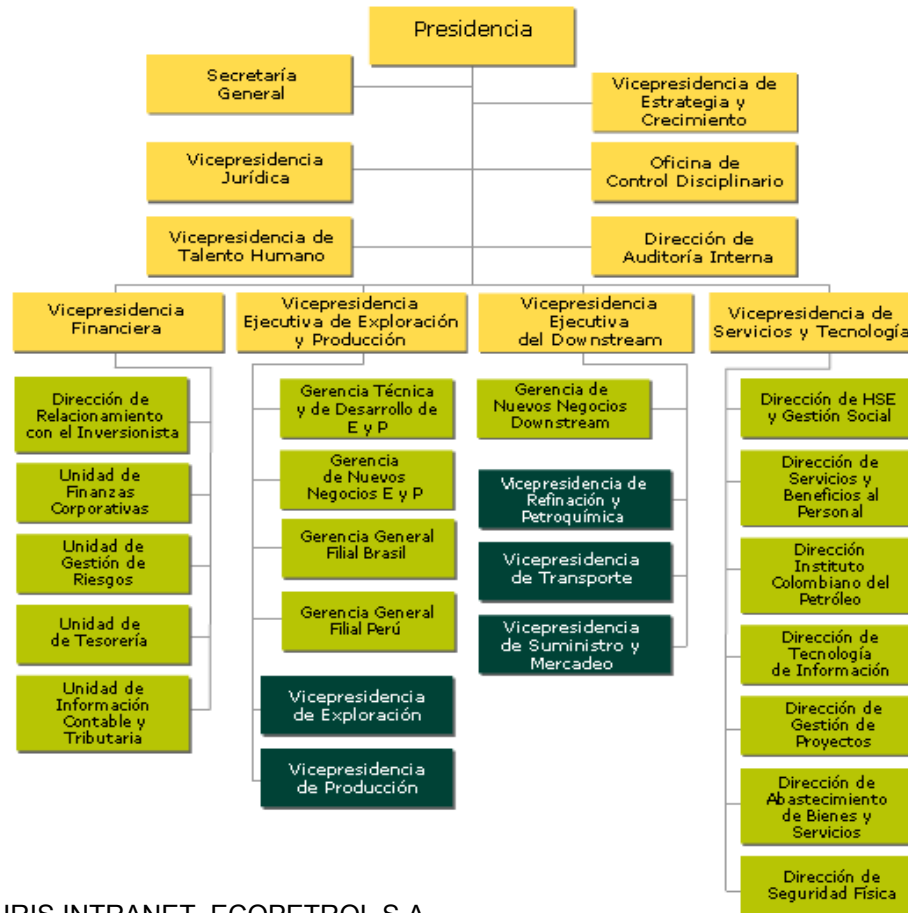
La Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB) que pertenece a la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica (VRP), cumple la función de producir combustibles y derivados petroquímicos con criterios de rentabilidad y cumpliendo con los requisitos ambientales y legales de acuerdo con los planes de refinación concertados con la Vicepresidencia de Suministros y Mercadeo (VSM), en su refinería situada en Barrancabermeja, Santander.

Esta refinería ocupa una extensión de 262 hectáreas, procesa 245 mil barriles de crudo diariamente, emplea alrededor de 1500 trabajadores

⁹ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=278&conID=48123>

directos y opera 50 plantas de procesamiento y de generación de energía, abasteciendo el 75% de los combustibles y el 55% de los productos petroquímicos que requiere el país para su desarrollo. La Figura 1 ilustra la estructura administrativa de ECOPETROL S.A.

Figura 1. Estructura Administrativa de ECOPETROL S.A.

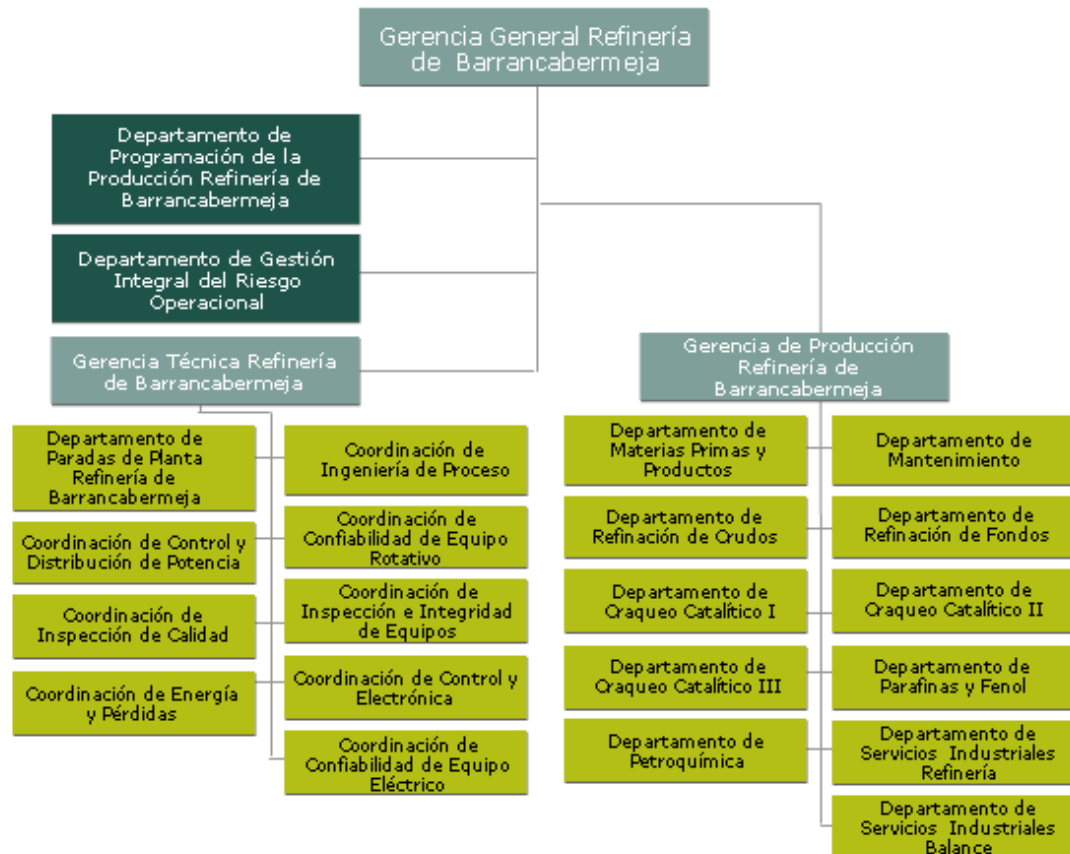


Fuente: IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A

La Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB) está bajo la dirección del Gerente General, quien cuenta con el apoyo de la Gerencia de Producción y la Gerencia Técnica. Hacen parte de esta estructura varios departamentos, cuyas Coordinaciones cumplen funciones técnicas y administrativas básicas, en cada área de la refinería. En la Figura 2 se muestra el organigrama

correspondiente. El Departamento de Paradas de Planta está adscrito a la Gerencia Técnica Refinería de Barrancabermeja.

Figura 2. Estructura Administrativa Complejo Refinería de Barrancabermeja



Fuente: IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A.

2.2 UNIDAD ORGANIZATIVA DIRECTAMENTE INVOLUCRADA CON EL PROYECTO

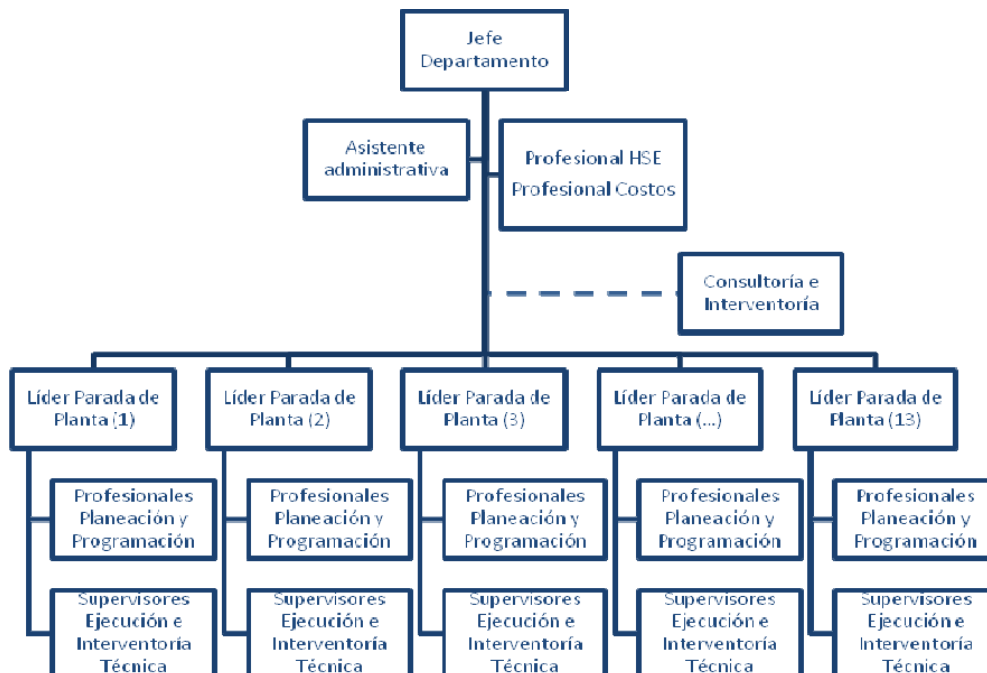
DEPARTAMENTO DE PARADAS DE PLANTA

2.2.1 Generalidades. El Departamento de Paradas de Planta hace parte de la Gerencia Técnica del Complejo Refinería de Barrancabermeja. Debido al

proyecto de reorganización y reajuste de roles llevado a cabo por la empresa hace algunos años, fue creado con el fin de implementar las mejores prácticas de la industria petrolera, la ejecución de “Mantenimiento de clase mundial” y por la modernización de ECOPETROL S.A. Esta dependencia es relativamente joven en comparación con otras en la empresa, cuya tiempo aproximado es de 6 años desde su establecimiento, razón por la cual se puede afirmar que aún se encuentra en proceso de mejora, crecimiento y ajuste de su estructura y los procesos que la componen. Teniendo en cuenta la importancia que conlleva realizar intervenciones a las plantas con el fin de asegurar su ciclo de funcionamiento, Paradas de Planta juega un papel muy importante en el cumplimiento de este objetivo.

2.2.2 Estructura Organizativa. El Departamento Paradas de Planta del Complejo Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A. se encuentra organizado jerárquicamente como es mostrado en la Figura 3.

Figura 3. Estructura Administrativa Departamento Paradas de Planta.



Fuente: ARCHIVOS ECOPETROL S.A.

2.2.3 Marco Estratégico

Misión. Lograr y sostener un desempeño “clase mundial” en las actividades de mantenimiento en la Gerencia Refinería Barrancabermeja, para cumplir los objetivos del negocio en cuanto a disponibilidad mecánica de plantas, integridad técnica y costos de mantenimiento. Esto significa posicionar a la Gerencia en el primer cuartil de Solomon sin poner en peligro la seguridad del personal, el ambiente, y la integridad de los activos.

Visión. La función mantenimiento se ajustará al propósito en todos los aspectos del mantenimiento requeridos para cumplir la misión. El equipo de personas que trabajarán juntas en este propósito, tendrán las habilidades específicas requeridas como parte de un esfuerzo de equipo, las cuales asegurarán un desempeño clase mundo en el año 2010. Para ello, la función mantenimiento será una parte de la organización orientada a la calidad, llevando a cabo sus tareas de una manera profesional y competente.

Objetivo. Recuperar la confiabilidad de las Unidades de Proceso intervenidas de acuerdo con el Programa General de Paradas de Planta, a través del logro de los objetivos trazados para cada planta en HSE¹⁰, duración, costos, calidad, confiabilidad, cumplimiento del plan de hitos y talento humano.

Principios guía. Los principios guía definen el marco en el cual se desarrollan el proceso de mantenimiento y las políticas relevantes.

- Las actividades de Mantenimiento serán dirigidas mediante objetivos alineados hacia el logro del desempeño “clase mundial”. Las políticas de

¹⁰ Por sus siglas en inglés Health, Safety and Environment, referente a la política de Salud ocupacional, Seguridad industrial y Medio ambiente.

Personal, Financieras, de Compras y de Proyectos deben armonizarse en tal sentido.

- Las políticas de Mantenimiento deberán ser acordadas, apoyadas y revisadas en forma periódica por los Gerentes de la Gerencia Refinería Barrancabermeja y los custodios de dichas políticas, es decir por el Gerente General, el Gerente Técnico, el Gerente de Producción y el Líder de la Confiabilidad. Se monitoreará y se revisará el desempeño comparándolo con el “Desempeño Clase Mundial” y con los objetivos del negocio usando indicadores clave de desempeño (KPIs) con metas retadoras pero alcanzables.
- La política y los procesos de mantenimiento se coordinarán de manera centralizada dentro de un marco de sistema de calidad para asegurar el control adecuado, la revisión y el mejoramiento continuo. Estos deben simplemente ajustarse al propósito, ser sencillos, medibles y prácticos de implementar.
- Se eliminarán las actividades que “no agreguen valor”.

Políticas. La política de mantenimiento se encuentra integrada en ocho partes que se podrían considerar como sub.-conjuntos de la política global:

- Salud, Seguridad y Ambiente (HSE)
- Integridad técnica y Confiabilidad
- Proceso de Gestión del Mantenimiento (Optimización del esfuerzo y los costos de mantenimiento)
- Organización / Gente
- Contratos y Compras
- Proyectos
- Costo Total de ciclo de vida
- Medición del desempeño

2.2.4 Modelo de Gestión de Mantenimiento con Parada de Planta (T/A)¹¹. Por tratarse de un mantenimiento planeado, existe una metodología desarrollada la cual consta de una serie de pasos sistemáticos enfocados al logro de los objetivos planteados y a la ejecución de una reparación exitosa cumpliendo con las premisas de mantenimiento de clase mundial. A continuación se exponen brevemente las etapas que conforman un mantenimiento con parada de planta (T/A).

Definición: un proceso de parada de planta se define como la secuencia de actividades que debe seguirse para llevar a cabo la reparación programada de una unidad productiva y se encuentran orientadas a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos que la componen, a través de la ejecución de trabajos de mantenimiento planeados y cuya realización requiere poner la unidad fuera de servicio.

Objetivos:

- Disminuir el número de días con la unidad fuera de servicio para ejecutar la Parada.
- Garantizar la confiabilidad operacional, durante la corrida de la unidad, de los equipos que se intervienen en la Parada de Planta.
- Garantizar la calidad de los trabajos ejecutados durante la parada.
- Garantizar la ejecución de los trabajos conforme a las políticas de seguridad de la Empresa.
- Eliminar el efecto sobre el ecosistema atribuible a fallas en la ejecución del proceso.
- Ejecutar los trabajos en concordancia con el alcance y presupuesto establecidos.
- Disminuir la posibilidad de que se presenten paradas de emergencia.

¹¹ Por sus siglas en inglés Turnaround, cuyo significado es Parada de Planta programada.

- Ejecutar eficazmente los trabajos que se realizan en parada tendientes a incrementar la duración de la corrida de la Unidad.

El proceso de paradas de mantenimiento con paradas de planta consta de 7 fases de tiempo. En cada una de esas fases se deben realizar una serie de actividades, que garantizan el desarrollo efectivo del proceso. Las 7 fases son las siguientes:

1. Planeación a largo plazo
2. Definición del alcance
3. Gestión precontractual
4. Planeación detallada
5. Alistamiento
6. Ejecución
7. Cierre

Para lograr con éxito el proceso de paradas de planta se deben administrar de igual manera 11 áreas claves de desempeño, que son las siguientes:

1. Estrategia, Autoridad e Hitos Claves
2. Organización
3. Alcance del desarrollo y optimización del trabajo
4. Proceso de planeación de la parada
5. Presupuestos, estimación de costos y control de costos
6. Contratación
7. Compras y Gerenciamiento de Materiales
8. Gerenciamiento de la Calidad
9. Gerenciamiento de HSE.
10. Ejecución
11. Post-Parada

2.2.4.1 Fases que componen una Parada de Planta

1. Planeación a Largo Plazo.

El objetivo de esta fase continua del proceso, es establecer la planificación y los pronósticos de presupuesto a largo plazo de la T/A e integrarlos dentro del Plan general de la Refinería. Se definen premisas bajo las cuales se llevará a cabo la parada, así como indicadores claves de desempeño esperados.

Se identifican los tiempos óptimos de cada siguiente etapa del proceso, dependiendo del volumen de trabajos, del impacto y del grado de complejidad de la T/A y de la longitud de corrida de la Unidad.

Adicionalmente, se revisa la historia, las lecciones aprendidas anteriores y el benchmarking para la T/A. Con base en esta información y en las estadísticas de T/A anteriores, se estiman los presupuestos para las próximas vigencias y se adjudican la mayoría de las compras de amplios plazos de entrega.

Por medio de una reunión realizada entre 18 y 12 meses antes de la parada llamada Kickoff Meeting¹², se nombra oficialmente el Líder de la parada y se autoriza el paso a la siguiente fase.

2. Definición del Alcance

Esta etapa deberá empezar a más tardar 12 meses antes de la Parada. Inicia con la consolidación de listados preliminares con el fin de manejar un único listado.

Se define el alcance de los trabajos para la parada, se desarrollan en detalle las ingenierías y se adjudican las compras de amplios plazos de entrega que aún no han sido efectuadas.

Esta fase concluye con la realización de los diferentes talleres de cuestionamiento del alcance, los cuales deberán iniciarse en lo posible 12

¹² Reunión para dar inicio a la implementación de un proyecto.

meses antes de la Parada, y el entregable último es el congelamiento del alcance, cuya fecha más tardía deberá ser 9 meses antes de la parada. Para aquellas paradas cuya longitud de corrida es menor o inferior a 12 meses, el congelamiento del alcance podrá efectuarse 6 meses antes de la parada.

Durante esta segunda fase de una T/A es posible encontrar algunas desviaciones importantes respecto a la estrategia definida en la primera fase, por ejemplo, es posible que algunos entregables o áreas de enfoque específicos definidos en la fase anterior no apliquen, no se requieran o no se ajusten al alcance definido para la parada.

3. Gestión Precontractual

Esta fase incluye la definición de la estrategia y el plan de contratación y compras. Los procesos de selección se deben iniciar con gran prontitud para permitir que las compras de plazos normales de entrega y los contratos principales, estén adjudicados a más tardar 4 meses antes de la parada.

Los contratos principales son aquellas obras asociadas con los equipos principales, convertidores, intercambiadores, hornos, tubería, turbo-maquinaria, entre otros. Una vez iniciados los diferentes procesos principales, se deberán ajustar los estimativos de presupuesto para la parada en un +/- 20%.

4. Planeación Detallada

La fase de planeación detallada inicia una vez adjudicados los contratos principales. Aquí se elaboran los programas detallados de trabajo (actividades, recursos, duración, interrelaciones) para cada ítem aprobado en el listado final de trabajos. Se deben integrar dentro de un solo plan los trabajos de operaciones (apagada y arrancada), de mantenimiento y los trabajos de proyectos (mantenimiento capitalizable), con el fin de optimizar

recursos, reducir las interferencias e implementar un control de la ruta crítica y de otras rutas cercanas a ella. También se suscriben los contratos secundarios.

Incluye la preparación y la ejecución de los Talleres de Cuestionamiento de Rutas Críticas, los cuales se enfocan en la reducción de los tiempos de parada y en la mitigación de los riesgos asociados con trabajos que quedaron dentro y fuera del alcance, y sus respectivos planes de contingencia. Estos talleres se realizan a más tardar 4 meses antes de la parada, independientemente de la longitud de corrida de la unidad y del grado de complejidad de la parada. Al final de esta etapa se tiene un presupuesto +/- 10%, el cual deberá ser aprobado, al igual que las posibles acciones presupuestales que aquí se generen.

La auditoría a la preparación de la T/A, o el Taller de Revisión del Alistamiento de la T/A, es una actividad crítica en esta fase y deberá ser realizada por entes externos a Ecopetrol S.A. a más tardar 2 meses antes de la parada.

5. Alistamiento

Esta etapa inicia una vez finalizada la Auditoría Externa que incluye los planes de acción con responsables y fechas.

Deben ser ejecutados los contratos de asistencias técnicas especializadas y las corridas de evaluación de las diferentes variables que conforman la Unidad a intervenir.

La estrategia para el control de la ejecución, al igual que los libros que contienen la información de la parada, deben estar listos a más tardar 1 mes antes del inicio de la parada.

Los campamentos y la movilización de recursos requeridos, deberán estar listos 2 semanas antes del inicio de la parada. Finalmente, 1 semana antes del inicio de la ejecución de los trabajos se realizará el Kickoff Meeting.

6. Ejecución o Parada

La Parada comprende la elaboración de prefabricados, los trabajos de la apagada, los trabajos de mantenimiento con planta en operación y que están dentro del alcance de la parada, los trabajos de mantenimiento de la parada y la arrancada de la Unidad.

Lo crítico en esta fase es tener canales de comunicación efectivos entre Operaciones, Contratistas, Interventoría, Mantenimiento y en general todos los involucrados durante la ejecución, que permitan el claro entendimiento de las prioridades y por tanto la secuencia con que se desarrollan los trabajos, con el propósito de cumplir con los objetivos trazados para la parada en cuanto a calidad, seguridad, duración y costos.

Todos los días se debe hacer un corte del programa para conocer el avance de los trabajos y detectar posibles desviaciones respecto al programa inicial; desviaciones en horas hombre, en costos y en tiempos. Adicionalmente, debe hacerse una reunión diaria para el seguimiento de este programa y asignar responsables a cada acción.

Un aspecto importante dentro de la ejecución es la aplicación estricta de un procedimiento para aprobar trabajos emergentes, es decir, aquellos trabajos que no quedaron incluidos dentro de la parada al momento de realizar el congelamiento del alcance. Los trabajos emergentes cuando implican mayores costos de contratación o mayor tiempo de duración, deben ser revisados y aprobados.

7. Cierre

Esta etapa comprende la corrida de aceptación de las variables que conforman las Unidades intervenidas, la documentación final, la consolidación de los costos finales, la actualización de planos 'as-built'¹³, la

¹³ Planos definitivos de una obra una vez ha sido terminada. Contienen todas las modificaciones realizadas a lo largo de la ejecución de la obra.

información actualizada para futuras planeaciones y los talleres de lecciones aprendidas. De igual forma, se deben generar y cuestionar las recomendaciones posteriores.

La liquidación de los contratos y la evaluación de los contratistas se deberán efectuar a más tardar 2 meses después de finalizada la parada. En esta fase se deben realizar las evaluaciones de desempeño al personal que participó en la parada, actualizar las competencias y habilidades del personal y definir planes de capacitación.

Los informes finales en formato electrónico y su distribución son el hito final de esta etapa y de todo el proceso.

Una auditoria final permite establecer el desempeño de la T/A respecto a las premisas o postulados y respecto al benchmarking.

2.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El Departamento de Paradas de Planta actualmente no cuenta con una metodología estándar para el proceso de gestión y control de costos llevado a cabo durante la ejecución y posterior cierre de un mantenimiento con parada de planta. Esta situación ha generado dificultades en el desarrollo del proceso en general, viéndose reflejado en mayor consumo de recursos como tiempo y dinero lo cual afecta la planeación inicial. A continuación se describen los antecedentes bajo los cuales se desarrolló el proyecto:

- A pesar de que Shell Global Solutions ha desarrollado directrices para la planeación y ejecución de un mantenimiento con parada de planta adoptadas por el Departamento de Paradas de Planta y contextualizadas de acuerdo a los procesos que lo componen, se hace evidente la necesidad de mejorar ciertos de ellos, en especial, el proceso de gestión de costos realizado durante una reparación, ya que este actualmente no

cuenta con una metodología que permita efectuar un adecuado control y seguimiento de los mismos por parte del personal involucrado.

- La disponibilidad de información actualizada referente a costos es una de las necesidades claves para realizar una buena gestión durante una parada de planta. Esta necesidad se hace relevante, especialmente para los Líderes de las paradas respectivas, ya que sirve como una herramienta para la toma de decisiones. Al conocer la situación actual en cuanto a presupuesto vs. gastos se refiere, el Líder analiza si es necesario solicitar dinero adicional, cancelar trabajos que pueden efectuarse con otro tipo de mantenimiento o tomar alguna otra medida. Al no contar con un método estándar que permita la adecuada gestión de costos, se hace imposible satisfacer la necesidad expuesta anteriormente.
- Para el desempeño del rol de gestor de costos, por no contar con personal interno capacitado para tal fin, se contrata personal externo. El Departamento de Paradas de Planta ha decidido involucrar al personal temporal de ECOPETROL en este proceso con el fin de reducir los costos.
- Hay un plazo límite para la liquidación de contratos una vez terminados los trabajos, aproximadamente 60 días. Durante los últimos años se ha evidenciado que la liquidación de contratos se realiza en promedio de 3 a 5 meses después de finalizada la parada. Esto conlleva a un aumento de gastos e interfiere con otras paradas programadas a causa de trámites extras que implican mayor consumo de recurso humano.
- Es importante contar con formatos estándares diseñados para un efectivo control de costos así como el análisis, manejo de información y compendio de la misma. Para ese fin, se expone la idea de una herramienta informática que contemple los aspectos anteriores.
- Existen en el Departamento registros que contienen información del proceso de costos con datos históricos de paradas de planta de años anteriores, los cuales no se encuentran estandarizados.

3. MARCO TEÓRICO

El modelo de control de costos propuesto por Shell Global Solutions, está diseñado para ser implementado exclusivamente en empresas pertenecientes a la industria petrolera, específicamente para mantenimientos con paradas de planta, que para el caso del proyecto en cuestión, sirvió como base para el desarrollo de la metodología y mejoramiento de procesos propuesto.

A continuación se mencionan y describen brevemente diferentes métodos para el control de costos cuya combinación hace efectivo el manejo de los mismos.

Adicional al Modelo de costos aplicado en el Departamento de Paradas de Planta, se evaluó Seis Sigma, una de las metodologías para el mejoramiento de procesos empleada en la actualidad por grandes compañías que ha contribuido al éxito de las mismas.

La concisa descripción de las metodologías base para el proyecto permitió apoyar el planteamiento del modelo en la definición de sus elementos y actividades.

3.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alcance: define los límites en los cuales el equipo debe concentrarse, así como lo que debe tratar de evitar. Especifica con claridad en qué se va a trabajar y en qué no, si el proyecto es único o afectara a otras líneas o regiones, donde están las oportunidades de mejora, entre otros.

Cliente: cualquier persona, natural o jurídica, interna o externa que reciben el producto o servicio del proceso escogido para mejorar.

Costo real: formado por todos los gastos que se incurren en la fabricación de un producto o prestación de un servicio, clasificados en gastos directos como materiales, salarios y gastos indirectos.

CTQ: característica de un producto o servicio que cumple con un requerimiento crítico del cliente o un proceso requerido por el cliente.

DMADV: siglas que identifican la metodología Seis Sigma Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar aplicada para diseñar productos o procesos inexistentes en la compañía.

DMAMC: siglas para la metodología Seis Sigma Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Control, empleada en la compañía para la mejora de un proceso o producto existente.

Eficacia: es el grado en el cual una organización cumple y supera las necesidades y requisitos del cliente.

Eficiencia: se refiere a los recursos que el negocio, proceso o actividad consume para la obtención de eficacia para los clientes. Puede ser medida en tiempo, costo, trabajo o valor.

Flujo de caja: flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado, el cual constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa. El estudio de los flujos de caja dentro de una empresa puede ser utilizado para determinar problemas de liquidez, para analizar la viabilidad de

proyectos de inversión o para medir la rentabilidad o crecimiento de un negocio.

Requisitos: características de la necesidad que determinan si el cliente queda satisfecho con el producto o servicio que recibe.

X: variable independiente utilizada para designar factores o entradas de un proceso o sistema.

Y: variable dependiente empleada para indicar resultados de un proceso o sistema. Equivale a las salidas.

3.2 CONTROL DE COSTOS

Como resultado de la creciente demanda de las empresas en el control del flujo de caja, un certero y oportuno seguimiento, así como el reporte de los costos es esencial.

Una adecuada previsión de los costos con actualizaciones diarias se está convirtiendo progresivamente en la regla a adoptar. Con la integración de muchas compañías explotadoras de recursos, las paradas de múltiples plantas junto a su corta duración, fácilmente dan lugar a gastos que exceden un millón de dólares por día. Bajo estas condiciones, esto no toma mucho tiempo para estar fuera de control, si el seguimiento de los costos no es estricto.

Un apropiado control de costos ha demostrado mejorar enormemente la conciencia del costeo y su práctica no sólo da una correcta previsión de los costos sino que los reduce.

Existen siete pasos básicos para un control efectivo de los costos:

- Establecer un criterio o límite (Plan de Costo Límite).
- Realizar un seguimiento en contraste con el criterio o límite.
- Analizar los resultados.
- Tomar acciones correctivas.
- Prever.
- Informar.
- Poner en práctica.

Reporte versus control.

Reporte de costos es:

- Saber qué se debe hacer: Plan de costos (límite) y presupuesto.
- Saber qué se ha hecho: costos actuales más acumulaciones.
- Saber que hace falta hacer: previsión (situar estimación actual).

Análisis y control de costos es:

- Saber tempranamente qué está mal y porqué: costos actuales más acumulaciones versus Plan de costos.
- Tomar acciones correctivas antes de que sea demasiado tarde: revisión y actualización de la estimación actual.

Hay dos formas esenciales de administrar y controlar el presupuesto, ya sea utilizando “Estimación ascendente” o un “Modelo de costos”. Ambos métodos pueden combinarse.

3.2.1 Control de Costos Usando la “Estimación Ascendente”. Este método utiliza la estimación prevista que fue realizada previamente a la parada de planta. Esencialmente, el “Costo real actualizado” por partida es adicionado al “Costo futuro anticipado”, cuyo resultado da el “Costo final anticipado”. La clave del éxito para el monitoreo de tales costos es el seguimiento preciso de los contratos de trabajo y gastos por materiales. Todo

aquel que use el centro de costos de la parada de planta debe ingresar los compromisos en la base de datos; los contratos deben tener una buena base para determinar las “Cuentas finales” y debe existir un procedimiento preciso para la entrada de “Cambios en el alcance de la parada” o “Variaciones”. Como cualquier sistema de monitoreo, la salida será tan exacta como la entrada. La mano de obra y los materiales de costo significativo (estimados, cuando los costos actuales no se encuentran disponibles) deben incluirse en una curva de costos llamada “Curva S” a diario, para que de esta manera el Líder o administrador de la parada tenga una buena idea de la cifra “real + compromisos” en todo momento.

3.2.2 Control de Costos Usando un Modelo de Costos. Para casi todas las paradas de planta en las plantas, especialmente las petroquímicas, se ha demostrado que existe una muy buena correlación entre el “Costo total final” y los costos por contratos principales para equipo estático. Los costos mecánicos son normalmente del orden del 45% del costo total. Una proporción más precisa para la parada de planta en consideración puede ser obtenida mediante la evaluación detallada de la “Estimación ascendente”. Además, existe una relación muy constante entre los costos por contrato de trabajos mecánicos (relacionados en sí mismos con las horas-hombre trabajadas) y sus costos totales. Los costos totales son típicamente del orden de dos veces los costos laborales. Pero de nuevo, una proporción más acertada puede obtenerse del análisis desglosado de costos de la parada de planta particular en consideración. Usando estas relaciones, puede desarrollarse un modelo, donde el progreso de la parada de planta y la eficiencia de la mano de obra lograda se utilizan para realizar predicciones sobre los costos finales.

3.2.3 Comparación de las Estimaciones y Modelo de Costos. A menudo es útil ejecutar los dos sistemas para el seguimiento de los costos.

Es de señalar que si la desviación entre los resultados se produce, normalmente es la estimación detallada la que tiene el error. Cualquiera de los costos no se informó correctamente o alguien ha dejado de advertir al sistema acerca de una responsabilidad o compromiso adicional. El control de costos de personal (incluidos los gastos de horas extras) es crucial para la gestión de los costos de cierre. Si un exceso de costos es de esperar, este debe ser comunicado a la gerencia para su aprobación, lo antes posible, junto con una justificación. El uso de un sistema de control de los costos es un método eficaz en la gestión de costos por parada de planta.

