

**CASO DE ESTUDIO:**

**REFINERÍA DE CARTAGENA: “HACIA LA TRANSFORMACIÓN DE UN NUEVO  
MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA LUBRICACIÓN”**

**AUTORES:**

**ASCANIO FERREIRA BARRETO**

**CARLOS LIZCANO ORTIZ**

**ORLANDO MÉNDEZ SIBAJA**

**DIRECTOR:**

**JUAN CARLOS ROBLEDO FERNÁNDEZ, PhD**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMÍAS Y NEGOCIOS**

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN**

**PROGRAMA MBA**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.**

**2015**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>iv</b>
<b>PALABRAS CLAVES .....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>1 REFINERIA DE CARTAGENA: “HACIA LA TRANSFORMACION DEL NUEVO MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA LUBRICACION” .....</b>	<b>2</b>
1.1 Buscando nuevas oportunidades: la revolución de los crudos pesados .....	2
1.2 Listos para enfrentar el desafío de los mercados internacionales .....	5
1.3 Panorama de productos y servicios de la compañía.....	7
1.4 Modernización de la refinería: ¿expansión planeada o improvisada?.....	7
1.5 Contraste entre la organización tradicional y moderna de mantenimiento en la refinería .....	10
1.6 La lubricación como factor clave de mantenimiento industrial .....	13
1.7 Mantenimiento centrado en la lubricación... ¿con un desempeño adecuado?.....	15
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>17</b>
<b>2 LA ANTICIPACIÓN ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA LUBRICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
2.1 Un vistazo al pasado .....	21
2.2 Una proyección al futuro.....	23
2.3 Una fotografía del camino.....	24
2.4 El reflejo de una imagen .....	25
2.5 Asumiendo los resultados de las decisiones.....	26
2.6 Rectificando los pasos.....	27
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>30</b>
Anexo 1. Estructura organizacional para la ejecución de la lubricación en las plantas .....	30
Anexo 2. Indicador de benchmarking: efectividad global de lubricación.....	31

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Tabla 1.** Comparativo de Equipos y Plantas de la Refinería (Antigua Vs Nueva) de Cartagena..... **11**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de crudos pesados en Colombia, correspondiente a la cantidad de petróleo que se encuentra inicialmente en un yacimiento.....	<b>4</b>
<b>Figura 2.</b> Panorámica de proyecto de expansión de la Refinería de Cartagena.....	<b>6</b>
<b>Figura 3.</b> Panorámica de proyecto de expansión de la Refinería de Cartagena.....	<b>8</b>
<b>Figura 4.</b> Resumen de equipos rotativos de la Antigua Refinería de Cartagena.....	<b>12</b>
<b>Figura 5.</b> Resumen de equipos rotativos de la Nueva Refinería de Cartagena.....	<b>12</b>
<b>Figura 6.</b> Propuesta de Valor de Modelo de Autoridad Técnica en Lubricación de la Nueva Refinería de Cartagena.....	<b>16</b>
<b>Figura 7.</b> Fases de la construcción de la Nueva Refinería de Cartagena.....	<b>19</b>
<b>Figura 8.</b> Estructura organizacional sugerida para la ejecución de la lubricación en la Actual y Nueva Refinería de Cartagena.....	<b>31</b>

## RESUMEN

El caso empresarial que a continuación se narrará, muestra a los lectores realidades que comparadas y contrastadas con los estándares de las mejores prácticas del mantenimiento clase mundial en Lubricación, le permitan identificar las brechas entre un modelo tradicionalmente establecido en la organización y una nueva propuesta. Igualmente, los lectores descubrirán las respuestas ante los dos desafíos de todo Gerente de Mantenimiento, que son el Análisis anticipado de estrategias y el Aseguramiento de la ejecución y control de actividades presentes a favor de la consecución de las metas.

De la misma manera, el caso muestra la modernización y expansión que enfrenta actualmente la Refinería de Cartagena, proyecto de escala mundial y de alta relevancia tanto para Ecopetrol como para el país, el cual inició entre los años 2006 y 2007 cuando la Empresa Nacional de Petróleos aprobó la configuración de una Nueva Refinería que la convertiría en la más competitiva de la Cuenca Caribe (Reficar - Refinería de Cartagena, 2008). La entrada en operación del proyecto, incrementará las sinergias de los diferentes procesos de la compañía, al complementar el segmento de extracción de crudo, refinación y comercialización de derivados del petróleo.

En relación con las implicaciones anteriores, la Refinería de Cartagena ampliará su capacidad de 80 mil barriles hasta 165 mil barriles por día y aumentará su conversión del 75% al 98%, de los cuales el 61% serán crudos pesados y extrapesados.

A la fecha, la refinería de Cartagena, en su fase de precomisionamiento y comisionamiento, cumple con las regulaciones de ordenamiento legal, social y medioambiental de la Ley Colombiana y las normas internacionales, lo cual representa sinónimo de progreso y calidad de vida para la región y el país.

Por otra parte, el caso resalta la importancia del proceso de gestión de mantenimiento acorde a la magnitud del proyecto de expansión y modernización de la refinería, el cual incorporará en sus plantas a un grupo de equipos rotativos, móviles y estacionarios críticos e importantes, los cuales se requieren mantener e incrementar la disponibilidad mecánica, confiabilidad, seguridad operativa y reducir las reparaciones no programadas por defectos atribuibles a la Lubricación.

### **PALABRAS CLAVES**

Confiabilidad, Disponibilidad, Estrategia, Gestión, Lubricación, Mantenimiento, Petróleo, Preservación, Refinería.

## INTRODUCCIÓN

Las organizaciones de hoy participan en mercados cada día más competitivos y cambiantes lo cual exige a sus procesos productivos la mayor efectividad posible (eficacia y eficiencia) en el aprovechamiento de sus activos y recursos. Este entorno agresivo y competitivo, obliga a las organizaciones a plantear nuevas estrategias que aseguren una satisfacción de la gestión en el cuidado de la funcionalidad de los equipos.

Es evidente que la gestión de activos tiene un proceso de mantenimiento centrado en lubricación, el cual ha cobrado mayor importancia en la medida que las organizaciones realizan ajustes y mejoras en su proceso productivo, siendo necesario para ello la utilización de técnicas y herramientas que ayuden con el cumplimiento del plan de mantenimiento establecido.

Para garantizar el éxito de la gestión del Mantenimiento Centrado en Lubricación, cumpliendo con los más altos estándares técnicos, administrativos y organizacionales, de una manera limpia, sana y segura, a un costo óptimo, el proceso de mantenimiento debe estar en continua revisión, por ello surge la necesidad de preguntarse **¿Cuáles son los componentes claves que aseguran la gestión en el proceso de mantenimiento centrado en lubricación en la Industria de Refinación de Petróleo?**

## **CAPITULO I**

### **1 REFINERIA DE CARTAGENA: “HACIA LA TRANSFORMACION DEL NUEVO MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA LUBRICACION”**

#### **1.1 BUSCANDO NUEVAS OPORTUNIDADES: LA REVOLUCIÓN DE LOS CRUDOS PESADOS**

El 7 de diciembre de 1957, la Internacional Petroleum Co. Ltd. inauguró la Refinería de Cartagena, después de varios meses de intensivos trabajos con un costo total de 33 millones de dólares. Su ubicación en el área de Mamonal, actual zona industrial de Cartagena, fue elegida debido a la existencia del Terminal del Oleoducto de la Andian National Corporation, hoy terminal de Refinería, las facilidades portuarias de la Bahía y su proximidad a la ciudad. La multinacional construyó la refinería para atender los requerimientos del norte y occidente del país; esta fue una de las razones por las cuales Ecopetrol la adquirió en 1974 por un precio de 35 millones de dólares. El precio incluía el valor del cuarenta por ciento de las acciones del Oleoducto del Pacífico, que pertenecía también a Intercol S.A.

