

Análisis de los indicadores de utilización, desempeño, y calidad, y su articulación al cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento de la gerencia de refinería Barrancabermeja.

Laura Camila Romero Rondón

ID: 000209280

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2016

Análisis de los indicadores de utilización, desempeño, y calidad, y su articulación al cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento de la gerencia de refinería Barrancabermeja.

Laura Camila Romero Rondón

Id. 209280

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Director del Proyecto

Maryory Patricia Villamizar León

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2016

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de principios, pero más que nada, por su amor y dedicación.

A todos ustedes con todo mi amor, Gracias.

Desde muy pequeña siempre soñé con lograr algo en mi vida, me planteé metas que a lo largo del camino fueron cambiando de estrategias más no de dirección. Intenté muchas cosas por lograrlas, fallé algunas y otras ni siquiera se acercaron.

Conseguir las metas no es algo sencillo, la mayoría de las veces se falla en el intento... Pero una voz de aliento me decía que lo siguiera intentando, entonces entendí que debía seguir y luchar por ello que siempre he soñado.

Quiero agradecerle a Dios primeramente que me dio fuerzas a lo largo de este camino, que con su misericordia día tras día me guio, que con su luz me demostró que hasta en los días más oscuros todo se ven con claridad, a ÉL gracias por mis padres que con mucho esfuerzo me ayudaron, en diferentes situaciones siempre me alentaron y me hicieron sentir fuerte, a mis compañeros y amigos gracias por sus enseñanzas, por su amistad incondicional y por su apoyo moral, a ECOPELROL S.A la empresa más grande e importante de Colombia por darme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente, a la ING. Liliana Patricia Camargo por su paciencia, por su apoyo y por su excelente disposición para enseñarme y compartir sus experiencias, a mis compañeros del Departamento de mantenimiento de la GRB y a la Universidad Pontificia Bolivariana y todo su cuerpo docente por toda la formación brindada y todo este conocimiento.

Este es el sólo uno de mis pequeños grandes logros que me ayudarán a alcanzar mis sueños.

A todos ustedes muchas gracias.

	Pág.
Introducción	3
Capítulo 1 Generalidades de la Empresa	4
1.1 Nombre de la empresa	4
1.2 Actividad económica	4
1.3 Marco estratégico.....	4
1.3.1 Misión	4
1.3.2 Visión.....	5
1.3.3 Principios	5
1.3.4 Valores	6
1.5 Número de empleados.....	8
1.6 Estructura organizacional.....	8
1.7 Ubicación Ecopetrol.....	9
1.8 Reseña histórica	11
1.9 Descripción del área de trabajo.....	12
1.10 Nombre y cargo del supervisor	21
Capítulo 2 Diagnóstico de la Empresa.....	22
Capítulo 3 Antecedentes	25
Capítulo 4 Justificación.....	26
Capítulo 5 Objetivos	27
5.1 Objetivo general.....	27
5.2 Objetivos específicos	27
Capítulo 6 Marco Teórico	28
6.1 Productividad	28
6.2 Medición de la productividad	28
6.3 Instrumentos de investigación.....	28
6.4 Herramientas básicas de productividad	30
6.5 Factor de eficiencia general del proceso (OCE)	32
6.6 Sistema de cola	34
6.7 Cuadro de Mando.....	37
6.6.1 Beneficios del Cuadro de Mando.....	38
Capítulo 7 Metodología	39
7.1 Alcance de la investigación	39
7.2 Diseño de la investigación	39
7.3 Lugar de estudio.....	40
7.4 Población.....	40
7.4.1 Unidad de observación:	40
7.4.2 Tamaño de la población:	40
7.5 Implicaciones éticas	41
Capítulo 8 Resultados y Discusión	42
8.1 Formato de medición	42
8.2 Factor utilización en correctivo en áreas	48

8.3	Factor utilización en la coordinación preventivo centralizado	54vi
8.4	Factor utilización en la coordinación calidad y talleres.....	59
8.5	Factor utilización en departamento de mantenimiento	63
8.6	Factor de desempeño en departamento de mantenimiento	67
8.7	Factor de calidad en el departamento de mantenimiento.....	68
8.8	Factor OCE departamento de mantenimiento.....	69
8.9	Herramienta de calidad 5's	70
8.10	Sistema de colas aplicado a la cuadrilla de Parafinas	76
8.11	Cuadro de mando integral.....	84
Capítulo 9 Conclusiones		86
Capítulo 10 Recomendaciones.....		89
Lista de Referencias		90
Anexos		92
Vita.....		112

Lista de tabla

	Pág.
<i>Tabla 1.</i> Rango de factores OCE	33
Tabla 2. Medición Coordinación Correctivo	53
Tabla 3. Medición Coordinación Proactivo	58
Tabla 4. Medición Calidad y Talleres	62
Tabla 5. Medición Departamento de Mantenimiento	64
Tabla 6. Causales de tiempos no productivos	65
Tabla 7. Factor de desempeño el Departamento de Mantenimiento.....	68
Tabla 8. Modelo múltiple de colas aplicado a electricistas	79
Tabla 9. Modelo múltiple de colas aplicado a mecánicos	81
Tabla 11. Modelo múltiple de colas aplicado a instrumentistas	83

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Catálogo de productos.....	8
Figura 2. Estructura Organizacional.....	9
Figura 3. Refinería Barrancabermeja.....	10
Figura 4. Jerarquía del Departamento de Mantenimiento.....	14
Figura 5. Asignación de una orden de Mantenimiento.....	14
Figura 6. Diagrama de proceso de Mantenimiento en Correctivo.....	16
Figura 7. Diagrama de proceso de Mantenimiento en Proactivo.....	21
Figura 8. Costos de Mantenimiento año 2015.....	23
Figura 9. Histograma.....	31
Figura 10. Sistema de cola simple.....	35
Figura 11. Cuadro de Mando.....	37
Figura 12. Formato de Medición.....	42
Figura 13. Conformación de Coordinaciones.....	45
Figura 14. Cuadrillas del Correctivo en áreas y sus plantas.....	47
Figura 15. Resultados indicador de utilización.....	48
Figura 16. Porcentaje en horas Coordinación Correctivo.....	54
Figura 17. Resultados de porcentaje de utilización en Proactivo Centralizado.....	55
<i>Figura 18.</i> Porcentaje en horas Coordinación Proactivo Centralizado.....	59
Figura 19. Resultados de porcentaje de utilización Talleres y Calidad.....	60
Figura 20. Porcentaje en horas Coordinación Calidad y Talleres.....	63
Figura 21. Diagrama de Pareto.....	66
Figura 22. Diagrama Causa-Efecto.....	67
Figura 23. Indicador de calidad de Mantenimiento.....	69
Figura 24. Etiqueta Roja.....	70
Figura 25. Etiqueta amarilla.....	71
Figura 26. Etiqueta verde.....	71
Figura 27. Oficina antes de Grupo VII.....	72
<i>Figura 28.</i> Oficina- Después Grupo VII.....	73
Figura 29. Taller- Grupo I.....	74
Figura 30. Taller- Grupo I.....	74
Figura 31. Taller- Grupo VIII.....	75
Figura 32. Bodega de Herramientas- Grupo VIII.....	75
Figura 33. Planta de extracción de Fenol.....	76
Figura 34. Simbología.....	77
Figura 35. Distribución de tiempo de llegadas para electricistas.....	78
Figura 36. Distribución de tiempos de servicio para electricistas.....	78
Figura 37. Distribución de tiempo de llegadas para mecánicos.....	80
Figura 38. Distribución de tiempos de servicio para mecánicos.....	81
Figura 39. Distribución de tiempos de llegada para instrumentista.....	82
Figura 40. Distribución de tiempos de servicio para instrumentista.....	83
Figura 41. Cuadro de Mando Integral.....	85

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	Análisis de los indicadores de utilización, desempeño, y calidad, y su articulación al cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento de la gerencia de refinería Barrancabermeja.
AUTOR(ES):	Laura Camila Romero Rondón
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Industrial
DIRECTOR(A):	Maryory Patricia Villamizar León

RESUMEN

Ecopetrol la principal compañía petrolera de Colombia y la segunda más grande de Latinoamérica actualmente enfrenta problemas críticos que se evidencian en el bajo precio de sus acciones. Una de las posibles causas se debe a los nuevos precios internacionales del petróleo, que están en un nivel inferior al acostumbrado. El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad es midiendo su productividad. Por tal motivo se va realizar un estudio de tiempos por medio de observación directa donde se analizan los indicadores de desempeño, utilización y calidad y su articulación al Cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento. Es preciso medir indicadores que permitan hacer seguimiento al cumplimiento de las estrategias estipuladas en el cuadro de mando del Departamento de Mantenimiento. A través del diagnóstico realizado se observa los tres indicadores claves para que una operación de mantenimiento se ejecute de forma eficiente. El factor de utilización actualmente se encuentra en 58,79% generando un gran bache entre el tiempo disponible del personal y el utilizado de forma eficiente. El factor de desempeño para el departamento de Mantenimiento es de 86%, lo que significa que los mantenedores tardan más en ejecutar un orden de mantenimiento que lo planeado, esto se debe a que los metalistas y soldadores son personas que cuentan con restricciones médicas laborales. Las altas temperaturas de la ciudad de Barrancabermeja y el diseño de algunas plantas que obstaculizan la ejecución de actividades también provocan que los tiempos estimados se extiendan. Finalmente, el factor de calidad se encuentra en un 99,8% lo que refleja que el departamento brinda un servicio con excelente calidad.

**PALABRAS
CLAVES:**

Utilización, Calidad, Desempeño, Productividad, Cuadro de Mando.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Analysis of indicators of utilization, performance, and quality, and its articulation to the balanced scorecard in the Maintenance Management of refinery in Barrancabermeja.

AUTHOR(S): Laura Camila Romero Rondón

FACULTY: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR: Maryory Patricia Villamizar León

ABSTRACT

Ecopetrol, the main oil company of Colombia and the second largest in Latin America currently faces critical problems that are evident in the low share price. One of the possible causes is due to the new international oil prices, which are below the customary level. The only way for a business can grow and increase profitability is to measure productivity. Therefore it is time to conduct a study by direct observation where performance indicators, utilization and quality and its articulation to the Balanced Scorecard of Maintenance Department. these indicators are necessary to measure to monitor compliance of the strategies set out in the scorecard of Maintenance. Through the diagnosis are measured three indicators, these are key to running a maintenance operation efficiently. The utilization factor is currently at 58.79% and generates a big bump between the time available staff and the time used efficiently. The performance factor for the maintenance department is 86%, which means that the maintainers take longer to execute a maintenance order than planned, this is because some workers have occupational medical restrictions. High temperatures in the city of Barrancabermeja and design of some plants that hinder the implementation of activities also cause the estimated times are extended. Finally, the quality factor is 99.8%, reflecting the department provides a service with excellent quality.

KEYWORDS:

Utilization, Quality, Performance, Productivity, Balanced scorecard.

Introducción

El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es a través de su productividad. El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es el uso de métodos y estudios de tiempos. Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo cuando con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado, se obtiene el máximo de productos.

El mantenimiento industrial es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria petrolera, en la actualidad, el departamento de mantenimiento se ha visto en la necesidad de medir y controlar la eficiencia general de sus procesos (OCE), a través de los factores, de utilización, desempeño y calidad. Por tal motivo se pretende como medida principal realizar un análisis de medición de productividad en pro de encontrar oportunidades de mejora que permitan la disminución tiempos no efectivos y por ende de costos innecesarios.

El indicador de eficiencia operacional del proceso (OCE) y sus factores tienen un efecto significativo en las estrategias que se estipularon en el cuadro de mando para el departamento de mantenimiento. Analizar los tres indicadores permite hacer seguimiento al cumplimiento eficaz de los hitos de mantenimiento.

Capítulo 1

Generalidades de la Empresa

1.1 Nombre de la empresa

Ecopetrol S.A

Actualmente, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$7,5 billones registrada en 2014 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica. (Ecopetrol, 2016)

1.2 Actividad económica

Es una empresa dedicada a la explotación de hidrocarburos y 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).

1.3 Marco estratégico

1.3.1 Misión

Trabajamos todos los días para construir un mejor futuro:

- Rentable y sostenible
- Con una operación sana, limpia y segura
- Asegurando la excelencia operacional y la transparencia en cada una de nuestras acciones

- Construyendo relaciones de mutuo beneficio con los grupos de interés

1.3.2 Visión

Ecopetrol será una compañía integrada de clase mundial de petróleo y gas, orientada a la generación de valor y sostenibilidad, con foco en Exploración y Producción, comprometida con su entorno y soportada en su talento humano y la excelencia operacional.

1.3.3 Principios

Según (Línea Ética Ecopetrol, 2016) los principios son aquellos que describen los comportamientos esperados de cada uno en el desarrollo de las actividades, tanto dentro como fuera de la Empresa. Estos son:

- La verdad que está por encima en todas las acciones y relaciones de la Empresa y su Grupo Empresarial.
- La seguridad, que es prioridad en el trabajo para la protección de la integridad de las personas, de las instalaciones y del ambiente.
- El cumplimiento, que se evidencia frente a los compromisos, normas y procedimientos, y que guía nuestras acciones de mejoramiento.
- La rendición de cuentas, que permite demostrar la transparencia, calidad de la gestión y buen uso de los recursos, prevaleciendo el bien común por encima de los intereses particulares.
- El aprendizaje en equipo, que mediante el ejemplo y el acompañamiento permanente, permite garantizar amplia comunicación.
- El trabajo con profesionalismo, que contribuye a sobrepasar las expectativas de nuestros clientes en términos de costos, ingresos y oportunidad.
- La exigencia y compromiso, que permite mantener y aumentar la viabilidad económica del negocio, mediante el control de los resultados y sus consecuencias.

- La consideración y el cuidado, que sin exclusiones ni discriminaciones merecen las personas, comunidades y sus entornos ecológicos.
- La cordialidad y puntualidad, que deben ser nuestro símbolo de respeto por los demás.

1.3.4 Valores

Formas deseables de ser y actuar de las personas, que posibilitan la construcción de la convivencia para el logro de los retos de la Empresa y se manifiestan en conductas. Según (Línea Ética Ecopetrol, 2016), las actuaciones se enmarcan dentro de los valores de Responsabilidad, Integridad y Respeto.

- Responsabilidad: obligación moral de hacer el mejor esfuerzo por alcanzar los objetivos empresariales con un manejo eficiente de los recursos, asegurando el desarrollo sostenible del entorno y el auto cuidado.
- Integridad: Comportamiento visible que nos muestra como personas coherentes, porque actuamos como decimos y pensamos.
- Respeto: Aceptación de las diferencias que nace en la propia autoestima y el reconocimiento de la existencia del otro. Toda persona, toda comunidad y sus entornos ecológicos merecen de nosotros la más alta consideración y cuidado, sin exclusiones ni discriminaciones.

1.4 Productos y servicios

Los productos más significativos de la empresa Colombiana de Petróleo son los siguientes:

- Etanol: es un biocombustible producido principalmente a partir de la fermentación de azúcares provenientes de diversas materias primas tales como la caña de azúcar,

- el maíz, la remolacha o la yuca. Puede utilizarse solo o mezclado en diferentes proporciones con la gasolina.
- Biodiesel: es un biocombustible producido a partir de aceites vegetales o grasas animales, el cual es utilizado en vehículos con motores diésel como camiones, buses, vehículos pequeños y tractores.
 - ULSD: se utiliza especialmente como combustible en motores Diésel de vehículos de transporte urbano, los cuales operan bajo condiciones de exigencia baja y mediana bajo el uso de tecnologías limpias.
 - Nafta Diluida: se utiliza comúnmente para diluir crudos pesados para facilitar el proceso de transporte hasta las zonas costeras, desde donde se exporta finalmente el crudo.
 - Gasolina: se utiliza en motores de combustión interna de encendido por chispa y baja relación de compresión (menos de 9:1). Sin embargo, también puede mantener un desempeño adecuado a una relación de motor mayor, pero a altitudes por encima de 2000 metros por encima del nivel del mar.
 - Fuel Oil: Conocido también como aceite combustible No. 6, es un combustible producido utilizando productos residuales de procesos de refinación de crudo.

Ecopetrol exporta sus productos de forma terrestre, aérea y marítima (Ver figura 1.), entre estos se encuentran los derivados del Crudo como la Castilla, Caño Limón, South Blend y Vasconia siendo los productos más significativos en las exportaciones de la empresa.



Figura 1. Catálogo de productos.

Fuente: Ecopetrol S.A. [En línea].
 <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Catalogo_de_Productos/index.html> [Citado en 2 febrero de 2016].

1.5 Número de empleados

La Refinería de Barrancabermeja la conforma aproximadamente 1670 trabajadores, a su vez el Departamento de Mantenimiento cuenta con 580 y es catalogado como el más grande en relación al número de empleados. Su escala de trabajadores se encuentra dividida principalmente por dos grupos, los convencionales es decir eléctricos, mecánicos, instrumentistas, metalmecánicos, soldadores y los directivos que lo conforman los técnicos, supervisores y profesionales.

1.6 Estructura organizacional

La figura 2 muestra de forma más detallada la estructura organizacional de Ecopetrol S.A. Cabe aclarar que el organigrama de Ecopetrol está constituido por Área de soporte, de verificación y control, de programa, corporativas y áreas de Negocio.

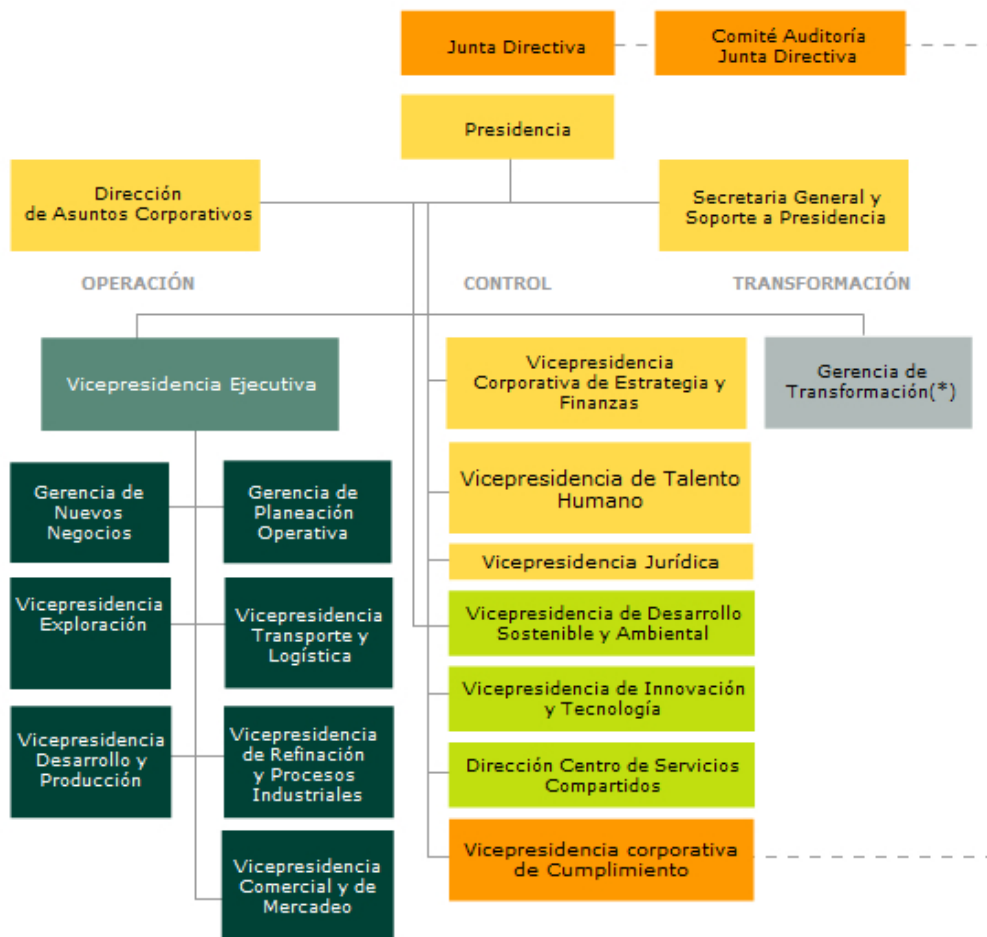


Figura 2. Estructura Organizacional.

Fuente: Ecopetrol S.A. [En línea]. <

<http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/estructura-organizacional/organigrama>>

1.7 Ubicación Ecopetrol

Bogotá:

Edificio Principal Cr 13 No. 36 - 24 - Horario de atención: 7:30 a.m. a 4:30 p.m.

Conmutador (57+1)2344000 - Fax (57+1)2344099.

Barrancabermeja:

Bloque tres Oficinas del 25 de Agosto de la Gerencia Complejo Barrancabermeja
Teléfono: (57+7) 6208994- 6208484 Fax: (57+7) 6209734- Horario de atención: 6:00 a.m.
a 10:30 a.m. y 12:00 m a 4:30 p.m.