3.2.4 Administración de la Información del Control de Costos. La integración de los sistemas de información común, junto con mejores y estandarizados procesos de negocio, así como la sistemática administración de la información, permitirá a los sitios de explotación planificar, analizar y gestionar sus procesos de negocio de manera más eficaz y tomar decisiones informadas. El uso de un adecuado sistema de administración de información de costos, integrado en un Software de Administración de Mantenimiento (Computerised Maintenance Management System) y un Sistema de informes financieros es empleado normalmente para proporcionar una base para la gestión de costos de una parada de planta y, en particular para:

- Estimaciones en costos con registros estadísticos o aproximaciones en magnitud de costos.
- Planeación detallada de costos ascendentes.
- La gestión de presupuestos y control de la disponibilidad.
- Compromiso de presentación de informes.
- Presentación de informes de Costo real (VOWD¹⁴).
- Seguimiento y control de trabajos adicionales.

¹⁴ Siglas en inglés para Value of work done

- Seguimiento y control de trabajos emergentes o descubrimiento de trabajos.
- Presentación de informes del Costeo final y análisis detallado.
- Gestión de la información.
- Revisión posterior a la implementación (PIR¹⁵).

Dentro del sistema de administración de información de costos, por lo general se crea una Estructura de Análisis de Trabajo, WBS por sus siglas en inglés (Work Breakdown Structure). Una estructura WBS divide la parada de planta en los elementos necesarios para controlar su ejecución principalmente desde un punto de vista de administración de costos, es decir, los principales elementos de la unidad de proceso que están experimentando la parada. Es un modelo de trabajo a realizar durante la parada de planta el cual se encuentra organizado en una estructura jerárquica. El WBS es un instrumento importante, que ayuda a mantener una visión general de la parada de planta, cuyos elementos se utilizan para presentación de informes de gastos (costos previstos, el presupuesto, los costos reales (VOWD), compromisos pendientes, asignación de presupuesto disponible, etc.) en cualquier nivel de la estructura jerárquica presente en la WBS.

Dentro del sistema de administración de información de costos generalmente puede crearse una estructura de proyecto estándar y usarse como modelo o representación de las diferentes paradas de planta o unidades de proceso, lo cual permite al equipo de planeación de las paradas crear nuevos proyectos de mantenimiento más rápida y fácilmente. También asegura que los esbozos correctos de proyectos y presupuestos serán empleados y que la información incorrecta de proyectos de paradas existentes no será reproducida. Asimismo, garantiza que todos los elementos relevantes de la WBS estén incluidos y que ninguno haga falta. Para las refinerías operadas

¹⁵ Siglas en inglés para Post Implementation Review

por Shell, el Mantenimiento con Excelencia (Global Asset Management Excellence) ha emitido una norma mundial en la estructura de proyectos de parada de planta, que ha sido elaborada y acordada a nivel mundial y es construida empleando una solución empresarial para gestionar una empresa, SAP PS¹⁶ constituyendo el software base para la organización.

La estructura estándar de WBS generalmente garantiza:

- Menos esfuerzo manual en la creación de nuevas estructuras de un proyecto de parada de planta.
- La coherencia entre proyectos similares.
- Todos los elementos se incluyen en la WBS.
- Se emplean esbozos correctos de proyectos y presupuestos.

Una estructura normalizada significa:

- Menos esfuerzo manual en la gestión y actualización de datos para proyectos en curso.
- Planificación de costos más rápida y eficientemente.
- Mayor facilidad en el análisis de costos.
- Estructuras comunes a través de la empresa.

3.3 METODOLOGÍA SEIS SIGMA

3.3.1 Historia y Evolución. El Seis sigma empezó a mediados de la década de 1980 en Motorola, pero en la década de 1990 la popularizaron AlliedSignal y General Electric. Se inició en Motorola, cuando Mikel Harry comienza a influenciar a la organización para que estudie la variación en los

¹⁶ Solución ERP integrada para organizaciones intensivas en capital. Es una solución empresarial completamente integrada con inigualada funcionalidad de amplitud y profundidad para Administración de Mantenimiento, Administración de Materiales, Administración Financiera, y Administración de Recursos Humanos.

procesos como una manera de mejorar los mismos. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar. Tal iniciativa dio origen a un esfuerzo centrado en mejorar la calidad poniendo como objetivo lograr un nivel de 6 Sigma (representativo de 3,4 defectos por millón de oportunidades).

En 1991 Lawrence Bossidy, CEO¹⁷ de AlliedSignal, al tomar conocimiento de ésta nueva metodología la implementa en su corporación, logrando con ello importantes incrementos en la rentabilidad de la misma.

Posteriormente Jack Welch, CEO de General Electric, había resuelto adoptar Seis Sigma en toda la corporación, convirtiendo la iniciativa no sólo como una metodología de mejora en el área de producción sino en una cultura presente en todos los ámbitos y niveles de la organización.

3.3.2 Definición de Seis SIGMA. Seis Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios basada en el enfoque hacia el cliente, el manejo eficiente de los datos y las metodologías, cuyo objetivo es eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón.

En general, los procesos estándar, especialmente los administrativos y de servicios, tienden a comportarse dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (DPMO), esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32%, en contraposición con un nivel de 99,9997% para un proceso de Seis Sigma.

Estadísticamente, Seis Sigma basa sus indicadores mostrados en la Tabla 2.

¹⁷ CEO, por sus siglas en inglés Chief Executive Officer, cuyo significado es Director Ejecutivo.

Tabla 2. Tabla de conversión de un proceso al sistema σ

Proceso Sigma	Rendimiento a Largo Plazo	Número de defectos por un millón de oportunidades
0	6,7	933 193
1	30,9	691 462
2	69,1	308 538
3	93,3	66 807
4	99,4	6210
5	99,98	233
6	99,99966	3,4

Fuente: Eckes, George EL SIX SIGMA PARA TODOS.

El primer paso para calcular el nivel sigma o comprender su significado es entender qué esperan sus clientes. En la terminología de Seis Sigma, los requerimientos y expectativas de los clientes se llaman CTQs¹⁸ (Críticos para la Calidad).

La meta de Seis Sigma es ayudar a las personas y a los procesos a que aspiren a lograr entregar productos y servicios libres de defectos. Seis Sigma, más que un enfoque estadístico al análisis de los problemas, realmente se trata de una cultura organizacional, una manera de pensar o un conjunto de nuevos comportamientos.

El Seis Sigma es una filosofía gerencial que pretende mejorar la eficacia y la eficiencia.

De la implementación de esta iniciativa se obtienen beneficios como la reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

¹⁸ CTQ Critical to Quality, siglas en inglés que definen las características de los clientes Críticas para la Calidad.

3.3.3 Principios de Seis SIGMA

1. Enfoque genuino en el cliente.

El enfoque principal es dar prioridad al cliente, ya sea externo (aquel que compra productos o servicios de la compañía) o interno (aquel que usa los servicios que otra dependencia les suministra). Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente, lo cual significa entender sus necesidades y los requerimientos importantes para él.

Las empresas comprometidas con el cliente y con Seis Sigma, garantizan la entrega oportuna de productos y servicios, libres de defectos y a costos razonables.

2. Dirección basada en datos y hechos.

El proceso Seis Sigma se inicia estableciendo cuales son los puntos claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una manera más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan, y no sus síntomas. Para esto, se debe entender exactamente cómo es que el proceso funciona antes de realizar cualquier modificación.

En muchas ocasiones, las empresas en su afán de mostrar el avance de las soluciones, fallan en comprender qué es lo que están cambiando antes de empezar a implementar dicha modificación. El resultado de esta falla se ve reflejado en efectos secundarios, imperfecciones o defectos. Teniendo todos los hechos antes de realizar cualquier cambio, la compañía puede eliminar la repetición del trabajo y así la pérdida causada por soluciones a problemas incorrectos.

3. Los procesos están donde está la acción.

Seis Sigma se concentra en el procesos, así pues dominando éstos se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa. Uno de los objetivos básicos es reducir la variación y por consiguiente aumentar la consistencia de los procesos, teniendo en cuenta que la consistencia puede ser predecible, y lo que es predecible se puede perfeccionar.

4. Dirección proactiva.

Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen. Consiste en eliminar los defectos existentes por medio de la prevención y no la corrección, analizando los procesos para determinar las causas de los defectos y mejorándolos con el propósito de prevenir los errores.

5. Colaboración sin barreras.

Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización, logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores. Se requiere el personal correcto trabajando unido para resolver problemas, aplicando su conocimiento y compartiendo sus experiencias.

6. Búsqueda de la perfección

Las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.

3.3.4 Roles y Responsabilidades. Seis Sigma cuenta con una infraestructura diseñada para liderar el mejoramiento de la empresa, conformada por un equipo de trabajo eficiente el cual se apoya en herramientas de gestión como la estadística para el cálculo de defectos.

Los integrantes del equipo son capacitados, de no contar ya con conocimientos y/o experiencia en Seis Sigma, en estadísticas y probabilidades, herramientas de gestión, sistema de resolución de problemas y toma de decisiones, métodos de creatividad, pensamiento lateral, Programación Neuro-Lingüística (PNL), planificación y análisis de procesos.

Como una forma de identificar a determinados miembros del personal que cumplen funciones específicas en el proceso de Seis Sigma, se han establecido diversos roles que desempeñan aquellos miembros de la organización que lideran y ayudan a liderar los proyectos de mejoras.

- *Cinturón Negro (Black Belt):* son aquellas personas que se dedican tiempo completo a detectar oportunidades de cambios críticos y a conseguir que logren resultados. El Cinturón negro es el jefe del Equipo, responsable de liderar, inspirar, dirigir, delegar, entrenar y cuidar de los miembros de su equipo. Debe poseer firmes conocimientos tanto en materia de calidad, como en temas relativos a estadística, resolución de problemas y toma de decisiones.
- *El Cinturón Verde (Green Belt):* sirve como miembro de equipo, así como apoyo a las tareas del Cinturón Negro. Sus funciones fundamentales consisten en aplicar los nuevos conceptos y herramientas de Seis Sigma a las actividades del día a día de la organización. Generalmente, son personas que provienen de distintos departamentos y participan activamente en los proyectos, recogen los datos e informaciones, diseñan el proceso de trabajo

a ser analizado, identifican las causas y plantean soluciones, implementan las soluciones y el proyecto, monitorean el nuevo proceso y hacen correcciones.

- *Maestro Cinturón Negro (Máster Black Belt)*: sirve de entrenador, mentor y consultor para los Cinturones Negros que trabajan en los diversos proyectos. Debe poseer mucha experiencia en el campo de acción tanto en Seis Sigma como en las operaciones industriales, administrativas y de servicios. Aconseja a los propietarios de los procesos y a los equipos de mejora de Seis Sigma en áreas tan diversas como la utilización de herramientas estadísticas de medida, la gestión del cambio o las estrategias de diseño de procesos.

- *Sponsor (Champion)*: es un ejecutivo o directivo que inicia y patrocina a un Black Belt o a un equipo de proyecto. Brinda asesoría como un tutor. Él mismo forma parte del Equipo de trabajo, siendo sus responsabilidades: garantizar que los proyectos están alineados con los objetivos generales del negocio y proveer dirección cuando eso no ocurra, mantener informados a los otros miembros del equipo de trabajo sobre el progreso del proyecto, proveer o persuadir a terceros para aportar al equipo los recursos necesarios, tales como tiempo, dinero, y la ayuda de otros. Conducir reuniones de revisión periódicas, negociar conflictos y efectuar enlaces con otros proyectos Seis Sigma.

- *Líder de Implementación*: Generalmente a cargo del CEO u otra figura máxima y cercana a ese nivel directivo, es responsable de la puesta en práctica del sistema Seis Sigma y de los resultados que este arroje para la organización, siendo el estratega fundamental del sistema.

3.3.5 Método para Resolución de Problemas. Para la integración de la metodología Seis Sigma se cuenta con dos tipos de métodos. Ambos son similares, pero cada uno de estos procesos es aplicable en ciertas situaciones.

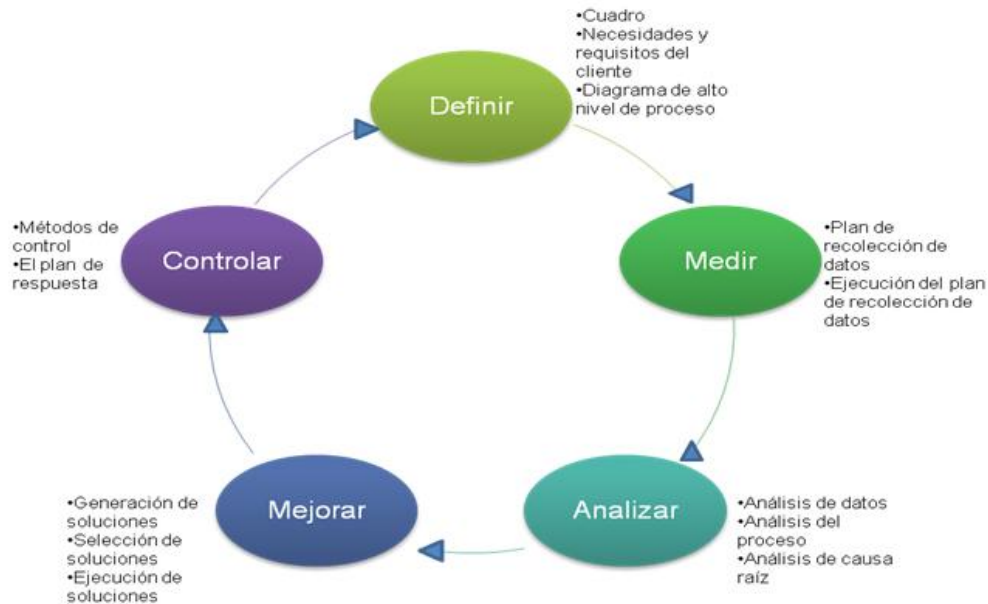
Los sistemas para resolución de problemas son conocidos, por sus siglas en español, como DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar) y DMADV (Definir-Medir-Analizar-Diseñar-Verificar). La primera metodología es utilizada cuando un producto o proceso existe en la compañía pero no está resolviendo la especificación del cliente o no se está realizando adecuadamente, y la segunda, cuando un producto o proceso no existe en la compañía y necesita ser desarrollado o en caso de que el producto o proceso ha sido optimizado y todavía no resuelve el nivel de la especificación del cliente o el nivel Seis Sigma.

Para el desarrollo del presente proyecto, se ha escogido la metodología DMAMC teniendo en cuenta que el proceso a mejorar existe en la organización pero necesita ser optimizado alcanzando un nivel de eficacia y eficiencia mayor.

A continuación, se explican las fases que componen el método escogido, las cuales deben ser llevadas a la práctica por grupos especialmente formados para dar solución a los diversos problemas u objetivos planteados de la compañía. Es importante destacar que la metodología Seis Sigma es aplicable tanto a proyectos de áreas operativas como en otros ámbitos de la organización. Precisamente, es en áreas comerciales o administrativas donde suelen encontrarse las mejores oportunidades de negocio.

La Figura 4 ilustra la Metodología de mejoramiento DMAMC y muestra los aspectos más importantes a considerar y desarrollar durante cada etapa.

Figura 4. Etapas de la Metodología DMAMC y aspectos clave.



Fuente: Eckes, George EL SIX SIGMA PARA TODOS.

1. Fase Definir: en la fase de definición debe identificarse y especificarse claramente en qué problema se ha de trabajar respondiendo a interrogantes como ¿porqué se trabaja en ese problema en particular?, ¿quién es el cliente?, ¿cuáles son los requerimientos del cliente?, ¿cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad?, ¿cuáles son los beneficios de realizar una mejora?, entre otros.

Una vez se han respondido las preguntas anteriores, se trabaja en la validación de las necesidades que dan origen a la iniciativa. Durante esta etapa se elabora un documento denominado Cuadro del Proyecto donde se especifican el objetivo del proyecto (tanto en términos de la variable a mejorar como en beneficios económicos, si es el caso), la variable que se intenta mejorar y en cuánto (llamada Y del proyecto), el cronograma de trabajo, el alcance, el líder del proyecto y los miembros del equipo, entre otros datos.

Los productos de esta etapa son el Cuadro de Proyecto y el diagrama de alto nivel del proceso.

La etapa de Definición permite conocer con precisión qué se pretende hacer, en qué medida eso impactará en los resultados del negocio y para cuándo se espera la mejora. Siempre debe tenerse en cuenta que definir correctamente un problema implica tener un 50% de su solución. Un problema mal definido llevará a desarrollar soluciones para falsos problemas.

2. Fase Medir: en esta etapa se realiza un estudio de carácter exploratorio de la variable que se intenta mejorar (Y) a la vez de validar todas las fuentes de información con herramientas estadísticas (análisis del sistema de medición).

Debe elaborarse la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto y los parámetros que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

El fundamento de este último punto es que no se puede mejorar aquello que no se mide, pero antes de tomar decisiones se debe estar seguro de la calidad de la información utilizada.

El medir persigue dos objetivos fundamentales:

1. Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad.
Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
2. Permitir e identificar las causas reales del problema.

Productos típicos de esta etapa son la recolección de datos y el análisis exploratorio de la Y del proyecto.

3. Fase Analizar: consiste en la búsqueda de todas las causas posibles que determinan el comportamiento de la variable principal del proyecto. Si esta última se define como Y, entonces las causas potenciales se representan matemáticamente como Xs. En esta etapa no sólo se identifican todas las causas potenciales sino que se realiza un trabajo de clasificación de las mismas hasta llegar a determinar cuáles son realmente críticas, conocidas como causas raíz, confirmando los determinantes del proceso, es decir, las variables clave de entrada o "pocos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

El tipo de análisis de datos depende de la naturaleza de los mismos, si son discretos o continuos; para ello se hace uso de las distintas herramientas estadísticas y de gestión de la calidad como el diagrama de Pareto, el diagrama de pastel, la hoja de distribución de frecuencias, la matriz de causa y efecto o el AMFE (Análisis y modo y Efecto de Falla) por nombrar algunos.

El producto típico de esta etapa del proyecto es una lista de las causas críticas (Xs).

4. Fase Mejorar: en esta etapa se estudia la relación funcional entre las causas identificadas como críticas (Xs) y la variable principal del proyecto (Y) determinando la relación causa-efecto. Así, en lenguaje matemático, se encuentra la función $Y = f(x)$. A partir de la misma se hallan los valores de X para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso o problema (Y) y se prueban los resultados en experiencias piloto.

Durante esta fase es fundamental la participación de todos los integrantes del proceso, aprovechando al máximo su capacidad creativa para generar soluciones.

La solución recomendada es el producto más importante de esta etapa del proyecto.

5. Fase Controlar: es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. Para ello deben ser diseñados y documentados los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez hayan sido implementados los cambios, por tanto, deben definirse claramente indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto, mostrando los puntos problemáticos del negocio y ayudando a caracterizar, comprender y confirmar los procesos. Mediante el control de resultados se logra saber si se está cubriendo las necesidades y expectativas de los clientes.

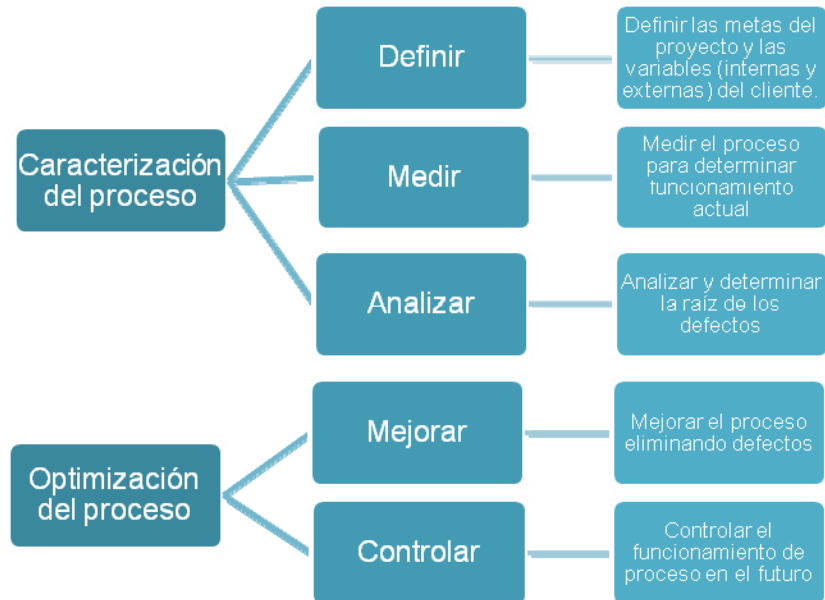
Es además primordial verificar mediante el control, la estabilidad de los procesos. Distintos indicadores vinculados a Seis Sigma pueden y deben ser articulados en un Plan de respuesta, con el fin de permitir un monitoreo constante en la evolución de los mismos por parte de los diferentes funcionarios y responsables de los procesos productivos y de mejoras.

El producto más importante de esta etapa es un plan racional e integrado a las prácticas y procedimientos existentes en la organización.

Para finalizar, en esta etapa se da el reconocimiento de los comportamientos de mejora, se integran a la organización las lecciones aprendidas y una vez terminado el proyecto, se cierra el mismo y se disuelve el equipo.

En el siguiente cuadro se resume cada fase explicada anteriormente.

Figura 5. Resumen de las fases de la Metodología DMAMC



3.3.6 Claves de la Metodología DMAMC. Las claves del DMAMC se encuentran en:

- *Medir el problema.* Siempre es necesario tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios, si es el caso.
- *Enfocarse en el cliente.* Las necesidades y requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración.
- *Verificar la causa raíz.* Es imprescindible llegar hasta la razón primordial o causa raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas.
- *Romper con los malos hábitos.* Un cambio de verdad requiere soluciones creativas.
- *Gestionar los riesgos.* El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Seis Sigma.

- *Medir los resultados.* El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real.
- *Sostener el cambio.* La clave final es lograr que el cambio perdure.

4. MODELO PARA LA GESTIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO CON PARADA DE PLANTA

Con base en la metodología Seis Sigma, en esta parte del proyecto empieza la aplicación modelo DMAMC siguiendo paso a paso las fases establecidas para la mejora del proceso bajo estudio.

En el presente capítulo se explica la primera etapa de la metodología: Definir, la cual consiste básicamente, como su nombre lo indica, en definir el problema o necesidad a perfeccionar.

Los siguientes capítulos muestran por medio del desarrollo de las siguientes fases cómo se obtuvo el Modelo para la gestión de costos y el logro del objetivo principal del Proyecto Seis Sigma: mejorar el rendimiento del proceso, reflejándose en ahorro de recursos para ECOPETROL S.A.

4.1 FASE DEFINIR

Esta fase comprende la organización del equipo de trabajo para el proyecto, la preparación del cuadro, la identificación de las necesidades y requerimientos del cliente y finalmente la creación del diagrama de alto nivel del proceso.

4.1.1 Impacto en el Negocio. Como punto de partida del proyecto entender el modelo de negocio bajo el cual se desarrolla la metodología es vital. La iniciativa Seis Sigma y el mejoramiento del proceso deben ir encaminados de

acuerdo al marco estratégico del departamento, entendiendo su misión, visión y objetivos.

Para esto, se definió de acuerdo a tres aspectos, como meta principal del proyecto:

Paradas de Planta busca	}	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar un mantenimiento “Clase Mundial”. Cumplir con los objetivos trazados. Realizar un mantenimiento orientado a la calidad.
-------------------------	---	--

Por lo tanto,

Meta: Garantizar un mantenimiento de “Clase Mundial” orientado a la calidad cumpliendo con los objetivos trazados.

4.1.2 Planteamiento del Problema

Tabla 3. Análisis para el planteamiento del problema

¿QUÉ?	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué proceso se encuentra involucrado? • ¿Qué no está funcionando? • ¿Cuál es la falla? 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de gestión de costos • El proceso en general es ineficiente. • No existe una metodología desarrollada, los tiempos para el costeo de trabajos a ejecutar y la liquidación del contrato son largos, no se cuenta con formato estándares, la disponibilidad de información actualizada respecto al presupuesto vs. costos es deficiente.
¿DÓNDE / CUÁNDO?	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Dónde es observado el problema o falla? • ¿Cuándo es observado el problema o falla? 	<ul style="list-style-type: none"> • Durante las etapas de ejecución y cierre de un mantenimiento con parada de planta. • Aproximadamente desde hace 3 años hasta hoy.
IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el impacto de la falla? • ¿Cuáles son los beneficios de tomar medidas o las consecuencias de no hacerlo? 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor utilización de recursos (humanos, monetarios, tiempo). • Atrasos en todas las actividades de costos. • La consecuencia de no actuar impide el mejoramiento del proceso influyendo directamente en el objetivo principal de garantizar un mantenimiento “Clase Mundial”. • El beneficio de actuar es el mejoramiento y desarrollo de una metodología estandarizada.

Planteamiento del problema:


“Durante las primeras ejecuciones de mantenimiento que involucran parada de planta realizadas por el Departamento desde el año 2005, la Gestión de costos ha sido un proceso ineficaz e ineficiente el cual genera mayor consumo de recursos, mayor tiempo para liquidar contratos, tomando aproximadamente 120 días realizar su gestión, y deficiencia en la disponibilidad de información actualizada para los líderes, impactando negativamente la planeación en general al evidenciar atrasos en el cronograma e incremento del presupuesto”

4.1.3 Funciones y Responsabilidades del Equipo. El equipo se encuentra compuesto por aquellos miembros de la organización que lideran y apoyan el proyecto de mejora. Con el trabajo en grupo y reuniones periódicas, así como la asignación de diversas actividades a cada participante, fue planteada la metodología a seguir y realizado un seguimiento a la misma hasta el logro y cumplimiento de los objetivos planteados.


El equipo de trabajo se puede observar en el Cuadro de proyecto.

4.1.4 Cuadro de Proyecto. Agrupa los aspectos que dan propósito y motivación al equipo de Seis Sigma para realizar el trabajo.

Tabla 4. Cuadro resumen del proyecto Seis Sigma.

	<p>ECOPETROL S.A. Departamento de Paradas de Planta. Complejo Refinería de Barrancabermeja.</p>
<p align="center">CUADRO DEL PROYECTO SEIS SIGMA</p>	
<p>Impacto en el negocio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Normalizar el proceso de Gestión de costos durante la ejecución y cierre de una Parada de Planta. • Optimizar el manejo de recursos involucrados (Humanos, tiempo, monetarios).

Objetivo estratégico afectado.	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con la planeación establecida. • Cumplir a los clientes: cumplir con sus requerimientos en calidad y tiempo. <p>Ejecutar los trabajos en concordancia con el alcance y presupuesto establecido.</p>		
	ECOPETROL S.A. Departamento de Paradas de Planta. Complejo Refinería de Barrancabermeja.		
Planteamiento del problema.	<p>“Durante las primeras ejecuciones de mantenimiento que involucran parada de planta realizadas por el Departamento desde el año 2005, la Gestión de costos ha sido un proceso ineficaz e ineficiente el cual genera mayor consumo de recursos, mayor tiempo para liquidar contratos, tomando aproximadamente 120 días realizar su gestión, y deficiencia en la disponibilidad de información actualizada para los líderes, impactando negativamente la planeación en general al evidenciar atrasos en el cronograma e incremento del presupuesto”.</p>		
Alcance del proyecto.	<p>Proceso de Gestión de costos durante la ejecución de un mantenimiento con parada de planta y posterior cierre para el control y seguimiento de contratos por mano de obra que involucran actividades planeadas contenidas en el alcance y actividades adicionales (trabajos contingentes y emergentes).</p>		
Metas y Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir el tiempo de costeo de recomendaciones en un 20% 2. Reducir el tiempo para liquidación de contratos en 20% 3. Crear una herramienta informática de apoyo al proceso 4. Diseñar formatos estándares para el control y seguimiento a los contratos. 		
Beneficios	<p>Obtención de un modelo estándar y oficial para gestionar y controlar los costos durante la ejecución de una turnaround en la refinería de ECOPETROL, constituyéndolos en una herramienta que permita identificar, analizar y consolidar la información que se va generando antes, durante y el cierre de una parada aplicando los conceptos y lineamientos relacionados con el proceso de costeo integral en la GRB.</p>		
Hitos del camino	Definir	Enero de 2009	
	Medir	Febrero - Marzo de 2009	
	Analizar	Abril de 2009	
	Mejorar	Mayo – Junio de 2009	
	Controlar	Julio – Agosto 10 de 2009	
Funciones y Responsabilidades del equipo	Equipo de trabajo		% Tiempo
	Jefe de Departamento	Juan Mauricio López	10%
	Líder Parada tipo A	Iván Guerrero	20%
	Líder Financiero	Juan Carlos Toro	40%

	Ingeniera Industrial	Johana Suárez Eljure	100%
	Ingeniero Mecánico	Alexander Castro	40%
	Gestor administrativo	David Parada	50%
	Miembros del equipo	Juan Carlos Celis Rodolfo Dávila Nelson E. Rodríguez	80%
	ECOPETROL S.A. Departamento de Paradas de Planta. Complejo Refinería de Barrancabermeja.		
Aprobaciones	Función	Nombre	Fecha
Revisiones	Revisión número	Nombre	Fecha

Fuente: AUTORA a partir de El Six Sigma para todos.

4.1.5 Identificación de Clientes, sus Necesidades y Requisitos.

Clientes. Los clientes del proceso identificados fueron clasificados como internos, ya que son éstos quienes ayudan a crear el servicio, encontrándose involucrados en el proceso. En la Tabla 5 se describen los tipos de clientes del proceso de gestión de costos.

Tabla 5. Clientes del proceso Gestión de costos.

TIPO DE CLIENTE	NOMBRE	DEFINICIÓN	FRECUENCIA
CLIENTES INTERNOS	Líderes Paradas de Planta (Personal Directivo)	Personal perteneciente al Departamento, encargado de planear y administrar un mantenimiento con parada de planta.	Alta
	Proceso Gestión administrativa.	Manejo administrativo de los contratos de mano de obra y suministros asignados a las diferentes reparaciones. Involucra los aspectos laboral,	Alta

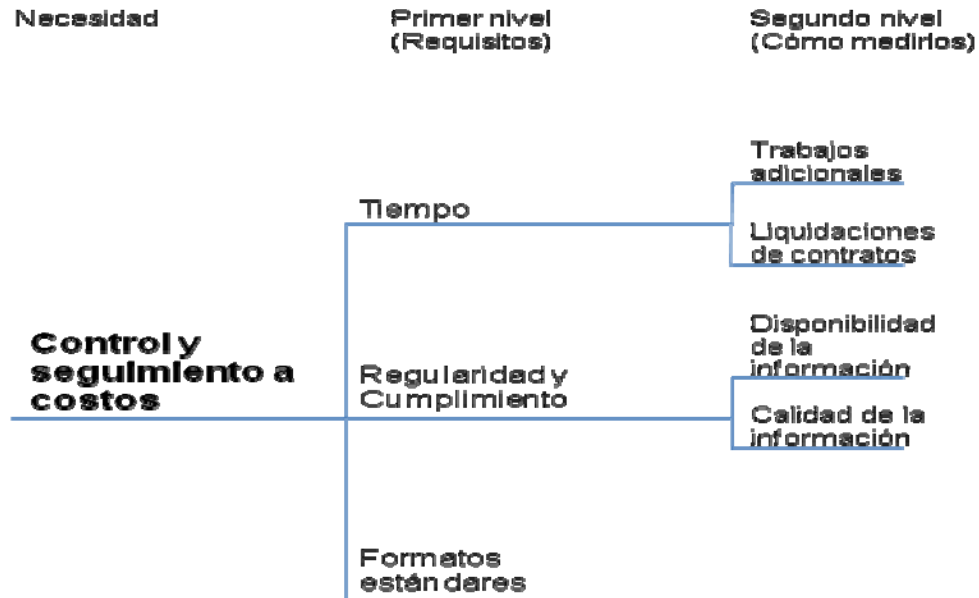
		tributario y legal de los contratos.	
TIPO DE CLIENTE	NOMBRE	DEFINICIÓN	FRECUENCIA
CLIENTES INTERNOS	Gestores técnicos	Personal perteneciente al Departamento encargado de manejar la parte técnica de la parada.	Alta

Identificación de lo crítico para asegurar la calidad (CTQ). De acuerdo a los requisitos CTQs más importantes para los clientes, determinados mediante entrevistas personales a cada parte y apoyado en el desarrollo del árbol de requisitos para el cliente, se encontraron tres elementos críticos para asegurar la calidad.