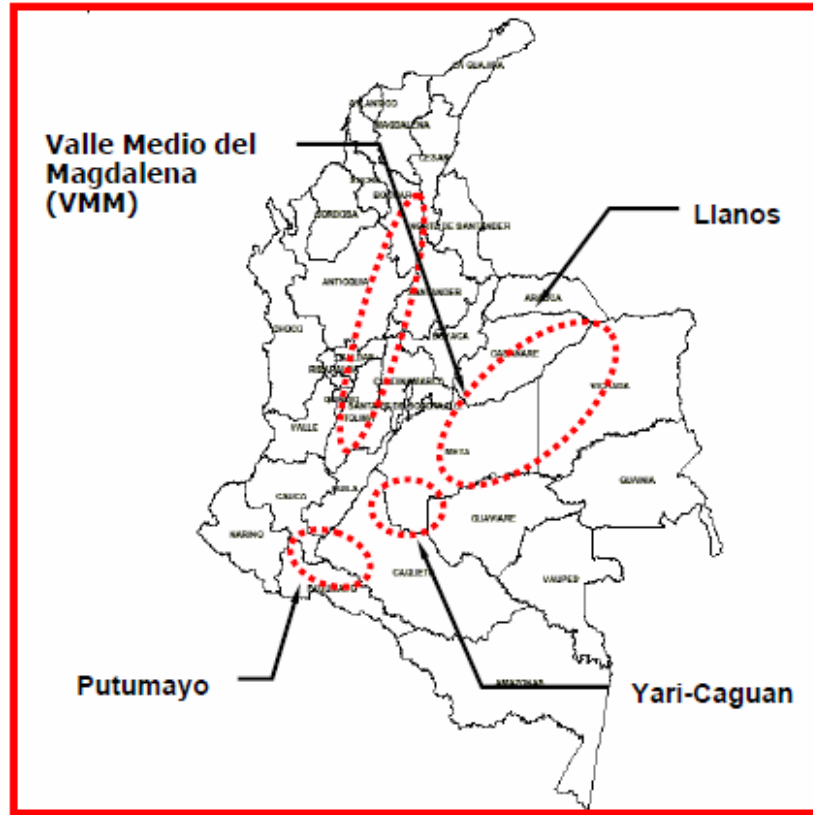
Alrededor de la refinería se desarrolló un grupo de empresas que encontró una fuente de materias primas en los productos y subproductos de la refinación. Gestándose de esta manera, la gran zona industrial de Mamonal en la ciudad de Cartagena (Ecopetrol S.A., 2014).

La transformación del sector de hidrocarburos de Colombia, a partir de la tendencia de duplicar la producción de crudos, sirve de referente de éxito para otros países, llegando hasta 800.000 barriles por día. Detrás de esos resultados sobresalen los crudos pesados, representando más de la mitad de producción y llegando a ser un factor diferencial de Ecopetrol.



La exploración en los llanos, centrada en su mayoría en crudos pesados y extra pesados, muestra a este tipo de hidrocarburo como el abanderado con tendencia al crecimiento. Por lo anterior, esa es la razón que aprovechando esa ventaja de crudos pesados, con mercados ya existentes como la China e India, se da inicio al desarrollo de grandes proyectos de transporte y refinación en Cartagena y Barrancabermeja. Ecopetrol quiere crear un elemento diferenciador que lo haga visible en la industria de los hidrocarburos y desarrollar su propia ventaja competitiva. Para lograrlo ha seleccionado uno de los productos que más abunda en su portafolio: *crudo pesado y extrapesado*.

Ecopetrol hizo un inventario de lo que tiene y lo que le falta y en cuánto tiempo lo puede lograr. En 2016 tiene la meta de ser reconocida en el ámbito nacional como empresa líder en la producción, manejo y procesamiento de crudos pesados, y tener la Refinería de Cartagena modernizada para el procesamiento de crudos pesados; y en 2020 la meta general es ser reconocida a escala mundial como líder en crudos pesados, con el 90% de su producción en contratos de largo plazo para comercialización internacional; además de modernizar las dos refinerías (Cartagena y Barrancabermeja) para el procesamiento de crudos pesados. Del crudo pesado se pueden extraer los mismos productos que del crudo ligero, como gas licuado de petróleo (GLP), gasolinas, jet (combustible de los aviones), diésel (combustibles de vehículos pesados) y gasóleos (usados en las calderas de calefacción). Además, debido a su composición, del crudo pesado se extraen asfalto (para pavimentar), combustóleo (o fuel oil, utilizado como combustible en plantas de energía eléctrica), azufre (usado principalmente para elaborar fertilizantes e insecticidas), compuestos de carbón y nitrógeno (con diferentes usos, desde fertilizantes hasta combustible para cohetes).



**Figura 1.** Localización de crudos pesados en Colombia, correspondiente a la cantidad de petróleo que se encuentra inicialmente en un yacimiento.

**Fuente:** (AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS DE COLOMBIA, 2007)

La empresa tiene hoy casi 500 millones de barriles de reservas de crudos pesados y un potencial que puede llegar hasta los 3.000 millones de barriles. Estos crudos representan un 40% del total de reservas de la compañía. La mayor parte de estas están localizadas en los Llanos y el Valle Medio del Magdalena, como se aprecia en la *Figura 1*. En refinación, en el año 2016 la Refinería de Cartagena ya estará adaptada para procesar crudos pesados y la de Barrancabermeja hará lo mismo en un futuro próximo. Esto significa que se producirán combustibles limpios y otros derivados de mayor valor en el mercado.

El Plan Maestro de la Refinería de Barrancabermeja y el de Modernización de Cartagena, las llevarán a cargar 415 mil barriles de crudo por día, de los cuales cerca del 60% son crudos pesados. Este proyecto que está en etapa de estudios permitiría a Ecopetrol recuperar hasta casi US\$20 por barril de petróleo al año 2030. Sería la primera instalación de este tipo en Colombia. La Refinería posee facilidad de ingreso de carga y conexión a la infraestructura de evacuación de crudos con la cual cuenta el país. La tecnología ya ha sido probada con éxito en Venezuela, que tiene cuatro mejoradores (Sincor, Meriven, Petro Zuata y Cerro Negro) y otros cuatro en proyecto (Petrocarabobo, Petroindependencia, Petromacareo y Petromiranda).

## **1.2 LISTOS PARA ENFRENTAR EL DESAFÍO DE LOS MERCADOS INTERNACIONALES**

En el año 2006, la compañía Glencore, con el 51% de participación, y Ecopetrol, con el 49%, crearon la sociedad Refinería de Cartagena S.A. con el fin de adelantar el proyecto de modernización y ampliación de la refinería. En mayo de 2009, Ecopetrol se convirtió en la propietaria del 100% de la compañía, al comprar las acciones pertenecientes a la sociedad extranjera. Durante este mismo año, se concluyeron las etapas de ingeniería básica del Plan Maestro de Desarrollo de la Refinería de Cartagena, iniciándose la búsqueda de financiación del proyecto y la compra de maquinaria de larga entrega. También continuaron las tareas de adecuaciones de los terrenos en los cuales se instalarán las nuevas plantas, véase *Figura 2*. La refinería ampliará su capacidad hasta 165 mil barriles por día.



**Figura 2.** Panorámica de proyecto de expansión de la Refinería de Cartagena.

**Fuente:** (REFICAR S.A., 2015);

El 10 de mayo del 2007, Ecopetrol aprobó la configuración de esa nueva refinería, a la cual se le realizaron una serie de mejoras que fueron aprobadas el 24 de Octubre 2007 por la Sociedad. El 6 de noviembre de 2007 se realizó la contratación de la firma Chicago Bridge & Iron (CB&I) para que se encargara del desarrollo de la ingeniería, procura y construcción del proyecto e iniciará su construcción en el primer trimestre del 2009. A esa fecha se estimó que la inversión total requerida del proyecto incluyendo su incremento en capital de trabajo sería de US\$ 2.780 millones que incluyendo una estimación de 20% de imprevistos (Ecopetrol S.A., 2014).

Durante el 2009 se concluyeron las etapas de ingeniería básica del Plan Maestro de Desarrollo de la Refinería de Cartagena, se inició la búsqueda de financiación del proyecto. También continuaron las adecuaciones de los terrenos en los cuales se instalarán las nuevas plantas.

### **1.3 PANORAMA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS DE LA COMPAÑÍA**

La Planta Industrial de la Refinería de Cartagena está destinada a la refinación del petróleo con el fin de obtener combustibles, gases industriales y productos industriales para consumo tanto nacional como internacional. Actualmente Cartagena exporta aproximadamente el 50% de su producción al mercado petrolero internacional.

