



ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *RCM* EN LOS ACTIVOS CRÍTICOS DE LA ESPECIALIDAD DE EQUIPO ROTATIVO, PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO DE LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A.

**ANDRÉS LEONARDO LUNA ROJAS
PABLO SANTIAGO BOADA SUPELANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018



ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *RCM* EN LOS ACTIVOS CRÍTICOS DE LA
ESPECIALIDAD DE EQUIPO ROTATIVO, PARA EL INCREMENTO DE LA
DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO DE LA
REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A.

ANDRÉS LEONARDO LUNA ROJAS
PABLO SANTIAGO BOADA SUPELANO

Trabajo de grado presentado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Director

ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES
Ingeniero Mecánico

Codirector

LUIS FERNANDO ESPINOSA VARGAS
Registro Ecopetrol: E0227527

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2018

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar profundos agradecimientos a:

La Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Mecánica por toda la formación que nos permitió superar esta etapa y convertirnos en mejores seres humanos.

Al ingeniero Isnardo González por su valioso acompañamiento y la oportuna orientación durante la realización de este trabajo.

Al ingeniero Luis Fernando Espinosa, por su paciencia, dedicación y confianza al desarrollo de este proyecto.

A nuestros familiares, quienes constantemente dan su desinteresado apoyo y nos inspiran día a día a seguir cumpliendo nuevas y más grandes metas.

A todos nuestros amigos que estuvieron presentes a lo largo de esta etapa, cuyo apoyo nos permitió sortear los diarios obstáculos con una mejor actitud.

DEDICATORIA

Especialmente, a mi padre Julio César y a mi madre Yma Johanna, fue gracias a su excelente ejemplo, a su infinito apoyo y a su invaluable confianza que pude recorrer y finalizar esta etapa.

A mi hermano Juan Felipe y mis hermanas Ana Sofía y Julieta, que comparten conmigo sueños y alegrías, para que continuemos siendo el orgullo de nuestros padres. A mi novia Diana Lucía, a quien exalto con mucho cariño, por su dedicado e incondicional amor que me alentó en los momentos más difíciles. A mis abuelos, por su interminable generosidad y preocupación.

Finalmente, a todos los familiares que de algún modo me apoyaron e inspiraron a culminar esta meta aportándome sus mejores enseñanzas, y a los buenos amigos que compartieron conmigo sus mejores virtudes y ahora celebran este logro tanto como yo.

Andrés Leonardo Luna Rojas

DEDICATORIA

Con todo el cariño y la admiración que hay en mi corazón, quiero agradecer a todas las personas que me han acompañado en esta etapa y cuyo esfuerzo conjunto me ha permitido finalizar este proyecto.

Especialmente, quiero exaltar a mi madre, cuya interminable dedicación y confianza me sirvieron de apoyo en todo momento. A mis hermanos, quienes continuamente me dieron la mayor motivación para enfrentar cada desafío que se me presentó y jamás dudaron de mí. A mis abuelos, que en ningún momento han dejado de preocuparse por mi bienestar y que durante todo este proceso me mostraron su bondad incondicional.

Finalmente, a los buenos amigos que conocí y con los cuales compartí esta etapa formativa, ya que con ellos reí, aprendí y disfrute del día a día dentro y fuera de la universidad.

Pablo Santiago Boada Supelano

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. ECOPETROL, LA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA Y LAS PLANTAS DE POLIETILENO I Y II	24
1.1 LAS PLANTAS DE POLIETILENO I Y II Y EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	24
2. EL PROBLEMA EN LAS PLANTAS DE POLIETILENO I Y II	39
2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	39
2.2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	43
2.2.1 Estrategia de gestión de activos de la GRB a 2020	43
2.2.2 Plan de mejora Polietileno a 2020:	45
2.3 DEFINICIÓN DEL ALCANCE	47
2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	48
2.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	50
2.5.1 Objetivo general	50
2.5.2 Objetivos específicos	50
3. MARCO TEÓRICO	52
3.1 INDICADORES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	52
3.1.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF)	52
3.1.2 Tiempo medio para reparar (MTTR).....	53
3.1.3 Disponibilidad.....	53
3.1.4 Confiabilidad	53

3.1.5	Mantenibilidad	54
3.2	ANÁLISIS DE CRITICIDAD:	55
3.2.1	Modelos de jerarquización cualitativos	55
3.2.2	Modelos de jerarquización semicuantitativos	56
3.2.3	Modelos de jerarquización cuantitativos	57
3.2.4	Diagrama de Pareto	58
3.3	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (<i>RCM</i>)	59
3.3.1	Funciones y niveles de desempeño:	59
3.3.2	Fallas funcionales	60
3.3.3	Efectos y modos de falla	61
3.3.4	Consecuencias de las fallas	63
3.3.5	Mantenimiento proactivo: prevención	64
3.3.6	Mantenimiento proactivo: predicción	65
3.3.7	Acciones de default (a falta de)	67
3.3.8	Aplicación del <i>RCM</i>	67
4.	GESTIÓN DE ACTIVOS EN LA GRB ECOPETROL S.A.	69
4.1	GESTIÓN DE ACTIVOS: ISO 5500X	69
4.1.1	Conceptos y definiciones	69
4.1.2	Principales elementos de un sistema de gestión de activos	71
4.2	EL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN ECOPETROL S.A.	72
4.2.1	Planear	73
4.2.2	Hacer	73
4.2.3	Verificar	73
4.2.4	Actuar	74

4.3	PROCESOS DE GESTIÓN EN LA GRB	74
4.4	GESTIÓN DEL RIESGO: MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGO (RAM) 75	
4.5	GESTIÓN DE OPERACIÓN DEL MANTENIMIENTO	79
4.5.1	Mantenimiento mayor (paradas de planta).....	79
4.5.2	Mantenimiento rutinario.....	81
4.6	OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS ACTIVOS	82
4.6.1	Ajuste y mejora de planes de mantenimiento.....	82
5.	METODOLOGÍA	84
5.1	INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN	85
5.2	DOCUMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE ECOPETROL S.A.....	85
5.3	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CRITICIDAD.....	86
5.4	ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRATEGIA RCM.....	87
5.5	ASEGURAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA.....	87
5.6	DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO Y SUSTENTACIÓN	88
6.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO.....	89
6.1	CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LOS EQUIPOS EN LA GRB.	89
6.1.1	Nomenclatura de identificación de las plantas de la refinería.	89
6.1.2	Nomenclatura de identificación de los equipos rotativos en las plantas de Polietileno I y II.....	89
6.1.3	Nueva jerarquización con SAP (Ubicaciones técnicas).....	90
6.2	ANÁLISIS DE LOS REPORTES HISTORICOS DE FALLAS Y SHUTDOWN 91	

6.2.1	Puesta en marcha de <i>Turboexpander</i> (<i>Cambio del contexto operacional</i>).....	91
6.2.2	Análisis de los indicadores de desempeño principales	92
6.2.3	Análisis de causas de <i>shutdown</i> en el tiempo.....	94
6.3	ESTABLECIMIENTO DE LOS ACTIVOS PRIORITARIOS PARA LA ESTRATEGIA <i>RCM</i>	96
6.3.1	Cálculo del TMEF para los equipos rotativos de polietileno:	96
6.3.2	Análisis Pareto según impacto en indicador de <i>shutdown</i>	98
6.4	REVISIÓN DE LOS <i>RCA</i> E INVESTIGACIONES DE FALLA CON ACCIONES PENDIENTES	99
7.	ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRATEGIA <i>RCM</i>	101
7.1	ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES Y FALLAS DE LOS ACTIVOS PRIORITARIOS MEDIANTE LA ECUACIÓN DE PERDIDAS DE LAS PLANTAS	101
7.1.1	Determinación de los subsistemas de los activos prioritarios	101
7.1.2	Definición de funciones y fallas por componente.	103
7.1.3	Análisis general del impacto económico de las fallas.....	104
7.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA DOMINANTES Y SU CRITICIDAD MEDIANTE <i>RAM</i>	105
7.2.1	Modos de falla según la norma ISO 14224.	105
7.2.2	Definición de modos de falla por parte-objeto de los componentes de los activos prioritarios	106
7.2.3	Construcción de la <i>RAM</i>	107
7.2.4	Construcción del formato <i>FMECA</i> :.....	110
7.3	ESTUDIO DE VIABILIDAD MEDIANTE <i>BCA</i>	113
7.3.1	Modelo de cálculo de costos de actividades de mantenimiento:.....	113

7.3.2	Modelo de estimación de los riesgos económicos por fallas	114
7.3.3	Cálculo del <i>MEI</i> :	115
7.4	ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO REQUERIDO PARA CADA EQUIPO	115
7.4.1	Revisión y actualización de las actividades y estrategias de mantenimiento para los activos prioritarios	116
7.4.2	Construcción del formato de Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	118
8.	ASEGURAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA	120
8.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN <i>SAP ERP</i>	120
8.2	CONSTRUCCIÓN DE LAS <i>APL</i>	122
8.2.1	Diagnóstico del estado de migración de las <i>APL</i>	122
8.2.2	Proceso para crear una lista de materiales en <i>SAP</i> :	123
8.2.3	Construcción de una herramienta ofimática para consulta de materiales en <i>SAP</i> :	124
8.2.4	Lista de materiales actualizada y repuestos obsoletos del SC2253.	126
8.2.5	Sustentación del proyecto ante los ingenieros de Confiabilidad de Equipos Rotativo	127
9.	CONCLUSIONES	128
	BIBLIOGRAFÍA	131
	ANEXOS	133

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista aérea plantas de Polietileno I y II	24
Figura 2. Proceso de producción del polietileno	25
Figura 3. Diagrama operativo Polietileno I	26
Figura 4. Diagrama operativo Polietileno II	26
Figura 5. Compresor recíprocante (primario) Polietileno II.....	27
Figura 6. Intercambiadores de calor inter-etapas (compresión baja)	28
Figura 7. Compresor recíprocante <i>Hyper</i> (secundario) Polietileno II.....	29
Figura 8. Unidad de refrigeración por absorción <i>ARU</i>	29
Figura 9. Reactor de polimerización autoclave	30
Figura 10. Bomba de inyección de iniciadores Polietileno II	31
Figura 11. Separador de baja presión y de alta presión	31
Figura 12. Proceso de separación	32
Figura 13. Extrusión, corte, enfriamiento y secado	33
Figura 14. Extrusor cortador Polietileno II.....	33
Figura 15. Secador Polietileno II.....	34
Figura 16. Clasificador Polietileno I.....	35
Figura 17. Tolvas horarias Polietileno I.....	36
Figura 18. Soplador (compresor de lóbulos) Polietileno II	36
Figura 19. Tolvas de almacenamiento y de despacho a granel	37
Figura 20. Colector de polvo (pelusa) Polietileno II.....	38
Figura 21. Válvula rotativa (alimentadora)	38

Figura 22. Disponibilidad operacional de las plantas de Polietileno I y II	40
Figura 23. Eventos de falla de las plantas de Polietileno I	40
Figura 24. Eventos de falla de las plantas de Polietileno II	41
Figura 25. Diagramas de Pareto días de <i>shutdown</i> plantas Polietileno I	42
Figura 26. Diagramas de Pareto días de <i>shutdown</i> plantas Polietileno II	42
Figura 27. Definición del alcance del proyecto	48
Figura 28. Precios de los productos de la GRB	49
Figura 29. Ejemplo Matriz Consecuencia-Complejidad	56
Figura 30. Ejemplo Diagrama Pareto	58
Figura 31. Ejemplo de funciones y fallas funcionales	60
Figura 32. Ejemplo de modos de falla.....	61
Figura 33. Ejemplo de efectos de modos de falla	62
Figura 34. Categorías de las consecuencias de fallas.....	63
Figura 35. Metodología para la evaluación de consecuencias de las fallas.....	64
Figura 36. Lógica de selección de los patrones de falla	65
Figura 37. La curva P-F	66
Figura 38. Modelo de aplicación del <i>RCM</i>	68
Figura 39. Estructura general de un sistema de gestión de activos.....	70
Figura 40. Elementos de un sistema de gestión de activos según la norma ISO 55001	72
Figura 41. RAM típica	76
Figura 42. Escalas de probabilidad de la RAM	77
Figura 43. Escalas de gravedad económica de la <i>RAM</i>	77
Figura 44. Escalas de daños a personas de la <i>RAM</i>	78

Figura 45. Escalas de daños a clientes de la <i>RAM</i>	78
Figura 46. Escalas de daños ambientales de la <i>RAM</i>	79
Figura 47. Proceso de Gestión de paradas	80
Figura 48. Estructura de los planes y programas de mantenimiento en la GRB....	81
Figura 49. Modelo de planeación táctica del mantenimiento	83
Figura 50. Metodología	84
Figura 51. Nomenclatura de equipos	90
Figura 52. Ubicación técnica de equipos en <i>SAP</i>	91
Figura 53. Producción diaria Polietileno I y II	92
Figura 54. <i>Shutdown</i> Polietileno I y II.....	92
Figura 55. Índice de calidad Polietileno I y II.....	93
Figura 56. Causas de shutdown en el tiempo U2200	94
Figura 57. Causas de <i>shutdown</i> en el tiempo U2250	95
Figura 58. Distribución de fallas en las secciones del proceso.....	97
Figura 59. División en componentes de los equipos prioritarios.	103
Figura 60. Algoritmo para estimar la probabilidad de ocurrencia de modos de falla ISO.....	108
Figura 61. Proceso de establecimiento de Planes de Mantenimiento para equipos prioritarios	116
Figura 62. Estrategia de mantenimiento SC2253 implementada en <i>SAP</i>	121
Figura 63. Proceso de creación de Lista de Materiales	123
Figura 64. Interfaz de la herramienta para consulta de materiales	124

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ejemplo Guía de Criticidad	57
Tabla 2. Etapas del mantenimiento rutinario en la GRB	82
Tabla 3. Impacto en días <i>shutdown</i> Polietileno I y II	95
Tabla 4. TMEF para el equipo rotativo de Polietileno	97
Tabla 5. Días de <i>shutdown</i> por equipo para Pareto Polietileno I y II.....	98
Tabla 6. Listado de acciones revisadas para los equipos rotativos críticos de la planta de polietileno	100
Tabla 7. Definición de las funciones por componente para los compresores primarios.....	104
Tabla 8. Modos de falla aplicables a equipo rotativo según Formatos de Investigación del Operador Ecopetrol S.A.	106
Tabla 9. Extracto Lista de Partes-Objeto y Modos de falla de Compresores.....	107
Tabla 10. ETBF de Compresores Primarios.	108
Tabla 11. Estimación de consecuencias económicas RAM.....	109
Tabla 12. Extracto de la evaluación de criticidad de modos de falla de compresores primarios usando matriz <i>RAM</i>	110
Tabla 13. Extracto de formato FMECA Compresores primarios.	112
Tabla 14. Extracto actividades de mantenimiento Compresores primarios y análisis de costos	117
Tabla 15. Estructura Matriz de relación modos de falla - actividades de mantenimiento.	118
Tabla 16. Resultados análisis de viabilidad equipos prioritarios	119

Tabla 17. Lista de materiales parcial del manual del SC2253	122
Tabla 18. Panorama general de revisión de <i>APL</i>	123
Tabla 19. Vista de lista de materiales actualizada SC2253 en <i>SAP</i>	127

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Ecopetrol S.A. en la actualidad y la Refinería de Barrancabermeja

Anexo B. Estado del arte y fundamentos teóricos del mantenimiento

Anexo C. Subprocesos de la Gestión de activos de Ecopetrol S.A.

Anexo D. Información de criticidad RPN y ASP de los equipos críticos

Anexo E. TMEF por sección del proceso de las unidades Polietileno I y II

Anexo F. Niveles de investigación del proceso de Eliminación de defectos

Anexo G. Lista de partes objeto y ETBF de los equipos críticos

Anexo H. Matriz de criticidad RAM de modos de falla de los equipos críticos

Anexo I. Formatos FMECA para los equipos rotativos críticos de la planta de polietileno

Anexo J. Estrategias de mantenimiento actualizadas para los equipos rotativos críticos de la planta de polietileno

Anexo K. Estrategias de mantenimiento y listas de materiales implementadas en SAP

Anexo L. Formato de informe de identificación de material no requerido para operar del equipo SC2253

Anexo M. Informe de práctica de mantenimiento entregado a la coordinación de equipo rotativo

Anexo N. Información técnica compresor hyper SC2253

RESUMEN

TÍTULO:

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LOS ACTIVOS CRÍTICOS DE LA ESPECIALIDAD DE EQUIPO ROTATIVO, PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO DE LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A.*

AUTORES:

ANDRÉS LEONARDO LUNA ROJAS
PABLO SANTIAGO BOADA SUPELANO**

PALABRAS CLAVE:

Mantenimiento Ecopetrol, Mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM, FMECA, Equipo rotativo.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo principal de este proyecto es la mejora de la disponibilidad operacional de la planta de polietileno del departamento de petroquímica de la Gerencia Refinería Barrancabermeja Ecopetrol S.A. por medio de la identificación de los equipos rotativos más impactantes al indicador y la actualización de su estrategia de mantenimiento centrada en confiabilidad. Este proyecto de grado se desarrolló en cuatro fases principales:

Inicialmente se realiza una recopilación de la información relacionada con metodologías de gestión de activos y mantenimiento dentro de la GRB.