- 1) Tiempo: para la realización de costeos de actividades adicionales (Recomendaciones) y la liquidación de los contratos de acuerdo a periodos establecidos.
- 2) Regularidad y cumplimiento: se basa en la disponibilidad de información actualizada y la calidad de la misma, como herramienta útil para la toma de decisiones.
- 3) Uso adecuado de formatos: documentos estándar donde se maneja toda la información.

Árbol de requisitos del cliente:

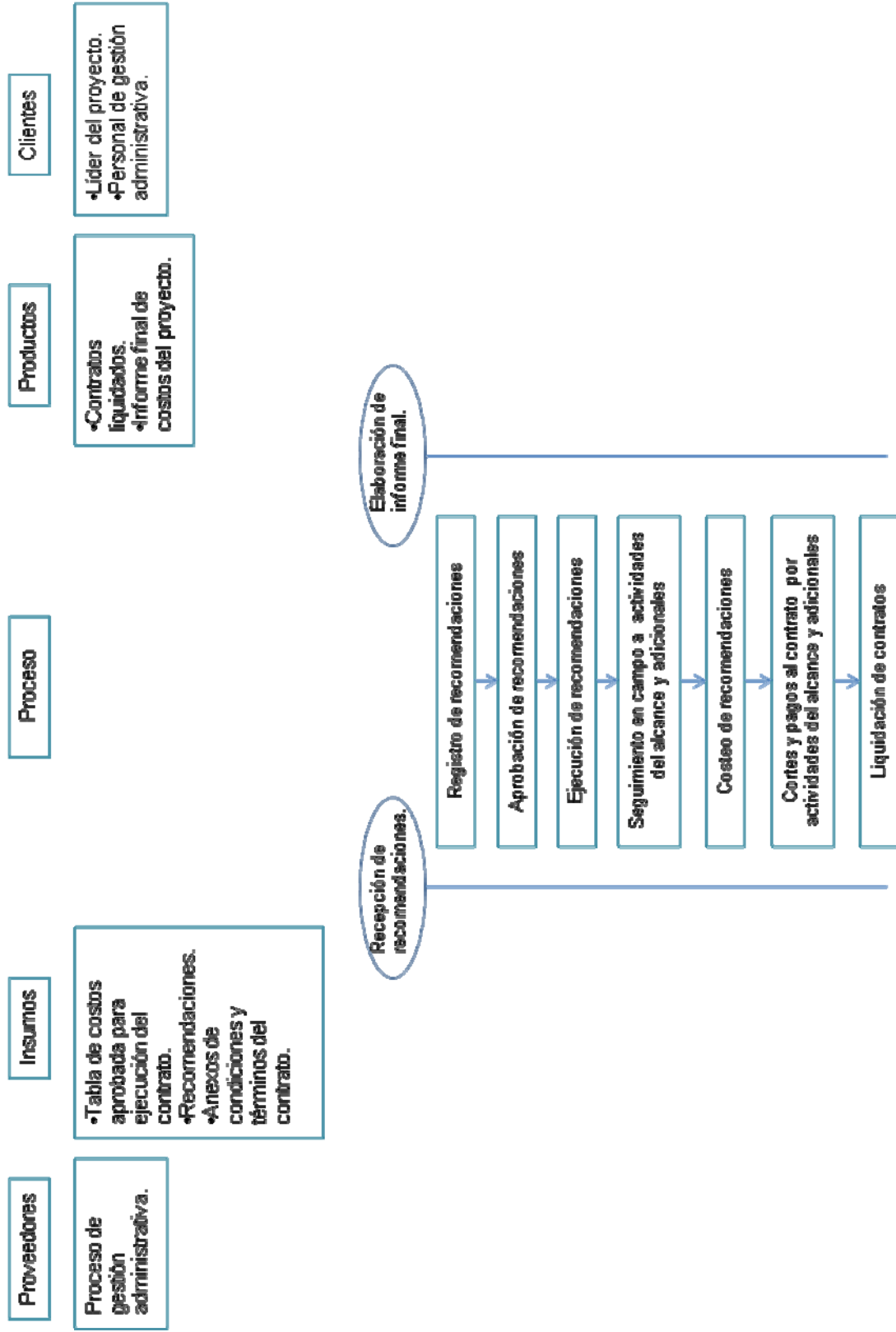
Figura 6. Árbol de requisitos del cliente.



Fuente: AUTORA, a partir de El Six Sigma para todos.

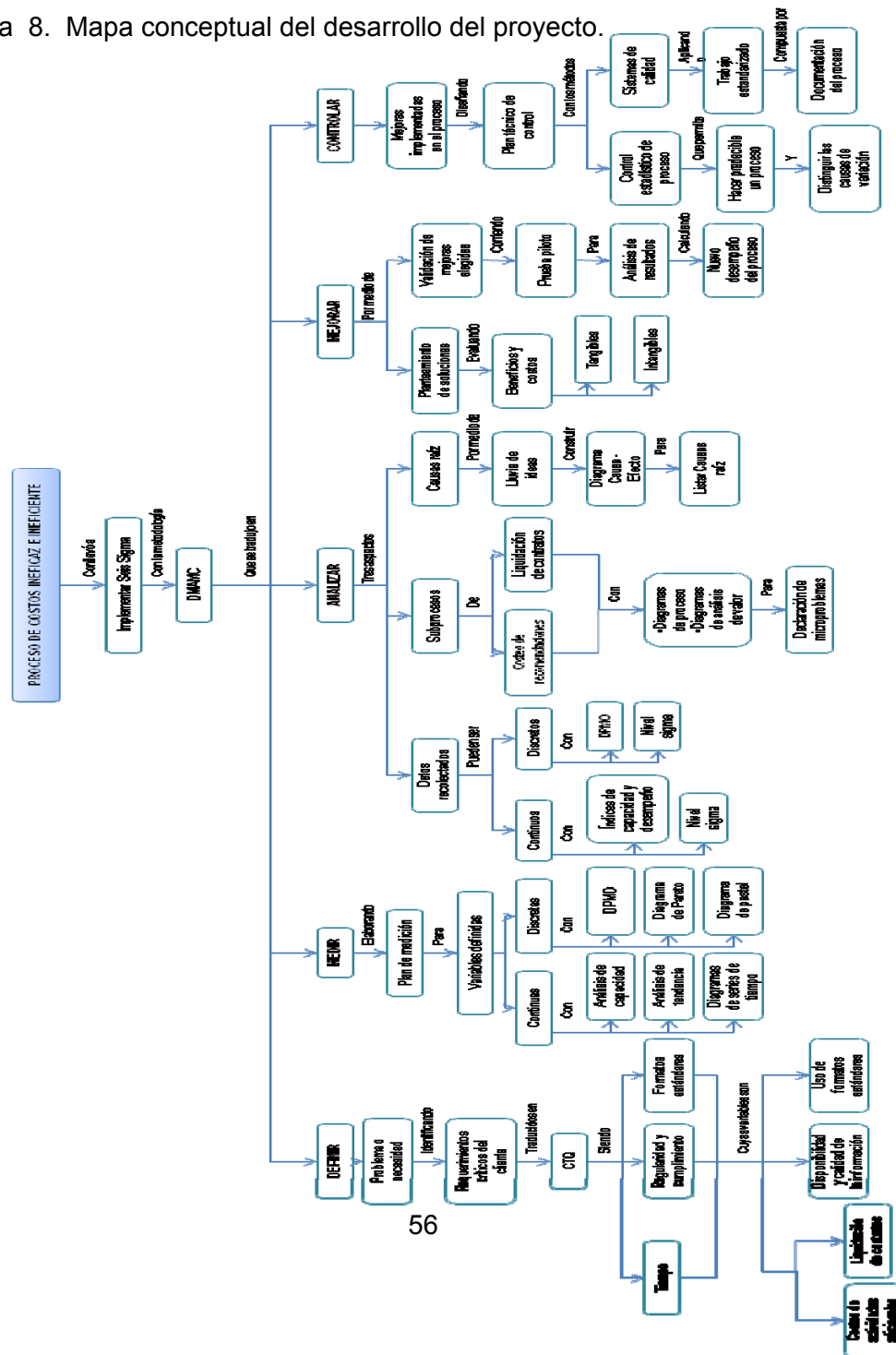
Diagrama de proceso de alto nivel. Basado en la observación del proceso de gestión de costos tal como ocurre antes de ser mejorado, fue elaborado el diagrama de proceso de alto nivel, el cual es una representación de los pasos y actividades llevados a cabo dentro del mismo. La metodología empleada para el desarrollo de dicho diagrama corresponde al análisis PIPPC, que significa tener en cuenta a Proveedores, Insumos, Proceso, Productos y Clientes y su influencia en el proceso.

Figura 7 Diagrama de alto nivel del proceso



4.1.6 Mapa Conceptual del Proyecto. A continuación se encuentra el mapa conceptual de la metodología DMAMC aplicada al proceso de gestión de costos. Este mapa describe todos los factores que contribuyen a la resolución del problema planteado en esta etapa y la secuencia detallada de las actividades principales de cada una de las fases que componen el proyecto.

Figura 8. Mapa conceptual del desarrollo del proyecto.



4.2 FASE MEDIR

Durante esta etapa se realiza la creación del plan de recolección de datos y su posterior ejecución con el propósito de determinar las medidas de eficacia y eficiencia del proceso como es llevado a cabo antes de la mejora.

Para la creación y desarrollo del plan de medición se tomaron las características críticas de calidad para el cliente determinadas en la etapa Definir (tiempo, regularidad y cumplimiento y formatos estándares), siendo éstas los puntos de control para el cálculo del nivel sigma del proceso de gestión de costos.

Este plan fue creado después de varias sesiones con el equipo de trabajo, estableciendo para cada área de medición aspectos tan importantes como lo son las definiciones operativas, el tamaño de las muestras y el tipo de datos, entre otros, con el propósito de fijar las métricas y recolectar los datos con la mayor objetividad posible, de manera que su posterior análisis permita identificar las causas raíz de los problemas existentes.

Los ítems establecidos dentro del plan corresponden a medidas del proceso, teniendo en cuenta que únicamente con este tipo de medición se puede determinar la eficiencia de la empresa respecto al proceso analizado.

La tabla a continuación muestra un resumen del plan de recolección de datos para cada CTQ con sus definiciones más relevantes.

Tabla 6. Plan general de recolección de datos

Medición de desempeño	Definición operativa	Fuente y ubicación de datos	Tamaño de la muestra	Responsable del registro de información	Tiempo de obtención de información	Método de recolección de información	Muestra de la medida
CTQ1 (Recomendaciones)	Tiempo empleado desde que llega la	Ejecución de una parada de planta.	100 registra das 92	Ingeniera Industrial Gestor de costos	60 días	Observación y registro.	Gráficas y tablas

Medición de desempeño	Definición operativa	Fuente y ubicación de datos	Tamaño de la muestra	Responsable del registro de información	Tiempo de obtención de información	Método de recolección de información	Muestra de la medida
CTQ1 (Liquidaciones)	Tiempo empleado desde el inicio del contrato hasta su cierre y legalización. 45 – 105 días.	Datos históricos de Paradas de Planta 2008. Información existente	45	Ingeniera industrial Gestor administrativo	45 días	Observación y registro.	Gráficas y tablas
CTQ2 (Regularidad y Cumplimiento)	Disponibilidad de reportes cada 5 días.	Ejecución de una parada de planta. Nueva información	40	Ingeniera Industrial	60 días	Observación y registro.	Gráficas y tablas
CTQ3 (Formatos estándares)	Uso / No uso de planillas oficiales	Datos históricos de Paradas de Planta 2008. Información existente.	40	Ingeniera Industrial	30 días	Observación y registro.	Gráficas y tablas

Es importante resaltar que para CTQ observado y registrado el tamaño muestral fue definido por el equipo de trabajo basado en el análisis, en la disponibilidad de recursos y el tiempo, así como el tipo de datos, ya sean discretos o continuos, con el propósito de llevar a cabo un estudio que fuera congruente con la realidad y reflejara lo máximo posible el estado actual del proceso.

A continuación se presenta el cuadro empleado en la recolección de datos para las mediciones de uno de los requerimientos de calidad críticos para el cliente y su observación durante la ejecución. Este es CTQ1 Tiempo: Trabajos adicionales (Recomendaciones).

El plan de recolección de datos realizado individualmente para cada CTQ al igual que los resultados obtenidos de las observaciones individuales se exponen en el **ANEXO A**.

4.2.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

De acuerdo al plan de recolección de datos general, para cada una de las características a medir se elaboró una tabla con información más específica, describiendo aspectos como las metas y especificaciones, la medida, el costo y el contexto bajo el cual las observaciones fueron registradas. Para este caso en particular fue seleccionado el contrato de obra que contiene los equipos con posibilidad de tener un número mayor de trabajos adicionales, es decir, recomendaciones.

Tabla 7. Plan específico de recolección de datos para CTQ1.

CTQ 1	Mejorar el tiempo de costeo de las recomendaciones en 7 días.		Medida	Tiempo de costeo (Días)	
Tiempo					
Contexto	Entrega de recomendaciones durante la ejecución de un mantenimiento con parada de planta tipo A, para el contrato de obra de torres y tambores.		Objetivo y Especificaciones (días)	Comportamiento actual	
				17	
				Objetivo	
				7	
				Especificaciones	
Inferior: 5		Superior: 20			
Definición operativa	Se calcula el tiempo desde que llega la recomendación emitida por la coordinación respectiva de soporte técnico hasta que es costeada por el gestor de costos asignado al contrato respectivo y es acordado su valor con las partes involucradas.				
Formulario para recoger datos	Los datos se registran en una planilla.				
Plan de recolección de datos					
Tipo de medición	Tipo de datos	Método	Tiempo	Costo	Responsables
Medición del proceso	Continuo	Observación y registro	Ejecución Parada de Planta Petroquímica	Ninguno	Johana Suárez Juan Carlos Celis

4.2.2 EJECUCIÓN DEL PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

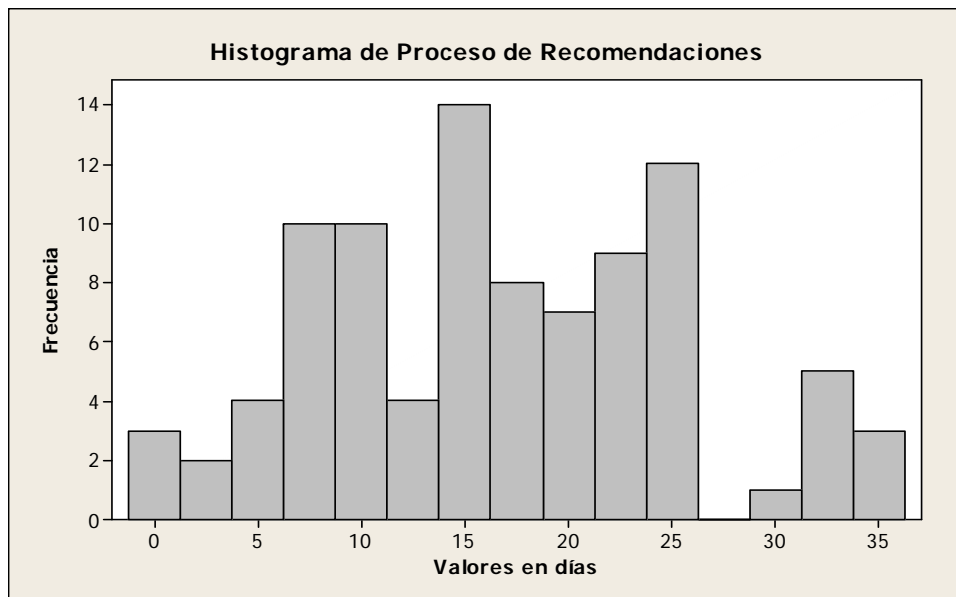
Una vez realizada la toma de datos, es necesario identificar el tipo de distribución que mejor se ajuste a los datos con el fin de llevar a cabo el

estudio de capacidad del proceso seleccionado y el cálculo de línea de base sigma, lo cual significa determinar el nivel de eficiencia sigma de la característica escogida para ser analizada.

Con el apoyo del software para análisis estadístico **MINITAB 15**®¹⁹ y, de acuerdo a las herramientas de calidad que éste brinda, fue posible estimar los indicadores de capacidad del proceso como Cp_k ²⁰, Pp_k ²¹, el Nivel σ y PPM²², luego de seguir una serie de pasos explicados a continuación.

En primer lugar se graficó un histograma con los datos observando su distribución, la cual, evidentemente es asimétrica.

Gráfica 1. Histograma de Recomendaciones.



Fuente: AUTORA, apoyado en MINITAB 15®

¹⁹ Software de análisis estadístico básico y avanzado especial para el control de calidad.

²⁰ Siglas del Índice de capacidad real. Proporciona información relacionada con la dispersión y la media del proceso

²¹ Siglas de Índice de desempeño real. Representa una medición de cómo el proceso está funcionando realmente.

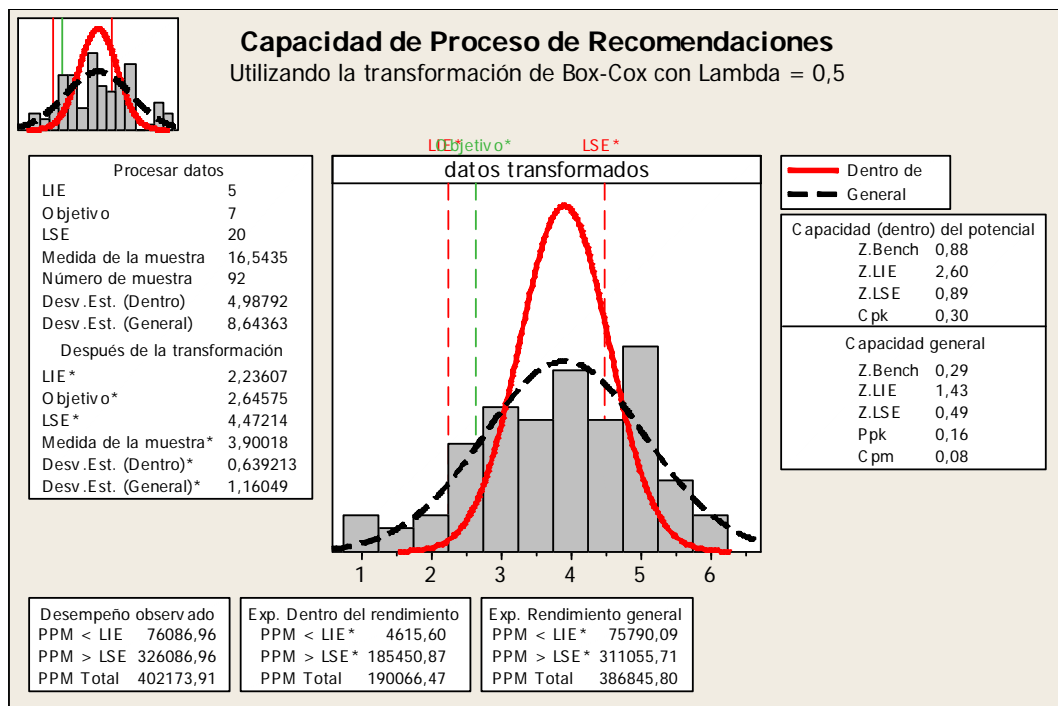
²² Siglas del indicador Partes por Millón.

Para lograr que la distribución de los datos se asemejara a una distribución normal y facilitara en análisis, por medio de la transformación de Box-Cox²³ fue encontrado un nivel óptimo para dicha transformación con un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, fue realizado el análisis de capacidad con **MINITAB 15**®, que mostró los resultados resumidos en la Gráfica 2.

Vale la pena resaltar que este tipo de análisis estadístico de las variables estudiadas fue realizado para datos de tipo continuo; para los datos de tipo discreto fue necesario recurrir al uso de tablas de frecuencia y al cálculo del nivel sigma del proceso por medio del cálculo DPMO²⁴. **(ANEXO B)**

Gráfica 2. Análisis de Capacidad Proceso de Recomendaciones.



Fuente: AUTORA, apoyado en MINITAB 15®

²³ Transformación estadística de datos que permite obtener homocedasticidad y linealidad con el fin de evaluar la normalidad de una variable aleatoria.

²⁴ Siglas del indicador de cantidad de Defectos Por Millón de Oportunidades.

De acuerdo al gráfico anterior es posible observar que el histograma de los datos refleja una distribución aproximadamente normal, cuya media es de 16,5435 días y desviación estándar general de 8,64363 días.

Al observar la curva normal, se evidencia que el proceso no se encuentra centrado, contrario a esto, es una gráfica asimétrica sesgada hacia la derecha y mucho más plana que la distribución normal, indicando dispersión en los datos. Hay una mayor tendencia de los valores a encontrarse cerca del LSE²⁵, e incluso muchos de ellos se ubican por encima de la especificación superior fijada.

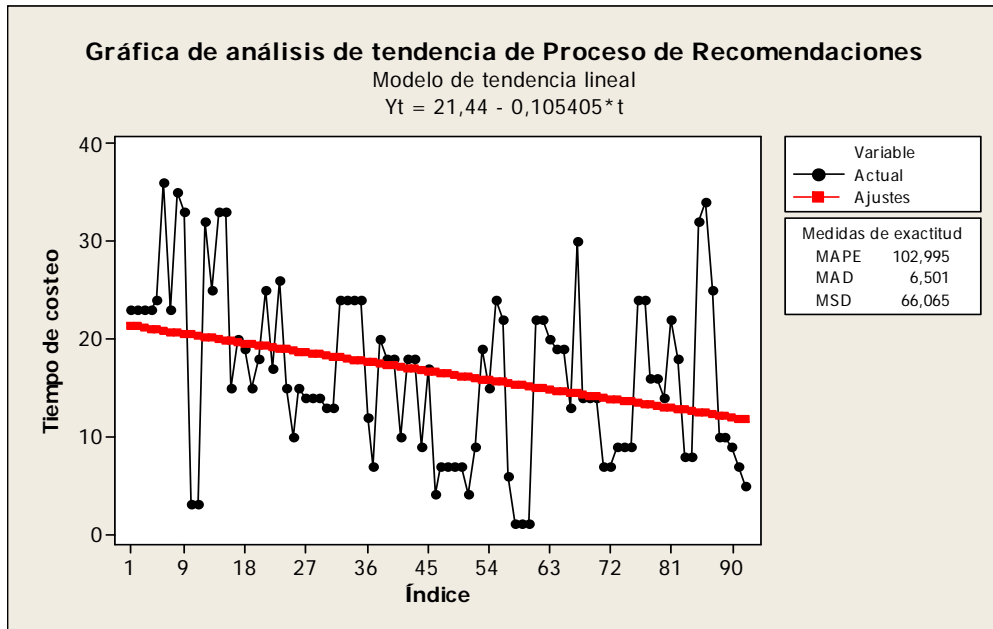
Los índices de capacidad observados para Cp_k y Pp_k son de 0,30 y 0,16 respectivamente, los cuales al ser comparados con el valor estándar que es 1,33 indican que este proceso “no es capaz”. Estos índices también permiten inferir que el proceso en general no se encuentra centrado con respecto a los límites de control fijados a pesar de que algunas mediciones estén contenidas dentro de ellos.

El nivel sigma indicado por $Z_{bench}^{26} = 0,88$ enseña que el nivel de calidad del proceso es muy deficiente y muy bajo al compararlo con el nivel ideal que es 6 sigma.

²⁵ Siglas para el Límite superior de especificación.

²⁶ Indicador del nivel sigma en el Análisis de capacidad

Gráfica 3. Análisis de tendencia Proceso de Recomendaciones.



Fuente: AUTORA, apoyado en MINITAB 15 ®

Observando la gráfica se puede apreciar que la tendencia de los valores es a disminuir en las últimas mediciones, hecho que se presenta debido a la terminación de los trabajos durante la ejecución y el cierre de la parada, donde las reparaciones deben encontrarse finalizadas y costeadas.

En el siguiente capítulo se explica más a fondo el análisis detallado de los datos obtenidos y las posibles causas que originan el problema estudiado.

4.3 FASE ANALIZAR

Esta etapa se divide en tres peajes que consisten en analizar los datos recolectados de las mediciones hechas en la fase anterior, el análisis del proceso tal como se encuentra actualmente y el análisis para determinar las causas raíz que están ocasionando el problema.

4.3.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLECTADOS

De acuerdo a la naturaleza de los datos fue necesario realizar dos tipos de estudios teniendo en cuenta las características de las mediciones realizadas. Principalmente el objetivo es el análisis de capacidad de los procesos bajo observación determinando qué origina la variación, con el propósito de llegar al origen de las causas raíz. A pesar de que algunas muestras de datos obtenidas no representan la población cómo se requiere para un excelente análisis estadístico, cronológicamente hablando hubo una limitante, por lo tanto los datos obtenidos corresponden al máximo número de mediciones que se pudo obtener para las variables observadas. Sin embargo, los datos analizados brindan confiabilidad teniendo en cuenta que fueron proporcionados por personal directamente involucrado en el proceso estudiado, a quienes la empresa deposita su confianza en las labores realizadas y en la veracidad de la información proporcionada.

A continuación se expone los resultados obtenidos para las variables continuas y discretas.

4.3.1.1 Análisis de Datos Continuos. Las características estudiadas como datos de tipo continuo corresponden al requisito crítico para el cliente CTQ1, el cual en la primera fase del proyecto Seis Sigma, fue expresado como variable para facilitar su estudio y observación.

Estudio de capacidad para los procesos de Recomendaciones y Liquidación de contratos. Apoyado en el software **MINITAB 15**®, se valoraron las gráficas de análisis de capacidad, de tendencia y series de tiempo, las cuales describen exactamente cómo es el comportamiento de la variable estudio en el tiempo, siendo posible determinar la variabilidad de los datos, la dispersión, su distribución y tendencia, entre otros. Estos gráficos fueron escogidos teniendo en cuenta que representan clara y objetivamente

la capacidad del proceso, lo cual es la base para observar qué tan bien se está cumpliendo con las especificaciones del cliente. Los índices estudiados reflejan cómo podría funcionar el proceso en relación con los límites de especificación.

La Tabla 8 y 9 resumen los resultados obtenidos de los estudios realizados para el proceso de costeo de recomendaciones y liquidación de contratos respectivamente y la síntesis de la información de mayor relevancia.

Tabla 8. Análisis de datos Proceso de Recomendaciones

Proceso de recomendaciones						
Indicadores	μ	σ	Cp_k	Pp_k	C_{pm}	Z_{bench}
	16,5435 días	8,6436 días	0,30	0,16	0,08	0,88
Serie de tiempo						
Resultados	<p>La gráfica muestra un sesgo hacia la derecha, indicando que los datos tienden al Límite de control superior. Los índices de Capacidad real (Cp_k) y Desempeño real (Pp_k) de 0,30 y 0,16 respectivamente, indican que existe una variabilidad alta en el proceso. El promedio de la distribución no se acerca al valor central de la especificación, lo que significa que la probabilidad de cumplir con las condiciones establecidas para este proceso es muy baja. Al comparar los indicadores de capacidad y desempeño con el valor estándar (1,33), se puede evidenciar que el proceso de recomendaciones “no es hábil”, es decir, “no es capaz”.</p> <p>De acuerdo al análisis para la gráfica de series de tiempo, se observa al comienzo y final de los datos picos muy bajos y altos. A medida que las mediciones aumentan, se observa una tendencia de los valores a disminuir, aunque a partir de la mitad vuelven nuevamente a aumentar los valores.</p>					

Tabla 9. Análisis de datos Proceso de Liquidación de contratos.

Proceso de liquidación de contratos						
Indicadores	μ	σ	Cp_k	Pp_k	C_{pm}	Z_{bench}
	103,778 días	23,6546 días	0,06	0,05	0,17	0,18
Serie de tiempo						
Resultados	<p>De acuerdo con los resultados obtenidos para esta variable, cuyos indicadores de Capacidad real (Cp_k) y Desempeño real (Pp_k) son 0,06 y 0,05 respectivamente, el proceso “no es capaz de satisfacer” los límites de control establecidos, es decir, es un proceso “no hábil” e inaceptable, donde parte de la distribución se encuentra fuera de la especificación.</p> <p>Una distribución normal es simétrica y tiene forma de campana. Para este caso en particular, la gráfica del histograma no es simétrica, los datos tienden a alejarse del objetivo evidenciando que el proceso no se encuentra centrado.</p> <p>A pesar de que las curvas roja y negra de la gráfica no tienen una diferencia substancial una de la otra, sí es evidente que no se encuentran tan cerca entre sí, lo que indica la existencia de fuentes de variación en los datos posiblemente originadas por causas comunes. Esto se determina al comparar los índices de capacidad general y dentro de, que indican que las fuentes de variación fueron bien estimadas ya que estos valores son muy cercanos, es decir, no hay fuentes de variación por causas especiales.</p> <p>De acuerdo a las líneas de los límites superior e inferior y a la línea objetivo, se observa que las mediciones están centradas dentro de ellas.</p> <p>En cuanto al diagrama de tendencia, se aprecian picos muy altos y bajos entre las mediciones al principio de la gráfica. Al final de esta, los valores tienden a comportarse de manera uniforme.</p>					

Generalmente las variaciones en los procesos debido a causas especiales provocan una deformación de la curva de distribución. De acuerdo a las gráficas para análisis de capacidad de los procesos del presente proyecto, se pudo inferir que la variabilidad de los datos se debe a causas normales, ya que las distribuciones no presentan deformación alguna.

El análisis de estas causas se aprecia más a fondo en la última etapa de Analizar.

4.3.1.2 Análisis de Datos Discretos. Para los datos de tipo discreto, el análisis se basó en el uso de los diagramas de Pareto y de pastel. Por medio de este tipo de gráficos, es posible reducir el factor que más contribuye al defecto de las características bajo observación (CTQ2 y CTQ3) concentrándose realmente en lo vital. Su utilización se basó en su carácter objetivo, ya que permite tomar decisiones basadas en hechos objetivos y no en suposiciones o ideas subjetivas.

Para cada característica se calculó el indicador DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades), el cual a su vez, sirve para determinar el nivel sigma. Teniendo en cuenta la definición de defecto para cada característica, fue elaborada una lista de categorías de defectos con las principales razones por las cuales éstos se producen. Al observar y registrar su frecuencia, se realizó un análisis más efectivo hallando las principales causas que originan el problema.

Las Tablas 10 y 11 sintetizan la información obtenida del análisis realizado.