Dentro los principales combustibles que se generan están la Gasolina Corriente, Gasolina Extra, Diesel (ACPM), Jet, Fuel Oil y Nafta, además de productos industriales como el Arotar (Alquitran Aromático), Azufre y Propileno. También, gases industriales y domésticos, como el Gas Licuado de Petróleo (GLP). Además de producir derivados del petróleo, la Refinería de Cartagena cuenta con el servicio de análisis de laboratorio el cual tiene como fin realizar pruebas a muestras industriales para determinar calidades de sus productos, así como para determinar calidades de productos de Terceros. Adicionalmente, la refinería provee la logística para la exportación e importación de amoniaco para Abonos de Colombia ABOCOL. Existen una línea directa entre ABOCOL y la refinería por donde se entrega y se recibe el producto (Reficar - Refinería de Cartagena S.A., 2011).

### **1.4 MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA: ¿EXPANSIÓN PLANEADA O IMPROVISADA?**

CB&I (Chicago Bridge and Iron), es una empresa multinacional con más de 100 años de experiencia, líder mundial en ingeniería, diseño y construcción de grandes proyectos, con operaciones en todos los continentes. CB&I es el contratista principal del proyecto de expansión

de la Refinería de Cartagena, la obra de infraestructura más ambiciosa realizada en Colombia en los últimos años y cuya inversión alcanza los US\$3,892 millones.

El Proyecto de Expansión de la Refinería, en su fase final de construcción e inicio de maniobras de arranque, consta de 16 nuevas unidades de proceso; dispondrá de dos procesos de refinación completamente nuevos en el país: Producción de Coque de Petróleo e Hidrocracking, lo que la convierte en la refinería más competitiva de la Cuenca del Caribe (*Ver Figura 3*).



**Figura 3.** Panorámica de proyecto de expansión de la Refinería de Cartagena.  
**Fuente:** (REFICAR S.A., 2015)

La configuración planeada de la Refinería de Cartagena, contempla la maximización de la producción de gasolina, diésel y jet (con un contenido de azufre inferior a 10 partes por millón, condición necesaria en el mundo actual), productos que tienen el mayor valor en el mercado internacional, y permitirá, una vez entre en operación, cuadruplicar la producción de los mismos, generando un mayor margen y beneficio económico para la Refinería de Cartagena y el país, al pasar de un margen actual de seis a veinte dólares por barril, con lo cual se asegura la máxima rentabilidad del proyecto.

La Refinería de Cartagena, el complejo productivo más ambicioso en la historia del país, cumple con los estándares más exigentes y regulaciones en Colombia y a nivel mundial en materia ambiental, y será la más moderna y automatizada de toda América Latina. Su centro de control, que se vislumbra como un Bunker dentro de ese universo de acero y 700 kilómetros de tubería utilizados en el montaje de las distintas plantas, será el encargado de controlar el funcionamiento de cada una de las unidades, a través de consolas y tableros, dispuestos como un gran centro de cómputo.

La construcción de la refinería viene generando desarrollo económico en la región, no solo con la generación de empleo, que ya superó los más de 10.000 trabajadores, sino en la capacitación de mano de obra especializada, en 16 oficios relacionados con la construcción industrial, que por iniciativa de la propia Refinería y en alianza estratégica con la Alcaldía de Cartagena y el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), certificaron competencias bajo normas de construcción industrial a 5.271 cartageneros, de los cuales el 77% laboraban recientemente en el proyecto (Concentra - Inteligencia en Energía, 2014).

El proyecto, también ha merecido el reconocimiento y el aval de la banca mundial, y es así como el Exim-Bank de los Estados Unidos aprobó una financiación de US\$2,750 millones de dólares, el segundo mayor préstamo que esta entidad haya otorgado en toda su historia crediticia. La expansión de la refinería es la punta de lanza para el desarrollo petroquímico e industrial de la zona norte del país y es la apuesta de Cartagena como eje dinamizador de la economía y la generación de empleo en la región, a partir de la llegada de nuevas industrias y empresas de servicio que darán soporte técnico y de mantenimiento a la nueva refinería en operación.

### **1.5 CONTRASTE ENTRE LA ORGANIZACIÓN TRADICIONAL Y MODERNA DE MANTENIMIENTO EN LA REFINERÍA**

La tecnología para mejorar crudos pesados demanda la incorporación en sus plantas de un grupo de equipos rotativos, móviles y estacionarios críticos a los cuales se requiere mantener e incrementar la disponibilidad mecánica, confiabilidad, seguridad operativa y reducir las reparaciones no programadas por defectos de lubricación. En la *Tabla 1* y las *Figuras 4* y *5*, se podrán apreciar los cambios en la población de Departamentos, Unidades y Equipos en la Refinería de Cartagena:

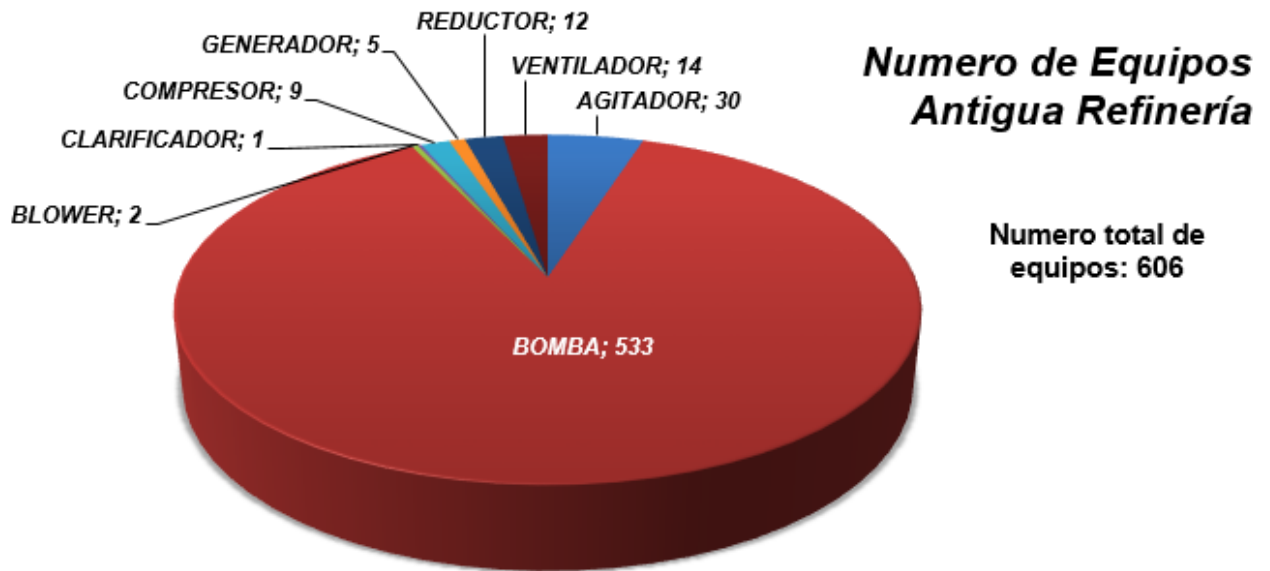


**Tabla 1.** Comparativo de Equipos y Plantas de la Refinería (Antigua Vs Nueva) de Cartagena.

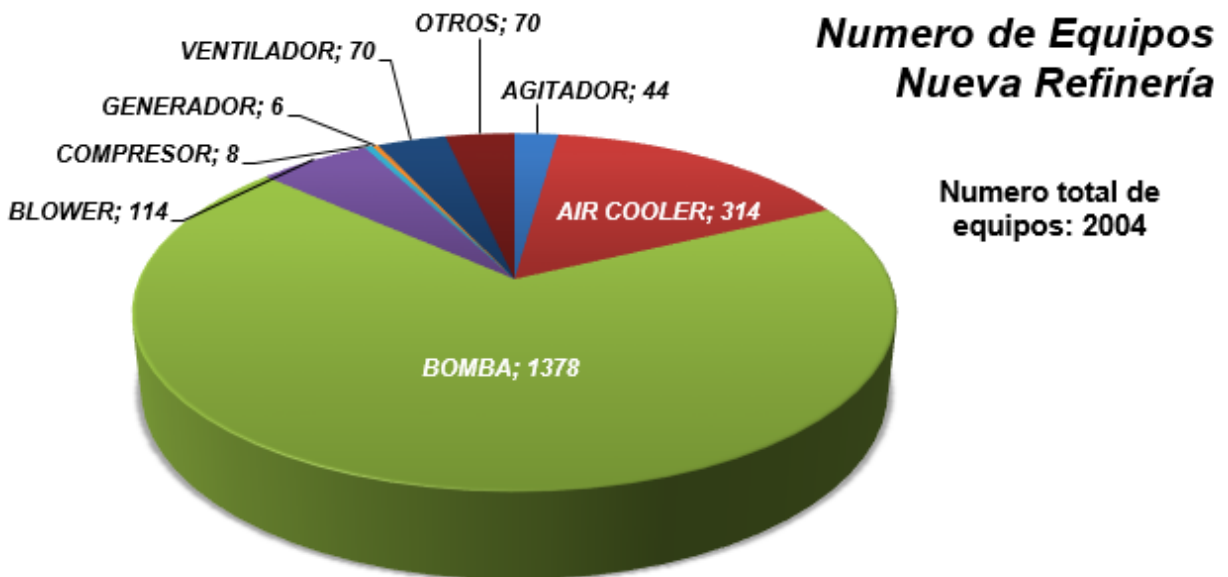
<b>REFINERIA DE CARTAGENA</b>					
<b>COMPARATIVO DE UNIDADES PRODUCTIVAS</b>					
<b>U N I D A D E S</b>	<b>ANTIGUA REFINERIA</b>		<b>D E P A R T A M E N T O S</b>	<b>NUEVA REFINERIA</b>	
	Servicios Industriales (USI)			Servicios Industriales (PNI)	
	Materia Primas (MPP)			Materias Primas (PMU)	
	Hidrocrackeo Catalítico (URC)			Hidrocrackeo y Alquilación (PHA)	
	Destilación Combinada: Crudo (UDC) + Viscosreducción (UVR)			Destilación de Crudos (PDC)	
	Gestión Integral de Riesgo (GIRO) & Control de Emergencia			Gestión Integral del Riesgo (GIRO) & Contra incendios	
				Hidrotratamiento (PHD)	
				Craqueo Catalítico (PCQ)	
				Refinación de Fondos (PFO)	
	<b>TOTAL UNIDADES</b>			<b>5</b>	<b>TOTAL DEPARTAMENTOS</b>
<b>COMPARATIVO DE ACTIVOS DE EQUIPO ROTATIVO</b>					
<b>D I S T R I B U C I Ó N</b>	<b>ANTIGUA REFINERIA</b>		<b>D I S T R I B U C I Ó N</b>	<b>NUEVA REFINERIA</b>	
	AGITADOR	30		AGITADOR	44
	BOMBA	533		AIR COOLER	314
	BLOWER	2		BOMBA	1378
	CLARIFICADOR	1		BLOWER	114
	COMPRESOR	9		COMPRESOR	8
	GENERADOR	5		GENERADOR	6
	REDUCTOR	12		VENTILADOR	70
	VENTILADOR	14		OTROS	70
<b>TOTAL EQUIPOS</b>		<b>606</b>	<b>TOTAL EQUIPOS</b>		<b>2004</b>

**Fuente:** Construcción propia con base en información obtenida por los autores (2015).

Es importante resaltar que se pasará de 606 equipos rotativos en la actual refinería a 2004 equipos rotativos, lo cual evidencia un desafío para la organización de mantenimiento y una revisión de los planes de mantenimiento en aras de lograr los objetivos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad acordes a una empresa de clase mundial.



**Figura 4.** Resumen de equipos rotativos de la Antigua Refinería de Cartagena.  
**Fuente:** Construcción propia con base en información obtenida por los autores (2015).



**Figura 5.** Resumen de equipos rotativos de la Nueva Refinería de Cartagena.  
**Fuente:** Construcción propia con base en información obtenida por los autores (2015).

La lubricación de equipos críticos, esenciales y de propósito general, en el proceso productivo de la empresa, demanda para su sostenibilidad de un *Modelo de Autoridad Técnica*, que permita garantizar que todos los mecanismos lubricados alcancen su vida de diseño, con bajos costos por consumo de energía y mantenimiento.

Por lo anterior nuestros esfuerzos deben orientarse a conseguir ser clase mundial en Mantenimiento Centrado en Lubricación, cumpliendo con los más altos estándares técnicos y administrativos para asegurar la integridad y funcionamiento de los activos, con personal que contribuyen desde sus puestos de trabajo y en su desempeño, a la consecución de los objetivos de la organización.

## **1.6 LA LUBRICACIÓN COMO FACTOR CLAVE DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Mantenimiento de Clase Mundial (World Class Maintenance) empieza con una lubricación excelente y esto supone un cambio radical en la forma de lubricar las máquinas. La excelencia en lubricación no es comprar el lubricante más caro del mercado. Excelencia en lubricación implica muchos conceptos que normalmente son difíciles de administrar y de controlar.

*“La Lubricación Excelente”* tiene como objetivo contribuir a mejorar la confiabilidad de los equipos, supone un cambio desde la raíz en la forma de entender la lubricación; exige cambiar determinados conceptos como el de *“Engrasador”* por *“Técnico de Lubricación”* con formación específica del trabajo que tiene que realizar, considerar el lubricante como un *“Bien Durable”*, como un *“Activo”*, y no como *“un producto desechable o un consumible”* o cuando se pensaba que más barato era mejor.

Los lubricantes deben durar trabajando en las máquinas el máximo tiempo posible en las condiciones óptimas. Para conseguir esto hay que controlar aspectos como:

- 1) **Optimización de cantidad de lubricantes, pero correctamente seleccionados:** Con beneficios esperados de menor compra de repuestos e insumos, a partir análisis de requerimientos de lubricación de las maquinarias y selección de menor cantidades de lubricantes con servicios múltiples.
- 2) **Instrucciones completas de lubricación:** Con beneficios encaminados a obtener mayores competencias en el personal y mayor seguridad.
- 3) **Equipos de lubricación adecuada:** Con beneficios que aseguren menores costos de mano de obra de mantenimiento y desperdicios de lubricantes.
- 4) **Almacenamiento y manejo correcto:** Con beneficios orientados a conseguir menores costos de mano de obra logística, incremento en la vida útil de los lubricantes, mayor seguridad en el manejo y disposición de aceites usados.
- 5) **Monitoreo y control de la salud de los lubricantes:** Con beneficios esperados para lograr una mayor extensión de la vida útil de los lubricantes.
- 6) **Purificación y disposición económica del lubricante usado:** Con beneficios orientados a mayor control de las fuentes contaminantes de los lubricantes y ahorros por recuperación de lubricantes.
- 7) **Organización efectiva de la lubricación:** Con beneficios esperados de mayor efectividad de la estructura y los procesos de gestión del mantenimiento centrado en lubricación.
- 8) **Cursos de Lubricación:** Con beneficios orientados a mayores competencias y destrezas del personal de mantenimiento y operaciones.

**9) Controles simplificados de lubricación:** Con beneficios esperados de mayores decisiones de mantenimiento basados en reportes con datos, hechos y tendencias históricas de las maquinas.