El Complejo Industrial de Barrancabermeja está localizado en la ciudad del mismo nombre, en la región central de Colombia, En la figura 3, se observa que la refinería se encuentra a orillas del río Magdalena, la principal arteria fluvial del país.

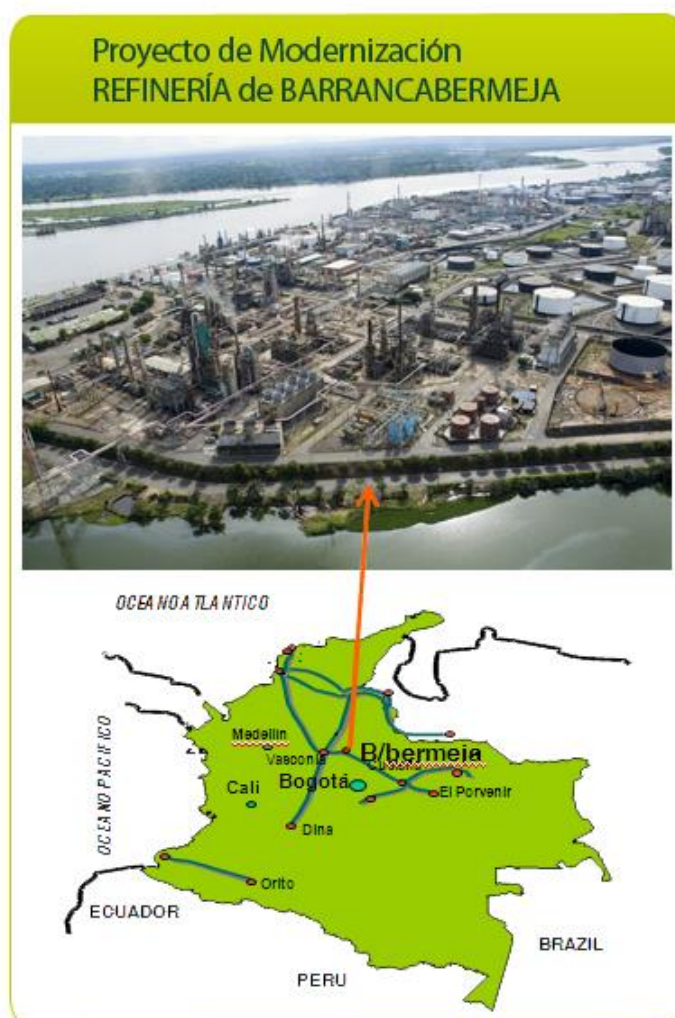


Figura 3. Refinería Barrancabermeja

Fuente: Ecopetrol S.A. [En línea]. < <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es> >

1.8 Reseña histórica

La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos.

La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia 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.

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.

En 2003 el gobierno colombiano reestructuró la Empresa Colombiana de Petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos.

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.

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$15,4 billones registrada en 2011 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica. (Ecopetrol, 2016).

1.9 Descripción del área de trabajo

En el proceso de mantenimiento rutinario convergen las acciones técnicas, administrativas, de planeación, programación, ejecución, cierre y evaluación de actividades ejecutadas.

Aplica a todas las áreas de Ecopetrol S.A tanto a personal directo como contratista, que desarrollan y ejecutan actividades de manteamiento a activo industriales.

Según (González, 2016) la gestión efectiva de las acciones que ingresan al proceso de mantenimiento rutinario, se soporta en una metodología estándar para la planeación, programación y optimización del grupo de trabajo y en la efectiva valoración del riesgo de todas las solicitudes de trabajo.

El proceso de mantenimiento rutinario, está conformado por ocho etapas:

1. Generar solitud de trabajo.
2. Diagnóstico de las solicitudes de trabajo.
3. Generación de la orden de trabajo.
4. Planeación de la orden de trabajo.
5. Programación de órdenes de trabajo.
6. Alistamiento del programa de mantenimiento.
7. Ejecución del programa de mantenimiento.
8. Cierre de trabajo de mantenimiento.

En la Figura 4 se observa las cuatro coordinaciones que conforman el Departamento de Mantenimiento de la gerencia refinería Barrancabermeja.



Figura 4. Jerarquía del Departamento de Mantenimiento.

Fuente: Autor

En la figura 5 se muestra el paso a paso a seguir que se realiza al momento de asignar una orden de mantenimiento, que posteriormente será ejecutada por una pareja de mantenedores de diversa especialidad según el tipo de actividad.

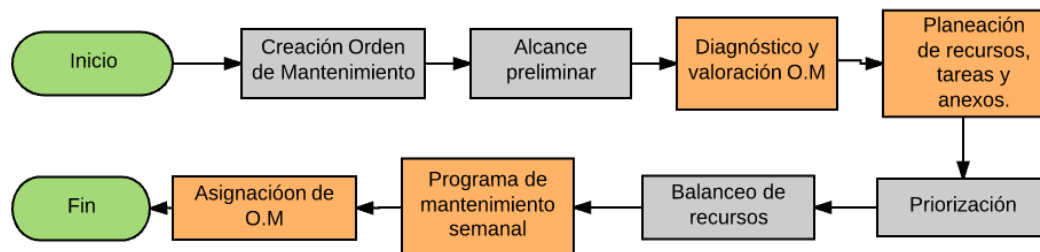


Figura 5. Asignación de una orden de Mantenimiento

Fuente: Autor

- **Coordinación de Mantenimiento Correctivo en Áreas:** Su función principal es la de realizar mantenimiento correctivo a equipos como turbinas, bombas, compresores, aires, calderas e intercambiadores que se localizan en las plantas.

En la figura 6 se observa el diagrama de flujo de la coordinación de Correctivo en áreas donde muestra al detalle cada uno de los pasos a seguir a momento de realizar un mantenimiento a los equipos.



Figura 6. Diagrama de proceso de Mantenimiento en Correctivo

Fuente: Autor

- ✓ Cracking I, II y III: Estas cuadrillas se encargan de realizar mantenimiento a los equipos que conforman las plantas de los departamentos de Cracking I, II y III. Craqueo o Cracking es un proceso químico por el cual se quiebran moléculas de un compuesto produciendo así compuestos más simples permitiendo así obtener de un barril de petróleo crudo una cantidad dos veces mayor de fracción ligera (naftas) que la extraída por simple destilación. La descomposición termal de los componentes del petróleo se realiza a través de un catalizador, con el propósito de craquear hidrocarburos pesados cuyo punto de ebullición es igual o superior a los 315 °C, y convertirlos en hidrocarburos livianos de cadena corta cuyo punto de ebullición se encuentra por debajo de los 221 °C. El catalizador más utilizado es el cloruro de aluminio. En esta planta se producen naftas e hidrocarburos aromáticos.

- ✓ Ambiental: Se encarga de hacer mantenimiento correctivo a la planta de Tratamiento de aguas residuales y las plantas que conforman el departamento de Giro o Ambiental. La función principal de la planta consiste en realizar consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua. Estas aguas son llevadas y recogidas mediante tuberías y llevadas a taques sépticos y eventualmente a bombas. Típicamente este tratamiento de aguas comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) empleando un sistema de rejillas (mallas), posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Lo siguiente es la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc.

- ✓ Parafinas: Su función radica en el mantenimiento a los equipos que se encargan de realizar la destilación a temperatura elevada, para obtener aceites pesados, de los que por enfriamiento a 0 °C, cristaliza la parafina, la cual es separada mediante filtración o centrifugación. La parafina Es la materia prima para la elaboración de velas y similares, ceras para pisos, fósforos, papel parafinado, vaselinas, fármacos, etc.

- ✓ Refinación de Crudos: Esta cuadrilla se enfoca en hacer mantenimiento a cada uno de los equipos que se encargan de realizar el proceso que incluye el fraccionamiento y transformación química del petróleo para producir derivados comercializables. El petróleo crudo no es directamente utilizable, salvo a veces como combustible. Para obtener sus diversos subproductos es necesario refinarlo, de donde resultan, por centenares, los productos acabados y las materias químicas más diversas. El petróleo crudo es depositado en los tanques de almacenamiento, en donde permanece por varios días para sedimentar y drenar el agua que normalmente contiene. Posteriormente es mezclado con otros crudos sin agua y es bombeado hacia la planta para su refinación.

La planta comprende de una central termoeléctrica, un parque de reservas para almacenamiento, bombas para expedición por tubería, turbinas, calderas y demás. Este es el primer proceso que aparece en una refinería. El petróleo que se recibe por ductos desde las instalaciones de producción, se almacena en tanques cilíndricos de gran tamaño, de donde se bombea a las instalaciones de este proceso. El petróleo se calienta en equipos especiales y pasa a una columna de destilación que opera a presión atmosférica en la que, aprovechando la diferente volatilidad de los componentes, se logra una separación en diversas fracciones que incluyen gas de refinería, gas licuado de petróleo (LPG), nafta, queroseno (kerosene), gasóleo, y un residuo que corresponde a los compuestos más pesados que no llegaron a evaporarse.

- ✓ Refinación de Fondos: La cuadrilla de Refinación de Fondos se encarga de localizar averías y defectos en las máquinas y equipos que conforman la planta para posteriormente ser reparados. El petróleo que se encuentra en los fondos no es directamente utilizable, es un crudo pesado, con altos contenidos de azufre y metales y bajos rendimientos de destilados, por tal motivo se hace necesario contar con unidades de proceso que permitan modificar estos rendimientos en conformidad con las demandas, produciendo combustibles con calidad ecológica. En esta planta se realiza específicamente el proceso de destilación al vacío.

- ✓ Petroquímica: Esta cuadrilla hace mantenimiento a la planta encargada de obtener los derivados químicos del petróleo y de los gases asociados, como el combustible de aviación. Los procesos para obtención de los productos petroquímicos se llevan a cabo en esta planta e implican cambios físicos y químicos de los hidrocarburos entre ellos el metano, el etano, propano, butano y los aromáticos que derivan del benceno.

A partir del gas natural se produce el gas de síntesis que permite la producción a gran escala de hidrógeno, haciendo posible la producción posterior de amoníaco por su reacción con nitrógeno, y de metanol, materia prima en la producción de metil-terbutil-éter, entre otros compuestos. Los productos petroquímicos que se fabrican son utilizados en las industrias de fertilizantes, plásticos, alimentaria, farmacéutica, química y textil, entre otras.

- ✓ Servicios Industriales Refinería: Su función se base en realizar mantenimiento a la planta que se encarga de suministrar energía, gas, vapor y agua necesarios para el funcionamiento las máquinas y equipos del complejo industrial. Esta planta genera su propia energía ahorrando costos significantes. Los principales equipos localizados en esta planta son la turbina a gas, turbina a vapor y turbogeneradores.

- ✓ Servicios Industriales Balance: Esta cuadrilla se encarga de realizar mantenimiento a los equipos que tratan el agua que se consume y aportan la luz a las bodegas y oficinas.

- Coordinación de calidad y talleres: Se enfoca en la realización óptima y de calidad en los dos tipos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, su fin principal es reconocer las causas de los problemas y eliminarlas. Se enfoca sólo en realizar mantenimiento a los equipos automotores, tuberías, válvulas y redes eléctricas.

- Coordinación de inventarios y herramientas: su función principal radica en el abastecimiento de materiales, equipos, repuestos y dotaciones. Además se encarga del préstamo de herramientas que son vitales al momento de realizar las reparaciones o mantenimientos de los equipos.

- Coordinación de mantenimiento preventivo centralizado: Son los encargados de realizar cada una de las acciones preventivas a los equipos es decir el mantenimiento destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la revisión y reparación que garantizan su buen funcionamiento y fiabilidad.

En la figura 7 se resalta el diagrama de flujo de la coordinación de Proactivo centralizado donde muestra al detalle cada uno de los pasos a seguir a momento de realizar un mantenimiento a los equipos de las plantas.

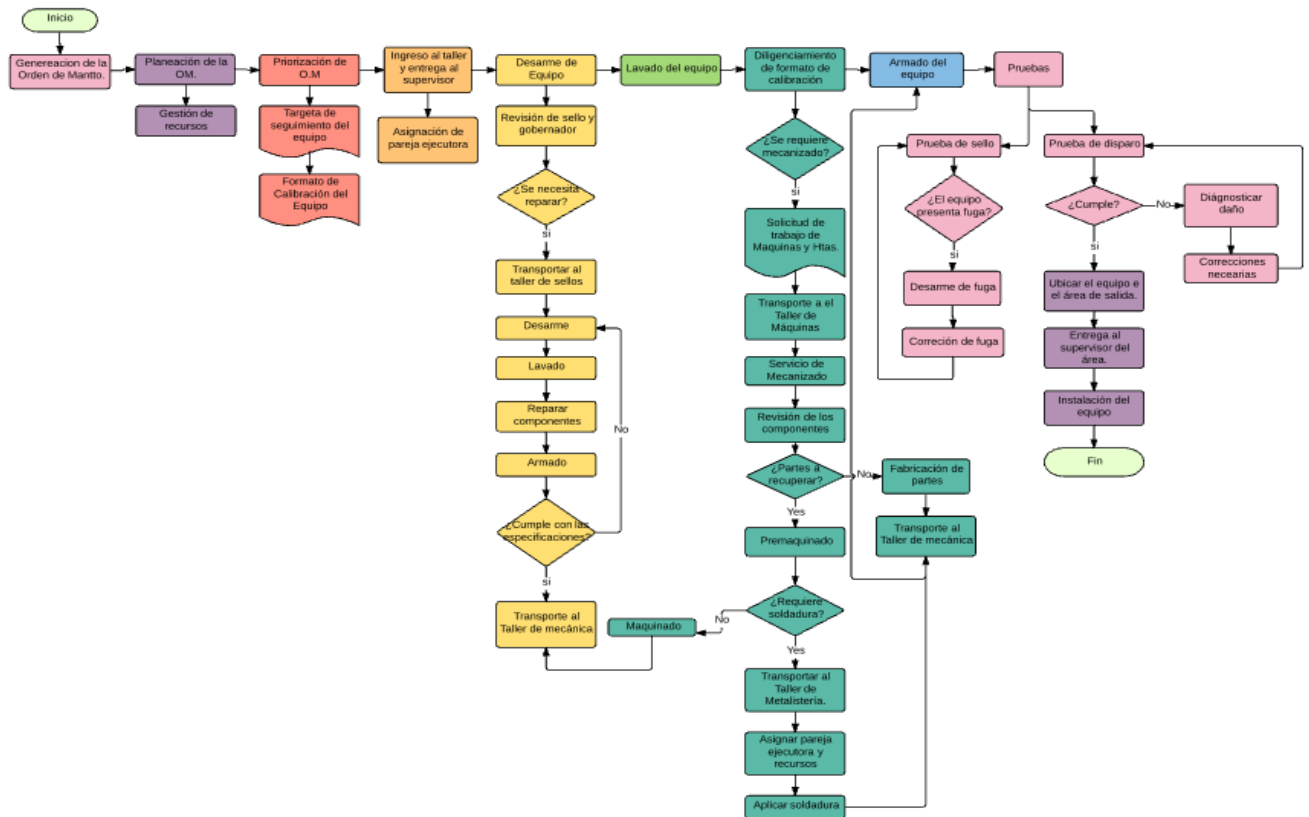


Figura 7. Diagrama de proceso de Mantenimiento en Proactivo

Fuente. Autor

1.10 Nombre y cargo del supervisor

Liliana Patricia Camargo González

Líder de Gestión

Departamento Mantenimiento

liliana.camargo@ecopetrol.com.co

Edificio Mantenimiento 2do Piso - GRB

Tel: (57) (6) 620-9391.

Barrancabermeja – Colombia

Capítulo 2

Diagnóstico de la Empresa

Ecopetrol la principal compañía petrolera de Colombia y la segunda más grande de Latinoamérica actualmente enfrenta problemas críticos que se evidencian en el bajo precio de sus acciones. Una de las posibles causas se debe a los nuevos precios internacionales del petróleo, que están en un nivel inferior al acostumbrado. La acción de la petrolera se encuentra muy por debajo del precio que llegó a tener en su momento de gloria a comienzos de 2013, de \$5.500 colombianos frente a los \$1.020 actuales (1 febrero-2015). Como afirma (Sarmiento, 2016) Es muy probable que la acción siga bajando, porque la situación del petróleo y la minería está teniendo serias dificultades.

Pese a la grave caída de sus acciones Ecopetrol sigue generando grandes utilidades, aunque no se cuenta con el reporte oficial, se cree que las utilidades en el 2015 se aproximaron a 1,4 billones de pesos.

Según un informe de la BBC mundo donde se analiza la situación de Ecopetrol, en respuesta a la caída en los precios internacionales del crudo, la petrolera colombiana anunció una reducción de 25% en su presupuesto de inversión este año, un recorte de más de \$2 billones en costos

Las nuevas medidas se implementarán en pro de reducir costos en medio de la crisis internacional de los precios del crudo. La Empresa de Petróleos aseguró que la medida fue tomada para proteger el empleo y enfrentar el descenso de los precios internacionales del crudo. Ahorros en transporte aéreo y terrestre; en subsidios, en las compensaciones por resultados, y reducción de convenios con terceros, son unas de las medidas que se implementarán en el 2016.

Cabe resaltar que el reto de disminuir los costos se aplicaran en todas las áreas de la empresa. El Departamento de Mantenimiento en Barrancabermeja para el año 2015 superó los 500 billones de pesos. En la figura 8, se muestran los costos detallados.

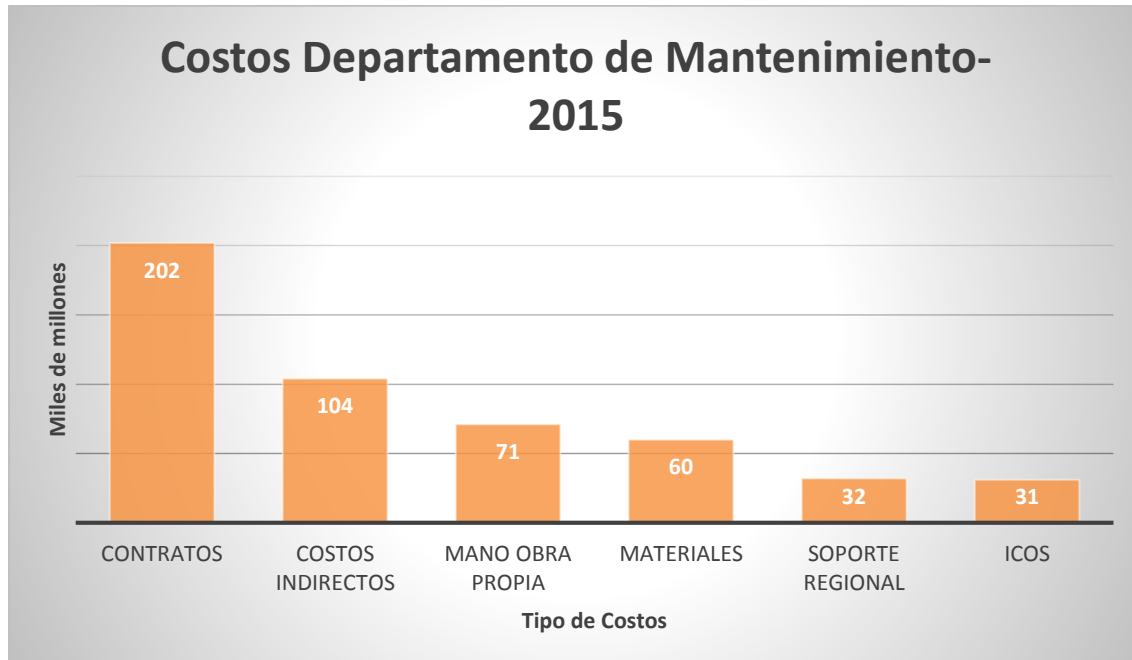


Figura 8. Costos de Mantenimiento año 2015

Fuente: Autor

En soporte regional se encuentra todo lo correspondiente a precios de Computadores, radios, impresoras, camionetas, vigilancia, alimentación, lavado de ropa, entre otros.

La intención de la gerencia de la refinería (GRB) y el Jefe del Departamento de Mantenimiento Henry de Jesús Castaño es observar al detalle estos valores y mirar en cuáles áreas se puede optimizar reduciendo así los costos. Se requiere que estos costos disminuyan alrededor de \$310 mm – \$405 mm. Por tal motivo se pretende como medida principal realizar un análisis de medición de productividad en pro de encontrar oportunidades de mejora que permitan la disminución tiempos no efectivos y por ende de costos innecesarios.