CTQ2: Regularidad y Cumplimiento:

Tabla 10. Análisis de datos Regularidad y Cumplimiento

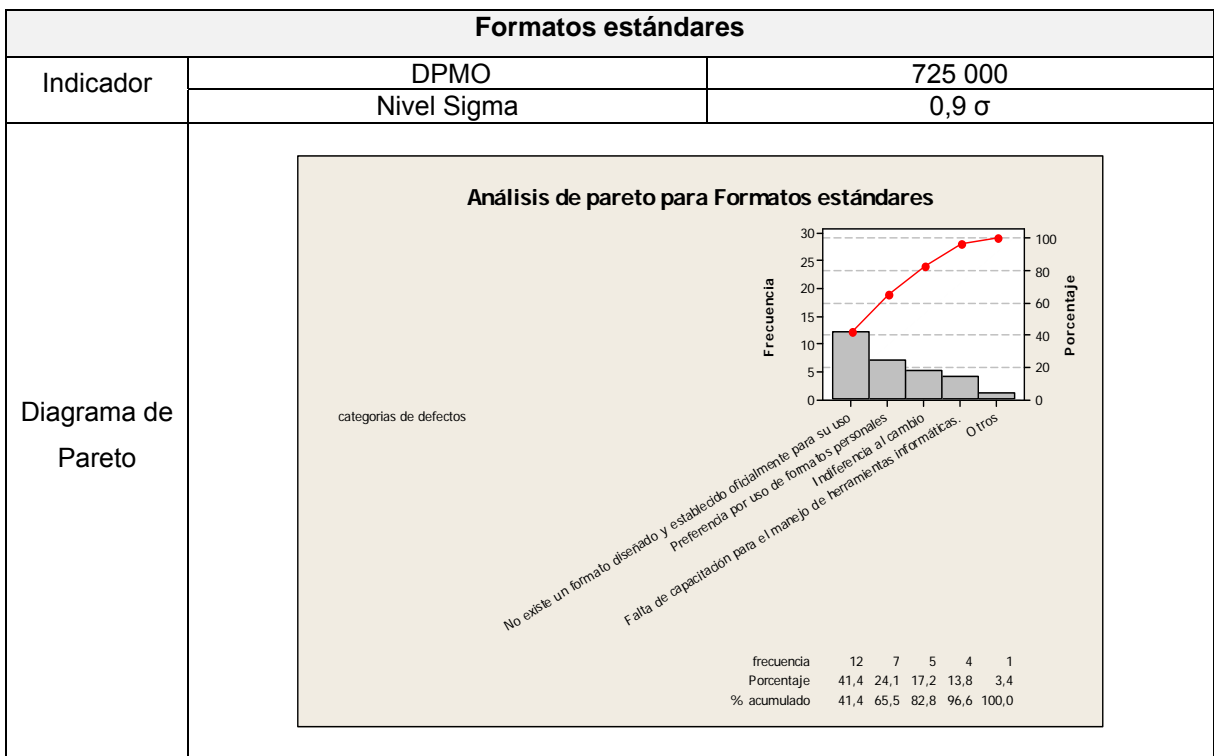
Disponibilidad y Calidad de la información																																		
Indicador	DPMO	300 000																																
	Nivel Sigma	2 σ																																
Diagrama de Pareto	<p>Análisis de Pareto para Regularidad y Cumplimiento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categorías de defectos</th> <th>frecuencia</th> <th>Porcentaje</th> <th>% acumulado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Falta de tiempo</td> <td>7</td> <td>29,2</td> <td>29,2</td> </tr> <tr> <td>Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo</td> <td>6</td> <td>25,0</td> <td>54,2</td> </tr> <tr> <td>Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo</td> <td>4</td> <td>16,7</td> <td>70,8</td> </tr> <tr> <td>Falta de personal para manejo de contratos</td> <td>3</td> <td>12,5</td> <td>83,3</td> </tr> <tr> <td>Información descentralizada</td> <td>2</td> <td>8,3</td> <td>91,7</td> </tr> <tr> <td>Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costo)</td> <td>1</td> <td>4,2</td> <td>95,8</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td>1</td> <td>4,2</td> <td>100,0</td> </tr> </tbody> </table>		Categorías de defectos	frecuencia	Porcentaje	% acumulado	Falta de tiempo	7	29,2	29,2	Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo	6	25,0	54,2	Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo	4	16,7	70,8	Falta de personal para manejo de contratos	3	12,5	83,3	Información descentralizada	2	8,3	91,7	Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costo)	1	4,2	95,8	Otros	1	4,2	100,0
Categorías de defectos	frecuencia	Porcentaje	% acumulado																															
Falta de tiempo	7	29,2	29,2																															
Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo	6	25,0	54,2																															
Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo	4	16,7	70,8																															
Falta de personal para manejo de contratos	3	12,5	83,3																															
Información descentralizada	2	8,3	91,7																															
Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costo)	1	4,2	95,8																															
Otros	1	4,2	100,0																															
Diagrama de Pastel	<p>Gráfica de pastel de Regularidad y Cumplimiento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Falta de tiempo</td> <td>29,2%</td> </tr> <tr> <td>Información descentralizada</td> <td>12,5%</td> </tr> <tr> <td>Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo</td> <td>16,7%</td> </tr> <tr> <td>Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo</td> <td>25,0%</td> </tr> <tr> <td>Falta de personal para manejo de contratos</td> <td>8,3%</td> </tr> <tr> <td>Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costo)</td> <td>4,2%</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td>4,2%</td> </tr> </tbody> </table>		Categoría	Porcentaje	Falta de tiempo	29,2%	Información descentralizada	12,5%	Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo	16,7%	Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo	25,0%	Falta de personal para manejo de contratos	8,3%	Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costo)	4,2%	Otros	4,2%																
Categoría	Porcentaje																																	
Falta de tiempo	29,2%																																	
Información descentralizada	12,5%																																	
Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo	16,7%																																	
Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo	25,0%																																	
Falta de personal para manejo de contratos	8,3%																																	
Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costo)	4,2%																																	
Otros	4,2%																																	
Resultados	De acuerdo al principio de Pareto ²⁷ , las características vitales en orden de importancia son:																																	

²⁷ Modificado por el Dr Joseph Juran y aplicado a calidad, indica que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas resuelven el 20% del problema. Es conocida como Regla 80/20.

	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo • Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo • Falta de tiempo • Información descentralizada (porcentaje mínimo) <p>Los elementos anteriores agrupan el 83,3% del problema.</p> <p>Este análisis permite identificar las razones causantes de la No disponibilidad de información así como la mala calidad de la misma, con el fin de enfocar las acciones correctivas a las causas prioritarias.</p> <p>En cuanto al indicador DPMO, por cada millón de oportunidades se tienen 300 000 defectos, reflejando un nivel de calidad de 69,1230% que corresponde a 2σ.</p>
--	---

CTQ3: Formatos estándares:

Tabla 11. Análisis de datos Formatos estándares



<p>Diagrama de Pastel</p>	<p style="text-align: center;">Gráfica de pastel Formatos estándares</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Categoría</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="color: orange;">■</td> <td>No existe un formato diseñado y establecido oficialmente para su uso</td> </tr> <tr> <td style="color: green;">■</td> <td>Preferencia por uso de formatos personales</td> </tr> <tr> <td style="color: blue;">■</td> <td>Falta de capacitación para el manejo de herramientas informáticas.</td> </tr> <tr> <td style="color: lightorange;">■</td> <td>Indiferencia al cambio</td> </tr> <tr> <td style="color: teal;">■</td> <td>Otros</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría		■	No existe un formato diseñado y establecido oficialmente para su uso	■	Preferencia por uso de formatos personales	■	Falta de capacitación para el manejo de herramientas informáticas.	■	Indiferencia al cambio	■	Otros
Categoría													
■	No existe un formato diseñado y establecido oficialmente para su uso												
■	Preferencia por uso de formatos personales												
■	Falta de capacitación para el manejo de herramientas informáticas.												
■	Indiferencia al cambio												
■	Otros												
<p>Resultados</p>	<p>Basado en la regla de Pareto, se identificaron los elementos que más peso tienen dentro del grupo de categorías de defectos. Estos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No existe un formato diseñado y establecido oficialmente para su uso • Preferencia por uso de formatos personales • Indiferencia al cambio <p>Estas características agrupan el 82,8% del problema.</p> <p>De acuerdo a lo anterior, el No uso de formatos estándares se explica básicamente por las 3 razones halladas mediante el diagrama de Pareto y respaldadas por el diagrama de pastel, facilitando el planteamiento de soluciones para la mejora del requisito estudiado.</p> <p>Finalmente, el indicador DPMO arroja que por cada millón de oportunidades se tienen 725 000 defectos, una cifra muy alta de unidades defectuosas, por consiguiente, el nivel de calidad de 27,2095% que corresponde a 0,9 σ.</p>												

Ahora, para resumir, se presenta en la Tabla 12 el nivel sigma para las características de calidad estudiadas, teniendo en cuenta que el cálculo de este indicador fue posible gracias a que durante la etapa definir fueron expresadas como variables, satisfaciendo la importancia de hacer énfasis en los requerimientos del cliente para la mejora del proceso.

Tabla 12. Resumen de nivel sigma Proceso Gestión de costos

Proceso de Gestión de costos			
Características críticas de calidad		Nivel sigma	Nivel de calidad (%)
CTQ 1	Costeo de Recomendaciones	0,88	26,6048
	Liquidación de contratos	0,18	9,7
CTQ 2	Disponibilidad de la información	2	69,1230
	Calidad de la información		
CTQ 3	Formatos estándares	0,9	27,2095

De acuerdo a la tabla anterior, es evidente que el proceso en general no cuenta con la capacidad para satisfacer los CTQ de los clientes, además de estar en un nivel de calidad extremadamente bajo, ubicándose únicamente por encima del estándar fijado por la industria para la capacidad de los procesos, la característica número 2.

4.3.2 ANÁLISIS DEL PROCESO

Cuando la meta del proyecto Seis Sigma está enfocada a mejorar la eficacia en el cumplimiento de los requisitos de los clientes, el análisis del proceso se hace crítico.²⁸

Durante esta parte de la fase Analizar, fue elaborado un gráfico más detallado del proceso el cual fue observado y estudiado, con el propósito de descubrir dónde se encontraban las actividades que generaban mayor ineficiencia. El método para lograrlo fue la identificación de subprocesos que tienen gran influencia sobre el proceso general y la profundización en ellos,

²⁸ Eckes, George. El Six Sigma para todos, p.75

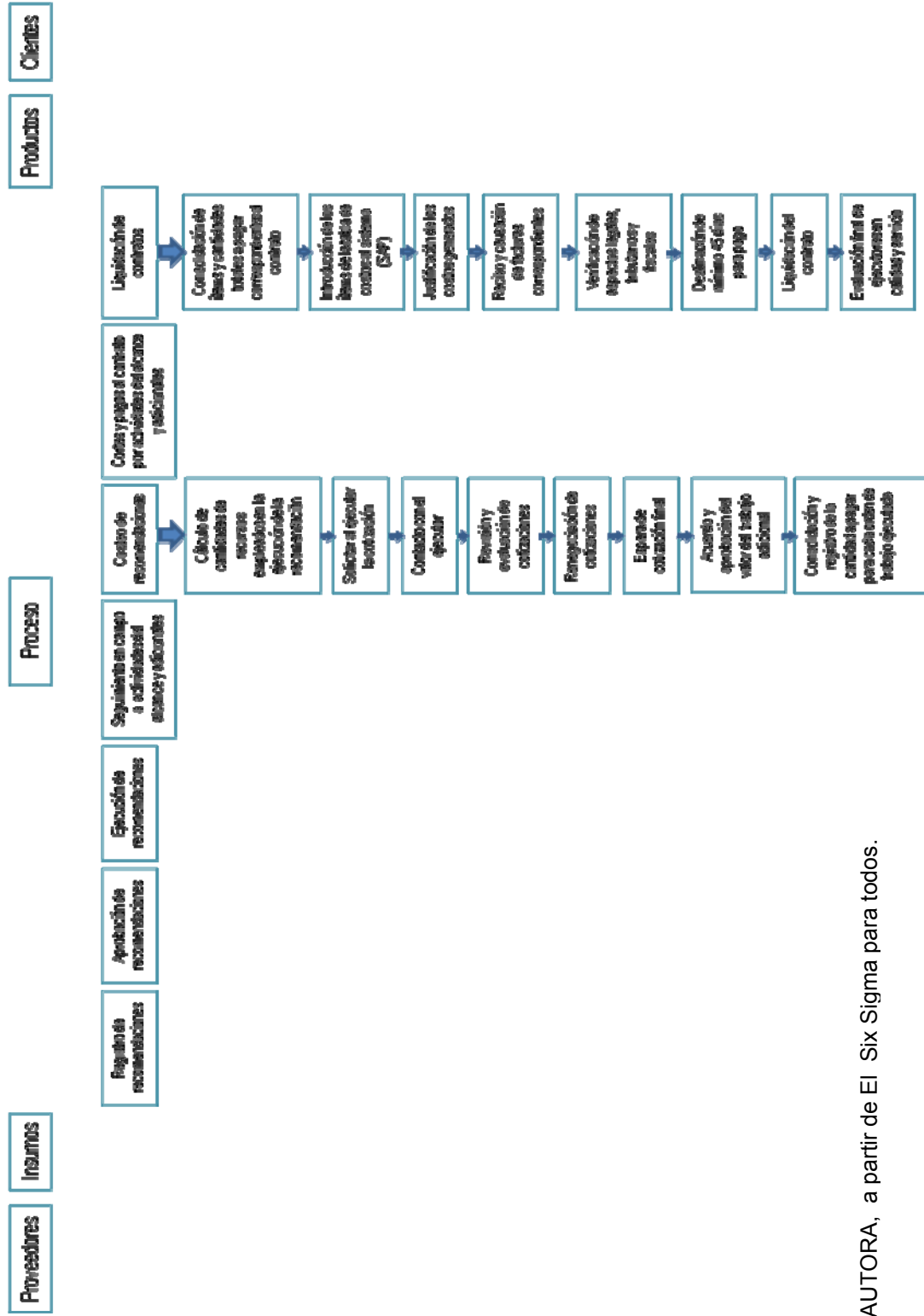
sintetizando las actividades que los componen entre 5 y 7 niveles. El fin consistió en hallar las actividades que no agregan valor para decidir su modificación o su eliminación, siempre y cuando esto fuese posible.

Lo anterior se alcanzó mediante reuniones de equipo frecuentes en las cuales la mayoría de los miembros, especialmente los que realizan la gestión de costos, por medio de socializaciones, determinaron que los subprocesos de Trabajos adicionales, es decir, costeo de recomendaciones, y la Liquidación de contratos eran la razón de ser del proceso general. Para las otras variables estudiadas se consideró que un análisis meticuloso de los subprocesos elegidos podía explicar el por qué del comportamiento y la capacidad de las mismas.

En la Figura 9 se puede observar el Diagrama de subprocesos y las actividades que los componen.

Cada subproceso se encuentra con mayor detalle en el **ANEXO C**.

Figura 9. Diagrama de de subprocesos del proyecto



Fuente: AUTORA, a partir de El Six Sigma para todos.

4.3.2.1 Análisis de Valor de Subprocesos. Después de validar el gráfico definitivo de los subprocesos seleccionados, fueron examinados a fondo los pasos que los integran con el fin de encontrar cuáles de ellos no agregaban valor.

Se considera que un paso de un subproceso agrega valor cuando cumple con los siguientes criterios²⁹:

- El cliente de ese paso lo considera importante
- Hay un cambio real en el producto o servicio
- Se hace correctamente desde la primera vez

En caso de que los pasos no cumplan con alguno de los requisitos anteriormente nombrados, son considerados pasos que no agregan valor, por lo tanto, es necesario clasificarlos en alguno de los siguientes tipos de actividad que no agregan valor³⁰.

- Falla interna: pasos que tienen que ser repetidos
- Falla externa: fallas del proceso observadas por el cliente
- Demora: espera en el proceso
- Control y/o inspección: pasos del proceso que verifican que el trabajo previo haya sido realizado correctamente
- Preparación: pasos que preparan el siguiente paso que hay que dar
- Traslado: pasos que mueven un producto o elemento en servicio de un lugar a otro.

²⁹ Eckes, George. El Six Sigma para todos, p.76

³⁰ Eckes, George. El Six Sigma para todos, p.78

- **Habilitación de valor:** un paso que no agrega valor al proceso y que no se escogería para mejoramiento porque es necesario para el funcionamiento de la organización

En las Tablas 13 y 14, mostradas a continuación, se encuentra el análisis realizado para cada subproceso clasificando cada actividad de acuerdo a la agregación de valor que tienen en el proceso y en el Departamento en general.

Tabla 13. Análisis de valor subproceso de recomendaciones

Análisis de valor para subproceso de recomendaciones				
Paso del subproceso	Agrega Valor	No agrega valor	Tipo de actividad	Tiempo (horas)
Cálculo de cantidades de recursos empleados en la ejecución de la recomendación	x			12
Solicitar al ejecutor la cotización	x			24
Contacto con el ejecutor		x	Preparación	1
Revisión y evaluación de cotizaciones	x			4
Renegociación de cotizaciones		x	Falla interna	12
Espera de cotización final		x	Demora	24
Acuerdo y aprobación del valor del trabajo adicional	x			2
Consolidación y registro de la cantidad a pagar para cada orden de trabajo ejecutada	x			1
Total				80 horas

De los 8 pasos que componen el subproceso de Trabajos adicionales (Recomendaciones), 5 de ellos agregan valor al proceso, a diferencia de 3 pasos que no generan valor, clasificados según el tipo de actividad en Preparación, Falla interna y Demora.

Por otro lado, del total de horas consumidas en el desarrollo de las actividades, siendo éstas 80, únicamente 43 horas agregan valor; esto equivale a un 53,75%, lo que significa que a pesar de que hay un número mayor de pasos que agregan valor al subproceso, las 3 actividades que no lo hacen consumen casi la mitad del tiempo.

Tabla 14. Análisis de valor subproceso de liquidación de contratos

Análisis de valor para subproceso de liquidación de contratos				
Paso del subproceso	Agrega Valor	No agrega valor	Tipo de actividad	Tiempo (días)
Consolidación de ítems y cantidades totales a pagar correspondientes al contrato		x	Control y/o inspección	2
Introducción de los ítems de la tabla de costos al sistema (SAP)	x			2
Justificación de los costos generados	x			10
Recibo y causación de facturas correspondientes		x	Preparación	12
Verificación de aspectos legales, tributarios y fiscales	x			4
Destinación de mínimo 45 días para pago		x	Habilitación de valor	45
Liquidación del contrato	x			2
Evaluación final de ejecutores en calidad y servicio	x			5
Total				82 días

Para este subproceso hay 8 pasos, de los cuales 5 agregan valor consumiendo un tiempo de 23 días, lo que significa que únicamente el 28,75% de las actividades generan valor.

Al observar los pasos que no generan valor, se encontraron 3 tipos de actividades: Control y/o inspección, Preparación y Habilitación de valor,

siendo el último el que mayor cantidad de tiempo emplea con 45 días. A pesar de que la Destinación de mínimo 45 días para pago sea un período tan largo, por su clasificación vale la pena hacer énfasis en que es un tipo de actividad que no puede mejorarse con un tiempo inferior al establecido teniendo en cuenta que este período es fijado en acuerdos previos con el contratista de acuerdo a normas y condiciones de las partes involucradas.

Ahora, antes de ahondar en el análisis de las causas raíz, el problema descrito en la primera fase del Proyecto Seis Sigma fue desglosado con el fin de lograr una identificación más precisa de las razones que lo originan. Este desglose es lo que se conoce como Formulación de microproblemas³¹, que para el presente proyecto, contó con 2 declaraciones, teniendo en cuenta los subprocesos escogidos.

Los microproblemas siempre deben ser formulados preguntándose ¿Por qué? sucede un determinado hecho.

Microproblemas: {
1. ¿Por qué el tiempo empleado para costear recomendaciones es tan prolongado?
2. ¿Por qué el proceso de Liquidación de contratos “no es capaz”?

Con base en estas declaraciones, se realiza el Diagrama Causa – Efecto del último paso de la etapa Analizar.

4.3.3 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS RAÍZ

4.3.3.1 Diagrama de Causa- Efecto. La última parte de la etapa Analizar es una de las más críticas teniendo en cuenta que es en esta parte donde se

³¹ Eckes, George. El Six Sigma para todos. p.70

definen las causas que llevarán al planteamiento de soluciones para la mejora del proceso.

Para empezar, el equipo de trabajo programó reuniones con el fin de elaborar una lista sobre las posibles razones que pudieran dar explicación a los microproblemas definidos anteriormente. El método empleado fue la lluvia de ideas, ya que esta permite a todos los miembros del equipo aportar valiéndose de su experiencia y conocimientos técnicos sobre el proceso.

Luego de varias sesiones de lluvia de ideas, se crearon dos listas, una para cada microproblema, con todas las observaciones y explicaciones posibles acerca del desempeño sigma vigente del proceso. En este punto es importante entender que las ideas expuestas no fueron criticadas ni debatidas, sólo se escribieron en un tablero a medida que cada miembro participaba en la producción de las mismas.

Basándose en una de las siete herramientas de calidad, el Diagrama Causa - Efecto, se realizó el análisis teniendo en cuenta que la aplicación de esta herramienta permite representar de forma gráfica la relación existente entre las causas esenciales y los efectos del problema, lo cual facilita la interpretación para el equipo.

Este diagrama es muy útil para informar acerca de los factores que ejercen influencia en el comportamiento del proceso bajo estudio. En todo proceso hay seis factores principales que afectan su rendimiento. Éstos son³²:

- Máquinas del proceso
- Materiales que se usan
- Métodos del proceso
- Medio ambiente o Entorno

³² Modificado de Eckes, George, El Six Sigma para todos, p.70

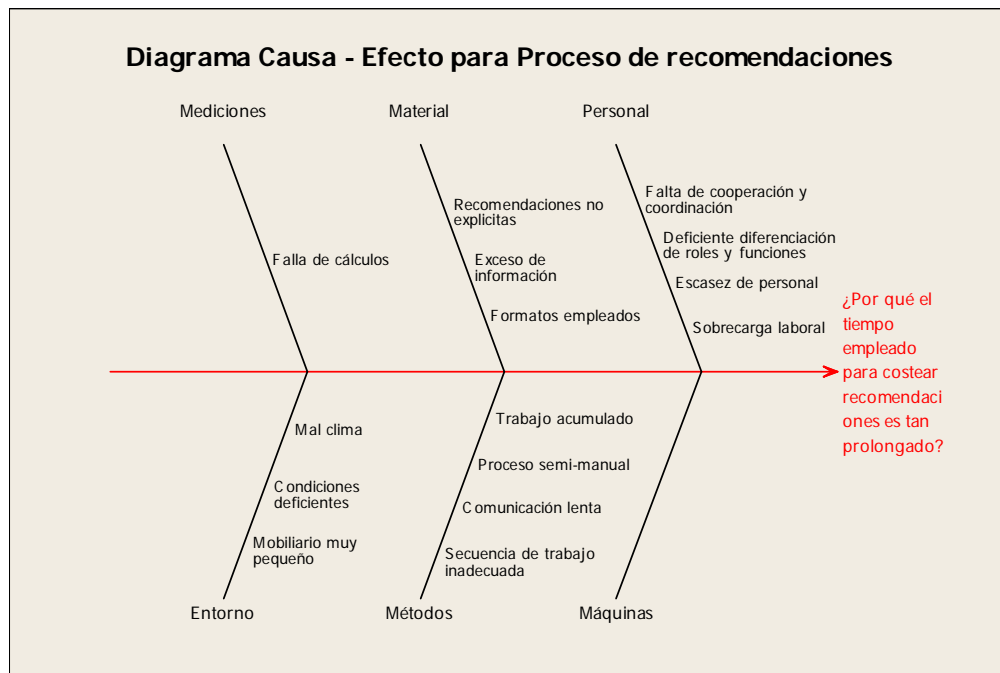
- Medición propiamente dicha
- Personal

Cuando la influencia de las 5M y la P no es indebida, ocurre la variación de causas comunes.³³

En las Gráficas 4 y 5 se aprecia el Diagrama Causa – Efecto para los subprocesos bajo análisis.

- Proceso de costeo de recomendaciones

Gráfica 4. Diagrama Causa – Efecto para Proceso de recomendaciones



Fuente: AUTORA, apoyado en MINITAB 15 ®

Para el proceso de recomendaciones, es evidente que la mayoría de las causas que explican el comportamiento actual del proceso se centran

³³ Se refiere a la variación de los seis factores principales que pueden afectar el rendimiento de un proceso.

básicamente en el método y el personal, a pesar de notar influencia del entorno, las mediciones y el material, que para este caso son suministros.

De acuerdo al análisis realizado, se llegó a la conclusión de que algunas de las razones expuestas en el diagrama están relacionadas entre sí o se complementan, es decir, parte de las razones clasificadas en personal pueden ser generadas por las razones expuestas en el método.

Uno de los puntos de mayor importancia radica en la secuencia de trabajo inadecuada, la cual indica que el esquema existente del proceso no permite la buena gestión del mismo. Según las observaciones realizadas por los participantes del proceso de costos, el método de trabajo no se encuentra bien definido, no hay claridad en las actividades a seguir ni en la asignación de roles y funciones. El método actual no es eficiente, por lo tanto no permite asegurar la entrega de un buen producto y la prestación de un buen servicio.

Para continuar con la explicación de las causas observadas en el factor Método, la comunicación lenta se debe a los deficientes canales que existen para la transmisión de información, esto a su vez, genera acumulación de trabajo y re-procesos producto de la deficiente comunicación y participación del personal involucrado en el proceso.

La falta de cooperación y coordinación del personal es frecuente, esto se explica por una cultura organizacional bastante predominante en esta industria, en donde la resistencia al cambio y a nuevas prácticas además de ser muy frecuente, es muy fuerte.

La escasez de personal para el control de costos durante la ejecución de las paradas de planta, ha generado en los gestores de costos asignados sobrecarga laboral que afecta no sólo su rendimiento, aumentando la

probabilidad de cometer errores, sino también la salud de los mismos. Sumado a esto, es importante mencionar que este es un cargo que maneja un alto nivel de estrés y presión, por lo tanto, se debe evaluar la posibilidad de contratar más personal o capacitar personal interno para esta labor.

Observando el entorno de trabajo, se pudo evidenciar que este no presentaba las mejores condiciones, teniendo en cuenta que el personal asignado a la parada debe ubicarse en un contenedor situado en la planta, el cual en la mayoría de los casos admite más personal que el que su capacidad permite. Lo anterior genera poco espacio para desplazamiento, para instalación de equipos, hacinamiento y altas temperaturas, entre otros, haciendo difícil la labor y más teniendo en cuenta las condiciones climáticas del lugar donde es desarrollada, en la Refinería de Barrancabermeja.

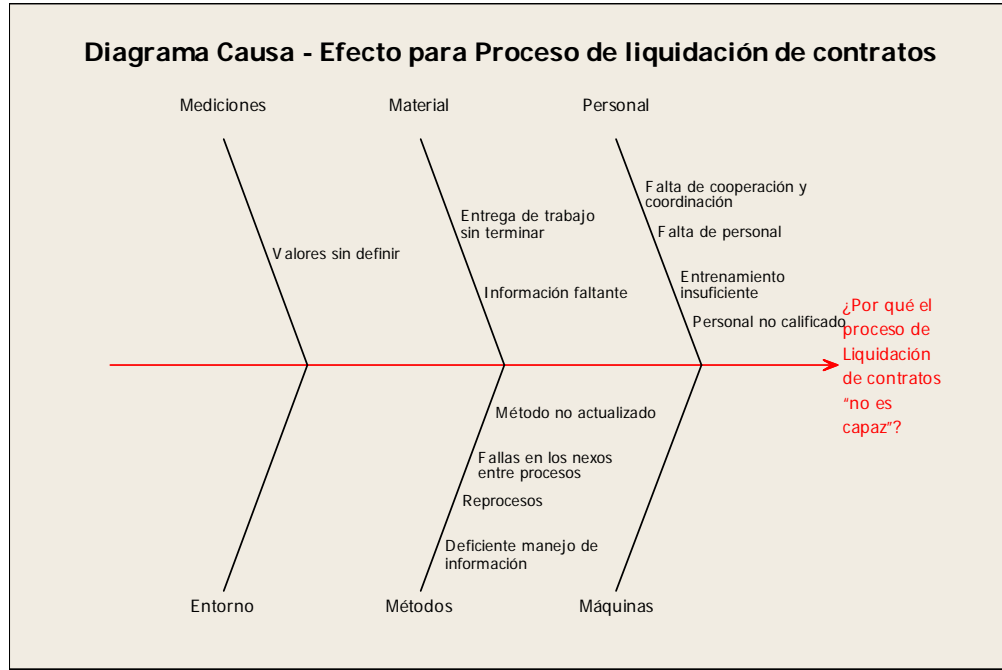
En varias ocasiones, la cantidad de información que recibe un gestor de costos acerca de un contrato es demasiada, esto sumado a la falta de un programa informático adecuado para organizarla y entenderla de manera más fácil, genera inconvenientes desde el inicio del proceso ya que toma un largo tiempo para el personal estructurarla.

En cuanto a las recomendaciones, que es uno de los insumos más importantes en este proceso, las coordinaciones de soporte técnico que se encargan de inspeccionar los equipos y emitir los trabajos a ejecutar para el mantenimiento, no elaboran de una forma explícita el documento en cuanto a material o recursos en general se refiere, por lo que el gestor de costos debe contactar al emisor para hacer la adecuada planeación del trabajo y su respectivo costeo, atrasando el proceso en general.

Este análisis fue realizado basándose en los aportes del personal directamente involucrado con el proceso.

- Proceso de liquidación de contratos.

Gráfica 5. Diagrama Causa – Efecto para Proceso de liquidación de contratos



Fuente: AUTORA, apoyado en MINITAB 15 ®

Dentro del proceso de liquidación de contratos se encontraron causas principalmente en los factores Métodos, Personal y Material. Básicamente, las razones aquí expuestas se asemejaban bastante con las razones del proceso de costeo de recomendaciones, donde el método ineficiente es el punto de partida del problema.

Este proceso se encuentra bastante ligado al avance de los trabajos planeados de la reparación y a los adicionales producto de las recomendaciones, por lo tanto, si el proceso anterior para el control de costos originados por trabajos planeados y adicionales es ineficiente, este proceso se verá afectado precisamente, por la misma ineficiencia, lo cual explica las fallas en los nexos entre procesos.

Las causas descritas para el material se deben, en gran parte, a que los suministros que provienen del proceso anterior no han sido ejecutados en su totalidad, no están terminados o son erróneos, evitando la consolidación de los ítems pactados en el contrato y por ende, atrasando su respectivo pago y liquidación.

Para el buen desarrollo de las actividades que componen la liquidación de contratos, el trabajo en equipo y la sinergia entre todos los miembros es vital, ya que este es un proceso que involucra la participación de un gran número de personal asignado a la parada. En este aspecto se observó que no se cuenta con el recurso humano suficiente además de la falta de coordinación y cooperación entre algunos miembros, a causa de fallas en el establecimiento de los cargos y las funciones correspondientes a los mismos, así como la carencia de personal capacitado en conocimientos técnicos y en el manejo de sistemas de información de gran importancia en la organización como SAP, el cual es la base para este proceso.

Para el análisis de este proceso, se contó con la participación de los gestores de costos y de personal de procesos involucrados como son la gestión administrativa.

4.3.3.2 Listado de las Causas Raíz. Finalmente, como último paso al análisis de las causas raíz del problema, el equipo de trabajo elaboró una lista con las razones más probables a explicar los microproblemas planteados.

Para un mayor entendimiento de la situación, el problema a ser analizado se planteó de empleando la fórmula $y = f(x)$, donde la y corresponde al microproblema y las x son posibles explicaciones de dicho problema.

Una vez elaborada la lista, fue realizado un análisis filtrando las causas que tienen mayor relevancia e impacto agrupándolas en ideas semejantes y eliminando las que no ejercieran gran influencia sobre la situación planteada.

En definitiva, valiéndose de las observaciones anteriores, los datos analizados, los conocimientos técnicos y la experiencia de los miembros del equipo fueron sometidas a una votación por parte de los integrantes del equipo de trabajo todas las causas de la lista, escogiendo las que tenían mayor efecto en el comportamiento del proceso y afectaban los requisitos del cliente.

La lista reducida para $y = \text{¿Por qué el tiempo empleado para costear recomendaciones es tan prolongado?}$ es:

x_1 = Secuencia de trabajo inadecuada

x_2 = Proceso semi-manual

x_3 = Formatos empleados

x_4 = Escasez de personal

x_5 = Falta de coordinación y cooperación

x_6 = Condiciones deficientes

Para la segunda declaración de microproblema, la lista reducida que explica a $y = \text{¿Por qué el proceso de Liquidación de contratos “no es capaz”?}$ es:

x_1 = Método no actualizado

x_2 = Fallas en los nexos entre procesos (anterior y siguiente)

x_3 = Falta de cooperación y coordinación

x_4 = Personal no calificado

Las variables que componen las listas anteriores son variables independientes, es decir, representan factores que se pueden controlar o ajustar directamente con métodos determinados por la organización; pero

antes de decidir implementar cualquier tipo de solución, es necesario evaluar la inversión que representa versus los beneficios que las mejoras podrían traer ya que realmente implican un cambio en la estructura del proceso en general.

4.4 FASE MEJORAR

La calidad es el grado en que un producto o servicio se ajusta a los requisitos. El mejoramiento de la calidad y de procesos consiste en orientar todas las actividades al descubrimiento y control de la variación en el desempeño. El mejoramiento de la calidad y de procesos es un proceso alternativo en el que se observa el desempeño real para luego realizar cambios que adapten mejor el desempeño a los estándares.³⁴

Durante esta etapa son generadas diferentes ideas enfocadas hacia la solución de las situaciones planteadas, las cuales deben ser filtradas escogiendo las que más se ajusten al propósito de mejora y reflejen beneficios para la organización.

