

**DISEÑO DE UN MODELO GERENCIAL DE ACTIVOS ENFOCADO AL
ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS DE
LAS PLANTAS DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE
ECOPETROL S.A.**

**ENRIQUE FERREIRA MEJÍA
MIGUEL GUSTAVO MULETT BARACALDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

**DISEÑO DE UN MODELO GERENCIAL DE ACTIVOS ENFOCADO AL
ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS DE
LAS PLANTAS DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE
ECOPETROL S.A.**

**ENRIQUE FERREIRA MEJÍA
MIGUEL GUSTAVO MULETT BARACALDO**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: FAVIO EDUARDO SOLANO CASTELLANOS
Ingeniero Mecánico
Especialista en Ingeniería de Gas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2012

A Dios por brindar sabiduría en mi vida, a mis padres y hermanos con mucho cariño.

A mí amada compañera y mis hijos.

Enrique Ferreira Mejía

A Dios por brindarme la vida, a mis
padres y hermanos con mucho
cariño.

A mí amada esposa y mis hijos.

Miguel Gustavo Mulett Baracaldo

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la oportunidad de vivir para aprender nuevas experiencias en esta vida.

A cada integrante de nuestras familias por su apoyo incondicional, colaboración durante la realización del posgrado y su paciencia por el tiempo no dedicado debido a las actividades del posgrado.

A los amigos y compañeros de trabajo por el aporte y colaboración con información para hacer de este texto una realidad.

A Favio Eduardo Solano Castellanos director del proyecto por sus aportes al texto y apoyo al trabajo realizado.

A todas las personas del Posgrado Gerencia del Mantenimiento: los profesores que imprimieron parte de su conocimiento y experiencia.

A los compañeros de Posgrado.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS.....	21
1. ECOPETROL S.A.	22
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	22
1.1.1 Marco legal.....	22
1.1.2 Creación de la empresa.	22
1.1.3 Objetivos de la Empresa.	24
1.1.4 Qué hacemos?.....	25
1.1.5 Explorar.....	27
1.1.6 Gestión de Riesgos.....	28
1.1.7 Refinar.	29
1.1.8 Transportar.....	30
1.2 MARCO ESTRATEGICO DE ECOPETROL S.A.	33
1.2.1 Misión grupo empresarial.....	33
1.2.2 Visión al 2020 del Grupo Empresarial.....	33
1.2.3 Cultura Organizacional.....	33
1.3 ESTRUCTURA CORPORATIVA	33
1.3.1 Junta Directiva.	34
1.3.2 Comité Directivo.....	34
1.3.3 Estructura Organizacional.....	38
2. MARCO TEÓRICO.....	40
2.1 MODOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	40
2.1.1 Generalidades.....	40
2.1.2 Tipos de Mantenimiento.....	41
2.2 LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	47

2.2.1	Generalidades.....	47
2.2.2	Funciones Administrativas del Mantenimiento.	48
2.3	EL ORGANIGRAMA	49
2.3.1	Definición.	49
2.3.2	La Estructura Organizacional aplicada en el Departamento de Mantenimiento.....	50
2.3.3	El Departamento de Mantenimiento y sus Relaciones con otras Dependencias.	51
2.4	NIVELES DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	52
2.5	EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	53
2.5.1	Generalidades.....	53
2.5.2	Codificación de Equipos.....	54
2.5.3	Criticidad de Equipos.	54
2.5.4	Gestión de Repuestos.....	54
2.5.5	Indicadores de Gestión.	54
2.6	GESTIÓN AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	55
2.6.1	Gestión Ambiental.....	55
2.6.2	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.	57
3.	MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DINÁMICA DE HIDROCARBUROS.....	59
3.1	RESPONSABILIDADES DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE ..	59
3.2	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	61
3.2.1	La Gerencia de Desarrollo.	62
3.2.2	Gerencia Control de pérdidas.	63
3.2.3	Gerencia de Operaciones y Logística Central.....	65
3.2.4	Gerencia de Puertos.	67
3.2.5	Gerencia de Oleoductos.	68
3.2.6	Gerencia de Poliductos. La Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de Transporte, es la dependencia encargada de transportar los productos	

refinados, desde las refinerías, muelles fluviales y marítimos, a todos los centros de distribución interconectados del país.	70
3.3 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL.....	89
3.4 ACTIVOS OBJETO DE MANTENIMIENTO EMPLEADOS PARA LA MEDICIÓN DINÁMICA DE HIDROCARBUROS.	100
3.4.1 Medidores Volumétricos Directos.....	100
3.4.2 Medidores Volumétricos Indirectos.	101
3.4.3 Medidores Másicos tipo Coriolis:	103
3.5 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE MEDICIÓN DINÁMICA Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN VOLUMÉTRICA	104
3.5.1 Incertidumbre.	108
4. PROPUESTA DE MODELO GERENCIAL DE ACTIVOS ENFOCADO AL ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS DE LAS PLANTAS DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A.	111
4.1 POLÍTICA Y MANUAL DE GERENCIA DE ACTIVOS DE ECOPETROL S.A.	111
4.2 REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LA ORGANIZACIÓN	114
4.3 PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DINÁMICA DE HIDROCARBUROS	116
4.3.1 Esquema de GEMASMEDIH.....	118
4.3.2 Visión del Modelo GEMASMEDIH.	120
4.3.3 Misión del Modelo.	120
4.3.4 Desarrollo del Modelo.	121
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE GEMASMEDIH	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
BIBLIOGRAFÍA	143

ANEXOS 146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Riesgos empresariales.....	28
Figura 2. Estructura Organizacional de Ecopetrol S.A.	39
Figura 3. Enfoques del Mantenimiento Correctivo.....	41
Figura 4. Ventajas del Mantenimiento Preventivo.	44
Figura 5. Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	46
Figura 6. La Función del Mantenimiento.	48
Figura 7. Estructura general de la VIT.....	62
Figura 8. Base Alban.....	72
Figura 9. Base Baranoa.	73
Figura 10. Base Buenaventura.....	74
Figura 11. Base Cartago.	74
Figura 12. Base Cisneros.....	75
Figura 13. Base Dagua.	77
Figura 14. Base Galán.	78
Figura 15. Base Manizales.....	80
Figura 16. Base Mansilla.....	81
Figura 17. Base Mariquita.	82
Figura 18. Base Medellín.	83
Figura 19. Base Puente Aranda.....	85
Figura 20. Base Puerto salgar.....	86
Figura 21. Base Santa Rosa.	86
Figura 22. Base Sebastopol.....	87
Figura 23. Base Tocancipá.....	88
Figura 24. Base Villeta.	88
Figura 25. Base Yumbo.....	89
Figura 26. Estructura general de la VIT área de Poliductos.	93

Figura 27. Estructura general de Coordinación de la VIT área de Poliductos, Coordinación de Mantenimiento Norte.....	93
Figura 28. Curvas de linealidad de medidor.....	98
Figura 29. Curva de linealidad de medidor.....	99
Figura 30. Medidor de Desplazamiento Positivo.....	100
Figura 31. Medidor de Turbina.....	101
Figura 32. Medidor de Ultrasonido.....	102
Figura 33. Medidor de Flujo Tipo Platina.....	102
Figura 34. Medidor Másico Tipo Coriólisis.....	104
Figura 35. Gráfico donde se muestra desbalance del volumen de hidrocarburo.....	105
Figura 36. Mapa de proceso de balances.....	105
Figura 37. Sistema de medición de hidrocarburo.....	106
Figura 38. Ejemplo de incertidumbre usando Tanque con producto a diferentes niveles.....	108
Figura 39. Modelo: ISO GUM para medición Dinámica Tipo B.....	110
Figura 40. Marco Estratégico de Ecopetrol S.A.....	117
Figura 41. Gráfica de los niveles del modelo Gerencial.....	118
Figura 42. Estructura de la Gestión Estratégica.....	121
Figura 43. Ciclo de Mejoramiento Continuo.....	126
Figura 44. Estructura del Grupo de Gestión Táctica.....	128
Figura 45. Modelo de análisis costo-riesgo-beneficio.....	129
Figura 46. Metodología análisis costo-riesgo-beneficio.....	130
Figura 47. Costo del Ciclo de Vida.....	132
Figura 48. Estructura grupo de gestión operativa.....	134
Figura 49. Estructura grupo de gestión Instrumental.....	137
Figura 50. Esquema de implementación de GEMASMEDIH.....	139

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Gestión Exploratoria.....	27
Tabla 2. Gestión de Producción.....	30
Tabla 3. Indicadores de Transporte.....	32
Tabla 4. Infraestructura de sistemas de medición.....	107
Tabla 5. Pasos para la implementación de GEMASMEDIH.....	140

ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDORES.....	146
ANEXO B. RECOMENDACIONES DE PUESTA EN OPERACIÓN DE MEDIDORES DINÁMICOS.....	147

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN MODELO GERENCIAL DE ACTIVOS ENFOCADO AL ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS DE LAS PLANTAS DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A.*

AUTOR: ENRIQUE FERREIRA MEJIA, MIGUEL GUSTAVO MULETT BARACALDO.**

PALABRAS CLAVES: Gestión, Mantenimiento, organigrama, Orden de Trabajo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, software de gestión, medidores, incertidumbre.

DESCRIPCIÓN: La Gestión de Mantenimiento en las plantas de los poliductos de Ecopetrol S.A. requiere del apoyo de un nuevo enfoque en el cual el manejo de los activos tenga prioridad los planes futuros de mantenimiento que requiere. El fin es poder apalancar el sistema de medición dinámica de hidrocarburos para obtener una incertidumbre del 95% en las mediciones de producto propio y terceros que requieran usar las instalaciones del país para llevarlos a sus destinos.

Este trabajo contiene un Modelo Gerencial de Activos enfocado al aseguramiento del sistema de medición de hidrocarburos de las plantas de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A. llamado GEMASMEDIH, el cual intenta dar un giro a la forma como actualmente se llevaba a cabo la gestión del mantenimiento de los activos asociados a la medición. Se pretende que con la aprobación del mismo por parte de Ecopetrol S.A. como modelo, se trabajaría en el área de poliductos Norte es el impulso a la elaboración de este trabajo constituyéndose él mismo, en herramienta de gestión que permita la transformación de la actual del mantenimiento de activos en las estaciones de poliductos del país.

Este modelo pretende dar confianza con incertidumbres de 95% en el transporte de hidrocarburos y preparar los sistemas con personal competente para respaldar el transporte de hidrocarburos con la mejor información en incertidumbre en los planes de la compañía de 1.3 Millones de barriles de crudo por día para el 2020, objetivo mega de la empresa.

*Monografía.

**Facultad Físico-Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Ing. Esp. Favio Eduardo Solano Castellanos (UIS).

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF AN ASSET MANAGEMENT MODEL ASSURANCE OF FOCUS TO HYDROCARBON MEASUREMENT SYSTEM PLANT OF THE VICE PRESIDENT OF TRANSPORTATION ECOPETROL S.A.*

AUTHORS: ENRIQUE FERREIRA MEJIA, MIGUEL GUSTAVO MULETT BARACALDO. **

KEY WORDS: Management, Maintenance, profile, organizational structure, work order, preventive maintenance, corrective maintenance, management software, meters, uncertainty.

DESCRIPTION: Maintenance Management on the soles of the pipelines of Ecopetrol SA requires the support of a new approach in which active management of priority has future plans for required maintenance. The purpose of this is to leverage the dynamic measurement system for oil 95% uncertainty in the measurements of product both their own and others that require the use of facilities in the country to take them to their destinations.

This work contains the design of an Asset Management Model focused on securing the oil metering system of the plants of the Vice President of Ecopetrol SA Transport GENASMEDIH called, which tries to turn around the way now carried out the maintenance management of the assets associated with the measurement. It is intended that with the approval of same by Ecopetrol S.A. as a model which would work in the area of North pipeline is the impetus for the development of this work is the same, in management tool that allows the transformation of the current active maintenance of pipeline stations in the country.

This model seeks to reassure with uncertainties of 95% in oil transportation systems and to prepare competent staff to support the transport of hydrocarbons with the best information on uncertainty in the company's plans of 1.3 million barrels of oil per day 2020, mega goal of the company.

* Monograph.

** Faculty of Physico-Mechanical, School of Mechanical Engineering, Specialization in Maintenance Management, Advisors: Ing. ESP. Favio Eduardo Solano Castellanos (UIS).

INTRODUCCIÓN

Ganar la confianza en Ecopetrol S.A. que todos los productos de hidrocarburos que son transportados a través de sus líneas de poliductos en el país tengan el mejor porcentaje de incertidumbre es un gran desafío, porque en ellos está las utilidades para los socios, las entidades públicas y privadas, regiones y clientes con los cuales se interactúa productos de hidrocarburo en el país. La pérdida de barriles por años debido a problemas en los equipos de medición y los malos procedimientos de las personas le genera a Ecopetrol S.A. disminución en las utilidades. Y es desde Mantenimiento donde se parte para ayudar a solucionar este problema creando las mejoras que requiere la compañía para las condiciones que actualmente lastiman la generación de confianza de terceros y las ganancias del negocio que se traducen en regalías en los departamentos.

El objetivo fundamental de este proyecto es desarrollar un modelo Gerencial que facilite a través de un plan estratégico lograr la disminución de la incertidumbre de la medición de hidrocarburos y poder asegurar la exactitud de los balances volumétricos diarios en las Plantas de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A.

En el proceso por entender el trabajo realizado se inicia con el capítulo uno donde se da un abrebocas a lo que es Ecopetrol S.A., como está conformada y cuál es su función en la cadena de valor del país.

En el capítulo dos se describen los aspectos fundamentales de los parámetros que una organización debe tener en cuenta como organización de mantenimiento. El capítulo tres nos lleva a la situación actual de modelo que se está empleando y finalmente en el capítulo cuatro mediante el desglose de los niveles estratégico, táctico, operativo e instrumental que integran la estructura del modelo propuesto y

determinan las nuevas macro políticas: económica, mantenimiento y calidad, que regirán el nuevo concepto de gestión de mantenimiento, estableciendo las correspondientes metas a ser evaluadas e integrando todos los recursos con los que cuenta la organización de mantenimiento, hacia el cumplimiento de planes de acción y tareas fijadas para cada nivel y que apuntan al cumplimiento de las metas establecidas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo Gerencial que facilite a través de un plan estratégico lograr la disminución de la incertidumbre de la medición de hidrocarburos para asegurar la exactitud de los balances volumétricos diarios en las Plantas de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recolectar datos de la condición actual administrativa de la gestión de activos asociados a la medición volumétrica de plantas de recibo, almacenamiento y despacho de hidrocarburos.
2. Estructurar un primer nivel administrativo en referencia a conformar y articular la integridad, la confiabilidad y la mantenibilidad, de los sistemas de medición de tal forma que se asegure su eficiencia y eficacia, que en últimas permita en cada planta el logro de las metas operacionales de los balances volumétricos diarios.
3. Construir la etapa final del Modelo Gerencial en función de la Misión, la Visión y los Valores Éticos de Ecopetrol S.A. reformulando políticas, procesos, procedimientos e instructivos asociados al sistema de medición de las Plantas de la Vicepresidencia de Transporte.

1. ECOPETROL S.A.¹

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

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

1.1.2 Creación de la empresa. 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 tras la apertura del primer pozo en La Cira y la posterior puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

Ecopetrol emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación. En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956. En 1970 adoptó su primer estatuto

orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República. La empresa funciona como sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines, conforme a las reglas del derecho privado y a las normas contenidas en sus estatutos, salvo excepciones consagradas en la ley (Decreto 1209 de 1994).

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

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

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 expedición del Decreto 1760 del 26 de Junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en Ecopetrol S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al Ministerio de Minas y Energía y regida por sus estatutos protocolizados en la Escritura Pública número 4832 del 31 de octubre de 2005, otorgada en la Notaría

¹ ECOPETROL S.A. [En línea] Pagina Principal. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=32&conID=36271>.

Segunda del Circuito Notarial de Bogotá D.C., y aclarada por la Escritura Pública número 5773 del 23 de diciembre de 2005.

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.

Actualmente, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$8,34 billones registrada en 2010 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.

1.1.3 Objetivos de la Empresa. De acuerdo con los Estatutos Sociales, el objeto social de Ecopetrol S.A." es el desarrollo, en Colombia o en el exterior, de actividades comerciales o industriales correspondientes o relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos.

Adicionalmente, forman parte del objeto social de Ecopetrol S.A.:

1) La administración y manejo de todos los bienes muebles e inmuebles que revirtieron al Estado a la terminación de la antigua Concesión De Mares. Sobre tales bienes tendrá, además, las facultades dispositivas previstas en la ley.

- 2) La exploración y explotación de hidrocarburos en áreas o campos petroleros que, antes del 1º de enero de 2004: a) se encontraban vinculadas a contratos ya suscritos o, b) estaban siendo operadas directamente por Ecopetrol S.A.
- 3) La exploración y explotación de las áreas o campos petroleros que le sean asignadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH-.
- 4) Exploración y explotación de hidrocarburos en el exterior, directamente o a través de contratos celebrados con terceros.
- 5) Refinación, procesamiento y cualquier otro proceso industrial o petroquímico de los hidrocarburos, sus derivados, productos o afines, en instalaciones propias o de terceros, en el territorio nacional y en el exterior.
- 6) Compra, venta, importación, exportación, procesamiento, almacenamiento, mezcla, distribución, comercialización, industrialización, y/o venta de hidrocarburos, sus derivados, productos y afines, en Colombia y en el exterior.
- 7) Transporte y almacenamiento de hidrocarburos, sus derivados, productos y afines, a través de sistemas de transporte o almacenamiento propios o de terceros, en el territorio nacional y en el exterior, con excepción del transporte comercial de gas natural en el territorio nacional.
- 8) Realizar investigación, desarrollo y comercialización de fuentes convencionales y alternas de energía.
- 9) Realizar la producción, mezcla, almacenamiento, transporte y comercialización de componentes oxigenantes y biocombustibles.
- 10) Realizar la operación portuaria.
- 11) Realizar cualquier actividad complementaria, conexas o útiles para el desarrollo de las anteriores.
- 12) Garantizar obligaciones ajenas cuando ello sea estrictamente necesario dentro del giro de sus negocios y en el marco de su objeto social, previa autorización de su Junta Directiva".

1.1.4 Qué hacemos? Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A.

pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica.

Somos dueños absolutos o tenemos la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país, poseemos el mayor conocimiento geológico de las diferentes cuencas, contamos con una respetada política de buena vecindad entre las comunidades donde se realizan actividades de exploración y producción de hidrocarburos, somos reconocidos por la gestión ambiental y, tanto en el Upstream como en el Downstream, hemos establecido negocios con las más importantes petroleras del mundo.

Contamos con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de 8.500 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

El Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), está a disposición de nuestros socios y es considerado el más completo centro de investigación y laboratorio científico de su género en el país, donde reposa el acervo geológico de un siglo de historia petrolera de Colombia.

Desde 1997 hemos marcado récords al obtener las más altas utilidades de una compañía colombiana en toda la historia. En 2003 nos convertimos en una sociedad pública por acciones y emprendimos una transformación que nos garantiza mayor autonomía financiera y competitividad dentro de la nueva organización del sector de hidrocarburos de Colombia, con la posibilidad de establecer alianzas comerciales fuera del país. Para garantizar la transparencia de

nuestras operaciones y fluidez e integridad en la información, hemos adoptado un código de Buen Gobierno.

Gracias a nuestras fortalezas y competencias, Ecopetrol S.A. es líder en Colombia y el socio preferido para explorar y producir hidrocarburos.

1.1.5 Explorar. La Vicepresidencia de Exploración tiene la Misión de "Liderar la actividad exploratoria de Ecopetrol S.A. para incrementar el volumen de reservas de hidrocarburos, mediante el hallazgo de nuevas reservas de petróleo o gas, directamente, en asocio con terceros y/o mediante la compra de las mismas".

Ecopetrol S.A. realiza actividades de exploración de hidrocarburos en 32 bloques del territorio colombiano de manera directa y en 15 adicionales participa en riesgo con otras compañías, uno de ellos es Tayrona. En la tabla 1 podemos apreciar parte de la Gestión de Exploración.

Tabla 1. Gestión Exploratoria.

Gestión Exploratoria Ecopetrol S.A						
Indicador	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
Sísmica Ecopetrol	Kilómetros Equivalentes	3.773	1.670	5.633	9.543	15.961
Sísmica (2D +3D) Total país	Kilómetros Equivalentes	26.491	9.971	16.286	20.117	25.965
Perforación Ecopetrol Pozos A3	Pozos	4	12	15	16	19
Perforación Pozos A3 Total país	Pozos	56	75	96	75	112
Inversión Ecopetrol	Millones de dólares	120	265	458	510	258

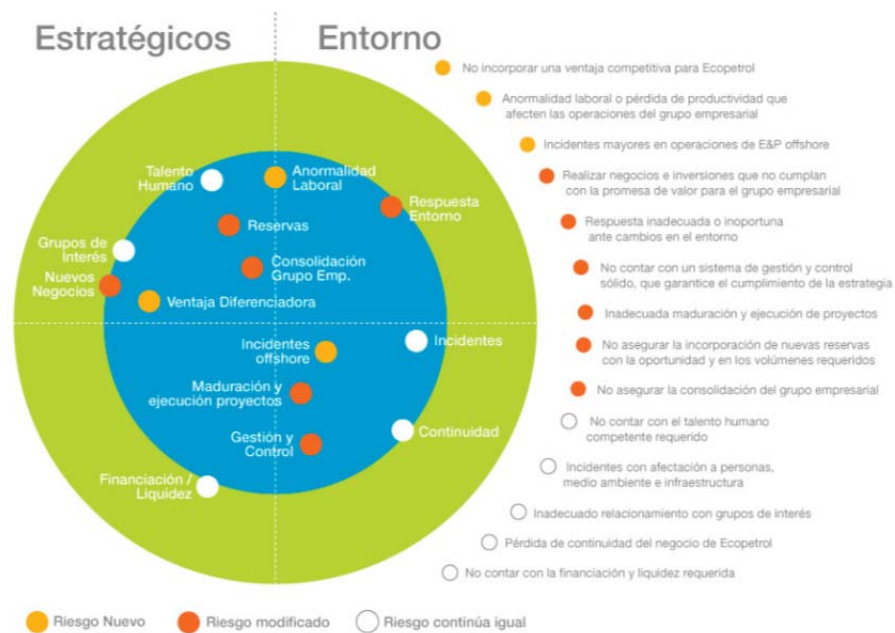
Fuente: ECOPETROL S.A. Gestión Exploratoria Ecopetrol S.A. [Página Oficial-restringida]. Bogotá D.C.: 2010
 Disponible en Internet: URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=44&conID=22>.

1.1.6 Gestión de Riesgos. Ecopetrol reconoce la existencia de riesgos en sus operaciones y en el cumplimiento de la estrategia, para esto cuenta con un Sistema de Gestión Integral de Riesgos implementado, y realiza una declaratoria de apetito al riesgo contenida en el Código de Buen Gobierno.

Este Sistema de Gestión Integral de Riesgos se encuentra orientado a contribuir con el cumplimiento de objetivos, la preservación y creación de valor para la Empresa y la respuesta ante eventos no esperados.

Como parte del cumplimiento de los objetivos del Sistema de Gestión de riesgos se establecen los siguientes riesgos empresariales para el periodo 2010 - 2011: (Ver figura 1).

Figura 1. Riesgos empresariales.



Fuente: Tomado de ECOPETROL S.A. Sistema_de_Riesgos_Ecopetrol_2010-2011.pdf. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/documentos/47171>.

1.1.7 Refinar. Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares de calidad cada vez más altos.

En 2009 Ecopetrol tuvo una carga de refinación de 295,9 mil barriles de carga de crudo diarios, en las Refinerías de Barrancabermeja (217,1 kbpd) y Cartagena (78,8 Kbpd.), esta última en sociedad con Glencore.

Estas dos refinerías suplen la producción nacional de combustibles que permite atender la demanda del país y la salida de productos de exportación.

En Colombia operan, adicionalmente, dos pequeñas refinerías en Orito y Apiay (6.000 barriles cada una), que producen combustibles para uso local.

Complejo Industrial de Barrancabermeja.

Sede: Barrancabermeja (Santander).
Negocio: Refinación de crudo y petroquímica.
Capacidad instalada: 250 Kbpd.
Producción: Gasolina motor (corriente y extra), bencina, Cocinol, diesel, queroseno, Jet-A, Avigás, gas propano, combustóleo, azufre, ceras Parafínicas, bases lubricantes, polietileno de baja densidad, aromáticos, asfaltos, Alquilbenceno, Ciclohexano, disolventes alifáticos.

Refinería de Cartagena.

Sede: Cartagena.
Negocio: Refinación de crudo.
Capacidad instalada: 80 Kbpd.
Producción: Gasolina motor, destilados medios, gas propano, combustóleo.

Tabla 2. Gestión de Producción.

Indicador	Medida del Indicador	2005	2006	2007	2008	2009
Cargas a refinería crudo	Miles de barriles por día	296,3	312,2	309,9	310,1	295,9
Factor de Utilización	Porcentaje	84,1	83,9	82,6	85,4	83,6
Margen Bruto	Dólares por barril	11.37	8,92	10,40	4,47	4,39
Paradas no programadas	Días	348	500	417,8	236	

Fuente: ECOPETROL S.A. Gestión de Producción. [Página Oficial-restringida]. Bogotá D.C.: 2010. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=46&conID=37668>.

1.1.8 Transportar. Ecopetrol S.A. garantiza al país y a los inversionistas el transporte y disponibilidad oportuna de los diferentes hidrocarburos para refinación, exportación o consumo a través de su red de 8.500 kilómetros de poliductos y oleoductos, que van desde los centros de producción hasta las refinerías y puertos en los océanos Atlántico y Pacífico.