La productividad es la relación entre producción e insumo. También puede decirse que es la relación entre lo que sale y lo que entra (Output/Input), o la relación entre la cantidad de productos y servicios elaborados y la cantidad de recursos utilizados. Cabe resaltar que en insumo total se encuentran mano de obra, materia prima, energía, capital,

maquinaria, servicios, capital de trabajo, entre otros y en producto total se detallan los productos y servicios a ofrecer.

$$Productividad\ Total = \frac{Producto\ Total}{Insumo\ Total}$$

Ec 1. Productividad Total

Capítulo 3

Antecedentes

Dentro de la empresa Ecopetrol S.A especialmente en su Departamento de Mantenimiento se han realizado estudios desde el año 2006 sobre medición de productividad y aplicación del factor de eficiencia general del proceso (OCE). Pero, según directivos los planes de acción proporcionados por los anteriores practicantes no han llegado a realizarse en su totalidad y no se ha realizado el seguimiento necesario. Por tal motivo se decide aplicar planes de acción cada mes y seguir de forma detallada su rumbo y si es necesario tomar nuevas decisiones en pro de mejorar la eficiencia de los trabajadores. Cabe resaltar que los practicantes han dejado fuertes bases que permiten el óptimo desarrollo de la investigación. Por ejemplo en el segundo semestre del año 2012 la estudiante en práctica Samara Andrea Rincón de la universidad Pontificia Bolivariana (UPB) ha proporcionado un formato de medición de tiempos que se ha ido actualizando y mejorando a través de la experiencia.

Capítulo 4

Justificación

Ecopetrol la principal compañía de petróleo en Colombia actualmente posee la crisis financiera más crítica en los últimos años debido a la desvalorización de sus acciones por el bajo precio del barril de crudo en la actualidad. Por tal motivo los altos directivos de la organización piden a sus jefes de departamento optimicen sus costos en un 40% por consiguiente es de gran valor optimizar la productividad de esta para contribuir con el desarrollo de la empresa. El Departamento de Mantenimiento es el más grande de la Refinería de Barrancabermeja, actualmente cuenta con 580 trabajadores y sus costos superan los 500 mil millones de pesos anuales.

Para optimizar la productividad y reducir los costos en el departamento es necesario realizar un estudio de métodos y tiempos en el cual se generen ideas, estrategias y planes de mejora en pro de lograr el crecimiento del Departamento de Mantenimiento y por ende de la empresa. La solución no es sólo aplicar planes, es necesario hacer seguimiento y observar si el rumbo de las acciones es el esperado. De igual manera, es necesario aplicar los indicadores de utilización, desempeño y calidad (OCE) que serán parte esencial de los objetivos planteados en el cuadro de mando, relacionados a través de indicadores ligados a unos planes de acción que permiten alinear el comportamiento, habilidades y conocimientos específicos de los miembros de la organización, con el fin de contribuir hacia el logro de metas estratégicas de largo plazo.

Capítulo 5

Objetivos

5.1 Objetivo general

Analizar los indicadores de utilización, desempeño y calidad; y su articulación al Cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento de la Refinería de Barrancabermeja, a partir de, la medición de la productividad, implementando un estudio de tiempos, para identificar las acciones de mejora que permitan incrementar la productividad en el Departamento.

5.2 Objetivos específicos

- Identificar los tiempos efectivos y no efectivos, mediante un estudio de tiempos a cada uno de los frentes que conforman las áreas del departamento de Mantenimiento.
- Analizar los datos obtenidos por medio del formato de medición, identificando las causas que ocasionan tiempos improductivos.
- Generar planes de acción y estrategias que permitan mitigar o eliminar los factores que fomentan el bajo rendimiento del personal.
- Aplicar la herramienta 5´s. que permita mejorar los tiempos en el alistamiento de materiales y herramientas.
- Verificar el cumplimiento de la implementación de las acciones de mejora.
- Implementar un modelo de colas aplicado a la cuadrilla que posea los indicadores con rangos más bajos en cuanto a la eficiencia general del proceso.
- Analizar el impacto de los indicadores de utilización, desempeño y calidad (OCE) en el Cuadro de Mando Integral y su efecto en la productividad del Departamento de Mantenimiento de la Refinería de Barrancabermeja.

Capítulo 6

Marco Teórico

6.1 Productividad

Como afirma (Olavarrieta, 2000), La productividad en una organización se alcanza cuando se puede optimizar el uso de los recursos. El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad. Y el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos y el estudio de tiempos.

6.2 Medición de la productividad

El uso de métodos y técnicas para la medición de productividad permite a las empresas tener un mayor conocimiento del comportamiento sus procesos de producción, de tal modo que los métodos permitan representar de forma numérica los diferentes elementos que participan en el proceso y su interrelación, mostrando como resultado la variación en los niveles de productividad.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo cuando con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado, se obtiene el máximo de productos. A través de un formato de tiempos se puede medir el rendimiento de los trabajadores y analizar las causas de los tiempos no efectivos.

6.3 Instrumentos de investigación

Como afirma (Puente, 2016) efectuar una investigación requiere de una selección adecuada del tema objeto del estudio, de un buen planteamiento de la problemática a solucionar y de la definición del método científico que se utilizará para llevar a cabo dicha

investigación. Las técnicas, son los medios empleados para recolectar información, entre las que destacan la encuesta, el cuestionario, la entrevista, y la observación.

La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, con el fin de que sean contestadas por escrito. Ese listado se denomina cuestionario. Es impersonal porque el cuestionario no lleva el nombre ni otra identificación de la persona que lo responde, ya que no interesan esos datos.

La Entrevista es una técnica para obtener datos que consisten en un diálogo entre dos personas: El entrevistador "investigador" y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que es, por lo general, una persona entendida en la materia de la investigación. La entrevista es una técnica antigua, pues ha sido utilizada desde hace tiempo en psicología y, desde su notable desarrollo, en sociología y en educación. De hecho, en estas ciencias, la entrevista constituye una técnica indispensable porque permite obtener datos que de otro modo serían muy difícil conseguir.

La observación es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia Ha sido lograda mediante la observación. Existen dos clases de observación: la Observación no científica y la observación científica. La diferencia básica entre una y otra está en la intencionalidad: observar científicamente significa observar con un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe qué es lo que desea observar y para qué quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación. Observar no científicamente significa observar sin intención, sin objetivo definido y por tanto, sin preparación previa.

6.4 Herramientas básicas de productividad

Las herramientas de productividad permiten analizar objetivamente la información proveniente, examinarla de forma efectiva y tomar acciones de mejora con base en ella para evitar recurrir a la intuición, el sentido común y el buen juicio.

Dichas herramientas están diseñadas para que el empresario pueda seguir uno o varios procedimientos específicos, a fin de que se realicen mejoras internas y se den soluciones óptimas de forma lógica, sistemática y ordenada. A continuación se presentaran las herramientas básicas de productividad más utilizadas según (Padilla, 2015).

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del Diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

El histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra muestra la frecuencia de los valores representados y la manera como se distribuyen. Su función radica en registrar y reflejar en forma gráfica mediciones de las variables en estudio. Revela la cantidad de variación propia de un proceso. En la figura 9 se puede ver un ejemplo del histograma.

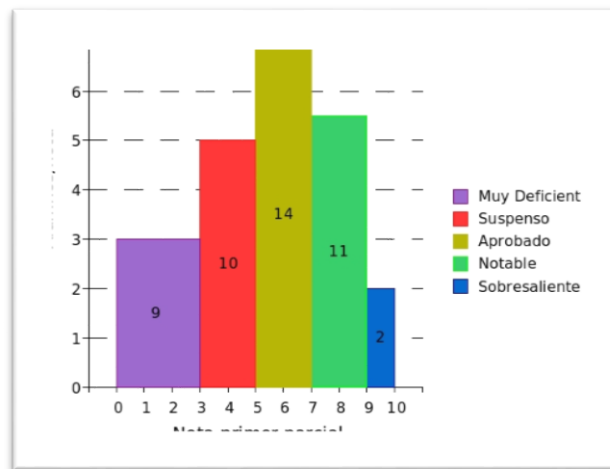


Figura 9. Histograma

Fuente: ROLDAN, Antonio. Tipos de gráficos. [En línea]. <

http://matematicas.unex.es/~trujillo/Esc_adm_pub_juex/tutorial-EstCalc/graficos.html>

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes.

Uno de los objetivos de medir la productividad es observar oportunidades de mejora y tomar planes de acción al respecto. A través de los métodos de medición se puede conocer el rendimiento de un trabajador por medio del número de horas de trabajo efectivas y no efectivas. En base a los datos obtenidos por medio de los métodos de investigación se puede calcular el factor de eficiencia general del proceso (OCE).

6.5 Factor de eficiencia general del proceso (OCE)

Como afirma (Peters, 2014) el Factor de eficiencia general del proceso OCE se centra en la productividad del trabajo artesanal y de medición cuyo fin es agregar valor a los procesos y procedimientos.

El factor OCE es un tema clave que tenemos que hacer frente. Conseguir el máximo valor de los recursos de mano de obra y una mayor productividad no es una tarea fácil y requiere de medición y análisis.

Por lo general, debido a causas ajenas a la fuerza de trabajo artesanal, sólo alrededor 30-40 % de una jornada de 8 horas se dedica a tiempo llave con manos.

Existen actividades que incurren en un trabajo de Mantenimiento y que proporcionan tiempos no efectivos. Tiempo con llave en mano no incluye lo siguiente:

- Espera por piezas, materiales o herramientas.
- Espera a que otros oficios terminen su labor.
- Tiempo que se dedica a esperar que el equipo se encuentre en óptimas condiciones.
- Falta de planificación y programación eficaz.
- Reuniones, pausas normales, tiempo de entrenamiento.

El factor OCE tiene la siguiente formula:

$$OCE = \%Cu * \%Cp * \%Cq$$

Ec. 2. Factor OCE

Existen 3 factores que influyen el resultado de OCE, ellos son:

- Factor de utilización
- Factor de desempeño

- Factor de calidad

Tabla 1. Rango de factores OCE

FACTOR	RANGO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Factor de utilización	30%	50%	70%
Factor de desempeño	>80%	90%	95%
Factor de calidad	>90%	95%	98%
INDICADOR OCE	22%	43%	55%

Fuente: RALPH, Peters W. Measuring Overall Craft Effectiveness. Disponible en Internet:
< <http://www.plant-maintenance.com/articles/OCE1.pdf>>

Factor de Efectividad-utilización de la cuadrilla (CU):

Mide el tiempo real de la cuadrilla realizando la labor para la que fue asignada

$$cu = \frac{\text{Tiempo productivo total}}{\text{Total horas hombre disponible}} * 100$$

Ec. 3. Factor efectividad

Donde:

Tiempo productivo total= Horas-Hombres efectivas

Total horas hombre disponible= Total de horas- hombre de una jornada de trabajo

Factor de Eficiencia- Rendimiento de la cuadrilla (CP):

Está relacionado con el grado de acertamiento de las horas hombre planeadas con las horas que realmente fueron requeridas en la actividad.

$$cp = \frac{\text{Total tiempo planeado (horas)}}{\text{Total de horas de cuadrilla requerida}} * 100$$

Ec. 4. Factor desempeño

Donde:

Total tiempo planeado= Es el tiempo planeado para ejecutar una actividad

Total de horas requeridas= se refiere a las horas hombre que realmente se necesitaron para ejecutar la actividad

Factor de Calidad (CQ):

Mide la calidad de mantenimiento con respecto en un periodo determinado de tiempo en términos de porcentaje de órdenes de trabajo ejecutadas sin retrabajos de mantenimiento.

$$cq = 1 - \frac{\sum OT \text{ con retrabajo}}{\sum OT \text{ Ejecutadas}} * 100$$

Ec. 7. Factor de Calidad

Donde:

$\sum OT$ con retrabajo= Total de órdenes de trabajo con reproceso

$\sum OT$ ejecutadas= Total de órdenes de trabajo ejecutadas

6.6 Sistema de cola

Los modelos de gestión de colas intentan simular el sistema en donde puede existir congestión (y por lo tanto colas) y generan una serie de parámetros que permiten evaluar el sistema actual y la realización de modificaciones en el servicio en cuestión. Un sistema de colas tiene dos componentes básicos: la cola y el mecanismo de servicio, como se observa en la figura 10.

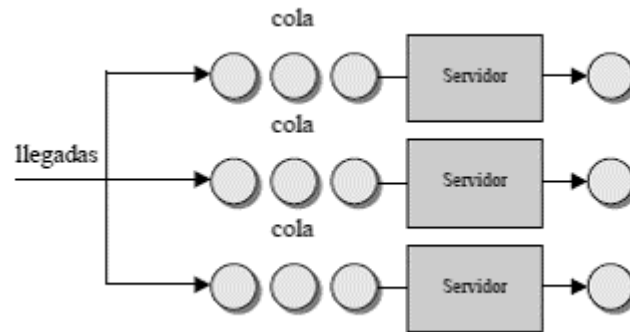


Figura 10. Sistema de cola simple

Fuente: Autor

Según (Amaya, 2009), en los modelos de colas existen dos objetivos: por un lado la minimización del tiempo de espera y por el otro la minimización de los costos totales de funcionamiento del sistema. Estos objetivos suelen ser conflictivos, ya que para reducir el tiempo de espera se necesita poner más recursos en el sistema, con el consiguiente aumento de los costos de producción.

Modelo múltiple de colas: llegadas Poisson y tiempos de servicio exponencialmente distribuidos:

El modelo debe presentar las siguientes condiciones:

1. El número de llegadas por unidad de tiempo sigue una distribución de poisson.
2. Los tiempos de servicio siguen una distribución exponencial.
3. La disciplina de la cola es de tipo FIFO.
4. La población potencial es infinita.
5. Existen varios canales de servicio.
6. La tasa media de llegadas es menor que la tasa media de servicios.
7. El tamaño potencial de cola es infinito.

En muchos casos se puede tener situaciones en donde existe más de un servidor en el sistema. A medida que van llegando los clientes, los servidores se van ocupando y cada vez que uno de ellos acaba su servicio, el primero de la cola lo vuelve a ocupar. En este tipo de modelos la tasa de llegada siempre tiene que ser inferior a la tasa agregada de servicio, que no es más que la tasa de servicio individual multiplicada por el número de canales. Los valores de las medidas de eficiencia son en función de P_0 y se obtienen a partir de las siguientes formulas:

$$\text{Factor de utilización} = P_w = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda} P_0$$

Ec. 8. Factor de utilización múltiple

$$\text{Número medio en el sistema} = L_s = \frac{\lambda\mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

Ec. 9. Número medio en el sistema múltiple

$$\text{Número medio en la cola} = L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu}$$

Ec. 10. Número medio en la cola múltiple

$$\text{Tiempo medio de espera en el sistema} = W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

Ec. 11. Tiempo medio de espera en el sistema múltiple

$$\text{Tiempo medio en la cola} = W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Ec. 12. Tiempo medio en la cola múltiple

6.7 Cuadro de Mando

El Cuadro de mando (BSC o Balanced Scorecard), es una herramienta que permite la implementación de estrategias a través de la misión de la empresa a partir de un conjunto de planes de acción. Se conforma por cuatros perspectivas como se muestra en la figura 11.

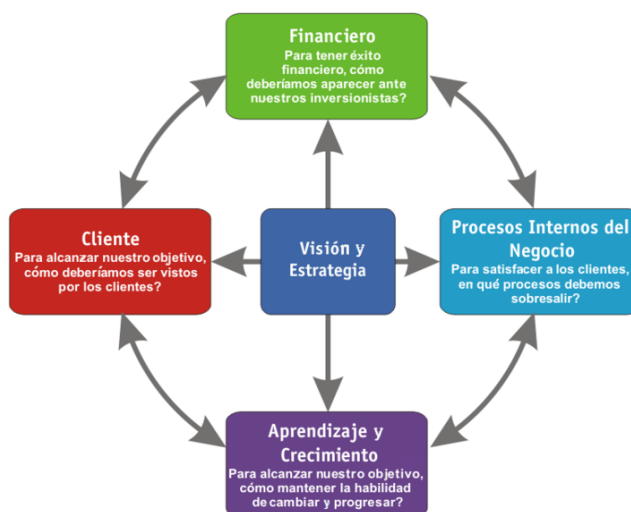


Figura 11. Cuadro de Mando

Fuente: Correa, Van Hoof y Núñez. Balaced Score Card. [En línea]. <
<http://www.gestiopolis.com/que-es-el-balanced-scorecard-y-para-que-sirve>

Según (Sinnexus, 2016) el cuadro de Mando proporciona una estructura para transformar la estrategia en acción. Posibilita a través del diagrama causa efecto establecer las hipótesis estratégicas (a través de la secuencia sí /entonces.) Permitiendo anticipar a futuro, como el negocio creará valor para los clientes.

Lo que uno mide, es lo que logrará. Así, si se mide únicamente el desempeño financiero, solo obtendrá un buen desempeño financiero. Si por el contrario amplía su

visión, e incluye medidas desde otras perspectivas, entonces tendrá la posibilidad de alcanzar objetivos que van más allá de lo financiero.

- Perspectiva Financiera: Satisfacer las expectativas de nuestras acciones aumentando las ventas, valor de unidades, mantener rentabilidad.
- Perspectiva del cliente: Satisfacer las necesidades de nuestros clientes mejorando la calidad del producto, creando ofertas de valor y fidelización de los clientes.
- Perspectiva Interna: Procesos en los que debemos ser excelentes para alcanzar los objetivos planteados en la misión y visión de la empresa, gestionando los recursos de forma eficiente.
- Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: Aspectos críticos para mantener la excelencia, mejorar la comunicación interna, la capacidad de personas claves, el desarrollo del talento humano, fuentes de financiación.

El proceso de crear un "Cuadro de Mando" incluye la determinación de:

1. Objetivos que se desean alcanzar.
2. Indicadores que permitan medir el progreso hacia el alcance de los objetivos.
3. Metas, o valor específico de la medición que queremos alcanzar
4. Planes de acción o programas que se inician para lograr alcanzar las metas a largo y corto plazo.

6.6.1 Beneficios del Cuadro de Mando

- La contribución de maximizar la rentabilidad y la creación de valor en el tiempo.
- La gestión por medio de una imagen gráfica de las operaciones de los negocios.
- La estrategia como aprendizaje todos los días de acuerdo al objetivo.
- Satisfacción de clientes y de los inversionistas.
- Creación de mejoras en los procesos, optimización y aumento de productividad.

Capítulo 7

Metodología

7.1 Alcance de la investigación

El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad es midiendo su productividad. Por tal motivo se va realizar un estudio de tiempos por medio de observación directa donde se analicen los indicadores de desempeño, utilización y calidad y su articulación al Cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento. Finalmente se emplearan planes de acción, que permitan disminuir tiempos no efectivos en el Departamento y ser más competitivos en la crisis financiera que actualmente atraviesa Ecopetrol.

7.2 Diseño de la investigación

Teniendo en cuenta el alcance del proyecto y los objetivos planteados, se realizará una investigación de tipo cualitativa (No paramétrico). Cualitativa porque se utilizan técnicas de observación directa y de recolección de información.

Para lograr el óptimo desarrollo de la investigación es necesario recolectar datos sobre los tiempos que demoran los trabajadores en cada una de las actividades que realizan en su horario laboral, por lo tanto se realiza observación directa y se utiliza como instrumento un formato de tiempos donde se registran cada uno de los valores obtenidos. Se prosigue a procesar y analizar la información en pro de obtener conclusiones pertinentes con el fin de aportar planes de acción que permitan el aumento de la productividad en el departamento de Mantenimiento.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta el alcance del estudio, el diseño de la investigación se presume que es explicativo, diacrónico ya que se pretende acercarse al problema y encontrar las causas del mismo. De igual manera buscar soluciones que

mitiguen o eliminen las pérdidas de tiempo. Todo con el propósito de cumplir los objetivos planteados en el proyecto enfocados a incrementar la productividad del Departamento de Mantenimiento de la Refinería de Barrancabermeja.

7.3 Lugar de estudio

La investigación se desarrollará en la ciudad de Barrancabermeja, en la Gerencia de Refinería de Barrancabermeja (GRB), especialmente en el Departamento de Mantenimiento y en sus 3 diferentes coordinaciones.

7.4 Población

7.4.1 Unidad de observación:

El estudio se enfoca en determinar los tiempos productivos e improductivos de cada uno de los frentes o especialidades (Eléctricos, Mecánicos, Metalmecánicos, Instrumentistas) que conforman las cuadrillas y estas a su vez conforman las 3 coordinaciones del Departamento de Mantenimiento de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.

7.4.2 Tamaño de la población:

Las coordinaciones de correctivo o proactivo en áreas, preventivo centralizado e inventario y herramientas tienen a su cargo especialidades o frentes quienes conforman el grupo total de la población a estudiar. La observación directa que se realiza a cada frente tiene una duración de una jornada laboral es decir de 7:00 am a 4:00 pm, la duración es

completa porque se calcula el tiempo de todas las actividades que se realizan en su horario de trabajo.

Como se mencionó anteriormente la duración de una medición es de una jornada laboral y como se pretende realizar mínimo dos mediciones por frente o especialidad no es posible abarcar con el número total de la población, ya que se tienen pendientes otras actividades que necesitan de tiempo y esfuerzo para ser desarrolladas. Por tal motivo se va a determinar una muestra coherente con las necesidades del departamento.