De acuerdo a lo anterior, el equipo de trabajo empleo el método de lluvia de ideas, resultando efectivo en el planteamiento de numerosas respuestas potenciales para disminuir o eliminar el impacto de los problemas.

Por medio de varias sesiones grupales, el equipo consolidó las ideas identificando los temas claves a atacar. Posteriormente, asignando a cada miembro un número determinado de votos, fueron elegidas las ideas de mayor votación además de ser las consideradas como grandes contribuyentes al problema y el objetivo a centrar los esfuerzos organizacionales.

³⁴ Modificado de Lean Seis Sigma, caso Black & Decker.

Retomando la lista de las causas, producto de la etapa Analizar, para los procesos de recomendaciones y liquidación de contratos, se elaboró una tabla con el costo que genera la implementación de la solución propuesta para cada causa encontrada. Así mismo, se determinó que, enfocándose en la mejora de la variable más crítica definida en los requerimientos del cliente (Tiempo), se podría satisfacer las demás características (Regularidad y Cumplimiento y Formatos estándares).

Es por esto que, la finalidad de las mejoras tanto para el proceso de recomendaciones como para el de liquidación de contratos, es el de mantenerlos bajo control.

4.4.1 MEJORAS PLANTEADAS

Para cada causa identificada se propone una mejora, determinada entre el equipo de trabajo y el personal directamente involucrado con el proceso. Los costos fueron calculados mediante el apoyo del Proceso de gestión administrativa, encargado de realizar cotizaciones de los recursos a emplear como mano de obra, infraestructura y suministros. Los valores contenidos en las Tabla 15 y 16, mostradas a continuación fueron estudiados y aprobados por el Líder del proyecto.

Adicionalmente, para mayor detalle de los valores cotizados se incluye un segmento extraído de una tabla de costos en el **ANEXO D**.

- PROCESO DE RECOMENDACIONES

Tabla 15. Costos vs. Implementación Proceso de recomendaciones

Situación actual	Descripción del problema	Propuesta de mejora	Impacto	Inversión de la mejora	Gastos generados
Secuencia de trabajo inadecuada	El método empleado para el proceso actual de costos es ineficiente	Desarrollar una nueva secuencia de trabajo para el proceso. Ver pág. 83	Mejora la eficiencia del proceso	\$ 2.100.000	\$ 29.680.000 al año*
Proceso semi-manual	No existe un sistema que proporcione información continua acerca del estado de costos vs. Presupuesto.	Sistematización del proceso mediante creación de una herramienta informática de apoyo. Ver pág. 87	Menos tiempo empleado en registro de datos.	\$ 1.700.000	\$ 8.300.000 al año*
Formatos empleados	No existen formatos diseñados oficialmente para control y seguimiento de los costos.	Diseñar formatos Crear instructivos Crear procedimientos * Se incluyeron en la herramienta informática.	Mayor control, seguimiento y entendimiento del proceso.	\$ 800.000	No se cuenta con un indicador que mida el impacto de este problema.
Escasez de personal	Falta personal capacitado	Desarrollar un nuevo plan de entrenamiento/material. Ver pág. 84	Mejora el conocimiento del puesto e Incrementa la calidad de trabajo los empleados.	\$ 450.000	Los gastos están incluidos dentro de la secuencia de trabajo inadecuada
Falta de coordinación y cooperación	Cultura organizacional fuerte y renuente al cambio. Falta diferenciación de roles y responsabilidades.	Talleres de concienciación de trabajo en equipo y pertenencia. Crear manuales de roles y responsabilidades Ver pág. 84	Personal motivado con actitudes positivas. Mejoras en la comunicación.	\$ 320.000	No se cuenta con un indicador que mida el impacto de este problema.

Condiciones deficientes	Mobiliario y suministros deficientes	Adecuar mobiliario con suministros y equipos necesarios durante la ejecución de una parada de planta. Ver pág. 86	Mejores condiciones en la salud mental y física del personal.	\$ 90.000 /día durante la ejecución de paradas de planta programadas	No se cuenta con un indicador que mida el impacto de este problema.
TOTAL				\$ 5.370.000	\$37.980.000

*Cálculo realizado de acuerdo al promedio de días de retraso por paradas anualmente. Valor aproximado.

- PROCESO DE LIQUIDACIÓN DE CONTRATOS

Tabla 16. Costos vs. Implementación Proceso de liquidación de contratos.

Situación actual	Descripción del problema	Propuesta de mejora	Impacto	Inversión de la mejora	Costos generados
Método no actualizado	El método empleado es deficiente.	Desarrollar nueva secuencia de actividades para el proceso.	Mejora la eficiencia del proceso	\$ 2.500.000	\$ 149.600.000 al año*
Fallas en los nexos entre procesos (anterior y siguiente)	No existe buen enlace entre los procesos involucrados para las liquidaciones de contratos.	Desarrollar un procedimiento que especifique y delimite inicio/fin de cada uno de los procesos involucrados.	Secuencia de trabajo clara.	\$1.150.000	Los gastos están incluidos dentro del método no actualizado.
Falta de cooperación y coordinación	Cultura organizacional fuerte y renuente al cambio. Falta diferenciación de roles y responsabilidades.	Talleres de concienciación de trabajo en equipo y pertenencia.	Personal motivado con actitudes positivas. Mejoras en la comunicación	\$ 320.000	No se cuenta con un indicador que mida el impacto de este problema.
Personal no calificado	Falta personal capacitado	Desarrollar un nuevo plan de entrenamiento/	Mejora el conocimiento	\$ 450.000	Los gastos están incluidos

		material	del puesto e Incrementa la calidad de trabajo los empleados.		dentro del método no actualizado.
TOTAL				\$4.420.000	\$ 149.600.000

*Cálculo realizado de acuerdo al promedio de días de retraso por paradas anualmente. Valor aproximado.

4.4.2 EVALUACIÓN DE LAS MEJORAS

Para la implementación de las mejoras, es necesario realizar un análisis de Costos vs. Beneficios de las soluciones propuestas.

La realización de dicho análisis se basó en las cifras aproximadas de la inversión de la mejora en contraste con el gasto que implica para la organización la falla o problema estudiado. Teniendo en cuenta que para algunos problemas a atacar no existen índices que midan su costo, fue difícil elaborar un paralelo que proporcionara la información necesaria para la toma de decisiones. Por esta razón, algunas mejoras se basan en la confianza depositada en los criterios de los miembros del equipo de trabajo y los participantes del proceso de acuerdo a sus conocimientos técnicos, del proceso y la experiencia, así como la aprobación del Jefe de Departamento y los principales Líderes del mismo.

Así mismo, es importante resaltar que el valor calculado para la inversión de las mejoras se basó en reducir al máximo las erogaciones que los nuevos métodos, diseños, capacitaciones, etc. pudieran causar, haciendo uso de los espacios y recursos existentes en la compañía como la intranet, el apoyo de personal capacitado para la realización de talleres de entrenamiento, los

salones de reuniones, las diferentes herramientas y ambientes disponibles para transferencia de conocimiento, entre otros.

Teniendo en cuenta que los costos y los beneficios pueden ser tanto de naturaleza tangible como intangible, ambos fueron tomados en cuenta para las propuestas evaluadas.

4.4.2.1 Costos y Beneficios Tangibles

Costos tangibles. Dentro de los costos tangibles fueron incluidos el costo de equipos, como computadoras y suministros, el costo de los recursos, el costo del tiempo del personal partícipe en el desarrollo de las mejoras, el costo del tiempo de programación para la creación de la herramienta informática y de otros salarios del personal.

Beneficios tangibles. Para los beneficios tangibles, se observó el impacto de las mejoras y las ventajas estimadas en términos de dinero, recursos o tiempo ahorrados en aspectos como: el incremento en la velocidad de proceso, la obtención de información con mayor puntualidad que en el pasado, el aprovechamiento de los programas informáticos que ofrece la empresa, la reducción del tiempo requerido por los empleados para concluir tareas específicas, entre otros.

Comparación de los costos y los beneficios tangibles. Existen técnicas excelentes para la comparación de los costos y los beneficios del sistema propuesto, entre ellas una denominada Plazo de recuperación. Su aplicación permite realizar un análisis que brinda, de manera general, el tiempo aproximado que tardará la empresa en recuperar el desembolso inicial de una inversión.

Esta herramienta es útil para la decisión de aceptar sólo los proyectos e inversiones que devuelvan dicho desembolso inicial en el plazo de tiempo que se estime adecuado.

Para calcular el valor del beneficio, el equipo de proyecto estimó bajo diferentes escenarios que la disminución mínima de costos generados por ineficiencias en el proceso general debía ser de 50%, lo que se traduce en un ahorro de \$ 18.990.000 y \$74.800.000 para el proceso de costos y el proceso de liquidación de contratos respectivamente, obtenidos de la siguiente manera, tal como se observa en la Tabla 17.

Tabla 17. Beneficios tangibles a obtener según las mejoras a implementar.

Propuesta de ahorro	Costeo de recomendaciones	Liquidación de contratos
Eliminación de contratación externa.	\$ 12.298.000	\$ 27.596.000
Reducción de consumo de recursos y suministros debido a re-procesos.	\$ 3.392.000	\$ 5.780.000
Disminución de tiempo extra y demora en las paradas por gestión documental.	\$ 3.300.000	\$ 7.974.000
Disminuir re-negociaciones y penalizaciones por incumplimiento de cláusulas.	-	\$ 33.450.000
Total	\$18.990.000	\$74.800.000

Es así como aplicando la siguiente fórmula se obtiene el plazo de recuperación para los procesos estudiados.

$$\text{Plazo de recuperación} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Beneficio promedio anual}}$$

Proceso de recomendaciones $\text{Plazo de recuperación: } \frac{\$ 3.370.000}{\$ 18.990.000} = 0,28 \text{ meses}$, lo

cual se traduce en 9 días.

Proceso de liquidación de contratos

Plazo de recuperación: $\frac{\$ 1.420.000}{\$ 74.000.000} = 0,06 \text{ meses}$ lo cual se traduce en dos días.

Por lo anterior, se deduce que llevar a cabo las mejoras propuestas es muy atractivo para el Departamento de Paradas de Planta teniendo en cuenta los beneficios que representa y el corto tiempo estimado para recuperar la inversión en comparación con los gastos generados por deficiencias.

4.4.2.2 Costos y Beneficios Intangibles

Costos intangibles. Los costos intangibles fueron complicados de estimar e imposibles de proyectar, es más, se podría afirmar que algunos no fueron conocidos. Sin embargo, se observó el impacto que podrían generar en aspectos como el hecho de perder una ubicación competitiva en el mercado en comparación con la gestión de empresas pertenecientes a la misma industria, demeritar la imagen de la compañía debido a la mala planeación y gestión de proyectos de mantenimiento turnaround y la toma de decisiones ineficaz por la falta de información o por su extemporaneidad.

Beneficios intangibles. Dentro de los beneficios intangibles se incluyeron: la mejora del proceso de toma de decisiones, el incremento de precisión, el llegar a ser más competitivo en el servicio de acuerdo a los requisitos del cliente, el mejoramiento de la planeación y gestión de proyectos del departamento, el incremento de la satisfacción de los empleados al eliminar tareas de naturaleza tediosa y mejorar su ambiente laboral.

El análisis beneficios es extremadamente importante y de gran relevancia para el negocio teniendo en cuenta que algunas mejoras se verán reflejadas a largo plazo y no a corto plazo, es por esta razón que un gran desafío para

la toma de decisiones de mejora es no sobreestimar los beneficios a corto plazo y no subestimar aquellos a largo plazo.

Finalmente, por decisión del equipo y del Departamento, las mejoras elegidas a implementar fueron las propuestas para el proceso de recomendaciones fundamentándose en la mayor simplicidad y claridad para su desarrollo y aplicación, así como el tiempo que consumen las actividades en comparación con el proceso de liquidación de contratos.

Para el proceso de liquidación de contratos, a pesar de ser de gran importancia, se consideró que era necesario realizar un estudio y análisis del mismo más detallado y con mayor profundidad, teniendo en cuenta su complejidad, las implicaciones legales, tributarias, las penalidades por retrasos y la existencia de negociación entre las partes.

4.4.3 VALIDACIÓN DE LAS MEJORAS ELEGIDAS

4.4.3.1 Nueva Secuencia De Trabajo Para El Proceso De Recomendaciones. Para desarrollar esta nueva secuencia del proceso de recomendaciones, la metodología empleada debía basarse en la satisfacción de los requerimientos de calidad críticos para el cliente, además de las mejores prácticas de la industria petrolera. Por ello, el nuevo proceso fue planteado fundamentándose en la planificación de las actividades enfocadas a disminuir los tiempos y al aprovechamiento eficiente de los recursos, constituyéndose en una amplia ventaja, pues es traducido en reducción de costos e incremento de productividad para personal y equipos.

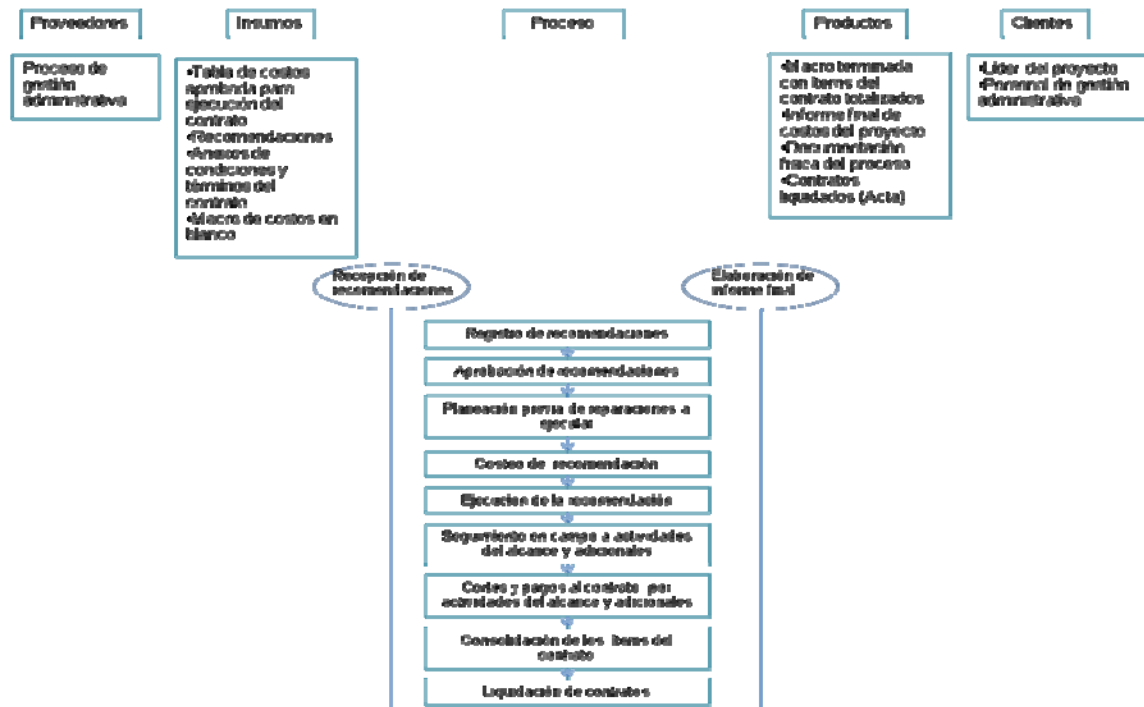
Al modificar el proceso, también se tuvo en cuenta que el nuevo procedimiento no implicara un gran cambio de estructura para el personal, ya que esto podía llevar a una implementación fallida ocasionada por la

resistencia al cambio. De acuerdo a lo anterior, la propuesta general fue una variación de la secuencia de los pasos y operaciones.

Para soporte del nuevo proceso, fueron creados procedimientos, instructivos y formatos, diseñados entre el equipo y aprobados por el departamento. Esta documentación permite normalizar el proceso, al mismo tiempo que se cumple con el requisito del cliente de emplear formatos estándares para el control y seguimiento de los costos.

La Figura 10 muestra la metodología del nuevo proceso de gestión de costos. Para observar con mayor detalle el proceso de costeo de recomendaciones es necesario dirigirse al **ANEXO E**.

Figura 10. Nueva metodología del proceso de costos.



Fuente: AUTORA, a partir de El Six Sigma para todos

4.4.3.2 Nuevo Plan de Entrenamiento y Capacitaciones. Las capacitaciones y nuevos programas de entrenamiento incluyeron temas relacionados con la metodología Seis Sigma, uso avanzado de herramientas en Microsoft Excel, entrenamiento en conocimientos técnicos indispensables para las paradas de planta y el proceso de costos, diferenciación de roles y responsabilidades, entre otros.

Con el propósito de lograr el objetivo de capacitar al personal en la nueva metodología, el uso de la herramienta informática y los talleres de trabajo en equipo, se emplearon los siguientes espacios creados por la organización:

Lecciones aprendidas³⁵: Consiste en reuniones con personal participe de alguna actividad, proceso o proyecto donde se tratan temas de acuerdo a incidentes, accidentes o hechos no planeados, así como las relaciones laborales y el apoyo y trabajo en equipo. Saber qué resultó bien o mal es de gran importancia para el personal de ECOPETROL S.A. con el fin de enseñar las mejoras continuas.

Talleres de retrospectiva³⁶: herramienta que permite identificar importantes lecciones aprendidas por compartir. Son realizados al finalizar un proyecto, evento o plan ejecutado teniendo en cuenta aspectos como:

- Planeación del taller con suficiente anticipación, en un lugar cómodo y buen apoyo logístico.
- La especificación del alcance y los objetivos a lograr.
- Toma del tiempo necesario para los análisis acorde al proyecto a evaluar.

³⁵ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=30&conID=38178>

³⁶ IRIS INTRANET. ECOPETROL S.A. <http://iris/contenido.aspx?catID=30&conID=38178>

- Conversión del análisis en un plan de trabajo definiendo objetivos, fechas, responsables, roles y responsabilidades.
- Definir la frecuencia de seguimiento al plan y las acciones correctivas para asegurar la buena implementación del mismo.
- Hacer seguimiento al avance y resultados del plan para establecer acciones correctivas.
- Evaluar la efectividad de los resultados.
- Realimentar la documentación del proceso en caso de actualizaciones (Gestión de calidad).

Los resultados obtenidos se reflejaron en el logro de un mayor compromiso y satisfacción de los integrantes y el grupo gerencial, la unificación de esfuerzos para cumplir con las metas y objetivos de la organización, la mejora de la ejecución de los trabajos y las relaciones entre el departamento y los contratistas convirtiendo el proceso de toma de decisiones más efectivo y eficaz.

Adicionalmente, fueron establecidas una serie de reglas básicas sobre el comportamiento a observar en los equipos de trabajo. Éstas fueron:

- Comunicación eficaz entre los miembros del equipo.
- Brindar mutuo apoyo entre los miembros del equipo y a sus esfuerzos.
- Respetar las capacidades de los integrantes del equipo.
- Ser justo, equitativo, responsable y consistente.
- Aportar lo mejor de su capacidad técnica y profesional.

Durante estas capacitaciones participaron tanto empleados de Ecopetrol S.A. quienes estaban siendo preparados para asumir y desempeñar el proceso de costos como empleados pertenecientes a empresas contratistas que actualmente son quienes realizar este rol.

En el **ANEXO F** se encuentra el formato de confirmación de asistencia a reuniones utilizado.

4.4.3.3 Adecuación del Mobiliario y Equipos. Para la adecuación del mobiliario y suministros requeridos como equipos y papelería para la gestión de costos, se dialogó con los Líderes del departamento la opción de designar un contenedor de oficina de 6 metros, el cual estaría ubicado en la planta durante la ejecución de la parada, que contara con los equipos de cómputo necesarios, impresora, fotocopidora, papelería y un sistema de comunicación como radios Avantel para el desarrollo normal de las actividades y la satisfacción y estímulo del personal.

Después de definido lo anterior, se pactó que en las próximas paradas de planta a ejecutar, se iba a llevar a cabo el plan de adecuación de mobiliario y suministros necesarios.

Alex Edmans, investigador del MIT, publicó en 2007 un trabajo muy clarificador que documenta el efecto de la satisfacción de los empleados sobre el valor accionario a largo plazo de una empresa. Lo que esto claramente sugiere es que invertir en el "intangibile" ambiente de trabajo mejora el desempeño a largo plazo. Y este es un dato muy interesante para los ejecutivos a la hora de convencer a los accionistas de que sostengan culturas orientadas a las personas, a pesar de los vaivenes del negocio.³⁷

4.4.3.4 Sistematización del Proceso Mediante la Creación de la Herramienta Informática de Apoyo. La herramienta informática de apoyo fue desarrollada especialmente para el Departamento de Paradas de Planta con el fin de integrar y normalizar la gestión de costos, al mismo tiempo que

³⁷ Tomado de artículo ¿Es rentable invertir en el ambiente de trabajo? Por Ricardo Lange, Director Great Place to Work Argentina. Enero de 2009.

controla y agiliza su proceso. Este programa fue diseñado y elaborado por la autora del presente proyecto con la asesoría de especialistas en programación pertenecientes a la Dirección de Informática y a la Coordinación de Inventarios.

La metodología de diseño empleada para el desarrollo de la **Macro de Costos**, nombre asignado a la herramienta de apoyo, se resume básicamente en los siguientes aspectos:

- Elección de un lenguaje de programación sencillo, sólido y de fácil comprensión para los usuarios, características que posee Visual Basic for Applications, de Microsoft Visual Basic 6.3 el cual es de fácil distribución y presentación.
- Una vez definido el programa sobre el cual se realizaría la herramienta, fue diseñado un bosquejo del modelo teniendo en cuenta dos ámbitos, uno visual y otro operativo (en ese mismo orden). En el ámbito visual fueron creadas las ventanas utilizadas para interactuar con el usuario. Estas ventanas son llamadas “formas” o “formularios” y contienen los botones, textos estáticos, cuadros de texto, listas, opciones, marcos, imágenes, entre otros. En el ámbito operativo, se crearon los “módulos” para contener las definiciones de variables, subrutinas y funciones que llevarán a cabo los procesos y cálculos involucrados en el proyecto.
- De acuerdo al diseño final, después de varias revisiones y correcciones, se inició la programación para la construcción de la herramienta.
- Por último, fue realizada una prueba al programa, introduciendo datos e información, con el fin de comprobar su correcto funcionamiento y, en caso de ser necesario, realizar las mejoras pertinentes.

Lenguaje de la herramienta de apoyo

Microsoft Visual Basic for Applications (VBA), es el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic versión 6.3, utilizado para programar aplicaciones en Windows. Se encuentra incluido en varios programas de Microsoft Office, como Word, Excel, Access, Powerpoint y Visio. Su utilidad principal es automatizar tareas cotidianas, así como crear aplicaciones y servicios de bases de datos para el escritorio, de fácil empleo para el usuario y muy útil para sus labores en el día a día.

Características

Permite generar, de manera automática, conectividad entre controles y datos sencillamente empleando acciones como arrastrar y colocar sobre formularios o informes.

Permite generar de manera automática formularios que administran registros de tablas o consultas pertenecientes a una base de datos, hoja de cálculo u objeto.

Es factible incluir barras de herramientas personalizadas, donde el usuario selecciona los botones que desea visualizar durante la ejecución.

Combina instrucciones de Visual Basic con código HTML para controlar los eventos realizados con frecuencia en una página web.

Instrucciones de uso

Las instrucciones de uso de la herramienta de apoyo corresponden a una breve descripción de los formularios y ventanas principales del programa. Para los usuarios del proceso fue desarrollado un manual gráfico, el cual explica detalladamente y paso por paso cómo emplear esta herramienta, las preguntas más frecuentes y el lenguaje de programación.

Para empezar, y por cuestiones de seguridad, el usuario debe registrar un Usuario y Contraseña predeterminados para el documento en blanco en la

Datos Generales de la Parada de Planta: El primer paso, es ingresar los datos concernientes a la Parada de Planta, los cuales servirán a lo largo del proceso de costeo y son de interés general. Para este fin fue habilitado un formulario (Gráfico 8) donde debe ser digitada la información solicitada.

Gráfica 8. Formulario para entrada de datos de la parada de planta

The screenshot shows a software window titled "DATOS GENERALES DE LA PARADA". It contains the following fields and controls:

- FECHA Y HORA DE APAGADA [] FECHA Y HORA DE ARRANCADA [] OT PADRE []
- PLANTA Y AÑO DE LA T/A []
- NOMBRE Y NÚMERO DEL CONTRATO []
- EMPRESA CONTRATISTA []
- LIDER [] GESTOR DE COSTOS []
- ADMINISTRACIÓN IMPREVISTOS UTILIDAD IVA ADMON GASTOS REEMBOLSABLES
- CUANTIA REEMBOLSABLES \$ [] PLANEADOR GENERAL []
- ADMINISTRADOR DEL CONTRATO []
- REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA []
- INTERVENORES TÉCNICOS []
- INTERVENORES ATP []
- GESTOR COSTOS CONTRATISTA []
- PROGRAMADOR ECP []
- PROGRAMADOR CONTRATISTA []
- INTERVENOR ADMINISTRATIVO []
- REGISTRAR []

Fuente: MACRO DE COSTOS

COMANDOS DE LA MACRO DE COSTOS

Ingreso de la Tabla de Costos: Al finalizar el registro de la información general de la parada, la Macro debe contener la tabla de costos legalizada del contrato a trabajar con el fin de facilitar el control , avance y seguimiento del mismo. El formato diseñado para esta tabla corresponde al esquema definido por la compañía, sin embargo, en caso de tener modificaciones, el programa permite hacerlas sin generar inconvenientes al usuario.

En la Gráfica 9, se observan la ventana emergente para ingresar los datos quedando registrados en la hoja TABLA DE COSTOS de la Gráfica 10, y a

su vez en otros formatos indispensables durante el desarrollo del proceso, PAGOS ACUMULADOS y MAYOR CANTIDAD DE OBRA.

Gráfica 9. Formulario de registro Tabla de costos

Fuente: MACRO DE COSTOS

Gráfica 10. Hoja Tabla de costos

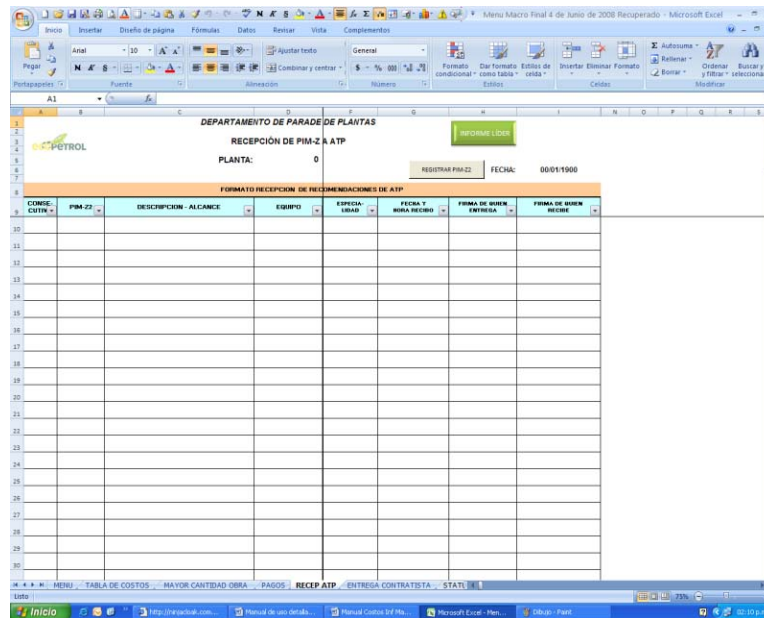
ITEM ANEXO 2.3	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO (A+1)	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL (A*B)	VALOR UNITARIO (A+1)
	AJUSTAMIENTO DE LOS TRABAJOS					
	RECORRAR ESTE FICHA AL TERMINADO DE INSTALAR CABLES					
	GLOBAL TIEMPO ESTADISTICO					
	RECORRAR ESTE FICHA AL TERMINADO DE INSTALAR CABLES					
	GLOBAL EQUIPO ELECTRICOS					
	RECORRAR ESTE FICHA AL TERMINADO DE INSTALAR CABLES					
	GLOBAL EQUIPO INSTRUMENTACION Y CONTROL					
	RECORRAR ESTE FICHA AL TERMINADO DE INSTALAR CABLES					
	GLOBAL TURBOMANIPULADORA					
	RECORRAR ESTE FICHA AL TERMINADO DE INSTALAR CABLES					
	EQUIPO Y MANIPULADORA PESADA					
	RECORRAR ESTE FICHA AL TERMINADO DE INSTALAR CABLES					
	TRABAJOS UNIDARIOS					
	TOTAL COSTO OBRAS + ADMINISTRACION (A) + IMPORTE FISCAL				\$ 0,00	
	ADMINISTRACION				0,00%	
	IMPORTE FISCAL				0,00%	
	UTILIDAD				0,00%	
	SUBTOTAL CONTRATO (CON IVA)				\$	
	ADMINISTRACION GASTOS REEMBOLSABLES				0,00%	
	VALOR DEL PRESUPUESTO (CON IVA)				\$	
	IVA (IVA SOBRE LA UTILIDAD)				0,00%	
	VALOR DEL PRESUPUESTO (CON IVA)				\$	
	GASTOS REEMBOLSABLES					

Fuente: MACRO DE COSTOS

Recepción de Recomendaciones: Posterior a la Tabla de Costos, el usuario debe continuar con la recepción de recomendaciones, es decir, los trabajos adicionales.

Para este fin, en el menú principal se selecciona el botón RECEPCIÓN DE PIM-Z ³⁸, donde aparece la ventana observada en la Gráfica 11 en la cual quedará registrada cada recomendación.

Gráfica 11. Hoja control de recibo de recomendaciones



Fuente: MACRO DE COSTOS

A continuación el usuario debe oprimir el comando REGISTRAR PIM-Z, abriendo el formulario de la Gráfica 12 en el cual se digita la información relacionada con la recomendación recibida. Es importante que el usuario haga énfasis en 3 aspectos que le indicaran qué formatos debe usar a continuación, facilitando la secuencia de actividades para el costeo de las recomendaciones. Estos son: Ejecutor de la recomendación, su clasificación y estado actual.

³⁸ Código que identifica al documento emitido por las coordinaciones de soporte técnico a producción, que define las actividades a desarrollar para el mantenimiento las cuales no fueron contempladas dentro del alcance contractual de una parada. Comúnmente llamadas recomendaciones.

Gráfica 12. Formulario para ingreso de recomendaciones

The image shows a software window titled "PIM-ZZ" with a blue header and a close button. The form contains several input fields and dropdown menus. At the top, there are five fields: "Consecutivo" (text), "Pim-ZZ" (text), "Equipo" (dropdown), "Especialidad" (dropdown), and "Interventor Técnico" (dropdown). Below these is a large text area for "Descripción Alcance de la PIM-ZZ". The form is divided into two columns for recording delivery details. The left column is for "ENTREGA DE PIM-ZZ DE ATP A EL GESTOR DE COSTOS DE ECP" and includes fields for "Fecha-Hora Recibido de ATP", "Nombre quien entrega de ATP", and "Nombre quien recibe". The right column is for "ENTREGA DE PIM-ZZ DE GESTOR DE COSTOS DE ECP A CONTRATISTA" and includes fields for "Fecha-Hora de entrega", "Nombre quien entrega al contratista", and "Nombre quien recibe". Below these columns is a text area for "Observaciones sobre la PIM-ZZ". At the bottom, there are three dropdown menus: "Ejecutor de la PIM-ZZ", "Clasificación de la PIM-ZZ", and "Estado de la PIM-ZZ". Finally, there are two buttons: "DESEA CONTINUAR" (dropdown) and "REGISTRAR".

Fuente: MACRO DE COSTOS

Al momento de registrar una recomendación son modificadas automáticamente las hojas de control ENTREGA A CONTRATISTA y ESTATUS PIM-Z que, como su nombre lo indica, permiten realizar un seguimiento de la recomendación al ser entrada al ejecutor y de su avance. De igual manera, emergen los formatos establecidos oficialmente para elaborar la cotización de los trabajos adicionales de acuerdo con su clasificación, los cuales contienen la información particular de cada PIM-Z. Estos formatos son denominados 2A y 2B.