Cuenta con 53 estaciones desde las que se bombea crudo y productos por la geografía colombiana, además de sus centros de almacenamiento.

La Compañía asegura una capacidad de excedentes en los principales sistemas de transporte de petróleo, lo que se convierte en una ventaja económica en caso de un descubrimiento comercial de hidrocarburos.

Líneas, estaciones y terminales. El sistema de transporte cuenta con 8.500 kilómetros de redes principales de oleoductos y poliductos que convergen en los terminales de Coveñas y Santa Marta, en el Atlántico, y Buenaventura y Tumaco, en el Pacífico.

Los principales oleoductos trabajan, en la actualidad, a un 60% de su capacidad operativa. Para los nuevos descubrimientos, Ecopetrol cuenta con una amplia experiencia en la oferta de servicios de transporte multimodal, a través de

oleoductos, poliductos, buquetanques; ofreciendo soluciones integrales a sus clientes.

Para atender la operación de la red, la Vicepresidencia se encuentra organizada en cinco Gerencias Regionales, cuya distribución geográfica es la siguiente:

Caño Limón-Coveñas

Sede: Cúcuta.
Negocio: Transporte de crudo.
Áreas: Arauca, Norte, Coveñas.

Andina

Sede: Bogotá.
Negocio: Transporte de combustibles.
Áreas: Llanos y Sabana.

Caribe.

Sede: Santa Marta.
Negocio: Transporte de combustibles
Áreas: Pozos Colorados, Sucre.

Magdalena

Sede: Barrancabermeja.
Negocio: Transporte de crudo y combustibles.
Áreas: Galán, Vasconia.

Occidente

Sede: Yumbo, Cali (Valle)
Negocio: Transporte de combustibles
Áreas: Antioquia, Valle, Caldas.

De los sistemas existentes de oleoductos cabe destacar los siguientes:

Oleoducto Caño Limón-Coveñas. Tiene 770 kilómetros de longitud y a través de él se transportan los crudos producidos en el campo Caño Limón (Arauca).

Oleoducto del Alto Magdalena. Transporta los crudos que se obtienen en el Valle Superior del Magdalena y en el cual Ecopetrol participa con el 49%.

Oleoducto Colombia. Tiene 481 kilómetros y conecta la estación de Vasconia con el puerto de Coveñas. Ecopetrol tiene el 42.5% de participación.

Oleoducto Central S.A. (Ocensa)

Con 790 kilómetros de longitud, transporta fundamentalmente los crudos del piedemonte llanero (Cusiana-Cupiagua) hasta el terminal marítimo de Coveñas.

Oleoducto Trasandino. Con 306 kilómetros, transporta petróleo desde Ecuador hasta el puerto de Tumaco, sobre el Océano Pacífico.

Tabla 3. Indicadores de Transporte.

Indicador	Medida del Indicador	2005	2006	2007	2008	2009
Volumen de crudo transportados	Miles de barriles por día calendario	443,8	471,1	516,6	542,3	576,2
Volúmenes de refinados transportados	Miles de barriles por día calendario	159,4	180,7	193,8	209,5	223,3
Hurto de hidrocarburos	Barriles por día calendario	1.601	942	561	389	196

Fuente: ECOPETROL S.A. Indicadores de transporte. [Página Oficial-restringida]. Bogotá D.C.: 2010. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=82&conID=37995>.

1.2 MARCO ESTRATEGICO DE ECOPETROL S.A.²

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

1.2.2 Visión al 2020 del Grupo Empresarial. Ecopetrol, Grupo Empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.

1.2.3 Cultura Organizacional. La cultura organizacional se debe caracterizar por evidenciar los siguientes elementos:

- Respeto por el ser humano.
- Responsabilidad.
- Integridad.
- Orientación a resultados.
- Orientación al cliente y al mercado.
- Aprendizaje en equipo.

1.3 ESTRUCTURA CORPORATIVA

² ECOPETROL S.A. [En línea] Pagina Principal. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=31&conID=484>.

1.3.1 Junta Directiva.³ De conformidad con lo establecido en los Estatutos Sociales y en el Código de Buen Gobierno, la Junta Directiva de Ecopetrol está integrada por nueve miembros, sin suplentes, elegidos por la Asamblea General de Accionistas para periodos de un año, mediante el sistema del cociente electoral. Los candidatos a integrar la Junta Directiva deben cumplir con los perfiles definidos en el artículo 24 de los Estatutos Sociales: “ARTÍCULO VEINTICUATRO: PERFILES DE LOS MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA. Los miembros de la Junta Directiva estarán encargados y comprometidos con la visión corporativa de LA SOCIEDAD y deberán como mínimo cumplir con los siguientes requisitos: (i) tener conocimiento y experiencia en las actividades propias del objeto social de LA SOCIEDAD y/o tener conocimiento y experiencia en el campo de la actividad industrial y/o comercial, financiera, bursátil, administrativa, jurídica o ciencias afines, (ii) gozar de buen nombre y reconocimiento por su idoneidad profesional e integridad, y (iii) no pertenecer simultáneamente a más de cinco (5) juntas directivas incluida la de ECOPETROL S.A.”

Miembros:

Oscar Iván Zuluaga, Ministro de Hacienda y Crédito Público; Hernán Martínez Torres, Ministro de Minas y Energía; Esteban Piedrahita Uribe; Fabio Echeverri Correa; Ignacio Sanín Bernal; María Elena Velásquez Restrepo; Joaquín Moreno; Uribe Germán Bernal Gutiérrez; Mauricio Cárdenas Santamaría.

1.3.2 Comité Directivo⁴. En cabeza del Presidente de Ecopetrol revisa asuntos de interés institucional que puedan impactar a la organización; recomienda y revisa

³ ECOPETROL S.A. ECO_Reporte_Sostenibilidad_2009_GRI. [pdf]. Documento reporte de Sostenibilidad año 2009 de la Unidad de Responsabilidad Social Empresarial: Ecopetrol S.A.: Bogotá: 2009. P. 6-33.

⁴ ECOPETROL S.A. [En línea] Pagina Principal. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/categoria.aspx?catID=279>.

políticas corporativas; direcciona la estrategia de la compañía; realiza seguimiento al desempeño empresarial y al cumplimiento de los planes estratégicos.

Javier Gutiérrez Pemberthy (Presidente): Ingeniero Civil de la Universidad de los Andes, Magíster en Ingeniería Industrial. En 1975 ingresó a Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.-ISA y luego de escalar diferentes posiciones en 1992 asumió la Gerencia General. Inició sus labores como presidente de Ecopetrol el 23 de enero de 2007. En el 2008 fue reconocido como el líder empresarial con mejor reputación en Colombia por el Monitor Empresarial de Reputación Corporativa (Merco), destacada firma de análisis e investigación de reputación de España. En ese mismo año, la revista Semana lo eligió como uno de los 10 personajes del año. En el 2008 el diario La República y Portafolio le otorgaron la distinción de Empresario del Año.

Margarita Obregón Triana (Secretaria General): Abogada de la Universidad del Rosario con especialización en Derecho Financiero y Derecho Administrativo. En su experiencia laboral se cuentan cargos como Asistente del Ministro de Agricultura, Vicepresidente de Negocios de la Fiduciaria del Estado, Asesora legal en tierras para BP Exploration, subgerente de suministro de La Previsora Compañía de Seguros. Su labor en Ecopetrol comenzó en 2000; se ha desempeñado como asesora legal de la Vicepresidencia Jurídica para las áreas de Producción, Exploración, Seguridad Física, Convenios, Financiera y desde finales de 2008 como Secretaria General. La Dra. Obregón actualmente es Miembro Básico de la Asociación de Oficiales de Ética y Cumplimiento (ECOIA por sus siglas en inglés).

Camilo Marulanda López (Vicepresidencia Estrategia y Crecimiento): Economista de la Universidad de los Andes, con especialización en mercadeo de la misma Universidad. Cuenta con experiencia en el diseño de planes estratégicos para la comercialización de productos de consumo masivo, industriales y de

hidrocarburos. Ha trabajado en Procter & Gamble Colombia y desde el año 2003 ha ocupado los siguientes cargos en Ecopetrol: Jefe del Departamento de Mercadeo, Gerente de Comercialización Nacional y Vicepresidente de Suministro y Mercadeo.

Mauricio Echeverry G. (Vicepresidente Jurídico): Abogado de la Universidad de los Andes, especialista en Derecho Comercial, candidato a Magíster (LLM) en Derecho. En su experiencia laboral se cuentan cargos como Director Oficina Jurídica de la Universidad de los Andes, Vicedecano y Decano de la Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes, Viceprocurador General de la Nación, Ministro Consejero Plenipotenciario en la embajada Colombiana en Estados Unidos, entre otros.

Martha Cecilia Castaño (Vicepresidente de Talento Humano): Comunicadora Social y Periodista de la Universidad Central, post grado en Periodismo Económico de la Universidad de La Sabana, con amplia trayectoria en comunicación organizacional. Actualmente desempeña el cargo de Vicepresidente de Talento Humano en Ecopetrol, empresa a la cual está vinculada desde el año 2004 y donde también ocupó el cargo de Coordinadora de Comunicaciones Organizacionales.

Adriana Echeverri Gutiérrez (Vicepresidente Financiera): Profesional en Finanzas y Relaciones Internacionales de la Universidad Externado de Colombia, con Maestría en Administración de Empresas (MBA) de la misma universidad. Con amplia experiencia en financiación de proyectos, cobertura de riesgos financieros y gestión de tesorería. Ha sido Jefe de la Unidad de Financiamiento y Tesorería de Ecopetrol, desde septiembre de 2006 fue nombrada Jefe titular de la Unidad de Finanzas Corporativas.

Héctor Manosalva (Vicepresidente Ejecutivo Exploración y Producción):

Ingeniero de petróleos de la Fundación Universidad de América, con Especialización en Finanzas de la Universidad EAFIT y Alta Gerencia de la Universidad de los Andes. Ingresó a Ecopetrol en 1986, ha desempeñado varios cargos entre los que se destacan: Gerente de Producción en el Putumayo, Director de Responsabilidad Integral, Consejero en la Presidencia de la República para la Protección de la Infraestructura Energética, Gerente de la Regional Central de la Vicepresidencia de Producción.

Héctor Castaño (Vicepresidente de Producción):

Ingeniero de Petróleos de la Universidad Nacional de Colombia, con especialización en Alta Gerencia de la Universidad Surcolombiana de Neiva. Ingresó a Ecopetrol en 1988, ha desempeñado varios cargos en las gerencias regionales de producción Central, Sur y Magdalena Medio.

Pedro Alfonso Rosales (Vicepresidente Ejecutivo del Downstream):

Ingeniero Mecánico de la Universidad de los Andes, con especializaciones en Alta Gerencia de la Universidad EAFIT y en Desarrollo Directivo de Inalde, Magíster en Administración (MBA) de la Universidad de los Andes. Vinculado a Ecopetrol desde 1990. Ha sido miembro de las Juntas Directivas de la Corporación de los Trabajadores de Ecopetrol (Cavipetrol), Oleoducto de Colombia S.A. (ODC), Oleoducto Central S.A. (OCENSA), Empresa de Energía de Bogotá (EEB).

Federico Maya Molina (Vicepresidente de Refinación y Petroquímica):

Ingeniero Químico de la Universidad Pontificia Bolivariana, con especialización en mercadeo de la Universidad EAFIT. En 1988 inició labores en Ecopetrol, ha ocupado diferentes cargos entre los cuales se encuentran: Ingeniero de Proceso en la Refinería de Barrancabermeja, Coordinador de Mercadeo y Contratación de la Gerencia de Gas, Profesional Asesor de la Dirección de Planeación Corporativa, Vicepresidente de Suministro y Mercadeo.

Claudia Castellanos (Vicepresidente de Suministro y Mercadeo): Ingeniera Química egresada de la Universidad Industrial de Santander, con especialización en Gestión de Recursos Energéticos de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Ingresó en 1987 a Ecopetrol, ha desempeñado diferentes cargos entre los que se destacan Jefe de Unidad de Planeación de Comercio Internacional y Gerente de Gas.

Álvaro Castañeda (Vicepresidente de Transporte y Logística): Ingeniero Metalúrgico de la Universidad Libre de Colombia, con especialización en Gerencia Internacional de Petróleo y Gas, y Maestría en Administración de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y del Instituto Tecnológico de Monterrey. Ingresó en 1989 a Ecopetrol, ha desempeñado diferentes cargos entre los que se destacan: Coordinador de Planta, Jefe de Departamento de Mantenimiento, Jefe de Operación Centralizada y Gerente de Poliductos.

Óscar Alfredo Villadiego (Vicepresidente de Servicios y Tecnología): Ingeniero de Petróleos egresado de la Fundación Universidad de América, actualmente está encargado de la Vicepresidencia de Servicios y Tecnología en Ecopetrol, empresa a la cual se vinculó desde el año 1986 como profesional de yacimientos. Además, fue Coordinador de Planes de Desarrollo de Personal en la Vicepresidencia de Exploración y Producción para posteriormente dirigir la Gerencia Llanos.

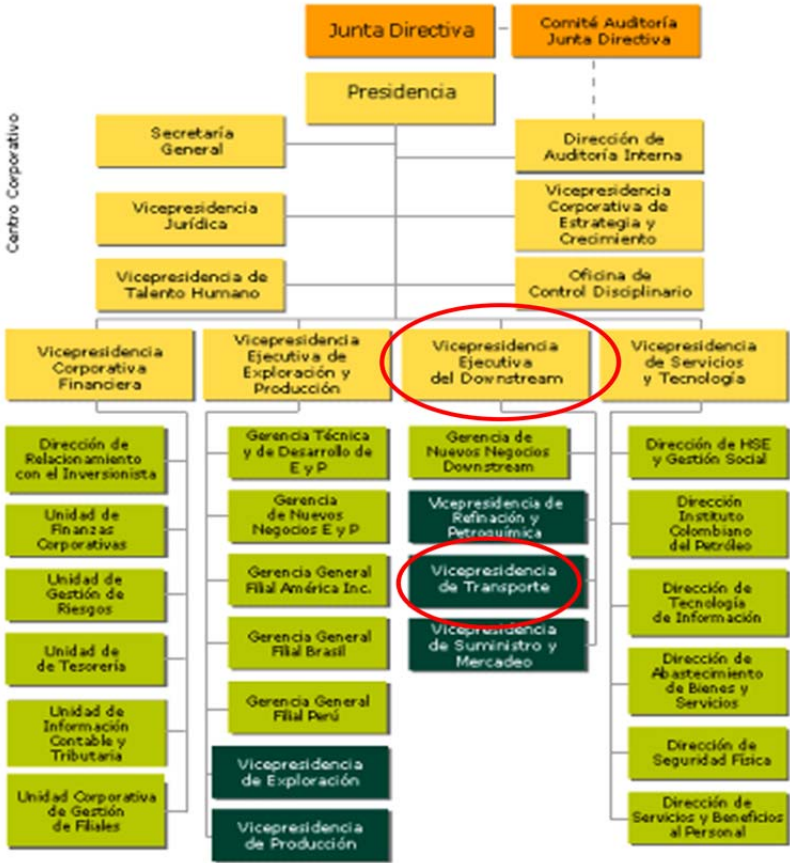
1.3.3 Estructura Organizacional⁵. La estructura organizacional está conformada por siete vicepresidencias principales que dependen directamente de la presidencia.

Esta monografía se enfoca en el aseguramiento del sistema de medición

⁵ ECOPETROL S.A. Área de Negocios. Vicepresidencia de Transporte. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=33&conID=36164>.

dinámica de hidrocarburos de las plantas de la Vicepresidencia de Transporte, la cual forma parte de la Vicepresidencia de ejecutiva del Downstream. En la figura 2 se aprecia la estructura organizacional y la posición donde se encuentra ubicada la Vicepresidencia de transporte.

Figura 2. Estructura Organizacional de Ecopetrol S.A.



Fuente: ECOPETROL S.A. Riesgos Empresariales. [En línea]. Bogotá D.C.: 2010. Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=33&conID=37305>.

2. MARCO TEÓRICO⁶

2.1 MODOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.1.1 Generalidades. Gestión del mantenimiento es la actividad estratégica orientada a la planeación, la organización y la administración de los recursos técnicos y financieros para la ejecución de actividades propias del mantenimiento, con el objetivo de buscar la disponibilidad, la mantenibilidad y la confiabilidad en la operación de los equipos y de la maquinaria para disponer de procesos productivos óptimos bajo un sano criterio económico influyente en la rentabilidad de los negocios.

El mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización industrial, cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad/calidad durante un período dado. El mantenimiento, por su incidencia debe ser visto como un proceso clave y parte determinante de la cadena de valor dentro de la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los pilares idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan dentro del contexto de la Excelencia Gerencial y Empresarial.

En lo relacionado con el mantenimiento, debe destacarse que:

- Mantenimiento no es un costo, el mantenimiento es una inversión.

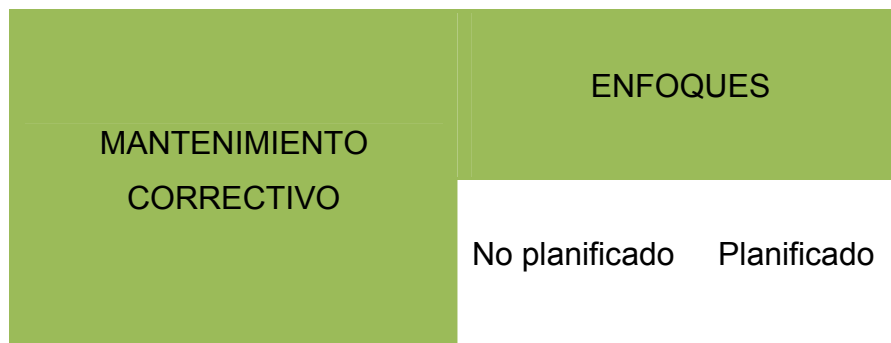
⁶ CESPEDES AMARIZ, Jesús Alonso. Modelo de Estructura de Mantenimiento para la División de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander. [pdf]. Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico Mecánica, Bucaramanga: 2010. 75p.

- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y de computación.
- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional.
- Implica tenerlo presente desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica o reacondiciona total o parcialmente, etc.
- Requiere información tecnológica y financiera para obtener resultados cualitativos y cuantitativos.

2.1.2 Tipos de Mantenimiento. Entre los modos de gestión de mantenimiento que se contemplan en este estudio están el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento centrado en confiabilidad, así:

- **Mantenimiento Correctivo.** Es aquel que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla ó paro súbito de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento podríamos contemplar dos tipos de enfoques:

Figura 3. Enfoques del Mantenimiento Correctivo.



Fuente: Autores del proyecto.

a) No planificado. Es el mantenimiento de emergencia, es corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por manejo inadecuado, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste

natural, etc. El ejemplo de este tipo de mantenimiento correctivo no planificado es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

b) Planificado. El mantenimiento correctivo planificado consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para efectuarlo; se sabe con antelación que es lo que debe hacerse.

- **Mantenimiento Preventivo.** Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de:

a) Prevenir la ocurrencia de fallas, se conoce como Mantenimiento preventivo Directo ó Periódico FTM (Fixed Time Maintenance) por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la confiabilidad de los equipos (MTTF) sin considerar las peculiaridades de una instalación.

b) Detectar las fallas antes que se desarrollen una rotura u otras interferencias en producción. Están el control de nivel de condición de los equipos, también conocido como Mantenimiento Predictivo, Preventivo Indirecto ó Mantenimiento por Condición CBM (Condition Based Maintenance). A diferencia del Preventivo Directo, que asume que los equipos e instalaciones siguen cierta clase de comportamiento estadístico, el Mantenimiento Predictivo verifica muy de cerca la operación de cada máquina operando en su entorno real.

Se usan para el mantenimiento predictivo instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

Entre las ventajas del mantenimiento predictivo están:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

Entre las ventajas del mantenimiento preventivo están:

En la figura 4 se aprecia el resumen de las ventajas al tener mantenimiento preventivo en las actividades.

Figura 4. Ventajas del Mantenimiento Preventivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VENTAJAS
	Confiabilidad
	Disminución del tiempo de parada
	Durabilidad, mayor duración, de los equipos e instalaciones
	Durabilidad, de los equipos e instalaciones
	Uniformidad en la carga de trabajo
	Menor costo de las reparaciones

Fuente: Autor del proyecto.

- Confiabilidad. Característica de un equipo, instalación ó línea de fabricación que se mide por el tiempo promedio que puede operar entre fallas consecutivas.
- Disminución del tiempo parada. Tiempo de parada de equipos/máquinas se disminuye.
- Durabilidad. Mayor duración, de los equipos e instalaciones. Disminución de existencias en bodega y por lo tanto sus costos, debido a que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo, para el personal de Mantenimiento debido a que se hace programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones. Se efectúan los recambios a tiempo logrando que el equipo no se afecte en otras piezas que dependen del daño de las que sufren desgaste.

Para desarrollar un efectivo programa de mantenimiento preventivo se debe desarrollar en las siguientes fases:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
 - Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
 - Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
 - Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.
-
- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**⁷. "...El RCM (Reliability Centered Maintenance), es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica.

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

⁷ TORRES MENESES, Carlos Alberto. Estructuración de la organización del mantenimiento en CAZTA (Central Azucarera del Táchira). [pdf]. Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico Mecánica, Bucaramanga: 2006. 75p.

El objetivo principal de RCM está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no tiene que ser estrictamente necesarias.

Al igual que en las otras modalidades de gestión de mantenimiento, el RCM también tiene sus ventajas como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD RCM	VENTAJAS
	Reducción del mantenimiento rutinario
	Disminución en la carga de trabajo
	Le permite al personal tomar decisiones acertadas

Fuente: Autor del proyecto.

Si RCM se aplica a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%. Se debe tener la precaución luego de obtener el producto del RCM, de revisar la carga de trabajo que se genera de este ejercicio, ajustar las prioridades según los recursos disponibles.

Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

Fases para la implantación de un Plan de Mantenimiento Preventivo RCM:

- Selección del sistema y documentación.

- Definición de fronteras del sistema.
- Diagramas funcionales del sistema.
- Identificación de funciones y fallas funcionales.
- Construcción del análisis modal de fallos y efectos.
- Construcción del árbol lógico de decisiones.
- Identificación de las tareas de mantenimiento más apropiadas.

2.2 LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.2.1 Generalidades. El propósito del mantenimiento es lograr conservar operable con la debida eficacia los activos fijos. La organización del mantenimiento depende de múltiples factores; algunos de ellos son tamaño, número de plantas y su ubicación física, procesos, desarrollo tecnológico y disponibilidad de recursos.

Si bien no existe un modelo único de organización que sirva a todas las empresas, es indispensable el desarrollo de un modelo que cumpla con los objetivos trazados por la alta gerencia.

En algunas empresas las funciones recaen en algunas personas más que en otras. Tener un organigrama de la empresa facilita la distribución de las funciones y los cargos de los individuos que hacen parte de la organización y permite determinar la responsabilidad, la autoridad y el rol de cada persona involucrada en el área de Mantenimiento.

Para lograr implementar y ejecutar un programa de mantenimiento en una estructura organizacional eficiente, se debe tener en cuenta:

- Efectuar una división razonable y clara de las líneas de mando; dicha división puede ser funcional geográfica, basada en la experiencia o una combinación de

todas. Pero siempre ha de haber una definición clara de la línea limítrofe de la autoridad, para evitar entrecruzamientos.

- Las líneas verticales de autoridad y de responsabilidad deben ser tan cortas como sea posible, es decir, evitar niveles cuya única función sea recibir una información de arriba para tramitarla abajo, en pocas palabras se busca que la información siempre esté al mismo nivel en la línea de mando.
- Mantener la cantidad óptima de personal que reporten a una sola persona.
- Adecue la organización a las personalidades. La aceptación de la tesis de que la organización es un medio para lograr el funcionamiento correcto del departamento de mantenimiento, requiere considerar a las personas que están utilizando la organización, significa entonces que periódicamente la organización debe ser revisada para sintonizarla con los cambios del personal y del entorno...”

2.2.2 Funciones Administrativas del Mantenimiento. En la figura 6 se observa la organización del mantenimiento como la cadena de actividades desde planeación, pasando por la programación, hacia los ejecutores y vuelve a realimentarse la planeación a través del mecanismo control establecido.

Figura 6. La Función del Mantenimiento.



Fuente: Autores del proyecto.

- **Planeación.** Define claramente los objetivos y procedimientos, define presupuesto tanto humano como financiero, nunca olvidar que la capacitación es la base del desarrollo en toda organización. Muy importante la interacción con

bodega, para efectos de tener disponibles los materiales requeridos en la ejecución de las labores.

- **Programación.** Se generan las ordenes de trabajo donde se dan las acciones para organizar la ejecución de las diversas tareas de una forma priorizada en cuanto a procedimiento y recursos. La programación de ordenes de trabajo correctivas, preventivas, predictivas, deben ser concertadas con planeación, para que se logre el objetivo deseado.
- **Ejecución.** Realización de las tareas designadas en la orden e trabajo. Algo de mucha importancia es lo referente a la documentación de las actividades que se realizan.
- **Control.** Confrontación del desempeño de los trabajos efectuados y los efectos generados.

2.3 EL ORGANIGRAMA

2.3.1 Definición. Es la representación gráfica de la estructura organizativa, el Organigrama es un modelo abstracto y sistemático, que permite obtener una idea uniforme acerca de una organización. Si no lo hace con toda fidelidad, distorsionaría la visión general y el análisis particular, pudiendo provocar decisiones erróneas a quienes lo utiliza como instrumento de precisión.