7.5 Implicaciones éticas

La información se obtiene de los tiempos productivos e improductivos y demás datos a través de la observación directa son de tipo confidencial, por lo que no será divulgada, ni usada con fines lucrativos personales.

El compromiso con los trabajadores y directivos de Ecopetrol S.A es utilizar la información sólo con el fin de aplicar técnicas y planes de acción que permitan el mejorar la productividad del departamento de Mantenimiento. Igualmente se les suministrará de forma inmediata copia de los resultados.

A continuación se explican al detalle cada una de las actividades que serán evaluadas con el fin de medir la productividad de los trabajadores del Departamento de Mantenimiento- Refinería de Barrancabermeja.

- Reunión Inicio de turno

La reunión de inicio de turno es un espacio obligatorio donde se asignan labores, se identifican temas relevantes de HSE, se identifican posibles riesgos y se comunica el desempeño del día anterior. La hora ideal de inicio es a las 7:00 am.

- Alistamiento de materiales, herramientas, procedimientos y equipos.

También llamado paquete de trabajo. Los trabajadores se encargan de alistar materiales, herramientas y equipos necesarios para ejecutar las órdenes de trabajo del día. Lo ideal sería que el alistamiento se realice desde el día anterior.

- Alistamiento operacional del equipo

Incluye el tiempo que se dedica a la entrega del equipo en condiciones seguras. Por lo tanto es necesario se aplique aislamiento, drenaje, venteo, lavado y purga.

- Desplazamiento Grupo- Área operativa

Incluye el tiempo que transcurre desde el momento en que los trabajadores suben a su respectivo vehículo hasta que llegan a su área de trabajo.

- Apertura y/o cierre de permisos de trabajo

Hace referencia al tiempo invertido en apertura y cierre de permisos de trabajo por parte de la unidad operativa a intervenir. Incluye entrega de los activos.

- Desplazamiento a/de materiales

Incluye el tiempo que se destina en transporte hacia o desde la bodega de materiales. (Esta actividad se ejecuta por falta de materiales ya sea por error de planeación o por casos fortuitos).

- Desplazamiento a/de central de Herramientas

Incluye el tiempo que se destina en transporte hacia o desde la bodega de herramientas. (Esta actividad se ejecuta por falta de herramientas ya sea por error de planeación o por casos fortuitos).

- Espera por servicio de materiales.

Es el tiempo que transcurre cuando se espera por materiales en la bodega.

- Almuerzo

Incluye tiempo de Transporte- Almuerzo- Transporte

- Tiempo Ocupacional

Tiempo recomendado a cada trabajador en los controles médicos laborales.

- Descanso

Tiempo destinado al ocio y la hidratación.

- Espera por falta de transporte

Incluye el tiempo que se dedica a espera de transporte.

- Ausentismos

Se trata del tiempo que se dedica a permisos laborales, ausentismos, reuniones esporádicas y de otra índole.

- Espera por terminación de otros trabajos

Incluye el tiempo de espera a que otras especialidades ya sean propias o contratistas terminen su labor y así se pueda dar continuidad a la ejecución.

- Ejecución

También llamado tiempo con llave en mano. Es decir, es el tiempo en que los trabajadores se encuentran operando y realizando labores propias de las Ordenes de Trabajo.

Como se ha mencionado anteriormente, el Departamento de Mantenimiento se encuentra dividido en 3 coordinaciones que serán objeto de estudio; Proactivo áreas, Proactivo centralizado y Talleres. Las 3 coordinaciones están a su vez subdivididas en áreas o cuadrillas. En la figura 13 se muestra el detalle las áreas que conforman cada una de las coordinaciones.

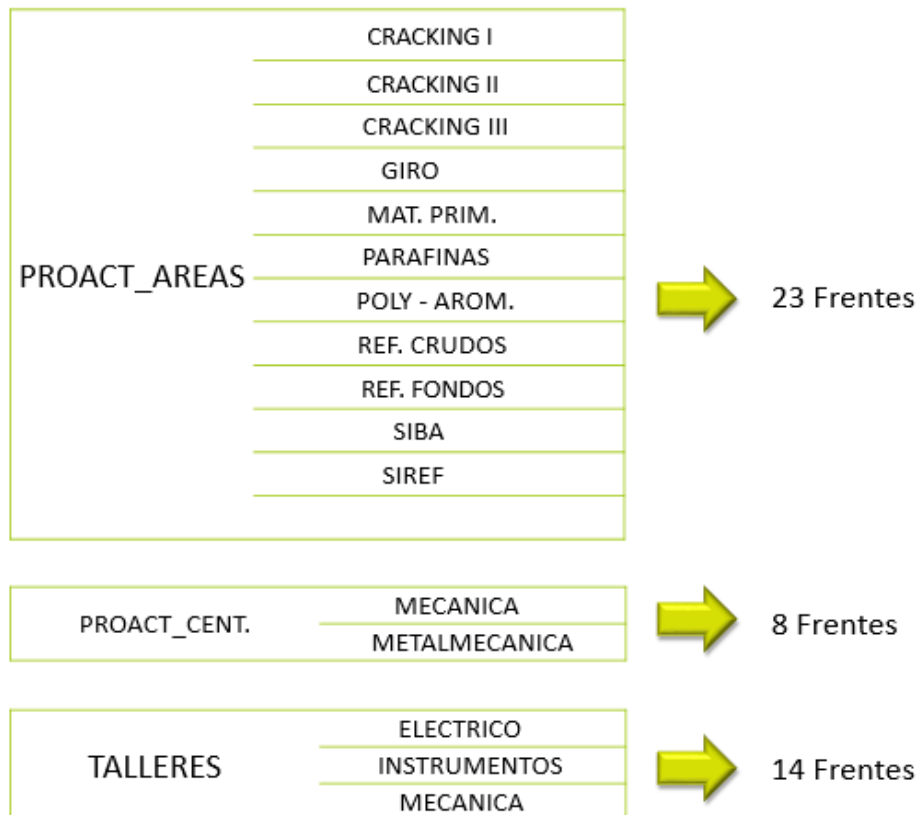


Figura 13. Conformación de Coordinaciones

Fuente: Autor

Las áreas que conforman la coordinación Correctivo en Áreas están conformadas por 4 especialidades de trabajadores: Mecánicos, Metalmecánicos, Electricistas e Instrumentistas. La alta gerencia del Departamento de Mantenimiento sugiere que la medición de productividad sea enfocada en Mecánicos y Metalmecánicos, debido a que son los trabajadores que presentan los índices de productividad más bajos con oportunidades de mejora.

Cada una de las cuadrillas del departamento realiza mantenimiento a equipos como turbinas, calderas, bombas, intercambiadores, ventiladores, válvulas y tuberías de las plantas. Cada una tiene asociada plantas de otros departamentos. Por ejemplo la cuadrilla de Cracking 3 se enfoca en atender las plantas del Departamento de Cracking III. En La Figura 14 se detallan las plantas que son atendidas por cada una de las cuadrillas.

Grupo	Negocio	Negocio	Áreas o plantas para atender
I	CK3	Cracking 3 - Orthoflow - Modelo IV	Orthoflow, Modelo IV, Acido, TE820
I	RF1	Topping - Crudos	U150, U200, U250, U2000, U2100, Soda, TE880
I	RF2	Topping - Crudos	HDT Triángulo (Hidrogeno, Gasolina, ACPM)
IV	CK2	Cracking 2 - UOP II	UOP II, Alquilación
IV	MP1	MP	CB1, CB2, CB3, CB5, CB7, CB8, CB9
IV	MP2	GIRO	PTAR, Separadores
VI	CK1	Cracking 1 - UOP I	UOP I (Amina), HDT Cracking (Claus, Claus Paul, Azufre IV), Etileno
VI	PQ1	Parafinas	Fenol
VI	PQ2	Polietileno - Aromaticos	Poli I, Poli II, Aromaticos
VI	SI1	Servicios Refineria - SIREF	TE830, TE850, TE890, Caldera Central del Norte, Caldera FOSTER, Caldera DISTRAL
VII	RF3	Fondos	Unibon, Demex, Viscoreductora II, Hidrogeno
VIII	SI2	Servicios Balance - SIBA	Plantas de Agua Balance, TE40, TE45, Calderas 2951 a 2955, Turbos

Figura 14. Cuadrillas del Correctivo en áreas y sus plantas

Fuente: IRIS (Intranet de Ecopetrol S.A)

8.2 Factor utilización en correctivo en áreas

En la figura 15 se observa los resultados en cuanto al porcentaje de utilización que se obtuvo gracias a las auditorías realizadas en las cuadrillas de la coordinación correctivo en Áreas.

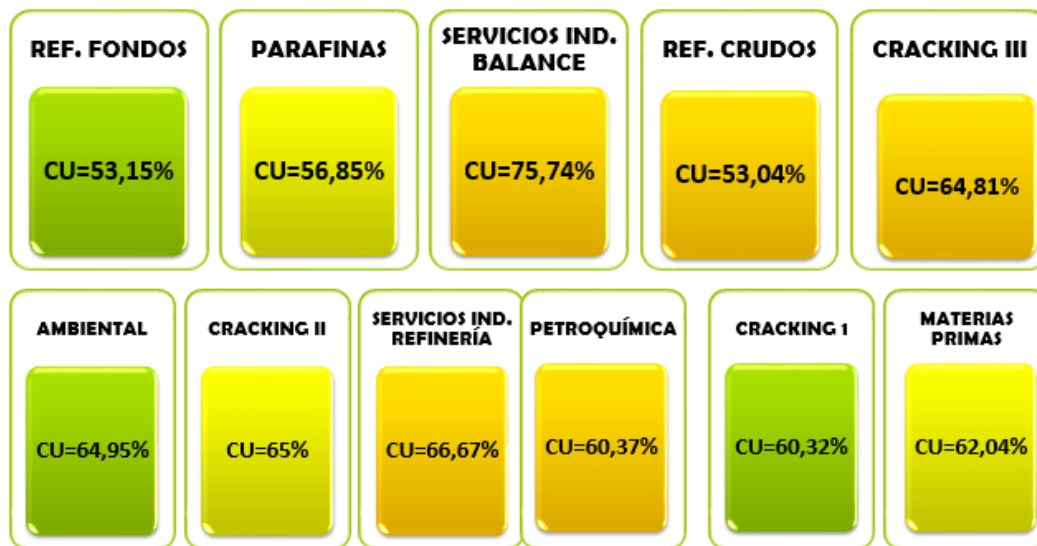


Figura 15. Resultados indicador de utilización

Fuente: Autor.

Cabe aclarar, que el factor de Efectividad o Utilización (CU) mide que tan efectivos somos en planeación y programación de recursos y relaciona el tiempo productivo total con el total de horas hombre disponible en una jornada laboral.

- Refinación de Fondos (RF3)

La primera cuadrilla en la cual se realizó Medición de Productividad fue Refinación de Fondos. En la Anexo 1. Se observa el promedio de los resultados obtenidos después de aplicar el formato de medición a las especialidades de mecánica y metalmecánica.

Refinación de Fondos cuenta actualmente con una productividad del 53,15%, catalogada según el investigador Peter W. Ralph en un nivel medio con oportunidades de mejora.

Al realizar la medición se observa:

- El cuadro de control de actividades diarias se encuentra desactualizado.
 - No se encuentra aprobado el permiso de trabajo.
 - Se partió el tubo de LG por lo tanto fue necesario el desplazamiento a bodega.
 - No se cuenta con herramientas de forma rápida y oportuna debido a la falta de planeación (Balde, embudos y alambre).
 - Se ejecutó una orden de trabajo emergente: Apretar espárragos de Intercambiador.
 - Los Refractoristas se encuentran ocupados, por lo tanto se genera espera por terminación de otras labores.
 - Realizan Maniobras no adecuadas al momento de ejecutar la orden de trabajo ocasionando un posible accidente laboral.
- Parafinas (PQ1)

En el Anexo 2. Se observa el promedio de los resultados obtenidos después de aplicar el formato de medición a las especialidades de mecánica y metalmecánica de la cuadrilla de Parafinas.

Según los datos obtenidos, esta cuadrilla presenta un porcentaje de horas efectivas o productivas del 56,85%, siendo su complemento 43,15% horas no efectivas. Los tiempos no efectivos de esta cuadrilla se deben principalmente a espera por falta de herramientas y espera por terminación de otros trabajos. Se encontraron las siguientes observaciones:

- El operador no había realizado el Drenaje de la bomba.
- Los señores de Limpieza estaban ejecutando y su labor era primordial para empezar a ejecutar.
- Se programó mal las tareas a realizar, la bomba tenía daños no específicos, simplemente se desarmó y se llevaría al taller.
- No se encontraba el supervisor quien era el encargado de firmar el permiso de trabajo.
- La llave de Torque derramó el aceite y su llave de reemplazo se encontraba en mal estado.

- Falta de comunicación entre trabajadores del mismo frente.
- Servicios Industriales Balance (SI2)

Servicios Industriales es la cuadrilla que presenta la productividad más alta, como se observa en el Anexo 3 esta cuadrilla con un 75,74% se cataloga en un nivel alto. Con esta medición se demuestra que sí es posible lograr altos porcentajes de productividad.

Al realizar la medición de productividad se encuentra:

- Los trabajadores tienen listos sus materiales y en perfecto orden su caja de herramientas.
 - El personal sugiere almorzar en la cafetería de Balance porque se encuentra cerca al sitio de trabajo.
 - El taller de Servicios Industriales no cumple con las condiciones óptimas para desarrollar las labores, se encuentra suciedad, desorden, excremento de murciélagos, retazos de tubos, entre otros.
- Refinación de Crudos (RF1)

Según el Anexo 4. Refinación de Crudos cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 53,04%.

Un 53,04% es un nivel de productividad bajo, las horas no efectivas se deben a principalmente a:

- Los trabajadores destinan más de 1 hora a su tiempo almuerzo.
- Los permisos no se encuentran aprobados y los trabajadores dedican el tiempo de apertura y/o cierre de permisos de trabajo a otras actividades que no corresponden.

- Hay oportunidades de mejora en cuanto a la programación de las órdenes de trabajo debido a que se cruzan actividades de distintas especialidades. Por lo tanto, los trabajadores deben esperar a que sus compañeros finalicen y así empezar a ejecutar.
- Cracking III (CK3)

Según la auditoría realizada a la cuadrilla de Cracking III se observa una productividad del 64,81%, catalogada como media-alta.

Según la Anexo 5. Se puede observar que las actividades que ocasionan tiempos no efectivos son el almuerzo y la salida, debido a que los trabajadores dedican aproximadamente 86 minutos a su tiempo de almuerzo, cuando lo estipulado en el Régimen de Ecopetrol es de 60 minutos. Además, según el Reglamento Interno de Trabajo los mantenedores deben terminar sus labores a las 4:00 pm y en esta cuadrilla se observa que ellos incumplen el reglamento.

- Ambiental (MP2)

Según el Anexo 6 esta cuadrilla presenta una productividad del 64,95% y su complemento el 35,05% se trataría de tiempo no productivo.

Al realizar la medición de productividad en Ambiental se observó que los trabajadores llegan de 10 a 20 minutos por encima de su hora estipulada de ingreso, 7:00 am. Otro factor considerable es el orden y aseo ya que los mecánicos cuentan con una caja de herramientas que por su falta de organización es difícil encontrar los materiales.

- Cracking II. (CK2)

Según el Anexo 7. Cracking II cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 65%.

La apertura de permisos se considera un factor determinante en los tiempos no efectivos, su causa se debe a que al momento de abrir el permiso, el operador encargado de la planta se encontraba realizando otras de sus labores. Además, se espera un mayor orden en el armario de herramientas localizado en la planta de la Cracking II.

- Servicios Industriales Balance (SI2)

Según el Anexo 8. La cuadrilla de Servicios Industriales Refinería cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 66,67% y se encuentra en un nivel alto. Los tiempos no efectivos se deben únicamente a que los trabajadores extienden el tiempo dedicado al almuerzo.

- Petroquímica (PQ2)

Según el Anexo 9 la cuadrilla de Petroquímica cuenta con un porcentaje de productividad o utilización del 60.37%. En esta cuadrilla se observa que el alistamiento de materiales y herramientas incurren altamente en las horas no efectivas, debido a que el personal no planea con anterioridad el recurso será necesario para el desarrollo de una orden de trabajo.

- Cracking I

Según el Anexo 10. La cuadrilla de Cracking I cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 60,32% y se encuentra en un nivel medio-alto. Se observa que los trabajadores no tienen claro las tareas diarias a realizar. Se recomienda mejorar la comunicación mantenedor-supervisor.

Al realizar un promedio entre las 11 cuadrillas auditadas se observa que la coordinación correctivo en áreas es 62,09% productiva y un 32,91% no productiva. En la tabla 2 se muestra al detalle las horas-hombre que se destinaron por actividad.

Tabla 2. Medición Coordinación Correctivo

PROMEDIO COORINACIÓN CORRECTIVO				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	19,55	0,33	3,78%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	17,1	0,29	3,30%
A 03	Alistamiento Operacional	4,25	0,07	0,82%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	6,65	0,11	1,29%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	16,95	0,28	3,28%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	1,6	0,03	0,31%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	1,25	0,02	0,24%
A 08	Espera por servicio de materiales.	2,65	0,04	0,51%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	5,65	0,09	1,09%
A 10	Almuerzo	69,1	1,15	13,35%
A 11	Tiempo Ocupacional	2,55	0,04	0,49%
A 12	Descanso	20,15	0,34	3,89%
A 13	Espera por falta de transporte.	1	0,02	0,19%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	8	0,13	1,55%
A 17	Ejecución	321,3	5,36	62,09%
A 18	Salida	19,75	0,33	3,82%
-	HORAS EFECTIVAS	321,3	5,36	62,09%
-	HORAS NO EFECTIVAS	196,2	3,27	37,91%

Fuente: Autor

En la figura 16 se observa de forma más específica el porcentaje de utilización por cada actividad.

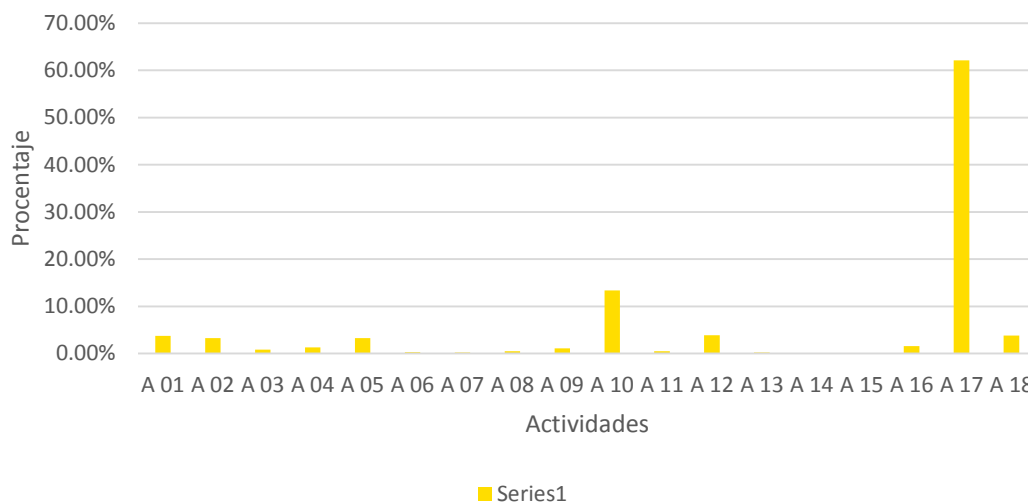


Figura 16. Porcentaje en horas Coordinación Correctivo

Fuente: Autor

8.3 Factor utilización en la coordinación preventivo centralizado

Esta área se encarga de realizar mantenimiento preventivo a los equipos de las plantas que lo requieran. En la mayoría de eventos los equipos son reparados en el taller, sólo se asiste a planta al momento de desinstalar e instalar. La coordinación proactivo centralizado se conforma por:

- Taller de Mecánica
- Taller de Metalmecánica
- Taller de Sellos y gobernadores
- Taller de Tuberías
- Taller de Máquinas y Herramientas

En la figura 17 se observa los resultados en cuanto al porcentaje de utilización que se obtuvo gracias a las auditorías realizadas en las cuadrillas de la coordinación correctivo en Áreas.



Figura 17. Resultados de porcentaje de utilización en Proactivo Centralizado

Fuente: Autor

Después de realizar las mediciones a los talleres se obtienen los siguientes resultados:

- Taller de Mecánica

El Taller de Mecánica cuenta con un porcentaje de utilización del 60.19% y se encuentra en un nivel medio. Según el Anexo 11. Los tiempos no efectivos se deben principalmente a:

- El tiempo ocupacional se debe a una capacitación que se realizó sobre el túnel del Carpio.
- El trabajador que se encontraba ejecutando en la mañana no fue el mismo que ejecutó en la tarde, debido a que se encontraba en una reunión.
- El trabajador que ejecutó en la tarde tardó 20 minutos en acoplarse al trabajo, porque desconocía un poco de la tarea que se estaba ejecutando.
- Se realizaron repetitivos movimientos a materiales porque no se conocía con anterioridad las herramientas a utilizar.