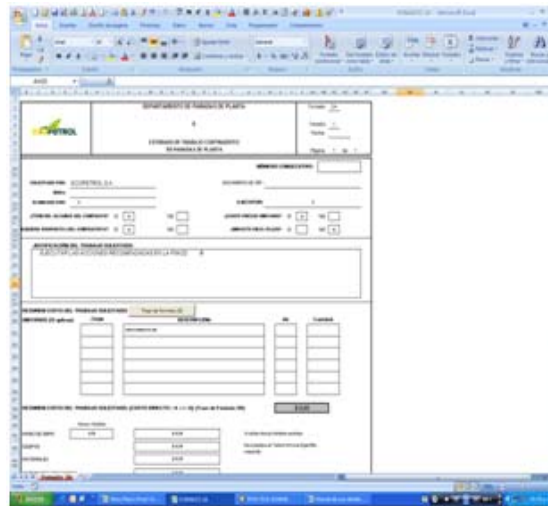
En la hoja MAYOR CANTIDAD DE OBRA se crea una columna con el consecutivo de la recomendación y el código de la misma. Este formato es útil para la consolidación de los costos de la parada del contrato en cuestión.

Formatos 2A y 2B ; Como se explicó anteriormente, éstos formatos emergen automáticamente una vez es ingresada una recomendación, por lo tanto, existe un registro (hojas 2A y 2B) para cada PIM-ZZ con su respectivo número.

Para diligenciar los formatos basta con digitar la información solicitada que no se encuentra registrada en el mismo. En caso de que el usuario se encuentre ubicado en alguno de los dos formatos y desee dirigirse al otro, éstos cuentan con un botón que le permite realizar esta función.

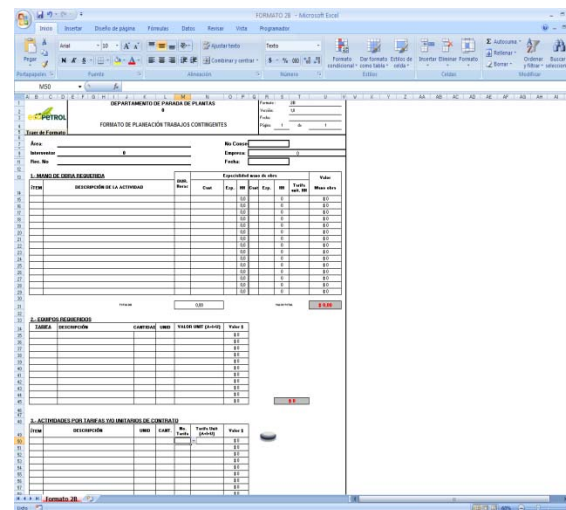
En las Gráficas 13 y 14 se pueden observar los formatos 2A y 2B.

Gráfica 13. Formato 2A



Fuente: MACRO DE COSTOS

Gráfica 14. Formato 2B



Fuente: MACRO DE COSTOS

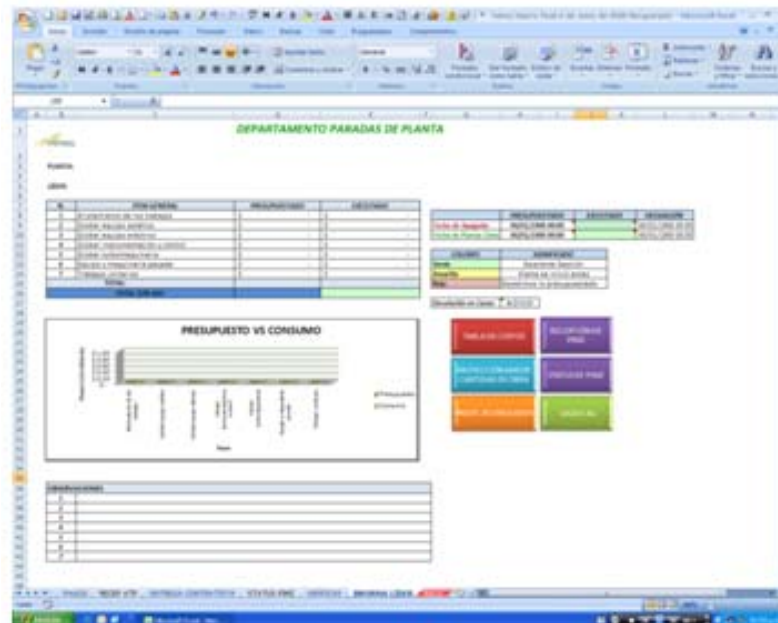
relevancia para conocer el estado actual del presupuesto asignado a la parada.

Este informe brinda información de los costos de una Parada de Planta de forma global, indicando cual ítem general consumió la mayor cantidad de recurso asignado, al mismo tiempo que sirve de reporte para el Líder.

Cada ítem cuenta con valores presupuestados vs. valores ejecutados, con el fin de hacer una comparación entre los ellos y conocer el porcentaje de desviación total. Así mismo, la hoja cuenta con una gráfica que refleja la diferencia entre lo presupuestado y lo ejecutado, un recuadro de observaciones y algunos botones del Menú Principal, con el fin de explicar de manera más detallada los resultados generales que allí se exponen.

En la Gráfica 17 se puede observar la hoja de INFORME PARA EL LÍDER.

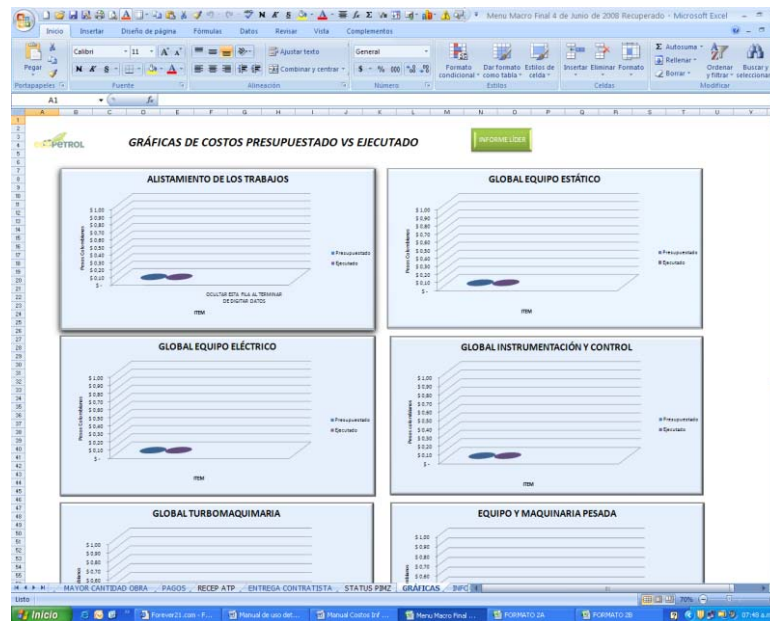
Gráfica 17. Informe para el Líder



Fuente: MACRO DE COSTOS

Gráficas: Finalmente, se encuentra la hoja que contiene los gráficos que ilustran cada ítem registrado de la Tabla de Costos de acuerdo a la clasificación asignada.

Gráfica 18. Hoja de gráficos de principales ítems del contrato



Fuente: MACRO DE COSTOS

4.4.4 RESULTADOS PRUEBA PILOTO DEL MODELO DE COSTOS

El modelo de gestión y control de costos para el mantenimiento con parada de planta en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A. fue validado mediante una prueba piloto realizada en la parada de planta Unibón en la cual se manejó un contrato integral de obra para el mantenimiento y reparación de equipos.

Este modelo fue creado acorde con los lineamientos impartidos por Shell Global Solutions, donde un modelo de costos para la gestión de los mismos debe contar con una metodología establecida, el uso de la tecnología e informática para un mejor manejo de la información y sistematización de

funciones y finalmente personal capacitado y competente; logros alcanzados mediante las propuestas de solución implementadas.

Los resultados de las mediciones y las gráficas se encuentran en el **ANEXO G**. El análisis obtenido de los datos se describe a continuación.

De acuerdo al análisis de capacidad realizado se observaron los índices Cp_k y Pp_k de 0,50 y 0,40 respectivamente, los cuales, comparados con los valores iniciales ($Cp_k= 0,30$ y $Pp_k= 0,16$) indican una mejora significativa en la capacidad y desempeño del proceso, acercándose un poco más al valor estándar, 1,33.

El nivel sigma pasó de $Z_{bench} = 0,88$ a $Z_{bench} = 1,49$ indicando un rendimiento a largo plazo de 51,47%, aunque aún es evidente que el proceso debe seguir implementando la mejora continua hasta lograr el nivel ideas de 6 sigma.

El proceso es más estable, más centrado y los valores tienden más hacia el objetivo. Se observó una distribución más uniforme de los datos acercándose un poco más a una distribución normal; no obstante existen valores que no cumplen con los límites de control fijados acercándose al LSE e incluso superándolo.

Los valores de la media y la desviación estándar actuales son de 12 días y 3,36696 respectivamente, los cuales han mejorado significativamente tendiendo más a centrarse en el objetivo de 7 días.

Cabe resaltar que la muestra tomada de 48 unidades corresponde al número máximo de recomendaciones emitido para esta parada, ya que se estableció en el cronograma y la planeación que la duración de la reparación de la

planta de Unibón sería el lapso de tiempo para realizar la prueba piloto aprobado por el departamento.

De igual forma, la mejora implementada para el proceso de recomendaciones a su vez satisface los requerimientos críticos para el cliente Regularidad y cumplimiento y Formatos estándares los cuales pueden ser medidos y controlados.

Seguidamente, en una la Tabla 18 se muestran los objetivos planteados en la etapa definir y los resultados alcanzados.

Tabla 18. Resultados obtenidos de las mejoras implementadas del proyecto.

Objetivo	Beneficios	Resultados
Reducir el tiempo de costeo de recomendaciones en un 20%	El promedio de tiempo de costeo se redujo de 17 días a 12 días, cantidad equivalente a 29,4%	Instructivo para la gestión de costos durante la ejecución de una parada de planta. Procedimiento para aprobación y costeo de recomendaciones. Manual de roles y responsabilidades en la Gestión de costos.
Reducir el tiempo para liquidación de contratos en 20%	No se implementaron mejoras	-
Crear una herramienta informática de apoyo al proceso	Sistematización del proceso.	Macro de costos. Manual de uso detallado Macro de costos.
Diseñar formatos estándares para el control y seguimiento a los	Claridad en el control y seguimiento de los contratos.	Formatos de control para recepción, entrega y estatus de recomendaciones. Formatos 2A y 2B.

contratos.		Informe para el Líder. Modelo de gestión y control de costos para el mantenimiento con parada de planta.
------------	--	---

4.5 FASE CONTROLAR

Finalmente, luego de haber implementado las mejoras y validado su aplicación, el equipo de trabajo debe culminar el Proyecto Seis Sigma con el diseño de un plan de control y seguimiento, con el propósito de determinar si las soluciones aplicadas son duraderas y exitosas.

Es por esto, que en esta fase se definen aspectos como la determinación del método técnico de control y la creación de un plan para la medición.

Para este fin, en sesiones grupales realizadas con los miembros del equipo, se plantearon las siguientes inquietudes a fin de establecer qué variables iban a ser estudiadas y cuál sería el método de medición.

- ¿Cuántas pruebas necesitan ser corridas para encontrar y confirmar las mejoras del procedimiento o ajuste para estas variables clave del proceso?
- ¿Cómo pueden los equipos de trabajo y el personal dueño del proceso mantener los defectos controlados?
- ¿Qué se debe preparar para mantener el desempeño satisfactorio aún cuando las cosas cambien (gente, tecnología y clientes)?

Adicional a los interrogantes, se evaluaron los mecanismos de control existentes y se dividieron las acciones a tomar en tres niveles:

estandarización del proceso, documentación de plan de control y monitoreo del proceso, determinando para el presente proyecto los métodos de control estadístico del proceso y los sistemas de calidad, como complemento uno del otro.

A continuación se muestra una breve explicación de los métodos elegidos y el plan de control elaborado.

4.5.1 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (CEP)

El CEP es una herramienta estadística que se utiliza con el objetivo de hacer predecible un proceso bajo estudio en el tiempo. Los gráficos de control constituyen el procedimiento básico, las cuales permiten distinguir causas especiales de las causas comunes de variación. Con dicho procedimiento se pretende cubrir 3 metas:

- Seguimiento y vigilancia del proceso
- Reducción de la variación
- Menos costo por unidad

En cualquier proceso, por muy bien que se diseñe y por muy cuidadosamente que se controle, siempre existirá cierta variabilidad inherente y natural, que no se puede evitar. Esta variabilidad natural, es el efecto acumulado de causas de carácter, esencialmente, incontrolable. Cuando el efecto acumulado es relativamente pequeño se considera como aceptable el nivel de funcionamiento del proceso y la variabilidad natural es originada por un ‘sistema estable de causas de azar’. Un proceso sobre el que sólo actúan causas al azar se dice que está bajo control estadístico.

Por el contrario, existen otras causas de variabilidad que pueden estar, ocasionalmente, presentes y que actuarán sobre el proceso.

La variabilidad producida por estas causas habitualmente sitúa al proceso en un nivel inaceptable de funcionamiento. Estas causas son denominadas como causas especiales de variación.

Luego de identificar las causas mediante el uso de gráficos del proceso, el paso siguiente es eliminar las causas especiales, ya que son ajenas al desenvolvimiento natural del proceso, con lo que se logra el estado de “Proceso Bajo Control Estadístico”, es decir, un proceso predecible y afectado exclusivamente por causas comunes (aleatorias) de variación.

Alcanzar un estado de control estadístico de proceso puede requerir un gran esfuerzo pero es sólo el primer paso. Una vez alcanzado, es posible la información de dicho control como base para estudiar el efecto de cambios planificados en el proceso estudiado con el objetivo de mejorar la calidad del mismo.

Para el uso del CEP, se creó una guía con los conceptos más relevantes de esta herramienta y una gráfica de apoyo que permite identificar la técnica a ser empleada de acuerdo a la naturaleza de los datos.

La guía elaborada se encuentra en el **ANEXO H**.

4.5.2 SISTEMAS DE CALIDAD (TRABAJO ESTANDARIZADO)

Es el método de combinar de forma segura las entradas de un proceso (hombre, máquina y material) para poder alcanzar las mismas salidas (Calidad, Costo y Entregas, QCD³⁹) siempre.

La estandarización consiste en eliminar la variación llevando las actividades a trabajo estandarizado.

Una operación estándar está compuesta por aquellos documentos que capturan el trabajo estandarizado.

Beneficios del trabajo estandarizado.

- Método de trabajo seguro
- Puede ser utilizado para verificar los procesos si los objetivos de QDC no son alcanzados
- Captura el Saber – Como (“Know – How”)
- Permite realizar mejoras estructuradas sostenibles

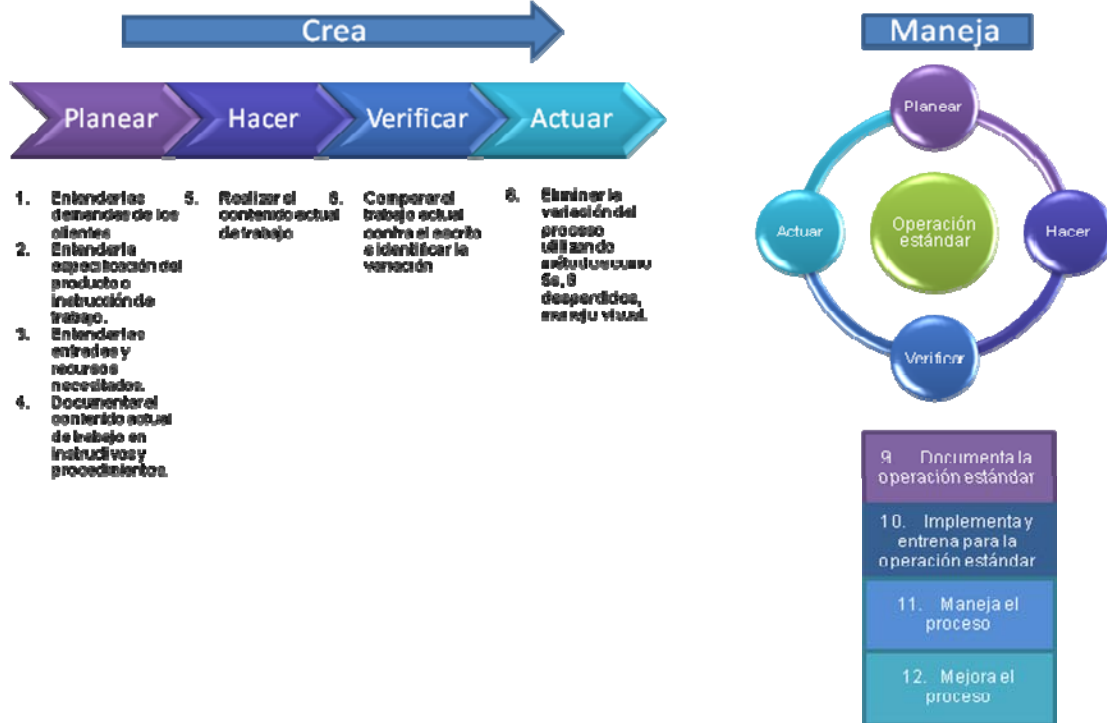
El trabajo estandarizado verdadero

El trabajo estandarizado verdadero asegura que una tarea sea llevada en el mismo tiempo cada vez, alcanzando los mismos niveles de calidad, en una manera segura respetando las diferencias entre las personas para realizar las tareas.

Cuando se llegan a los resultados de QCD todas las veces, entonces es cuando realmente hay tiempo para hacer las mejoras verdaderas.

³⁹ Siglas en inglés de Quality, Cost and Delivery

Figura 11. Diagrama de Trabajo Estandarizado.



Fuente: AUTORA, modificado de Seis Sigma, Black & Decker

Documentación de trabajo estándar

Se encuentra compuesta por los documentos que integran el sistema de gestión de la calidad de la organización tales como mapas de proceso, instructivos, procedimientos, manuales y registros, entre otros.

Es de vital importancia contar con estos documentos que capturan el contenido del trabajo a realizar, incluyendo puntos clave enfocados a asegurar la Calidad, el costo, las entregas y la seguridad con el propósito de proveer al personal un modelo a seguir y formar las bases de la mejora continua.

4.5.3 PLAN PARA LA MEDICIÓN

El plan de medición, creado de acuerdo al nuevo diagrama del proceso mejorado, busca diseñar un sistema de control con el fin de mantener los beneficios por la implementación de las soluciones, además de ofrecer de forma medible la efectividad de las mejoras propuestas.

Este plan contempla aspectos como las medidas de mayor importancia para el proceso, las metas y especificaciones verificadas por los clientes del proceso, los métodos de recolección de datos y de control establecidos por el equipo y las mejoras más notables del proceso.

Seguidamente, en la Tablas 19 y 20 se encuentra un cuadro resumen del plan de medición creado para el nuevo esquema de proceso y la hoja de control de proceso, respectivamente.

El plan de medición incluye los objetivos de control establecidos para el proyecto y el propósito de verificación de las mejoras y de la implementación del control. Esto ayuda visual y conceptualmente al equipo y al personal del proceso a tener presente el por qué del plan de mejora y los aspectos a tener en cuenta.

Tabla 19. Plan de medición para el nuevo esquema de recomendaciones

Plan de medición para el nuevo esquema de recomendaciones– Etapa de control		
Objetivos de control	Verificación de las mejoras	Implementación del control
1. Asegurar la confianza en los datos y establecer las entradas del nuevo proceso	1. Determinar la nueva capacidad del proceso	1. Ayudar a institucionalizar las mejoras
2. Demostrar las mejoras que el proyecto está entregando	2. Determinar si el nuevo proceso satisface las CTQ's	2. Resaltar las causas ausentes
3. Revisar y aprobar los		3. Mantener presente los

beneficios del proyecto (términos monetarios)	del cliente	CTQ
4. Implementar controles que mantengan la mejora	3. Verificar si los beneficios del proyecto han sido actualizados y aprobados.	4. Llevar hacia responsabilidad continua
5. Hacer recomendaciones para oportunidades de transición		5. Fomentar la mejora continua

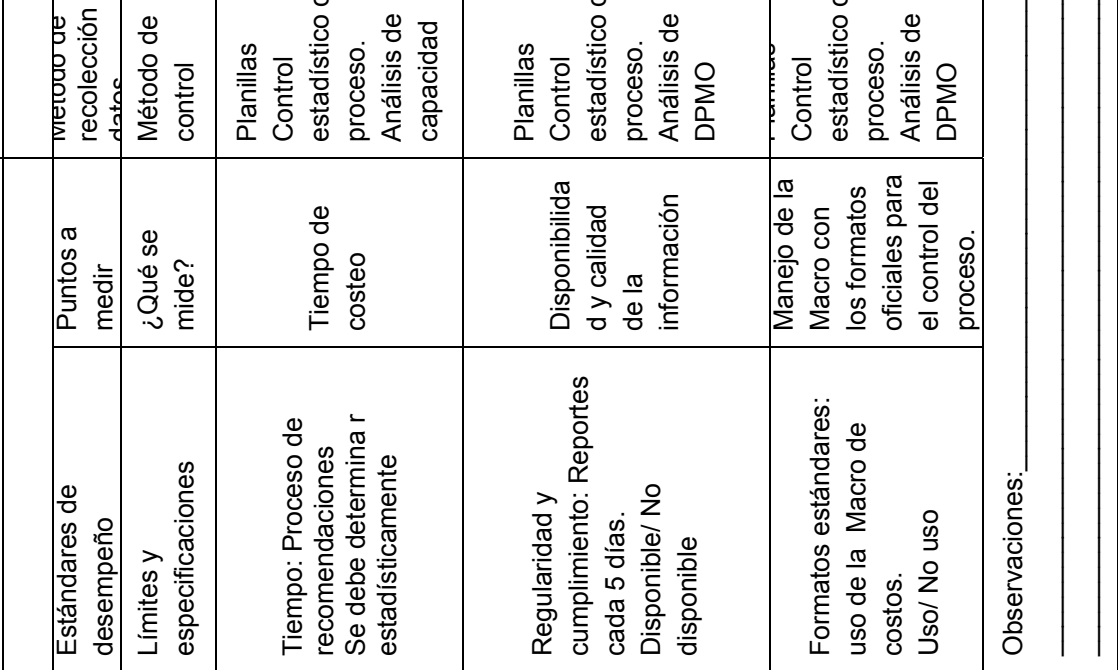
En cuanto a la hoja de proceso, las variables escogidas para monitorear de acuerdo a los cambios realizados fueron el tiempo de costeo de las recomendaciones, la disponibilidad y calidad de la información y los formatos estándares; todas correspondientes a los requisitos críticos de calidad para el cliente definidos en la primera fase de este proyecto.

De igual forma, incluye el diagrama de alto nivel de proceso con la descripción de las actividades de manera global, los estándares de desempeño, los ítems a medir y el responsable de realizar dicha medición, entre otras.

En el **ANEXO I** se encuentra el Formato de plan de control técnico diseñado para la toma de mediciones de las variables a controlar.

Vale la pena hacer énfasis en que el método empleado para la medición y control de las variables escogidas es el Control estadístico del proceso, y por lo tanto se emplearán sus herramientas gráficas y analíticas para estudiar los efectos de las mejoras en el desempeño del proceso.

Tabla 20. Hoja de control del proceso

Descripción del proceso	Clientes del proceso	Requisito crítico del cliente:	Salidas:
<p>Diagrama de alto nivel del proceso</p> 		<p>Estándares de desempeño</p> <p>Límites y especificaciones</p> <p>Tiempo: Proceso de recomendaciones Se debe determinar estadísticamente</p> <p>Regularidad y cumplimiento: Reportes cada 5 días. Disponible/ No disponible</p> <p>Formatos estándares: uso de la Macro de costos. Uso/ No uso</p>	<p>Puntos a medir</p> <p>¿Qué se mide?</p> <p>Tiempo de costeo</p> <p>Disponibilidad y calidad de la información</p> <p>Manejo de la Macro con los formatos oficiales para el control del proceso.</p>
		<p>¿Quién realiza la medición?</p>	<p>Responsable</p>
		<p>¿Qué se mide?</p>	<p>Método de control</p>
		<p>Tiempo de recomendaciones Se debe determinar estadísticamente</p>	<p>Planillas Control estadístico de proceso. Análisis de capacidad</p>
		<p>Regularidad y cumplimiento: Reportes cada 5 días. Disponible/ No disponible</p>	<p>Planillas Control estadístico de proceso. Análisis de DPMO</p>
		<p>Formatos estándares: uso de la Macro de costos. Uso/ No uso</p>	<p>Control estadístico de proceso. Análisis de DPMO</p>
Observaciones:			

Para este fin, el personal a ejecutar el plan puede utilizar una herramienta de gran funcionalidad para el análisis estadístico: **MINITAB 15**®, el cual fue

empleado durante el transcurso y desarrollo del presente proyecto en 2 etapas, Medir y Analizar.

MINITAB 15 ® representa una gran solución en el análisis estadístico de datos para los proyectos de mejoras en calidad y seis sigma en un solo programa caracterizado por su fácil manejo. Este cuenta con licenciamiento flexible y de cómoda adquisición para la empresa, si decide integrarlo a su lista de software empresarial, o con licencias gratuitas que duran 1 mes, además tener de recursos en línea como preguntas frecuentes, tutoriales, entro otros.

Adicional al plan de medición y apoyándose en el conocimiento del personal y del avance que tiene ECOPETROL S.A. en la implementación del sistema de gestión de calidad, el nuevo proceso debe ser estandarizado , debe estar bien documentado y aprobado, definiendo con detalle las actividades que lo componen y todos los factores que contribuyen a explicar cómo debe ser realizado.

La documentación de los procesos se determinó con el fin de lograr mejoras como reducir la variación sobre los grupos e individuos, proveer el “saber por qué” (Know – How) para el personal de trabajo y proveer las bases para capacitar gente nueva.

Como complemento, finalmente se estableció la continuidad de actividades de capacitación y entrenamiento para el personal en los nuevos procesos y procedimientos una vez estos han sido estandarizados, así como comunicación de aprendizajes y planes futuros recomendados.

Los espacios destinados para este fin serán los que la empresa provee como talleres de corazones y mentes, lecciones aprendidas y talleres de retrospección.

Teniendo en cuenta que básicamente Seis Sigma es una cultura organizacional, por medio de esta fase se pretende asegurar que las mejoras del proceso se institucionalicen a través de cambios permanentes en los sistemas y estructuras para, como último paso, clausurar el proyecto Seis Sigma.

CONCLUSIONES

- Seis sigma no consiste sólo en un concepto estadístico que representa cuánta variación existe en un proceso respecto a las especificaciones del cliente, sustancialmente Seis Sigma es una metodología que brinda resultados a largo plazo, por lo cual, no constituye sólo una mejora en los resultados, sino por sobre todas las cosas, un cambio en la mentalidad de cada uno de los integrantes de la empresa, consiguiendo así una cultura de trabajo enfocada en la calidad, a la mejora de la eficiencia y la eficacia de los procesos y en consecuencia, en el cliente y sus necesidades.
- Realmente para encontrar la dirección adecuada de un proyecto aplicando Seis Sigma, el punto de partida debe ser necesariamente entender las necesidades del cliente y no asumirlas, ya que de esta manera se orientan los esfuerzos de mejora en las verdaderas causas que hacen a un proceso ineficaz o incapaz. Es por esta razón que para el presente proyecto se profundizó en el conocimiento del proceso, su comportamiento actual y los requerimientos de calidad para los clientes a fin de comprender, desde una perspectiva real, el problema a mejorar.
- De acuerdo al análisis de capacidad realizado para las variables definidas según los requerimientos críticos del cliente fue evidente que, observando los resultados arrojados para los índices de capacidad y desempeño del proceso, tres de ellos se encontraban por debajo del nivel estándar con valores de 0.88, 0.19 y 0.9 para el costeo de recomendaciones, la liquidación de contratos y el uso de formatos estándares respectivamente; solamente

calidad y disponibilidad de la información se situó por encima con un valor de 2 convirtiéndolo en el único proceso analizado capaz. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el objetivo de desempeño sigma para cualquier proceso es de 6, era fundamental realizar mejoras y cambios al proceso de gestión de costos en general.

- Las causas principales encontradas para justificar el desempeño y la capacidad de los procesos estudiados se resumen básicamente en secuencias de trabajo inadecuadas, falta de coordinación y cooperación por parte del personal, así como fallas en el programa de entrenamiento. Por consiguiente, fue indiscutible la necesidad de replantear la secuencia de trabajo y el desarrollo de un plan de capacitación que permitiera reforzar el conocimiento del puesto de trabajo, la interiorización de los roles y sus responsabilidades, el aprendizaje y aplicación de técnicas estadísticas y la realización de técnicas grupales y talleres como Lecciones aprendidas y corazones y mentes, etc. con el fin de incentivar al personal.
- Un aspecto de gran importancia para el avance del proyecto es el trabajo en equipo. Por medio de su aplicación, no sólo se busca lograr la consecución de objetivos planteados y agregar valor a los procesos por mejorar, sino beneficiar a quienes son partícipes del mismo potenciando sus aspectos personales, integrando sus habilidades y esfuerzos y aprovechando al máximo sus capacidades. En el caso del presente proyecto, el personal miembro del equipo se basó en las apreciaciones anteriores integrándose completamente al proyecto y orientando sus actividades al cumplimiento de las metas, lo cual generó un gran aporte al Departamento al mismo tiempo que motivó a los demás empleados a utilizar esta técnica de gran beneficio para todos con mayor frecuencia.

- Por medio de la aplicación de la Metodología DMAMC , la utilización de herramientas de análisis estadístico, las actividades de trabajo grupal y la sistematización de gran parte del proceso empleando la herramienta informática Macro de costos, se consiguió el objetivo enfocado hacia el mejoramiento del proceso de costeo de recomendaciones, trayendo consigo beneficios como la reducción del tiempo consumido en el desarrollo de actividades, un mayor aprovechamiento de los recursos tangibles e intangibles, métodos y procedimientos actualizados que generan valor a la empresa y personal más preparado, entre otras.
- A pesar de no implementar en su totalidad las mejoras planteadas para el proceso de costos, no deben ser restados los esfuerzos involucrados así como el trabajo realizado en el Departamento y más concretamente en el Proceso de costos, ya que la reducción en el tiempo para el costeo de actividades adicionales representa un incremento en la eficacia y constituye la base para continuar con el mejoramiento del proceso de liquidación de contratos. Adicionalmente se cuenta con la ventaja de tener un estudio previo evitando, al momento de emprender otro proyecto, partir desde cero.
- La creación de la Macro de costos como un programa de fácil manejo y de interfaz amigable constituye una herramienta sistemática que proporciona mayor agilidad en la realización de las tareas y el manejo de información que, además de satisfacer un requerimiento crítico del cliente, brinda apoyo en el proceso de toma de decisiones.
- Aunque ECOPETROL S.A. es la empresa líder en Colombia en el sector petrolero y cuenta con una vasta y extensa trayectoria, todavía tiene un largo camino por recorrer en el mejoramiento y optimización de los procesos adaptándose a la globalización y a los cambios que trae consigo para las organizaciones que deben estar en continuo movimiento y actualización de

métodos y prácticas. Sin embargo, es importante resaltar que en ECOPETROL S.A. se tiene clara conciencia de lo anterior por lo que precisamente, espacios como las prácticas industriales para estudiantes universitarios son abiertos otorgando la posibilidad de brindar y aplicar en la empresa nuevos conocimientos, además de otorgar todas las herramientas y recursos necesarios para la gestión de nuevos proyectos.

- El uso de herramientas estadísticas es clave para comprender con base en hechos y datos comportamientos anormales en los procesos. Para este propósito, el software de análisis estadístico **MINITAB 15**® constituye una herramienta facilitadora para el análisis de información recopilada. De gran utilidad y manejo sencillo, permite realizar estudios para el conocimiento del desempeño de los procesos objetivamente.

RECOMENDACIONES

- Ya que han sido obtenidas mejoras en el proceso de recomendaciones, es aconsejable no detenerse en el conocimiento del proceso, de su desempeño y la aplicación de soluciones para su optimización, adaptándose a las nuevas exigencias y necesidades del mismo.
- Observando los beneficios obtenidos por la aplicación de la metodología Seis Sigma para el presente proyecto se recomienda seguir con su iniciativa e implementación en las demás áreas y dependencias de la empresa con el fin mejorar y optimizar sus procesos.
- Es conveniente continuar con el análisis del proceso de liquidación de contratos y la identificación de causas que ocasionan el bajo desempeño del mismo con el fin de realizar las mejoras pertinentes. Como resultado del estudio realizado en el presente proyecto se hace énfasis en actualizar la secuencia de trabajo y reforzar la sinergia entre los procesos partícipes en la liquidación de contratos.
- Con el fin de prolongar y estandarizar las mejoras realizadas, es necesario un compromiso por parte de Departamento en la planeación y ejecución de métodos y herramientas de control, estableciendo un sistema de indicadores que permita el seguimiento y monitoreo del proceso con el propósito de detectar desviaciones y comportamientos anormales.