En la segunda fase, se procede a diagnosticar el estado de los indicadores de desempeño más importantes de las plantas de polietileno, también se estudian las causas que más impactan en el decremento de la disponibilidad. Por medio de diferentes metodologías de criticidad tales como RPN, ASP, Pareto se determina que los equipos más críticos son los compresores recíprocos de etileno y los reactores de polimerización autoclave.

La tercera fase consiste se aplicar la metodología RCM para actualizar la estrategia de mantenimiento de los equipos rotativos críticos mediante la construcción de un formato FMECA y un análisis de costos que garantiza la viabilidad las actividades de mantenimiento.

La última fase consta del aseguramiento de la estrategia generada en la fase anterior, por medio de una revisión y actualización de las listas de repuestos de los equipos críticos almacenadas en las diferentes bases de datos, construcción de una herramienta que facilita la gestión de materiales y la implementación de la misma estrategia en el sistema de gestión del mantenimiento.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes

SUMMARY

TITLE:

APPLICATION OF RCM METHODOLOGY ON THE CRITICAL ASSETS OF THE ROTATING EQUIPMENT SPECIALITY, FOR THE INCREASE OF THE OPERATIONAL AVAILABILITY OF THE POLYETHYLENE PLANTS OF REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A.*

AUTHORS:

ANDRÉS LEONARDO LUNA ROJAS
PABLO SANTIAGO BOADA SUPELANO**

KEYWORDS:

Maintenance Ecopetrol, Reliability centered maintenance, RCM, FMECA, Rotating Equipment.

DESCRIPTION:

The main goal of this degree work is the improvement of the operational availability of the polyethylene plants of the petrochemical department of Gerencia Refinería Barrancabermeja Ecopetrol S.A. by identifying the most impacting equipment to the indicator and the updating of the reliability centered maintenance strategies. This project was developed in four stages:

Initially, the information related to the asset management and maintenance in the GRB is gathered.

In the second stage, a diagnosis of the current state of the most important performance indicators of the polyethylene plants is made. Also, the failure causes that are more relevant in the decrease of the availability are studied. The reciprocating compressors and the polyethylene reactors are determined as critical equipment, by applying different criticality methodologies, like RPN, ASP, and Pareto diagrams.

The third stage consist in applying the RCM methodology to update the maintenance strategies of the critical equipment by the construction of a FMECA and a cost-benefit analysis to guarantee the viability of the maintenance activities proposed.

The last stage to ensure the constructed strategies in the previous stage by a revisión and update of the spare parts of the critical equipment stored in the different databases, the construction of a software tool to ease the materials management and the implementation of the same strategy in the maintenance management system.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Head Teacher: Isnardo González Jaimes

INTRODUCCIÓN

Es un hecho que las grandes industrias nacionales dependen en gran medida de su capacidad de adaptación para sobrevivir en un ambiente comercial competitivo, exigente y cambiante. La industria petrolera es uno de los principales motores económicos del país, y los retos que deben superar aumentan con el paso del tiempo. Para Ecopetrol S.A, el desarrollo de sus actividades productivas viene necesariamente acompañado por un robusto sistema de planeación y gestión integral, buscando facilitar la evolución de los procesos internos con enfoque a las metas que nacen de los constantes requerimientos y expectativas de desarrollo económico, calidad en los productos, seguridad industrial y reducción del impacto ambiental.

Se reconoce a la llamada gestión de activos como la disciplina que permite controlar el buen estado de los activos de la compañía, que es uno de los factores fundamentales que determinan el éxito de las operaciones productivas. Por esta razón el desarrollo, implementación y actualización constante de un modelo de gestión de activos es una de las labores administrativas principales para Ecopetrol S.A. Dentro de este modelo se contempla la gestión del mantenimiento, cuyo propósito general es la inspección, reparación, reemplazo, puesta en servicio y mejoramiento del desempeño de los equipos de producción.

La filosofía de mantenimiento *RCM (Reliability Centered Maintenance: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)* dirige el diseño de los procesos y protocolos de mantenimiento empleados por Ecopetrol S.A para establecer las actividades de mantenimiento óptimas para cada equipo, basándose en metodologías técnico-económicas estandarizadas. Se destacan por su gran utilidad El análisis de criticidad mediante *RAM (Matriz de evaluación de Riesgos)* y el *FMECA (Análisis de modos, efectos y criticidad de falla)*, permitiendo jerarquizar los equipos en base a criterios y facilitando la identificación de sus modos de falla

fundamentales, junto a los factores de riesgo que deben atacarse para minimizar la probabilidad de falla.

Actualmente, la gerencia de la refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A, tiene establecido un plan de mejora para las plantas de Polietileno fundamentado en la gran oportunidad económica que ofrece la comercialización de *pellets* de Polietileno de alta calidad, cuyo precio de venta y margen de ganancias es el mayor entre los productos de la refinería, y los recientes cambios en el contexto operativo de las plantas que han llevado a encontrar un decremento continuo su disponibilidad operacional.

Este proyecto de grado se realiza dentro del marco del Plan de Mejora Polietileno a 2020, con la necesidad de realizar un diagnóstico profundo a los equipos de las plantas de Polietileno I y II para determinar los equipos críticos de mayor impacto en la disponibilidad operacional y con basándose en los resultados, actualizar la estrategia de mantenimiento actual para comenzar el proceso de recuperación de la disponibilidad operacional.

1. ECOPETROL, LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA Y LAS PLANTAS DE POLIETILENO I Y II

Para conservar la brevedad de este documento, la información acerca de las generalidades de Ecopetrol S.A como compañía petrolera, y el papel de la Refinería de Barrancabermeja en el cumplimiento de su misión se detallan en el Anexo A.

1.1 LAS PLANTAS DE POLIETILENO I Y II Y EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Las plantas Polietileno I y II de la Refinería de Barrancabermeja (Figura 1) son las encargadas de producir polietileno de baja densidad (*LDPE*), la cual es una de las actividades más rentables para la Gerencia de la Refinería de Barrancabermeja (GRB). Actualmente se producen 5 calidades diferentes de *pellets LDPE* para su venta en el mercado nacional.: Prime, Prime por seguridad, FE, XX (*scrap* limpio) y XXX (*scrap* sucio).

Figura 1. Vista aérea plantas de Polietileno I y II



Fuente: Ecopetrol S.A. Producción de polietileno – Refinería de Barrancabermeja (Diapositivas). Barrancabermeja, 2016

Estas dos plantas operan como unidades mellizas donde la principal diferencia es la capacidad de carga y producción: Polietileno I produce alrededor de 6000 lb/h de *LDPE* mientras que Polietileno II produce alrededor de 12000 lb/h; en condiciones ideales de funcionamiento la producción combinada puede ser de 196 ton/día.

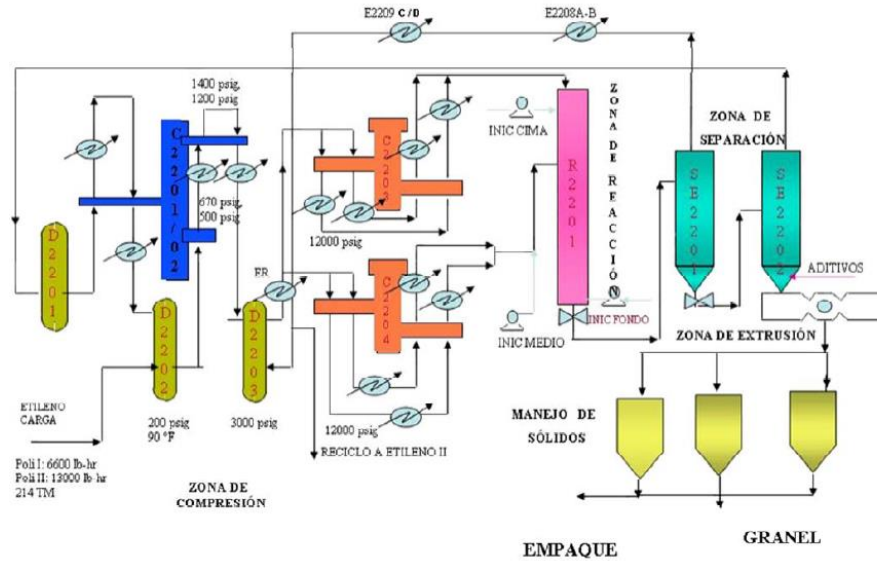
El proceso de producción está basado en la conversión de etileno gaseoso, proveniente de la planta Etileno II, en resina de polietileno mediante el proceso I.C.I. (producción de polietileno a alta presión) en una cadena de 5 etapas (Figura 2).

Figura 2. Proceso de producción del polietileno



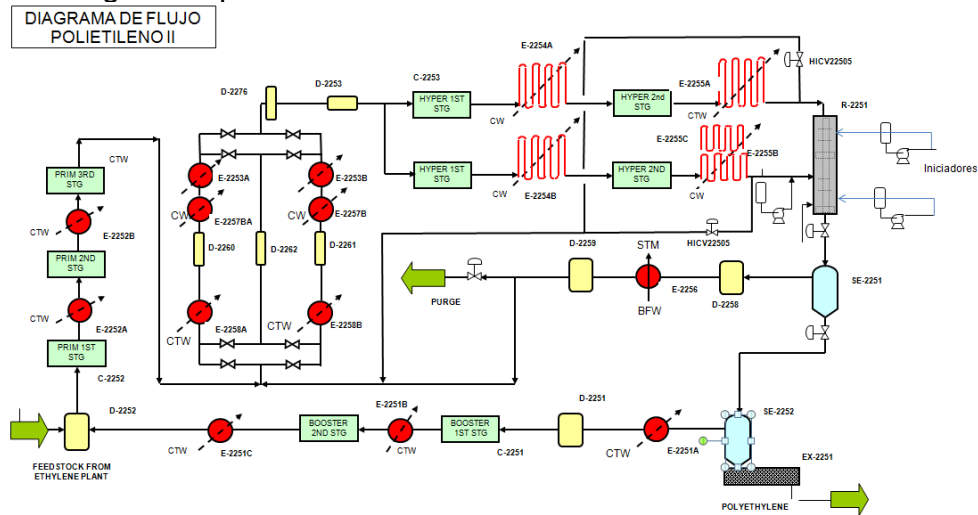
La Figura 3 y la Figura 4 muestran el proceso más detallado de la producción del polietileno en cada unidad. Se identifican, entre los equipos principales que intervienen en la conversión, compresores reciprocantes, tambores, enfriadores, reactores, bombas, separadores, extrusores, entre otros.

Figura 3. Diagrama operativo Polietileno I



Fuente: ECOPETROL S.A. Manual de Descripción del Proceso de la Unidad: GRB – Unidad Polietileno I. Barrancabermeja. Grupo de Excelencia Operacional, 2009.

Figura 4. Diagrama operativo Polietileno II



Fuente: ECOPETROL S.A. Manual de Descripción del Proceso de la Unidad: GRB – Unidad Polietileno II. Barrancabermeja. Grupo de Excelencia Operacional, 2009.

A continuación, se describen cada una de las etapas del proceso de conversión y los equipos que intervienen en ella.

1.1.1 Compresión: El etileno gaseoso es cargado por medio de un conjunto de compresores recíprocos ubicados en serie, capaces de comprimir el gas desde 200 psi hasta 18000 psi, presión necesaria para lograr la polimerización del etileno. El proceso de compresión se realiza en dos secciones principales: una de baja y una de alta compresión.

El objetivo de la sección de compresión baja es comprimir el etileno fresco de carga proveniente de la unidad Etileno II y el etileno proveniente del separador de baja presión (que antes pasó por las dos etapas reforzadoras del compresor primario para elevar la presión desde 7 psi hasta 200 psi) desde 200 psi hasta 3000 psi, la corriente mezclada se comprime por medio del compresor recíproco primario (Figura 5) en tres etapas. Entre cada etapa de la compresión las corrientes circulan por enfriadores de coraza y tubos (Figura 6) para disminuir la temperatura del etileno y facilitar su compresión.

Figura 5. Compresor recíproco (primario) Polietileno II



Justo después de la compresión primaria (baja presión) la corriente de etileno se mezcla con la corriente de reciclo proveniente del separador de alta presión para ser dirigidas hacia un tren de pre-enfriadores con el fin de limpiar y enfriar la corriente.

Figura 6. Intercambiadores de calor inter-etapas (compresión baja)



El objetivo de la sección de compresión alta es comprimir el etileno proveniente de los pre-enfriadores justo después de la sección de compresión primaria. La presión en la compresión secundaria (alta presión) se eleva desde 3000 psi hasta 18000 psi. En el caso de Polietileno I esta sección tiene dos compresores recíprocos *Hyper* con dos etapas (un compresor descarga a cima y otro a medio), mientras que en Polietileno II solo posee un compresor *Hyper* (Figura 7) que descarga las dos corrientes a cima y a medio. En las inter-etapas de la compresión alta el etileno se hace pasar por intercambiadores de doble tubo para enfriarse.

Figura 7. Compresor recíprocante *Hyper* (secundario) Polietileno II



Los diferentes intercambiadores del proceso de compresión utilizan agua refrigerada de la *ARU* (Figura 8) o agua industrial de servicio de la refinería según la capacidad necesaria de enfriamiento.

Figura 8. Unidad de refrigeración por absorción *ARU*



1.1.2 Reacción: La conversión del etileno sucede en el reactor autoclave de la Figura 9, que posee un agitador de forma que la reacción y el mezclado ocurran de manera uniforme. Utilizando un agente acelerador y por medio del control de las variables de presión y temperatura, se logra convertir el 14% del gas cargado a resina de polietileno, esta es una reacción exotérmica que sucede es tres fases: iniciación, propagación y terminación.

Figura 9. Reactor de polimerización autoclave



Para que ocurra la reacción de polimerización en las corrientes de etileno provenientes de la compresión secundaria se deben inyectar unas sustancias iniciadoras en el reactor de forma controlada en la cima, medio y fondo de este. Las sustancias iniciadoras son el terbutil perpivalato (pivalato) y el terbutil peracetato (TPA) y estas son inyectadas por medio de un actuador controlado por un sistema hidráulico movido por una bomba de pistones (Figura 10).

Figura 10. Bomba de inyección de iniciadores Polietileno II



1.1.3 Separación: Después de la reacción, es necesario separar el gas de la resina, de modo que el gas se pueda recircular en el proceso y la resina se pasa al proceso de extrusión. Este proceso consta de dos vasijas que por medio de diferencia de densidades separan las dos corrientes, por la cima fluye el gas etileno y por el fondo la resina líquida de polietileno (Figura 11).

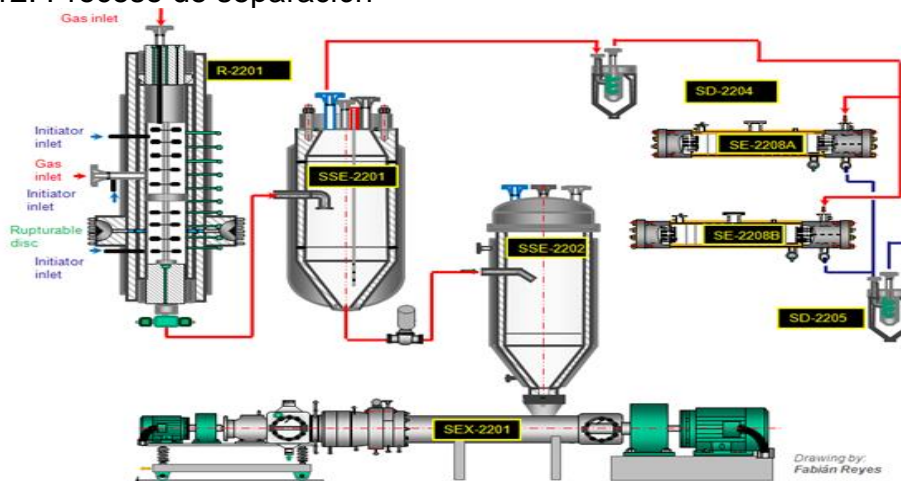
Figura 11. Separador de baja presión y de alta presión



El efluente del reactor compuesto de polietileno fundido y de remanente de etileno gaseoso que no reaccionó se hacen pasar por una válvula que reduce la presión hasta 3000 psi, y luego llega al separador de alta presión, donde se separa la mayor parte del etileno. Por la cima del separador se obtiene etileno gaseoso de reciclo de alta presión y por el fondo se obtiene polietileno fundido. Esta corriente de etileno se lleva a unos tambores que en donde se depositan polímeros de bajo peso molecular arrastrados y luego va a un enfriador para luego dividirse en dos: una parte se envía a Etileno II y otra se recircula hacia el tren de pre-enfriadores que se encuentra a 3000 psi.