- Taller de Metalmecánica

Según el Anexo 12. El Taller de Metalistería cuenta con un productividad del 57.59% y se cataloga en un nivel medio. Los tiempos no efectivos se deben principalmente a:

- Los 80 minutos de espera por falta de herramientas se deben a que el cable de la pinza para soldar se quemó. Por lo tanto, fue llevada a herramientas donde nos confirman que será entregada al día siguiente.
- La mayoría de trabajadores tienen restricciones médicas por lo tanto dedican tiempo a citas médicas y terapias.
- Se observa que el tiempo en ejecución de la tarea se debe en un 70% al trabajo de los soldadores quienes son los que realizan el trabajo de forma en continua.
- En las horas de la mañana un Metalmecánico trabajó con una pulidora pero tuvo que finalizar su trabajo porque se acabó el disco.

- Taller de Sellos y Gobernadores

Según el Anexo 13. El Taller de Sellos y gobernadores cuenta con un productividad del 53.70% y se cataloga en un nivel bajo. Los tiempos no efectivos se deben principalmente a:

- Se presenta la falta de repuestos y los trabajadores comentan que no hay transporte para ir por ellos.
- En horas de la tarde se frena el trabajo porque la brida del sello se encuentra dañada y no es reutilizable por lo tanto se debe generar una orden de compra.
- No hay empaque de partes internas de sellos y bombas.
- Uno de los trabajadores suspende su labor porque en el área de trabajo se están realizando actividades de soldadura.

- Taller de Tubería

Según el Anexo 14. El Taller de Tubería cuenta con un productividad del 59.81% y se cataloga en un nivel medio. Los tiempos no efectivos se deben principalmente a:

- El compresor principal se encuentra fuera de servicio, por lo tanto se dedica tiempo a acondicionar el otro sistema.
- Se observa desanimo en los trabajadores en cuanto a la herramienta 5'S.
- Los extractores de humo se encuentran fuera de servicio provocando que los trabajadores estén expuestos a contaminantes.

- Taller de Máquinas y Herramientas

Según el Anexo 15. El Taller de Máquinas y Herramientas cuenta con un productividad del 62.50% y se cataloga en un nivel medio-alto. Los tiempos no efectivos se deben principalmente a:

- Hubo Meeting en la entrada principal de la Refinería y permitieron el acceso a las 6:00 am.
- Se realizan repetitivos movimientos por herramientas.

Al realizar un promedio entre los 5 talleres auditados se observa que la coordinación Proactivo Centralizado es 58,69% productiva y un 41,31% no productiva. En la tabla 3 se muestra al detalle las horas-hombre que se destinaron por actividad.

Tabla 3. Medición Coordinación Proactivo

Proactivo Centralizado				
Nº Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	9,4	0,16	1,78%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	27,6	0,46	5,23%
A 03	Alistamiento Operacional	4	0,07	0,76%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	0	0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	0,5	0,01	0,09%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	19	0,32	3,60%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	8	0,13	1,51%
A 10	Almuerzo	74,4	1,24	14,09%
A 11	Tiempo Ocupacional	7,5	0,13	1,42%
A 12	Descanso	22,7	0,38	4,30%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	6,5	0,11	1,23%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	310	5,17	58,69%
A 18	Salida	38,6	0,64	7,31%
-	HORAS EFECTIVAS	310	5,1667	58,69%
-	HORAS NO EFECTIVAS	218	3,6367	41,31%

CAPACIDAD	528	8,8
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

En la figura 18 se observa de forma más específica el porcentaje de utilización por cada actividad.

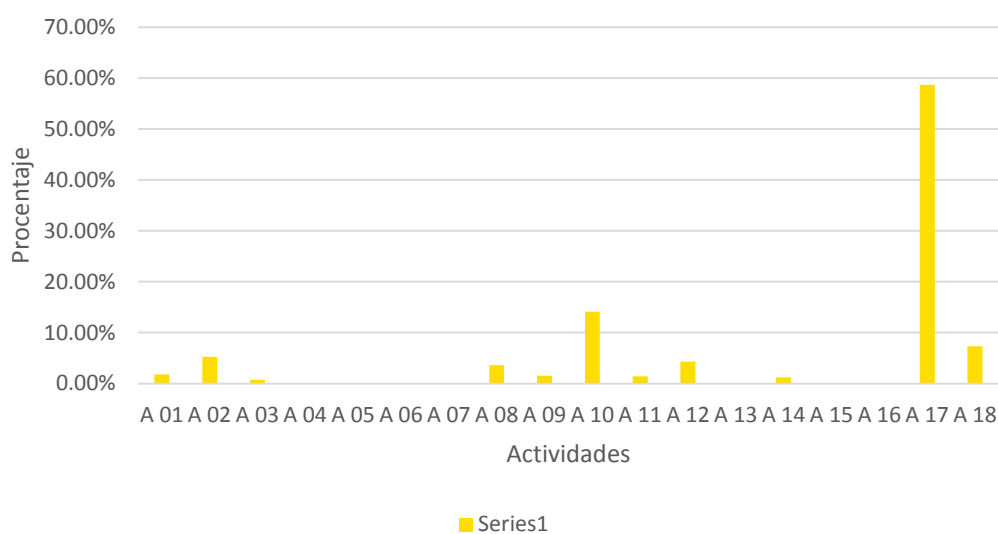


Figura 18. Porcentaje en horas Coordinación Proactivo Centralizado
Fuente: Autor

8.4 Factor utilización en la coordinación calidad y talleres

Esta área se encarga de realizar mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de las plantas que lo requieran. La coordinación Talleres y Calidad se conforma por:

- Taller de Válvulas
- Taller de Eléctrico
- Taller de Instrumentos
- Redes Eléctricas

En la figura 19 se observa los resultados en cuanto al porcentaje de utilización que se obtuvo gracias a las auditorías realizadas en las áreas de la coordinación Proactivo Centralizado.

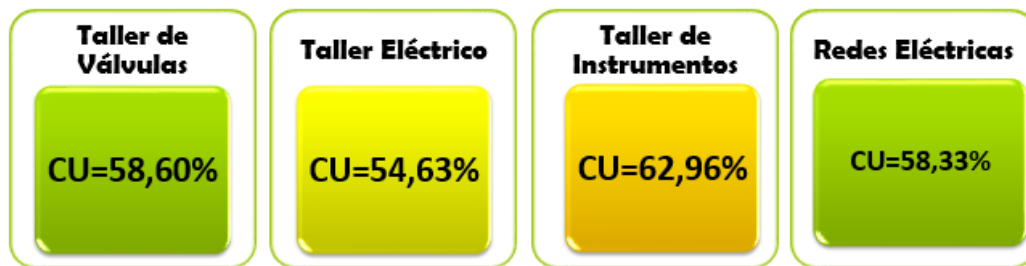


Figura 19. Resultados de porcentaje de utilización Talleres y Calidad

Fuente: Autor

Después de realizar las mediciones a los talleres se obtienen los siguientes resultados:

- Taller de Válvulas

Según el Anexo 16. El Taller de Válvulas cuenta con un productividad del 58.60% y se cataloga en un nivel medio. Los tiempos no efectivos se deben principalmente a:

- Falta de comunicación Supervisor-Trabajador sobre las tareas diarias a desempeñar.
- Desanimo por parte de los trabajadores.
- Tiempo extendido en horario de almuerzo y descanso.
- Falta de planeación de las herramientas necesarias para ejecutar una orden de mantenimiento.

- Taller de Eléctrico

Según el Anexo 17. El Taller eléctrico cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 54,63% y se encuentra en un medio. Lo tiempos improductivos se deben especialmente a:

- Los señores de confiabilidad no realizaron el análisis de riegos provocando tiempos de espera.
- Falta de planeación de las herramientas y materiales necesarias para ejecutar una orden de mantenimiento.

- Taller de Instrumentos

Según el Anexo 18. El Taller Instrumentos cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 62,96% y se encuentra en un medio-alto. Lo tiempos improductivos se deben especialmente a:

- Los trabajadores terminan sus labores 40 minutos antes del horario de salida establecido en el reglamento interno de trabajo.

- Redes Eléctricas

Según el Anexo 19. El área de Redes Eléctricas cuenta con un porcentaje de productividad o utilización de 53,33% y se encuentra en un medio. Lo tiempos improductivos se deben especialmente a:

- No se encontraba el supervisor quien era el encargado de firmar el permiso de trabajo.
- El número de horas planeadas es excesivo al real, por lo tanto queda tiempo libre en exceso.

Al realizar un promedio entre las 4 áreas se observa que la coordinación Calidad y Talleres es 58,64% productiva y un 41,36% no productiva. En la tabla 4 se muestra al detalle las horas-hombre que se destinaron por actividad.

Tabla 4. Medición Calidad y Talleres

Promedio Calidad y Talleres				
N° actividad	Descripción actividad	Tiempo actividad (minutos)	Tiempo actividad (horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	32	0,53	5,86%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	18	0,31	3,40%
A 03	Alistamiento Operacional	38	0,64	7,10%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	11	0,19	2,10%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	19	0,31	3,46%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	65	1,08	12,04%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	18	0,31	3,40%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	317	5,28	58,64%
A 18	Salida	22	0,36	4,01%
-	HORAS EFECTIVAS	317	5,2778	58,64%
-	HORAS NO EFECTIVAS	223	3,7222	41,36%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

En la figura 20 se observa de forma más específica el porcentaje de utilización por cada actividad.

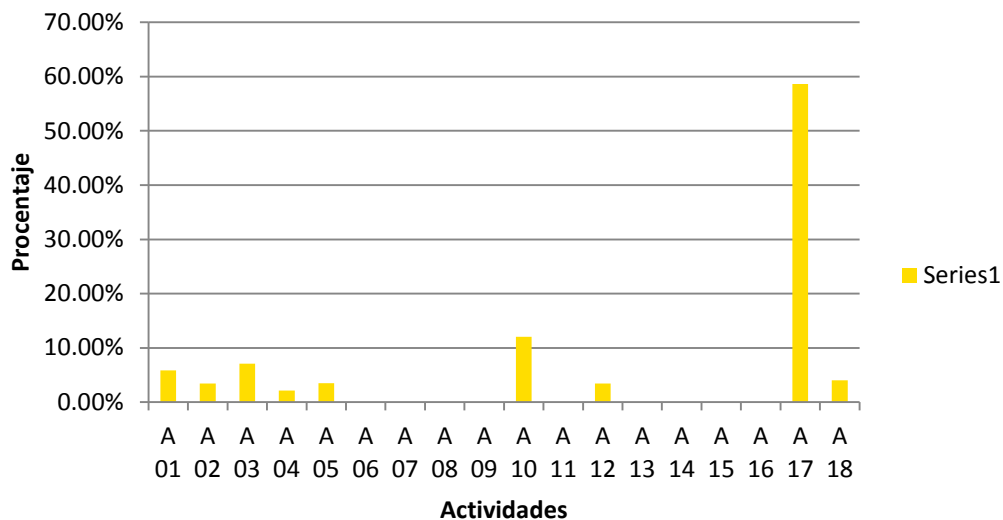


Figura 20. Porcentaje en horas Coordinación Calidad y Talleres

Fuente: Autor

8.5 Factor utilización en departamento de mantenimiento

Finalmente se pretende hallar cómo se encuentra el Departamento de Mantenimiento en cuanto al factor de utilización, por tal motivo después de realizar un promedio entre las 3 coordinaciones auditadas se obtiene que el departamento es 59,78% productivo y se debe enfocar en disminuir el 40,22% no efectivo, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Medición Departamento de Mantenimiento

Departamento de Mantenimiento				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	21	0,35	3,93%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	21	0,35	4,02%
A 03	Alistamiento Operacional	16	0,26	3,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	6	0,10	1,12%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	12	0,19	2,18%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,01	0,09%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,01	0,07%
A 08	Espera por servicio de materiales.	7	0,12	1,35%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	4	0,07	0,83%
A 10	Almuerzo	70	1,16	13,14%
A 11	Tiempo Ocupacional	3	0,05	0,62%
A 12	Descanso	20	0,33	3,80%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,01	0,06%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	2	0,04	0,41%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	2	0,04	0,46%
A 17	Ejecución	316	5,27	59,78%
A 18	Salida	27	0,45	5,16%
-	HORAS EFECTIVAS	316	5,2734	59,78%
-	HORAS NO EFECTIVAS	213	3,5474	40,22%

CAPACIDAD	529	8,8
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

A través de las mediciones de productividad realizadas a cada una de las coordinaciones se observan las causas que ocasionan los tiempos no efectivos en el Departamento. Las causas se muestran en Tabla 6. El diagrama de Pareto permite atacar las causas de los defectos vitales identificándolos y centralizando los esfuerzos.

Tabla 6. Causales de tiempos no productivos

Causas tiempos no Productivos	Minutos /Jornada	Porcentaje	% Acumulado	80-20
Salida	27	20,40%	20,40%	80%
Reunión de inicio de turno	21	15,57%	35,96%	80%
Descanso	20	15,01%	50,98%	80%
Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	21	15,88%	66,86%	80%
Alistamiento Operacional	16	11,85%	78,71%	80%
Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	12	8,61%	87,33%	80%
Espera por servicio de materiales.	7	5,33%	92,66%	80%
Espera por servicio de Herramientas.	4	3,27%	95,93%	80%
Tiempo Ocupacional	3	2,45%	98,38%	80%
Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	2	1,62%	100,00%	80%
TOTAL	134	100%		

Fuente: Autor

En base a los datos obtenidos se prosigue a realizar un diagrama de Pareto como se muestra en la figura 21 cuyo fin es definir que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

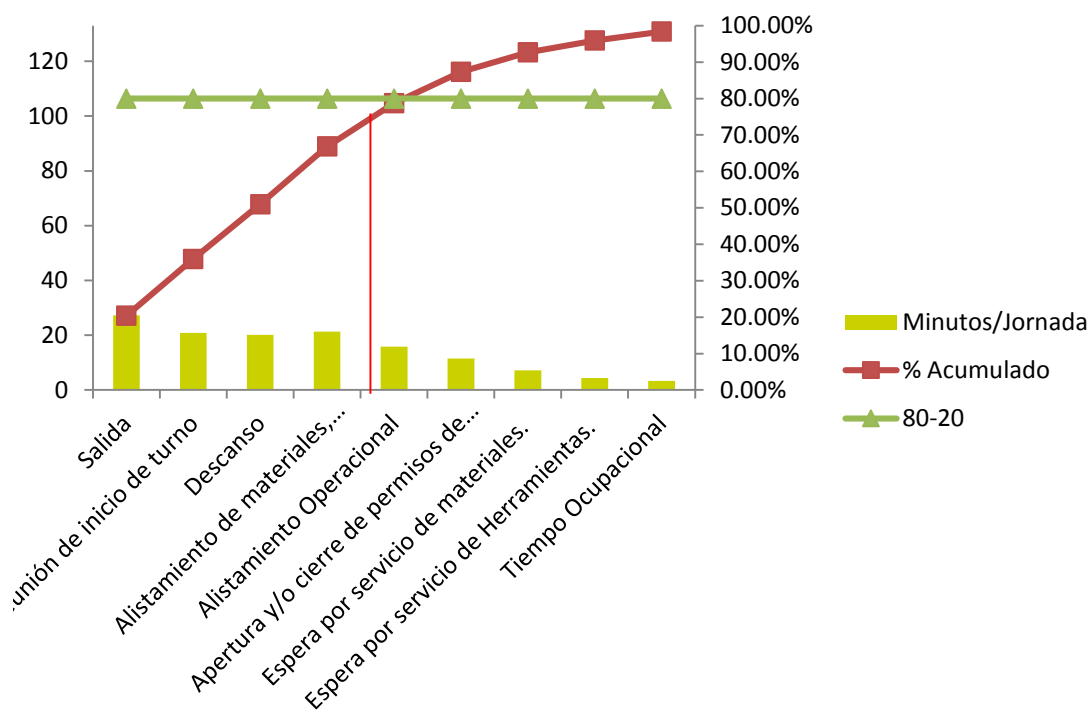


Figura 21. Diagrama de Pareto

Fuente: Autor

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagramas es establecer un orden de prioridad en la toma de decisiones para la coordinación. Evaluar las fallas y establecer planes de acción son los pasos a seguir.

Finalmente se realiza un diagrama de causas y efecto como se muestra en la figura 22, donde se destacan las principales y más significativas causas de los tiempos no efectivos, que se encontraron mediante la medición de tiempos y que ocasionan 3,27 h no efectivas en la jornada diaria de un trabajador.

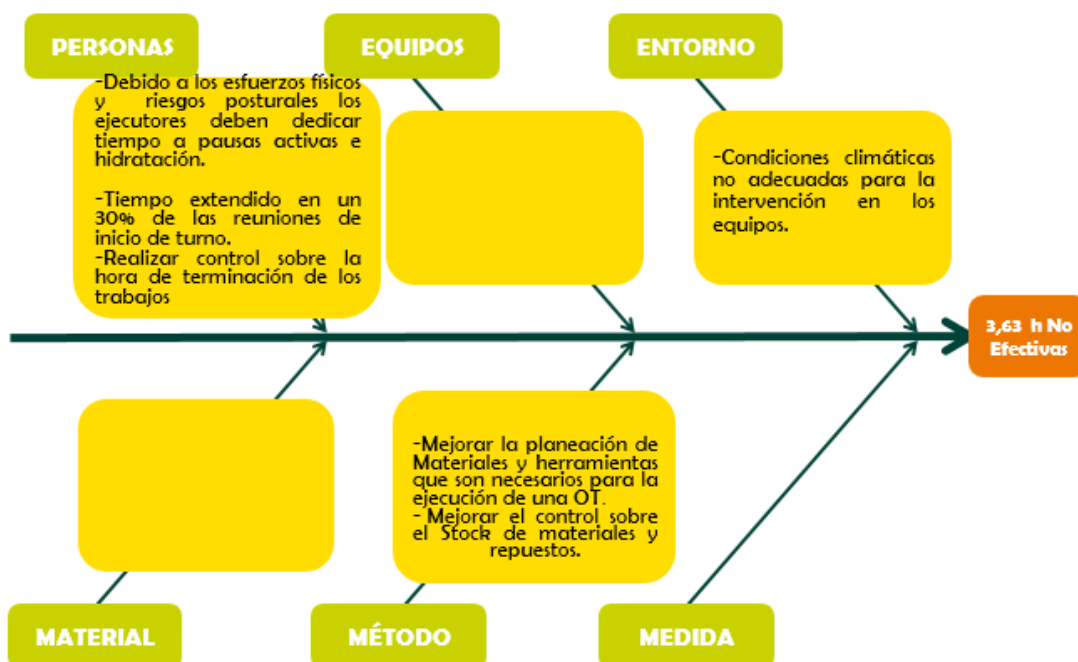


Figura 22. Diagrama Causa-Efecto

Fuente: Autor

8.6 Factor de desempeño en departamento de mantenimiento

Como se muestra en la tabla 7, el factor de desempeño para el departamento de Mantenimiento es de 86%, lo que significa que los mantenedores tardan más en ejecutar un orden de mantenimiento que lo planeado, esto se debe a que los metalistas y soldadores son personas que oscilan entre los 45 y 60 años de edad y cuentan con restricciones medicas laborales. Además, las altas temperaturas de la ciudad de Barrancabermeja, el diseño de algunas plantas que obstaculizan la ejecución de actividades y el cambio del alcance de unas órdenes de mantenimiento provocan que los tiempos estimados para realizar las actividades se sobrepasen.

Tabla 7. Factor de desempeño el Departamento de Mantenimiento

HH PLANEADAS	HH OBSERVADAS	% CP
4	3,5	114%
4	11,66	34%
4	6,9	58%
8	6,5	123%
14	14,45	97%
8	4	200%
16	17,2	93%
4	5,92	68%
8	10,55	76%
4	5,3	75%
4	8,33	48%
2	3,15	63%
6	10,5	57%
8	6,5	123%
8	7,3	110%
10	10,17	98%
6	7,93	76%
8	7,33	109%
16	18,4	87%
4	5	80%
8	9,6	83%
16	19,6	82%
	PROMEDIO	86%

Fuente: Autor

8.7 Factor de calidad en el departamento de mantenimiento

Este factor mide la calidad de mantenimiento con respecto en un periodo determinado de tiempo en términos de porcentaje de órdenes de trabajo ejecutadas sin re trabajos de mantenimiento.

Como se muestra en la figura 23. La meta que se estableció en el departamento para el factor de calidad es del 99.7% y actualmente se lleva un acumulado del 99,89%, lo que significa que el Departamento brinda un servicio de mantenimiento con excelente calidad.