- Teniendo en cuenta que el entrenamiento y la capacitación de los empleados es un factor que aporta beneficios tanto para la empresa como para el individuo, es recomendable continuar con talleres de transferencia de conocimientos, así como actividades grupales y manejo de herramientas de análisis estadístico, entre otras.
- Debe destinarse un “encargado” del proceso de costos preparado y capacitado con conocimientos profundos del trabajo a realizar. El fin, es designar un líder que guíe a los nuevos integrantes y brinde apoyo orientando los empleados en el aprendizaje del nuevo método, en la adecuación y adaptación al cambio con el propósito de facilitar la preparación y asimilación del cargo.
- Se sugiere a la empresa considerar dentro de las opciones de software licenciados la adquisición de **MINITAB 15** ® por sus cualidades para el análisis estadístico de gran alcance, su rapidez y su facilidad de uso y entendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

BLACK & DECKER (U.S) Inc. Curso de Six Sigma Green Belt. EN. Curso de Lean Six Sigma Memorias. Diciembre de 2006. 130 p.

BLACK & DECKER (U.S) Inc. Curso de Lean Six Sigma Memorias. Diciembre de 2006. 1200 p.

DAS, M. Oliver, M. BAKKER, H. Shell Global Solutions, Una guía para la gestión de paradas. Biblioteca de reportes. La Haya. Junio 2000.

ECKES, George. El Six Sigma para todos. Bogotá D.C., Colombia : Grupo Editorial Norma, 2004. 176 p.

HARRINGTON, H. James, Mejoramiento de los procesos de la empresa. Traducido de la primera edición en inglés. Bogotá D.C., Colombia : McGraw-Hill, Inc. 1992. 309 p.

Iris. Intranet de ECOPETROL S.A. [En línea] <http://iris/>

MANAGE SIX SIGMA. Metodología Seis Sigma [En línea] <http://www.12manage.com/methods_six_sigma.html> [citado en 3 de marzo de 2008]

MIKEL, Harry, SCHROEDER, Richard, LINSENMANN, Don. Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations. Editorial Doubleday, 1999. 300 p.

MONOGRAFÍAS. Mejores prácticas. [En línea]
<<http://www.monografias.com/trabajos19/mejores-practicas/mejores-practicas.shtml>> [Citado en 2007]

PANDE, Peter S, NEUMAN, Robert, CAVANAGH, Roland. Las claves de Seis Sigma. Bogotá D.C., Colombia : McGraw-Hill, Inc., 2002. 358 p.

WHEAT, Barbara. MILLS, Chuck, CARNELL, Mike. Seis Sigma. Bogotá D.C. Colombia : Grupo Editorial Norma, 2004. 134 p. Doubleday, 1999. 300 p.

ANEXOS

ANEXO A

Plan de recolección de datos y resultados para cada CTQ


CTQ1: Tiempo

1. Costeo de Recomendaciones

Plan de recolección de datos

CTQ 1	Mejorar el tiempo de costeo de las recomendaciones en 7 días.		Medida	Tiempo de costeo (Días)	
Tiempo				Comportamiento actual	
Contexto	Entrega de recomendaciones durante la ejecución de un mantenimiento con parada de planta tipo A, para el contrato de obra de torres y tambores.		Objetivo y Especificaciones (días)	17	
				Objetivo	
				7	
				Especificaciones	
				Inferior: 5	
				Superior: 20	
Definición operativa	Se calcula el tiempo desde que llega la recomendación emitida por la coordinación respectiva de soporte técnico hasta que es costeada por el gestor de costos asignado al contrato respectivo y es acordado su valor con las partes involucradas.				
Formulario para recoger datos	Los datos se registran en una planilla.				
Plan de recolección de datos					
Tipo de medición	Tipo de datos	Método	Tiempo	Costo	Responsables
Medición del proceso	Continuo	Observación y registro	Ejecución Parada de Planta Petroquímica	Ninguno	Johana Suárez Juan Carlos Celis

Resultados de las mediciones

		ECOPETROL S.A. Departamento de Paradas de Planta.			Formato Control y registro de recomendaciones.		
CTQ 1	Mejorar el tiempo de costeo de las recomendaciones en 7 días.				Fecha:	Febrero – Marzo de 2009	
					Muestra:	100 unidades	
Definición operativa	Se calcula el tiempo desde que llega la recomendación emitida por la coordinación respectiva de soporte técnico hasta que es costeada por el gestor de costos asignado al contrato respectivo y es acordado su valor con las partes involucradas.						
Tiempo	Ejecución Parada de planta Petroquímica	Medida	días	Responsables	Johana Suárez Eljure Juan Carlos Celis		
Medidas							
Ítem	Valor	Ítem	Valor	Ítem	Valor	Ítem	Valor
1	23	26	15	51	7	76	7
2	23	27	14	52	7	77	7
3	23	28	14	53	4	78	9
4	23	29	14	54	9	79	9
5	24	30	13	55	19	80	9
6	36	31	13	56	15	81	24
7	23	32	24	57	-	82	24
8	35	33	24	58	24	83	24
9	33	34	24	59	22	84	-
10	3	35	24	60	6	85	16
11	3	36	-	61	1	86	16
12	32	37	12	62	-	87	14
13	25	38	7	63	1	88	22
14	33	39	20	64	1	89	18
15	33	40	18	65	22	90	8
16	15	41	18	66	22	91	8
17	20	42	10	67	20	92	32
18	19	43	18	68	19	93	34
19	15	44	18	69	19	94	25
20	18	45	-	70	13	95	10
21	25	46	9	71	30	96	10
22	17	47	17	72	-	97	9
23	26	48	4	73	14	98	7
24	15	49	7	74	14	99	3
25	10	50	7	75	14	100	5
Observaciones			Las casillas que no tiene valor alguno significan que la recomendación no fue ejecutada, o fue realizada por personal de ECOPETROL y por lo tanto no fueron costeadas				
Autorizado por:			Juan Carlos Toro Muñoz				

2. Liquidación de contratos.

Plan de recolección de datos

CTQ 1	Mejorar el tiempo para liquidación de contratos a 60 días.		Medida	Tiempo de liquidación (Días)	
Tiempo					
Contexto	Contratos de mano de obra y suministros asignados a la ejecución de mantenimientos con paradas de planta durante el 2008. (Datos históricos).		Objetivo y Especificaciones (días)	Comportamiento actual	
				104	
				Objetivo	
				60	
				Especificaciones	
				Inferior: 45 Superior: 105	
Definición operativa	Se calcula el tiempo desde que se realiza el último pago durante la ejecución de la parada hasta que son acordadas las cantidades finales de trabajos adicionales y los valores de ítems que no han sido causados. La liquidación corresponde a la cancelación del valor de los contratos, la legalización de dicho pago y el cierre del mismo.				
Formulario para recoger datos	Los datos se registran en una planilla.				
Plan de recolección de datos					
Tipo de medición	Tipo de datos	Método	Tiempo	Costo	Responsables
Medición del proceso	Continuos	Observación y registro	Paradas de Planta (Tipo A) de 2008.	Ninguno	Johana Suárez David Parada

Resultados de las mediciones

		ECOPETROL S.A. Departamento de Paradas de Planta.			Formato registro Liquidación de contratos.	
CTQ 1	Mejorar el tiempo para liquidación de contratos a 60 días.			Fecha:	Febrero – Marzo de 2009	
				Muestra:	45 unidades	
Definición operativa	Se calcula el tiempo desde que se realiza el último pago durante la ejecución de la parada hasta que son acordadas las cantidades finales de trabajos adicionales y los valores de ítems que no han sido causados. La liquidación corresponde a la cancelación del valor de los contratos, la legalización de dicho pago y el cierre del mismo.					
Tiempo	Paradas de Planta (Tipo A) de 2008.	Medida	días	Responsables	Johana Suárez Eljore David Parada	
Medidas						
Ítem	Valor	Ítem	Valor	Ítem	Valor	
1	90	16	130	31	70	
2	90	17	95	32	65	
3	152	18	70	33	70	
4	120	19	140	34	98	
5	105	20	95	35	95	
6	115	21	145	36	112	
7	115	22	115	37	120	
8	120	23	80	38	75	
9	140	24	120	39	90	
10	85	25	160	40	87	
11	70	26	95	41	120	
12	60	27	95	42	85	
13	110	28	110	43	96	
14	110	29	115	44	120	
15	90	30	115	45	115	
Observaciones						
Autorizado por:		Juan Carlos Toro Muñoz				

CTQ2: Regularidad y Cumplimiento.

Plan de recolección de datos

CTQ 2	Disponibilidad de información y reportes actualizados cada 5 días durante la ejecución de la parada hasta su finalización.			Medida	Disponible/ No disponible
Regularidad y cumplimiento					
Defecto	Informe No disponible			Metas y Especificaciones	Comportamiento actual
					Entre 10 y 15 días.
					Meta
					5 días
Formulario para recoger datos	Los datos se registran en una planilla.				
Plan de recolección de datos					
Tipo de medición	Tipo de datos	Método	Marco de tiempo	Costo	Responsables
Medición del proceso	Discretos	Observación y registro	Parada de Planta Petroquímica	Ninguno	Johana Suárez

Resultados de las mediciones

Formulario para la recolección de datos discretos	
Unidad (U) (40)	Informes elaborados para los líderes durante la ejecución de la parada de planta que fueron inspeccionados.
Defecto (D) (24)	Informe no disponible
Número de oportunidades (NO) (2)	Informe incompleto Datos no válidos o información inconclusa
CATEGORÍAS DE DEFECTOS	FRECUENCIA
– Falta de tiempo	4
– Información descentralizada	3
– Asignación de funciones que no corresponden con las del cargo	7
– Falta de coordinación y cooperación del equipo de trabajo	6
– Falta de personal para manejo de contratos	2
– Atrasos y/o suspensión en la ejecución de trabajos (impide su costeo)	1
– Otros	1

CTQ3: Formatos estándares

Plan de recolección de datos

CTQ 3	Uso de formatos estándares para el control y manejo de información.	Medida	Uso / No uso		
Formatos estándares					
Defecto	Manejo de archivos con diseños de plantillas diferentes para cada contrato.	Metas y Especificaciones	Comportamiento actual		
			Meta		
			Emplear un mismo formato.		
Formulario para recoger datos	Los datos se registran en una planilla.				
Plan de recolección de datos					
Tipo de medición	Tipo de datos	Método	Marco de tiempo	Costo	Responsables
Medición del proceso	Discretos	Observación y registro	Parada de Planta Petroquímica	Ninguno	Johana Suárez

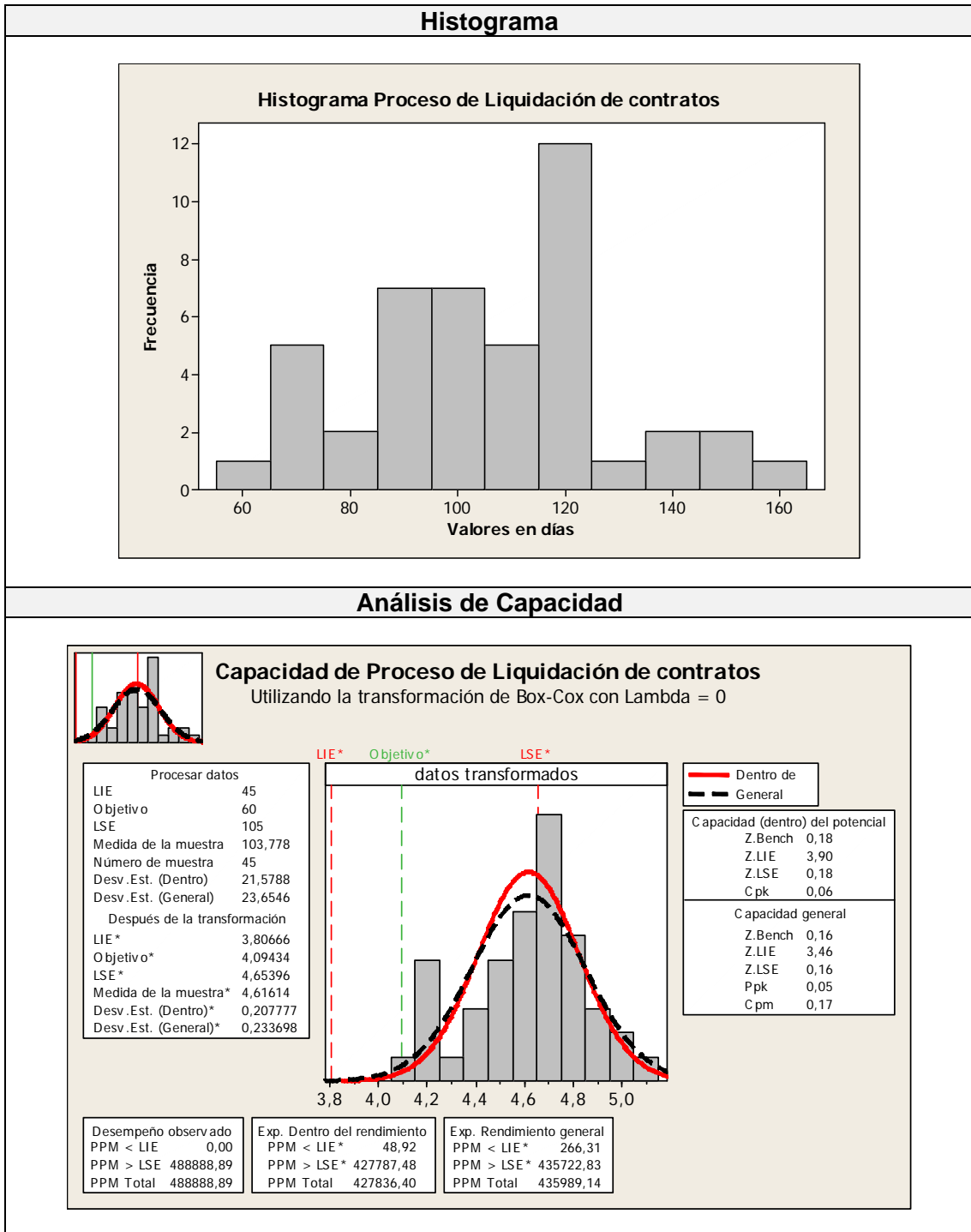
Resultados de las mediciones

Formulario para la recolección de datos discretos	
Unidad (U) (40)	Archivos de Excel diseñados para el manejo de la información referente a contratos asignados a paradas de planta.
Defecto (D) (29)	No usar una misma planilla para el control de los contratos y su información.
Número de oportunidades (NO) (1)	Diseño del formato.
CATEGORÍAS DE DEFECTOS	FRECUENCIA
- No existe un formato diseñado y establecido oficialmente para su uso	12
- Preferencia por uso de formatos personales	7
- Falta de capacitación para el manejo de herramientas informáticas.	4
- Indiferencia al cambio	5
- Otros	1

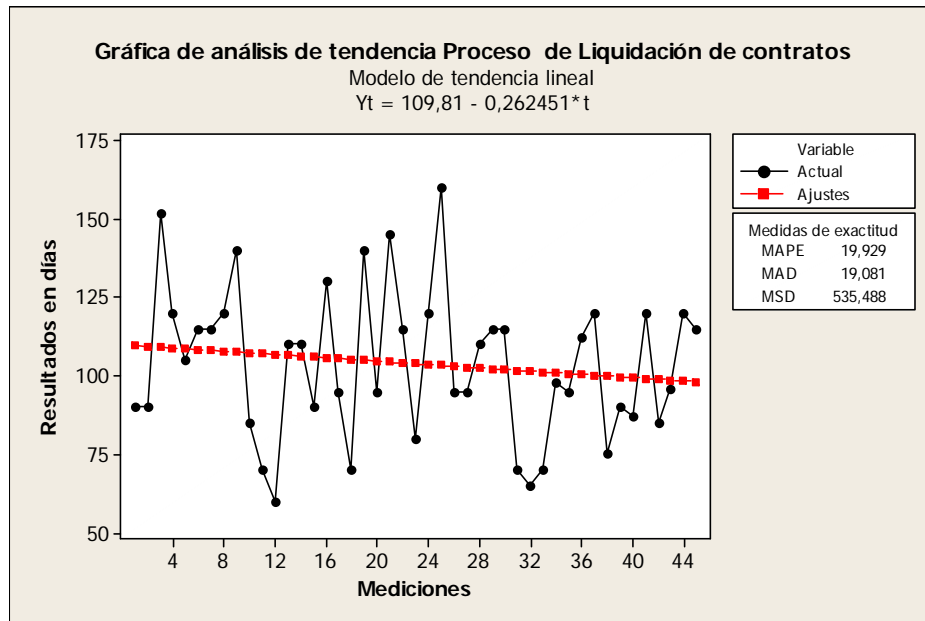
ANEXO B

Ejecución del plan de recolección de datos para cada CTQ

CTQ1: Tiempo (Liquidación de contratos).



Análisis de Tendencia



Resultados

Cp_k	0,06
Pp_k	0,05
Z_{bench}	0,18
Ecuación de tendencia ajustada	$Y(t) = 109,81 - 0,262451 * t$

CTQ2: Regularidad y Cumplimiento

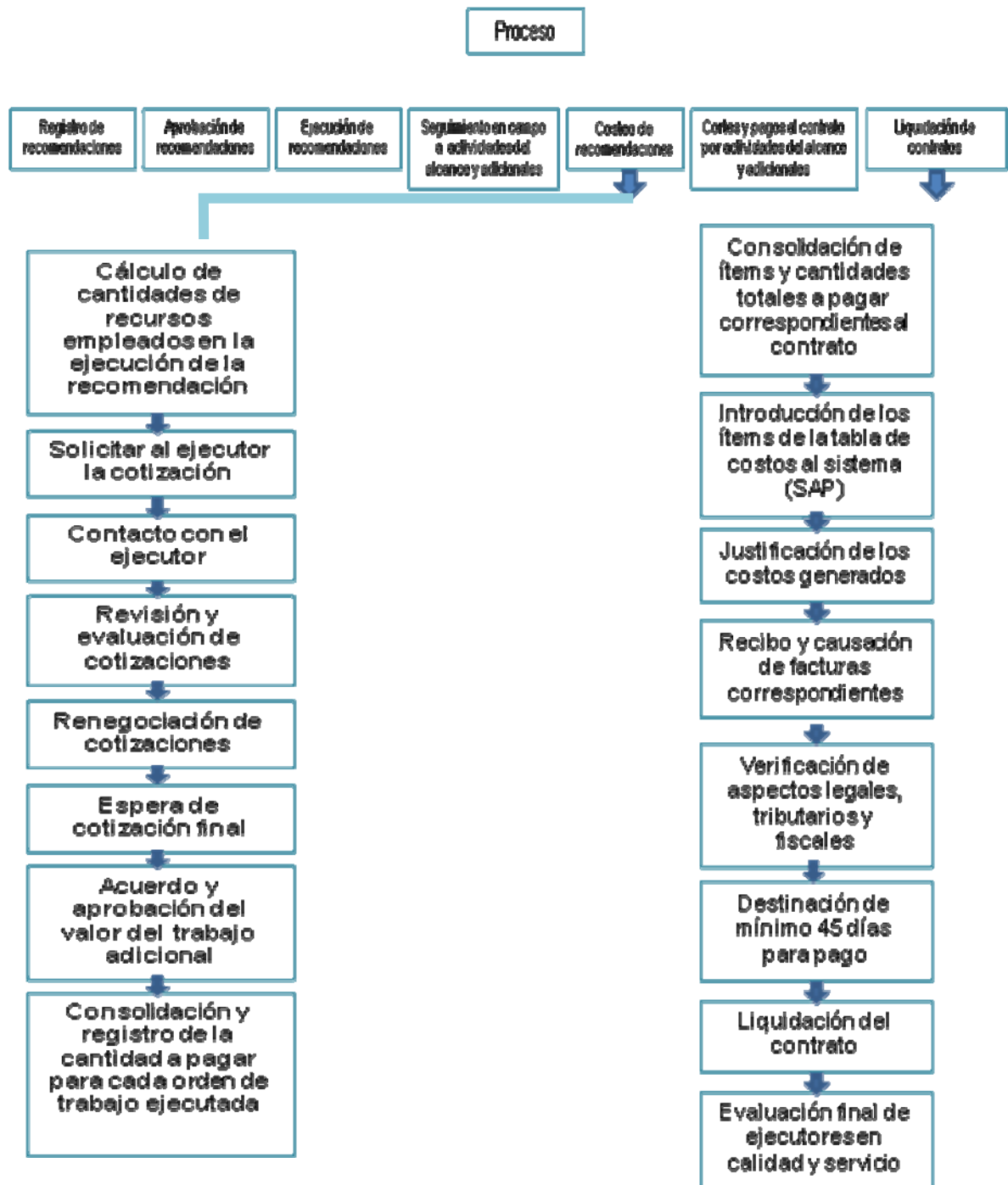
Cálculo de la línea de base sigma	
Definiciones	
Unidad (U)	Informes elaborados para los líderes durante la ejecución de la parada de planta que fueron inspeccionados. (40)
Defecto (D)	Informe no disponible (24)
Número de oportunidades (NO)	Informe incompleto (2) Datos no válidos o información inconclusa
Capacidad actual del proceso	
Defectos por unidad (DPU)	$\frac{\text{Número total de defectos}}{\text{Número total de unidades}} = \frac{24}{40} = 0,6$
Defectos por oportunidades (DPO)	$\frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}} = \frac{24}{40 \times 2} = 0,3$
Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	$\frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}} \times 1\,000\,000$
Resultados	$\frac{24}{40 \times 2} \times 1\,000\,000 = 300\,000$
Nivel Sigma	De acuerdo a la tabla de conversión de un proceso al sistema sigma, el número de defectos muestra que el nivel sigma de desempeño equivale a 2σ .

CTQ3: Formatos estándares

Cálculo de la línea de base sigma	
Definiciones	
Unidad (U)	Archivos de Excel diseñados para el manejo de la información referente a contratos asignados a paradas de planta (40)
Defecto (D)	No usar una misma planilla para el control de los contratos y su información. (29)
Número de oportunidades (NO)	Diseño del formato. (1)
Capacidad actual del proceso	
Defectos por unidad (DPU)	$\frac{\text{Número total de defectos}}{\text{Número total de unidades}} = \frac{29}{40} = 0,725$
Defectos por oportunidades (DPO)	$\frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}} = \frac{29}{40 \times 1} = 0,725$
Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	$\frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}} \times 1\,000\,000$
Resultados	$\frac{29}{40 \times 1} \times 1\,000\,000 = 725\,000$
Nivel Sigma	De acuerdo a la tabla de conversión de un proceso al sistema sigma, el número de defectos muestra que el nivel sigma de desempeño equivale a 0,9 σ .


ANEXO C

Subprocesos de Recomendaciones y Liquidación de contratos



ANEXO D

Tabla de costos para obras de mantenimiento. Departamento de Paradas de Planta

		DEPARTAMENTO DE PARADAS DE PLANTA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA			
ANEXO 3 FORMATO OFRECIMIENTO ECONÓMICO					
OBRAS DE MANTENIMIENTO TÉCNICO DE EQUIPOS DURANTE LA PARADA DE PLANTA DE ETILENO II DE LA G.R.B. DE ECOPETROL S.A. UBICADA EN BARRANCABERMEJA SANTANDER CONTRATO N° 4018688					
ÍTEM ANEXO 2.3	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO + (A+I)	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL + (A+I)
2.3.1	PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS				
2.3.1.1	DIRECTOR	\$ 330.000,00	45	DÍA	\$ 14.850.000,00
2.3.1.2	PROGRAMADOR	\$ 180.000,00	45	DÍA	\$ 8.100.000,00
2.3.1.3	COORD. HSE	\$ 220.000,00	45	DÍA	\$ 9.900.000,00
2.3.1.4	PROFESIONAL HSE	\$ 180.000,00	135	DÍA	\$ 24.300.000,00
2.3.1.5	PLANEADOR QA/QC	\$ 220.000,00	45	DÍA	\$ 9.900.000,00
2.3.1.6	PLANEADOR ESTÁTICO	\$ 220.000,00	45	DÍA	\$ 9.900.000,00
2.3.1.7	PLANEADOR OPERACIONES	\$ 220.000,00	45	DÍA	\$ 9.900.000,00
2.3.1.8	GESTOR COSTOS	\$ 220.000,00	45	DÍA	\$ 9.900.000,00
2.3.1.9	GESTOR MATERIALES	\$ 220.000,00	30	DÍA	\$ 6.600.000,00
2.3.1.10	CAMIONETA ESTACA + COMBUSTIBLE	\$ 125.000,00	45	DÍA	\$ 5.625.000,00
2.3.1.11	CONTAINER DE 12 MTS OFICINA	\$ 60.000,00	45	DÍA	\$ 2.700.000,00
2.3.1.12	CONTAINER (6 Mts) OFICINA	\$ 45.000,00	30	DÍA	\$ 1.350.000,00
2.3.1.13	SUMINISTROS OFICINA (Incluye equipos y papelería)	\$ 45.000,00	30	DÍA	\$ 1.350.000,00
2.3.1.13	RECURSO DE HSE PARA EJECUCIÓN				

2.3.1.13.1	RECURSO HSE PARA EJECUCIÓN	\$ 120.750.000,00	1	GL	\$ 120.750.000,00
2,3,2	TRABAJOS EN TORRES Y TAMBORES A REALIZAR POR EL CONTRATISTA				
2,3,2,1	TORRES DE LA PLANTA DE ETILENO II				
2,3,2,1,1	T-4100.	\$ 105.077.469,30	1	GL	\$ 105.077.469,30
2,3,2,1,2	T-4102. A/B	\$ 37.145.847,98	1	GL	\$ 37.145.847,98
2,3,2,1,3	T-4103.	\$ 84.789.434,69	1	GL	\$ 84.789.434,69
2,3,2,1,4	T-4104.	\$ 161.583.745,92	1	GL	\$ 161.583.745,92
2,3,2,1,5	T-4105.	\$ 132.781.438,27	1	GL	\$ 132.781.438,27
2,3,2,1,6	T-4106.	\$ 44.133.154,30	1	GL	\$ 44.133.154,30
2,3,2,3	TAMBORES DE LA PLANTA ETILENO II				
2,3,2,3,1	D-4101	\$ 25.310.129,09	1	GL	\$ 25.310.129,09
2,3,2,3,2	D-4102	\$ 21.226.630,14	1	GL	\$ 21.226.630,14
2,3,2,3,3	D-4103	\$ 21.226.630,14	1	GL	\$ 21.226.630,14
2,3,2,3,4	D-4104	\$ 21.226.630,14	1	GL	\$ 21.226.630,14
2,3,2,3,5	D-4105	\$ 21.226.630,14	1	GL	\$ 21.226.630,14
2,3,2,3,6	D-4106	\$ 21.226.630,14	1	GL	\$ 21.226.630,14
2,3,2,3,7	D-4107	\$ 21.226.630,14	1	GL	\$ 21.226.630,14
2,3,2,3,8	D-4108	\$ 26.536.128,03	1	GL	\$ 26.536.128,03
2,3,2,3,9	D-4109	\$ 26.536.128,03	1	GL	\$ 26.536.128,03
2,3,2,3,10	D-4110	\$ 26.536.128,03	1	GL	\$ 26.536.128,03
2,3,2,3,11	D-4111	\$ 28.684.812,96	1	GL	\$ 28.684.812,96
2,3,2,3,12	D-4115	\$ 28.684.812,96	1	GL	\$ 28.684.812,96
2,3,2,3,13	D-4117	\$ 19.324.021,55	1	GL	\$ 19.324.021,55
2,3,2,3,14	D-4120	\$ 28.684.812,96	1	GL	\$ 28.684.812,96
2,3,2,3,15	D-4123	\$ 19.324.021,55	1	GL	\$ 19.324.021,55
2,3,2,3,16	D-4131	\$ 28.771.172,96	1	GL	\$ 28.771.172,96
2,3,2,3,17	D-4132	\$ 31.523.507,18	1	GL	\$ 31.523.507,18
2,3,2,3,18	D-4139	\$ 26.184.503,13	1	GL	\$ 26.184.503,13
2,3,2,3,19	D-4141	\$ 24.994.095,30	1	GL	\$ 24.994.095,30
2,3,2,3,20	D-4142A	\$ 58.970.710,10	1	GL	\$ 58.970.710,10
2,3,2,3,21	D-4157	\$	1	GL	\$ 22.656.587,02

		22.656.587,02			
2,3,2,3,22	D-4160	\$ 22.285.704,29	1	GL	\$ 22.285.704,29
2,3,2,3,23	D-3481	\$ 16.774.093,58	1	GL	\$ 16.774.093,58
2,3,2,3,24	D-4116	\$ 30.198.153,22	1	GL	\$ 30.198.153,22
2,3,2,3,25	D-4118	\$ 31.079.223,85	1	GL	\$ 31.079.223,85
2,3,2,3,26	D-4133	\$ 31.079.223,85	1	GL	\$ 31.079.223,85
2,3,2,3,27	D-4142B	\$ 32.348.027,13	1	GL	\$ 32.348.027,13
2,3,2,3,28	D-4142C	\$ 33.876.797,75	1	GL	\$ 33.876.797,75
2,3,3	TRABAJOS UNITARIOS PRODUCTO DE LA INSPECCIÓN				
2,3,3,1	ARMADO Y DESARMADO DE ANDAMIOS	\$ 33.150,00	80	M3	\$ 2.652.000,00
2,3,3,2	SUMINISTRO EN ALQUILER DE MODULO DE ANDAMIOS	\$ 1.955,00	400	M3 x DÍA	\$ 782.000,00
2,3,3,3	RELLENO DE SOLDADURA DE ACERO CARBÓN, ALEADOS E INOXIDABLES	\$ 33.150,00	50	PULG2	\$ 1.657.500,00
2,3,3,4	RETIRO-INSTALACIÓN PLATOS DE TORRES (INCLUYE CAMBIO DE EMPAQUES, ZAPATAS, VÁLVULAS, TORNILLERÍA)	\$ 51.255,00	30	FT2	\$ 1.537.650,00
2,3,3,5	SUMINISTRAR E INSTALAR CIEGOS EN LÍNEAS ASOCIADAS A EQUIPOS <=3"	\$ 33.150,00	10	UN	\$ 331.500,00
2,3,3,6	SUMINISTRAR E INSTALAR CIEGOS EN LÍNEAS ASOCIADAS A EQUIPOS ENTRE 4"a 8"	\$ 71.400,00	10	UN	\$ 714.000,00
2,3,3,7	SUMINISTRAR E INSTALAR CIEGOS EN LÍNEAS ASOCIADAS A EQUIPOS ENTRE 10"a 14"	\$ 203.150,00	10	UN	\$ 2.031.500,00
2,3,3,8	RETIRAR CIEGOS EN LÍNEAS ASOCIADAS A EQUIPOS <=3"	\$ 19.550,00	10	UN	\$ 195.500,00
2,3,3,9	RETIRAR CIEGOS EN LÍNEAS ASOCIADAS A EQUIPOS ENTRE 4"a 8"	\$ 33.150,00	10	UN	\$ 331.500,00
2,3,3,10	RETIRAR CIEGOS EN LÍNEAS ASOCIADAS A EQUIPOS ENTRE 10"a 14"	\$ 70.550,00	10	UN	\$ 705.500,00
2,3,3,11	LIMPIEZA MECÁNICA GRADO SSPC-SP3 CON SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA	\$ 58.650,00	50	M2	\$ 2.932.500,00