El organigrama tiene como finalidad desempeñar un papel informativo, permite que los integrantes de la organización y que las personas vinculadas a ella conozcan, a nivel global, sus características generales.

Un organigrama debe guardar los siguientes criterios:

- Mantener una estructura tan simple como sea posible, consistente con principios sanos, sensatos, dignos de confianza y razonables.
- Mantener niveles jerárquicos a un mínimo práctico, no una cadena grande de mandos.
- Asignar funciones sin que haya traslapo de responsabilidades y duplicación de esfuerzos.
- Suministrar especificaciones hechas para todas las actividades de la Administración
- Delegar la responsabilidad y la autoridad tan precisa como sea posible en el lugar donde se necesite para decidir y actuar.
- Las responsabilidades de cada persona deben estar claramente definidas y profundamente entendidas.
- Autoridad igual a responsabilidad.
- Cada gerente es responsable por sus resultados.
- La diferencia entre línea de autoridad, responsabilidad funcional y trabajo Staff se distinguen claramente.
- Cada persona le reporta a otro solamente.
- Cada persona conoce a quién le reporta y quiénes le reportan.

2.3.2 La Estructura Organizacional aplicada en el Departamento de Mantenimiento. Se define como el conjunto de especialidades requeridas para cumplir a cabalidad las funciones del mantenimiento. Cada empresa posee su propio organigrama, pero sea cual fuere su organización, estará proyectada con base en criterios fundamentales, que deben analizarse científicamente. El criterio es el siguiente: cuando las funciones son de gran importancia económica para la empresa, estas deben estar en primer plano, es decir, en el primer nivel debajo de la presidencia, gerencia o máxima cabeza de la organización y los otros aspectos que tienen importancia se escalaran a niveles inferiores según corresponda.

2.3.3 El Departamento de Mantenimiento y sus Relaciones con otras Dependencias. El éxito de toda organización depende de las buenas relaciones funcionales que existan entre los departamentos: Producción, Planeación, Contabilidad, Recursos Humanos, Mantenimiento, Seguridad, Informática, Calidad, Compras, etc.

Se habla entonces que mantenimiento tiene interrelaciones con otras dependencias para conseguir el objetivo de la organización. Estas dependencias pueden ser:

- **Planeación:** Para conocer los planes de inversión, proyectos de ampliación estudios de confiabilidad.
- **Producción y operación:** Saber ciclos de producción, capacidades de equipos, niveles de seguridad de equipos.
- **Suministros y compras:** Recepción de materiales, mejores precios, garantías.
- **Recursos Humanos:** Contratación de personal, escalafones, salarios, capacitación, actividades de recreación, ascensos.
- **Gerencia financiera:** Revisión económica de precios y costos, estudios de ciclo de vida, depreciación de equipos.
- **Almacenes:** Costo de inventario, clasificación de materiales, control de pedidos.
- **Seguridad:** seguridad de personal, seguridad de equipos, dotación, controles para la seguridad en el mantenimiento.

- **Contabilidad e informática:** Costos de mantenimiento, base de datos para un sistema de información de mantenimiento.

2.4 NIVELES DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Estos se pueden clasificar en cuatro niveles para mantenimiento dentro de las organizaciones y de acuerdo al tamaño de la organización el rol puede confundirse, pero en la ejecución cada uno de ellos tiene que tener sus funciones bien definidas:

- **Nivel de ejecución del mantenimiento.** Consisten en la ejecución de los procedimientos estandarizados y aprobados, es decir son las normas, procedimientos y rutinas definidas para ser seguidas en un orden cronológico y basadas en listas de chequeo. Las personas de este nivel como su nombre lo indica son las encargadas de estar en contacto directo con el equipo por eso debe conocer a fondo como poder desarmar, ajustar, lubricar; debe llenar una lista de chequeo.
- **Nivel de supervisión del mantenimiento.** Comprende las verificaciones y probaciones de las normas, procedimientos, y rutinas definidas en el manual de mantenimiento para el personal de ejecución. Es el encargado de pasar los reportes sobre el estado del equipo y recibir y entregar éste a producción. Por lo general es una persona con preparación técnica formal ya que puede tener la capacidad de leer e interpretar planos, realizar mantenimiento en forma integral, es decir contemplando todo el conjunto, por ejemplo reparaciones mecánicas, eléctricas, instrumentación, lubricación, neumática, etc.
- **Nivel de gestión del mantenimiento.** Consistente en las actividades y responsabilidades inherentes al comportamiento de los equipos de un área en particular en el tiempo; es la dirección, evaluación y control, además de la

aprobación de los procedimientos y rutinas definidas para el equipo. Son las personas cuya función es más administrativa porque debe mantenerse continuamente relacionado con producción y compras; son interventores de obras externas, programas de capacitación y quienes elaboran estadísticas de los resultados del área.

- **Nivel de visión del mantenimiento.** Ubicado en la dirección y planeación de los objetivos a largo plazo, es el evaluador de la gestión, ayudado por el ingeniero de confiabilidad, trazando un rumbo determinante a cada situación.

Responsable del mantenimiento integral de las máquinas. Es el gerente de mantenimiento, pues debe calificar el nivel de gestión, eliminar actividades que no agregan valor al servicio, debe evaluar la efectividad de los recursos de mantenimiento. Este nivel maneja el “pasado mañana”, el “ayer” y las tendencias de la organización mantenimiento. Es el determinante de la efectividad del departamento, es el evaluador de la posible rentabilidad generada y presupuestada.

2.5 EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.5.1 Generalidades. El éxito del mantenimiento radica en el sistema de información que apoye al mantenimiento, el sistema de información provee la información específica en el instante oportuno y además brindan la información para poder hacer un análisis estadístico y de proyección futura sobre costos e indicadores de gestión.

Dependiendo de la cantidad de la información que va ligada al tamaño de la empresa se puede llevar un sistema de información manual o basado en un software para computador, pero la tendencia hoy en día es a tener un sistema de información por computador debido a la flexibilidad, velocidad, manejo de mucha

información, generación de ordenes de trabajo de acuerdo a estadísticas, programaciones periódicas, etc.

2.5.2 Codificación de Equipos. Es una característica para plantas, sistema líneas de producción, herramientas, repuestos, además de eso ya se están codificando las actividades básicas del mantenimiento. Lo importante es identificar de una forma nemotécnica el equipo para efectos de fácil ubicación en una base de datos de un software de mantenimiento. Puede estar constituido de un código alfanumérico o solo alfabético o solo numérico. La codificación es el primer paso para contar con un inventario de equipos efectivo.

2.5.3 Criticidad de Equipos. Este es un factor que califica a cada equipo dentro de una empresa, y está expresado en un número que revela la importancia de los equipos a los cuales hay que dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos), en pocas palabras el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la operatividad operacional. Es un dato importante que debe tener todo equipo en un sistema de información.

2.5.4 Gestión de Repuestos. Los repuestos de maquinaria en una empresa son un elemento para poder llevar a cabo la gestión del mantenimiento, dicho en otras palabras sin repuestos no se puede reparar. Hay que tener un equilibrio entre los repuestos a tener o el momento en el cual se deben tener para reparar y no pensar en disminuir el valor del costo de inventario de repuestos; es decir que el sistema de información de mantenimiento debe considerar o estar íntimamente relacionado con la gestión de repuestos.

2.5.5 Indicadores de Gestión. El resultado de una organización de mantenimiento se mide por sus indicadores (disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, etc.). Esta información es fundamental por eso también se debe generar o estar disponible en un sistema de información...”

2.6 GESTIÓN AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

2.6.1 Gestión Ambiental. El efecto ecológico del mantenimiento se garantiza mediante la gestión eficaz y eficiente de éste y su mejoramiento continuo dentro de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), lo cual significa que todos los aspectos ambientales están bajo control operacional y se han tomado todas las acciones para prevenir y corregir impactos.

Un producto es ecológico si el riesgo de su daño ambiental es mínimo o nulo. Relacionado a ello, se define el Mantenimiento Ecológico como el mantenimiento cuya gestión está integrada a un Sistema de Gestión Ambiental, mediante el establecimiento de un conjunto de acciones técnico organizativas, que aseguran la reducción del riesgo de impacto ambiental de los equipos y de las acciones de mantenimiento.

Las acciones para prevenir daños al medioambiente deben ser dirigidas a las personas, los equipos y los procesos de mantenimiento.

La implementación de la Sistemas de Gestión Ambiental en una organización con la filosofía de la gestión de calidad permite asegurar, mediante la ejecución de las tareas bien desde la primera vez, previniendo los impactos ambientales negativos, satisfaciendo al nivel más económico las expectativas crecientes de la sociedad.

La prevención de la contaminación implica, entre otros, los siguientes beneficios:

- Reducción de los consumos de materias primas, de agua, de las emisiones y de los costos de tratamiento requeridos.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo, de la eficiencia de los sistemas y, por lo tanto, de la competitividad de la organización.
- Estar acorde con las disposiciones de las leyes vigentes.

- Ayudar a mejorar la calidad de vida del personal de mantenimiento.
- Mitigar la respuesta a impactos causados al medio ambiente y las personas.

Dentro de las acciones dirigidas al proceso de mantenimiento, se debe:

- Identificar las acciones de mantenimiento a ejecutar con riesgos de impacto ambiental.
- Identificar y evaluar los aspectos ambientales asociados a ellas.
- Determinar las acciones a llevar a cabo para reducir riesgos potenciales.
- Identificar los productos con riesgos de impacto que pueden ser reciclados para reducir desechos.
- Identificar los residuos peligrosos que se producirán, las tecnologías a emplear para su procesamiento y control, lugar y tipo de almacenamiento y procedimientos de control. Establecer programas para la gestión de residuales y su mejora.
- Identificar los procesos que pueden ser mejorados o cambiados por tecnologías más limpias y eficientes. Establecer programa para evaluación técnico económico de alternativas y su introducción.
- Identificar productos o sustancias con riesgo de impacto ambiental que pueden ser sustituidos por productos ecológicos u otros cuyo riesgo y nivel de contaminación sean menores. Establecer planes para su sustitución.
- Establecer procedimientos escritos para regular la conducta ambiental del personal de mantenimiento durante la ejecución de los trabajos y ante situaciones anormales.
- Establecer planes de contingencias.
- Determinar la capacidad del personal de mantenimiento para ejecutar los trabajos.
- Identificar necesidades de formación y adiestramiento. Establecer planes.
- Establecer procedimientos para la recepción de los trabajos.

- Realizar análisis comparativo del estado de los equipos antes y después del mantenimiento.
- Evaluar continuamente, mantener y mejorar el estado de orden y limpieza de las áreas.

También es necesario realizar auditorías de desempeño ambiental de la organización que cumpla con las normas de revisión ambiental estipuladas a nivel local, regional y nacional. Estas auditorías llevan a cabo las siguientes acciones:

- Definir orígenes, cantidades y tipos de residuos generados (sólidos, líquidos, gaseosos).
- Sistematizar la información sobre los procesos unitarios y sus entradas y salidas.
- Detectar ineficiencias.
- Fijar metas cuantitativas de reducción de residuos.
- Desarrollar estrategias efectivas de gestión ambiental.
- Motivar a los trabajadores respecto a los beneficios resultantes de una reducción de los residuos generados.
- Mejorar la productividad y competitividad de la organización.

2.6.2 Seguridad Industrial y Salud Ocupacional. Todos sabemos que las condiciones en que realizamos algo repercuten profundamente en la eficiencia y eficacia de nuestra actividad. Sea que estudiemos, leamos, cambiemos un neumático o laboremos en una línea de montaje, el ambiente inmediato no deja de influir en la motivación para ejecutar la tarea y la destreza con que la ejecutamos.

Los psicólogos industriales han realizado programas de investigación exhaustiva sobre todos los aspectos del ambiente físico del trabajo. En diversas situaciones analizan factores como la temperatura, humedad, iluminación, ruido, y jornada laboral. Establecen pautas preferentes al nivel óptimo de cada uno de esos

factores. Nadie duda de que el ambiente incómodo ocasione efectos negativos: disminución de la productividad, aumento de errores, mayor índice de accidentes y más rotación de personal.

Cuando se mejora el ambiente laboral haciéndolo más cómodo y agradable la producción se eleva así sea temporalmente. Pero la interpretación de los cambios plantea un grave problema al psicólogo y a la gerencia.

Las empresas Clase Mundo son conscientes de que cada uno de los individuos que la integran posee cultura del autocuidado, se establecen campañas de sensibilización para que el personal adquiriera hábitos de comportamiento a su cuidado personal. Existe gran preocupación por las personas que no usan sus elementos de protección personal y se elaboran videos, instructivos y campañas llamativas para ayudar a crear cultura de autocuidado.

La preocupación en seguridad industrial y salud ocupacional va más allá de las consecuencias, busca las causas y erradica los aspectos que causan daño al trabajador.

3. MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DINÁMICA DE HIDROCARBUROS

La Vicepresidencia de Transporte (VIT) es la encargada de la construcción y operación de la infraestructura de transporte y distribución de hidrocarburos, derivados y productos en Colombia, siguiendo los requerimientos de ECOPETROL S.A. y del mercado, en forma rentable y sin perjuicio de las disposiciones legales vigentes.

Este capítulo veremos que es la VIT sus responsabilidades, estructura organizacional, las plantas que la conforman, como funciona el mantenimiento actual, los problemas de incertidumbre, equipos, etc.

3.1 RESPONSABILIDADES DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE

1. Prestar servicios de transporte, almacenamiento y mezcla de hidrocarburos y biocombustibles a nivel nacional a productores de crudo, refinadores y terceros, de manera oportuna, con calidad, a costo óptimo y con la plena satisfacción de los clientes.
2. Prestar servicios de transporte alternativo de hidrocarburos, fluvial y por carrotanques a nivel nacional.
3. Prestar Servicios de Operación y Mantenimiento de Infraestructura de Transporte de Propiedad de terceros, a nivel nacional e internacional.
4. Direccionar la Operación y Mantenimiento de los Puertos de exportación e importación de hidrocarburos del país, recibidos a través de concesión por Ecopetrol o terceros.

5. Desarrollar nuevas oportunidades de negocio, aprovechando al máximo la capacidad disponible de los activos operados por la Vicepresidencia, generando valor al negocio y a los accionistas.
6. Asegurar el desarrollo de las competencias requeridas por el personal de la VIT.
7. Planear y programar el portafolio de inversiones de VIT y gerenciar los proyectos resultantes para garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos.
8. Asegurar el abastecimiento de hidrocarburos y biocombustibles a todo el país con producción, propia o de terceros, nacional o importada.
9. Garantizar la definición, planeación, programación, ejecución y cumplimiento del plan estratégico del negocio a nivel nacional, que aseguren el cumplimiento de los objetivos estratégicos de Ecopetrol.
10. Liderar las estrategias para eliminar las pérdidas de hidrocarburos ocurridas en la prestación del servicio de transporte.
11. Liderar las estrategias para evitar los atentados contra la infraestructura petrolera a cargo de la Vicepresidencia.
12. Cuidar los intereses de Ecopetrol S.A. en las sociedades de transporte en las cuales se tenga participación.
13. Direccionar el análisis, control e intervención de los riesgos inherentes a los procesos de transporte.

14. Asesorar y apoyar a la Vicepresidencia Ejecutiva del Downstream en los asuntos de su competencia.

15. Realizar el seguimiento, evaluación y control de los programas, proyectos y actividades a cargo de la dependencia.

16. Las demás funciones que se le asignen o le correspondan de acuerdo con su naturaleza.

3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La actual estructura de la VIT maneja una operación centralizada para los poliductos a nivel nacional, conformados así:

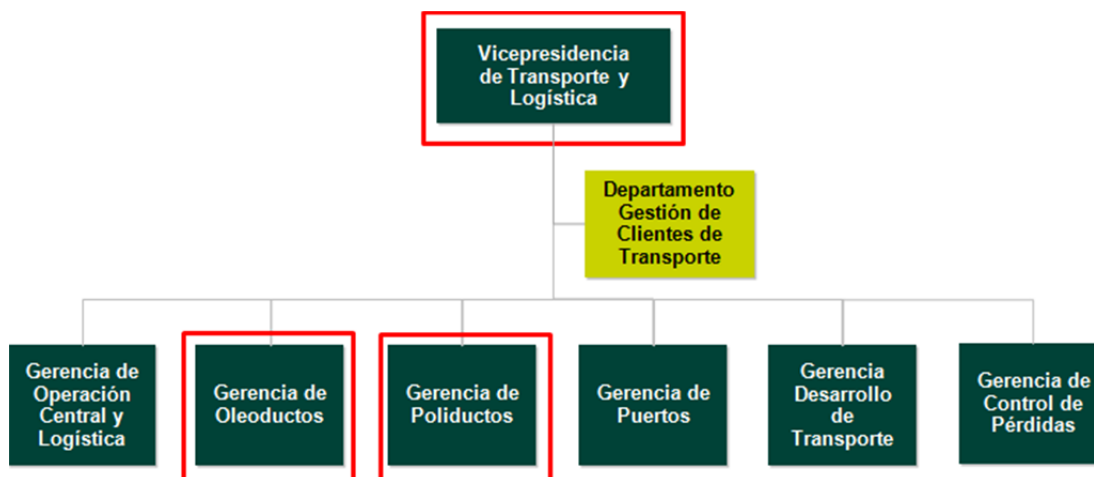
- 12 Sistemas de transporte
- 30 Estaciones de bombeo.
- 123 Unidades de bombeo.
- 3040 Km de ductos.

En proceso implementación de la operación centralizada de la red de oleoductos:

- 9 Sistemas de transporte.
- 2270 Km de ductos.

Posee un centro de control maestro de operaciones localizado en Bogotá que monitorea todas las estaciones enlazadas con él a través de todo el sistema implementado en el país. En la figura 7 se aprecia la estructura general de la VIT, de las cuales se hará una breve descripción de su función.

Figura 7. Estructura general de la VIT.



Fuente: Documento divulgación VIT 01-03-2011.pdf pág. 14.

3.2.1 La Gerencia de Desarrollo.⁸ Lidera los procesos de transformación de la Vicepresidencia de Transporte, correspondientes a gestión de proyectos, gestión de tecnología y gerenciamiento del conocimiento.

Realiza la maduración, planeación, programación y ejecución del portafolio de proyectos de la Vicepresidencia de Transporte. Garantizando la confiabilidad operacional de los sistemas de transporte a través del aseguramiento de la integridad de líneas y la confiabilidad de las estaciones, el desarrollo de las competencias técnicas del personal, el mejoramiento de los procesos industriales y la optimización de la calidad de los diseños de la infraestructura.

Ejecuta los proyectos especiales de la Vicepresidencia de Transporte, dentro de los estándares de tiempo, calidad y costos establecidos en Ecopetrol S.A.

Estructura los proyectos de infraestructura, que se requieran para desarrollar oportunidades del negocio de la Vicepresidencia de Transporte.

⁸ ECOPETROL S.A. Gerencia de desarrollo. [En línea]. Disponible en Internet URL: Tomado de <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=245&conID=38054>.

Es el apoyo técnico integral a la operación y a los equipos y plantas que componen la infraestructura de transporte Estableciendo los parámetros, lineamientos y estándares de ingeniería de confiabilidad y disponibilidad de la infraestructura de transporte de la Vicepresidencia.

3.2.2 Gerencia Control de pérdidas. Son responsabilidades de esta gerencia:

1. Definir las estrategias de control de pérdidas de hidrocarburos por hurtos, aplicables a ECOPETROL S.A.
2. Coordinar, a nivel interno y externo las acciones orientadas a la eliminación de hurtos de hidrocarburos, para el cumplimiento de los objetivos de ECOPETROL S.A.
3. Liderar el desarrollo de las medidas preventivas y correctivas a cargo de las autoridades competentes y otras entidades, para que sean efectivamente implementadas.
4. Asegurar que las medidas preventivas y correctivas que correspondan a ECOPETROL S.A. sean efectivamente implementadas.
5. Desarrollar nuevas oportunidades de negocio, aprovechando al máximo las competencias de la gerencia, que contribuyan al crecimiento del negocio.
6. Evaluar, definir y aprobar las iniciativas de proyectos y programas para garantizar el logro de los objetivos y metas propuestas que aseguren el futuro de la organización.
7. Participar en generación de convenios que deba suscribir la Sociedad con las autoridades competentes, distribuidores, productores y transportadores de

petróleo, relacionados con el control de pérdidas de hidrocarburos, para garantizar los objetivos acordados y la medición de resultados de acuerdo con lo establecido.

8. Negociar, suscribir y administrar los convenios realizados por la sociedad para desarrollar las actividades necesarias para el control de hurto de combustibles.

9. Administrar los contratos suscritos por ECOPETROL S.A. con terceros para el transporte de combustible incautado.

10. Analizar los resultados de las acciones efectuadas para reducir las pérdidas de hidrocarburos, con el fin de recomendar ajustes a las estrategias y los programas, de manera que se garantice el cumplimiento de los objetivos de control de pérdidas de hidrocarburos.

11. Identificar oportunidades tecnológicas para mejorar la eficacia del control de pérdidas de hidrocarburos.

12. Promover, como dueño de los activos, el desarrollo y puesta en marcha de los proyectos de la Gerencia en interrelación con la Gerencia de Desarrollo de Transporte.

13. Realizar el seguimiento, evaluación y control de los proyectos, programas y actividades a cargo de la dependencia.

14. Direccionar la operación asociada a los riesgos de salud ocupacional y medio ambiente inherentes a los procesos a su cargo.

15. Las demás funciones que se le asignen o le correspondan de acuerdo con su naturaleza.

3.2.3 Gerencia de Operaciones y Logística Central. Responsables de la adecuada operación de los sistemas de transporte que están a cargo de la VIT, coordinando y ejecutando actividades concernientes a programación, optimización de operaciones, procesos de servicio al cliente, gestión integral de medición y gestión de la calidad, con la finalidad de alcanzar el más alto grado de confiabilidad en la manipulación de los equipos y sistemas que se encuentran ligados a la operación centralizada, tomando como objetivo primordial la satisfacción de nuestros clientes. Adicionalmente es responsable del cumplimiento de procedimientos, estándares y prácticas de ingeniería de mantenimiento con el fin de brindar confiabilidad de equipos y sistemas de control asociados a la operación centralizada. Son funciones de este organismo:

1. Asegurar el transporte para el abastecimiento de productos crudos y refinados desde los campos de producción y refinerías a los centros de consumo y puertos de exportación.
2. Coordinar y responder por el control y ejecución de la operación de los sistemas de transporte de oleoductos, poliductos y medios alternativos, a cargo de la Vicepresidencia.
3. Liderar la programación de transporte, con base en nominaciones, disponibilidad de productos y capacidad de líneas de transporte para atender las necesidades de transporte de los campos de producción, refinerías, centros de consumo y exportaciones.
4. Elaborar y estructurar los planes de operación de transporte para el corto, mediano y largo plazo.
5. Liderar a nivel de la Vicepresidencia el proceso de gestión del servicio al cliente, manteniendo los altos índices de competitividad y satisfaciendo sus expectativas,

con criterios de cantidad, calidad y oportunidad a efectos de ser la mejor opción de transporte de hidrocarburos.

6. Generar estrategias y programas para asegurar los niveles de confiabilidad y disponibilidad de equipos y sistemas de control operacional requeridos para la operación centralizada de los sistemas de transporte.

7. Proponer y liderar acciones de optimización en la operación de los sistemas de transporte, sistemas de medición, control y aplicaciones avanzadas de negocio a cargo de la Vicepresidencia.

8. Asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de medición a cargo de la Vicepresidencia de Transporte.

9. Asegurar la planeación, programación y ejecución del mantenimiento en las especialidades de controles, sistemas de medición y sistemas operacionales programables y configurables.

10. Garantizar la oportunidad y confiabilidad de la información operativa y administrativa que requiera la Vicepresidencia para la toma de decisiones y para los efectos financieros y contables de los servicios prestados.

11. Liderar la detección de fugas y pérdidas de hidrocarburos por los sistemas de transporte de la Vicepresidencia y recomendar acciones orientadas a minimizar las pérdidas de hidrocarburos en la red de transporte.

12. Desarrollar nuevas oportunidades de negocio, aprovechando al máximo la capacidad disponible de los activos operados por la Gerencia, generando valor al negocio.

13. Liderar para la Vicepresidencia de Transporte el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y asegurar el su aplicación en la Gerencia.

14. Administrar y controlar los contratos de transporte y acuerdos comerciales a cargo de la Gerencia para obtener el cumplimiento de las condiciones contractuales.

15. Propender por el cumplimiento de los lineamientos de HSE (Seguridad Industrial y Salud Ocupacional) en todos los procesos incluidos en el alcance de su gestión.

3.2.4 Gerencia de Puertos.⁹ Tiene como fin atender la operación portuaria, marítima y fluvial como un área de negocio. A su cargo quedan los puertos de Pozos Colorados, Cartagena, Coveñas, Tumaco y Buenaventura, lo mismo que la operación fluvial en Barrancabermeja y Cartagena.

Además, con el fin de mejorar la visión regional, se integraron las áreas de operaciones y mantenimiento bajo un mismo liderazgo y se reforzó la Gerencia de Oleoductos con la creación de dos superintendencias, una en Cúcuta y otra en Yopal, como una forma de apalancar el crecimiento de los activos de transporte.

Dentro de los cambios también se destaca la creación de una superintendencia técnica en la Gerencia de Desarrollo de Transporte y de un área estratégica y comercial para atender nuevos negocios, asuntos regulatorios, temas de ingresos, tarifas y servicios y gestión con las filiales.

Con este proceso Ecopetrol se prepara para responder a los objetivos propuestos en su marco estratégico al 2020, incluida la meta de llegar a una producción de

⁹ La Nación [En línea] Pagina Principal. Disponible en Internet URL: <http://www.lanacion.com.co/2011/04/08/ecopetrol-crea-gerencia-de-puertos/>.