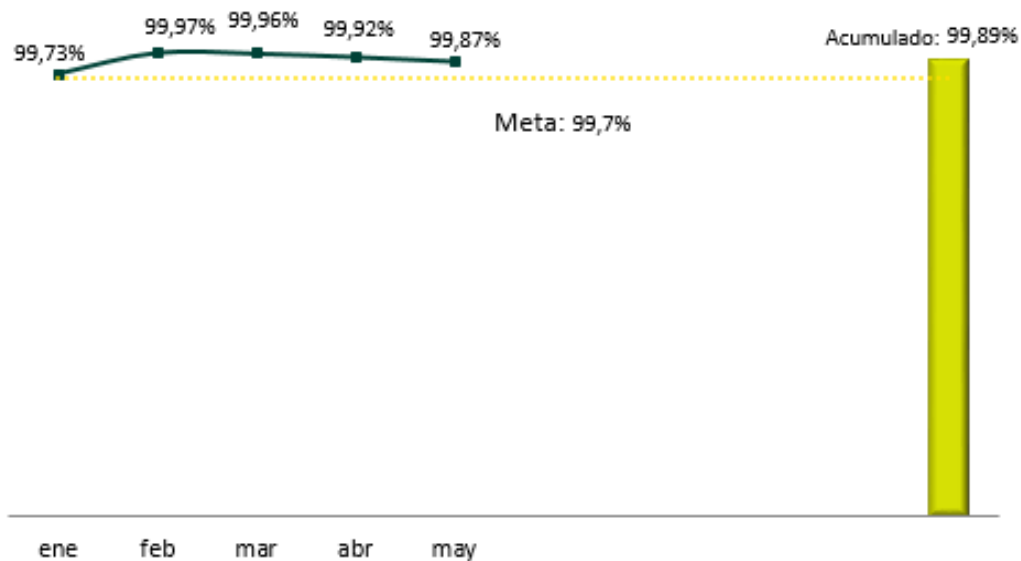


Figura 23. Indicador de calidad de Mantenimiento

Fuente: Seguimiento IED- Mantenimiento con Excelencia. Ecopetrol

8.8 Factor OCE departamento de mantenimiento

Como se muestra en la ecuación 2. La fórmula para hallar el factor de eficiencia general del proceso es la multiplicación entre el factor de utilización, desempeño y calidad. Como se muestra en la ecuación 8. El factor OCE es de 51,26% y según (Peters, 2014) se encuentra en rango medio.

$$OCE = 59,78\% * 86\% * 99,7\% = 51,26\%$$

Ec 8. Resultado Factor OCE

8.9 Herramienta de calidad 5's

Un factor importante claramente destacado y encontrado en las auditorías realizadas es el tema de Orden y Aseo, un tema que notoriamente está afectando a la coordinación de Correctivo en Áreas. Actualmente se ha observado el impacto negativo que produce la búsqueda de herramientas y materiales debido a que los utensilios no están ubicados en un lugar establecido y conocido por todos.

Es importante resaltar que las Cuadrillas evaluadas están ubicadas en grupos. En un grupo se puede encontrar desde una a cuatro cuadrillas.

La primera S consta de separar los elementos necesarios de aquellos que no lo son, manteniendo las cosas útiles en un lugar conveniente y adecuado. Por tal motivo se emplean las tarjetas de color rojo, amarillo y verde, donde se clasifican los materiales necesarios, innecesarios y sin clasificación. (Ver figuras 24, 25 y 26).

ETIQUETA ROJA (Innecesario)	
Fecha	
Nombre Objeto	
Tag/N° Inventario	
Número Etiqueta	
Clasificación	<input type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Herramientas
	<input type="checkbox"/> Inventario <input type="checkbox"/> Objetos personales
	Otros: <input type="checkbox"/>
Valor Estimado	
Razón para Retirar	<input type="checkbox"/> Contaminante <input type="checkbox"/> Obsoleto
	<input type="checkbox"/> Defectuoso <input type="checkbox"/> Sobrante, Exceso
	<input type="checkbox"/> Uso Esporádico Otros:
Area / Persona Responsable	
Acciones	<input type="checkbox"/> Patio de chatarra <input type="checkbox"/> Eliminar
	<input type="checkbox"/> Patio de excedentes
	<input type="checkbox"/> Otra Acción:
Fecha Limite Retiro	

Figura 24. Etiqueta Roja

Fuente: Autor

ETIQUETA AMARILLA (Sin clasificación)	
Fecha	
Nombre Objeto	
Tag/N°Inventario	
Número Etiqueta	
Clasificación	<input type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Herramientas
	<input type="checkbox"/> Inventario <input type="checkbox"/> Objetos personales
	Otros: <input type="checkbox"/>
Valor Estimado	
Razón	<input type="checkbox"/> Sobrante, Exceso <input type="checkbox"/> Desconocido
	<input type="checkbox"/> Defectuoso <input type="checkbox"/> De otra coordinación
	<input type="checkbox"/> Otros:
Area / Persona Responsable	
Acciones	<input type="checkbox"/> Reubicarlo <input type="checkbox"/> Investigacion
	<input type="checkbox"/> Otra Acción:
Fecha Limite Retiro	

Figura 25. Etiqueta amarilla

Fuente: Autor

ETIQUETA VERDE (Necesario)	
Fecha	
Nombre Objeto	
Tag/N°Inventario	
Número Etiqueta	
Clasificación	<input type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Herramientas
	<input type="checkbox"/> Inventario <input type="checkbox"/> Objetos personales
	Otros: <input type="checkbox"/>
Valor Estimado	
Razón para Reubicar	<input type="checkbox"/> Raramente usado <input type="checkbox"/> Sobrante, Exceso
	<input type="checkbox"/> No ocasionalmente <input type="checkbox"/> Defectuoso
	<input type="checkbox"/> Otros:
Area / Persona Responsable	
Acciones	<input type="checkbox"/> Repararlo <input type="checkbox"/> Organizarlo
	<input type="checkbox"/> Reubicación <input type="checkbox"/> Limpiar
	<input type="checkbox"/> Otra Acción:
Fecha Limite Reubicación	

Figura 26. Etiqueta verde

Fuente: Autor

En el Anexo 21. Se puede encontrar el formato del plan de acción que se implantó en los grupos de la coordinación Correctivo en Áreas.

A continuación se presentan las fotografías de las áreas donde se evidenciaron oportunidades de mejora y los resultados que se obtuvieron.

GRUPO VII

Grupo VII es un área de trabajo que consta de oficinas y vistieres y es donde se ubica la cuadrilla de Refinación de fondos. En la figura 27 se observa un antes de una de las oficinas y en la figura 28 se observa el después.

Antes

- Los documentos no se encuentran archivados.
- Las herramientas no están ubicadas en su respectivo lugar.



Figura 27. Oficina antes de Grupo VII

Fuente: Autor

Después

- Los documentos se encuentran perfectamente ordenados y archivados.
- La oficina se encuentra ordenada provocando mayor facilidad de operación.



Figura 28. Oficina- Después Grupo VII
Fuente: Autor

GRUPO I

Grupo I es un área de trabajo que consta de oficinas, vestieres y un taller. En esta área se localizan las cuadrillas de Crackin III y Refinación de Crudos. En la figura 29 se observa el antes del taller y en la figura 30 se observa el después.

Antes

- No se cuenta con una ubicación exacta para cada una de las herramientas.
- Las herramientas no se encuentran rotuladas.
- Se encuentran con materiales y herramientas inútiles y por reparar.



Figura 29. Taller- Grupo I

Fuente: Autor

Después



Figura 30. Taller- Grupo I

Fuente: Autor

GRUPO VII

Grupo VIII es un área de trabajo que consta de oficinas, vistieres y un taller. En esta área se localiza las cuadrillas de Servicios Industriales Refinería. En la figura 31 se observa el antes del taller y en la ilustración 32 se observa el después.

Antes

- Las herramientas se encuentran mal ubicadas.



Figura 31. Taller- Grupo VIII

Fuente: Autor

Después

- Las herramientas se encuentran ubicadas en un sitio establecido y conocido por todos.



Figura 32. Bodega de Herramientas- Grupo VIII

Fuente: Autor

8.10 Sistema de colas aplicado a la cuadrilla de Parafinas

En base a los resultados obtenidos en la medición de los tres indicadores utilización, desempeño y calidad se observa que la cuadrilla de Parafinas tiene los indicadores más bajos; por tal motivo, se hace necesario realizar un modelo de colas donde se conozca a fondo los tiempos medios de espera por las máquinas y las probabilidades de que los mantenedores estén ocupados o libres en su jornada laboral.

En la figura 33 se observa el diagrama de operaciones de una de las plantas de parafinas dedicada a la planta de extracción de Fenol.

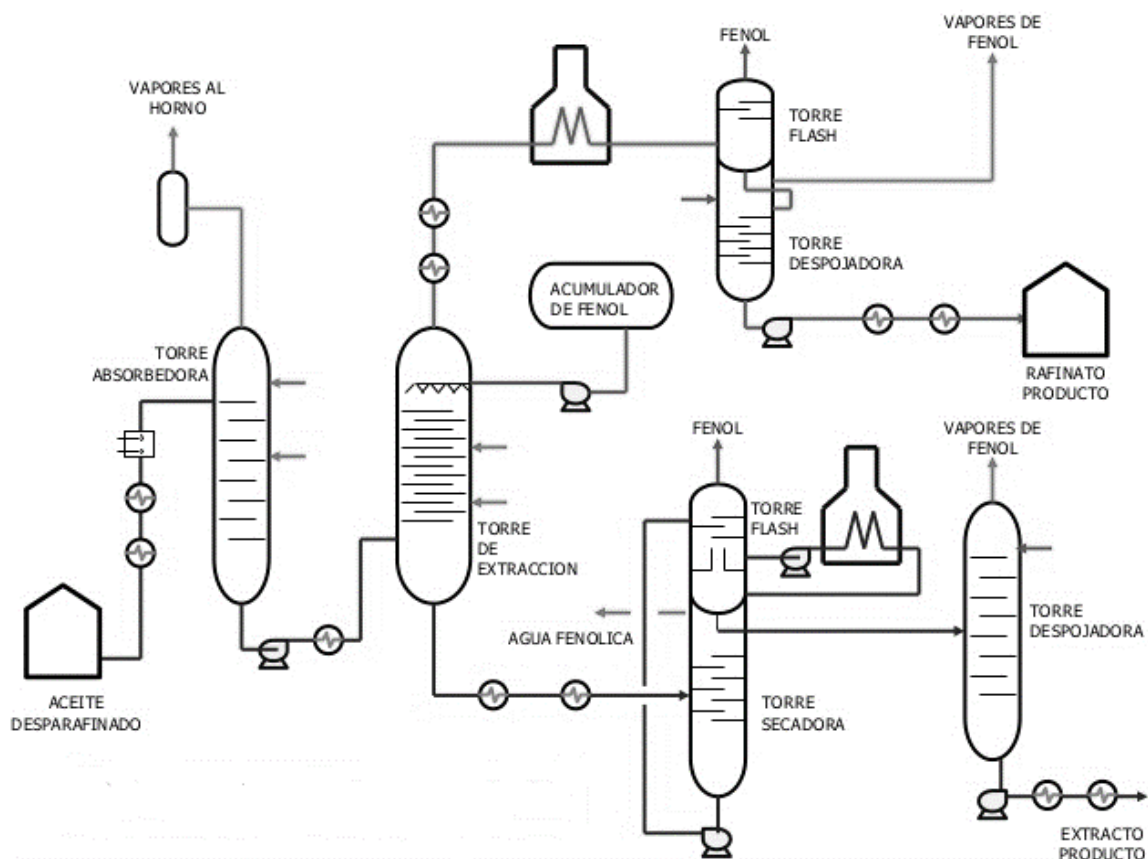


Figura 33. Planta de extracción de Fenol

Autor. Ecopetrol S.A

En la figura 34 se observa la simbología utilizada en el diagrama de operaciones de una de las plantas de parafinas dedicada a la planta de extracción de Fenol cuyo fin es incrementar

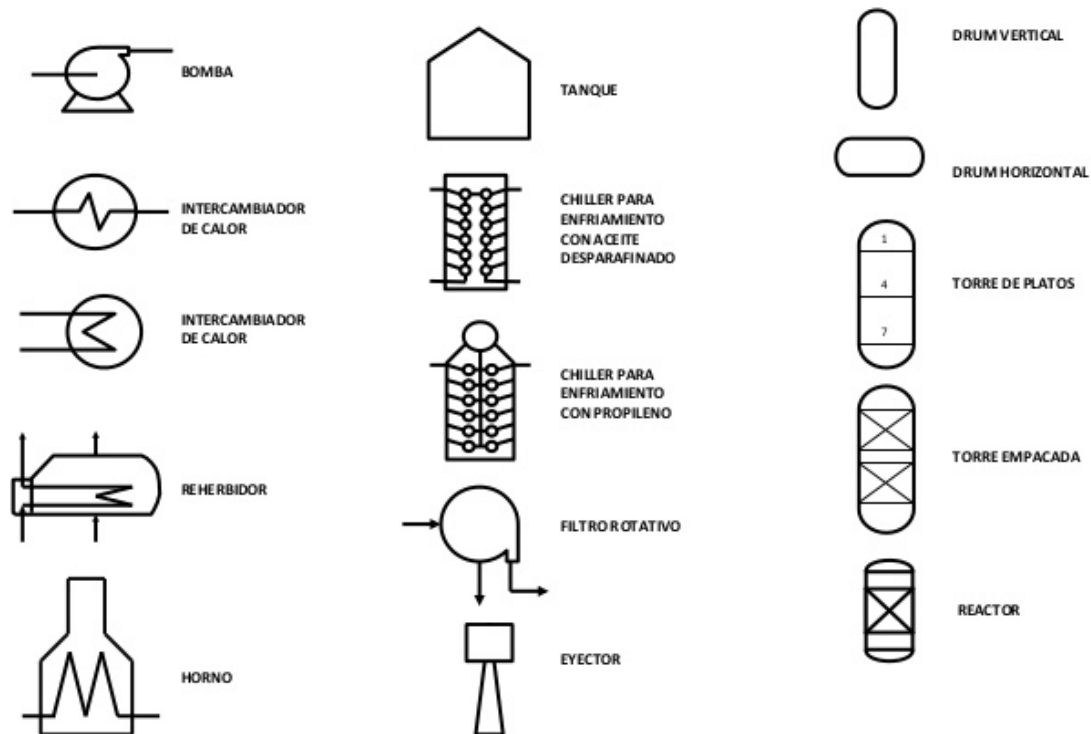


Figura 34. Simbología

Autor: Ecopetrol

A través de los datos que se obtuvieron para hallar el indicador de desempeño se encontraron los tiempos de llegada y de servicio por cada una de las especialidades que conforman la cuadrilla de Parafinas.

- Especialidad de electricistas

A través de un análisis de datos que se realizó con el programa Arena se calcula que en media llegan 24 equipos por semana cumpliendo una distribución poisson como se observa en la figura 35 que cada pareja de electricistas puede atender 13 equipos por

semana y el cumple una función exponencial como se ilustra en la figura 36. Es decir $\lambda=24/$ sem y $\mu=13/$ sem. Además en la cuadrilla de cracking 1 se cuenta con 2 electricistas.

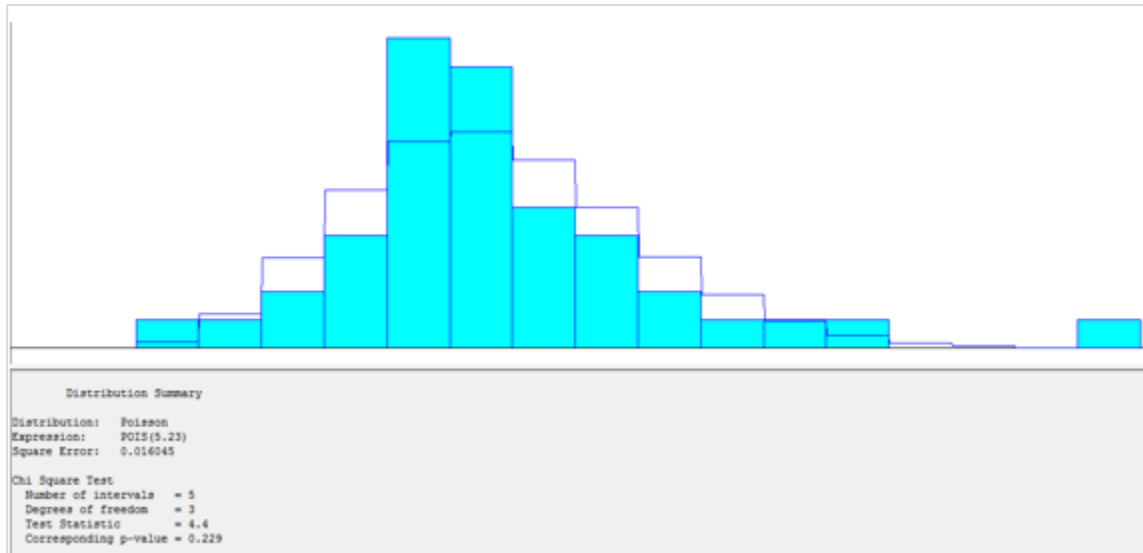


Figura 35. Distribución de tiempo de llegadas para electricistas

Fuente: Autor

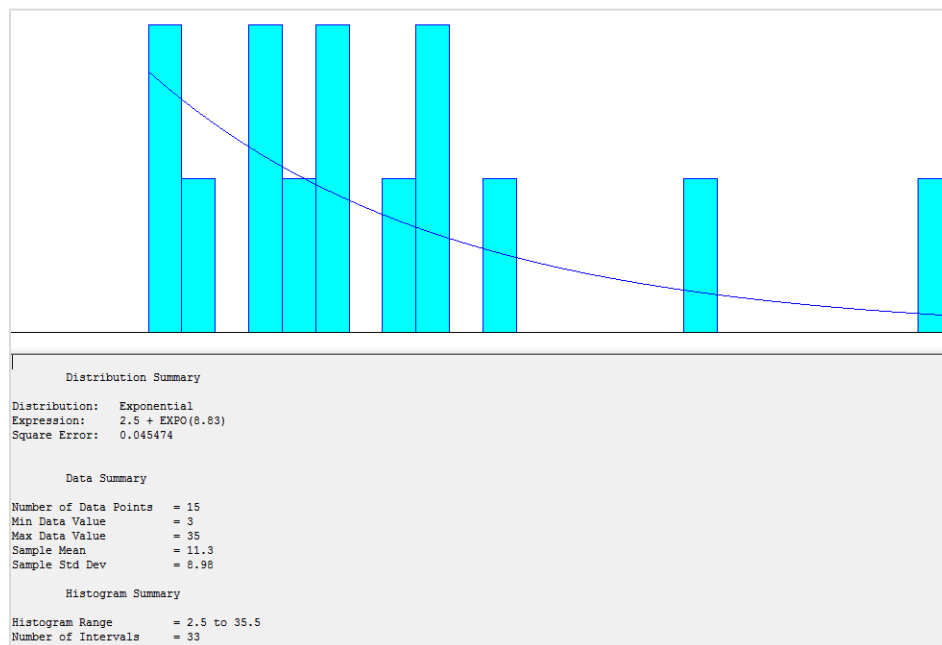


Figura 36. Distribución de tiempos de servicio para electricistas

Fuente: Autor

En la tabla 8, se presentan los resultados después de aplicar las fórmulas de un modelo múltiples de colas.

Tabla 8. Modelo múltiple de colas aplicado a electricistas

Número Eléctricistas	2	3
Probabilidad de que todos los electricistas estén libres P_0	0,04	0,1374
Probabilidad de que todos los electricistas estén ocupados P_w	0,8861	0,3746
Número medio de equipos en el sistema L_s	12,48	2,4455
Número medio de equipos en cola L_q	10,633	0,5993
Tiempo medio de un equipo en el sistema W_s	0,52	0,1018
Tiempo medio de un equipo en cola W_q	0,443	0,0249

Fuente: Autor

En la tabla 8, se puede observar que si se añade un nuevo electricista, el tiempo por espera de cada máquina en el sistema pasa de 0,52 semanas a 0,10 semanas. También se puede observar que si se contara con tres electricistas el tiempo de espera en la cola es insignificante. Por lo tanto el objetivo del departamento de Mantenimiento se cumple al contratar un nuevo electricista.

- Especialidad de Mecánicos

A través del análisis realizado con el programa Arena se calcula que en media llegan 14 equipos por semana y cumplen una distribución poisson como se observa en la figura 37 que cada pareja de electricistas puede atender 13 equipos por semana y se ajusta a una distribución exponencial como se ilustra en la figura 38. Finalmente, se cuenta con dos canales de servicio.