2,3,3,12	LIMPIEZA INTERIOR DE TAMBORES, SUS INTERNOS Y PLATAFORMAS. INCLUYE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS Y RELIMPIEZA	\$ 47.005,00	50	M2	\$ 2.350.250,00
2,3,3,13	PREFABRICACIÓN DE PLATO COMPLETO PARA TORRES EN LAMINA A285 GR C O EQUIVALENTE (INCLUYENDO COLECTORES Y BAJANTES DE REQUERIRSE, INCLUYE SUMINISTRO DE LAMINAS)	\$ 4.283.150,00	5	UNIDAD	\$ 21.415.750,00
2,3,3,14	PREFABRICACIÓN DE PLATO COMPLETO PARA TORRES EN LAMINA SS410 O EQUIVALENTE (INCLUYENDO COLECTORES Y BAJANTES DE REQUERIRSE, INCLUYE SUMINISTRO DE LAMINAS)	\$ 3.655.765,00	3	UNIDAD	\$ 10.967.295,00
2,3,3,15	PREFABRICACIÓN PARCIAL DE PLATOS PERFORADOS DE TORRES	\$ 2.753.150,00	1	M2	\$ 2.753.150,00
2,3,3,16	RETIRAR E INSTALAR MALLA DEMISTER (INCLUYE LAVADO)	\$ 256.955,00	10	M3	\$ 2.569.550,00
2,3,3,17	LIMPIEZA CON AGUA A PRESIÓN HIDRO-BLASTING (CON SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA)	\$ 33.150,00	50	M2	\$ 1.657.500,00
2,3,3,18	PRUEBA LINNING	\$ 75.650,00	4	UN	\$ 302.600,00
2,3,3,19	DESMANTELAR, PREFABRICAR-INSTALAR LAMINA DE LINNING ESPESOR ENTRE 1/16"-1/8"	\$ 203.150,00	30	FT2	\$ 6.094.500,00
2,3,3,20	ABRIR O CERRAR HANDHOLE Y MANHOLE DE CASCO DESDE 4"a 16"	\$ 138.550,00	6	UNIDAD	\$ 831.300,00
2,3,3,21	ABRIR O CERRAR HANDHOLE Y MANHOLE DE CASCO DESDE 18"a 36"	\$ 164.320,00	6	UNIDAD	\$ 985.920,00
2,3,3,22	ABRIR O CERRAR MANHOLE INTERIOR DE TORRES, TAMBORES Y OTROS EQUIPOS >=18" A 30"	\$ 104.550,00	15	UNIDAD	\$ 1.568.250,00
2,3,3,23	PRUEBA DE TINTAS PENETRANTES (INCLUYE SUMINISTRO	\$ 17.500,00	30	ML	\$ 525.000,00

	DE TINTAS Y ESMERILADO DE SOLDADURA)				
2,3,3,24	ALIVIO TÉRMICO A TUBERÍA HASTA 8"	\$ 564.700,00	5	UN	\$ 2.823.500,00
2,3,3,25	ALIVIO TÉRMICO A UNIÓN SOLDADA EN VASIJAS Y/O RECIPIENTES	\$ 980.000,00	3	ML	\$ 2.940.000,00
2,3,3,26	PREFABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE BOQUILLA O COUPLING PARA CASCO ENTRE 1/2" a 2"	\$ 65.790,00	30	UN	\$ 1.973.700,00
2,3,3,27	PREFABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE BOQUILLA PARA CASCO DE 3" A 8" Y RUANA, (INCLUYE ROLADO DE RUANA DE REQUERIRSE)	\$ 540.000,00	2	UN	\$ 1.080.000,00
2,3,3,28	PREFABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA HASTA 2" SCH. 40/80 A.C.	\$ 28.540,00	30	JUNTA	\$ 856.200,00
2,3,3,29	PREFABRICAR E INSTALAR PARCHE EN LAMINAS HASTA 1/2" ESPESOR (INCLUYE ROLADO DE REQUERIRSE)	\$ 31.000,00	10	FT2	\$ 310.000,00
2,3,3,30	SOLDADURA A TOPE EN LAMINA ESPESOR ENTRE 1/2" a 3/4"	\$ 98.000,00	20	ML	\$ 1.960.000,00
2,3,3,31	MANTENIMIENTO A INDICADORES DE NIVEL (INCLUYE RETIRO E INSTALACIÓN CON DESARME TOTAL)	\$ 145.600,00	4	CUERP	\$ 582.400,00
2,3,3,32	MANTENIMIENTO DE ROCIADORES (INCLUYE RETIRO E INSTALACIÓN, LIMPIEZA Y CAMBIO DE BOQUILLA)	\$ 987.500,00	2	GL	\$ 1.975.000,00
2,3,3,33	DESMANTELAMIENTO TUBERÍA AÉREA<3"	\$ 760,00	1.000	KG	\$ 760.000,00
2,3,3,34	MONTAJE DE VÁLVULA <=3" (INCLUYE TRANSPORTE)	\$ 32.100,00	10	UN	\$ 321.000,00
2,3,3,35	RETIRO DE VÁLVULA <=3" (INCLUYE TRANSPORTE)	\$ 42.350,00	10	UN	\$ 423.500,00
2,3,3,36	PRUEBA HIDROSTÁTICA TUBERÍAS DE 2" a 12" Y <=100 METROS DE LONGITUD (INCLUYE SUMINISTRO, INSTALACIÓN DE CIEGOS Y EMPAQUES	\$ 656.800,00	2	UN	\$ 1.313.600,00
2,3,3,37	DESMANTEL. AISLAMIENTO DE CUERPO DE EQUIPOS	\$ 32.490,00	20	M2	\$ 649.800,00

	(FOIL + TABLETA) INCLUYE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS				
2,3,3,38	DESMANTELAMIENTO AISLAMIENTO PARA TUBERÍA (FOIL + TABLETA) INCLUYE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS	\$ 22.310,00	20	M2	\$ 446.200,00
2,3,3,39	PREFABRICACIÓN, INSTALACIÓN AISLAMIENTO EQUIPOS SERVICIO EN FRÍO (INCLUYE TRANSPORTE MATERIAL)	\$ 130.000,00	50	M2	\$ 6.500.000,00
2,3,3,40	PREFABRICACIÓN, INSTALACIÓN AISLAMIENTO A TUBERÍAS SERVICIO EN FRÍO (INCLUYE TRANSPORTE MATERIAL)	\$ 54.300,00	50	M2	\$ 2.715.000,00
2,3,3,41	PREFABRICACIÓN, INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO A TUBERÍA (TABLETA + FOIL) INCLUYE TRANSPORTE	\$ 31.750,00	20	M2	\$ 635.000,00
2,3,3,42	PREFABRICACIÓN, INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO EN EQUIPOS (FOIL + TABLETA) INCLUYE TRANSPORTE	\$ 46.325,00	20	M2	\$ 926.500,00
2,3,3,43	LIMPIEZA INTERIOR TORRES, PLATOS Y PLATAFORMAS, INCLUYE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS Y LA RELIMPIEZA	\$ 33.150,00	50	M2	\$ 1.657.500,00
2,3,3,44	REPARACIÓN DE GRIETAS EN CASCO DE EQUIPOS.	\$ 112.356,00	10	PULG2	\$ 1.123.560,00
2,3,3,45	LIMPIEZA CON GRATA	\$ 45.310,00	50	M2	\$ 2.265.500,00
2,3,3,46	METALMECÁNICO NIVEL "D" CATEGORÍA 9	\$ 28.000,00	1.500	HH	\$ 42.000.000,00
2,3,3,47	TORNO	\$ 24.500,00	100	HR	\$ 2.450.000,00
2,3,3,48	FRESADORA	\$ 28.000,00	100	HR	\$ 2.800.000,00
2,3,3,49	RECTIFICADORA	\$ 28.000,00	30	HR	\$ 840.000,00
2,3,3,50	TALADRO	\$ 28.000,00	60	HR	\$ 1.680.000,00
2,3,3,51	OBRREROS	\$ 27.000,00	400	HH	\$ 10.800.000,00
2,3,3,52	SUMINISTRO EN ALQUILER DE EQUIPO DE AIRE FRESCO	\$ 700.000,00	5	DÍA	\$ 3.500.000,00

2,3,3,53	D-3381 LIMPIEZA INTERIOR INSPECCIÓN MANTENIMIENTO GENERAL	E Y	\$ 25.540.000,00	1	GL	\$ 25.540.000,00
2,3,3,54	D-1301 LIMPIEZA INTERIOR, MANTENIMIENTO GENERAL		\$ 6.570.000,00	1	GL	\$ 6.570.000,00
2,3,3,55	D-1302 CALIBRACIÓN EXTERIOR DE BOQUILLAS TUBERÍAS ANEXAS	DE Y	\$ 3.425.800,00	1	GL	\$ 3.425.800,00
2,3,3,56	D-1308 INSPECCIÓN EXTERIOR DEL FONDO		\$ 4.355.000,00	1	GL	\$ 4.355.000,00
2,3,3,57	D-1604 LIMPIEZA INTERIOR INSPECCIÓN MANTENIMIENTO GENERAL	E Y	\$ 6.580.000,00	1	GL	\$ 6.580.000,00
2,3,3,58	D-1701A LIMPIEZA INTERIOR INSPECCIÓN MANTENIMIENTO GENERAL	E Y	\$ 9.876.000,00	1	GL	\$ 9.876.000,00
2,3,3,59	D-1701B LIMPIEZA INTERIOR INSPECCIÓN MANTENIMIENTO GENERAL	E Y	\$ 4.350.000,00	1	GL	\$ 4.350.000,00
2,3,3,60	D-1702 LIMPIEZA INTERIOR INSPECCIÓN MANTENIMIENTO GENERAL	E Y	\$ 5.350.000,00	1	GL	\$ 5.350.000,00
2,3,3,61	D-1704 LIMPIEZA E INSPECCIÓN EXTERIOR DEL EQUIPO		\$ 4.800.000,00	1	GL	\$ 4.800.000,00
TOTAL COSTO DIRECTO + ADMINISTRACIÓN (A) + IMPREVISTOS (I)						\$ 1.782.055.641
ADMINISTRACIÓN					26%	
IMPREVISTOS					3%	
UTILIDAD					6%	\$ 82.886.309

SUBTOTAL (COSTO DIRECTO + ADMINISTRACIÓN + IMPREVISTOS +UTILIDAD)	\$ 1.864.941.950
ADMINISTRACIÓN GASTOS REEMBOLSABLES (5%)	\$ 5.412.171
VALOR DEL PRESUPUESTO (SIN IVA)	\$ 1.870.354.121
IVA. (16%) SOBRE LA UTILIDAD	\$ 13.261.809
VALOR DEL PRESUPUESTO (CON IVA)	\$ 1.883.615.930
Valor de los gastos reembolsables:	\$ 108.243.418,00

ANEXO E

Diagrama de flujo Proceso propuesto de recomendaciones

DIAGRAMA DE FLUJO	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN	DOCUMENTOS
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Emisión de recomendaciones.] A --> B[Entrega de recomendación a gestor de costos.] B --> C[Registro de recomendación recibida.] C --> D[Evaluar su aprobación y ejecución.] D --> E{¿Es aprobada?} E -- No --> F[Se archiva la recomendación para reparación posterior.] E -- Si --> G((1)) </pre>			
	Coordinación respectiva de soporte técnico.		Formato PIM-Z2.
	Coordinación respectiva de soporte técnico.	Llevar control del recibo de recomendaciones con fecha y firma.	Formato PIM-Z2.
	Gestor de costos.	Verificar: Si está dentro del alcance o no. Tiempo de ejecución. Materiales y recursos.	Cuadro de control recepción de recomendaciones.
	Planeador T/A Programador T/A Líder de la Parada		Formato PIM-Z2 Anexo 2.3
	Gestor de costos	Se guarda la recomendación en una carpeta AZ, la cual debe ser entregada al cierre de la parada	Formato PIM-Z2.

DIAGRAMA DE FLUJO	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN	DOCUMENTOS
<pre> graph TD 1((1)) --> D{¿Ejecuta Empresa contratista?} D -- No --> A[Ejecuta Ecopetrol S.A.] A --> B[Realizar planeación de trabajos.] B --> C[Verificar materiales requeridos.] C --> D[Ejecución de las actividades recomendadas.] D --> E[Realizar seguimiento y comprobación de la ejecución de los trabajos.] E --> 2((2)) D -- Sí --> 2 </pre>			
	Líder de la Parada Planeador	Se asigna la ejecución de la recomendación a ECOPETROL o la empresa contratista.	Formato PIM-Z2 firmado por Líder/Planeador.
	Gestor Técnico.		
	Gestor Técnico	Se planean las actividades a ejecutar.	
	Gestor de materiales	Verifica la existencia de materiales para la ejecución del trabajo.	
	Personal de ECOPETROL S.A.		
Planeador T/A Programador T/A Gestor de costos			

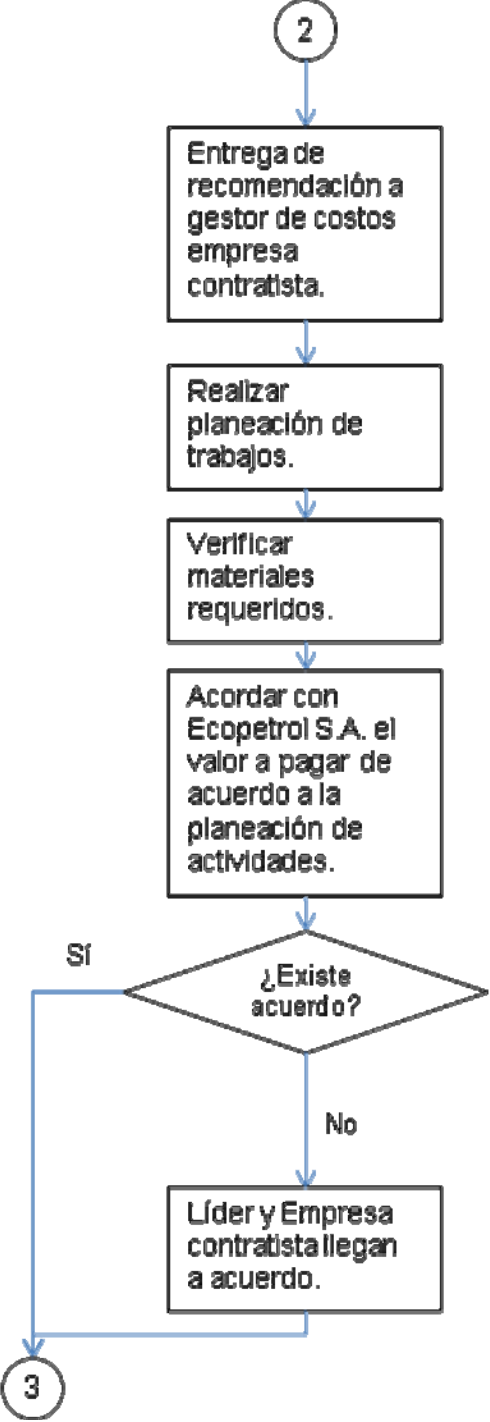
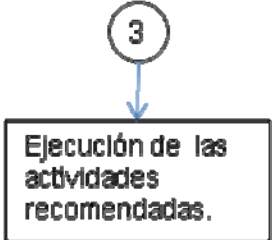
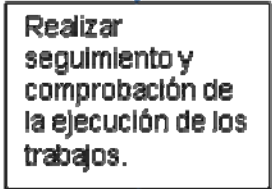



DIAGRAMA DE FLUJO	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN	DOCUMENTOS
 <pre> graph TD Start((2)) --> Step1[Entrega de recomendación a gestor de costos empresa contratista.] Step1 --> Step2[Realizar planeación de trabajos.] Step2 --> Step3[Verificar materiales requeridos.] Step3 --> Step4[Acordar con Ecopetrol S.A. el valor a pagar de acuerdo a la planeación de actividades.] Step4 --> Decision{¿Existe acuerdo?} Decision -- Si --> Step5((3)) Decision -- No --> Step6[Líder y Empresa contratista llegan a acuerdo.] Step6 --> Step5 </pre>			
	Gestor de costos	Llevar el control de la entrega con fecha y firma.	Cuadro control entrega de recomendaciones.
	Gestores de costos (ECOPETROL S.A. y empresa contratista)	Se realiza la planeación de los recursos y el costeo de las actividades a realizar. Plazo: 24 hrs desde que se recibe la recomendación aprobada. Comprobar	Formatos 2A y 2B.
	Gestor de materiales	existencias en bodega o realizar solicitudes en caso de no tener disponibilidad.	
	Gestores de costos (ECOPETROL S.A. y empresa contratista)	Se hace la comparación entre las cotizaciones para llegar a un acuerdo sobre el valor total a pagar.	Formatos 2A y 2B.
	Líder de la Parada Gestores de costos de ambas partes. Representante empresa contratista	Se fija el valor a pagar por las actividades a ejecutar.	Formatos 2A y 2B.

DIAGRAMA DE FLUJO	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN	DOCUMENTOS
			
	Personal de la empresa contratista.		
	Gestores de costos. Programador T/A Profesional QA-QC.	Se realiza el seguimiento mediante las visitas a campo.	
	Gestor de costos	Se registra la cantidad a pagar de acuerdo a los ítems empleados.	Macro de costos
			

ANEXO F

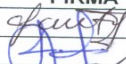



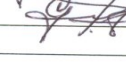
Formato de confirmación de asistencia a reuniones

	GERENCIA TECNICA - GCB	GCB-DLD-F-004
	REPORTE DE ASISTENCIA A REUNIONES	FECHA: 24/06/09 PÁGINA

DEPARTAMENTO: COORDINACIÓN:

EXPOSITOR(ES): Johana Patricia Suárez Ejure	HORA INICIO: 9:15am	DURACION: 1:15 min.
TEMA: capacitación Macro de costos. (D)	HORA FINAL: 10:30am	LUGAR: Salón Paradas de Planta.

OBJETIVO:

ASISTENTES			
NOMBRE	REGISTRO	DEPENDENCIA	FIRMA
1. Rodolfo H. Dávila O.	E0281583	232220	
2. Juan Carlos Celis	91449320	CIMP.	
3. Edo Salazar	E0262877	232220	
4. John Velasquez	B0065	232220	
5. Gerardo Cristancho S.	B1480	232220	
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			


RESUMEN DEL TEMA:

EXPOSITOR:	CONTRATISTA:
SUPERVISOR DE TURNO:	

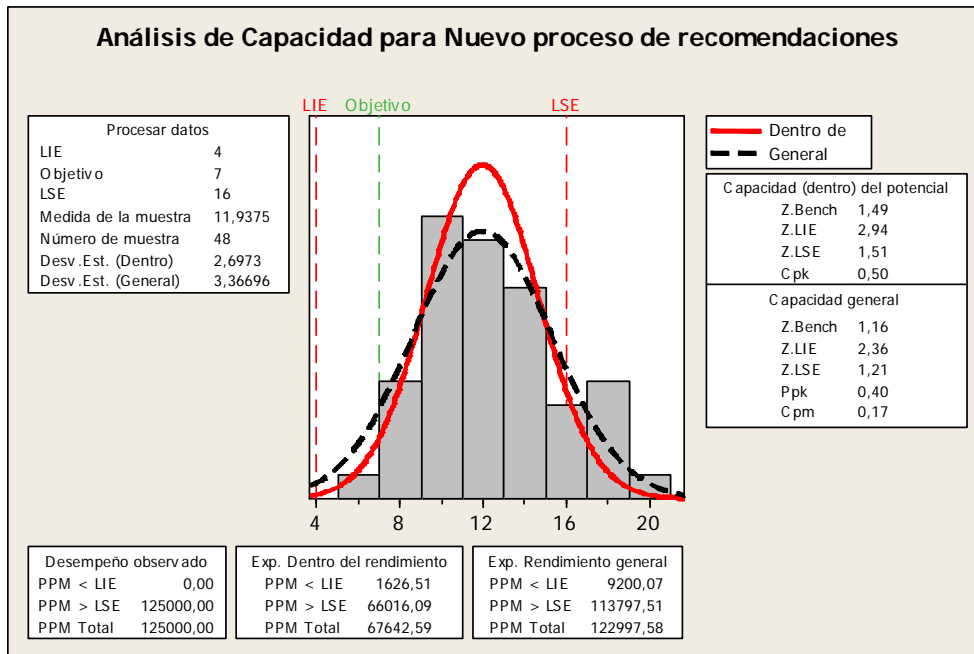
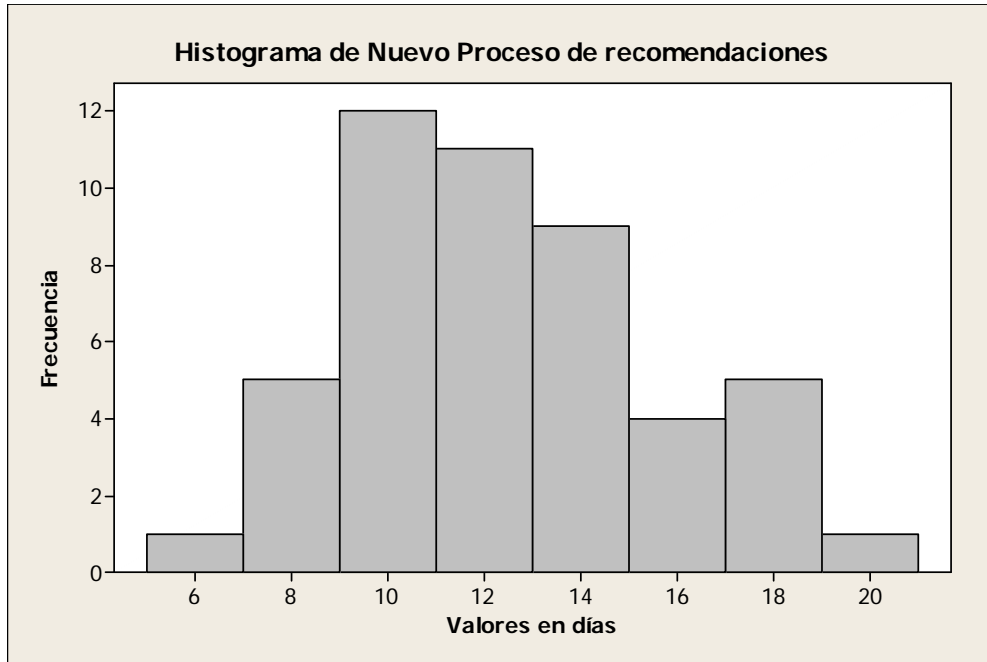
ANEXO G

Resultados de las mediciones Etapa Controlar

- Toma de datos

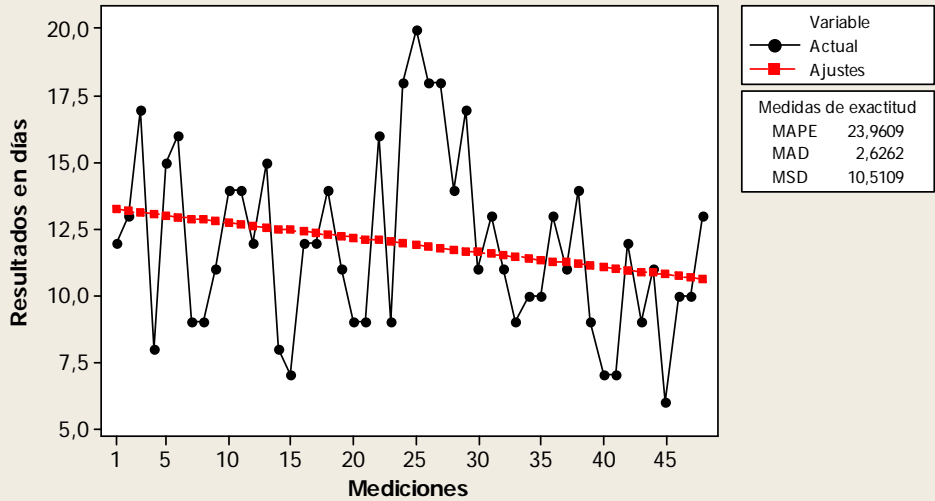
		ECOPETROL S.A. Departamento de Paradas de Planta.			Formato Control y registro de recomendaciones.		
CTQ 1	Mejorar el tiempo de costeo de las recomendaciones en 7 días.			Fecha:	Julio de 2009		
				Muestra:	48 unidades		
Definición operativa	Se calcula el tiempo desde que llega la recomendación emitida por la coordinación respectiva de soporte técnico hasta que es costeada por el gestor de costos asignado al contrato respectivo y es acordado su valor con las partes involucradas.						
Tiempo	Ejecución Parada de Planta Unibón	Medida	días	Responsables	Johana Suárez Eljure Rodolfo Dávila		
Medidas							
Ítem	Valor	Ítem	Valor	Ítem	Valor	Ítem	Valor
1	12	13	15	25	20	37	11
2	13	14	5	26	18	38	14
3	12	15	5	27	18	39	9
4	8	16	7	28	14	40	7
5	15	17	12	29	17	41	7
6	16	18	14	30	11	42	5
7	9	19	11	31	13	43	9
8	9	20	9	32	7	44	11
9	11	21	9	33	9	45	6
10	14	22	11	34	10	46	10
11	14	23	6	35	10	47	10
12	13	24	18	36	10	48	5
Observaciones							
Autorizado por:				Juan Carlos Toro Muñoz			

- **Análisis de los resultados**



Gráfica de análisis de tendencia de C1

Modelo de tendencia lineal
 $Y_t = 13,295 - 0,055417 * t$

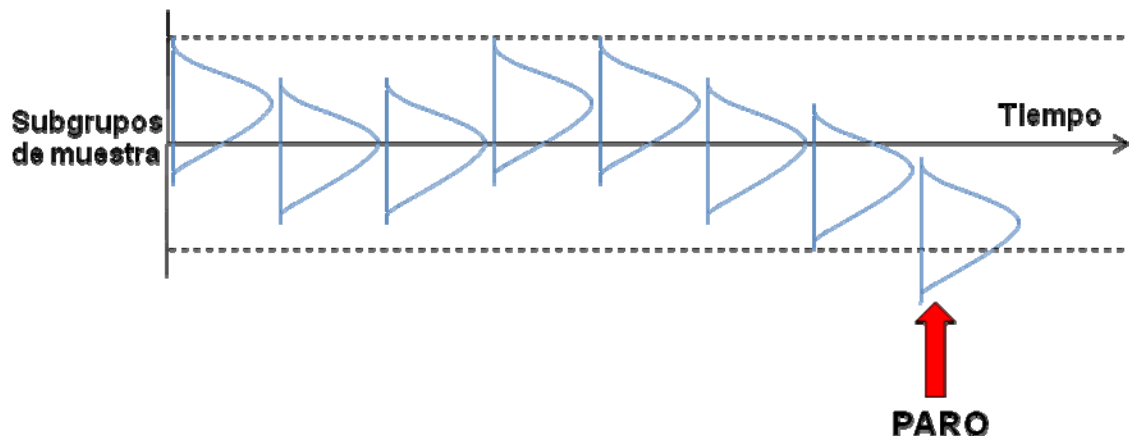


ANEXO H

Guía básica para el uso de CEP

¿Qué es CEP?

- Es una manera de detectar movimientos en el proceso, ayudando a prevenir defectos
- Un proceso normal se desempeña predeciblemente
- Con muestreo regular es posible buscar de cambios inesperados en el proceso, usando datos

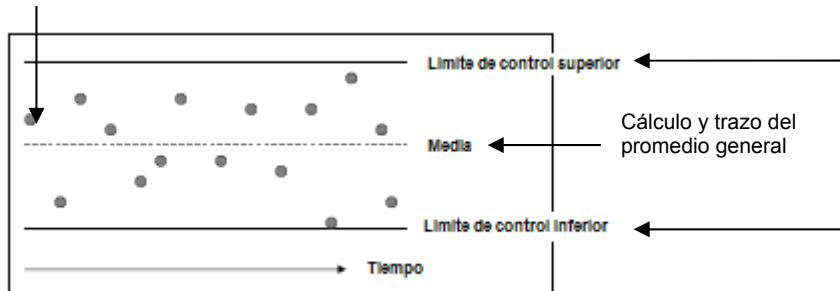


¿Cómo se monitorea la estabilidad?

- Un Grafico de Control muestra el desempeño de un parámetro
- Involucra muestreo regular del producto, en función de tiempo o número de unidades
- Un grafico de control es usado para determinar si un proceso está en "Control"
- Hay diferentes tipos de gráficos de control para diferentes tipos de datos.
- CPE es muy dependiente en tamaño de muestra y estrategia de sub-grupo

Construyendo gráficos de control

Resultados de cada grupo de muestras



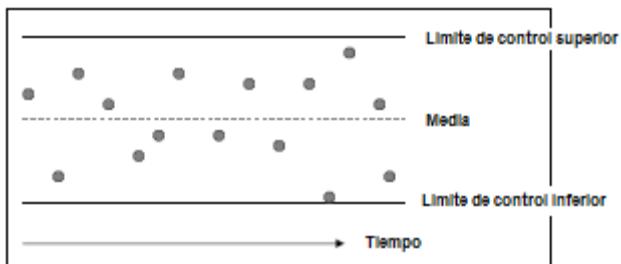
Cálculo y trazo de los límites de control basado en probabilidades estadísticas

Cálculo y trazo del promedio general

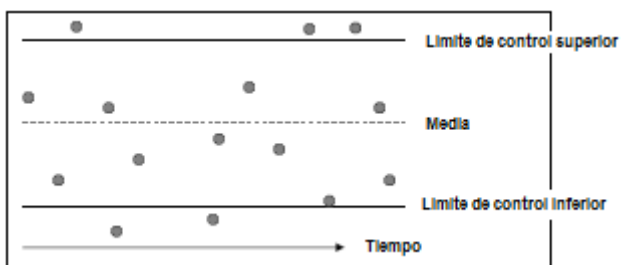
No deben existir causas especiales al crear el gráfico.

Usando y analizando un Gráfico de control

- **En control**



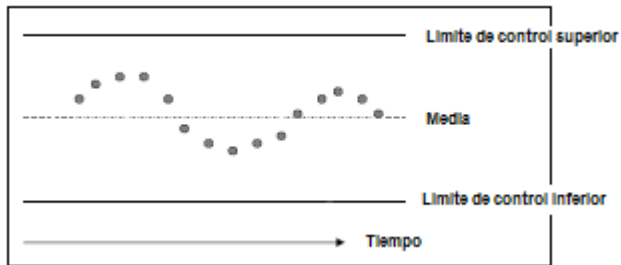
- **Fuera de límites de control**



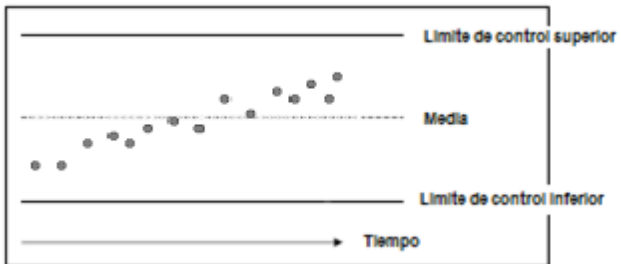
El proceso está fuera de control cuando los datos:

1. Están fuera de los límites
2. Tienen tendencia hacia arriba o abajo
3. Hay ciclos hacia arriba o abajo

- **Ciclo**



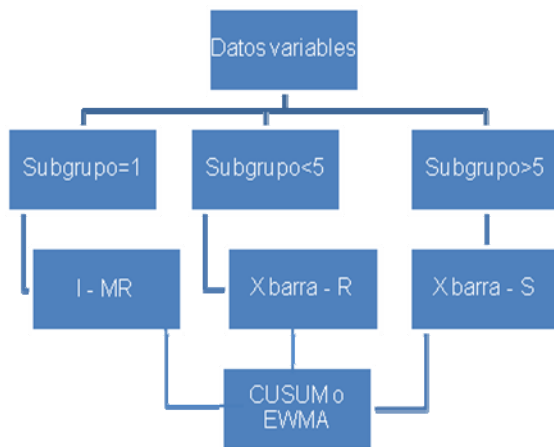
- **Tendencia**



Es crítico para el éxito:

1. Entrenar a quienes recolectan los datos
2. Dueños de procesos usen datos para responder a situaciones fuera de control.

Selección del gráfico CEP



ANEXO I

Formato de Plan de control técnico

PLAN DE CONTROL TÉCNICO									
Producto:					Fecha (original):				
Personal a cargo:					Fecha (revisión):				
Proceso	Actividad del proceso	Entrada	Salida	Especificaciones del proceso (límites y objetivo)	Capacidad actual	Tamaño de la muestra	Sistema de medida	Actual método de control	Plan B
Realizado por:									
Observaciones									