1,3 millones de barriles equivalentes por día, y en el que el transporte y la logística son un área clave para el desarrollo del negocio.

3.2.5 Gerencia de Oleoductos.¹⁰ La Gerencia de Oleoductos de la Vicepresidencia de Transporte se encarga de transportar los crudos, desde los campos de producción como Caño Limón y Cusiana hasta los sitios de disposición final para exportación en Coveñas o refinación en Barrancabermeja y Cartagena. Su infraestructura está compuesta por 20 estaciones de bombeo a lo largo de todo el país y 2.192 kilómetros de tuberías que conforman la red de oleoductos de la VIT. Son responsabilidades de esta gerencia:

1. Administrar la operación de los sistemas de transporte de Oleoductos a su cargo, de acuerdo con la programación establecida.
2. Asegurar la calidad de los hidrocarburos a su cargo y la excelencia en el servicio a terceros.
3. Cumplir con los contratos de servicios a terceros que correspondan a sus sistemas.
4. Administrar, operar y mantener el sistema Caño Limón Coveñas de propiedad de la Asociación Cravo Norte de acuerdo con los preceptos establecidos en el Contrato de Asociación.
5. Desarrollar nuevas oportunidades de negocio, aprovechando al máximo los activos a cargo de la gerencia, que contribuyan al crecimiento del negocio.

¹⁰ ECOPETROL S.A. Gerencia de Oleoductos [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=421&conID=40816>.

6. Evaluar, definir y aprobar las iniciativas de proyectos y programas para garantizar el logro de los objetivos y metas propuestas que aseguren el futuro de la organización.
7. Promover, como dueño de los activos, el desarrollo y puesta en marcha de los proyectos de la Gerencia en interrelación con la Gerencia de Desarrollo de Transporte.
8. Ejecutar las acciones preventivas y correctivas necesarias para controlar las pérdidas de petróleo crudo, de acuerdo con los lineamientos de la Gerencia de Control de pérdidas de hidrocarburos, para minimizar los volúmenes de pérdida y garantizar la rentabilidad del negocio.
9. Ejecutar las acciones preventivas y correctivas necesarias para controlar las pérdidas de petróleo crudo, de acuerdo con los lineamientos de la Gerencia de Control de pérdidas de hidrocarburos, para minimizar los volúmenes de pérdida y garantizar la rentabilidad del negocio.
10. Definir y ejecutar las estrategias para evitar los atentados contra los oleoductos a su cargo.
11. Ejecutar el mantenimiento correctivo y preventivo a la infraestructura para asegurar su confiabilidad y disponibilidad.
12. Operar y mantener los Puertos marítimos bajo responsabilidad de Ecopetrol o terceros.
13. Realizar el seguimiento, evaluación y control de los proyectos, programas y actividades a cargo de la dependencia.

14. Direccionar la operación asociada a los riesgos de salud ocupacional y medio ambiente inherentes a los procesos a su cargo.

15. Las demás funciones que se le asignen o le correspondan de acuerdo con su naturaleza.

3.2.6 Gerencia de Poliductos¹¹. La Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de Transporte, es la dependencia encargada de transportar los productos refinados, desde las refinerías, muelles fluviales y marítimos, a todos los centros de distribución interconectados del país.

Su Infraestructura está compuesta por 25 plantas y 7 estaciones de entrega al paso y una red de 3.618 Km de poliductos. Son responsabilidades de esta gerencia:

1. Administrar la operación de los sistemas de transporte de poliductos a su cargo, de acuerdo con la programación establecida.
2. Asegurar la calidad de los hidrocarburos a su cargo y la excelencia en el servicio a terceros.
3. Cumplir con los contratos de servicios a terceros que correspondan a sus sistemas.
4. Desarrollar nuevas oportunidades de negocio, aprovechando al máximo los activos a cargo de la gerencia, que contribuyan al crecimiento del negocio.

¹¹ ECOPETROL S.A. Gerencia de Oleoductos [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38179>.

5. Evaluar, definir y aprobar las iniciativas de programas y proyectos para garantizar el logro de los objetivos y metas propuestas que aseguren el futuro de la organización.
6. Promover, como dueño de los activos, el desarrollo y puesta en marcha de los proyectos de la Gerencia en interrelación con la Gerencia de Desarrollo de Transporte.
7. Ejecutar las acciones preventivas y correctivas necesarias para controlar las pérdidas de combustible, de acuerdo con los lineamientos de la Gerencia de control de pérdidas de hidrocarburos, para minimizar los volúmenes de pérdida y garantizar la rentabilidad del negocio.
8. Ejecutar el mantenimiento correctivo y preventivo a la infraestructura para asegurar su confiabilidad y disponibilidad.
9. Operar y mantener los Puertos marítimos y fluviales, bajo responsabilidad de Ecopetrol o terceros.
10. Prestar servicios de almacenamiento y mezcla de hidrocarburos y biocombustibles a nivel nacional a refinadores y terceros, de manera oportuna, con calidad, a costo óptimo y con la plena satisfacción de los clientes.
11. Realizar el seguimiento, evaluación y control de los proyectos, programas y actividades a cargo de la dependencia.
12. Direccionar la operación asociada a los riesgos de salud ocupacional y medio ambiente inherentes a los procesos a su cargo.
13. Las demás funciones que se le asignen o le correspondan de acuerdo con su naturaleza.

La Gerencia de poliductos está conformada por las siguientes plantas:

Albán¹². La planta Alban está localizada en el departamento de Cundinamarca, Municipio Albán, sobre la margen derecha del río Magdalena, en el Km 5 de la carretera que de Albán conduce al municipio de Guayabal de Siquima (Cundinamarca).

A Albán se accede, vía terrestre, por la carretera que conduce de Puerto Salgar a Bogotá, la planta posee capacidad de comunicación terrestre por la autopista Medellín-Bogotá y hacia el occidente y sur del País. En la figura 8 se aprecia la imagen del lugar.

Figura 8. Base Alban



Fuente: Tomado ECOPETROL S.A. Baranoa. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38234>.

Baranoa¹³. La planta de Baranoa se encuentra ubicada en el Departamento del Atlántico, Municipio de Baranoa, Km 21 vía la cordialidad. Altura sobre el nivel medio del mar 104 m.s.n.m.; el clima promedio es húmedo y el relieve: es quebrado. Medios de transporte para llegar a la planta y salir de ella a otras

¹² ECOPETROL S.A. Albán. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38197>.

¹³ECOPETROL S.A. Baranoa. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38234>.

ciudades: terrestre y aérea por helicóptero. En la figura 9 se aprecia imagen del lugar.

Figura 9. Base Baranoa.



Fuente: ECOPETROL S.A. Baranoa. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38234>.

Buenaventura¹⁴. Localizado en el Puerto de Buenaventura en la costa del Pacífico, en una posición de 3° 3.5' N y 73° 53.3' W, en el departamento del Valle del Cauca. El Terminal Petrolero, Muelle Número 14 o Muelle de Líquidos de Buenaventura, es propiedad de la Sociedad Portuaria Regional Buenaventura (SPRBUN). En la figura 10 se puede observar imagen de la base.

La planta está sobre el nivel del mar, el clima promedio es de 30 °C, con una población de 260.000 habitantes, la vocación económica de la región es principalmente la industria portuaria.

El acceso a la planta se puede hacer por medio terrestre, marítimo y por helicóptero.

¹⁴ ECOPETROL S.A. Buenaventura. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38238>.

Figura 10. Base Buenaventura.



Fuente: ECOPETROL S.A. Buenaventura. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38238>.

Cartago¹⁵. La Planta Ecopetrol Cartago, se encuentra ubicada en el kilómetro 2 en la vía a Cali. En la figura 11 se puede apreciar la estación.

Figura 11. Base Cartago.



Fuente: ECOPETROL S.A. Cartago. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38247>.

Cartago es una ciudad localizada al norte del departamento del Valle del Cauca posee un clima cálido con una temperatura promedio de 26 °C, y a una altura de 917 metros sobre el nivel del mar. En la actualidad Cartago cuenta con una población de 160.000 habitantes aproximadamente; teniendo como actividades económicas la agricultura, la ganadería, el comercio y la pequeña industria.

¹⁵ ECOPETROL S.A. Cartago. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38247>.

Cartago se encuentra a una distancia de 187 Km de Cali, capital del departamento del Valle del Cauca. La cual se puede llegar de forma terrestre con un tiempo estimado de 2 horas y 30 minutos. Cartago también cuenta con el aeropuerto de Santa Ana con una actividad de 2 vuelos diarios a la ciudad de Bogotá.

Cisneros¹⁶. La planta Cisneros (ver figura 12) está localizada en el departamento de Antioquia, municipio de Cisneros, vereda el Cadillo. La población de Cisneros está a una altura sobre el nivel del mar de 1.050 metros, posee una temperatura promedio de 24 °C y tiene 10.000 habitantes.

Se puede llegar a la planta vía terrestre desde Medellín (a dos horas) ó desde Puerto Berrío (a hora y media).

Figura 12. Base Cisneros.



Fuente: ECOPETROL S.A. Cisneros. [En línea]. Disponible en Internet URL: Tomado de <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38276>.

Coordinación Transporte Fluvial¹⁷. Para liderar en forma integral el Transporte Fluvial de hidrocarburos por el Río Magdalena entre las Refinerías de Cartagena y Barrancabermeja y viceversa, se creó por Resolución 19 del 01 de Noviembre de 2005, la Coordinación de Transporte Fluvial, dentro de la Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de Transporte.

¹⁶ ECOPETROL S.A. Cisneros. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38276>.

El equipo de trabajo está conformado por personal radicado en las ciudades de Cartagena y Barrancabermeja, quienes desde enero del presente año tienen bajo su responsabilidad la operación y mantenimiento de los muelles fluviales de Ecopetrol S.A. ubicado en Cartagena y Barrancabermeja.

La función básica de esta Coordinación es asegurar el cumplimiento de los programas de transporte fluvial de hidrocarburos, garantizando la ejecución del mantenimiento, liderando el talento humano, los recursos físicos, tecnológicos y económicos, dentro de los parámetros de costo, calidad, seguridad y preservación del medio ambiente, para satisfacer los acuerdos comerciales con los clientes, generando valor a la organización.

Dagua¹⁸. La planta Dagua se encuentra localizada en la vereda Atuncelas, municipio de Dagua en el departamento del Valle del Cauca.

La planta está a una altura de 850 metros sobre el nivel del mar, la temperatura promedio es de 24 °C. El municipio de Dagua tiene una población de 35.000 habitantes aproximadamente y su principal actividad económica es la agricultura (cultivos de piña).

El acceso a la planta se hace por la vía que de Cali conduce a Buenaventura, a la altura del kilómetro 48. En la figura siguiente se aprecia la imagen de la estación.

¹⁷ ECOPETROL S.A. Coordinación Transporte Fluvial. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=40450>.

¹⁸ ECOPETROL S.A. Dagua. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38243>.

Figura 13. Base Dagua.



Fuente: ECOPETROL S.A. Dagua. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38243>.

Fresno¹⁹. La planta Fresno está ubicada en el departamento del Tolima, municipio Fresno, vereda Alegrías. Fresno está a una altura sobre el nivel del mar 1890 metros, su temperatura promedio es de 15°C y tiene 40.000 habitantes aproximadamente. Ubicación 5°9'26"N, 75°5'4"W.

Las principales actividades económicas de la región son la agricultura, la ganadería, la minería y la explotación forestal. A la planta Fresno se puede acceder a través de la vía Bogotá-Manizales

Galán²⁰. La estación Galán está ubicada en el extremo noroeste del complejo industrial de Barrancabermeja. Se llega a ella a través de medios de transporte: Aéreo, Terrestre, Férreo y Fluvial. En la figura 14 se observa la base.

¹⁹ ECOPETROL S.A. Fresno. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38262>.

²⁰ ECOPETROL S.A. Galán. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38230>.

Figura 14. Base Galán.



Fuente: ECOPETROL S.A. Galán. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38230>.

Guaduo²¹. La Planta Guaduo está ubicada en el departamento de Cundinamarca, Municipio de Guaduas, Vereda Peladeros, en la Inspección de Policía Guaduo en el kilómetro 21 de la vía que conduce de Guaduas a Caparrapi. Se encuentra a una altura de 980 metros sobre el nivel del mar, con un clima promedio de 23 °C, cuenta con 33.217 habitantes y está a una distancia de Bogotá de 114 km.

Gualanday²². La Planta Gualanday está ubicada en el predio las Menecistas, Vereda Calabozo, corregimiento de Gualanday, en jurisdicción del municipio de Coello, sobre el costado derecho de la vía que conduce de Bogotá hacia Ibagué, en el kilómetro 185 en la parte central del departamento del Tolima.

Las instalaciones y su operación están a cargo de la Organización Terpel UCR Centro S.A.

²¹ ECOPETROL S.A. Guaduo. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38202>.

²² ECOPETROL S.A. Gualanday. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38217>.

Herveo²³. Departamento: Tolima, Municipio: Herveo, Vereda: Torre 20.

Altura sobre el nivel del mar: 2480 m, clima promedio: 13 °C, número de habitantes: 3500, vocación económica de la región: Cafetera, relieve: Montañoso, hidrografía: Río Yolombal.

El ingreso a la planta se puede realizar por medios de camperos por la vía Delgaditas- Herveo.

La Lizama²⁴. La estación Lizama se encuentra ubicada en el departamento de Santander.

Manizales²⁵. La planta Manizales se encuentra ubicada a diez kilómetros de la capital del departamento de Caldas en la carretera que conduce de esta ciudad a Santafé de Bogotá D.C., en el sitio conocido como Parque Industrial Juanchito. Dentro del poliducto Puerto Salgar – Cartago, se encuentra localizada en el kilómetro 124 desde la estación Puerto Salgar. Sus coordenadas son: Norte 5° 02" 00". Occidente 75° 25" 00".

Manizales está a una altura de 2.209 metros sobre el nivel del mar, posee una temperatura promedio de 17°C, cuenta con 450.000 habitantes aproximadamente, su economía gira en torno al cultivo del café.

Para llegar a la planta de Ecopetrol S.A. en Manizales se llega desde Bogotá y el oriente del país por la vía Manizales - Honda, por el Occidente por la autopista del café Manizales - Pereira - Armenia, por el Noroccidente por la vía Manizales -

²³ ECOPETROL S.A. Herveo. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38271>.

²⁴ ECOPETROL S.A. La Lizama. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=41478>.

²⁵ ECOPETROL S.A. Manizales. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38250&pagID=129978>.

Medellín. A tan solo cuatro kilómetros de la planta se encuentra ubicado el aeropuerto la Nubía donde llegan vuelos procedentes de Bogotá y Medellín. En la figura 15 se aprecia la base.

Figura 15. Base Manizales.



Fuente: ECOPETROL S.A. Manizales. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38250&pagID=129978>.

Mansilla²⁶. La Planta Mansilla se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca, Municipio de Facatativa, a tres kilómetros de la cabecera municipal. La extensión total de la planta es de 350 Ha distribuidas entre la zona industrial (70 Ha) y la zona de reserva (280 has) comprendida por bosque y áreas empradizadas. Facatativá (La puerta de todo el reino), se fundó en 1760, por el oidor Diego Gómez de Mena y fue erigido municipio en 1668, se encuentra a una altura de 2.640 msnm, clima promedio de 14°C, cuenta con 92.742 habitantes, se encuentra a una distancia de Bogotá de 42 km. En la figura 16 se aprecia la base.

²⁶ ECOPETROL S.A. Mansilla. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38187>.

Figura 16. Base Mansilla.



Fuente: ECOPETROL S.A. Mansilla. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38187>.

A la planta Mansilla, se accede vía terrestre, por la carretera que conduce de Facatativa a Villeta, con capacidad de comunicación terrestre con Bogotá y hacia el occidente y sur del País. Funciona como planta de bombeo, almacenamiento y distribución de productos refinados como Gasolina Motor Regular, Gasolina Extra Premium, Nafta, Diesel Corriente (ACPM), Diesel Ecológico (ACEM), Jet-A1, Virgen Oil y GLP.

Recibe productos refinados (Destilados Medios, Livianos y GLP) provenientes de la Planta Puerto Salgar, por líneas de 10" y 8" respectivamente.

Una parte de los productos es entregada localmente a consignatarios (Planta Conjunta Mansilla, Brío de Colombia S.A., Organización Terpel y Energizar) o despachados hacia la Planta Puente Aranda en Bogotá.

El GLP es entregado localmente a consignatarios (Almansilla, Almagas Alsabana, Provegas, Gasmag y Ultragas) o despachado hacia Mondoñedo en la planta Asoagas por líneas de igual diámetro.

Mariquita²⁷. La Planta Mariquita se encuentra ubicada en el kilómetro 9 de la vía Mariquita-Fresno, en el departamento del Tolima, municipio San Sebastián de Mariquita, vereda La Parroquia. En la figura 17 se aprecia la base.

Figura 17. Base Mariquita.



Fuente: ECOPETROL S.A. Mariquita. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38251>.

La altura promedio sobre el nivel del mar es de 854 m; coordenadas 1065065.99 N - 905162.28 E. Mariquita esta a una altura sobre el nivel del mar de 535 metros, posee una temperatura promedio de 27 °C.

Medellín²⁸. La planta Medellín está localizada en el departamento de Antioquia en el municipio de Medellín en el barrio Caribe al norte de la ciudad en la dirección Cra. 64C # 88a-02. Medellín está a una altura sobre el nivel del mar 1460 metros, posee una temperatura promedio de 22 °C. En la figura 18 se puede observar esta estación.

²⁷ ECOPETROL S.A. Mariquita. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38251>.

²⁸ ECOPETROL S.A. Medellín. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38277&pagID=129996>.

Figura 18. Base Medellín.



Fuente: ECOPETROL S.A. Medellín. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38277&pagID=129996>.

Muelles Fluviales Barrancabermeja²⁹. Barrancabermeja, puerto petrolero sobre el río Magdalena está situada a dos horas de viaje partiendo de Bucaramanga, y además de ser pilar del desarrollo económico de la región, ofrece una infraestructura turística, en la que se destacan sitios como el Museo del Petróleo y sus ciénagas; El Tigre, donde se practican deportes náuticos, y San Silvestre, lugar escogido por los amantes de la pesca.

Muelles Fluviales Cartagena³⁰. Cartagena de Indias, capital del departamento de Bolívar, ubicada estratégicamente frente al Mar Caribe al norte de Colombia, se fundó en 1533, por Don Pedro de Heredia. Sus coordenadas son: 10° 25 30" latitud norte y 15° 32 25" de longitud oeste respecto al Meridiano de Greenwich.

Cartagena posee una economía sólida sustentada en su vocación productiva polivalente; la ciudad cuenta con una estructura diversificada en los sectores industrial, turístico, infraestructura logística y de servicios para el comercio internacional.

²⁹ ECOPETROL S.A. Muelles Fluviales Barrancabermeja. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=41681>.

³⁰ ECOPETROL S.A. Muelles Fluviales Cartagena. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=41680>.

La solidez de su economía es soportada por 40 años de crecimiento promedio industrial mayor al 6%, jalonado por el auge industrial petroquímico que surgió en la ciudad en la década del 60, luego de la apertura de la refinería de petróleo en la zona de Mamonal.

La instalación de esta refinería permitió la constitución de varias empresas de los sectores petroquímico y plástico, que poco a poco se han consolidado y fortalecido, a través de sus ventas en el exterior, posesionando a la ciudad en el cuarto puesto entre las ciudades con mayor producción industrial de Colombia.

Neiva³¹. La Planta se localiza en la vereda El Venado del municipio de Fortalecillas, departamento del Huila, a 3.5 Km de Neiva por la vía que conduce hacia Tello y Fortalecillas, sobre la margen derecha del río Magdalena, en las coordenadas 867.098 N y 821.346 E.

Pozos Colorados³². El Terminal de Pozos Colorados de Ecopetrol, se encuentra situado en el municipio de Santa Marta, a 12 kilómetros sobre la margen izquierda de la vía principal que conduce a la ciudad de Barranquilla.

El área o sector del Terminal Marítimo Petrolero de propiedad de Ecopetrol en el Terminal-Estación de Pozos Colorados (Santa Marta) está localizado en costa fuera con las coordenadas geográficas:

Latitud: 11–09’–21”Norte (N)

Longitud: 74–15’–12” Oeste (W)

³¹ ECOPETROL S.A. Neiva. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38212>.

³² ECOPETROL S.A. Pozos Colorados. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38236>.

Puente Aranda³³. La planta Puente Aranda está localizada en el Departamento de Cundinamarca, Bogotá D.C., en el centro occidente de la ciudad, en la zona industrial de Puente Aranda, Bogotá D.C. se encuentra a una altura de 2555 msnm, tiene una temperatura promedio de 14 °C, cuenta con 6776.046 habitantes aproximadamente. Sus principales actividades económicas son el comercio, la industria manufacturera y el turismo.

La planta Puente Aranda cuenta con tres accesos principales: Carrera 50 calle 19, Carrera 50 calle 21, Avenida Esperanza calle 19. En la figura 19 se puede observar esta estación.

Figura 19. Base Puente Aranda.



Fuente: ECOPETROL S.A. Puente Aranda. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38183>.

Puerto Salgar³⁴. La planta Puerto Salgar se encuentra ubicada en el Departamento de Cundinamarca, Municipio Puerto Salgar, sobre la margen derecha del río Magdalena, en el Km 3 de la carretera que conduce al municipio de Caparrapí.

³³ ECOPETROL S.A. Puente Aranda. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38183>.

³⁴ ECOPETROL S.A. Puerto Salgar. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38206>.

Puerto Salgar se encuentra a una altura de 178 m, tiene una temperatura promedio de 32°C, cuenta con 25.000 habitantes aproximadamente. Basa su actividad económica en la pesca, el comercio de artesanías en cuero, atarrayas y el agro. En la figura 20 se puede observar esta estación.

Figura 20. Base Puerto salgar.



Fuente: ECOPETROL S.A. Puerto Salgar. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38206>.

Santa Rosa³⁵. La planta Santa Rosa está ubicada en el departamento de Santander en el Municipio de Bolívar en el corregimiento de La Hermosura, sobre la vía Vélez- Landazury, a 20 Kilómetros del municipio de Vélez (Santander). La planta tiene un área total de 15 Ha. En la figura 21 se puede apreciar la instalación.

Figura 21. Base Santa Rosa.



Fuente: ECOPETROL S.A. Santa Rosa. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=40623>.

³⁵ ECOPETROL S.A. Santa Rosa. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=40623>.

Sebastopol³⁶. La base de Sebastopol se encuentra en el departamento de Santander, Municipio Cimitarra, Corregimiento Puerto Olaya; clima cálido y relieve plano; la altura sobre el nivel del mar es 150 metros y su número de habitantes 35.000. La vocación económica de la región es la ganadera. En la figura 22 se aprecia la estación.

Figura 22. Base Sebastopol.



Fuente: ECOPETROL S.A. Sebastopol. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38227>.

Tocancipá³⁷. Se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca en el Municipio del mismo nombre en la Vereda El Porvenir, sobre la margen izquierda de la vía Bogotá - Tunja a 26 Kilómetros de Bogotá, dos Kilómetros adelante del municipio de Tocancipá. La planta tiene un área total de 81 Ha de la cuales 36 están ocupadas por las instalaciones de Ecopetrol S.A. y las restantes 45 Ha. las ocuparán los distribuidores mayoristas una vez entre en operación el Poliducto de Oriente.

Tocancipá (Valle de las alegrías del Zipa), fue fundada en 1593 por Miguel de Ibarra y fue erigido municipio en el siglo XVIII, se encuentra a una altura de 2.606 msnm, clima promedio de 14 °C, tiene una extensión de 74 Km², cuenta con

³⁶ ECOPETROL S.A. Sebastopol. [En línea]. Disponible en Internet URL: Tomado de <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38227>.

³⁷ ECOPETROL S.A. Tocancipá. [En línea]. Disponible en Internet URL: Tomado de <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=40622>.

17.000 habitantes, se encuentra a una distancia de Bogotá de 26 km. Basa su actividad económica en la industria, el comercio y el turismo.

A la planta Tocancipá, se accede vía terrestre, por la carretera que conduce de Bogotá a Tunja. En la siguiente figura 23 se aprecia la base de Tocancipá.

Figura 23. Base Tocancipá.



Fuente: ECOPETROL S.A. Tocancipá. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=40622>.

Villeta³⁸. La planta Villeta se encuentra ubicada en el Departamento de Cundinamarca, Municipio de Villeta, se encuentra a una altura de 820 m, posee una temperatura promedio de 23 °C, cuenta con 33.742 habitantes aproximadamente. En la figura 24 se aprecia la estación.

Figura 24. Base Villeta.



Fuente: ECOPETROL S.A. Villeta. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38198>.

³⁸ ECOPETROL S.A. Villeta. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38198>.

Yumbo³⁹. La planta se encuentra ubicada en el parque Industrial del municipio de Yumbo, en el departamento del Valle del Cauca.

A una Altura sobre el nivel del mar de 917 metros, el clima promedio es de 28°C, el municipio de Yumbo se destaca por tener uno de los parques industriales más grandes e importantes en el país.

El acceso a la planta se hace por la vía que comunica a Cali con los municipios de Yumbo y Buga. En la figura 25 se puede ver la base.

Figura 25. Base Yumbo.



Fuente: ECOPETROL S.A. Yumbo. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38245>.

3.3 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

Los sistemas de Control Local para cada una de las plantas de la VIT, se encuentran atendidos por un sistema de mantenimiento que busca asegurar la operación permanente del servicio de transporte de hidrocarburos.