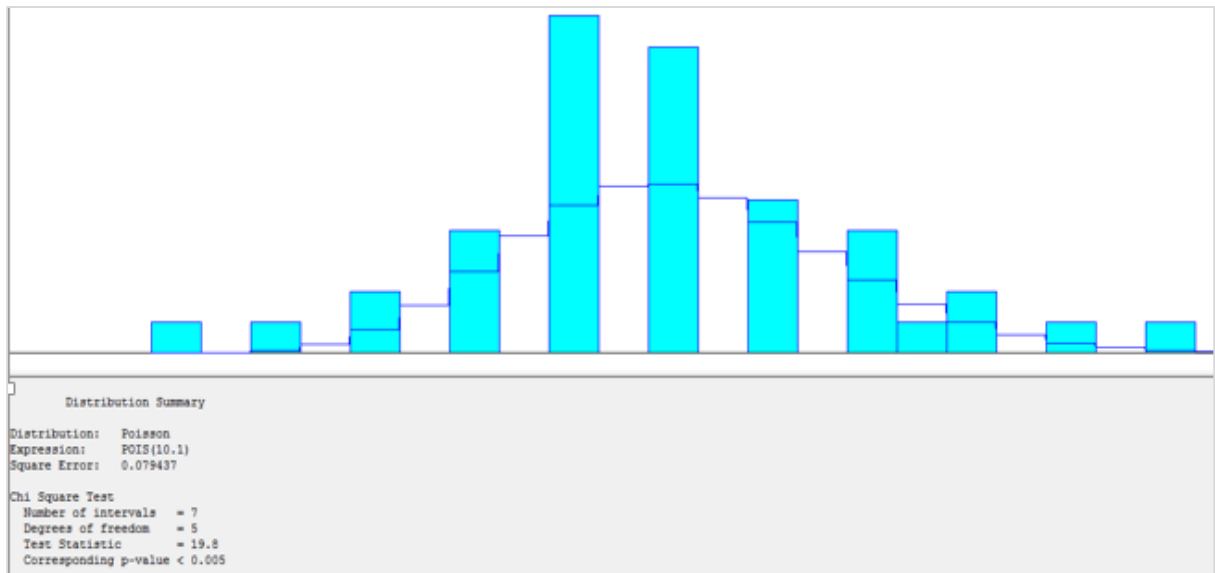


Figura 37. Distribución de tiempo de llegadas para mecánicos

Fuente: Autor

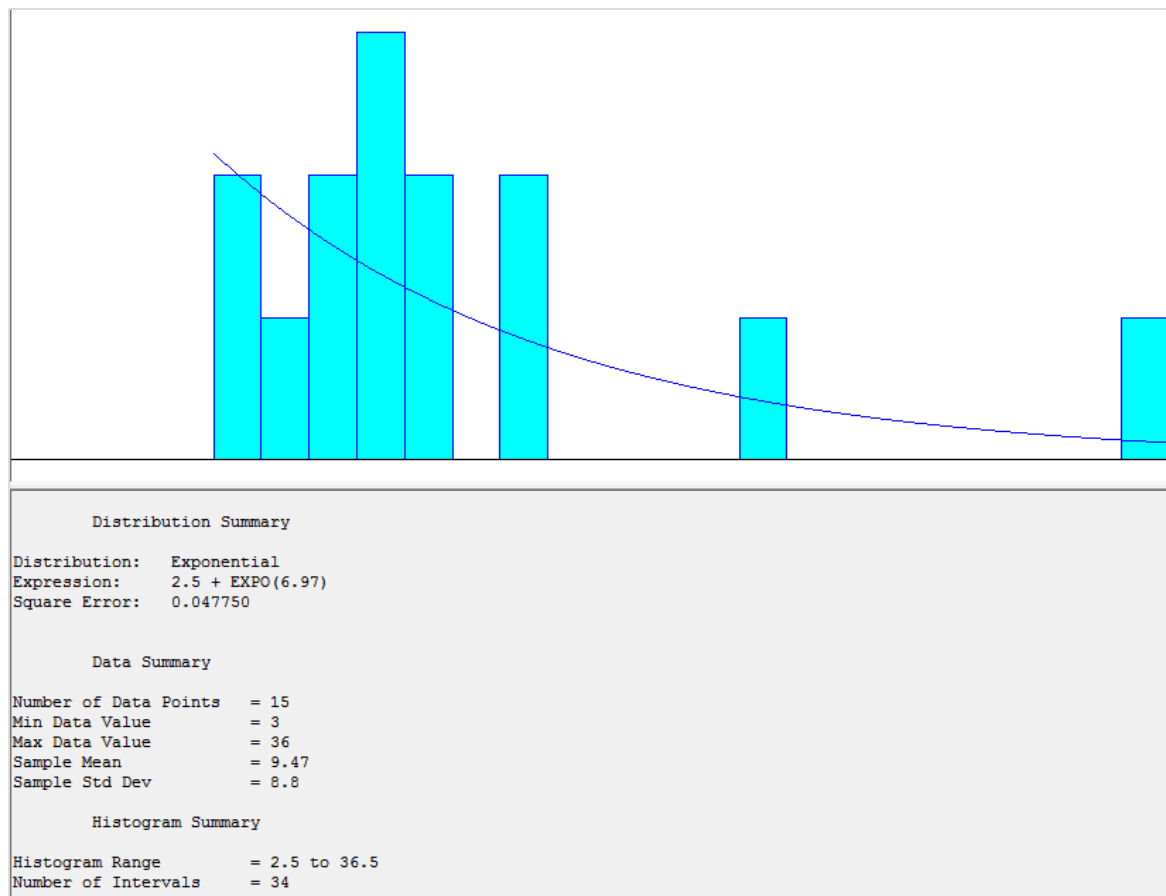


Figura 38. Distribución de tiempos de servicio para mecánicos

Fuente: Autor

En la tabla 9, se presentan los resultados después de aplicar las fórmulas de un modelo múltiples de colas.

Tabla 9. Modelo múltiple de colas aplicado a mecánicos

Probabilidad de que todos los mecánicos estén libres P_0	0,125
Probabilidad de que todos los mecánicos estén ocupados P_w	0,6805
Número medio de equipos en el sistema L_s	3,9375
Número medio de equipos en cola L_q	2,3819
Tiempo medio de un equipo en el sistema W_s	0,2812
Tiempo medio de un equipo en cola W_q	0,7013

Fuente: Autor

Según los datos obtenidos, se observa que los mecánicos tienen un tiempo ocioso de 12,5% y que el tiempo medio de un equipo en el sistema es de 0,2812 por semana.

- Especialidad Instrumentistas

A través del análisis realizado con el programa Arena se calcula que en media llegan 9 equipos por semana y cumplen una distribución poisson como se observa en la figura 39 que cada pareja de electricistas puede atender 12 equipos por semana y se ajusta a una distribución exponencial como se ilustra en la figura 40. Finalmente, se cuenta con dos canales de servicio. Es decir $\lambda=9/\text{sem}$ y $\mu=12/\text{sem}$. Además en la cuadrilla de cracking I se cuenta con 2 instrumentistas.

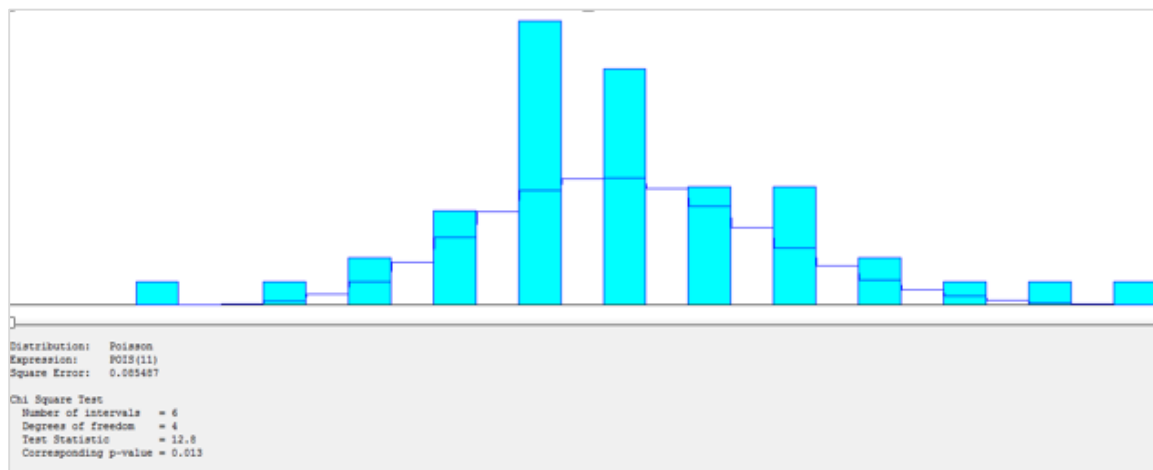


Figura 39. Distribución de tiempos de llegada para instrumentista

Fuente: Autor

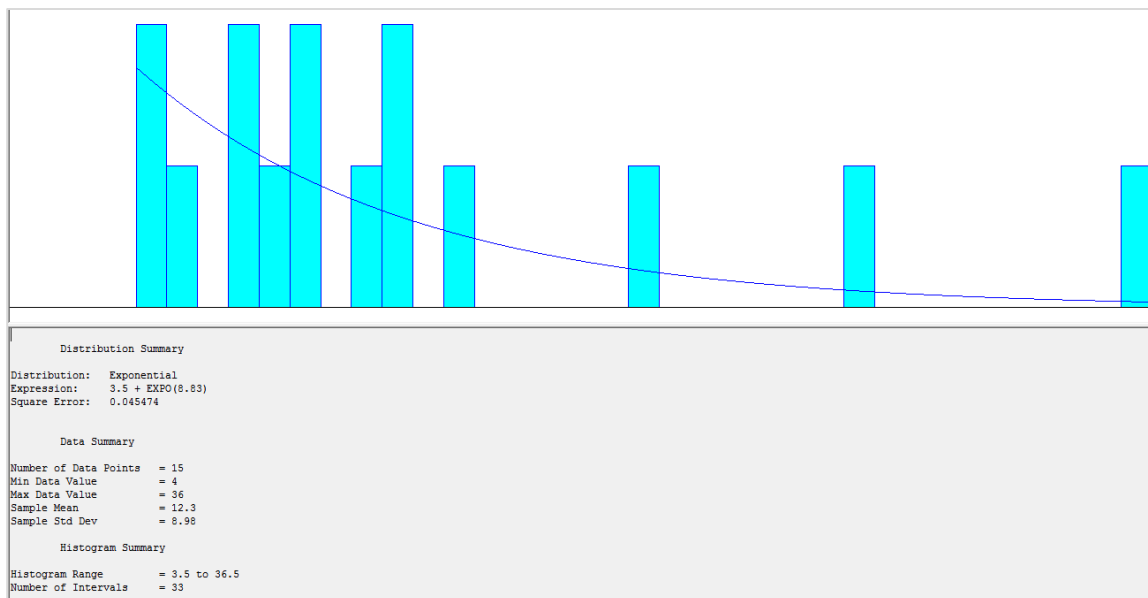


Figura 40. Distribución de tiempos de servicio para instrumentista

Fuente: Autor

En la tabla 11 se presentan los resultados después de aplicar las fórmulas de un modelo múltiples de colas.

Tabla 10. Modelo múltiple de colas aplicado a instrumentistas

Probabilidad de que todos los instrumentistas estén libres P_o	0,4545
Probabilidad de que todos los instrumentistas estén ocupados P_w	0,20452
Número medio de equipos en el sistema L_s	0,87271
Número medio de equipos en cola L_q	0,122715
Tiempo medio de un equipo en el sistema W_s	0,0969
Tiempo medio de un equipo en cola W_q	0,01363

Según los datos obtenidos se puede observar que la probabilidad de que todos los instrumentistas estén libres es del 45,45%. Además, se observa que el tiempo medio de espera en la cola es insignificante. Por tal motivo es recomendable que a los instrumentistas se les asignen otras ordenes de mantenimiento y así se evitan tiempos ociosos e inefectivos.

8.11 Cuadro de mando integral

El indicador de eficiencia operacional del proceso (OCE) y sus factores el indicador de utilización, desempeño y calidad tienen un efecto significativo en las estrategias que se estipularon en el cuadro de mando para el departamento de mantenimiento. Analizar los tres indicadores permite hacer seguimiento al cumplimiento eficaz de los hitos de mantenimiento.

Saber establecer y comunicar la estrategia corporativa para alinear los recursos y las personas en una dirección determinada no es tarea sencilla, por eso el Departamento de Mantenimiento estableció un cuadro de mando que resulta de gran ayuda para lograrlo. A través de los indicadores de utilización, desempeño y calidad, se obtuvo información periódica para un mejor seguimiento en el cumplimiento de los objetivos establecidos previamente, y una visión clara del desarrollo de la estrategia. Así, y gracias a esta inteligencia empresarial, la toma de decisiones resulta más sencilla y certera, y se pueden corregir las desviaciones a tiempo.

Uno de los hitos o metas en la perspectiva financiera es incrementar en utilización del 62% al 65% (5,5 a 5,8 HH efectivas), actualmente se obtiene que los trabajadores son en promedio 59,78% efectivos es decir de sus 9 horas de trabajo diarias 5,27 h son efectivas. El factor de utilización es uno de los indicadores en que más se deben destinar esfuerzos para mitigar el tiempo inefectivo. En la figura 35, se muestra cada una de las estrategias que están articuladas al factor OCE.

A través del cálculo de los indicadores se logran los siguientes beneficios:

1. Ofrece una amplia visión para un seguimiento detallado de la marcha del negocio, que engloba muchos aspectos, y permite observar otras variables decisivas en el buen desarrollo de la empresa.

2. Contempla la evolución del departamento de Mantenimiento desde una perspectiva amplia, permite planificar estrategias a corto plazo, además de generar la información necesaria para tomar también decisiones rápidas y evitar así situaciones indeseadas.

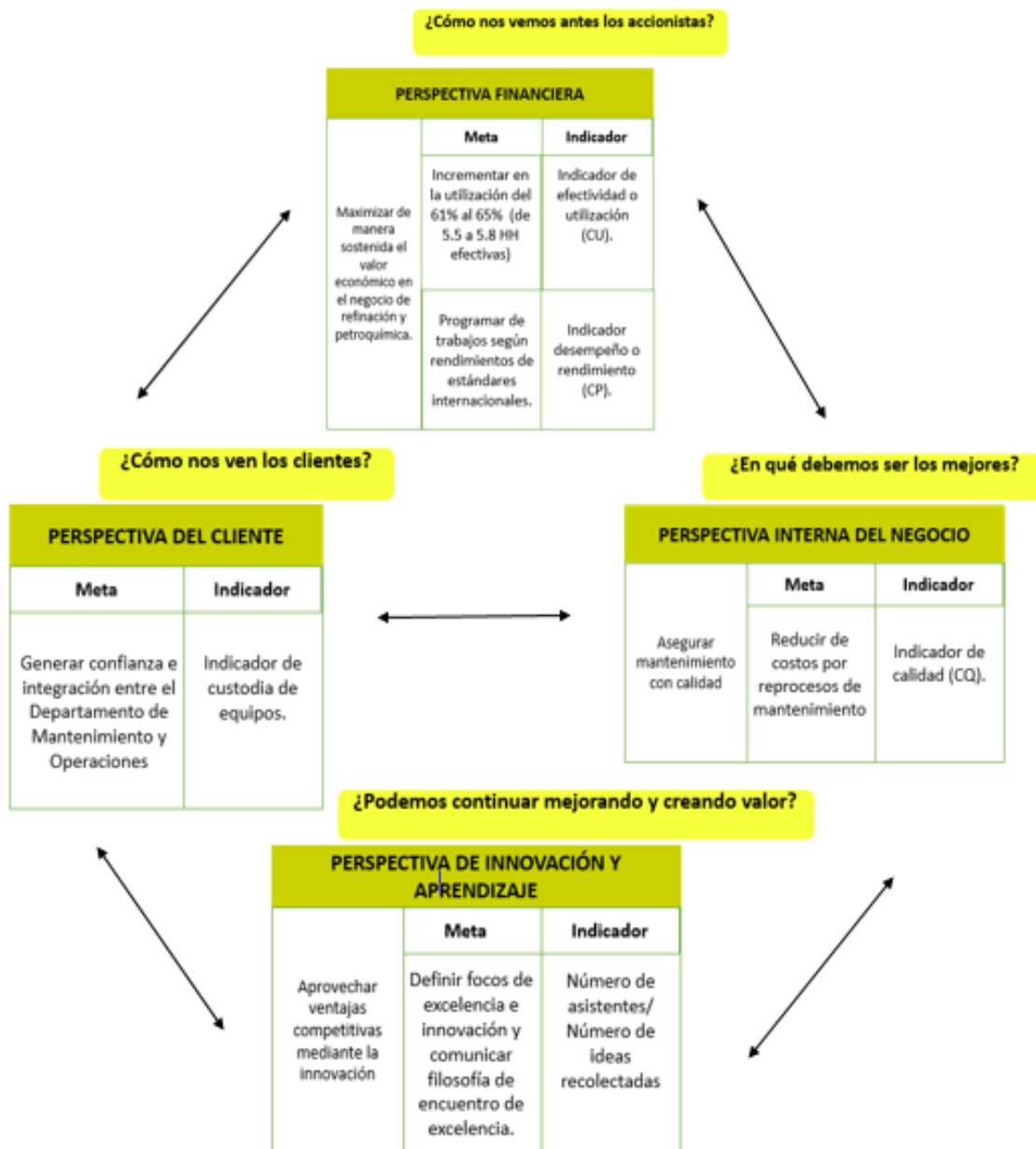


Figura 41. Cuadro de Mando Integral

Fuente: Auto

Capítulo 9

Conclusiones

- No se cuenta con un excelente alistamiento de herramientas y materiales, debido a la falta de planeación por parte de los mantenedores.
- Los trabajadores con más años de trabajo en la empresa realizan Maniobras no adecuadas al momento de ejecutar una orden de trabajo ocasionando un posible accidente laboral, ya que ellos ejecutan sus actividades de una forma tradicional.
- El alistamiento no planeado sucede por descuido de los mantenedores, por cambio en el alcance de los órdenes de mantenimiento y por falta de materiales.
- En la bodega de herramientas del taller de mecánica se observan dificultades en cuanto a la tramitología sobre el préstamo de herramientas, no se tiene control sobre quien tiene las herramientas y no se cuenta con un buen servicio al cliente.
- De forma constante se cruzan las órdenes de mantenimiento provocando tiempos de espera por terminación de otros trabajos, este hecho se debe a errores en la programación de las actividades. Se observa que los metalmecánicos llegan a intervenir un equipo cuando ni siquiera los eléctricos han aplicado el sistema de aislamiento seguro (SAS).
- El taller de la cuadrilla de servicios Industriales no cumple con las condiciones óptimas para desarrollar las labores, se encuentra suciedad, desorden y excremento de murciélagos provocando desanimo en los trabajadores.
- La apertura de permisos se considera un factor determinante en los tiempos no efectivos, su causa se debe a que al momento de abrir el permiso, el operador encargado de la planta se encontraba realizando otras de sus labores
- La mayoría de trabajadores del Taller de Metalistería tienen restricciones médicas por lo tanto dedican tiempo a citas médicas y terapias.
- Durante las mediciones se registraron retrasos en la hora de entrada de los mantenedores por los llamados “Meetings” que realiza Unión Sindical Obrera a la entrada de la puerta principal de la Refinería.

- Al realizar el diagrama Causa-Efecto se observa que las causas que ocasionan el 80% de las horas no efectivas son reunión de inicio de turno, descanso, alistamiento de materiales, alistamiento operacional y salida.
- Un factor importante claramente destacado y encontrado en las auditorías realizadas es el tema de orden y aseo, un tema que notoriamente está afectando a la coordinación de Correctivo en Áreas. Actualmente se ha observado el impacto negativo que produce la búsqueda de herramientas y materiales debido a que los utensilios no están ubicados en un lugar establecido y conocido por todos.
- En los grupos I,VII y VIII de la coordinación Correctivo en Áreas se lograron cambios positivos significativos y productivos a través de la implementación de las 5's
- El factor de Utilización (CU) se encuentra en 59,78%, lo que significa que el tiempo improductivo que equivale a 40,22% genera un gran bache entre el tiempo disponible del personal y el utilizado de forma eficiente.
- El factor de desempeño o rendimiento en promedio es de 86% lo que significa que los mantenedores tardan más en ejecutar un orden de mantenimiento que lo planeado, esto se debe a que los metalistas y soldadores son personas que oscilan entre los 45 y 60 años de edad y cuentan con restricciones medicas laborales. Además, las altas temperaturas de la ciudad de Barrancabermeja, el diseño de algunas plantas que obstaculizan la ejecución de actividades y el cambio del alcance de unas órdenes de mantenimiento provocan que los tiempos estimados para realizar las actividades se sobrepasen.
- El factor de Calidad al año 2016 lleva un acumulado de 99,89% y la meta para el mismo año es del 99,7% lo que significa que el Departamento brinda un servicio de mantenimiento con excelente calidad.
- El Indicador de eficiencia general del proceso para el primer semestre del año 2016 se registra en 51,26% y según los Rangos dados por el investigador Peters Ralph se encuentra en un rango medio.
- A través de los indicadores de utilización, desempeño y calidad, se obtuvo información periódica para un mejor seguimiento en el cumplimiento de los

objetivos establecidos previamente, y una visión clara del desarrollo de la estrategia estipuladas en el cuadro de mando.