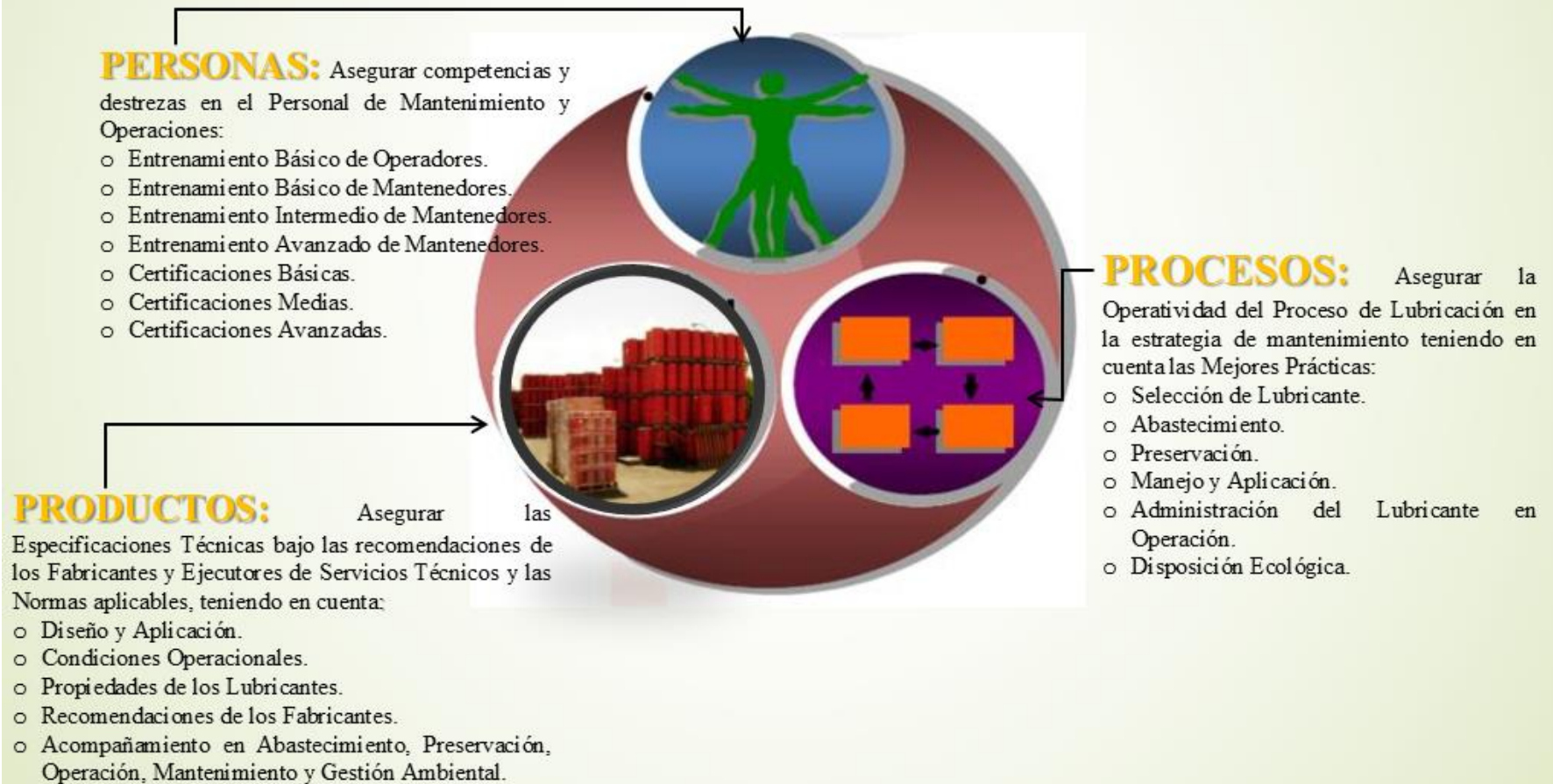
**10) Prácticas adecuadas para el mantenimiento preventivo:** Con beneficios esperados de mejor desempeño y aumento de la confiabilidad de los equipos.

Los diez anteriores aspectos, son considerados los factores fundamentales a tener en cuenta para alcanzar una Excelencia en la Lubricación.

### **1.7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA LUBRICACIÓN... ¿CON UN DESEMPEÑO ADECUADO?**

Los desafíos para la toma de decisiones apuntan a la creación de un modelo integral, que satisfaga los requerimientos de la lubricación de los equipos de la nueva Refinería de Cartagena en los escenarios de Personas, Procesos y Productos, tal como se muestra en el esquema de propuesta de valor (*Ver Figura 6*).

## PROPUESTA DE VALOR DE MODELO DE AUTORIDAD TÉCNICA EN LUBRICACIÓN DE NUEVA REFINERÍA



**Figura 6.** Propuesta de Valor de Modelo de Autoridad Técnica en Lubricación de la Nueva Refinería de Cartagena.

**Fuente:** Construcción propia: Ascanio Ferreira, Ing. Mantenimiento Proactivo (2015).

## **CAPITULO II**

### **2 LA ANTICIPACIÓN ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA LUBRICACIÓN**

Mirando retrospectivamente el pasado se puede recordar a una refinería petrolera en la Costa Caribe con una maraña de equipos y estructuras metálicas corroídas y retorcidas, a los que la salinidad les pasó cuenta de cobro por muchos años de uso y abuso, que le restaron competitividad a la Refinería de Cartagena; lo que obligó al Gobierno Nacional a destinar ingentes esfuerzos y recursos con el fin de proyectar su ampliación y modernización, que después de muchos “*ires y venires*” en el proceso de contratación, que aumentaron su valor, está a punto de convertirse en la más moderna refinería de Latinoamérica.

La gigantesca ciudad de metal (ubicada a solo 10 Km de Cartagena y muy cerca del litoral Caribe), fácilmente igualable a una gran estructura metálica estilo plataforma de lanzamiento de la NASA, ahora estará en capacidad de transformar 165 mil barriles de petróleo al día (duplicando la capacidad registrada actualmente) y convertirlos en *Gasolina, Diesel y Otros Derivados*, suficientes para satisfacer el consumo del país, con combustibles locales de óptima calidad y asegurando la exportación de combustibles a Europa, Asia y Norteamérica, cumpliendo además, con exigentes estándares de calidad, evitando el tener que importar 70.000 barriles diarios de combustible.

Hace ya varios años Ecopetrol decidió modernizar la refinería de la Ciudad Heroica, y lo pensó hacer a través de un gigante como Glencore, la compañía multinacional suiza experta en minerales y recursos energéticos. Aunque con el transcurrir de los meses, se develó lo que para muchos era un rumor, el error de haber contratado a una firma que no era experta en el tema, luego se hizo lo posible por regresar lo ya pactado, quedando en propiedad de Glencore el 51% de la refinería.

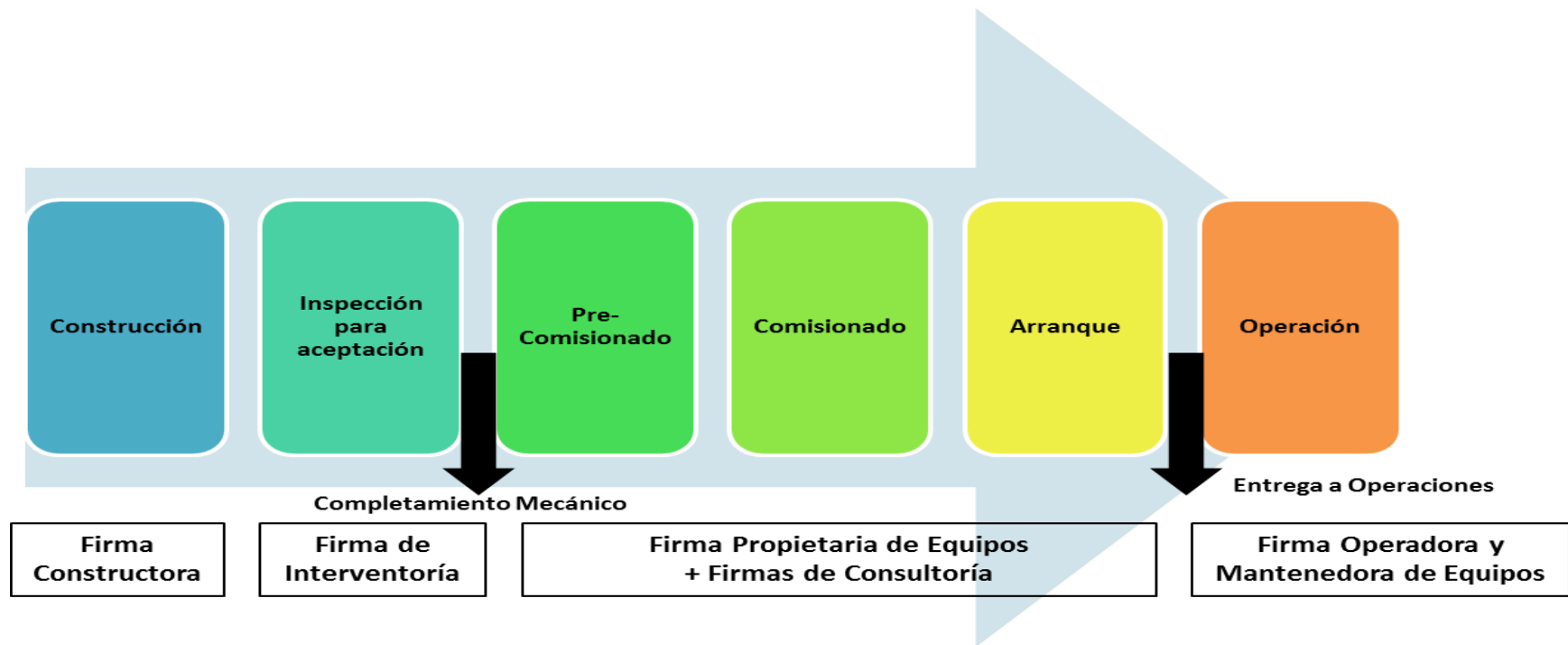
Después de este infortunio económico, la Empresa Nacional de Petróleos tuvo la oportunidad de readquirir, a un mayor precio de lo que las vendió, las acciones que había negociado con Glencore lo cual le permitiría tener el impulso y la decisión de acometer el más grande proyecto de infraestructura e ingeniería que actualmente se ejecuta en Colombia.