El sistema es diseñado y es gestionado por el departamento de Mantenimiento Central quien tiene a su cargo la operación e integridad de los sistemas de control local en cada una de las plantas. Este mantenimiento es realizado sólo por

³⁹ ECOPETROL S.A. Yumbo. [En línea]. Disponible en Internet URL: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=422&conID=38245>.

personal de Ecopetrol S.A. al igual que la operación de medición debido a la confidencialidad de la información.

El mantenimiento establece la necesidad de efectuar mantenimiento preventivo periódico y mantenimiento correctivo programado y no programado ante la ocurrencia de una falla. Esto incluye el suministro de repuestos aprobados por el presupuesto.

Adicional a las actividades establecidas de mantenimiento se incluye los servicios de programación y mejoramiento de interfaces, las cuales son aprobadas por el departamento de mantenimiento central, en cabeza del líder de área.

Este mantenimiento busca asegurar la operación continua de los sistemas locales. En los términos de referencia se establece la necesidad de acordar programas periódicos de mantenimiento preventivo y atender las demandas que ocurran por los Departamentos de Mantenimiento y Operaciones.

En caso de requerirse hacer mantenimiento o cambiar los parámetros de configuración de algún computador, el custodio o administrador ingresará al sistema utilizando la clave correspondiente que facilite el acceso a éste y se compromete a guardar la identidad de las mismas. Desde allí podrá cambiar las contraseñas y claves a cada una de las aplicaciones del sistema con el propósito de garantizar la seguridad del mismo.

Cada vez que se cambien las claves, se deberá generar un documento, en sobre sellado, para entregar al líder de medición. Los líderes de medición de cada negocio serán los responsables de la administración de las contraseña de seguridad, debe mantener actualizado los registros con los listados de las personas autorizadas para intervenir los equipos con su jerarquía.

Si el custodio no se encuentra en el área y se requiere, por condiciones de emergencia, tener acceso al sistema, el líder de medición abrirá el sobre sellado para obtener la clave requerida y ejecutar el mantenimiento correspondiente. Siempre que ocurra el caso anterior, se deberá cambiar la clave.

La frecuencia, duración y alcance del mantenimiento preventivo es acordado desde la planeación establecida por el departamento de Mantenimiento Central para atender todos los requerimientos particulares de cada planta, el cual tiene un alcance general que incluye:

- Inspección de la parte eléctrica y ventilación.
- UPS, inversores y baterías.
- Realización de mejoras a la programación de los medidores y al HMI con base en solicitudes de las áreas técnica y operativa.
- Backup de aplicaciones en cintas duplicadas.
- Soporte remoto por Internet y asistencia telefónica.
- Transferencia de conocimiento mediante capacitación en temas técnicos y operativos al personal de Ecopetrol.
- Chequeos al stock de repuestos de Ecopetrol para validar su contenido.
- Mejoramiento continuo en la calidad y confiabilidad de los servicios.
- Gestionar con calidad los procesos y procedimientos técnicos y administrativos.
- Desarrollar y fortalecer competencias específicas en la gestión del talento humano del personal.
- Velar por el cumplimiento de las normas de salud ocupacional, seguridad industrial y manejo ambiental.
- Facilitar el cumplimiento de los objetivos de la División de Mantenimiento.
- Mantener un control sobre las actividades propias del mantenimiento.
- Promover una participación de todas las demás dependencias de las diferentes especialidades.

- Promover una participación de todo el personal de Mantenimiento en la planeación, la organización y el control de la gestión del mantenimiento.
- Obtener resultados orientados hacia una gestión óptima.

Este alcance no incluye mantenimiento predictivo.

Estructura General Actual. En la figura 26 se aprecia la estructura principal de la VIT en lo que corresponde al área de poliductos. Integrada por cinco departamentos de operaciones y mantenimiento; cada uno de ellos organizados por coordinaciones que son el resultado de las estaciones que se encuentran en el país.

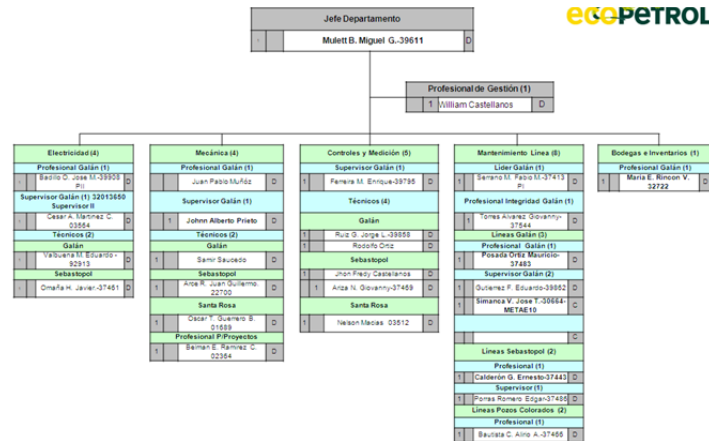
Para este trabajo de propuesta de modelo Gerencial de Activos enfocado al aseguramiento del Sistema de Medición de Hidrocarburos de las plantas de la VIT en el que está involucrado el proceso de medición dinámica de productos que van a través de los diferentes poliductos de Ecopetrol S.A. se toma como ejemplo la coordinación de mantenimiento Norte debido a que es la que tiene influencia; pero todas las demás coordinaciones mantienen la misma estructura y jerarquización. Esta estructura se aprecia en la figura 27.

Figura 26. Estructura general de la VIT área de Poliductos.



Fuente: Documento 18_Divulgación Estructura VIT 01-03-2011 [PPT]. Presentación Divulgación de Estructura general de la VIT área de Poliductos. Bogotá D.C.: ECOPETROL S.A. 2008.

Figura 27. Estructura general de Coordinación de la VIT área de Poliductos, Coordinación de Mantenimiento Norte.



Fuente: ESTRUCTURA 41396_Pers_ATN [XLS]. Presentación Divulgación de Estructura general de coordinación de la VIT. Bogotá D.C.: ECOPETROL S.A. 2008.

La evaluación de la gestión de mantenimiento de los activos es llevada a cabo por el coordinador de mantenimiento de cada zona quien manejan los siguientes indicadores de gestión que son de índice administrativo y corresponden específicamente a evaluar la ejecución de mantenimiento planeado y programado de mantenimiento preventivo y correctivo.

Índice de gestión para mantenimiento preventivo: Mide la ejecución del preventivo planeado, la meta de cumplimiento es superior o igual al 95%; su fórmula de cálculo es:

$$\text{IGMP} = \frac{\text{Mantenimiento preventivo ejecutado}}{\text{Mantenimiento preventivo planeado}} * 100\% (\geq 95\%) \text{ Ec. 1.}$$

Índice de gestión para mantenimiento correctivo: Este indicador mide la relación entre la ejecución de las Ordenes de Trabajo (OT) de correctivo planeado por programación más las OT de correctivo reactivo sobre el total de OT de correctivo planeado al mes, la meta de cumplimiento debe de ser menor o igual al 10%, su fórmula de cálculo es:

$$\text{IGMC} = \frac{\text{Mantenimiento correctivo ejecutado}}{\text{Total de } \textit{correctivo} \text{ programado al mes}} * 100\% (\leq 10\%) \text{ Ec. 2.}$$

Índice de gestión de mantenimiento preventivo acumulado no ejecutado: Este indicador se emplea para medir la ejecución de las OT de preventivo acumuladas y las que están pendientes por ejecutar. El cumplimiento debe ser menor o igual al 10% del total de mantenimiento acumulado del mes, su fórmula de cálculo es:

$$\text{IGMCA} = \frac{\text{Mantenimiento preventivo no ejecutado}}{\text{Total de } \textit{preventivo} \text{ acumulado}} * 100\% (\leq 10\%) \text{ Ec. 3.}$$

Para la calibración de los medidores asociados al control de los diferentes productos que van y llegan a cada estación antes de su destino final se emplea los procedimientos del instructivo que Ecopetrol S.A. ha establecido: ECP-VSM-I-001 (Estándar de ingeniería para la medición dinámica de cantidad y calidad de hidrocarburos líquidos, su contenido es muy extenso y es documento clasificado por la compañía) y ECP-VSM-M-001-05 (manual de medición de hidrocarburos capítulo 5 medición dinámica, su contenido es muy extenso y es documento clasificado por la compañía).

Procedimiento de Medición dinámica y errores asociados. La Medición Dinámica se utiliza para certificar los volúmenes de producto que se recibe o se entrega en custodia ya sea para ser procesado y/o transportado utilizando medidores instalados en línea. Dichos medidores se clasifican según su principio de operación en dos grupos: Volumétricos y Másicos.

Es importante tener en cuenta que no todos los principios de operación y sus tecnologías son utilizados y aprobados para Transferencia de Custodia, por lo tanto en este capítulo se desarrollaran solo los empleados en las plantas.

Existen varios errores sistemáticos provenientes de las prácticas previstas en el MMH (Manual de Medición de Hidrocarburos, documento de uso exclusivo Ecopetrol S.A.) relacionadas con la calibración de los medidores de flujo en varios aspectos:

Referente a la calibración de los sistemas de medición de flujo, se observa que se está haciendo lo siguiente:

- a. Se hacen 25 pruebas en un tiempo muy corto a diferentes flujos, para obtener un factor promedio que servirá para liquidar todas las operaciones en un periodo de un mes. Cantidad de pruebas y metodología que no está prevista

en estándar alguno. Esta práctica inadecuada conduce siempre a aumentar la incertidumbre por no utilizar el factor correspondiente a diferentes ratas de flujo. Algunas tecnologías en computadores de flujo no permite la linealización de los medidores, bien sea por factor de medición (MF) o por KFactor, contra frecuencia.

- b. Las 25 pruebas indicadas por el MMH (Manual de Medición de Hidrocarburos), que deben ejecutarse como base para mantener un control estadístico de la respuesta del medidor, generalmente se efectúan en uno o dos días, y no se vuelve a observar su respuesta sino hasta 15 días después; las muestras deben registrarse con mayor frecuencia para poder llamarlo un estadístico, pues el comportamiento del medidor puede variar de un día a otro. Es por esto que esta información no es representativa de la respuesta del medidor.
- c. La práctica de las 25 pruebas, en la mayoría de las veces se realiza con diferentes calidades de productos (no existen condiciones de repetitividad), lo que impide conocer la respuesta del medidor para cada uno de ellos. Esto da como resultado, que el factor promedio del medidor que se ha obtenido no es representativo de alguno de los productos manejados.
- d. Utilizando la metodología indicada en el MMH, relacionada con las 25 pruebas a diferentes flujos, para establecer los límites de tolerancia de variación de los factores de medición y con ello determinar las acciones preventivas y de mantenimiento del equipo de medición, ello permite una tolerancia de desviación mayor a la que se debiera contemplar utilizando la franja de incertidumbre que permite detectar si existe una variación anormal y con ello entonces sí tomar las medidas correctivas a tiempo.
- e. Para aumentar el flujo por los diferentes poliductos, se le adiciona químicos que actúan sobre el régimen de flujo llamados DRA (inhibidor de fricción); el cual si no se inyecta con la dosificación adecuada, causa problemas y en condiciones operativas planeadas causan traumatismo en los sistemas de

medición y sistemas de control. Esto altera los sistemas volumétricos y ocasionan altas incertidumbres en la medición de entrega a clientes.

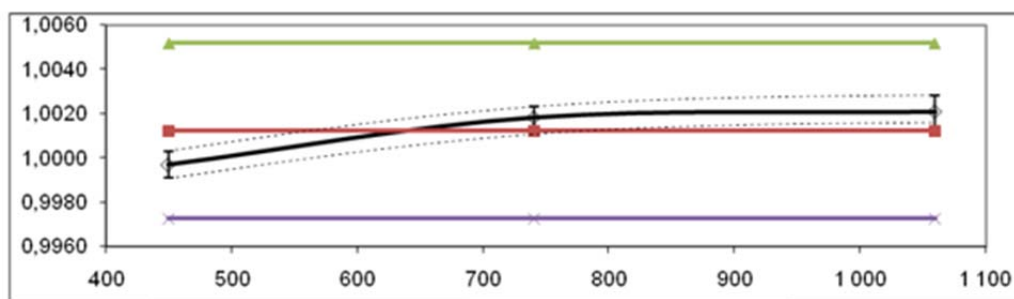
- f. Otro procedimiento que no está asegurado es el de la calibración de los patrones de los medidores (probadores). Los probadores son de dos tipos: probadores Bidireccionales y Compactos. La frecuencia de calibración de los probadores Bidireccionales son 5 años y 3 años si es probador compacto. Estas frecuencias son validas siempre y cuando no se le realice alguna intervención que modifique el volumen certificado. Las calibraciones se realizan en la actualidad directamente con personal de ECOPETROL S.A., con instrumentación y con trazabilidad metrológica. Algunas calibraciones en especial la de entrega a consignatarios finales son contratadas. El problema que se ha detectado es que no hay reproducibilidad entre las calibraciones que realizan diferentes firmas acreditadas para realizar estos trabajos.
- g. Otro inconveniente que se presenta es lo ocasionado por las alteraciones de los factores de medición (MF), cuando se varían por cuestiones operativas las tasas de flujo. La falta de linealización de los medidores de flujo, le introducen errores considerables a la medición dinámica, lo que hace que se aumente la incertidumbre de los sistemas.
- h. Para lograr asegurar los sistemas de medición, en cuanto al componente terciario, se requiere en la selección de computadores de flujo que cuenten con facilidades para implementar linealización con 10 productos diferentes; adicionalmente que se tenga archivos de auditoría que permita dejar registrado en la base de dato el alcance de cada intervención. Las constantes básicas más importantes deben ser de fácil impresión en una hoja con el fin de dejar registro antes y después de las intervenciones.
- i. Se debe implementar formatos de intervenciones, en donde se involucre al profesional responsable de los sistemas de medición, el cual debe ser socializado con todos los técnicos de medición y control.

j. Respecto a las cartas de control de los medidores dinámicos, es una de las herramientas que debe ser socializada y de obligatorio cumplimiento. Estas cartas de control se deben generar cuando se realice intervenciones mayores a los medidores y cuando se calibre un probador. Las cartas de control son la base para la implementación de predictivos en los medidores dinámicos, que es a donde se quiere llegar para realizar una medición de incertidumbre. Los límites de control deben ser definidos claramente y deben ser establecidos por desviaciones estándar, para efectos de realizar acciones como desmonte de medidores.

En el Anexo B se puede observar un procedimiento para realizar medición dinámica adecuadamente.

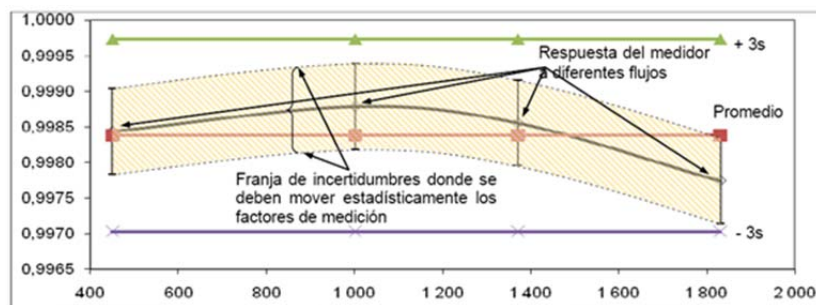
Para ejemplificar lo mencionado anteriormente, se muestra las siguientes figuras donde se tiene caracterizada la respuesta real de dos medidores a diferentes flujos con sus franjas de incertidumbre y las franjas de 3 veces la desviación estándar de toda la curva, se puede apreciar en la figura 28.

Figura 28. Curvas de linealidad de medidor.



Fuente: Documento PMC-GPS-VS. [ppt]. Taller de Incertidumbre de la Medición. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2009.

Figura 29. Curva de linealidad de medidor.



Fuente: Documento PMC-GPS-VSM. [ppt]. Taller de Incertidumbre de la Medición. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2009.

En la figura 29, se trata de un medidor cuya linealidad resultó de $\pm 0,025\%$, motivo por el cual el factor promedio está dentro de la franja de incertidumbres y se pudiera considerar que el medir con un valor promedio para todos los flujos es “adecuado”. Para este caso el valor de $\pm 3s$ resulta ser $0,002$ del factor de medición. En la figura 29, la linealidad del medidor resultó ser $\pm 0,12\%$ con lo que ahora resulta que el valor promedio está dentro de la franja de incertidumbre sólo en un 40% o 45%, o sea que sólo pudiera medir bien entre $570 \frac{Bl}{H}$ a $800 \frac{Bl}{H}$, fuera de ese intervalo siempre se estará midiendo mal. En este segundo caso, el valor de $\pm 3s$ resulta con un intervalo de $0,008$ del factor de medición, un valor casi 3 veces mayor que el anterior. Por otro lado, observemos la franja de incertidumbres comparándola contra la franja de $\pm 3s$. La franja de incertidumbres nos indica cuál es el área donde deben moverse los factores de medición para un mismo producto, es decir un producto con ciertas características de densidad y viscosidad; si las características de ese producto varían, entonces los límites establecidos con $\pm 3s$ serán mucho más amplios que los aquí marcados (obtenidos bajo condiciones de repetitividad: misma densidad, misma viscosidad, mismo producto, misma temperatura, en períodos muy cortos, mismo flujo). El dejar que los factores de medición estén moviéndose dentro de $\pm 3s$, no nos garantiza que estemos midiendo bien y mucho menos que el medidor no esté sufriendo daños mecánicos.

3.4 ACTIVOS OBJETO DE MANTENIMIENTO EMPLEADOS PARA LA MEDICIÓN DINÁMICA DE HIDROCARBUROS

Son los elementos empleados para la medición dinámica de hidrocarburo tanto de la empresa como de terceros quienes necesitan llevar sus productos al destino final, en este apartado se mencionaran los actualmente empleados en las estaciones ya mencionadas; entre los más importantes se encuentran:

3.4.1 Medidores Volumétricos Directos. El más empleado de esta cualidad es el medidor de desplazamiento positivo.

Los Medidores de Desplazamiento Positivo (DP) son giratorios y de desplazamiento positivo, la carcasa es labrada a precisión y contiene un rotor que gira sobre rodamientos de bolas, e incluye álabes distribuidos en forma pareja. Al fluir el líquido a través del medidor, el rotor y los álabes (paletas) giran alrededor de una leva fija, haciendo que estos se desplacen hacia fuera.

El movimiento sucesivo de los álabes forma una cámara de medición de volumen exacto entre dos de los álabes, el rotor, la carcasa, y las tapas inferior y superior. Cada rotación del rotor produce una serie continua de estas cámaras cerradas. En la figura 30 se aprecia este medidor.

Figura 30. Medidor de Desplazamiento Positivo.



Fuente: Ecopetrol S.A. Manual de Medición de Hidrocarburos, capítulo 5, Medición Dinámica; documento ECP- VSM-M-001-05. P 9.

3.4.2 Medidores Volumétricos Indirectos. Existen tres tipos de medidores que se emplean en los procesos de medición de productos en las plantas de poliductos y se describen en los párrafos siguientes.

a. Medidor de Turbina: Los medidores de turbinas deben trabajar con una corriente de flujo que ha sido suficientemente acondicionada para eliminar remolinos y la deformación del perfil de la velocidad causada por filtros, codos, válvulas y otros accesorios. Las partes de un Medidor de Turbina se pueden observar en la figura 31.

Figura 31. Medidor de Turbina.



Fuente: Ecopetrol S.A. Manual de Medición de Hidrocarburos, capítulo 5, Medición Dinámica; documento ECP- VSM-M-001-05. P 19.

b. Medidores Ultrasónicos: El equipo de medición ultrasónica (ver figura 32) se basa en el tiempo que demora una señal ultrasónica en viajar de un transductor a otro, una distancia conocida.

Los medidores de tiempo de tránsito, utilizan un par de traductores que envían y reciben alternadamente señales ultrasónicas codificadas a través del fluido. Cuando la señal sonora va en la misma dirección del flujo el tiempo de tránsito es menor que cuando va en la dirección opuesta.

El medidor tiene la habilidad de medir esta pequeña diferencia de tiempo que es proporcional a la velocidad de flujo, es apto para medir líquidos limpios o con sólidos y burbujas de gas.

Figura 32. Medidor de Ultrasonido.



Fuente: Manual de Medición de Hidrocarburos, capítulo 5, Medición Dinámica; documento ECP- VSM-M-001-05. P 30.

c. Medidor de Flujo Tipo Platina: Los medidores de platina de orificio (ver figura 33) han sido los equipos a los cuales se les han realizado los más extensos estudios sobre el comportamiento del fluido, partiendo de la medición del fenómeno físico de una caída de presión originada por una platina que representa una restricción al flujo del fluido a medir.

En las líneas de diámetros de dos pulgadas (5 cm) y mayores, el orificio concéntrico es la restricción más común para líquidos, gases y flujos de vapor a baja velocidad.

Figura 33. Medidor de Flujo Tipo Platina.



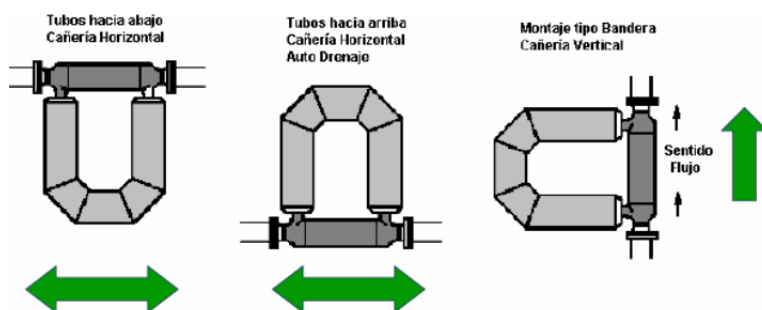
Fuente: Manual de Medición de Hidrocarburos, capítulo 5, Medición Dinámica; documento ECP- VSM-M-001-05. P 35.

3.4.3 Medidores Másicos tipo Coriólisis: Las fuerzas de Coriólisis ocurren en sistemas que rotan. Supongamos que un ser humano se encuentra de pie en el centro de un disco que gira, si se mueve radialmente hacia el borde del disco, experimenta una fuerza lateral que intenta desviarlo de la ruta más corta, esta es la fuerza de Coriólisis; desde el punto de vista de la medición, se usa cuando el medio que va a medirse fluye a través de un tubo que vibra, la fuerza de Coriólisis deforma el tubo, en adición a la vibración causada por la oscilación, la deformación es proporcional al flujo másico.

En este tipo de medidores el fluido pasa a través de un tubo en forma de “U” (existen también otras formas, dependiendo del fabricante), como se muestra en la figura 34. Este tubo vibra a su frecuencia natural, excitado por un campo magnético; la vibración es similar a la de un diapasón, con una amplitud de menos que 1 mm. Los medidores Coriólisis miden la tasa de flujo másico y la densidad. El flujo que pasa por unos tubos especialmente diseñados genera una fuerza, igual pero de sentido opuesto en cada mitad, haciéndolos vibrar y cuya magnitud es proporcional a la tasa de flujo másico. Esta fuerza y las vibraciones son detectadas por unos sensores y convertidas a tasa de flujo másico mediante un transmisor. Si se hace circular un fluido por su interior, durante la mitad del ciclo de vibración del tubo (es decir, cuando se mueve hacia arriba) el fluido entrante empuja el tubo hacia abajo resistiéndose a la vibración, en cambio que el fluido saliente lo hace hacia arriba. Esta combinación de fuerzas causa que el tubo experimente una torsión. Durante la segunda mitad del ciclo, cuando el tubo se mueve hacia abajo, la torsión resultante tendrá la dirección opuesta. Por consiguiente, tenemos que en cada codo del tubo se produce una oscilación de igual frecuencia (la frecuencia natural) pero desplazadas en fase. Este desplazamiento de fase es directamente proporcional a la razón de flujo másico del fluido que circula por el interior. Si se colocan sensores electromagnéticos (“pickups”) en cada codo, éstos generan una señal sinusoidal cuya diferencia de

fase (ΔT) es medida por la unidad electrónica del transmisor para transformarla finalmente en una señal 4-20 mA.

Figura 34. Medidor Másico Tipo Coriolis.



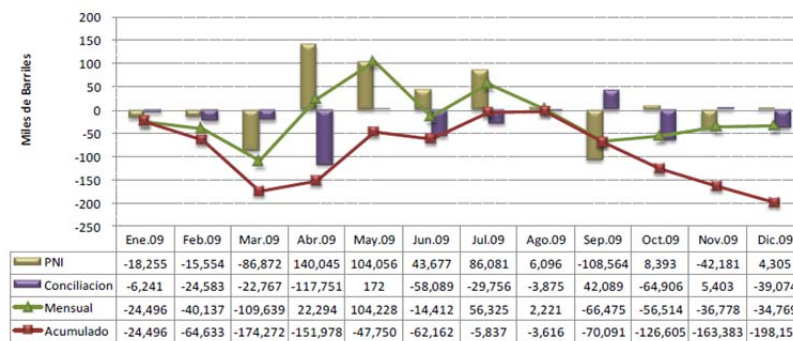
Fuente: Manual de Medición de Hidrocarburos, capítulo 5, Medición Dinámica; documento ECP- VSM-M-001-05. P 48.

En el Anexo A hay una tabla de comparación de los diferentes medidores.

3.5 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE MEDICIÓN DINÁMICA Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN VOLUMÉTRICA

La necesidad de promover este modelo se desencadena y reafirma a través de los Comités de medición y gestión empresarial de la Vicepresidencia de Transporte – VIT de ECOPETROL S.A., en los cuales se evidencia como un factor crítico y de alto riesgo el resultado de la gestión de la información volumétrica del negocio (ver figura 35), como es el caso del cierre volumétrico total de la VIT para el año 2009 con corte a diciembre con un desbalance de -198.152 BLs = M\$15.514.