El separador de baja presión retira del polietileno fundido, proveniente del separador de alta presión, la cantidad de etileno remanente aún contenida. Por la cima del separador se obtiene etileno gaseoso de reciclo de baja presión y por el fondo se obtiene un polietileno fundido más estable que en el separador de alta presión. La corriente de etileno se lleva a los cilindros reforzadores del compresor primario. Al polietileno fundido se le inyectan aditivos que definen las propiedades finales de los *pellets* por medio de unas bombas de cavidad progresiva y luego se lleva al extrusor (ver Figura 12).

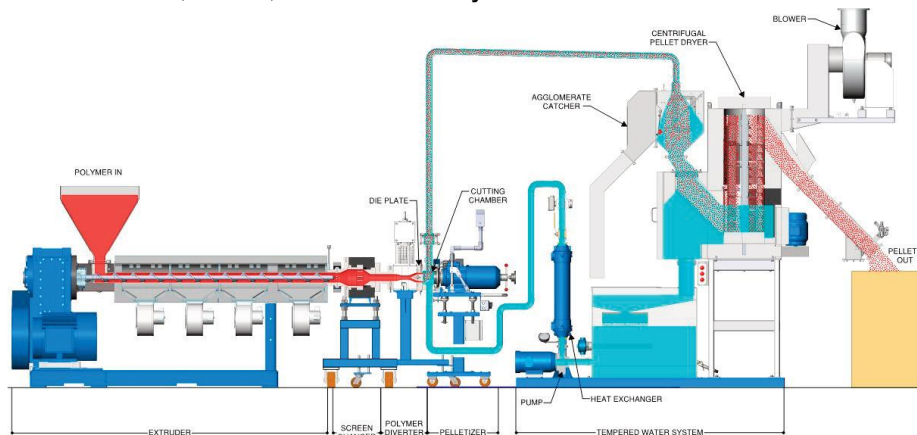
Figura 12. Proceso de separación



Fuente: Ecopetrol S.A. Producción de polietileno – Refinería de Barrancabermeja (Diapositivas). Barrancabermeja, 2016

1.1.4 Extrusión: La resina líquida es tomada por un extrusor de tipo usillo. En este proceso se le da forma a la resina mezclada con los aditivos, se enfría y se clasifica para ser entregada al área de almacenamiento (Figura 13).

Figura 13. Extrusión, corte, enfriamiento y secado



Fuente: GALA INDUSTRIES INC. Gala pelletizers & pelletizing systems [Catálogo]. EEUU, 2016

La mezcla de polietileno fundido y aditivos proveniente del separador de baja presión llega al extrusor de tornillo (Figura 14) donde se hace pasar a través de la platina perforada. El polietileno sale de esta en forma de cuerdas largas y delgadas de sección circular para luego entrar a la cámara de granulación.

Figura 14. Extrusor cortador Polietileno II



El material fundido proveniente de la platina perforada del extrusor ingresa a la cámara de granulación en donde el cortador le da el tamaño y forma final (*pellets*) al polietileno. Esta cámara recibe por la parte inferior una corriente de agua que enfría los *pellets*, los solidifica y los transporta hasta el secador. Esta corriente se encuentra en constante recirculación.

En el secador de la Figura 15 los *pellets* se tamizan y se separan en dos corrientes. La primera corriente de agua y polietileno sólido fino atraviesa la malla y continúa por gravedad para someterse a un proceso de separación de finos por medio de una caja que remueve la pelusa flotante y esta luego se envía a un colector de granulado y pelusa, mientras el agua se recircula a la cámara de granulación.

Figura 15. Secador Polietileno II



La segunda corriente de polietileno sólido grueso retenido por la malla se dirige a una cámara de secado centrífugo que retira la humedad al polietileno, el aire saturado se envía a la atmósfera por medio de un extractor conectado en la cámara de secado. Los *pellets* caen por gravedad en el clasificador (Figura 16), que posee dos mallas y tamiza los gránulos de polietileno, clasificándose por tamaño.

Figura 16. Clasificador Polietileno I



El material grueso tamizado en la primera malla se mezcla con el material más fino que atraviesa la segunda malla en el acumulador de finos y aglomerados. Solo el material que se retiene entre la malla superior e inferior cumple con el tamaño requerido y es enviado a las tolvas primarias.

1.1.5 Almacenamiento: El proceso de almacenamiento de los pellets se realiza a través de los sistemas de transferencia. Por medio de un sistema de ductos, los pellets son transportado con aire hacia las tolvas de almacenamiento, donde permanecerá hasta su posterior venta a granel o empaque, en esta fase se realiza pruebas de calidad final a la resina, para determinar si cumple todos los parámetros calidad en ficha técnica.

Primero se transfieren los *pellets* de polietileno desde el alimentador que se encuentra después del clasificador hasta las tolvas horarias (Figura 17) mediante aire suministrado por sopladores (Figura 18). Estas tolvas tienen una capacidad para 14000 libras y en ellas se alterna su operación cada hora.

Figura 17. Tolvas horarias Polietileno I



Figura 18. Soplador (compresor de lóbulos) Polietileno II



Luego se transporta el polietileno desde las tolvas horarias hasta las tolvas de mezcla (si cumple el requisito de calidad), cada una puede recibir hasta 180000 libras. Una vez ya se completó el envío de producto desde las tolvas horarias, los *pellets* se recirculan en las tolvas de mezcla durante tres horas para homogeneizar totalmente el producto. Si los *pellets* se encuentran fuera de especificaciones se envían a otras tolvas.

Desde las tolvas de mezclado se transporta el producto hacia la recirculación, las tolvas de almacenamiento, las tolvas de empaque y la tolva de despacho a granel (Figura 19). Este envío se realiza una vez se obtiene el visto bueno del laboratorio que ha analizado el producto de las tolvas de mezclado.

Figura 19. Tolvas de almacenamiento y de despacho a granel



Las diferentes tolvas están conectadas a colectores de polvos (Figura 20) que retiran los finos arrastrados por la corriente para evitar que se descarguen a la atmósfera. Las válvulas divergentes y los alimentadores (Figura 21) direccionan el producto a las diferentes tolvas del sistema de transferencia. En Polietileno II las tolvas horarias, mezcladoras y de almacenamiento tienen instalados detectores de gas (etileno) anunciados por el DCS (*Distributed Control System*).

Figura 20. Colector de polvo (pelusa) Polietileno II



Figura 21. Válvula rotativa (alimentadora)



2. EL PROBLEMA EN LAS PLANTAS DE POLIETILENO I Y II

2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Una revisión y análisis de las tendencias de los indicadores de tasa de falla y disponibilidad operacional de las plantas de Polietileno I y II de la Refinería de Barrancabermeja desde el año 2010 (Figura 22) reflejan un claro aumento en los tiempos de improductividad representado por una disminución de hasta el 20% en la disponibilidad de las unidades de polietileno en condiciones normales (durante el año 2013 Polietileno I estuvo casi fuera de funcionamiento debido a la baja carga de gas Etileno). Se entiende la disponibilidad como la relación:

$$Do = \frac{MUT}{MUT + MTTR}$$

Donde *MUT* es el tiempo promedio en operación y *MTTR* es el tiempo promedio para reparar (paradas no programadas). Por lo que su disminución se debe principalmente a las fallas que ocasionan paradas y afectan negativamente el beneficio económico de las actividades.

El registro técnico histórico de los indicadores de desempeño muestra una clara influencia de las fallas de los bienes dentro de la especialidad de equipo rotativo en el declive del desempeño general de las plantas (Figura 23 y Figura 24). Este comportamiento pone en evidencia que, con el tiempo, cambian las condiciones de trabajo y modos de falla de los equipos por lo que las estrategias de mantenimiento pierden efectividad hasta quedar obsoletas.

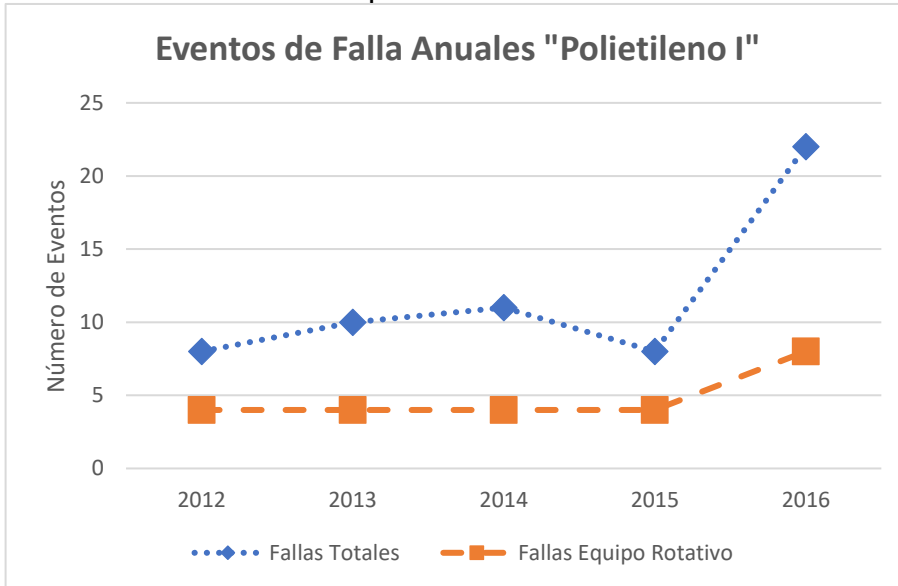
Figura 22. Disponibilidad operacional de las plantas de Polietileno I y II



*Durante el año 2013 la planta de Polietileno I estuvo trabajando a mínima capacidad debido a la reducida carga de gas Etileno ofrecida.

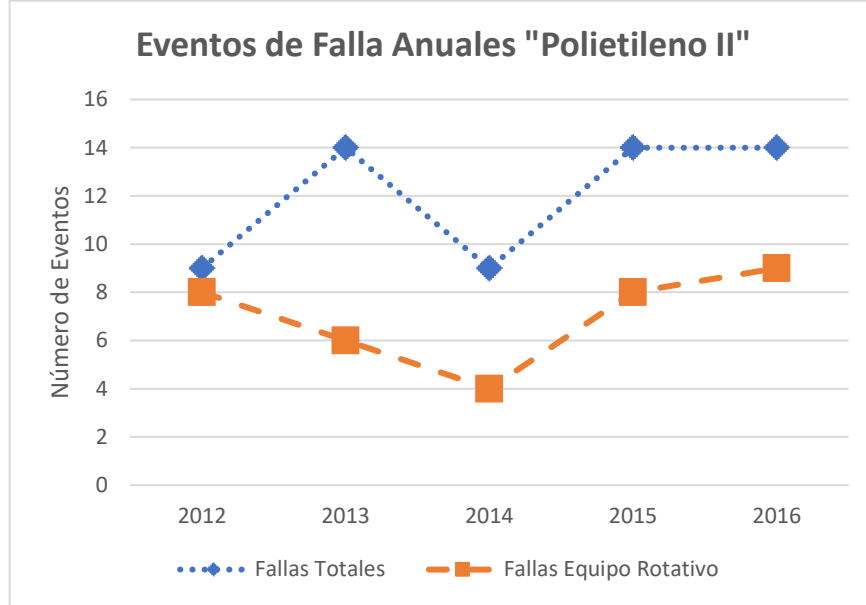
*Información construida a partir de reportes de indicadores en *RIS (Refinery Information System)*

Figura 23. Eventos de falla de las plantas de Polietileno I



*Información construida a partir de los eventos de falla en *Sharepoint*.

Figura 24. Eventos de falla de las plantas de Polietileno II



*Información construida a partir de los eventos de falla en *Sharepoint*.

Por esta razón se hace necesaria una intervención a los equipos calificados como activos prioritarios dentro de la especialidad de equipo rotativo, generando acciones concretas para solucionar las diferentes fallas funcionales y mejorar los indicadores críticos; mediante verificación y actualización de las estrategias y acciones previamente implementadas y generación de los documentos pertinentes de la nueva estrategia.

Un análisis detallado de la información histórica correspondiente a los años 2009-2016 de los activos del equipo rotativo mediante un diagrama de Pareto (Figura 26 y Figura 26) revela que los equipos de mayor influencia en el deterioro de la disponibilidad operacional son los siguientes:

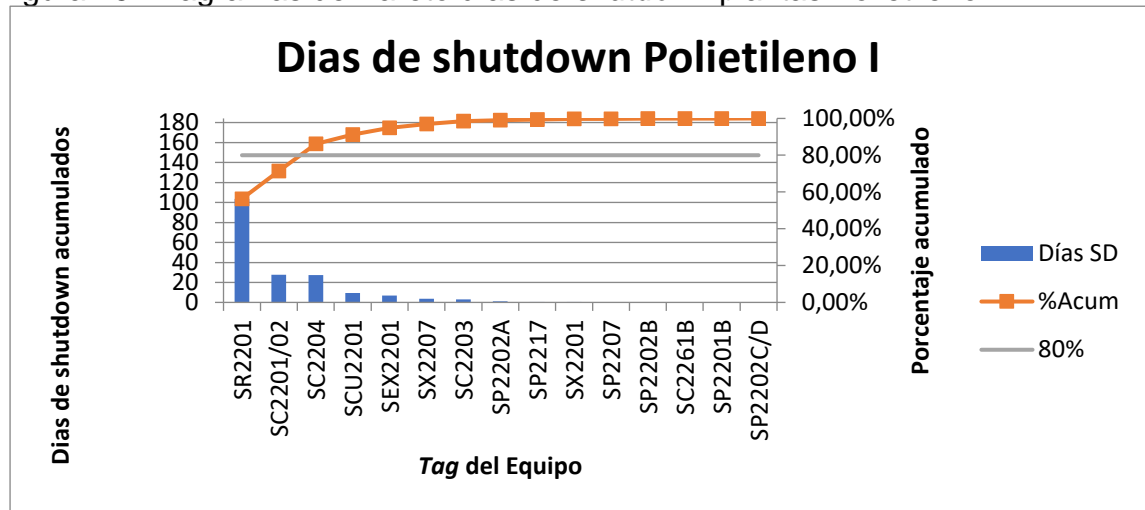
Planta de Polietileno I:

- SR2201 Reactor de polimerización autoclave.
- SC2201/02: Compresor recíprocante primario y reciclo (compresión baja).
- SC2204: Compresor recíprocante *Hyper* (compresión alta).

Planta de polietileno II:

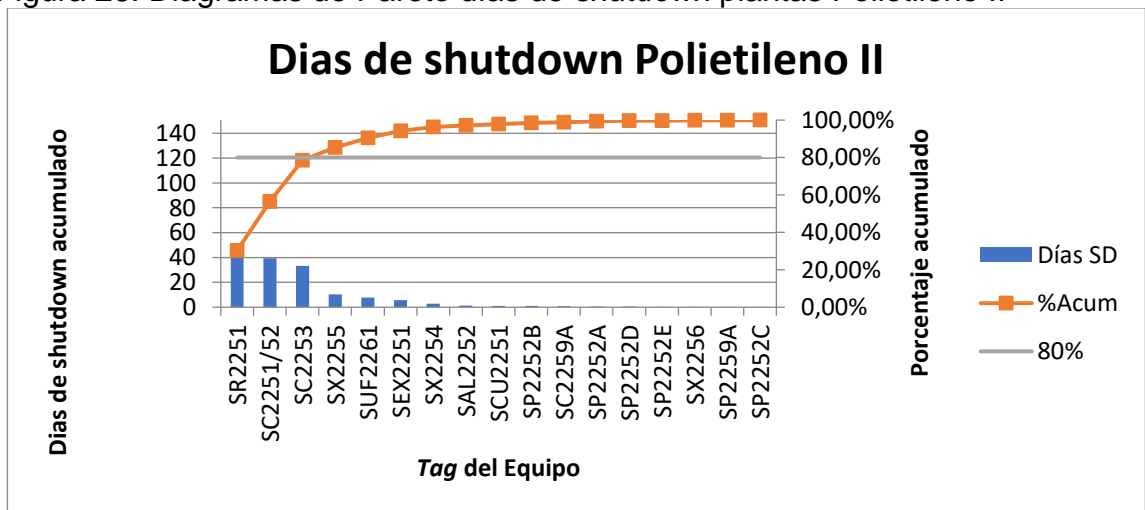
- SR2251: Reactor de polimerización autoclave.
- SC2251/52: Compresor recíprocante primario y reciclo (compresión baja).
- SC2253: Compresor recíprocante *Hyper* (compresión alta).

Figura 25. Diagramas de Pareto días de *shutdown* plantas Polietileno I



*Información contruida a partir de los reportes de *shutdown* en RIS.

Figura 26. Diagramas de Pareto días de *shutdown* plantas Polietileno II



*Información contruida a partir de los reportes de *shutdown* en RIS.

De esta manera es posible definir los alcances de una intervención localizada que permita mejorar la disponibilidad operacional de las plantas, y se acople con las estrategias de mejoramiento que se desarrollan en la compañía.