Hoy en día, cuando la Refinería de Cartagena está en la recta final de su proceso de ampliación y modernización, ha decidido actualizar también sus planes y programas operativos de seguridad y de mantenimiento, para estar acorde a este gran reto que le demanda su disposición de convertirse en la *Refinería más Moderna de Latinoamérica*.

Uno de los objetivos de este gran proyecto es evitar que Colombia siguiera importando combustibles, y poder así, suministrar local e internacionalmente productos de excelente calidad. El desarrollo de la ampliación y modernización de la Refinería de Cartagena, va de la mano con el impulso a la mano de obra, generando empleo a más de 30.000 trabajadores temporales; surgiendo con esto, la necesidad de reclutar, seleccionar, capacitar técnicamente y otorgar entrenamiento al personal.



Este complejo industrial, que convertirá los crudos que se extraen de los campos colombianos: livianos, pesados y extrapesados, tenía un presupuesto inicial de US\$4.854 y producirá y comercializará múltiples derivados que serán la materia prima para un gran abanico de empresas, no solo del entorno industrial cartagenero, sino que serán destinados a diversas empresas que transforman los hidrocarburos en productos terminados de diversa índole. Dentro de los elementos comparativos de costos y beneficios esperados con la anticipación estratégica del mantenimiento basado en lubricación, cabe destacar que se ha terminado en gran parte el completamiento mecánico y se está en las etapas de Pre-comisionamiento, Comisionamiento y Alistamiento para el Arranque (*Ver figura 7*).



**Figura 7.** Fases de la construcción de la Nueva Refinería de Cartagena.  
**Fuente:** Proyecto de expansión de Nueva Refinería, obtenida por los autores (2015).

Luego se espera estar en la etapa de estabilización de la operación, en donde se dará inicio a la construcción de la información base para establecer los beneficios sumarios tangibles e intangibles a continuación descritos:

⇒ **Beneficios Tangibles:**

- Menor Compra de repuestos e insumos.
- Mayor disponibilidad de equipos.
- Mayor productividad de las plantas.
- Menores fallas de equipos.
- Menores índices de desgaste (menores consumos de repuestos).
- Mayor frecuencia entre relubricación (mayor ahorros de insumos).
- Menor uso de mano de obra por reparaciones.
- Menor consumo de energía por menor fricción.
- Mayor biodegradabilidad y menor toxicidad (menor impacto del medio ambiente).

⇒ **Beneficios Intangibles:**

- Mayor competencia en el personal.
- Mayor seguridad en las actividades de mantenimiento.

## 2.1 UN VISTAZO AL PASADO

Si fuera posible devolvernos en el tiempo, se podrían constatar los esfuerzos que se realizaban en la Antigua Refinería por administrar y mantener los 606 equipos rotativos con unos estándares de calidad que definía la Gerencia Técnica de la Compañía; eran esos lineamientos lo que les proporcionaban a los técnicos mantenedores los pasos a seguir para asegurar en los equipos, una operación confiable, segura y eficiente.

De aquel proceso de mantenimiento, se evidencia hoy una realidad que padecían muchas empresas que ejecutaban la primera generación del mantenimiento: *“una organización funcional, con organigrama rígido (Ver Anexo 1), con elementos aislados y un funcionamiento desintegrado, que reaccionaba ante las fallas de los equipos, en donde el conocimiento era propiedad de algunas pocas personas y se veneraba al que más sabía; era, por decirlo en otras palabras, una estructura excluyente y poco participativa”*.

Lo anteriormente expuesto, confirma también el logro de objetivos aislados y la realización de actividades no enlazadas e independientes, lo cual originaba reprocesos por falencias en la comunicación y sincronización de la cadena de mantenimiento. Al mismo tiempo, se presentaban enfrentamientos entre algunos personajes durante la planeación y gestión del mantenimiento por parte de los equipos de trabajo; ciertamente, se presentaban choques por el popular juego de poder, aquel que se presenta entre diversos roles y niveles de cualquier organización de tal nivel, como la Refinería de Cartagena.

Dentro de ese marco de ideas, se podía evidenciar una planeación estratégica incompleta, con un modelo cerrado de información, las capacitaciones se dictaban a unos pocos técnicos y supervisores, y las reparaciones la dirigían un bajo número de colaboradores; estas personas se convertían fácilmente en elementos muy valiosos, casi que imprescindibles para los equipos de trabajo. Existía la creencia que el contar dentro de sus equipos de trabajo con estos "Gurús" era casi una garantía para la exitosa ejecución de los trabajos.

Volviendo la mirada al esquema de trabajo en mantenimiento de los años ochenta y noventa se constata un enfoque reactivo, cazando fallas, donde se realizan acciones que por lo general corrigen el síntoma de la falla, más no el problema o causa raíz. Los procedimientos de mantenimiento no estaban normalizados, se intervenían los equipos sin hacer uso de la documentación específica para las acciones de trabajo que guiara a los ejecutores a realizar muy bien su labor, no se utilizaban formularios de reporte, esta situación era por así decirlo, una gestión desintegrada y aislada de gobierno, con una aplicación local del modelo.

Una de las justificaciones para pensar en la Nueva Refinería era la posibilidad de refinar crudos pesados y ácidos que se producen en los Llanos Orientales. De la misma manera, algunos de los objetivos estratégicos de la construcción de los "Nueve Clusters" o grupos de plantas en la Nueva Refinería, es la contribución a la seguridad energética y al crecimiento económico del país, toda vez que los resultados económicos en los últimos años están amarrados (en gran proporción) al desempeño del *Sector Minero-Energético* que jalona el PIB nacional.

## 2.2 UNA PROYECCIÓN AL FUTURO

Luego de la reunión de las áreas de decisión de la Empresa Nacional de Petróleos se propone El Plan que regirá el futuro de la misma. Algunas de las Plantas Operativas de la Refinería de Cartagena se integrarán a las Nuevas Unidades para producir derivados del petróleo de Talla Mundial en la refinación del crudo a través de procesos modernos que involucran alta tecnología en sus sistemas productivos y de seguridad con las personas, plantas y equipos.

De acuerdo a lo anterior, era posible anunciar que el esquema de mantenimiento que se pretende ahora ejecutar, debía ser de funcionamiento sistemático, metódico, integrado por procesos, de tipo participativo, inclusivo, cohesionando los esfuerzos del trabajo en equipo y con una identificación plena de objetivos comunes.

Ahora, era fácil evidenciar y perseguir estos objetivos comunes a todas las áreas, en los cuales es imprescindible incluir actividades enlazadas (interdependientes) y concretar una planeación estratégica con un modelo de información abierto con posibilidades de aprendizaje y práctica a todos los niveles de la organización. Igualmente, era condición y pretensión de la nueva visión organizacional, abordar un modelo global de mantenimiento que considerara requerimientos de gestión, tal como indicadores gerenciales de ejecución y desempeño (*ver Anexo 2*) para la determinación de la efectividad de la lubricación. El nuevo modelo de mantenimiento, proponía un modelo integral y de asertivas estrategias de gerencia enmarcado en la estandarización de tareas, capacitación del personal, ejecución de planes integrados que permitan a los equipos tener ciclos largos de vida al servicio donde se incremente el mantenimiento preventivo y predictivo más que el correctivo o apaga-incendios.