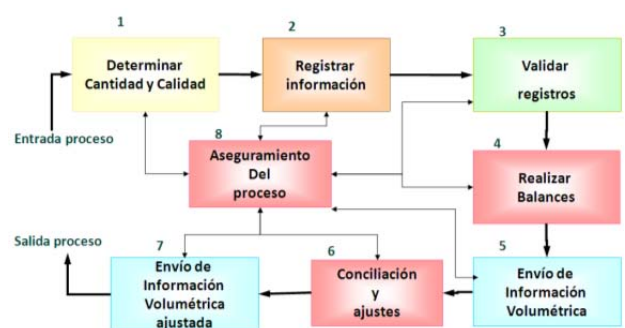
Figura 35. Gráfico donde se muestra desbalance del volumen de hidrocarburo.



Fuente: Documento PMC-GPS-VSM. [ppt]. Taller de Incertidumbre de la Medición. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2009.

Asegurar la calidad de la información volumétrica oficial de la VIT, en este marco es de gran importancia debido a que se ve reflejada en la salida de los estados financieros, la facturación de los clientes y el control operacional de Ecopetrol S.A. donde el único elemento de entrada es la información volumétrica; esta entrada se convierte en la salida del mapa de procesos de balances. En la figura 36 se puede apreciar como única entrada la cantidad y la calidad del producto o más conocido como el subproceso de medición de hidrocarburos. Una afectación en cualquiera de los elementos presentados en el mapa de procesos se refleja en los impuestos, las regalías y la contabilidad de la empresa.

Figura 36. Mapa de proceso de balances.

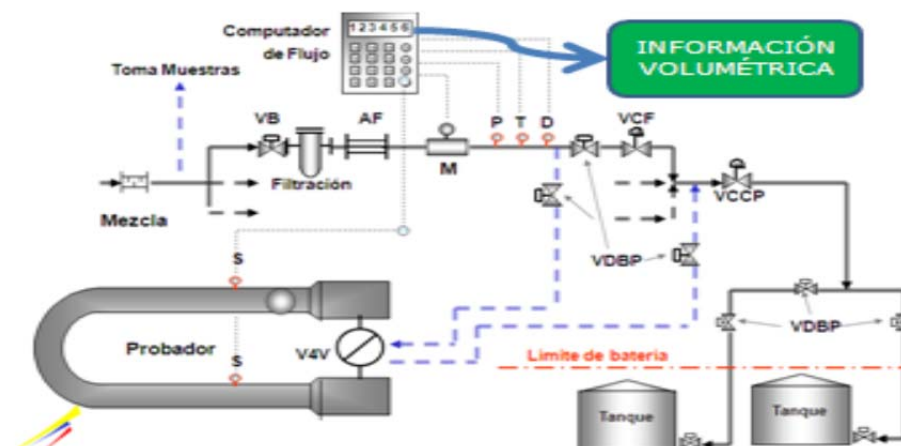


Fuente: Mapa de proceso de balances. [ppt]. Taller análisis del proceso de balances en la VIT. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2008.

La información volumétrica es generada entonces a partir de los sistemas de medición de hidrocarburos (ver figura 37) que están asegurados dentro de los términos relativos a la gestión de la calidad para los procesos de medición (ISO 9001:2000). Dentro del proceso de la medición volumétrica la VIT maneja el producto de terceros, es decir, no es el dueño del producto transportado, lo que se conoce como transferencia en custodia. Bajo este contexto se desprenden las funciones técnicas de seguridad y finalmente de mercadeo de la información volumétrica.

Los Medidores en mayor proporción son turbinas convencionales para poliductos y oleoductos, seguidos por medidores de desplazamiento positivo (DP) y una minoría de másticos y ultrasónicos en oleoductos para un total de 207 Medidores; los probadores están en una relación de 50/50 entre bidireccionales y compactos y un tanque probador para un total de 63 Probadores y un total de 106 sistemas de medición acompañados de los respectivos computadores de flujo, 41 sistemas de medición operativos y 65 sistemas de transferencia de custodia. La Tabla 4 presenta el resumen de la infraestructura de los sistemas de medición en la VIT.

Figura 37. Sistema de medición de hidrocarburo.



Fuente: Sistemas de Medición de Hidrocarburos. [ppt]. Taller análisis del proceso de balances en la VIT. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2008.

Tabla 4. Infraestructura de sistemas de medición.

EQUIPO	TIPO	TOTAL
MEDIDORES	TURBINA	141
MEDIDORES	DP	56
MEDIDORES	MASICO	7
MEDIDORES	ULTRASONICO	3
PROBADORES	BIDIRECCIONALES	32
POBADORES	COMPACTOS	30
MEDIDORES + PROBADORES	TOTAL	270

Fuente: Autores del Proyecto.

Toda la infraestructura de poliductos transporta aproximadamente $700 \frac{KBL}{dia}$, conecta a 2 refinerías y 12 centros de almacenamiento, bajo condiciones en los cuales se presentan cambios en las propiedades de los productos, impurezas, sedimentación y cambios operacionales que van de la mano de la dinámica del negocio.

La medición volumétrica es un área técnicamente exigente en un complejo campo de avanzada, con un impacto significativo en la rentabilidad del negocio; debido a esto la tecnología, la investigación, las pruebas de equipos y las normas en instrumentación y flujo están evolucionando. Características como la innovación, la creatividad y una capacidad de análisis integral son requeridas en cualquier organización de medición de "clase mundial" para adaptar las nuevas tecnologías con un nivel aceptable de riesgo. Esta mezcla es la clave para establecer nuevos niveles de desempeño mientras se mantiene una baja asignación de recursos (gastos de capital y de funcionamiento).

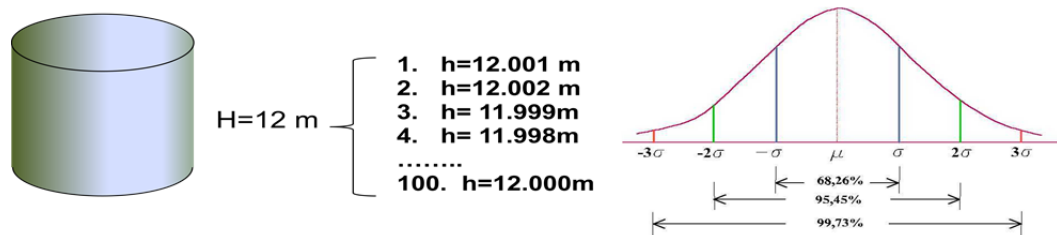
Las incertidumbres en los sistemas de medición es uno de los parámetros prioritarios a disminuir para poder tener los sistemas medición bajo control. Por lo que se plantea aplicar los conceptos siguientes para disminuir la incertidumbre con un 95% de confianza.

3.5.1 Incertidumbre.⁴⁰ La incertidumbre es la cuantificación de la duda que existe con respecto al resultado de una medición. Por ejemplo:

Si en condiciones normales se midiera varias veces un tanque con el mismo producto, nivel, operador e instrumentación y dijéramos que el tanque mide: 12 m con una incertidumbre de ± 2 mm y un nivel de confianza del 95%

Esto significa que si medimos el tanque 100 veces a dichas condiciones, 95 de estas medidas estarán en el rango 12.002m y 11.998m, ver figura 38.

Figura 38. Ejemplo de incertidumbre usando Tanque con producto a diferentes niveles.



Fuente: Incertidumbre en Medición de Hidrocarburos. [ppt]. Documento presentación PMC-GPS-VSM. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2008.

No es incertidumbre:

1. Las equivocaciones que cometen los operadores no son incertidumbres de medición, son errores gruesos. Ellas no deben tomarse en cuenta para calcular las

⁴⁰ Ecopetrol S.A. Incertidumbre en Medición de Hidrocarburos. [ppt]. Documento presentación PMC-GPS-VSM. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2008.

incertidumbres. Deben evitarse trabajando cuidadosamente y mediante la aplicación de los controles adecuados.

2. Las tolerancias no son incertidumbres. Ellas son los límites de aceptación que se han elegido para un proceso o un producto.

3. Las especificaciones no son incertidumbres. Una especificación indica a Usted lo que espera de un producto. Las especificaciones pueden tener un alcance amplio, incluso cualidades no técnicas, como el aspecto.

4. La exactitud o su antónimo la inexactitud, no es lo mismo que incertidumbre. Desafortunadamente, el uso de los dos términos es confuso.

Hablando correctamente, exactitud es un término cualitativo, o sea se puede decir que una medición es exacta o inexacta. La incertidumbre es cuantitativa.

5. Los errores no son incertidumbres, aunque en el pasado se tomaban como equivalentes, en frases tales como “análisis de error”.

6. El análisis estadístico no es lo mismo que el análisis de la incertidumbre. La estadística puede usarse para establecer un sinnúmero de conclusiones que no tienen que ser acerca de incertidumbres. El análisis de la incertidumbre solamente utiliza una parte de la estadística.

Para calcular la incertidumbre existen varias metodologías, entre la que destacan:

2. Tipo A (Modelo Estadística).

3. Método Monte Carlo.

4. Tipo B (Modelo Matemático) Esta es la elegida por ECOPETROL y es en función:

* Patrones de calibración.

* La incertidumbre asociados a la medición de los instrumentos.

* La incertidumbre de los modelos matemáticos del mensurando.

* La repetibilidad de los sistemas de medición.

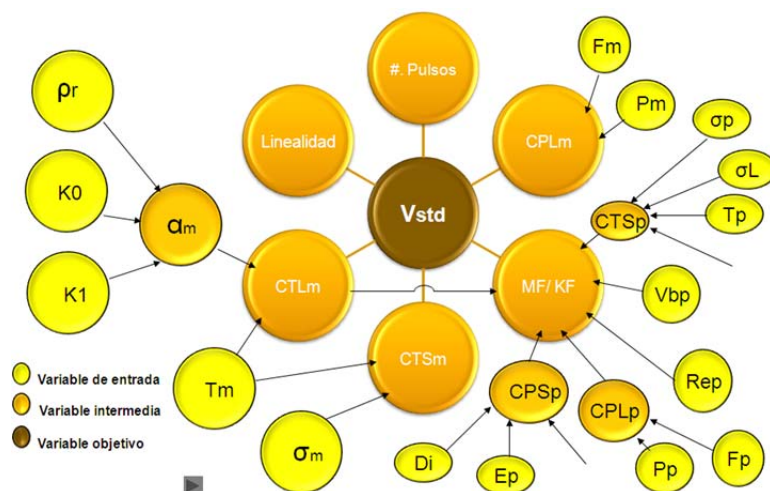
* La reproducibilidad de las mediciones.

* Características propias de los instrumentos.

- * Variaciones de las condiciones de operación de los medidores.
- * Variaciones en las magnitudes de influencia.

En la figura 39 se observa el modelo con las variables asociadas al proceso de medición dinámica.

Figura 39. Modelo: ISO GUM para medición Dinámica Tipo B.



Fuente: Incertidumbre en Medición de Hidrocarburos. [ppt]. Documento presentación PMC-GPS-VSM. Barrancabermeja: Ecopetrol S.A. 2008.

Es importante mencionar que el valor de diferencia aceptado para reclamos a los clientes vigentes es de 0,5% y tiene un criterio diferente a la incertidumbre de la medición de la VIT. Esto tiene que ver con los métodos y equipos de medición de productos de hidrocarburo utilizados por los clientes, para los cuales no contamos con evidencias de aseguramiento metrológico ni con una garantía de una incertidumbre menor al 0,5%. Por ello, resulta inaceptable una reclamación con una diferencia menor y el margen del 0,5% debe mantenerse hasta tanto se evalúe cuidadosamente la incertidumbre de los métodos y sistemas de medición utilizados por los consignatarios.

4. PROPUESTA DE MODELO GERENCIAL DE ACTIVOS ENFOCADO AL ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS DE LAS PLANTAS DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A.

4.1 POLÍTICA Y MANUAL DE GERENCIA DE ACTIVOS DE ECOPETROL S.A.

La Política de Gerencia de Activos de Ecopetrol S.A. tiene como finalidad unificar las acciones a desarrollar en los activos productivos del negocio partiendo de la integridad, la confiabilidad, la seguridad industrial, salud ocupacional, medio ambiente y la administración rentable y segura de las operaciones, para maximizar el retorno al negocio y minimizando costos sobre el ciclo de vida de los activos.

Esta política aplica a las organizaciones y activos productivos del negocio, para establecer lazos comunes de entendimiento que permitan aplicar las directrices establecidas.

Las directrices que guían las actividades generales que soportan el desarrollo de la gerencia de activos son: considerar la política de HSE de Ecopetrol en todas las actividades, las actividades se desarrollan según principios de análisis basado en riesgos asegurando la integridad técnica de los activos, que maximicen el retorno de los activos a lo largo de su ciclo de vida y, definir, preservar y revisar el portafolio de estándares, competencias y recursos para desarrollar estas actividades en Ecopetrol S.A.

Los principales objetivos del proceso de gerencia de activos en Ecopetrol S.A. se desarrollarán para todas las áreas sobre los siguientes elementos:

- Integridad Técnica y operacional de activos.

- Disponibilidad y confiabilidad óptima de activos.
- Optimización de recursos.
- Desarrollo de competencias.
- Cumplimiento de Normas y Regulaciones.
- Aprovechamiento óptimo de tecnologías.

Algunas de las definiciones corporativas en materia de Gestión de activos son:

Gerencia de Activos: Es la estrategia operacional que, combinando disciplinas, métodos, herramientas informáticas, procesos administrativos, así como recursos técnicos, económicos y humanos, permite optimizar el impacto total en costos, el desempeño, y la exposición al riesgo durante el ciclo de vida del activo o del negocio, asociados a la Integridad, la Confiabilidad, la Disponibilidad, la Mantenibilidad, la Eficiencia y la Eficacia, asegurando el logro de las metas operacionales y cumpliendo las regulaciones Ambientales, de Salud Ocupacional y de Seguridad Industrial.

Activo: Los edificios, la maquinaria de planta, y otros componentes permanentes requeridos por el usuario para producir y suministrar los productos.

Los siguientes son los componentes del Plan de implementación de la Política de Gerencia de Activos:

1. Aseguramiento de la Confiabilidad en el Diseño: Mantenibilidad.
2. Confiabilidad de Equipos:

* Implementación de los Procesos de Análisis de Fallas y de Malos Actores, como base para el mejoramiento de la disponibilidad operacional, y de la justificación

técnico-económica para la estructuración del presupuesto de gastos y de inversiones.

- * Mejoramiento del Proceso de Planeación, Programación, Ejecución y Control del Mantenimiento, a través de implementación de mejores prácticas.

- * Implementación y Aseguramiento de Herramientas de Soporte a la Confiabilidad, asegurando la implementación de las mejores prácticas a nivel de Empresa.

3. Confiabilidad del Proceso:

- * Aseguramiento de los Programas de Orden y Aseo, Prevención de Derrames, Fugas y Escapes, y de Gerenciamiento de la Corrosión.

- * Desarrollo, Aseguramiento y Seguimiento por parte de la operación de las rondas estructuradas y las Tareas de Cuidado Básico de Equipos.

- * Aseguramiento del cumplimiento de Ventanas Operacionales, de acuerdo con los análisis de integridad realizados para plantas y equipos.

- * Aseguramiento del análisis de variables operacionales.

- * Implementación de los Procesos de Análisis de Fallas y de Malos Actores, en equipos integrados por operaciones y mantenimiento

4. Confiabilidad Humana:

- * Aseguramiento de competencias de personal de operaciones y mantenimiento, a través de programas de formación/certificación de competencias con el SENA, ICP, Institutos o Universidades, o al interior de los mismos negocios.

- * Evaluaciones de Desempeño, planes de reconocimiento o ajustes.

5. Confiabilidad de Datos e Información:

- * Aseguramiento del ciclo de Planeación, Programación, Ejecución, Control del Mantenimiento.

* Consistencia de los Costos de Mantenimiento (Gestión de Mantenimiento a través de la herramienta de software Ellipse y SAP, la primera para la administración y ejecución del mantenimiento; la segunda para el manejo de las compras y seguimiento a las mismas).

Para dar cumplimiento a la política de Gerencia de Activos, la organización (Ecopetrol S.A.) ha desarrollado una gran cantidad de documentos que permiten su implementación en cada uno de los diferentes negocios. Varios de estos procedimientos, instructivos y formatos fueron tomados de referencia para el desarrollo del presente trabajo, pero solo con información que no involucre confidencialidad de documentos.

4.2 REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LA ORGANIZACIÓN

La Política de Gerencia de activos es liderada en VIT por la Gerencia técnica de transporte y por los departamentos de mantenimiento en cada una de las áreas operativas.

Todas las actividades de mantenimiento y áreas operativas se soportan la herramienta corporativa de mantenimiento llamada Ellipse; sobre ella se configuran y administran aspectos tales como: usuarios y mantenedores, las funciones operacionales, la estructura de equipos, el historial de mantenimiento realizado a cada equipo (por ejemplo: modos de falla), los estándares de trabajo (Standard Job), las ordenes de trabajo (OT), la programación del mantenimiento, los registros de mantenimiento, etc.

El mantenimiento en la organización siempre ha sido un soporte fundamental en los aspectos operativos y de productividad. La estrategia de mantenimiento, se basa en la filosofía de trabajar con mantenimiento planeado, minimizando el mantenimiento no planeado o reactivo.

El mantenimiento planeado incluye el trabajar equipos a falla, para los casos donde técnicamente no es posible el mantenimiento proactivo debido a la naturaleza de falla o por la imposibilidad de detener la pérdida de características de los componentes que integran la función de los equipos.

El mantenimiento planeado Proactivo contiene dos grandes grupos:

Mantenimiento Programado: Incluye las tareas que se programan para realizarse de acuerdo a una frecuencia de tiempo establecida por el grupo de confiabilidad el cual se basa en recomendaciones emitidas por fabrica y por el conocimiento adquirido por experiencia de mantenimientos ejecutados.

Mantenimiento por Condición: Deriva de la información analizada de las rutas de monitoreo establecidas a los equipos.

Entonces el mantenimiento efectuado sobre la infraestructura de transporte de hidrocarburos se desarrolla con base en los criterios del mantenimiento planeado; en el que se incluyen las áreas de Mecánica (estática y rotativa), Eléctrica, Electrónica e Instrumentación, sobre las que se desarrolla el mantenimiento programado y el mantenimiento a la falla.

El mantenimiento por condición se desarrolla principalmente sobre los equipos del área mecánica tanto rotativa como estática. Se basa principalmente en pruebas de termografía, vibración, corrosión, muestreo de lubricantes y combustibles.

Los sistemas de medición dinámica de hidrocarburo no se encuentran incluidos en contratos de mantenimiento con terceros, excepto el contrato de profesionales de configuración, en lo referente al componente terciario que es el computador de flujo.

El resto de mantenimiento lo realiza personal directo de ECOPETROL, que cubre el mantenimiento preventivo y el correctivo (planeado y a la falla). Como mejora en la práctica se implementará el mantenimiento predictivo a los medidores de flujo y variable temperatura, que son los que más impactan la medición dinámica.

En este punto, es importante destacar cuales son los tres objetivos principales que cumplen los Sistemas de Medición Dinámica tanto local como central en el transporte de hidrocarburos:

- * Garantizar la seguridad del proceso, ya que es una variable que está asociada al control de los sistemas. Por ser la caja registradora del negocio, sirve para cobrar al consignatario final el valor del hidrocarburo y la tarifa de transporte a los otros negocios.
- * Asegurar la operatividad, es decir, garantizar que los flujos y las variables del mismo se mantengan en los valores deseados y en los rangos de operación.
- * Controlar la calidad del producto, el consumo de energía del proceso, etc.

4.3 PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ASEGURAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DINÁMICA DE HIDROCARBUROS

Para que el modelo sea reconocido a través de la estructura de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A. se le asigna el nombre de “GEMASMEDIH” (Gestión de Mantenimiento de Activos del Sistema de Medición Dinámica de Hidrocarburos).

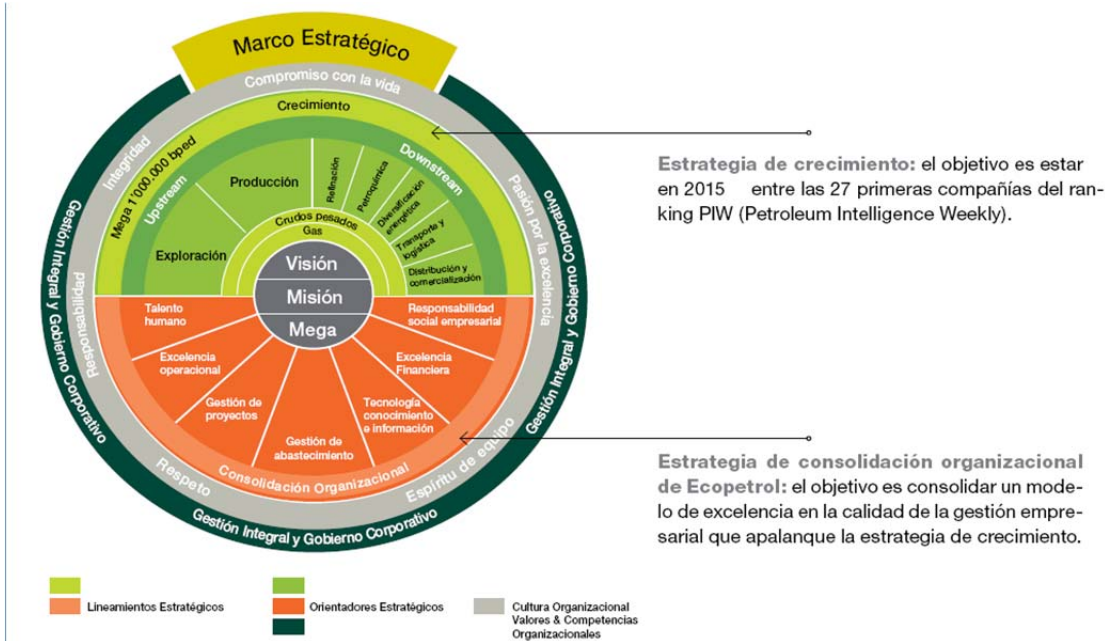
El modelo de gestión propuesto, parte del plan estratégico que tiene Ecopetrol S.A., el cual se puede apreciar en la figura 40 y está documentado en la sección 1.2 de este documento.

El marco estratégico tiene como fin alcanzar la MEGA (meta grande y retadora) de producir en el 2020 un millón trescientos mil barriles diarios de petróleo equivalentes.

Para cumplir los planes del marco estratégico se hará a través de dos grandes lineamientos:

- 1). La Estrategia de Crecimiento: el objetivo es estar en el 2015 entre las 27 primeras compañías del ranking PIW (Petroleum Intelligence Weekly).
- 2). La Estrategia de Consolidación Organizacional de Ecopetrol: el objetivo es consolidar un modelo de excelencia en la calidad de la gestión empresarial que apalanque la estrategia de crecimiento.

Figura 40. Marco Estratégico de Ecopetrol S.A.



Fuente: ECO_Reporte_Sostenibilidad_2010_GRI.[pdf]. Divulgación reporte de Sostenibilidad. Bogotá D.C. Ecopetrol S.A. 2010.

4.3.1 Esquema de GEMASMEDIH. Enfocados en el gerenciamiento de activos se tiene una estructura compuesta por niveles basados en la estructura que maneja Ecopetrol S.A.; estos son Nivel Estratégico (Presidente de la Empresa; Vicepresidente, Gerentes y Directores), Nivel Táctico (Superintendentes, Jefes de Departamento, Jefes de Unidad), Nivel Operativo (Coordinadores, Supervisores y Líderes con Personal a cargo) y el Nivel Instrumental (en general abarca todos los elementos físicos y mentales que requieren las personas para poder realizar las acciones concretas de mantenimiento sobre los elementos o maquinas). El enfoque de gerencia de activos está orientado para que se cumplan las metas del marco estratégico de Ecopetrol S.A. concebidas por el Nivel Estratégico y que deben ser seguidos por los tres niveles restantes, empleando tareas de Indicador, Plan de acción, Tareas y Procedimientos a nivel operativo e instrumental. En la figura 41 se puede apreciar el nivel operativo e instrumental en forma gráfica.

A continuación se presentan los objetivos, la misión, la visión del modelo, posteriormente en el desarrollo del capítulo se describirán cada uno de los niveles mostrados en la gráfica y las políticas definidas por el nivel estratégico.

Figura 41. Gráfica de los niveles del modelo Gerencial.



Fuente: autores del Proyecto.

4.3.1.1 Objetivos del Modelo. El objetivo del modelo **GEMASMEDIH** es definir las mejores prácticas relacionadas con el proceso de gestión de mantenimiento de los equipos de medición dinámica de hidrocarburos mediante el gerenciamiento de sus activos, para mejorar el proceso de medición dinámica de los productos en custodia o propios (Ecopetrol S.A.) y conseguir confianza en la incertidumbre en valores más precisos y con esto lograr fomentar la confianza en la organización con las metas trazadas en el Plan Estratégico al 2020 de estar transportando 1.3 Millones de barriles diarios por Ecopetrol S.A.

Transformar la organización de mantenimiento de un centro de costo a un centro de negocio donde las mejores prácticas de mantenimiento harán que el valor de la empresa (el Hidrocarburo) se transporte sin generar barriles perdidos.