Ecopetrol S.A. requiere que sus procesos industriales sean los óptimos y eficientes para poder garantizar competitividad en la industria mundial petrolera, esta es una de las razones de ser de la Gerencia Técnica en la GRB, en la que se organizan grupos de ingenieros por especialidades que velan por el correcto funcionamiento y optimización de los activos de la refinería. Esta gerencia en trabajo con junto con los demás departamentos generan las estrategias de mejoramiento y optimización que se deben revisar, modificar y ejecutar, incluidas las relacionadas con Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (*RCM*), en base a los diferentes indicadores de desempeño.

El análisis de confiabilidad es una metodología muy importante para la Refinería de Barrancabermeja en todas sus plantas pues al aplicar correctamente las herramientas del *RCM* se ha conseguido disminuir la tasa de falla de los diferentes equipos y los *shutdown* de las unidades, mantener una operación continua donde se aumenta la calidad del producto y mejorar los márgenes de utilidad, incrementando las ganancias de la empresa.

2.2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

2.2.1 Estrategia de gestión de activos de la GRB a 2020: En respuesta al desmejoramiento observado en los procesos de la refinería que incluyen la problemática anteriormente mencionada, la GRB planteó la actual estrategia de gestión de activos. El objetivo es: “Lograr la implementación del proceso único y sostenible de gestión de activos industriales, que garantice convertir la GRB en un referente internacional”. Las principales metas de la estrategia son:

- 0 eventos de seguridad industrial.
- Alcanzar el 97% de disponibilidad operacional de la refinería.
- Mejorar el índice total de mantenimiento para estar dentro del 1 Quartil de Norte y Sur América.

La estrategia está basada en 4 focos fundamentales:

2.2.1.1 Excelencia operacional: Plantea el mejoramiento de la productividad y el aseguramiento del mantenimiento a través de la disciplina operativa, integrando una filosofía de operadores competentes y una correcta ejecución de las rondas y el BEC. También incluye la adecuada implementación y ejecución de la estrategia de lubricación de la GRB.

2.2.1.2 Gestión integral por procesos: Busca asegurar la sostenibilidad del proceso de gestión de activos mediante su implementación en SAP. Incluye la optimización del almacenamiento de los materiales (bodega).

2.2.1.3 Optimización del activo: Propone maximizar el valor que aportan los activos dentro de los procesos industriales. Incluye la optimización de las estrategias de mantenimiento, el desarrollo del plan de calidad estandarizado con énfasis en la definición del alcance, planeación y ejecución. También se busca asegurar la efectividad de los procesos de eliminación de defectos.

2.2.1.4 Gestión de riesgos: Con el propósito de minimizar la probabilidad de eventos de seguridad industrial, se busca plantear alianzas estratégicas para la ejecución óptima del mantenimiento y estructurar proyectos de reposición de activos. Incluye el desarrollo de actividades de gestión en infraestructuras (para repuestos y herramientas).

2.2.2 Plan de mejora Polietileno a 2020: Dentro del marco de la estrategia de gestión de activos de la GRB se encuentra el plan de mejora de Polietileno, que busca contribuir a las metas generales planteadas anteriormente mediante una estrategia localizada y acciones concretas en los procesos de gestión de activos desarrollados en las plantas de Polietileno I y II. Las metas propuestas incluyen:

- 0 eventos de seguridad industrial
- Disponibilidad operacional del 92.05% en Polietileno I
- Disponibilidad operacional del 92.09% en Polietileno II

2.2.2.1 Estrategia aplicada a las plantas Polietileno I y II: Se establecen 4 directrices fundamentales para la aplicación de la estrategia de gestión de activos en Polietileno:

- Aseguramiento de la estrategia de confiabilidad de cada equipo a un costo óptimo.
- Mejora de la disponibilidad operacional a través de la gestión con visión sistémica de las unidades.
- Apalancar la disponibilidad operacional por medio de la mejora tecnológica de sistema.
- Promover el aprendizaje organizacional apalancado en procedimientos, cumpliendo con el ciclo de disciplina operativa y conocimiento con vista sistémica.

2.2.2.2 Promesas de valor para el periodo 2017-2020: Se definen las siguientes promesas de valor como metas a cumplir dentro de las plantas, a fin de garantizar la calidad de todos los recursos y procesos desarrollados:

Respecto a las personas:

- Cerrar la brecha de competencias entre mantenedores, operadores e ingenieros.

Respecto a los activos:

- Cumplir la meta de producción de 57000 toneladas por año apalancado en la disponibilidad operacional de polietileno.
- Gestionar la reposición de bombas iniciadoras de medio y fondo.
- Cumplir la estrategia de confiabilidad y mantenimiento en tiempos y costos.

Respecto a la cultura:

- Ejecutar el plan de recomendaciones para eliminar defectos identificados.
- Gestión de activos a través de la toma de decisiones basadas en el análisis de riesgos.
- Ejecutar intervenciones por medio de procedimientos de acuerdo con un modelo de disciplina operativa.

Respecto a los métodos:

- Actualizar la estrategia de confiabilidad y mantenimiento específica, activo por activo, en SAP.
- Mejora de la confiabilidad por anticipación a fallas.

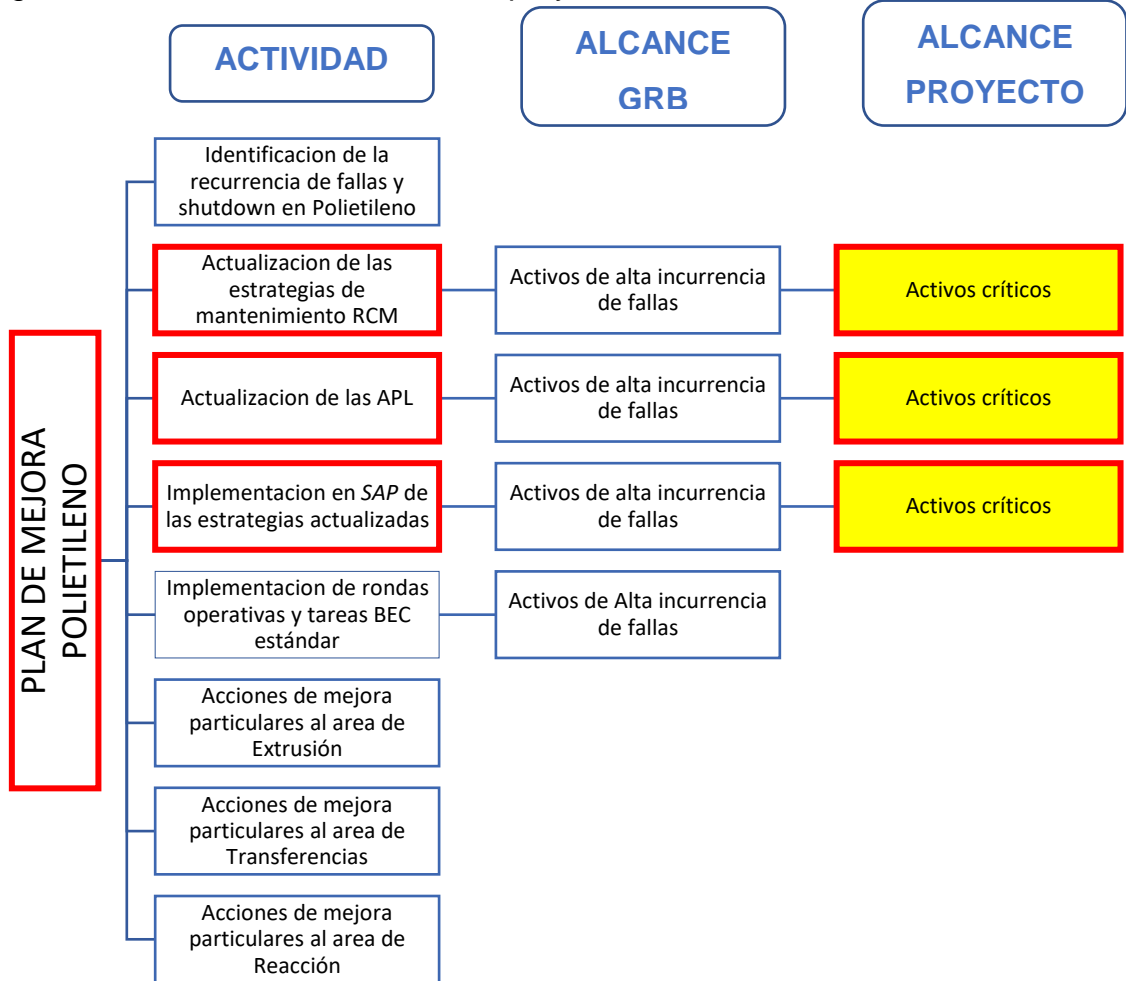
2.2.2.3 *Acciones de optimización:* Basándose en las directrices generales, y de acuerdo con un análisis de la información histórica del desempeño de todos los activos que intervienen en la cadena de valor de las plantas de Polietileno, se proponen las siguientes acciones de optimización:

- Identificación de recurrencia de fallas y *shutdown* en Polietileno.
- Actualización de las estrategias de mantenimiento en equipos con alta recurrencia de fallas (*RCM* y *APL*).
- Implementación en SAP de las estrategias actualizadas.
- Implementar rondas operativas y tareas BEC estándares de acuerdo con cada estrategia.
- Acciones de mejora particulares necesarias identificadas en las áreas de extrusión, transferencias, y reacción.

2.3 DEFINICIÓN DEL ALCANCE

Con el fin de incluir el desarrollo de este proyecto de grado dentro del marco del Plan de mejora de Polietileno, y considerando el gran volumen de trabajo y recursos necesarios para el cumplimiento de las metas postuladas, se plantea la aplicación de las principales actividades de optimización para un grupo crítico de equipos (Figura 27). De esta manera se revisan, corrigen y actualizan las metodologías de mantenimiento y manejo de la información, siguiendo con los propósitos de la GRB.

Figura 27. Definición del alcance del proyecto



2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Implementar *RCM* para mejorar la confiabilidad de los equipos en las plantas productoras de polietileno trae consigo diversas ventajas, entre las que se encuentran:

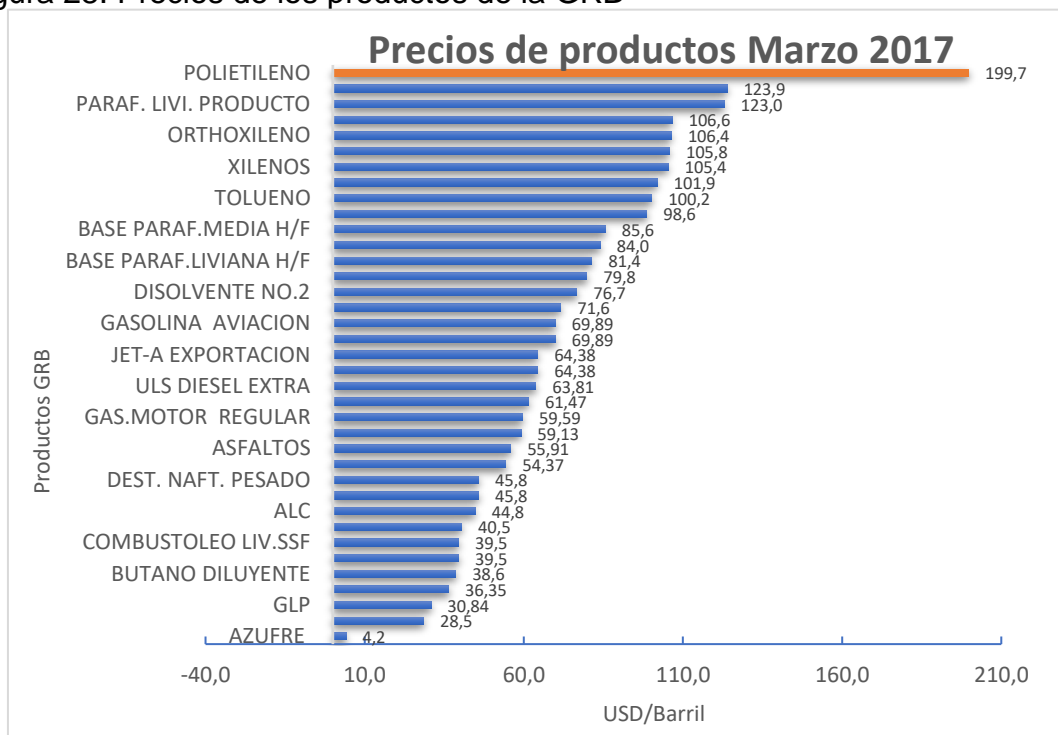
- Incremento de la seguridad y la integridad ambiental.
- Optimizar la operación en factores como la cantidad y la calidad.
- La relación costo-eficacia se incrementa.
- Los componentes costosos aumentan su vida útil.

- Se genera y mantiene una base de datos global.

Las anteriores ventajas traen consigo la posibilidad de mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad de la empresa; ya que, si las unidades trabajan de manera confiable y continua, se incrementa la competitividad y se mejoran los márgenes de sus productos. La rentabilidad y la confiabilidad del proceso son de suma importancia en las unidades de polietileno por las siguientes razones:

- La producción de polietileno es una actividad especialmente rentable para la GRB debido al alto precio de venta de los *pellets* de calidad *prime*, el cual es evidentemente mayor que el de los demás productos de la refinería (Figura 28). Aumentar y mantener la producción de polietileno repercutirá positivamente en los ingresos y sostenibilidad de la GRB.

Figura 28. Precios de los productos de la GRB



*Información construida a partir de los P&G de Economía y Gestión.

- El funcionamiento de cada unidad productora de polietileno es en serie, es decir, que el 100% de las fallas de los diferentes equipos generan un *shutdown* de la unidad. Por tanto, se hace menester garantizar la confiabilidad y el funcionamiento continuo de cada uno de sus equipos para poder explotar todo el potencial de la planta.

2.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.5.1 Objetivo general: Establecer la estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad, para los activos críticos de la especialidad de equipo rotativo, que permita incrementar la disponibilidad operacional y reducir los días de *shutdown* en las plantas de Polietileno I y II de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A.

2.5.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual en la disponibilidad operacional de las plantas de polietileno I y II en base a la recurrencia de fallas de los activos de la especialidad de equipo rotativo y a los días de *shutdown* que estas fallas generan. Para ello se deberá:
 - Analizar los reportes de *shutdown* y los históricos de fallas por equipos para las plantas de Polietileno I y II.
 - Establecer los activos prioritarios en base a la información recolectada (*RPN* y *ASP*), aplicando un análisis Pareto.
 - Identificar el estado actual de los *RCA* e investigaciones de fallas y sus acciones pendientes para la eliminación de las causas raíces.
- Actualizar la estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad para las familias de equipos críticos de la especialidad de equipo rotativo de las plantas de Polietileno I y II, dicha estrategia incluye:

- Analizar las funciones por proceso de los equipos críticos y las fallas funcionales que generan indisponibilidad desde un enfoque de costos.
 - Identificar los modos de falla dominantes, sus efectos de falla y la criticidad de cada modo.
 - Establecer el plan de mantenimiento requerido y su viabilidad.
-
- Actualizar las *APL (Application Parts List)* para asegurar las acciones resultado de la estrategia *RCM* en las familias de equipos críticas en la especialidad de equipo rotativo de las plantas de Polietileno I y II.
 - Implementar la estrategia actualizada de los activos prioritarios rotativos en el sistema de información y gestión de activos *SAP ERP*.

3. MARCO TEÓRICO

Para conservar la brevedad de este documento, los antecedentes investigativos, referentes teóricos y la información básica de generalidades del mantenimiento se detallan en el Anexo B.

3.1 INDICADORES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Como se explica en el texto de Mora¹, los principales elementos del mantenimiento, la producción y el estado de las máquinas empleadas en un sistema se relacionan mediante normas generalmente aceptadas. El papel de los indicadores es dar una técnica fundamentada en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que permitan analizar y evaluar el mantenimiento.

3.1.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF): El MTBF corresponde al tiempo promedio en que, a determinadas condiciones de mantenimiento, se espera que el equipo o sistema trabaje sin problemas antes de entrar en falla.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total} - \textit{Tiempo fuera de operacion}}{\textit{Número de eventos de falla}}$$

El MTBF es uno de los indicadores básicos para evaluar el desempeño de las políticas de mantenimiento, y se emplea en el cálculo de otros indicadores.

¹MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Grupo Editor S.A. 2009. p 11-26., p. 58.

3.1.2 Tiempo medio para reparar (MTTR): El MTTR representa el tiempo neto medio empleado para realizar operaciones de mantenimiento, correctivos y preventivos. En general no incluye las demoras logísticas ni los retrasos administrativos, por lo que en operaciones donde estos factores no sean muy influyentes, el MTTR es aproximadamente igual al tiempo promedio que se gasta en intervenir un equipo en falla.

3.1.3 Disponibilidad: La disponibilidad emplea información de los equipos para describir de manera indirecta la relación existente entre mantenedores y productores. Los cálculos de disponibilidad varían ampliamente dependiendo de los factores que deseen considerarse como influyentes en el cumplimiento de las metas de producción asociadas a los tiempos empleados. Para efectos de este proyecto, se tomará la disponibilidad operativa como la relación:

$$Do = \frac{MUT}{MUT + MTTR}$$

Donde *MUT* es el tiempo promedio en operación y *MTTR* es el tiempo promedio para reparar (paradas no programadas).