### 2.3 UNA FOTOGRAFÍA DEL CAMINO

Montados en la aventura de construir el futuro de una nueva refinería, se encontró que la definición, cumplimiento y cubrimiento de las especificaciones de los lubricantes no era del todo fácil de conseguir. Esto aumentado por el hecho de entrar a trabajar con plantas que tenían equipos de alta tecnología, para los que solo se les reconocía las marcas de lubricantes de clase mundial que cubrieran la garantía dadas por los fabricantes. Lo anterior condujo a la organización de mantenimiento a tomar decisiones en la elección del proveedor que cumpliera con las exigencias que le dieran cobertura a las pruebas de desempeño por uso de los mismos.

Otro ingrediente que se tomó como punto de referencia, fue el de elegir un proveedor que cerrara las brechas en los tiempos de respuesta de las compras y abastecimiento de los lubricantes, que tuviese la cantidad de referencias y los empaques para lubricar la gran cantidad de equipos y a su vez que soportara con acompañamiento e infraestructura toda la gestión de almacenamiento y entrega de lubricantes, con herramientas de punta, a los equipos en las diferentes plantas.

Una vez estos lubricantes fuesen entregados en las bodega y plantas, se encontraba el desafío y la toma de decisión de elegir e implementar procedimientos y prácticas para mantenerlos limpios de la contaminación por materiales particulados, secos de la humedad por fuentes externas como lluvias e internas por condensación y fresco por las altas temperaturas de almacenamiento.

Lo anterior demandaría la observación e implantación de controles de las fuentes de contaminantes, durante las etapas de recibo, almacenamiento y uso de lubricantes, acompañándose de monitoreo constante mediante análisis de aceite para actuar proactivamente. Finalmente, el ciclo demandaría una adecuada gestión en las actividades que impactan la salud, la seguridad y el medio ambiente. Así como el adecuado manejo de aceites usados, insumos residuales y control de fugas.

## **2.4 EL REFLEJO DE UNA IMAGEN**

En esa búsqueda de la lubricación correcta para los equipos de la nueva refinería, se encontró como primera piedra en el camino la no tenencia de una metodología que asegurara una buena toma de decisión por el proveedor de lubricantes, lo suficientemente representativo que garantizara el nivel de exigencia requerido por la organización. Esta decisión técnico-administrativa tendría que estar alineada a la estrategia y programas de lubricación del mantenimiento rutinario de los equipos.

Este proveedor elegido de lubricantes, debía ser lo suficientemente ágil y efectivo en el cumplimiento de los tiempos de entrega de productos y servicios para ejecutar los diferentes mantenimientos en los equipos. Así de esta forma no se vería afectada la productividad por los aumentos de los trabajos acumulados. Igualmente tendría que dar un excelente acompañamiento en el manejo, almacenamiento de productos en las bodegas, cuartos de lubricación y en la disminución de fallas atribuidas a inadecuada selección de sistemas óptimos de lubricación.

Ya arrancados los equipos con el lubricante, cantidades, sistemas adecuados, vendrían las decisiones administrativas y operativas para la gestión de la lubricación, haciendo énfasis en el control de los contaminantes para preservar la salud de los mismos manteniéndolos limpios, secos y frescos.

Por tal razón se plantearía otro desafío en la elección del adecuado plan de monitoreo requerido en los lubricantes, para detectar causas que dieran lugar a fallas y consecuencias no deseables en los equipos. Por otra parte se vislumbraba la alta tramitología y desconocimiento en la gestión de la Salud, Seguridad, Ambiente (HSE) y la Disposición Ecológica de los lubricantes usados bajo las Normas Nacionales e Internacionales para la recolección de aceites usados.

## **2.5 ASUMIENDO LOS RESULTADOS DE LAS DECISIONES**

Ante el desafío de acertar con éxito la gestión de la estrategia planteada por la gerencia de mantenimiento, la misma se hacía responsable de asumir toda actuación con graves o benéficas implicaciones para el resto de la organización. Una de ellas sería la relacionada a la disponibilidad de los equipos por fallas prematuras sin la lubricación adecuada. Lo anterior afectaría enormemente la productividad en equipos, mayor índice de compra de repuestos por desgaste en componentes, aumento de mano de horas hombre en reparaciones por mala lubricación y aumento de la probabilidad en los accidentes e impactos al medio ambiente asociados a la falla catastrófica en equipos. Adicionalmente, la preservación en los activos y lubricantes presentó un gran desafío para la organización de mantenimiento, por la poca experiencia en este tipo de gestión de proyectos de construcción de mega refinerías.



Por último, se generaba otra presión por amenazantes sanciones legales, económicas y de imagen por el incumplimiento de normas establecidas por el Ministerio del Medio Ambiente y entes de control local ambiental.

## **2.6 RECTIFICANDO LOS PASOS**

Guiados ante el gran desafío de la prevención y gestión de los riesgos, la organización del mantenimiento se vería motivada a la anticipación estratégica, como una forma de asegurar la satisfacción de los requerimientos integrales en la lubricación, migrando de una gestión funcional en mantenimiento a una gestión por procesos.

Lo anterior demandaría de la organización de mantenimiento, como un conjunto de personas con recursos que persiguen propósitos, un relacionamiento estrecho, para alcanzar objetivos comunes. Entre ellos, el de seleccionar la lubricación adecuada, abastecer y almacenar el lubricante, usar y aplicar, administrar y operar los lubricantes y garantizar la correcta disposición de lubricantes usados. Igualmente el mantenimiento iría más allá de simples decisiones técnicas y administrativas, abarcando una transformación organizacional, a partir de la transformación cultural, movida por principios y valores de comportamiento que regulasen las transacciones hechas por los intereses de los participantes de los procesos. Así entonces, el anterior análisis permitiría identificar el punto de partida para la construcción de una propuesta de valor, validando la actual o diseñando una nueva, en donde se aseguraría las competencias y destrezas del personal de mantenimiento, la operatividad del proceso de mantenimiento y las especificaciones técnicas requeridas en los lubricantes de los equipos.

Para tal efecto, es perentorio enfocarse en una mirada anticipadora, en donde se visualicen los cambios económicos, sociales, ambientales y tecnológicos. Reduciendo el despilfarro, ideando un posible futuro a través de la construcción hoy de un camino hacia el futuro deseado y conveniente. En esa visualización de escenarios deseables o no, se daría la oportunidad de plantear planes contingentes para atravesar tormentas y salir victoriosos.

Por otra parte, la organización de mantenimiento, una vez superado el desafío de la prevención y gestión de los riesgos de una correcta lubricación en la nueva refinería, se vería ante un segundo reto de emprender e integrar en la práctica las acciones administrativas y gerenciales en mantenimiento, pertinentes y necesarias para no quedar solo en propuestas. El nuevo modelo sistemático demandaría a los administradores de mantenimiento a asumir la lucha, para colocar a la nueva Refinería de Cartagena ampliada y modernizada, en la competitividad del entorno mundial, es decir, orientando esa lucha de forma racional a las actividades de planeación, organización, dirección y control de las diferentes acciones pero con comportamientos éticos y morales regulados por el gobierno corporativo en mantenimiento de la empresa.