4.3.1.2 Alcance. Dada la secuencia gradual requerida para que la organización de mantenimiento actual avance ordenadamente hacia el nivel de medición de hidrocarburos con incertidumbre del 95% de confianza mediante el modelo de Gerenciamiento de Activos, este trabajo se concentrará en los siguientes tópicos:

- 1). Establecer las políticas y metas que enmarcan las mejores prácticas de la Gestión de Mantenimiento bajo el enfoque de Gerenciamiento de Activos.
- 2). Establecer los planes de acción y tareas a ser ejecutadas por el nivel Táctico, Operativo e Instrumental.
- 3). Establecer los grupos responsables de liderar su nivel.
- 4). No desarrollará instructivos técnicos ya que esto corresponde a cada grupo que tenga la función.

5). Diseñar el nuevo organigrama, para la VIT para trabajar con el esquema de GEMASMEDIH.

4.3.1.3 Evaluación del Modelo. Para asegurar el logro de las políticas y metas del Modelo Gerencial y lograr la alineación con el plan Estratégico de la Empresa se define el control y evaluación de las mismas mediante el seguimiento de Indicadores de desempeño, los cuales permitirán actuar en la reorientación de la gestión, detectando oportunidades y mejoras.

4.3.1.4 Indicadores de Desempeño. A continuación se presentan de acuerdo a su clasificación funcional:

1). Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento. Su función es controlar y evaluar la eficiencia en la gestión de mantenimiento, a los sistemas de Medición dinámica.

2). Indicadores de desempeño del equipo. Evalúan y controlan el comportamiento de los equipos; la Medición dinámica en nuestro caso pero con miras a ser aplicado en la medición estática.

4.3.2 Visión del Modelo GEMASMEDIH. En los próximos 5 años ser el modelo empleado en todas las estaciones de la VIT donde se realice Medición dinámica de hidrocarburo, para estar a los niveles de exigencia del volumen de transporte de hidrocarburo a futuro.

4.3.3 Misión del Modelo. Disminuir la incertidumbre con un 95% de confianza para todas las estaciones de la VIT en los sistemas de medición dinámica de hidrocarburo; asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos, el cuidado del medio ambiente y el conocimiento de los procedimientos.

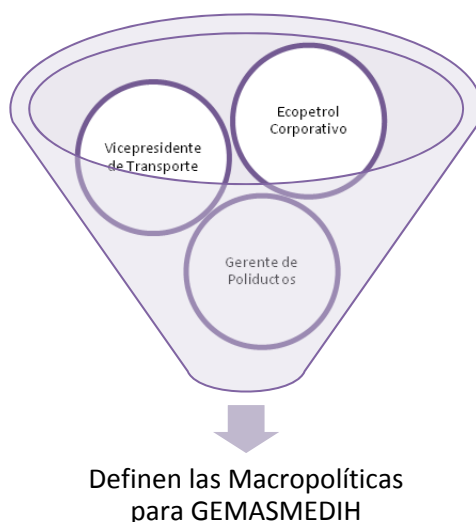
4.3.4 Desarrollo del Modelo. Se hará una descripción de los niveles en los que trabajará la estructura de modelo gerencial de activos propuesto, identificando los responsables de liderar el camino escogido para engranarse con los planes estratégicos de la organización.

4.3.4.1 Nivel Estratégico. Su objetivo es definir las macro políticas y sus metas, planes de acción, tareas y procedimientos a cumplirse dentro de los lineamientos generales de **GEMASMEDIH**, de manera ordenada y cuantificable por cada uno de los niveles Táctico, Operativo e Instrumental, y el cumplimiento de las metas definidas para cada macro política.

Adicionalmente realizará la evaluación global de GEMASMEDIH mediante el empleo de Tablero Balanceado de Gestión (TBG).

Responsable. Los responsables de liderar este nivel jerárquicamente estarán organizados como se muestran en la figura 42.

Figura 42. Estructura de la Gestión Estratégica.



Fuente: autores del Proyecto.

Macro políticas. Las políticas básicas que deben ser implementadas para regir el proceso de gestión y contribuir a la efectividad del **GEMASMEDIH** están agrupadas en el tablero de control del nivel estratégico en tres tipos de políticas integrales con sus correspondientes metas. Para su desarrollo requerirán del establecimiento de planes de acción, tareas y procedimientos específicos a ser ejecutados por cada uno de los niveles táctico, operativo e instrumental encaminados a cumplir con las metas fijadas para cada política integral.

El tablero de control de este nivel estará compuesto por las siguientes macro políticas:

1. Política integral Económica.
2. Política integral de Mantenimiento.
3. Política integral de Calidad.

1. Política integral económica. Específicamente esta política regirá todos los aspectos relacionados con el tema económico de GEMASMEDIH y contiene los correspondientes objetivos y metas que deben controlarse y evaluarse con el fin de que la División de Mantenimiento de la VIT se transforme de un centro de costo a un centro de negocio y se alinee con el Plan Estratégico de Ecopetrol S.A. Esta política busca que mantenimiento:

Se transforme de un centro de costos a un centro de negocio, identificando y eliminando las acciones de mantenimiento que no agregan valor a la organización. Se pueda identificar aquellas funciones que generan valor a la compañía, tales como la confiabilidad operacional a cargo del nivel táctico como es la planeación y programación del mantenimiento que está a cargo del nivel operativo.

Meta. La meta de la macro política integral Económica de GEMASMEDIH, controlada y evaluada por el nivel estratégico a través del Grupo de gestión

estratégica se enfoca en generar un elemento fundamental: **Incremento de márgenes de utilidad**. Se logra mediante la reducción de costos unitarios, por mayor eficiencia en la gestión de mantenimiento, en aspectos tales como:

- *.Optimización en el uso de los recursos (mano de obra y materiales) por medio de la planeación y programación del mantenimiento.
- *.Reducción de tareas innecesarias y optimización de frecuencias de mantenimiento con apoyo del grupo de confiabilidad operacional.
- *.Reducción de paros no programados.
- *.Optimización de los niveles de inventario

Se ha mencionado que la meta de la política integral económica es el mejoramiento de los “Márgenes” (Reducción de costos unitarios, por mayor eficiencia en la gestión de mantenimiento), sin embargo, esta meta principal se genera con base en el desarrollo de planes acción y tareas que permiten el cumplimiento de esta macro política; es decir, la meta principal “Márgenes” es el fin pero ésta es habilitada mediante el cumplimiento de los siguientes planes de acción:

- *. Optimización de costos.
- *. Optimización del capital de trabajo.

2. Política integral de mantenimiento. Específicamente esta política regirá todos los aspectos relacionados con la planeación y ejecución de mantenimiento a ser realizado por los niveles tácticos operativo e instrumental y debe considerar aspectos como:

- *. Establecer el plan de negocios de mantenimiento alineado con el Plan Estratégico de Ecopetrol S.A.
- *. Establecer los objetivos y metas de mantenimiento.

*. Definir como cada función en mantenimiento colabora al logro de los objetivos de Ecopetrol S.A.

Objetivo. El objetivo de esta política es lograr las mejores prácticas de Clase Mundial.

Meta. La meta de la macro política integral de mantenimiento de GEMASMEDIH controlada y evaluada por el nivel estratégico y se enfoca en generar como elemento fundamental la disminución de incertidumbre en la medición de hidrocarburo. Con equipos medidores con mayor cantidad de horas de servicio disponible y procedimientos adecuados de operación y calibración tienen como consecuencia aumento en la disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones y los activos.

Esta meta apunta al plan estratégico de la empresa específicamente en lo relacionado con la disminución en la incertidumbre del hidrocarburo que es transportado en los poliductos de estación en estación hasta su destino final.

Esta meta se logra trabajando en equipo mantenimiento y producción, identificando actividades que apoyen la calidad, eficiencia, eficacia y la productividad, para alcanzar esta meta hay que:

- *. Producción se apropie de los equipos, apoye la identificación de anomalías a tiempo y realice tareas básicas de mantenimiento.
- *. Mantenimiento debe desarrollar procedimientos estandarizados, con el apoyo del personal de confiabilidad (Nivel Táctico) para que los trabajos se hagan bien.
- *. Producción debe desarrollar procedimientos estandarizados de operación de equipos dentro de los parámetros de diseño para no degradar su ciclo de vida.

Los planes de acción a desarrollar y que facilitarán el cumplimiento de resultados de mejorar la incertidumbre son:

- *. Incremento de la confiabilidad operacional.
- *. Incremento de la disponibilidad de activos.
- *. Incremento de la mantenibilidad de activos.

Indicadores de desempeño de los equipo de medición. Este indicador controla y evalúa el comportamiento de los equipos. Los indicadores que se establecen dentro de esta política de mantenimiento para evaluar el desempeño de los Equipos son:

- *. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).
- *. Tiempo Medio Para la Reparación (MTTR).
- *. Índice de Horas de Paro No Programado del Equipo (IHPNP).

3. Política integral de Calidad y seguridad Industrial. La VIT es la vicepresidencia que está a la vanguardia en certificaciones como: Calidad (ISO 9000), Oshas (ISO 18000) y Ambiental (ISO 14000).

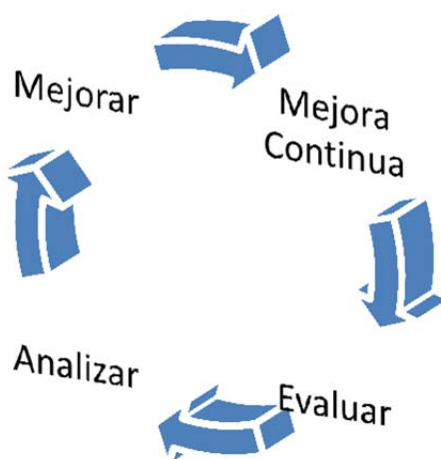
Metas. En calidad siempre está evaluando los procesos y realimentando continuamente el sistema. Por eso tiene como principios básico:

- *. Atender los requisitos y necesidades de los clientes internos y externos dentro de un tiempo adecuado, el cual está definido por Ecopetrol S.A.
- *. Aplicar mecanismos correctos de medición para una buena evaluación.
- *. Desarrollar procesos de trabajo que aseguren la mejora continua.
- *. Poseer líderes capacitados, mediante el entrenamiento del personal del nivel Estratégico en metodologías modernas de gestión de mantenimiento y gestión empresarial y entrenamiento en técnicas modernas de mantenimiento al personal

de los niveles Táctico, Operacional e Instrumental; lo mismo que en conocimientos metrológicos básicos que aseguren el elemento de valor en la cadena (refinados y crudos).

Para cumplir con lo anterior hay tres fases que son necesarias para comprender y poder mejorar continuamente los procesos: Evaluar, analizar y mejorar como se observa en la figura 43.

Figura 43. Ciclo de Mejoramiento Continuo.



Fuente: Autores del proyecto.

Evaluar:

1. Tener claridad en la Misión del proceso de forma tal que permita la comprensión del valor añadido del mismo respecto de su contribución a la Misión de la organización. Aquí aplica definir la misión del proceso de mantenimiento para alinearse con el Plan Estratégico de Ecopetrol S.A.

2. Asignar responsables de los procesos para que lideren la mejora continua de la eficacia y la eficiencia. Para el caso de GEMASMEDIH se propone que la VIT lidere el proceso de mejoramiento continuo en el proceso de mantenimiento.

3. Consultar requerimientos del cliente como primer paso para la mejora de calidad. Aquí se toma como cliente de mantenimiento a operaciones y se identificarán sus requerimientos y se establecerán acuerdos para la prestación de los servicios de mantenimiento.

4. Definir indicadores sólidos y consistentes que permitan la toma de decisiones acertadas respecto de la mejora de la calidad. Es necesario estar seguro de que los datos en todo momento, reflejan la situación actual, la tendencia y son coherentes con los requerimientos cliente.

Analizar:

1. Analizar las áreas de mejora, utilizando herramientas tales como: Análisis de causas raíz y Simplificación de procesos.

2. Determinar los beneficios que la aplicación de la metodología del Benchmarking puede aportar, en cuanto a la obtención de prácticas adecuadas, otros modelos empleados por petroleras en el mundo para obtener las mejoras de rendimiento necesarias.

Mejorar:

1. Llevar a cabo los planes de mejora.

2. Comparar los resultados de los indicadores con los resultados previos, comprobando de esta forma si las acciones dan la mejora esperada.

3. Verificar la satisfacción del cliente.

Seguridad y medio ambiente. La política de Ecopetrol S.A. es muy clara: No hay proceso ni trabajo que se realice sin que la seguridad y el medio ambiente no estén garantizados en todas sus operaciones.

4.3.4.2 Nivel Táctico. Su objetivo es implementar y controlar el plan de acción y las tareas para enfocar al nivel táctico a la adopción de la metodología de Confiabilidad Operacional, calculando frecuencias óptimas de mantenimiento mediante la utilización de herramientas modernas para calcular los costos del ciclo de vida de los activos bajo la metodología LCC, evaluando factores que influyen sobre la confiabilidad operacional como son: el diseño del activo, el recurso humano, la operación y el mantenimiento, bajo los lineamientos de las tres macro políticas de **GEMASMEDIH**.

Responsable. Los responsables de liderar este nivel jerárquicamente están organizados como se muestran en la figura 44.

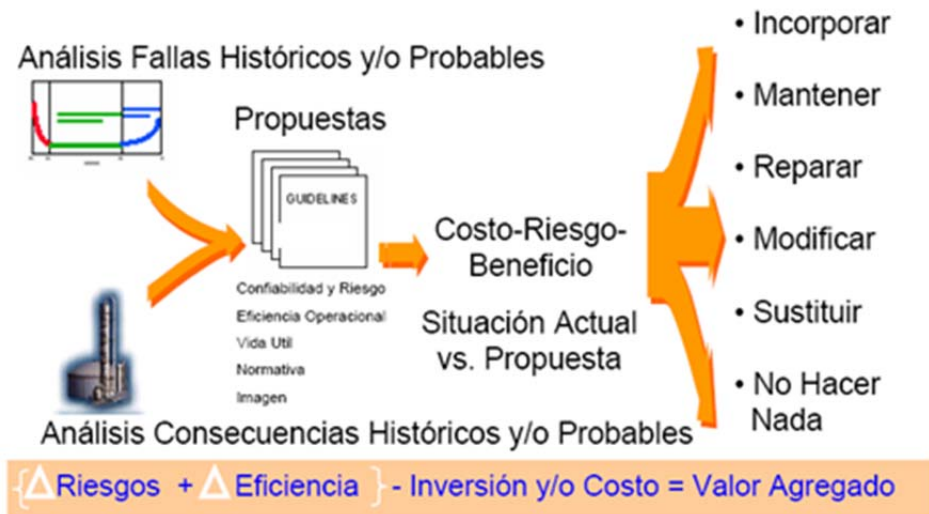
Figura 44. Estructura del Grupo de Gestión Táctica.



Fuente: Autores del proyecto.

Plan de acción. Todas las propuestas de mantener, reparar, modificar, reemplazar/sustituir y no hacer nada, deberán ser evaluadas y jerarquizadas mediante la aplicación de una metodología estándar denominada Análisis Costo-Riesgo-Beneficio, como se muestra en la figura 45.

Figura 45. Modelo de análisis costo-riesgo-beneficio.



Fuente: BOXWELL, Robert J. Benchmarking for competitive advantage. [pdf]. Madrid. McGraw Hill. 1994.

El nivel táctico utilizará la metodología del valor agregado que consiste en cuantificar riesgos, eficiencia, inversión y/o costo del cambio para la situación actual y propuesta, y justificar por generación de valor agregado, a través de un análisis histórico y/o probable de fallas y sus consecuencias, tasas de pérdidas de desempeño, que permiten identificar y definir propuestas de mejoras en relación a confiabilidad y riesgos, eficiencia operacional, vida útil, cumplimiento de normativa.

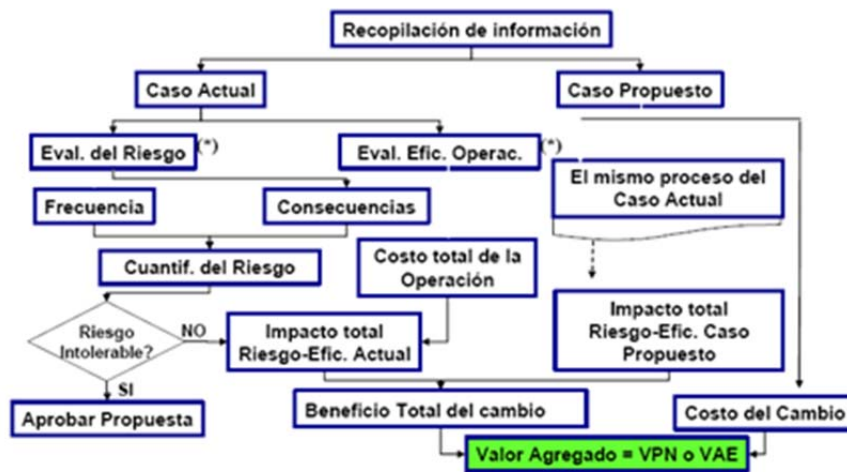
Las propuestas serán evaluadas por separado por el grupo de gestión táctica con la finalidad de soportar el proceso de toma de decisiones con relación a mantener, reparar, modificar, sustituir y no hacer nada, cambiando el concepto de decisiones a “sentimiento” por decisiones justificadas en análisis de costo-riesgo – beneficio.

El grupo de gestión táctica deberá seguir la metodología general de ACRB que consiste en 5 pasos:

1. Recopilación de información.
2. Cuantificación del Riesgo para la Situación Actual y Propuesta.
3. Cuantificación del Impacto Total Riesgo-Eficiencia.
4. Calculo de Beneficios del Cambio Propuesto
5. Cálculo del Valor Agregado.

Todos los pasos son empleados actualmente en la empresa para la evaluación de los activos. La figura 46 muestra un resumen del uso de la metodología.

Figura 46. Metodología análisis costo-riesgo-beneficio.



Fuente: BOXWELL, Robert J. Benchmarking for competitive advantage. [pdf]. Madrid. McGraw Hill. 1994.

El grupo de Gestión Táctica tendrá en cuenta si los eventos de fallas son asociados con incompatibilidades entre el diseño y el contexto operacional en el cual los equipos o instalaciones deben operar controlando esta variable en el tiempo, ya que en muchos casos los diseños son desarrollados siguiendo las mejores prácticas de diseño y considerando contextos operacionales específicos con posibles variaciones, sin embargo hay buenos diseños de acuerdo a las

mejores prácticas técnicas pero tienen baja confiabilidad por la falta de control o el cambio del contexto operacional.

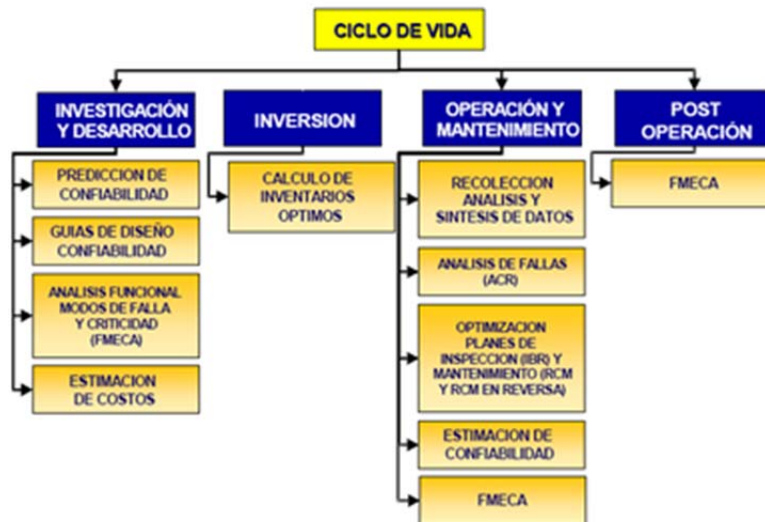
Para controlar este fenómeno el grupo de gestión táctica utilizará las metodologías empleadas por Ecopetrol S.A. y adecuadas a cada necesidad como lo son: Análisis causa raíz, inspección basada en riesgos y mantenimiento centrado en confiabilidad, entre otras.

Cabe destacar que la aplicación de las metodologías referidas se emplearán durante la fase de diseño conceptual para facilitar la operación y mantenimiento de equipos e instalaciones con alta confiabilidad y bajo costo, dentro de aplicaciones técnicas de códigos y estándares.

Por lo anteriormente expresado, el grupo de gestión táctica involucrará la incorporación de profesionales de mantenimiento en otras fases del ciclo de vida de los activos como investigación y desarrollo, inversión y post-operación (ver Figura 47).

La experiencia del personal de mantenimiento compartida con el personal de proyectos, seguridad, calidad y operaciones, generará un efecto inmediato en la rentabilidad de los activos durante la vida útil de los mismos.

Figura 47. Costo del Ciclo de Vida.



Fuente: BOXWELL, Robert J. Benchmarking for competitive advantage. [pdf]. Madrid. McGraw Hill. 1994.

El grupo de gestión táctica se involucrará en la fase de diseño mediante la interacción con los proveedores externos de la empresa para desarrollar metodologías que permitan realizar el análisis del ciclo de vida de los activos, para controlar realmente el desempeño futuro del mismo, ya que la experiencia indica que no se puede seleccionar un activo adecuadamente y ser competitivo mediante acciones aplicadas mucho después de haber sido concebido. Por lo tanto, es esencial que se contemple la viabilidad operativa durante las primeras fases del desarrollo del producto y que el nivel táctico, asuma la responsabilidad del cálculo del costo del ciclo de vida, ignorado en el modelo de gestión anterior.

En este proceso las decisiones y acciones tanto técnicas como no técnicas, que se deben adoptar a lo largo del ciclo de vida del activo son las relacionadas con el mejoramiento de la confiabilidad operacional de activos, calidad del diseño, tecnología utilizada, frecuencias de fallas, costos de mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo), niveles de mantenibilidad, por el impacto sobre el costo total de los activos.

Tareas. Las siguientes son las tareas deben ser desarrolladas por el grupo de gestión táctica:

1. Implementación y desarrollo del mantenimiento centrado en confiabilidad:

Requerimientos del RCM durante la Adquisición de Equipos.

Consideraciones del RCM Durante la Operación de los Equipos.

Especificaciones Técnicas de Equipos Críticos.

Listas de Chequeo Para el Aseguramiento de la Calidad del RCM.

Análisis de Causa Raíz de la Falla (RCFA).

Indicadores de Gestión para gestión de equipos.

2. Recuperación de la mantenibilidad de equipos:

Establecer la capacidad según diseño y parámetros propios de los equipos.

Identificación de la condición física de los equipos de proceso.

Historial equipos de proceso.

Identificación de problemas.

Inspecciones adicionales.

Identificación Causa Raíz.

Identificación de soluciones.

Desarrollo de soluciones.

Implementación soluciones.

Retroalimentación.

3. Herramientas predictivas de última generación:

Análisis de vibración.

Análisis de temperatura de rodamientos.

Análisis de Circuitos de motores.
Análisis de corriente de motores.
Termografía infrarroja.
Ultrasonido y medición de Fugas.
Análisis de aceites.
Partículas magnéticas.
Alineamientos.
Monitoreo de corrosión.

4.3.4.3 Nivel Operativo. Su Objetivo es gestionar la consecución eficiente de todos los recursos humanos, físicos y económicos necesarios para cumplir con la ejecución directa del mantenimiento por parte del nivel instrumental, sirviendo como facilitador de su labor.

Responsable. Los responsables de liderar este nivel jerárquicamente se muestran en la figura 48.

Figura 48. Estructura grupo de gestión operativa.



Fuente: Autores del Proyecto.

Plan de acción. Adoptar la metodología de Balanced Scorecard, para lograr la transformación y el cambio de cultura en la VIT y gestionar la consecución oportuna de los recursos requeridos por el nivel instrumental para la ejecución directa del mantenimiento.

Entonces se traducirá la estrategia de la organización en tres perspectivas: Cliente, Negocio Interno y la Innovación y aprendizaje, sustentadas en los objetivos estratégicos definidos para traducir los tres aspectos principales en los que se sustentará el plan de acción:

1. Aspectos administrativos:

Promoción de clima propicio para el cambio de cultura hacia el Balanced Score Card.

2. Aspectos técnicos:

Carga uniforme de trabajo.

Establecimiento de normas técnicas en los procesos de medición Dinámica.

Metas. Para Implementar Balanced Scorecard con el ánimo de generar un cambio de cultura hacia la excelencia en todas las operaciones que optimicen la función de mantenimiento y permitan consolidarla como de clase mundial se trabajara bajo los siguientes siete elementos:

Interiorización de la cultura Balanced Scorecard.

Plan de Mantenimiento preventivo coincidente con el generado desde el software de mantenimiento, Ellipse.

Acciones de mejora bajo lineamientos metrológicos.