3.1.4 Confiabilidad: Es la principal cifra que describe la relación entre la relación entre el área de producción y el equipo; es una medida del tiempo de vida útil. En general la confiabilidad se mide a partir del número y la duración de las fallas; si no hay fallas, el equipo es 100% confiable. La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo se desempeñe satisfactoriamente durante un periodo de tiempo determinado.

El cálculo de la confiabilidad se realiza determinando la probabilidad acumulada de que el equipo falle en el tiempo. Para ello es necesario definir una Función Densidad de Probabilidad, que defina la distribución de la probabilidad de falla (generalmente,

los fenómenos aleatorios de mantenimiento se estudian bajo una distribución de Weibull) y se asocia a la confiabilidad, de la siguiente manera:

$$\text{Confiabilidad} = R(t) = 1 - F(t)$$

$$F(t) = P(0 < t < t_1) = \int_0^{t_1} f(t) dt$$

Donde $F(t)$ es la Función Distribución Acumulada de Probabilidad y $f(t)$ es la Función Densidad de Probabilidad. Considerando una distribución de Weibull, estas funciones adquirirían el siguiente comportamiento:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta}$$

Donde los parámetros Beta β y Eta η definen las características de las curvas y permiten realizar diagnósticos útiles en relación a la vida útil de los equipos.

3.1.5 Mantenibilidad: La mantenibilidad permite describir la dinámica que se da entre mantenedores y equipos, y se cuantifica a partir de la cantidad y duración de las reparaciones (o mantenimientos planeados). Semejante a la confiabilidad, la mantenibilidad representa la probabilidad de que el equipo pueda recuperar su estado funcional (ser reparado) dentro de un tiempo definido, antes de un tiempo total. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}}$$

Donde la cantidad $1/\text{MTTR}$ representa la tasa de reparación (τ). El objetivo de estudiar la mantenibilidad es minimizar los tiempos de reparación e intervención, garantizando la restauración exitosa de los equipos.

3.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD²:

El análisis de criticidad es una metodología de jerarquización que permite mejorar la confiabilidad mediante la clasificación de los activos con el propósito de establecer prioridades para facilitar la toma de decisiones. La criticidad es una figura de mérito que surge del estudio de los riesgos y permite establecer una estructura para dirigir los esfuerzos y recursos de la gestión del mantenimiento.

Los procesos de jerarquización parten de la definición de criterios, y pueden hacer uso opiniones de especialistas, sistemas de ponderación, datos históricos y métodos estadísticos. Dependiendo de los recursos disponibles y las herramientas empleadas, pueden emplearse modelos cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos.

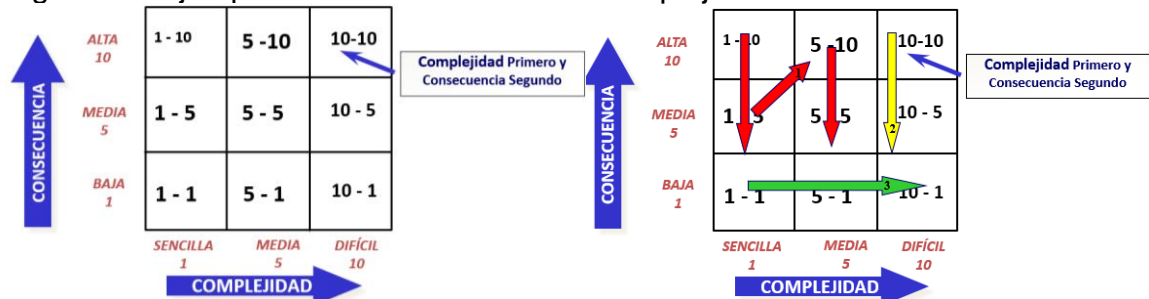
3.2.1 Modelos de jerarquización cualitativos: Consisten en métodos basados en opiniones de especialistas y criterios técnico-económicos para establecer una prioridad en sistemas de baja complejidad (pocos elementos). Dado a que suelen tener un gran grado de subjetividad, los modelos cualitativos suelen emplearse como una referencia cuando no se dispone de información histórica suficiente para emplear modelos estadísticos confiables.

La matriz consecuencia-complejidad es una técnica basada en la estratificación de criterios para asignar una prioridad. La Figura 29 muestra un ejemplo en el que se

²PERTUZ, Alberto. Criticidad UIS [diapositivas online]. Escuela de ingeniería mecánica UIS. Bucaramanga, 2017. (Recuperado en 24 de mayo de 2017). Disponible en <http://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=11675>.

valora la gravedad de las consecuencias de un evento en 3 categorías (Alta, media, baja) y la dificultad de encontrar una solución en otras 3 (Difícil-Media-Sencilla). Al caracterizar los eventos según las categorías y definir una prioridad entre criterios (Complejidad antes de consecuencia, por ejemplo), es posible definir jerarquías según la posición en la matriz.

Figura 29. Ejemplo Matriz Consecuencia-Complejidad



Fuente: PERTUZ, Alberto. Criticidad UIS [diapositivas online]. Escuela de ingeniería mecánica UIS. Bucaramanga, 2017. (Recuperado en 24 de mayo de 2017). Disponible en <http://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=11675>

3.2.2 Modelos de jerarquización semicuantitativos: Son modelos basados principalmente en opiniones de especialistas apoyados en la cuantificación aproximada de criterios técnicos y financieros con los cuales es posible medir el impacto global de los activos. Se caracterizan por ser efectivos en la caracterización de proceso independientemente de su complejidad.

Al definir los criterios de jerarquización con valores numéricos, es posible implementar un modelo semicuantitativo definiendo una tabla de valores ponderados y aplicando una fórmula para la criticidad. La Tabla 1 muestra un ejemplo de guía de criticidad, donde se estiman puntajes para los criterios técnicos que alimentan la fórmula:

$$Criticidad = FF * (TPI * ITE * TPPR + CM)$$

Tabla 1. Ejemplo Guía de Criticidad

Guía de criticidad	
Frecuencia de fallos (FF)	
Entre 0 y 2,9 fallos/año	1
Entre 2,9 y 5,81 fallos/año	3
Entre 5,81 y 8 fallos/año	4
Más de 8 fallos/año	6
Transferencia de potencia por el interruptor (TPI)	
Menos de 106 MVA/año	1
Entre 106 y 242 MVA/año	2
Entre 242 y 379 MVA/año	4
Más de 379 MVA/año	6
Impacto a la transmisión de energía (ITE)	
No afecta la estabilidad	0,05
25% de impacto	0,30
50% de impacto	0,50
75% de impacto	0,80
Impacto completo	1,00
Tiempo promedio para reparar (TPPR)	
Entre 0 y 5,57 horas/año	1
Entre 5,57 y 14,14 horas/año	2
Entre 14,14 y 38,57 horas/año	4
Más de 38,57 horas/año	6
Costo del mantenimiento (CM)	
Menos de US\$300	1
Entre US\$ 300 y US\$ 500	5
Entre US\$ 500 y US\$ 800	10
Más de US\$ 800	25

Fuente: TORNÉ, Israel. CHOY, Santiago. SERPA, Alfredo. Evaluación de la confiabilidad en interruptores de potencia mediante la norma Norzok Z0-13 [online]. *Ingeniare Revista Chilena de Ingeniería*. (Recuperado en 10 de enero de 2018). Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052016000200003.

3.2.3 Modelos de jerarquización cuantitativos: Los modelos de jerarquización cuantitativos hacen uso de criterios completamente cuantificables, como lo son la probabilidad de falla de los equipos, o los costos de reparación. Se basan fundamentalmente en el cálculo del riesgo inherente a las diferentes fallas que pueden presentar los activos para determinar el impacto y establecer la jerarquización.

Dentro de las metodologías para cálculo de riesgo adaptadas al contexto de la criticidad se pueden mencionar el método *W.T Fine*³. y el *Risk Priority Number (RPN)*.

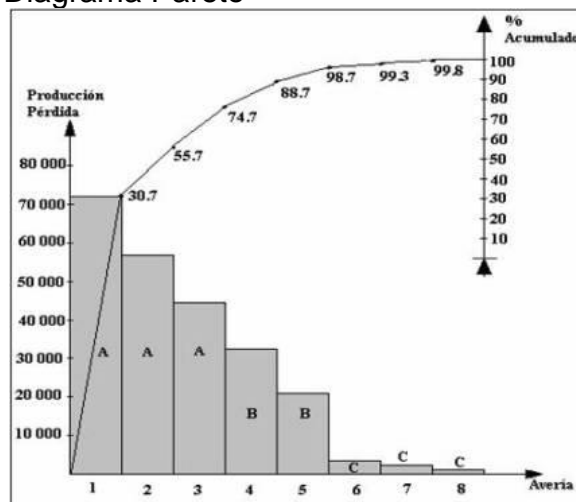
³ TILLERÍA, Luis. ANALISIS DE CRITICIDAD SEMICUANTITATIVA Y CUANTITATIVA DE ACTIVOS [online]. Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Latinoamérica [citado, 10 enero, 2018]. Disponible en <http://cmc-latam.com/analisis-criticidad-semicuantitativa-cuantitativa-activos/>.

3.2.4 Diagrama de Pareto: Como se explica en el texto de Duffua, Raouf y Dixon⁴ el diagrama de Pareto es una gráfica que permite visualizar una distribución de frecuencias de datos de atributos. Es una herramienta cualitativa que divide los atributos analizados en categorías según su influencia en un fenómeno (frecuencia), ayudando a establecer prioridades para definir un curso de acción óptimo. Mediante el análisis ABC, se utiliza el diagrama de Pareto para establecer 3 categorías:

- La categoría A, que contiene alrededor del 20% de los factores (causas) que ocasionan cerca del 80% de los problemas.
- La categoría B, con cerca del 20% de los factores que causan del 15-20% de los problemas.
- La categoría C, con el resto de los factores (que son muchos) de mínima influencia.

El diagrama se construye ordenando las frecuencias de cada atributo de mayor a menor y construyendo una gráfica de clase contra frecuencia, junto a una curva que representa la frecuencia acumulada, como en la Figura 30.

Figura 30. Ejemplo Diagrama Pareto



Fuente: DUFFUA, Salih. RAOUF, A. DIXON; John. Sistemas de mantenimiento, planeación y control. New York, Estados Unidos de America. Editorial Limusa Wiley S.A. p 267.

⁴ DUFFUA, Salih. RAOUF, A. DIXON, John. Sistemas de mantenimiento, planeación y control. New York, Estados Unidos de America. Editorial Limusa Wiley S.A. p 267.

3.3 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (*RCM*)

Comúnmente se define el *RCM* como: *un proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo*⁵. Quiere esto decir que, como toda metodología de mantenimiento, el *RCM* busca preservar el correcto funcionamiento de los bienes, y agrega que estas funciones están íntimamente ligadas con el contexto operativo del bien.

El mantenimiento centrado en confiabilidad se vale de una herramienta conocida como AMEF (Análisis de Funciones y Efectos de Falla) o en inglés *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)*. Esta herramienta se construye respondiendo 7 preguntas básicas que plantea el *RCM* utilizando formatos estándar propios de la metodología.

3.3.1 Funciones y niveles de desempeño: El primer paso para empezar la construcción de un *FMEA* consiste en dos actividades: Determinar la función que según los usuarios se debe cumplir y verificar que el bien puede cumplir con esta desde un principio.

Estas funciones pueden ser clasificadas en dos categorías: primarias y secundarias. Las funciones primarias son aquellas relacionadas con la razón de haber adquirido el bien, es decir, aquellas que definen el objetivo principal de la operación; estas funciones abarcan temas como la velocidad, rendimiento, capacidad de transportación o almacenamiento y calidad. Las funciones secundarias son aquellas que dan valor agregado al funcionamiento del bien, relacionadas con sus características de seguridad, control, contención, confort, etc.

⁵ MOUBRAY, John. *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 7.

Los niveles de desempeño representan el grado mínimo en que el usuario pretende que funcione el bien. Con el paso del tiempo los bienes se deterioran y se acercan cada vez más a este grado mínimo; por tanto, siempre debe existir un margen de deterioro en su capacidad inicial, el objetivo del mantenimiento es conservar este margen.

3.3.2 Fallas funcionales: Una falla en RCM, según Moubray⁶, se define como la incapacidad de un bien de cumplir con las funciones que el usuario espera que realice. Esto quiere decir que las fallas están ligadas siempre a las funciones requeridas por los usuarios del bien. Lo anterior se ve ejemplificado en la Figura 31.

Las fallas pueden ser totales o parciales: una falla total implica que el bien salió completamente de funcionamiento, mientras que falla parcial significa que el bien sigue funcionando, pero fuera de los límites de desempeño.

Figura 31. Ejemplo de funciones y fallas funcionales

SISTEMA		TURBINA 5	
SUBSISTEMA		Mw. SISTEMA DE ESCAPE	
	FUNCION		FALLA FUNCIONAL
1	<u>Canalizar todos los gases de escape de la turbina de aire caliente sin restricción a un punto fijo de 10 metros sobre el techo de la antecámara de la turbina</u>	A	Incapaz de canalizar el gas
		B	Flujo de Gas restringido
2	<u>Reducir los niveles de ruido de escape a Nivel de Ruido ISO de 30 a 50 metros.</u>	C	Falla la contención de Gas.
3	<u>Asegurar que la temperatura de la superficie del conducto interno del hall de la turbina no excede los 60° C.</u>	D	Falla en transportar el gas a un punto de 10 metros sobre el techo
4	<u>Transmitir una señal de alarma al sistema de control de la turbina si la temperatura del gas de escape excede los 475 °C, y una señal de apagado si excede los 500° C a un punto de cuatro metros de la turbina.</u>	A	El nivel de Ruido excede el Nivel de Ruido ISO de 30 a 150 metros. La temperatura de la superficie del conducto excede los: 60°
		A	Incapaz de enviar una señal de Alarma si la temperatura de escape excede los 500 ° C
5	<u>Permitir el movimiento libre del conducto en respuesta a los cambios de temperatura.</u>	A	No permite el movimiento libre del conducto.
		A	

Fuente: MOUBRAY, John. *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 55.

⁶ MOUBRAY. *Op. cit.*, p. 9.

3.3.3 Efectos y modos de falla: Los modos de falla son los diferentes sucesos que pueden ocasionar que una falla funcional en un bien, sistema o proceso. Los modos de falla generalmente contienen los detalles específicos del porqué y en qué condición sucedió la falla funcional; estas pueden especificarse a diferentes niveles de profundidad. La Figura 32 muestra un ejemplo de cómo se relacionan la falla funcional y los modos de falla. Existen tres categorías en las que se pueden clasificar los diferentes modos de falla:

- La capacidad se reduce hasta estar por debajo del desempeño deseado: deterioro, lubricación, suciedad, desmontaje, error humano.
- El desempeño deseado (o esfuerzo aplicado) supera la capacidad inicial: sobrecargas, materiales incorrectos.
- La capacidad inicial del bien no cumple con el desempeño deseado.

Figura 32. Ejemplo de modos de falla

SISTEMA		SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA	
SUBSISTEMA			
FUNCION	Falla Funcional	MODOS DE FALLA	
1 Transferir Agua del Tanque X Al tanque Y a no menos de 800 litros por minuto.	A Incapaz de transferir Agua	1 Rodamiento falla	
		2 El propulsor se suelta	
		3 Propulsor atascado por un objeto extraño	
		4 Campana de enganche falla por fatiga.	
	B Transfiere menos de 800 litro Por minuto.	5 Se quema el motor	
		6 Válvula de entrada tapada	
		7 Propulsor desgastado	
		8 Línea de succión Parcialmente bloqueada.	

Fuente: MOUBRAY, John. *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 57.

Es importante resaltar que una sola falla funcional puede estar relacionada con decenas, cientos o miles de modos falla, según sea la complejidad del sistema o máquina. Se debe tener cuidado con lo detallado que se vuelve este análisis, pues

deben ser suficientes para que sea posible seleccionar una política de manejo adecuada, pero no tanto que consuma demasiado tiempo y recursos.

Los efectos de las fallas son la descripción de lo que sucede cuando se presenta un modo de falla. Debe destacarse la diferencia entre *qué sucede* y *cómo afecta*: lo primero son los efectos inmediatos mientras que lo segundo son las consecuencias sobre la organización. Los efectos de las fallas deben incluir la siguiente información, si la hay (la Figura 33 muestra un ejemplo de cómo deben escribirse los efectos de los modos de falla):

- Evidencia de que la falla sucedió.
- Como esta falla amenaza la seguridad o el medioambiente.
- Como se ven afectadas la producción y las operaciones.
- Posible daño físico a los equipos o instalaciones.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

Figura 33. Ejemplo de efectos de modos de falla

MODO DE FALLA		EFFECTOS DE LAS FALLAS
<u>1</u>	Falla en los rodamientos de la caja de engranaje.	El motor se dispara y suena la alarma en la sala de control. 3 horas de inactividad para reemplazar la caja de engranajes. Nuevos rodamientos colocados en el taller.
<u>2</u>	Dentadura del engranaje rota	El motor no se dispara, pero la maquina se detiene. 3 horas de inactividad para reemplazar el engranaje. Nuevo engranaje colocado en el taller.
<u>3</u>	Engranaje falla por falta de aceite	El motor se dispara y la alarma suena en la sala de control. 3 horas de inactividad para reemplazar el engranaje.