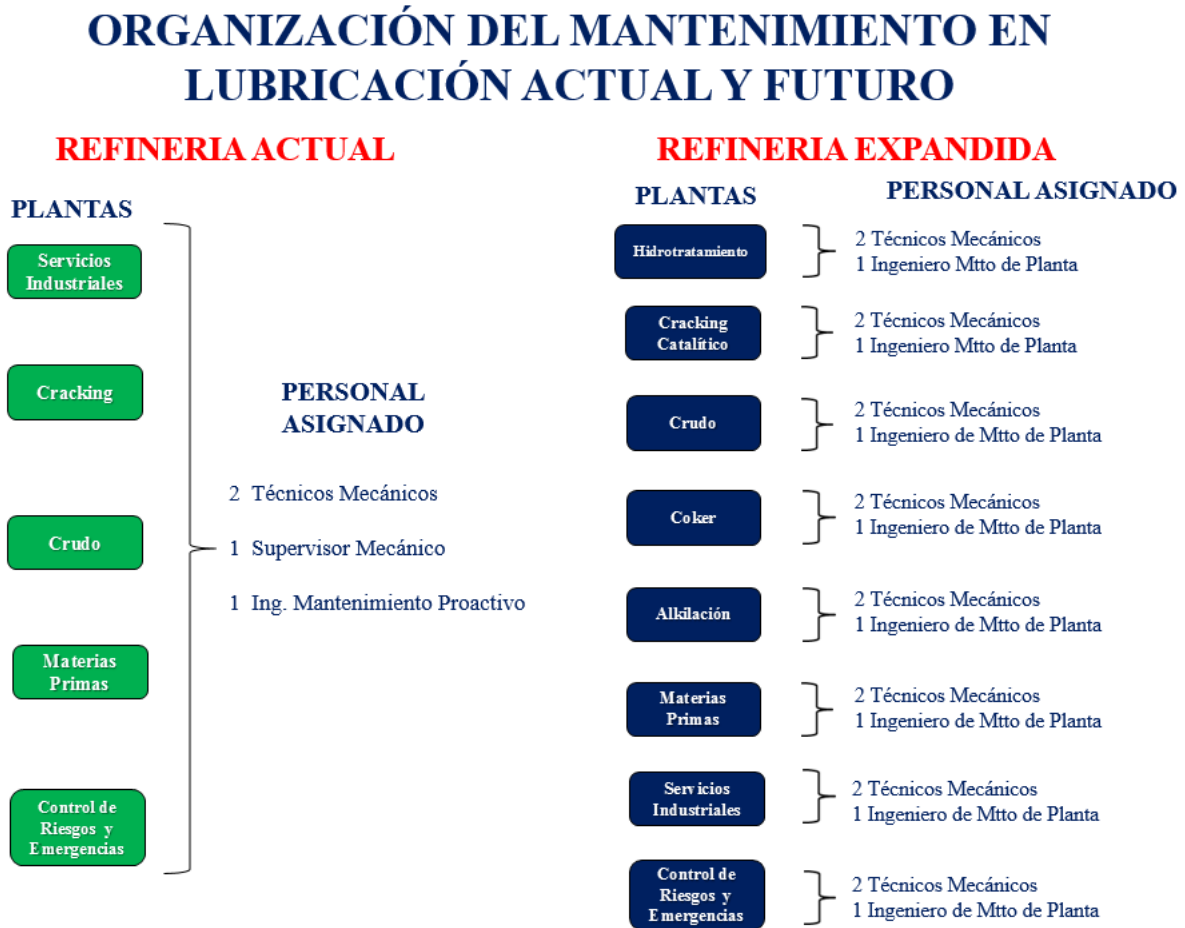
Por último, el administrador de mantenimiento sostendrá la competitividad de la gestión por mucho tiempo, evitando que impere el individualismo, el oportunismo, el egoísmo, la desconfianza y el afán de protagonismo rápido. El uso de prácticas de gobierno de mantenimiento ético puede aumentar la vitalidad de la productividad, las relaciones con los grupos de interés y consolidar los patrones del gobierno corporativo de Ecopetrol.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS DE COLOMBIA. (20 de Abril de 2007). *AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS DE COLOMBIA*. Obtenido de AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS DE COLOMBIA: <http://www.anh.gov.co/Sala-de-Prensa/Presentaciones/CRUDOS%20PESADOS.pdf>
- Benlloch, J. M. (1984). *Lubricantes y lubricacion aplicada*. Barcelona: CEAC SA.
- Concentra - Inteligencia en Energía. (Diciembre de 2014). *Ampliación de Refinería de Cartagena alcanzará los 165 mil barriles por día generando 10 mil empleos*. Obtenido de [http://concentra.com.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=747:ampliacion-de-refineria-de-cartagena-alcanzara-los-165-mil-barriles-por-dia-generando-10-mil-empleos&Itemid=113](http://concentra.com.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=747:ampliacion-de-refineria-de-cartagena-alcanzara-los-165-mil-barriles-por-dia-generando-10-mil-empleos&Itemid=113)
- Ecopetrol S.A. (9 de Noviembre de 2014). *Refinería Cartagena*. Obtenido de Ecopetrol.com: [http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/lo-que-hacemos/refinacion/refineria-cartagena!/ut/p/z0/Tc7BTsMwDAbgp-kxcjZNjB2LhFrWw4BMYuQyWZkpHlncNmkFb0\\_KJLTjb33-bbBwABtw4hYTS0Cf87u9O252i6qqjW7ut\\_tS10-12VeLpl43SzAUyQ](http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/lo-que-hacemos/refinacion/refineria-cartagena!/ut/p/z0/Tc7BTsMwDAbgp-kxcjZNjB2LhFrWw4BMYuQyWZkpHlncNmkFb0_KJLTjb33-bbBwABtw4hYTS0Cf87u9O252i6qqjW7ut_tS10-12VeLpl43SzAUyQ)
- Giraldo Picón, J., & Rincón Castellanos, H. (2010). *Metodología de Identificación, Mitigación y Propuesta de Eliminación de Equipos Malos Actores*. Bucaramanga: Publicaciones Repositorio Insitucional Universidad Industrial de Santander.
- Martins, M. E. (2012). Efectividad Global de Lubricación. *ESSO Petrolera Argentina*.
- Ramirez, Carolina; Posada, Catalina; Mosquera, Diana. (12 de Septiembre de 2012). *GSC*. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/A%20Prop%20de%20la%20Refineria%20de%20Cartagena%20Sep%202012%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/A%20Prop%20de%20la%20Refineria%20de%20Cartagena%20Sep%202012%20(2).pdf)
- Reficar - Refinería de Cartagena. (2008). *Reficar S.A.: Ofertas laborales en Reficar S.A.* Obtenido de <http://www.empleo.com/sitios-empresariales/colombia/reficar/>
- Reficar - Refinería de Cartagena S.A. (8 de Agosto de 2011). *Qué Ofrecemos*. Obtenido de Reficar - Refinería de Cartagena S.A.: <http://www.reficar.com.co/index.php/2011-08-08-18-52-03>
- REFICAR S.A. (25 de Abril de 2015). *REFICAR S.A.* Obtenido de Progress Summary (month) : <http://www.reficar.com.co/images/nafta-2.jpg>

## ANEXOS

### ANEXO 1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA LUBRICACIÓN EN LAS PLANTAS



**Figura 8.** Estructura organizacional sugerida para la ejecución de la lubricación en las plantas de la Actual y Nueva Refinería de Cartagena.

**Fuente:** Construcción propia con base en información obtenida por los autores (2015).

## ANEXO 2. INDICADOR DE BENCHMARKING: EFECTIVIDAD GLOBAL DE LUBRICACIÓN

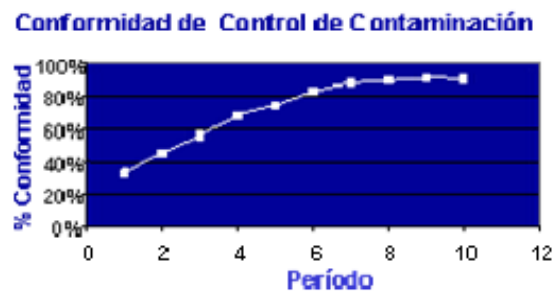
En algunos artículos publicados por la empresa Noria, Drew Troyer, uno de sus expertos, se refirió a una novedosa y sencilla forma de medir la eficiencia de la lubricación de una planta. Drew llamó a este coeficiente OLE (Overall Lubrication Effectiveness) que, en español significa Efectividad Global de la Lubricación.

Este indicador consta de tres componentes:

1. **Cumplimiento de tareas de lubricación:** Mide el porcentaje de tareas de lubricación realizadas versus las programadas. Esto incluye cambios de aceite, toma de muestras, etc.



2. **Conformidad de control de la contaminación:** Mide los valores reales de contaminación hallados en los equipos (agua, partículas, químicos) versus las metas de contaminación que la empresa se fijó.



**3. Conformidad de control de la salud del lubricante:** Mide los valores reales de salud del lubricante (oxidación, nitración, viscosidad, etc.) versus los objetivos que la empresa se fijó.



Los tres componentes se combinan entre sí de esta manera:

**OLE = % de cumplimiento de tareas de lubricación x % de conformidad de control de la contaminación x % de conformidad de control de la salud del lubricante**

Un OLE alto significa alta confiabilidad y buenos resultados. La ventaja de este indicador es que mide resultados. Posee algunas falencias también, pero esto no le quita su valor ya que lo que falta medir puede solucionarse con indicadores adicionales y cuyo valor referente a nivel mundial comparando las empresas del mismo sector está en el rango del 83% al 85% (Martins, 2012).