Capítulo 10

Recomendaciones

- Generar el hábito en los trabajadores de leer el instructivo que explica al detalle la actividad que se va a realizar, con el fin de evitar tiempos inefectivos por olvido de materiales y herramientas que son vitales al momento de ejecutar.
- Aplicar uno de los principios de la economía de Movimientos: “Distribución del lugar de trabajo” abordados principalmente por Frank Bunker y Lillian Moller, cuyo legado aporta que debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.
- Mejorar la comunicación entre supervisor de cuadrilla, líder de operaciones y de confiabilidad, con el fin de lograr acercamiento y clima de confianza entre ellos, logrando una mejora en la comunicación ante diversos cambios no contemplados en las ordenes de mantenimiento.
- Perfeccionar la programación de las órdenes de mantenimiento supervisando la reunión de la 3:00 pm que se realiza a diario.
- Realizar alistamiento de materiales y documentar tareas cuando existan tiempos de espera por falta de trabajo o por lluvias, logrando tiempos productivos.
- Formar una cultura de trabajo limpio y seguro en los trabajadores evitando derrames de productos químicos o líquidos que amplían las posibilidades de resbalones y caídas.
- Realizar un stock de materiales y repuestos en cada bodega de los grupos en pro de ser más eficientes y evitar tiempo en traslados a la central de materiales y en generar órdenes de compra.
- Lograr el compromiso de los trabajadores con los principios de la herramienta 5’S.
- Mejorar el control por parte de los supervisores sobre la hora de salida de los trabajadores según lo estipulado en el Reglamento Interno de Trabajo.

Lista de Referencias

- Amaya, J. A. (2009). *Métodos cuantitativos para la administración*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Ecopetrol. (3 de Marzo de 2016). *Nuestra Historia*. Obtenido de http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/?urile=wcm%3Apath%3A/Ecopetrol_ES/Ecopetrol/nuestra-empresa/Quienes-Somos/acerca-de-nosotros/Nuestra+Historia
- Ecopetrol. (2 de Febrero de 2016). *Quienes Somos*. Obtenido de <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/lo-que-hacemos>
- Fundación de Investigaciones Economicas de Latinoamerica. (2002). *PRODUCTIVIDAD, COMPETITIVIDAD Y EMPRESAS*. Obtenido de <http://www.fiel.org/publicaciones/Libros/productividad.pdf>
- González, L. P. (6 de Febrero de 2016). Proceso de Mantenimiento. (L. C. R., Entrevistador)
- INFOTEP. (2006). *Metodología de medición y mejoramiento de la productividad empresarial*. Obtenido de https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/docref/metodologia_simapro_rep_dom.pdf
- Línea Ética Ecopetrol. (2 de Febrero de 2016). *Nuestros principios*. Obtenido de http://www.ecopetrol.com.co/especiales/codigoEtica_/nuestros_codEtica.html
- Olavarrieta, J. (2000). Conceptos generales de productividad, sistemas normalización y competitividad. Mexico. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=EXzhFaRE9rUC&pg=PA49&dq=que+es+productividad&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj_hNb67Y7OAhXEJx4KHeAQCsoQ6AEIODAB#v=onepage&q=que%20es%20productividad&f=false
- Padilla, J. L. (2015). *Técnicas e instrumentos de medición de productividad y calidad*. Obtenido de Guía técnica N. 4: [http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/PDF%5CPublicaciones_completas\(Productividad\)%5C18_Tecnicas_e_instrumentos_de_medicion_de_calidad-product.pdf](http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/PDF%5CPublicaciones_completas(Productividad)%5C18_Tecnicas_e_instrumentos_de_medicion_de_calidad-product.pdf)
- Peters, R. W. (Febrero de 2014). *Measuring Overall Craft Effectiveness (OCE)*. Obtenido de <http://www.plant-maintenance.com/articles/OCE1.pdf>
- Prokopenko, J. (2007). *La Gestion de la Productividad*. Obtenido de http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1987/87B09_433_span.pdf
- Puente, W. (5 de Febrero de 2016). *Técnica de Investigación*. Obtenido de <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>
- Sarmiento, E. (Febrero de 2016). Los cinco puntos que complican el panorama de Ecopetrol. *El colombiano*. Obtenido de

http://www.elcolombiano.com/historico/los_5_puntos_que_complican_el_panorama_de_ecopetrol_en_2014-BAEC_277547

Sinnexus. (6 de Abril de 2016). *Cuadro de Mando Integral*. Obtenido de http://www.sinnexus.com/business_intelligence/cuadro_mando_integral.aspx

Anexos

Anexo 1. Medición de Refinación de Fondos

REFINACIÓN DE FONDOS				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	18	0,30	3,33%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	7,5	0,13	1,39%
A 03	Alistamiento Operacional	13,5	0,23	2,50%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	18,5	0,31	3,43%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	30,5	0,51	5,65%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	13,5	0,23	2,50%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	10	0,17	1,85%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	67	1,12	12,41%
A 11	Tiempo Ocupacional	25,5	0,43	4,72%
A 12	Descanso	17,5	0,29	3,24%
A 13	Espera por falta de transporte.	5	0,08	0,93%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	287	4,78	53,15%
A 18	Salida	26,5	0,44	4,91%
-	HORAS EFECTIVAS	287	4,78	53,15%
-	HORAS NO EFECTIVAS	253	4,22	46,85%

CAPACIDAD	540	9
------------------	-----	---

Fuente: Autor

Anexo 2. Medición de Parafinas

PARAFINAS				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	17,5	0,29	3,24%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	5	0,08	0,93%
A 03	Alistamiento Operacional	9	0,15	1,67%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	2,5	0,04	0,46%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	13,5	0,23	2,50%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	2,5	0,04	0,46%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	2,5	0,04	0,46%
A 08	Espera por servicio de materiales.	4	0,07	0,74%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	32,5	0,54	6,02%
A 10	Almuerzo	65	1,08	12,04%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	19	0,32	3,52%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	37,5	0,63	6,94%
A 17	Ejecución	307	5,12	56,85%
A 18	Salida	22,5	0,38	4,17%
-	HORAS EFECTIVAS	307	5,12	56,85%
-	HORAS NO EFECTIVAS	233	3,88	43,15%

CAPACIDAD	540	9
-----------	-----	---

Fuente: Autor

Anexo 3. Medición de Servicios Industriales Balance

SERVICIOS INDUSTRIALES BALANCE				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	27,5	0,46	5,09%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	5	0,08	0,93%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	2,5	0,04	0,46%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	6	0,10	1,11%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	60	1,00	11,11%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	30	0,50	5,56%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	409	6,82	75,74%
A 18	Salida	0	0,00	0,00%
-	HORAS EFECTIVAS	409	6,82	75,74%
-	HORAS NO EFECTIVAS	131	2,18	24,26%

CAPACIDAD	540	9
------------------	-----	---

Fuente: Autor

Anexo 4. Medición de Refinación de Crudos

REFINACIÓN DE CRUDOS				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	32,5	0,54	6,02%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	15	0,25	2,78%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	0	0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	32,5	0,54	6,02%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	10	0,17	1,85%
A 08	Espera por servicio de materiales.	7,5	0,13	1,39%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	4	0,07	0,74%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	32,5	0,54	6,02%
A 13	Espera por falta de transporte.	5	0,08	0,93%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	25	0,42	4,63%
A 17	Ejecución	271	4,52	50,19%
A 18	Salida	7,5	0,13	1,39%
-	HORAS EFECTIVAS	271	4,52	53,54%
-	HORAS NO EFECTIVAS	239	3,98	44,26%

CAPACIDAD	510	9
------------------	-----	---

Fuente: Autor

Anexo 5. Medición de Cracking III

CRACKING III				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	0	0,00	0,00%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	25	0,42	4,63%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área	4	0,07	0,74%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	23,5	0,39	4,35%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	5	0,08	0,93%
A 09	Espera por Herramientas.	12,5	0,21	2,31%
A 10	Almuerzo	85	1,42	15,74%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	5	0,08	0,93%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	350	5,83	64,81%
A 18	Salida	30	0,50	5,56%
-	HORAS EFECTIVAS	350	5,83	64,81%
-	HORAS NO EFECTIVAS	190	3,17	35,19%

CAPACIDAD	540	9
------------------	-----	---

Fuente: Autor

Anexo 6. Medición de Ambiental

AMBIENTAL				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	50	0,83	10,75%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	20	0,33	4,30%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	3,5	0,06	0,75%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	67,5	1,13	14,52%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	17,5	0,29	3,76%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	302	5,03	64,95%
A 18	Salida	4,5	0,08	0,97%
-	HORAS EFECTIVAS	302	5,03	64,95%
-	HORAS NO EFECTIVAS	163	2,72	35,05%

CAPACIDAD	465	7,75
------------------	-----	------

Fuente: Autor

Anexo 7. Medición de Cracking II

CRACKING II				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	0	0,00	0,00%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	26,5	0,44	4,91%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	13,5	0,23	2,50%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	17,5	0,29	3,24%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	69	1,15	12,78%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	17,5	0,29	3,24%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	12,5	0,21	2,31%
A 17	Ejecución	351	5,85	65,00%
A 18	Salida	32,5	0,54	6,02%
-	HORAS EFECTIVAS	351	5,85	65,00%
-	HORAS NO EFECTIVAS	189	3,15	35,00%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 8. Medición de Servicios Industriales Refinería

Servicios Industriales Refinería				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	25	0,42	5,21%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	8,5	0,14	1,77%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	5,5	0,09	1,15%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	8,5	0,14	1,77%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	7,5	0,13	1,56%
A 10	Almuerzo	67,5	1,13	14,06%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	15	0,25	3,13%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	5	0,08	1,04%
A 17	Ejecución	320	5,33	66,67%
A 18	Salida	17,5	0,29	3,65%
-	HORAS EFECTIVAS	320	5,33	66,67%
-	HORAS NO EFECTIVAS	160	2,67	33,33%

CAPACIDAD	480	8,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 9. Medición de Petroquímica

PETROQUÍMICA				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	10	0,17	1,85%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	43,5	0,73	8,06%
A 03	Alistamiento Operacional	20	0,33	3,70%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	6,5	0,11	1,20%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	22,5	0,38	4,17%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	72,5	1,21	13,43%
A 11	Tiempo Ocupacional	0	0,00	0,00%
A 12	Descanso	17,5	0,29	3,24%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	0	0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	326	5,43	60,37%
A 18	Salida	21,5	0,36	3,98%
-	HORAS EFECTIVAS	326	5,43	60,37%
-	HORAS NO EFECTIVAS	214	3,57	39,63%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 10. Medición de Cracking I

CRACKING I				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	15	0,25	3,13%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	15	0,25	3,13%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	10	0,17	2,08%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	15	0,25	3,13%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	70	1,17	14,58%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	30	0,50	6,25%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	290	4,83	60,42%
A 18	Salida	35	0,58	7,29%
-	HORAS EFECTIVAS	290	4,83	60,42%
-	HORAS NO EFECTIVAS	190	3,17	39,58%

CAPACIDAD	480	8,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 11. Medición del Taller de Mecánica

Taller de Mecánica				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno		0,00	0,00%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	20	0,33	3,70%
A 03	Alistamiento Operacional	20	0,33	3,70%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.		0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.		0,00	0,00%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	25	0,42	4,63%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	72	1,20	13,33%
A 11	Tiempo Ocupacional	30	0,50	5,56%
A 12	Descanso	15	0,25	2,78%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	325	5,42	60,19%
A 18	Salida	33	0,55	6,11%
-	HORAS EFECTIVAS	325	5,42	60,19%
-	HORAS NO EFECTIVAS	215	3,58	39,81%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 12. Medición de Taller de Metalmecánica

Taller de Metalistería				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	35	0,58	6,48%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	8	0,13	1,48%
A 03	Alistamiento Operacional	0	0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	0	0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	2,5	0,04	0,46%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.	0	0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.	0	0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	0	0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.	40	0,67	7,41%
A 10	Almuerzo	75	1,25	13,89%
A 11	Tiempo Ocupacional	7,5	0,13	1,39%
A 12	Descanso	28,5	0,48	5,28%
A 13	Espera por falta de transporte.	0	0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	12,5	0,21	2,31%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	0	0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)	0	0,00	0,00%
A 17	Ejecución	311	5,18	57,59%
A 18	Salida	20	0,33	3,70%
-	HORAS EFECTIVAS	311	5,18	57,59%
-	HORAS NO EFECTIVAS	229	3,82	42,41%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 13. Medición de Taller de Sellos y Gobernadores

Taller de Sellos y Gobernadores				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno		0,00	0,00%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	35	0,58	6,48%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.		0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.		0,00	0,00%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.	70	1,17	12,96%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	75	1,25	13,89%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	30	0,50	5,56%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	290	4,83	53,70%
A 18	Salida	40	0,67	7,41%
-	HORAS EFECTIVAS	290	4,83	53,70%
-	HORAS NO EFECTIVAS	250	4,17	46,30%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 14. Medición Taller de Tuberías

Taller de Tuberías				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	12	0,20	2,22%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	45	0,75	8,33%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.		0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.		0,00	0,00%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	80	1,33	14,81%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	30	0,50	5,56%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	324	5,40	60,00%
A 18	Salida	50	0,83	9,26%
-	HORAS EFECTIVAS	323	5,38	59,81%
-	HORAS NO EFECTIVAS	217	3,62	40,19%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 15. Medición Taller de Máquinas y Herramientas

Taller de Máquinas y Herramientas				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno		0,00	0,00%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	30	0,50	6,25%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.		0,00	0,00%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.		0,00	0,00%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	70	1,17	14,58%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	10	0,17	2,08%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.	20	0,33	4,17%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	300	5,00	62,50%
A 18	Salida	50	0,83	10,42%
-	HORAS EFECTIVAS	300	5,00	62,50%
-	HORAS NO EFECTIVAS	180	3,00	37,50%

CAPACIDAD	480	8,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 16. Medición Taller de Válvulas

Taller de Válvulas				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	25	0,42	4,90%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	10	0,17	1,96%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	10	0,17	1,96%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	25	0,42	4,90%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	90	1,50	17,65%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso		0,00	0,00%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.	105	1,75	20,59%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	185	3,08	36,27%
A 18	Salida	60	1,00	11,76%
-	HORAS EFECTIVAS	185	3,08	36,27%
-	HORAS NO EFECTIVAS	325	5,42	63,73%

CAPACIDAD	510	8,5
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 17. Medición Taller Eléctrico

Taller Eléctrico				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	25	0,42	4,63%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	10	0,17	1,85%
A 03	Alistamiento Operacional	115	1,92	21,30%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	6	0,10	1,11%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	19	0,32	3,52%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	50	0,83	9,26%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	20	0,33	3,70%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	295	4,92	54,63%
A 18	Salida		0,00	0,00%
-	HORAS EFECTIVAS	295	4,92	54,63%
-	HORAS NO EFECTIVAS	245	4,08	45,37%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 18. Medición Taller de Instrumentos

Taller de Instrumentos				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	40	0,67	7,41%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	10	0,17	1,85%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	5	0,08	0,93%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	25	0,42	4,63%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	60	1,00	11,11%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	25	0,42	4,63%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	340	5,67	62,96%
A 18	Salida	35	0,58	6,48%
-	HORAS EFECTIVAS	340	5,67	62,96%
-	HORAS NO EFECTIVAS	200	3,33	37,04%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor


Anexo 19. Medición Redes Eléctricas

Redes Eléctricas				
N° Actividad	Descripción Actividad	Tiempo actividad (Minutos)	Tiempo actividad (Horas)	Porcentaje de tiempo
A 01	Reunión de inicio de turno	30	0,50	5,56%
A 02	Alistamiento de materiales, herramientas y equipos.	35	0,58	6,48%
A 03	Alistamiento Operacional		0,00	0,00%
A 04	Desplazamiento Grupo - Área operativa.	23	0,38	4,26%
A 05	Apertura y/o cierre de permisos de trabajo.	12	0,20	2,22%
A 06	Desplazamiento a/de Materiales.		0,00	0,00%
A 07	Desplazamiento a/de Central de Herramientas.		0,00	0,00%
A 08	Espera por servicio de materiales.		0,00	0,00%
A 09	Espera por servicio de Herramientas.		0,00	0,00%
A 10	Almuerzo	85	1,42	15,74%
A 11	Tiempo Ocupacional		0,00	0,00%
A 12	Descanso	10	0,17	1,85%
A 13	Espera por falta de transporte.		0,00	0,00%
A 14	Ausentismo, Permisos laborales, o de otra índole.		0,00	0,00%
A 15	Anormalidad en el turno de trabajo.		0,00	0,00%
A 16	Espera por falta de trabajo. (Terminación de otros trabajos)		0,00	0,00%
A 17	Ejecución	315	5,25	58,33%
A 18	Salida	30	0,50	5,56%
-	HORAS EFECTIVAS	315	5,25	58,33%
-	HORAS NO EFECTIVAS	225	3,75	41,67%

CAPACIDAD	540	9,0
------------------	-----	-----

Fuente: Autor

Anexo 20. Formato de Plan de Acción

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TALLER DE MECÁNICA. APLICACIÓN METODOLOGÍA 5S - 2016 				
Objetivo: Desarrollar un ambiente de trabajo agradable y productivo, en un clima de seguridad, orden, limpieza y constancia que permita el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando así altos estándares de calidad.				
ACTIVIDAD	RECURSOS	RESPONSABLE	FECHA DE INICIACIÓN	FECHA DE FINALIZACIÓN
ENTRENAMIENTO A TODO EL PERSONAL DEL TALLER				
1. CLASIFICAR SEIRI				
1	Clasificar los elementos y materiales que se utilizan y hacen parte de la actividad.			
1.1	Identificar los elementos que no agregan valor a la actividad.			
1.2	Determinar la ubicación final de los elementos. (Eliminar, devolver a Materiales, Reubicar).			
2. ORDENAR SEITON				
2.1	Ordenar y organizar los estantes y carro de herramientas.			
2.1,1	Clasificar y etiquetar las herramientas.			
2.2	Colocar avisos de seguridad de uso obligatorio y uso específico en las áreas del taller.			
3. LIMPIAR SEISO				
3.3	Lavar y limpiar pisos			
ÁREA DE OFICINAS				
1. CLASIFICAR SEIRI				
1.1	Identificar los elementos que se necesitan en esta área y los que deben ser retirados			
1.2	Disponer adecuadamente los elementos que no deben estar en las oficinas			
2. ORDENAR SEITON				
2.1	Establecer para cada uno de los elementos de la oficina un lugar adecuado			
3. LIMPIAR SEISO				
3.3	Lavar y limpiar pisos			
3.4	Señalizar y demarcar			
ÁREA CAFETERIA				
1. CLASIFICAR SEIRI				
1.1	Identificar los elementos que se necesitan en esta área y los que deben ser retirados			
1.2	Disponer correctamente los elementos que han sido retirados de esta área			
2. ORDENAR SEITON				
2.1	Establecer para cada elemento de esta área un lugar apropiado			
3. LIMPIAR SEISO				
3.3	Lavar y limpiar pisos			
3.4	Señalizar y demarcar			
ÁREA BAÑOS Y VESTIERES				
1. CLASIFICAR SEIRI				
1.1	Identificar los elementos que se necesitan en esta área y los que deben ser retirados			
1.3	Ubicación de los equipos, herramientas y demás elementos que no pertenecen a esta área al sitio definido			
2. ORDENAR SEITON				
2.1	Establecer para los elementos de esta área, un lugar específico adecuado			
3. LIMPIAR SEISO				
3.3	Lavar y limpiar pisos			
3.4	Señalizar y demarcar			
INSPECCIONES Y MEJORA CONTINUA				

Fuente: Autor

Vita

Laura Camila Romero Rondón nació en Bucaramanga el 2 de Marzo de 1994. Hija de Héctor Romero y Yaneth Rondón, comerciantes de profesión. Desde niña fue muy creativa, amante de los animales y de la naturaleza. Estudió en el colegio Arco Iris donde se destacó por sus buenas calificaciones.

Sus estudios secundarios fueron realizados en el colegio Adventista Libertad donde se destacó en las asignaturas de matemáticas y contabilidad. Allí empezó su amor por los números y es ahí en el colegio donde decide estudiar Ingeniería Industrial.

En el 2010 se gradúa como bachiller comercial y empieza de inmediato sus estudios profesionales en la Universidad Pontificia Bolivariana donde se siempre fue destacada como una estudiante responsable en sus actividades y compañerita con sus amigos.

En el 2016 inicia sus prácticas en Ecopetrol en la Refinería de Barrancabermeja y en el Departamento de Mantenimiento.