Fuente: MOUBRAY, John. *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 91.

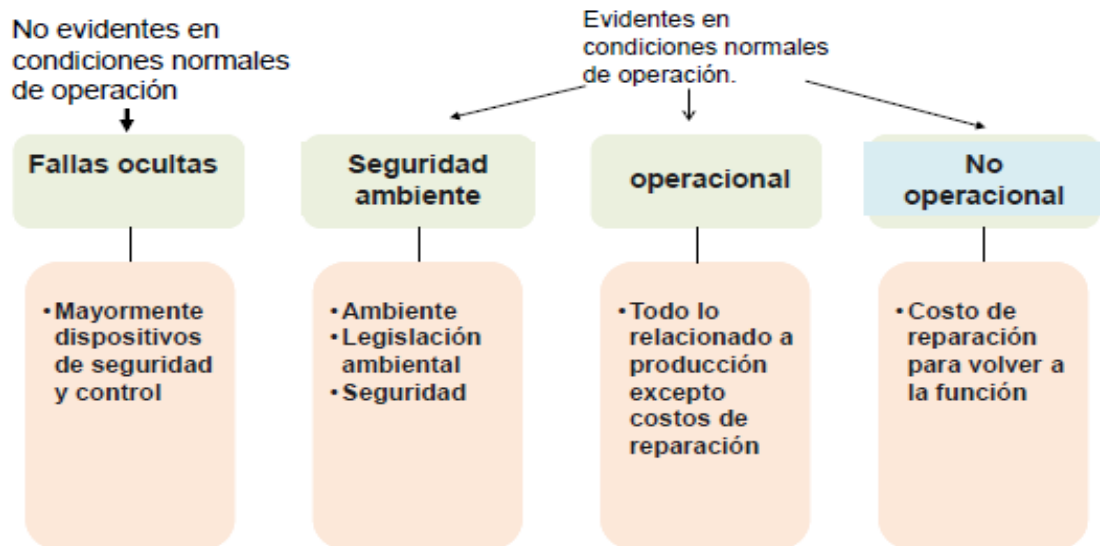
La información de los modos y efectos de las fallas puede provenir de diferentes fuentes, las cuales deben tenerse en cuenta simultáneamente para construir una lista adecuada al respectivo contexto; a continuación, se listan las más comunes:

- El fabricante o vendedor de los equipos.

- Listas genéricas de modos de falla.
- Otros usuarios del mismo equipo.
- Registros técnicos históricos.

3.3.4 Consecuencias de las fallas: La organización que utiliza el bien se ve afectada de distintas formas por las fallas. Las fallas pueden impactar en diferente grado y en uno o varios aspectos de la empresa tales como: el rendimiento, la calidad del producto, el servicio al cliente, el medioambiente y los costos operativo. Las tareas proactivas deben ejecutarse solo si estas reducen las consecuencias a nivel tolerable del modo de falla justificando los costos directos e indirectos de llevarla a cabo. Las consecuencias pueden asociarse a dos tipos de funciones según como se muestra en la Figura 34.

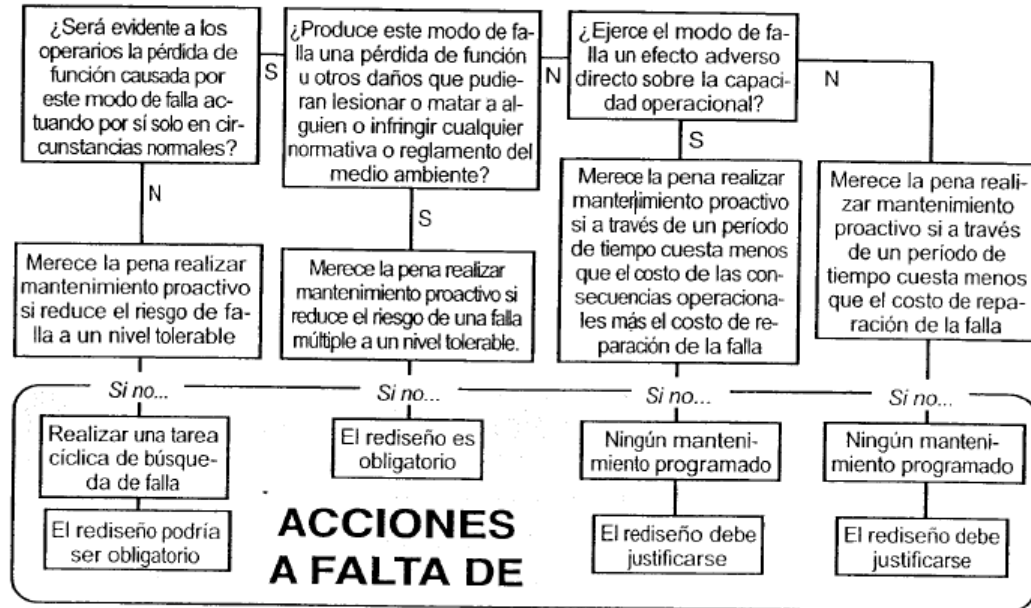
Figura 34. Categorías de las consecuencias de fallas



Fuente: CAMPOS, José. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) [Diapositivas]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú. 33 p.

La Figura 35 muestra un marco guía para el tratamiento de las fallas en base a sus consecuencias.

Figura 35. Metodología para la evaluación de consecuencias de las fallas



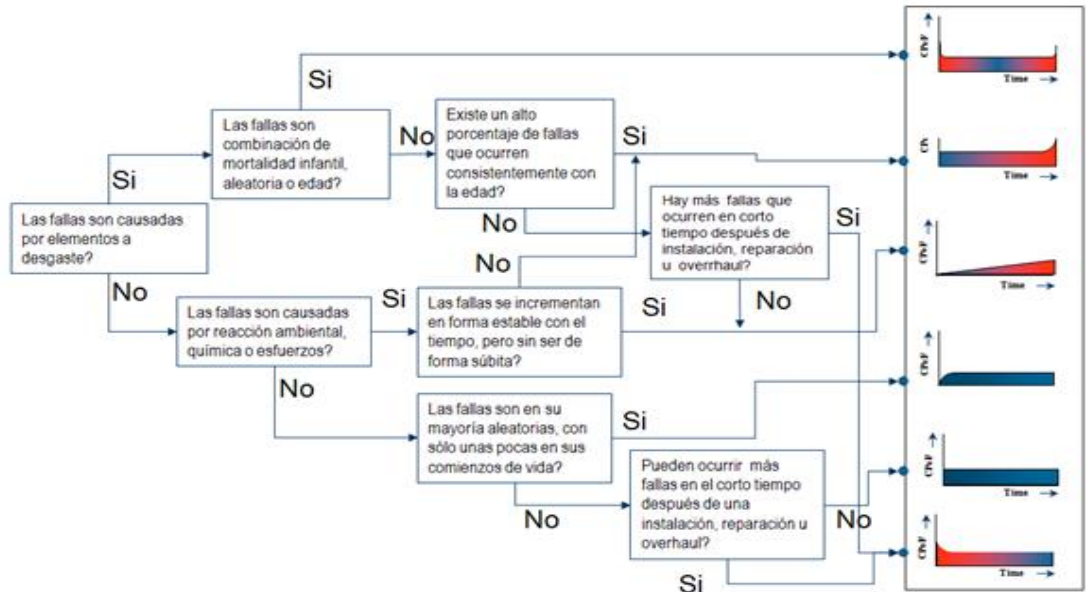
Fuente: MOUBRAY, John. *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 131.

3.3.5 Mantenimiento proactivo: prevención: Una tarea es técnicamente viable si tiene la posibilidad física de reducir o permitir que la acción seleccionada disminuya las consecuencias del modo de falla asociado a un grado que sea aceptable para el propietario o usuario del bien.⁷ La selección de tareas proactivas depende de dos aspectos: ¿tiene la posibilidad de falla alguna relación con el envejecimiento? y ¿qué sucede cuando la falla empieza manifestarse?

La existencia o no de esta relación determina si las acciones de mantenimiento deben ser del tipo preventivas (cuando sí existe la relación) o predictivas (cuando no). La Figura 36 ilustra un proceso lógico a seguir para determinar el patrón de falla más adecuado para un equipo, según si sus fallas han tenido relación con la edad o no.

⁷ *Ibid.* p. 133.

Figura 36. Lógica de selección de los patrones de falla



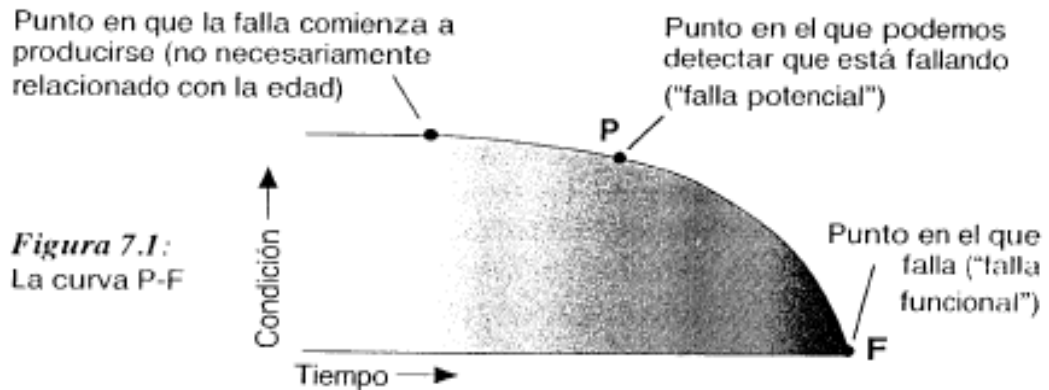
Fuente: ECOPETROL S.A. Implementación de estrategias y prácticas de mantenimiento e inspección basadas en riesgo: RCM. [Diapositivas]. Barrancabermeja 2012.

Para reducir la incidencia de los modos de falla se puede optar por dos tipos acciones preventivas principales: reacondicionar o sustituir cíclicamente.⁸Las frecuencias de aplicación del reacondicionamiento cíclico y la sustitución cíclica dependen del límite establecido de vida útil del equipo.

3.3.6 Mantenimiento proactivo: predicción: La mayoría de los modos de falla dan algún tipo de advertencia de que el proceso de falla está a punto de ocurrir. Si es posible identificar estas señales, se puede tomar acciones para evitar que la falla ocurra, o al menos sus consecuencias. La curva P-F (Figura 37) representa la etapa final de un proceso de falla.

⁸ *Ibid.* p. 138.

Figura 37. La curva P-F



Fuente: MOUBRAY, John. *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 148

Una falla potencial es el punto en el proceso de falla en el que es posible detectar que la falla está efectivamente en proceso. Las tareas a condición consisten en chequeos que permite identificar que una falla está en proceso, estas deben ser realizadas en intervalos menores al intervalo P-F (periodo de advertencia, este periodo lo determina el personal que trabaja constantemente con el equipo). A continuación, se describen las 4 categorías de las técnicas a condición:

- Monitoreo en condición: Técnicas que utilizan dispositivos específicos para detectar los efectos de las fallas potenciales. Se clasifican según los efectos que detectan: dinámicos, de partícula, químicos, físicos, de temperatura y eléctricos.
- Variaciones de la calidad del producto: Frecuentemente la aparición de un defecto en el producto de una máquina está directamente relacionada con un modo de falla de esta. Una técnica muy popular es el Control Estadístico de Procesos (SPC).
- Monitoreo de efectos primarios: Velocidad, caudal, presión, temperatura, potencia, corriente, etc. Medir estas variables con regularidad y compararlas con valores de referencia permite detectar fallas potenciales.

- Inspección basada en los sentidos humanos: por lo general detectan la falla potencial cuando el proceso de deterioro ya está bastante avanzado, y el proceso es subjetivo; sin embargo, es más versátil que las técnicas monitoreo específicas y su relación costo-efectividad es mucho mejor.

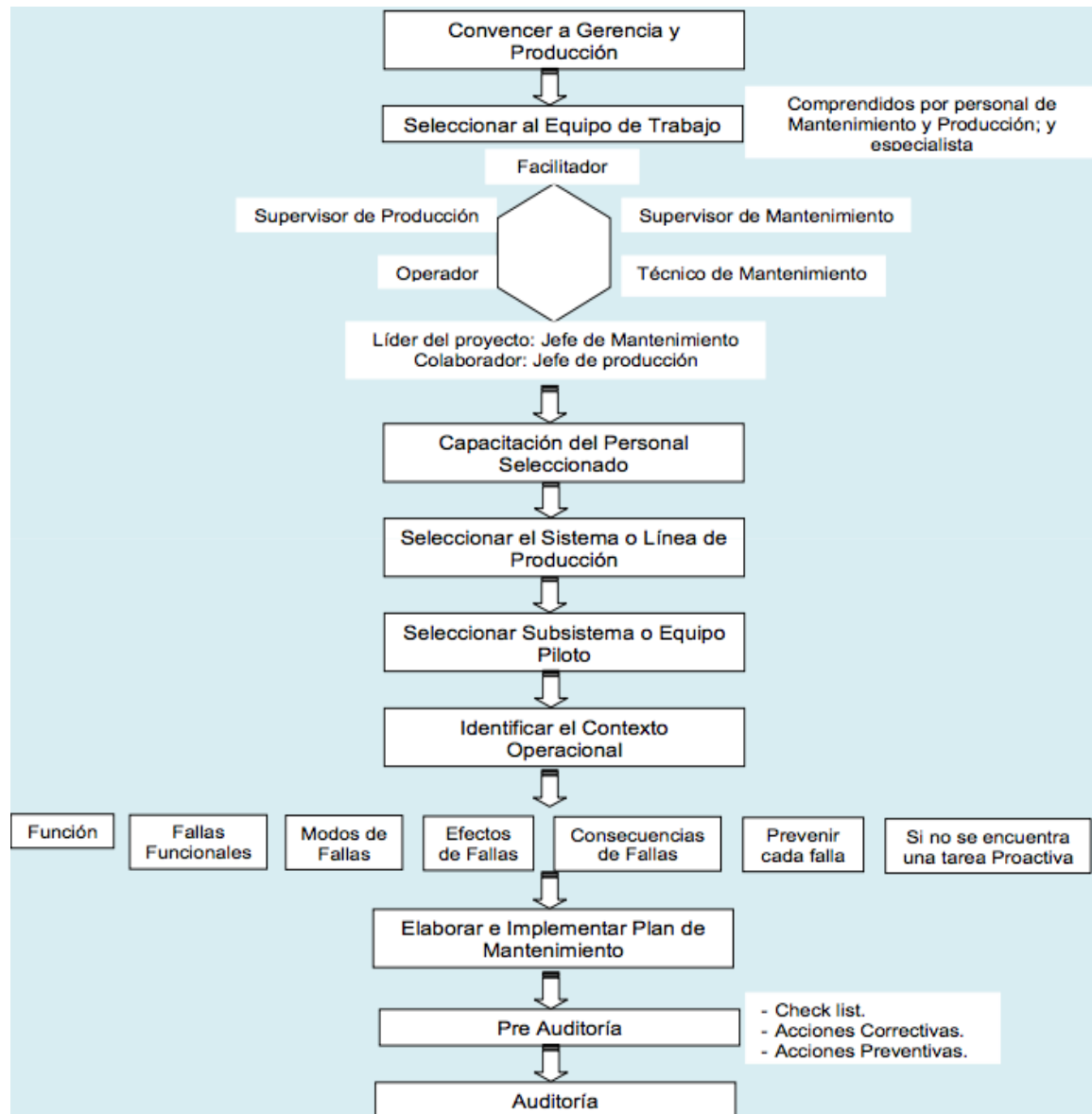
Para la selección de un tipo de tarea siempre se deben tener en cuenta las consideraciones específicas de cada caso (como una relación costo-efectividad). Si no vale la pena llevar a cabo una tarea proactiva, o no es factible, se debe proceder a las acciones de default (a falta de).

3.3.7 Acciones de default (a falta de): Las acciones “a falta de” se rigen por las consecuencias de la falla como se muestra en la Figura 35 del capítulo 3.3.4. Se distinguen entre las acciones principales de default:

- Tareas cíclicas de búsqueda de fallas.
- Rediseño del componente o proceso.
- No realizar mantenimiento programado.
- Recorridas de inspección.