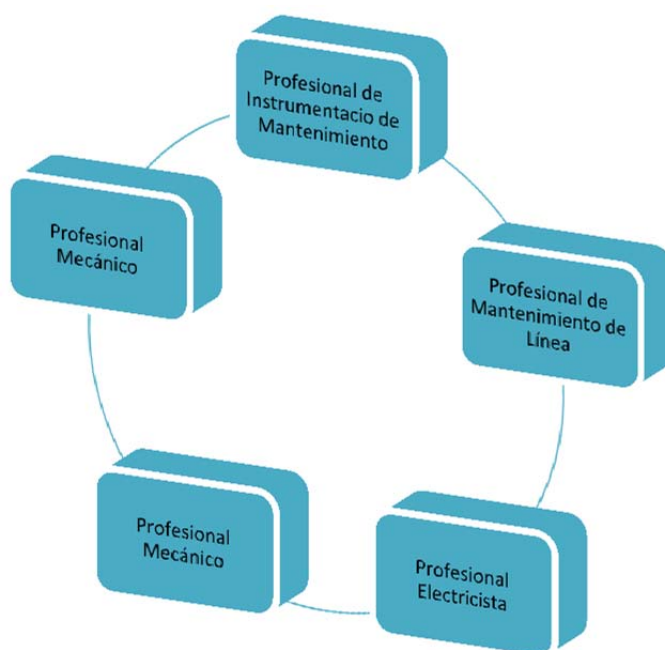
Tareas. Para lograr la ejecución de la función mantenimiento se deberán realizar las siguientes tareas:

- *. Establecer el personal idóneo que se requiere para mantener los diferentes activos empleados en la medición dinámica.
- *. Desarrollar el procedimiento unificado para la relación entre mantenimiento y operaciones.
- *. Establecer la ruta de capacitación requerida para lograr un mayor sentido de pertenencia y conocimiento del personal del área respecto a los activos.
- *. Establecer la infraestructura necesaria para dotar a mantenimiento de las condiciones y equipos adecuados en cuanto a capacidad y funcionalidades.
- *. Desarrollo de talleres para el personal de mantenimiento y operativo con miras a interiorizar el mejoramiento de la Medición Dinámica de los productos propios y consignados por clientes externos.
- *. Asegurar el conocimiento y su gestión para alcanzar y mejorar incertidumbres del 95% en el transporte de productos que van en los poliductos del país.

4.3.4.4 Nivel Instrumental: Realiza la Planeación y ejecución directa del Mantenimiento preventivo, correctivo y calibración de los equipos con personal idóneo para su competencia basados en la metodología de mantenimiento por condición e inspección basada en riesgo, apoyados con herramientas de tipo predictivo de tal forma que se cree un verdadero periodo de intervalo de los preventivos a los activos de la organización y reformular la información del software de mantenimiento para que no se sigan generando sobrecostos.

Responsable: En cabeza del Profesional de Instrumentación de Mantenimiento de cada área operativa estación junto con el apoyo de los profesionales de cada disciplina (Eléctrica, Mecánica, Control y Medición Centralizado, Mantenimiento de Línea). En la figura 49 se Observa los responsables.

Figura 49. Estructura grupo de gestión Instrumental.



Fuente: Autores del Proyecto.

Plan de acción. La ejecución del mantenimiento por condición deberá ser predictiva, preventiva; justificado técnicamente o por el contrario reactiva, cuando la evaluación resultante del costo efectivo lo indique, debido al impacto total dentro de la macro política y considerando al considerable número de equipos redundantes instalados actualmente y que mitigan el riesgo de falla en la operación.

Se generara una planeación y programación equilibrada por condición y se registrará la información proveniente de la inspección en el sistema de información Ellipse, en donde se establecerán las acciones concretas de tipo preventivo y predictivo a realizar debido a que una programación muy detallada puede llegar a ser obsoleta después de cierto tiempo de ser ejecutada, a causa de las emergencias que surjan.

Aunque en algunos casos todo el trabajo puede programarse, no se programara toda la fuerza de trabajo en labores de mantenimiento preventivo y correctivo, una porción de la fuerza de trabajo se dejara en labores básicas de inspección y revisión, con el fin de realizar una asignación rápida a los trabajos u operación de emergencia no contemplada en la programación.

Tareas. En términos generales, se deberán ejecutar las siguientes tareas:

- *. La planeación y programación deben basarse en lo que es más probable que ocurra y de acuerdo a la información que genere el mantenimiento por condición e inspecciones proactivas.
- *. Ingeniería preventiva bajo pautas de Ingeniería de Mantenimiento, focalizada en determinar los esfuerzos necesarios a través de rediseños, sustituciones u otros cambios, para reducir la frecuencia y consecuencias las fallas, incluyendo los costos de reparación.
- *. Determinación de criterios para fijar prioridades.
- *. Clasificación de los trabajos programados en menores y mayores, de acuerdo al esfuerzo y cantidad de tiempo involucrado.
- *. Porcentaje de carga por trabajos programados y capacidad de anticiparse a las emergencias por fallas imprevistas, así como la fuerza hombre disponible para atender las emergencias u otras prioridades.
- *. Seguimiento a Instructivos de forma rigurosa para el mantenimiento y calibración de los equipos empleados en la medición dinámica.
- *. Elaboración de estándares de procedimientos basados en el conocimiento adquirido por el personal durante años anteriores.
- *. Formación constante en procedimientos de mantenimiento de los activos al personal.

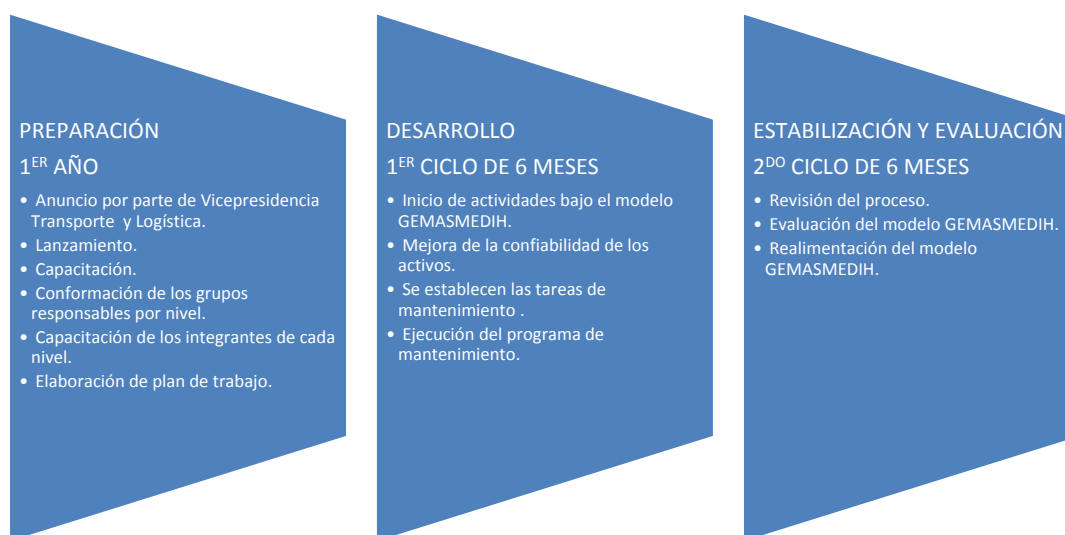
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE GEMASMEDIH

El Modelo Gerencial de Activos enfocado al aseguramiento del sistema de medición de hidrocarburos de las plantas de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A. llamado “GEMASMEDIH” es un proyecto que requiere para su implementación un proceso de preparación, desarrollo y estabilización que requiere de por lo menos un periodo de dos años.

Implementar el modelo de GEMASMEDIH requiere inicialmente tener un área piloto, el área propuesta es la Coordinación de Mantenimiento Norte por ser zona donde se puede ejercer influencia por la experiencia y años de trabajo en el lugar.

La implementación del modelo se ha considerado realizar en 3 fases, las cuales comprenden un total de 13 pasos para ser realizados en un tiempo estimado de dos años, en la figura 50 podemos observar este proceso, junto con las actividades que lo acompañan.

Figura 50. Esquema de implementación de GEMASMEDIH.



Fuente: Autores del Proyecto.

En la tabla 5 se desglosan las actividades mencionadas para las tres etapas en las que se establece el modelo GEMASMEDIH.

Tabla 5. Pasos para la implementación de GEMASMEDIH.

FASE	PASOS	DETALLE
PREPARACIÓN 1 ^{ER} AÑO	Divulgar por parte de Vicepresidencia de Transporte y Logística la implementación del modelo GEMASMEDIH.	La divulgación del nuevo modelo a emplearse debe mostrar los beneficios, alcance y compromisos a adquirirse; para ello se debe valer de todo medio que tenga la empresa (impreso, electrónico, etc.)
	Lanzamiento	Empezar ciclo de conferencias a todos los participantes del proceso para empezar a romper paradigmas.
	Capacitar	Hacer talleres en los temas que se van a manejar con el modelo a implementar.
	Conformar los Grupos responsables por nivel (Estratégico, Táctico, operativo e Instrumental).	Realizar la creación de los diferentes grupos seleccionados para el nivel asignando las respectivas funciones y responsabilidades.
	Capacitar los Integrantes de cada nivel en la adopción de sus correspondientes actividades.	Se capacitará a cada grupo que integra el modelo GEMASMEDIH, sobre los planes de acción y tareas que aplica a cada nivel.
	Formular Plan de Trabajo.	Cada grupo de gestión coordinará un cronograma que tenga seguimiento y se pueda controlar el cumplimiento para los planes de acción y tareas.
DESARROLLO 1 ^{ER} CICLO DE 6 MESES	Inicio de actividades bajo el modelo GEMASMEDIH.	Es el lanzamiento oficial del plan, el inicio de la nueva metodología de trabajo a nivel de toda la organización de mantenimiento de las estaciones de poliductos.
	Mejorar la confiabilidad de los activos para la medición.	El grupo de gestión táctica aplicará para todos los planes de acción y tareas el concepto de Confiabilidad operacional e iniciará el registro de la información requerida para alimentar los índices de gestión establecidos por GEMASMEDIH para este nivel. Las actividades principales para la mejora de confiabilidad serán: seleccionar los medidores donde la incertidumbre no se acerque al 90%, se hará análisis del problema, explorar las condiciones o factores que lo generan y formular planes de mejora.
	Establecer las tareas de mantenimiento.	Simultáneamente con el grupo de gestión táctica, el grupo de gestión operativa aplicará el plan de acción y las tareas para todos los procesos de apoyo al nivel instrumental de concepto de Balance Scorecard e iniciará el registro de la información requerida para alimentar los índices de gestión establecidos por GEMASMEDIH para este nivel.
	Ejecutar el plan de mantenimiento.	Simultáneamente con el grupo de gestión operativa, el grupo de gestión instrumental ejecutará el mantenimiento de acuerdo con los planes de acción y tareas para la planeación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo programado.
ESTABILIZACIÓN 2 ^{DO} CICLO DE 6 MESES	Revisar la evolución de GEMASMEDIH.	El grupo de gestión estratégica realiza revisiones parciales al cumplimiento de las metas de las macro políticas, apoyados por los indicadores claves de desempeño que se establecen en GEMASMEDIH y alimentados por la gestión de los grupos líderes en los niveles Táctico, Operativo e Instrumental.
	Evaluar la efectividad de GEMASMEDIH.	Es labor del grupo de gestión estratégica evaluar la efectividad de la gestión global de GEMASMEDIH mediante la revisión del cumplimiento de las metas fijadas para cada política después de dos años.
	Realimentar el modelo de gestión GEMASMEDIH.	Como parte de las funciones del grupo de gestión estratégica con base a las respectivas evaluaciones realizadas el hacer realimentación a los grupos de gestión Táctica, Operativa e Instrumental con el fin reajustar los planes de acción y se cumplan las metas establecidas en las macro políticas de GEMASMEDIH.

Fuente: Autores del Proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El modelo toma parte de diferentes metodologías del mantenimiento con direccionamiento desde el nivel estratégico, alineado y construido para disminuir la incertidumbre en la medición dinámica de hidrocarburo en las plantas de los poliductos.
- La metodología del modelo permite estructurar mejor los programas de mantenimiento estableciendo políticas de generación y conservación de los registros, considerándose una herramienta importante para la toma de decisiones alrededor de la gerencia de los activos.
- El modelo permite generar cambios en el proceso de medición que induce a mejores prácticas que modifican la conducta de barreras tradicionalistas de calibración y operación.
- Este modelo es una innovación organizacional, que incorpora nuevos y valiosos cambios en el proceso de la medición volumétrica para mejorar sustancialmente el fenómeno de la incertidumbre.
- La implementación del modelo permite que el programa de mantenimiento preventivo actual sea más eficaz y efectivo, eliminando la cantidad de solicitudes de correctivo que impactan en la programación establecida y los índices de cumplimiento.
- El modelo permite hacer verificación de los equipos medidores induciendo a cumplir los procedimientos de mantenimiento establecidos.

- A través del modelo, el nivel estratégico hace intercambio de conocimiento, en visita otras plantas petroleras en el mundo para tener actualizado el pensamiento e implementar metodologías y equipos que ayuden a mejorar el nivel de incertidumbre en las plantas de recibo y envío de hidrocarburo.
- Con el desarrollo del modelo los procedimientos empleados por terceros estarán alineados con los procedimientos de medición dinámica de hidrocarburo de las estaciones de Ecopetrol S.A. para eliminar el factor de pérdida que es tolerado hasta ahora.
- El modelo permite hacer un proceso de análisis de datos y estadísticas que puedan generar tendencias para orientar las acciones de mantenimiento; los registros no hacen parte de la base corporativa de mantenimiento.
- A la luz del modelo se estructuran eficientemente los programas de mantenimiento, y las políticas de generación y conservación de los registros. Las metodologías planteadas por el modelo propuesto se consolidarán como una herramienta importante para la toma de decisiones alrededor de la gerencia de los activos.

BIBLIOGRAFÍA

BELTRAN JARAMILLO, Jesús Mauricio. Indicadores de Gestión: Guía práctica para estructurar acertadamente esta herramienta clave para El logro de La competitividad. 2 Edición. Santa-Fé de Bogotá, 1998. 147p.

CESPEDES AMARIZ, Jesús Alonso. Modelo de Estructura de Mantenimiento para la División de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander. [pdf]. Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico Mecánica, Bucaramanga: 2010. 75p.

ECOPETROL S.A. Documento reporte de Sostenibilidad año 2009 de la Unidad de Responsabilidad Social Empresarial. Bogotá, 2009. 6-33p.

ECOPETROL S.A. Documento PMC-GPS-VS. [ppt]. Taller de Incertidumbre de la Medición. Barrancabermeja, 2009.

ECOPETROL S.A. Documento divulgación VIT 01-03-2011. Bogotá, pág. 14.

_____. ECOPEPETROL S.A.: Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=32&conID=36271>.

_____. Gestión Exploratoria Ecopetrol S.A.: Disponible en Internet URL: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=44&conID=22>.

_____ . Sistema de Riesgos
Ecopetrol 2010-2011: Disponible en Internet URL:
<http://www.ecopetrol.com.co/documentos/47171>.

_____ . Gestión de
Producción: Disponible en Internet URL:
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=46&conID=37668>.

_____ . Indicadores de
transporte: Disponible en Internet URL:
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=82&conID=37995>.

_____ . Área de Negocios.
Vicepresidencia de Transporte: Disponible en Internet URL:
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=33&conID=36164>.

_____ . Riesgos
Empresariales: Disponible en Internet URL:
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=33&conID=37305>.

_____ . Gerencia de
desarrollo: Disponible en Internet URL:
<http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=245&conID=38054>.

_____ . Gerencia de
Oleoductos: Disponible en Internet URL:
<http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=421&conID=40816>.

GROSS, Jhon M. Fundamentals Of Preventive Maintenance. United States of America: Amacon, 2002. 223p

PASCUAL J, Rodrigo. Gestión Moderna de Mantenimiento. Universidad de Chile: Departamento Ingeniería Mecánica, Santiago de Chile, versión 2.0, 2002. 281p.

PÉREZ ESTRADA, Argemiro de la C. La protección Ambiental en el Mantenimiento Industrial un Enfoque para su Gestión. Villa Clara. Resumen Pdf.

PRANDO, Raúl R. Manual Gestión de Mantenimiento a la Medida. Guatemala: Piedra Santa, 1966. 104p.

TAVARES, Lourival Augusto. Administración Moderna de Mantenimiento. Capítulo 5. [En línea]. Brasil: Datastream Systems, 2002 Disponible en Internet URL: http://mantenimiento_mundial.com/sites/libro/lourival.asp Citado en Febrero de 2010)

TAVARES, Lourival Augusto y SILVA FILHO, Aristides Antonio. Mantenimiento como una actividad corporativa. Revisión 1 Junio 5. Disponible en Internet: URL.http://copimerainternacional.org/publicaciones/revista_techno/ing_mant/1_mantenimiento.pdf (Citado en Febrero de 2010)

TERAN DIANDERAS, Ciro I. Gestión de Mantenimiento: Perú: Senati, Programa de Formación de Formadores, 2000. 105p.

TORRES MENESES, Carlos Alberto. Estructuración de la organización del mantenimiento en CAZTA (Central Azucarera del Táchira). [pdf]. Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico Mecánica, Bucaramanga: 2006. 75p.

ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDORES

Tipos	Tipo de fluido (* Ver Nota 7, S=Si, N=No)														Medición de Salida	Tamaño del medidor		
	Gas	Vapor/Vapor de agua	Dios-Fases [1]	Líquidos					Slurries		Tubería semi-llena	Canales abiertos	Baja velocidad del fluido	Medición de Salida				
				Largo	Suco	Con sólidos suspendidos	Corrosivo	Viscoso	Abrasivo	Fibroso				Electrónica			Neumática	Tipo
dp: Platina de orificio de borde cuadrado	S	S	*	S	N	N	N	*	N	N	N	N	S	S	S	Raíz cuadrada	1"-30" [8]	
dp: Platina de orificio de segmento	S	S	*	S	N	S	*	S	N	N	N	N	S	S	S	Raíz cuadrada	>=1"	
dp: Platina de orificio integral	S	S	*	S	N	N	N	*	N	N	N	N	S	S	S	Raíz cuadrada	0.5"-1.5"	
dp: Tubo Venturi	S	S	*	S	S	S	*	N	*	*	N	N	*	S	S	Raíz cuadrada	2"-70"	
dp: Descarga de Flujo	S	S	*	S	*	N	*	N	*	*	N	N	*	S	S	Raíz cuadrada	2"-60"	
dp: Codo	S	S	*	S	*	*	*	*	*	*	N	N	N	S	S	Raíz cuadrada	Depende del tamaño de la línea	
dp: Tubo Pitot	S	S	*	S	N	N	N	N	N	N	N	N	*	S	S	Raíz cuadrada	2"-48"	
Magnético	N	N	* [12]	S	S	S	S	S	S	S	N	N	S	S	N	Lineal	0.1"-96"	
Masa Coriolis	*	* [16]	S	S	S	S	*	*	*	*	N	N	S	S	N	Lineal	0.25"-6"	
Masa Térmico	S	S	N	*	*	*	*	*	*	*	N	N	S	S	N	Exponencial (log)	0.125"-10"	
Turbina	*	*	N	S	N	N	*	*	N	N	N	N	*	S	N	Lineal [18]	0.1875"-24"	
Desplazamiento Positivo	S	*	N	S	N	N	*	S	N	N	N	N	S	S	N	Lineal	0.125"-16"	
Vortex	S	S	N	S	*	*	*	N	N	N	N	N	N	S	N	Lineal	0.5"-0.8"	
Área variable (rotámetro)	S	S	N	S	N	N	*	N	N	N	N	N	*	S	N	Lineal	0.25"-3" para vidrio, 8" máx. para metal	
Ultrasonico: Tiempo de tránsito	*	N	N	S	N	N	*	*	N	N	N	N	*	S	N	Lineal	0.25"-120"	
Ultrasonico: Doppler	N	N	N	N	S	S	*	*	*	*	N	N	*	S	N	Lineal	0.5"-72"	
Vertedero y Canal	N	N	N	S	S	S	*	N	S	S	S	S	S	S	S	No-Lineal [24]	>=1"	
Target	S	*	S	S	S	S	*	S	N	N	N	N	*	S	N	Raíz cuadrada	0.5"-8"	

Tipos	Parámetros	Mínimo número de Relecturas en Tubos Neutrosados	Aplicable a Fluidos No-Neutrosados	Medición de Flujo de Gas muy pequeño	Medición de Flujo de Líquidos muy pequeños	Medición de Flujo pulsante	Rango de Temperatura, °F (C)	Rango de Presión, psig	Pérdida de presión por el Sensor, H ₂ O	Requisitos de Línea recta - aguas arriba / abajo	[4]	Repetibilidad (Turndown)	Precisión [6]	Repetibilidad	Factor de Costo, 1 a 10 [8]
dp: Platina de orificio de borde cuadrado		5,000 [9]	*	N	*	* [10]	-20-930 (-30-500)	1500 máx.	Hasta 90% dP a través de la platina	10-30 arriba, 5 abajo	3:1		± 3% de la escala completa	± 0.25	6
dp: Platina de orificio de segmento		2,000	*	N	*	* [10]	-20-930 (-30-500)	1500 máx.	Hasta 90% dP a través de la platina	10-30 arriba, 5 abajo	3:1		± 4% de la escala completa	± 0.25	6
dp: Platina de orificio integral		5,000	*	N	*	* [10]	300 (150) máx.	1500 máx.	90% dP a través de la platina	20 arriba, 5 abajo	3:1		± 3% de la escala completa	± 0.25	6
dp: Tubo Venturi		20,000	*	* [11]	S	* [10]	930 (500) máx.	1500 máx.	10-25% dP a través del tubo	5-30 arriba, 5 abajo	3:1		± 3% de la escala completa	± 0.25	8
dp: Descarga de Flujo		30,000	*	N	N	* [10]	930 (500) máx.	1500 máx.	Cerca 60% a través del Nozzle	10-60 arriba, 10 abajo	3:1		± 3% de la escala completa	± 0.25	10
dp: Codo		50,000	*	N	*	* [10]	930 (500) máx.	1500 máx.	Muy baja	25-30 arriba, 10 abajo	3:1		± 8% de la escala completa	± 0.50	1
dp: Tubo Pitot		1,000	N	* [10]	* [10]	N	930 (500) máx.	1500 máx.	Despreciable	20-40 arriba, 10 abajo	3:1		± 4% de la escala completa	± 0.50	3
Magnético	No afecta	S	N	S	S	S	360 (200) máx.	700 máx.	ninguna	5 arriba, 1 abajo [14]	20:1 [15]		± 0.5% de la rata	± 0.25	4
Masa Coriolis	No afecta	S	N	S	S	S	480 (250) máx.	1500 máx.	20	ninguna	60:1		± 0.4% de la rata	± 0.04	8
Masa Térmico	10	*	S	S	S	[17]	[17]	[17]	bajo	[17]	[17]		± 2% de la escala completa	± 0.25	7
Turbina	10,000	N	N	*	S	N	-150-390 (-100-200)	5700 máx.	100	5-20 arriba, 5 abajo	20:1 [19]		± 0.5% de la rata	± 0.05	8
Desplazamiento Positivo	No afecta	N	S	S	N	S	Líquidos 480 (250) máx.; Gases 140 (60) máx.	3000 máx.	Alta	ninguna	10:1 para líquidos 20:1 para gases [20]		± 0.2-2% de la rata	± 0.05	10
Vortex	10,000	N	N	N	S	S	750 (400) máx.	1400 máx.	Líquido 30-150; Gases 5-150	15-25 arriba, 5-10 abajo	20:1		± 1% de la rata	± 0.15	3
Área variable (rotámetro)	10,000	N	S	S	N	S	Vidrio 390 (200) máx.; Metal 840 (450) máx.	Vidrio 350; Metal 3000	20	No requiere	10:1		± 1% de la escala completa	± 0.05	1
Ultrasonico: Tiempo de tránsito	10,000	N	N	N	S	S	0-480 (-18-250) máx. [22]	1000 [23]	ninguna	5-30 o más/hada	30:1		± 4% de la escala completa	± 0.25	4
Ultrasonico: Doppler	4,000	*	N	N	N	S	-12-480 (-25-250)	1000 [23]	ninguna	5-20 o más/hada	15:1		± 4% de la escala completa	± 0.25	4
Vertedero y Canal	No Aplica	N	N	N	N	S	Ambiente	Atmosférica	flumes 10 weir 30	ninguna	weir, flume 60.1 v notch weir 300.1		± 4% de la escala completa	[25]	5
Target	500	*	N	N	*	S	570(300) máx.	1400 máx.	90% de dp a través del sensor	30-50 arriba, 5 abajo	7:1		± 4% de la escala completa [26]	± 0.25	8

ANEXO B. RECOMENDACIONES DE PUESTA EN OPERACIÓN DE MEDIDORES DINÁMICOS.

El procedimiento para iniciar la puesta en operación de un medidor que es nuevo o que ha sido mantenido o reparado, o por calibración del probador se requiere:

- a. Obtener la curva de respuesta del medidor para cada flujo de prueba, haciendo 5 corridas dentro de una variación no mayor al 0,05%, o 3 corridas con una repetibilidad no mayor de 0,03%. Se deberán obtener por lo menos 4 factores de medición a cada uno de los productos, en 4 rangos de flujo diferente, los cuales comprenderán a los flujos mínimo y máximo de operación, los otros serán intermedios y equidistantes de los primeros. Con los anteriores datos, se generara las cartas de control, donde se definirán los puntos de alarma, e intervención, que están asociado con las 2 y 3 desviaciones estándar, según método estadístico.
- b. Lo anterior se deberá realizar para un solo producto, y en el mínimo tiempo posible. Si se tiene conocimiento de diferentes productos, se deberá realizar lo indicado en el inciso a) para cada producto.
- c. Los pares de valores encontrados (factor K VS. frecuencia o Meter factor VS. flujo) para cada producto, deberán ser introducidos en el computador de flujo con el fin de que se calculen volúmenes ponderador, realizando el sistema interpolación según rangos de medición. Este es el concepto de Linealización de medidores.
- d. De acuerdo a la metodología propuesta se deberá calcular la incertidumbre para cada uno de los sistemas de medición, y con base en este dato, oficializar los índices de perdidas por medición, que deberá ser el punto de control de los balances volumétricos.
- e. Dependiendo del producto a manejar, del flujo y de la frecuencia de verificación del factor de medición, se deberán realizar 5 corridas de prueba

dentro de una variación no mayor al 0,05%, para observar si el factor resultante está dentro de los parámetros de incertidumbre correspondiente a ese flujo, y en caso que resulte fuera de ese parámetro, efectuar las acciones correctivas correspondientes.