3.3.8 Aplicación del RCM: La Figura 38 muestra el modelo de aplicación de *RCM* básico que se debe seguir en cualquier empresa. Nótese que la mayoría del proceso descrito se encuentra agrupado en la sección bajo *Identificar el Contexto Operacional*. Se distinguen tres etapas principales de todo el proceso: una primera de gestión y selección de los responsables; una segunda de identificación de los sistemas o equipos críticos, su contexto operacional, sus funciones y las tareas en caso de que no se cumplan; y una última de ejecución y auditoría

Figura 38. Modelo de aplicación del RCM



Fuente: CAMPOS, José. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) [Diapositivas]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú. 33 p.

4. GESTIÓN DE ACTIVOS EN LA GRB ECOPETROL S.A.⁹

4.1 GESTIÓN DE ACTIVOS: ISO 5500X

La gestión de activos puede definirse como una disciplina que busca maximizar el valor de los bienes de una organización durante todo el ciclo de vida. A nivel internacional, los principios fundamentales para la implementación de un sistema de gestión de activos están enmarcados en las normas ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002.

4.1.1 Conceptos y definiciones: En el trabajo de Quintero¹⁰, se hace un compendio de definiciones fundamentales acerca de los activos y su gestión, entre estas:

- **Objetivos de la gestión de activos:** Resultados o logros específicos y medibles del sistema de activos para implementar la política y la estrategia de gestión de activos y/o resultado o logro específico y medible del sistema de gestión de activos.
- **Plan de gestión de activos:** Un documento que especifica las actividades y los recursos, responsabilidades y escalas de tiempo para implementar la gestión de activos.
- **Política de gestión de activos:** Principios y requerimientos obligatorios derivados de, y consistentes con el plan estratégico institucional, que proveen de una estructura para el desarrollo e implementación de la estrategia de gestión de activos y para fijar los objetivos de gestión de activos.

⁹ ECOPETROL S.A. Políticas, planes, objetivos y metas. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013.

¹⁰ QUINTERO, Alfonso. Modelo para implementar y auditar un sistema de gestión de activos. Trabajo de grado Ingeniero mecánico. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2011.p 19-20.

- Estrategia de gestión de activos: Aproximación optimizada a largo plazo de la gestión de activos, derivada de, y consistente con el plan estratégico organizacional y la política de gestión de activos.
- Sistema de gestión de activos: Son la política de gestión de activos, la estrategia de gestión de activos, los objetivos de la gestión de activos y el plan o planes de gestión de activos y las actividades, procesos y estructuras necesarias para su desarrollo e implementación continua.
- Plan estratégico organizacional: Plan global a largo plazo para la organización, que se deriva de y cubre su misión, visión, valores, políticas de negocio, los requerimientos de las partes interesadas, los objetivos y la gestión de sus riesgos.

Los elementos anteriormente descritos se relacionan de manera dinámica durante la ejecución de la gestión de activos, como se muestra en la Figura 39.

Figura 39. Estructura general de un sistema de gestión de activos



Fuente: QUINTERO, Alfonso. Modelo para implementar y auditar un sistema de gestión de activos. Trabajo de grado Ingeniero mecánico. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2011. p 27.

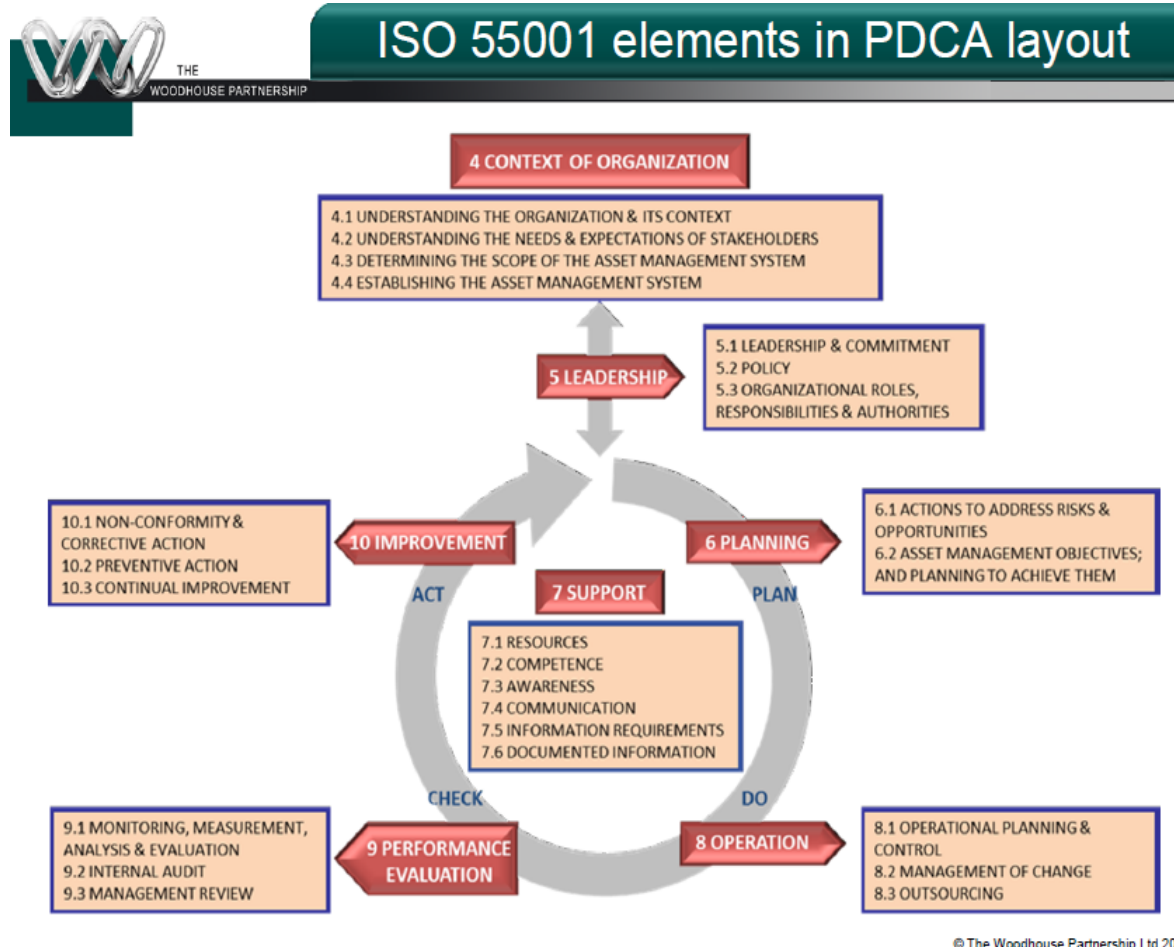
4.1.2 Principales elementos de un sistema de gestión de activos: Algunos de los factores que se deben considerar para definir un sistema de gestión de activos son:

- La naturaleza y los objetivos de la organización.
- Su contexto operativo.
- Las limitaciones financieras y el marco legal al que está sujeta.
- Las necesidades y expectativas de los mayores interesados (Inversionistas).

Un sistema de gestión de activos tiene la capacidad de impactar e involucrar a todas las actividades de la organización, más allá del mantenimiento. Por ello, el proceso de implementar dicho sistema requiere de un entendimiento integral de cada uno de los elementos, políticas, planes y procedimientos que lo integran. A nivel general los 7 elementos fundamentales:

- Contexto organizacional (ISO 55001:2014, Clausula 4).
- Liderazgo (ISO 55001:2014, Clausula 5).
- Planeación (ISO 55001:2014, Clausula 6).
- Apoyo (ISO 55001:2014, Clausula 7).
- Operación (ISO 55001:2014, Clausula 8).
- Evaluación del desempeño (ISO 55001:2014, Clausula 9).
- Mejoramiento Continuo (ISO 55001:2014, Clausula 10), se desarrollan mediante el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) como se muestra en la Figura 40.

Figura 40. Elementos de un sistema de gestión de activos según la norma ISO 55001



Fuente: VERACITY ASSET MANAGEMENT GROUP, ISO: 55000 Meet your new friend SAM. En: <https://veracityamg.wordpress.com/2015/01/28/iso-55000-meet-your-new-friend-sam/> [En Línea].

4.2 EL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN ECOPETROL S.A.

Dentro del contexto de ECOPETROL S.A, el sistema de gestión de activos se establece asignándole las siguientes características al ciclo PHVA¹¹ y con estas diseñado los procesos de gestión:

¹¹ ECOPETROL S.A. Modelo de gestión refinería Barrancabermeja. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 4-5.

4.2.1 Planear

- Política, planes, objetivos y metas:
 - Compromiso visible de la gerencia con una gestión integral de los activos.
 - Objetivos y metas realistas en cascada.
 - Los activos incluyen a la gente.
 - Operación confiable a largo plazo, plan táctico y operativo.
 - Objetivos individuales alineados con los objetivos organizacionales.
- Organización, roles, responsabilidades y recursos:
 - La confiabilidad y la integridad es parte de todos.
 - Participación en todos los niveles.
 - Responsabilidad claramente definida.
 - Entrenamiento efectivo.
- Estándares y procedimientos:
 - Estándares altos y bien entendidos.
 - Mejores prácticas probadas.
 - Gestión de riesgo con herramientas de evaluación.

4.2.2 Hacer

- Monitoreo, implementación, y medición del desempeño:
 - Procedimientos para implementación eficiente.
 - Comunicación y motivación efectiva.
 - Técnicas para medir el desempeño.
 - Benchmarking externo para compararse con el grupo.

4.2.3 Verificar

- Auditoría y revisión gerencial:
 - Auditoría de las prácticas de operación y mantenimiento.
 - Investigación exhaustiva de los incidentes.
 - Revisiones periódicas de la gerencia para adaptar la situación del cambio.

4.2.4 Actuar

- Control, corrección y mejoramiento:
 - Directrices de confiabilidad.
 - Acciones de mejoramiento y control de desviaciones.
 - Compromisos para obtener resultados superiores.

4.3 PROCESOS DE GESTIÓN EN LA GRB

La gestión de activos industriales en la refinería tiene por objetivo gestionar el ciclo de vida desde la perspectiva de la confiabilidad operacional, la administración rentable y la gestión del riesgo. La estrategia de gestión se desarrolla a través de 9 subprocesos:

- Incorporación de activos industriales.
- Mantenimiento rutinario.
- Mantenimiento mayor.
- Operación estructurada.
- Análisis de la condición del activo.
- Proceso de eliminación de defectos.
- Administración de control de cambio de activos.
- Ajuste y mejora de los planes de mantenimiento.
- Desincorporación de activos industriales.

Son de particular interés para este proyecto los procesos de Mantenimiento, eliminación de defectos y ajuste y mejora de planes. Una parte fundamental del desarrollo de la gestión de activos dentro del marco estratégico de la GRB es el trabajo basado en estándares y procedimientos claros para cada uno de los subprocesos. Las principales prácticas de gestión de activos estándar se explican a continuación.

4.4 GESTIÓN DEL RIESGO: MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGO (RAM)

1213

Se define peligro como una fuente, elemento, condición o situación que tiene el potencial de causar daño a las personas, la economía, el medio ambiente, o la imagen de la compañía. A su vez, riesgo se considera un evento incierto que puede impactar los objetivos de Ecopetrol S.A. originado por la exposición a algún peligro.


La evaluación de riesgos es un proceso fundamental en la toma de decisiones en Ecopetrol S.A. ya que el balance riesgo-costo-beneficio permite soportar la toma de decisiones que eficazmente contribuyan a alcanzar las metas de la compañía. La Matriz de Evaluación de Riesgos (RAM) es la principal herramienta cualitativa que permite la clasificación de las amenazas a los intereses de la compañía, de los trabajos a ejecutar en los procesos de operación y planeación de mantenimiento, la criticidad de los equipos, y la selección de estrategias para asegurar la confiabilidad e integridad de los activos.

La RAM típica (Figura 41) permite relacionar en sus ejes la probabilidad de ocurrencia de un evento con la gravedad de las consecuencias que pueda traer a las personas, el medio ambiente, la economía, los clientes o la reputación de la empresa.

¹² ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas online]. Barrancabermeja, 2016. [citado, 24 abr, 2017].

¹³ ECOPETROL S.A. Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 14-15.

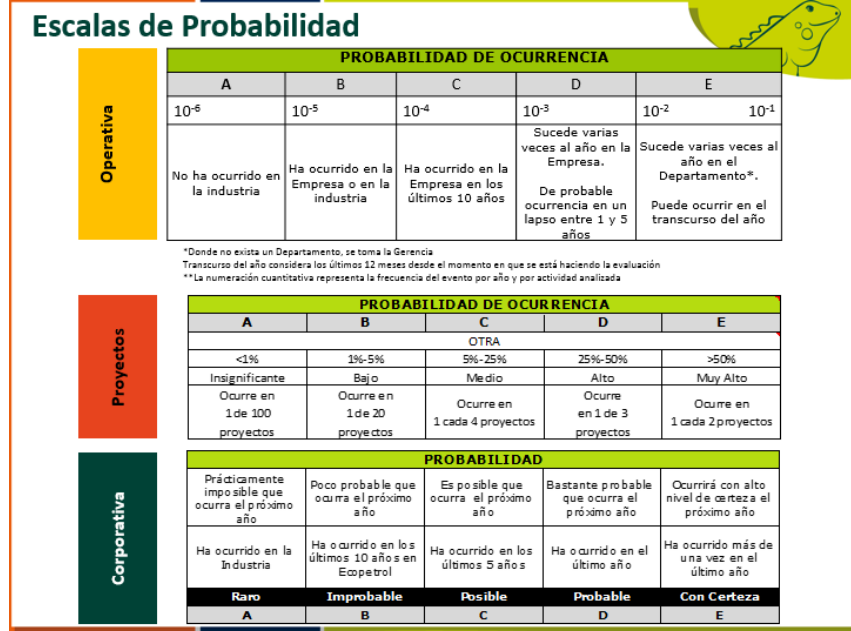
Figura 41. RAM típica

		DIRECCIÓN DE RESPONSABILIDAD INTEGRAL				ECP-DRI-F-045				
		MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS - RAM				ACT. 2		1/1		
Para mayor información sobre el uso y manejo de este formato consulte instructivo ECP-DRI-I-007										
CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD					
Personas	Economica	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Unidad, Superintendencia o Departamento
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M ●	M ●	H ●	H ●	VH ●
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L ○	M ●	M ●	H ●	H ●
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N ●	L ○	M ●	M ●	H ●
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N ●	N ●	L ○	L ○	M ●
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N ●	N ●	N ●	L ○	L ○
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N ●	N ●	N ●	N ●	N ●

Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 15

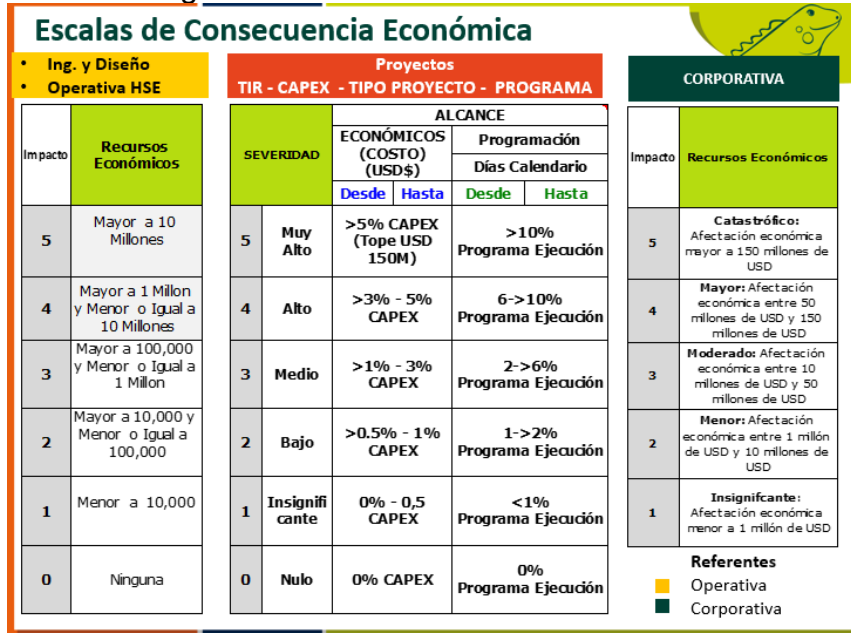
Se utiliza una escala numérica de gravedad de 0 a 5 y una estimación de la probabilidad en una escala de A a E, basándose en experiencia o evidencia histórica. Los criterios mediante el cual se definen estas escalas varían dependiendo del área en la cual se aplique la RAM. (Figura 42 a Figura 46). El nivel de riesgo de un evento y las acciones que deben realizarse según éste se definen al cruzar probabilidad y consecuencia en la RAM. De esta manera se define cualitativamente un protocolo de priorización que beneficia el desarrollo económicamente óptimo de la gestión.

Figura 42. Escalas de probabilidad de la RAM



ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas online]. Barrancabermeja, 2016. [citado, 24 abr, 2017].

Figura 43. Escalas de gravedad económica de la RAM



ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas online]. Barrancabermeja, 2016. [citado, 24 abr, 2017].

Figura 44. Escalas de daños a personas de la RAM

Nivel Gravedad	DESCRIPCIÓN
0	Ninguna Lesión
1	Trabajadores: Lesión leve primeros auxilios: No afecta el rendimiento laboral ni causa incapacidad.
2	Trabajadores: Lesión menor sin incapacidad (incluye tratamiento médico, trabajo restringido y enfermedades ocupacionales): No generan incapacidad ó; Comunidad: Primeros auxilios, sin hospitalización a personal de la comunidad.
3	Trabajadores: Incapacidad temporal >= 1 día (lesiones que producen tiempo perdido): Afectan el rendimiento laboral, como la limitación a ciertas actividades o requiere unos días para recuperarse completamente (casos con tiempo perdido) ó; Comunidad: Hospitalización en centros asistenciales de personal de la comunidad
4	Trabajadores: Incapacidad permanente (incluyendo incapacidad permanente total o parcial y enfermedades ocupacionales): Daños irreversibles en la salud con inhabilitación seria sin pérdida de vida; por ejemplo: hipoacusia provocada por ruidos, lesiones lumbares crónicas, daño repetido por realizar esfuerzos, síndrome y sensibilización ó; Comunidad: Incapacidad temporal de personal de la comunidad
5	Trabajadores: Una o más fatalidades: Por accidente o enfermedad profesional ó; Comunidad: Una o más fatalidades o incapacidades permanentes a personal de la comunidad

Se entiende por "trabajadores" a los empleados de la Empresa, contratistas y subcontratistas.

Se entiende por comunidad a todas aquellas personas que no son trabajadores.

Los daños al público no incluyen consideraciones sobre la afectación social, la cual deberá evaluarse por separado.

ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas online]. Barrancabermeja, 2016. [citado, 24 abr, 2017].

Figura 45. Escalas de daños a clientes de la RAM

Nivel de Gravedad	DESCRIPCIÓN
0	Ninguna: No hay afectación a clientes
1	Incumplimiento de especificaciones solucionadas antes de percepción del cliente: Riesgo de incumplir cualquiera de las especificaciones acordadas con el cliente. Circunstancias planeadas o no planeadas, que afectan procesos o productos que pueden impactar los compromisos establecidos con los clientes, pero con posibilidades de solución antes de que el cliente perciba el potencial incumplimiento.
2	Quejas y reclamos: Cuando efectivamente situaciones planeadas o no planeadas impactan procesos o productos comprometidos con los clientes, que generan quejas y/o reclamos en cualquier cantidad, cuyo trámite de solución está definido dentro del compromiso y/o contrato con los clientes.
3	Desabastecimiento o Pérdida de clientes: Decisiones y/o circunstancias atribuibles a los clientes, que implican para Ecopetrol la afectación a procesos de producción por el deterioro en la relación comercial con clientes, al punto de llevarlos a tomar la decisión de no volver a comprarle o venderle a ECOPETROL.
4	Pérdida de clientes de mercado sensible o prioritario: Decisiones y/o circunstancias atribuibles a los clientes que implican para Ecopetrol la afectación a procesos de producción por el deterioro en la relación comercial con los clientes que abastecen a comunidades o regiones, alterando su estabilidad socio-económica por la desatención en el suministro confiable de productos para algún mercado sensible o prioritario.
5	Pérdida de participación en el mercado: Decisiones y/o circunstancias atribuibles al mercado, de una magnitud tal, que implique el incumplimiento de metas de producción por la pérdida efectiva de participación en el mercado para productos de comercialización nacional, y en el mercado internacional la pérdida de participación en el presupuesto de compra del cliente.

ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas online]. Barrancabermeja, 2016. [citado, 24 abr, 2017].

Figura 46. Escalas de daños ambientales de la RAM

Nivel de Gravedad	DESCRIPCIÓN
0	Ninguno: No hay afectación ambiental
1	Efectos Leves: <u>Volumen de la sustancia derramada(barriles):</u> 0.1 a <1, o <u>Área superficial impactada (m2):</u> <50, o <u>Tiempo de limpieza (días):</u> <1, o <u>Impactos (consecuencias) a recursos naturales o especies:</u> Afectación dentro de las instalaciones (contenido)
2	Efectos Menores: <u>Volumen de la sustancia derramada(barriles):</u> 1 a <10, o <u>Área superficial impactada (m2):</u> 50 a <500, o <u>Tiempo de limpieza (días):</u> 1 a < 30, o <u>Impactos (consecuencias) a recursos naturales o especies:</u> Afectación en predios de terceros (fuera de lo cercado por Ecopetrol)
3	Efectos Localizados: <u>Volumen de la sustancia derramada(barriles):</u> 10 a <100, o <u>Área superficial impactada (m2):</u> 500 a <5.000, o <u>Tiempo de limpieza (días):</u> 30 a <60, o <u>Impactos (consecuencias) a recursos naturales o especies:</u> Derrame de hidrocarburo o sustancia en cuerpo de agua superficial sin generar restricciones de uso del recurso
4	Afectación importante: <u>Volumen de la sustancia derramada(barriles):</u> 100 a <1.000, o <u>Área superficial impactada (m2):</u> 5.000 a <50.000, o <u>Tiempo de limpieza (días):</u> 60 a <90, o <u>Impactos (Consecuencias) a recursos naturales o especies:</u> Derrame de Hidrocarburo o sustancia en cuerpo de agua superficial que genera una restricción temporal del uso de agua menor de 90 días, y/o con mortandad de especies y/o Derrame de Hidrocarburo o sustancia en operación en puerto con afectación de línea costera o aguas marinas, y/o Derrame de Hidrocarburo o sustancia en operación offshore con afectación en aguas marinas, o en y/o bajo la superficie
5	Afectación mayor: <u>Volumen de la sustancia derramada(barriles):</u> >=1.000, o <u>Área superficial impactada (m2):</u> >=50.000, o <u>Tiempo de limpieza (días):</u> >=90, o <u>Impactos (Consecuencias) a recursos naturales:</u> Derrame de Hidrocarburo o sustancia en cuerpo de agua superficial que genera una restricción temporal del uso del agua a mayor o igual a 90 días, y/o Derrames de hidrocarburos o sustancia con afectación estuarios, manglares, y/o áreas ambientalmente sensibles en áreas de importancia ecológica declaradas, y/o afectación de fauna asociada a estos ecosistemas

* Volumen de sustancia derramada corresponde al volumen total de: Hidrocarburos o cualquier tipo de sustancia que genere un impacto ambiental.
**Mortandad de especies, se refiere a más de 50 especies comunes o 5 si se refiere a una especie en extinción declarada.

ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas online]. Barrancabermeja, 2016. [citado, 24 abr, 2017].

4.5 GESTIÓN DE OPERACIÓN DEL MANTENIMIENTO¹⁴

La gestión de operación del mantenimiento se define por dos subprocesos definidos a continuación.

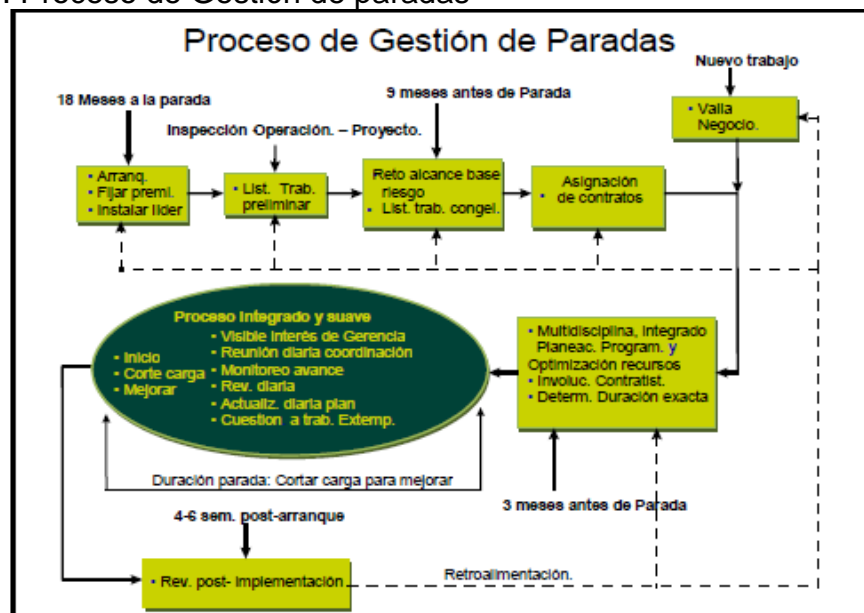
4.5.1 Mantenimiento mayor (paradas de planta): Para este proceso se han definido una serie de prácticas (Figura 47) dentro de las cuales se destacan:

- Formar un comité de decisión para cada parada de planta: Este se encarga de discutir las decisiones más importantes a largo plazo y realizar el seguimiento continuo de la parada.

¹⁴ ECOPETROL S.A. Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 16-19.

- Realizar corridas de desempeño de las unidades del proceso: Evaluar las limitaciones de los equipos sometiénolos a máxima capacidad dentro de las ventanas operativas generando un informe para modificar el alcance de la parada o proponer el alcance de los trabajos posteriores.
- Taller de cuestionamiento del alcance: Se cuestionan y defienden los beneficios técnicos y económicos de realizar trabajos atrasados durante la parada.
- Taller de *Fat-Rat*: Dado que las paradas se desarrollan como proyectos de corta duración y alta intensidad, el objetivo es optimizar los trabajos en la ruta crítica que definen la duración total de la parada.
- Proceso de gestión de los trabajos emergentes: Se propone y justifica la inclusión de trabajos que no fueron identificados inicialmente.

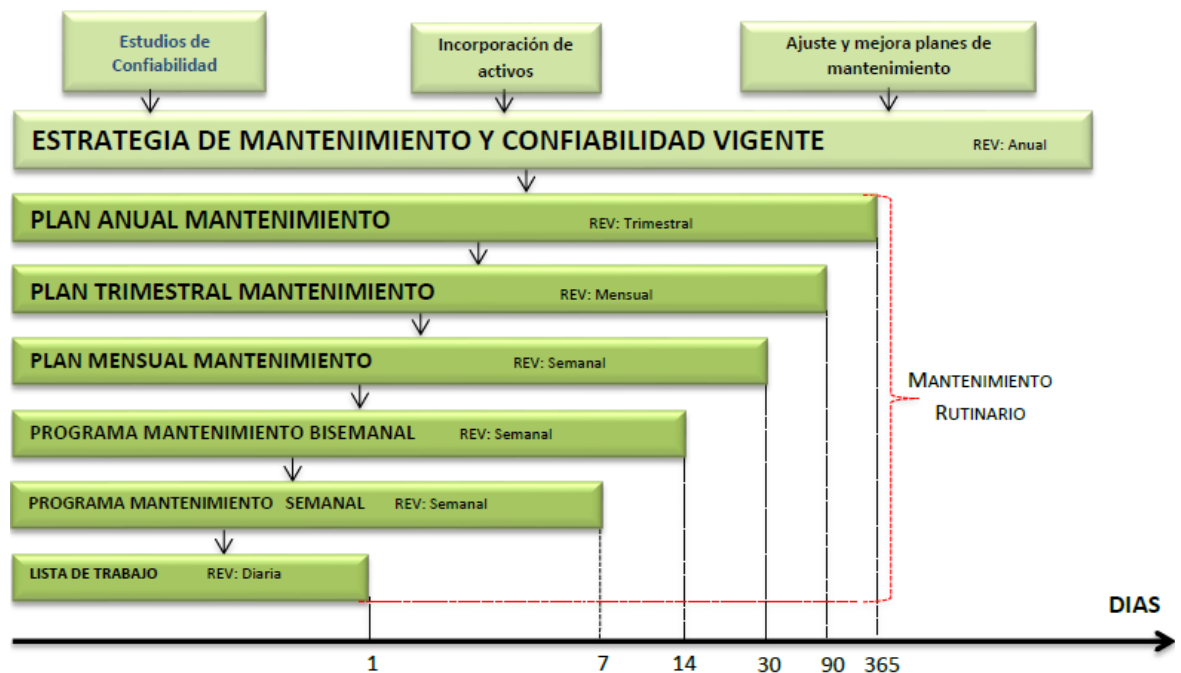
Figura 47. Proceso de Gestión de paradas



Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 17

4.5.2 Mantenimiento rutinario: En el proceso de mantenimiento rutinario convergen las acciones encaminadas a mantener los componentes de los activos industriales o restaurarlos en un estado que permita realizar la función requerida. En este proceso se ejecutan las actividades establecidas por la organización en la estrategia de mantenimiento y confiabilidad (Figura 48). Dichas actividades incluyen rigurosos estudios de mantenimiento y confiabilidad (*RCM, RBI, IPF, RCA*).

Figura 48. Estructura de los planes y programas de mantenimiento en la GRB



Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 18.

El proceso de mantenimiento rutinario está compuesto por 9 etapas (ver Tabla 2), en las que se identifican tanto responsables, como elementos clave en el éxito del proceso.

Tabla 2. Etapas del mantenimiento rutinario en la GRB

ETAPA	GRUPO	ELEMENTO CLAVE
1. Generar solicitud de trabajo	Identificación y diagnóstico	Valoración de riesgo de la solicitud con la RAM Solicitud de trabajo Recomendación técnica
2. Generar diagnóstico de la solicitud de trabajo		
3. Generar orden de trabajo de mantenimiento	Aceptación	Aceptación Orden de trabajo
4. Planear la orden de trabajo de mantenimiento	Planeación y programación	Estándares de trabajo Paquete de trabajo de ejecución completo. Priorizar Programa de mantenimiento del periodo.
5. Programar la orden de trabajo de mantenimiento		
6. Alistar el programa de mantenimiento	Ejecución de la actividad de mantenimiento	Valoración del riesgo de ejecución con la RAM Procedimientos Protocolos de aceptación
7. Ejecutar el programa de mantenimiento		
8. Cerrar trabajos de mantenimiento	Evaluación	
9. Evaluar mantenimiento rutinario		

Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 19.

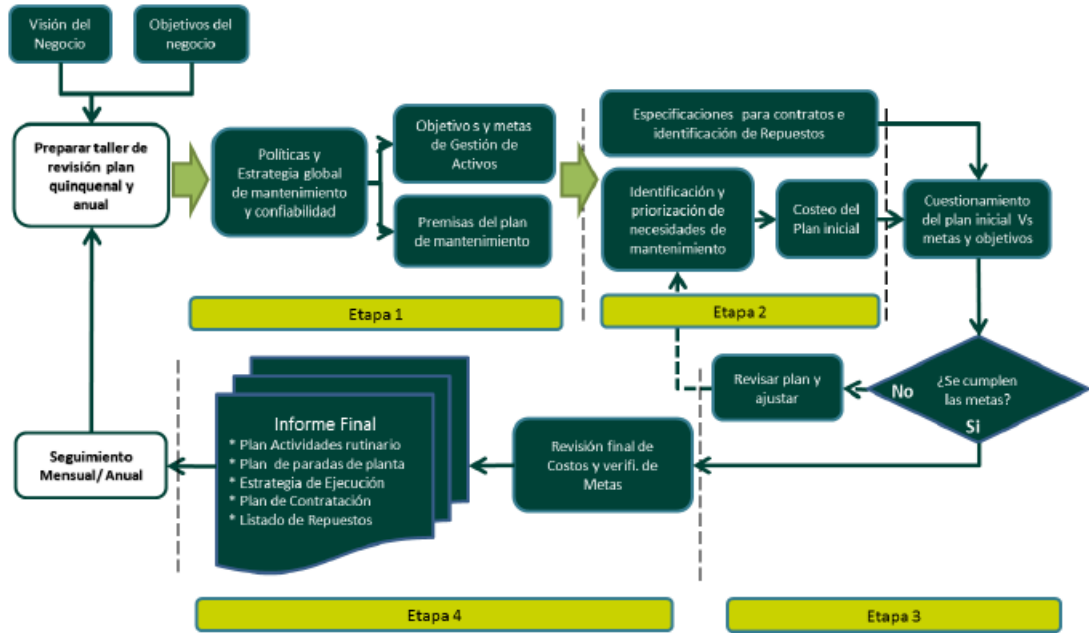
4.6 OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS ACTIVOS¹⁵

La mejora continua de los procesos de gestión en Ecopetrol S.A. se lleva a cabo mediante 4 subprocesos fundamentales: Análisis de la condición del activo, Eliminación de defectos, Administración de control de cambios, y Ajuste y mejora de planes de mantenimiento, siendo este último de mayor interés para este proyecto. Para conservar la brevedad, se detallan los primeros 3 subprocesos en el Anexo C.

4.6.1 Ajuste y mejora de planes de mantenimiento: Un proceso de mantenimiento requiere de una política, una estrategia, una planeación y una retroalimentación. En el proceso de mantenimiento rutinario se desarrolla una etapa muy importante: la planeación táctica del mantenimiento, cuyo modelo (Figura 49) consiste en la ejecución de 4 etapas lógicas para transformar los requerimientos del negocio en planes y actividades:

¹⁵ ECOPETROL S.A. Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 19-28.

Figura 49. Modelo de planeación táctica del mantenimiento



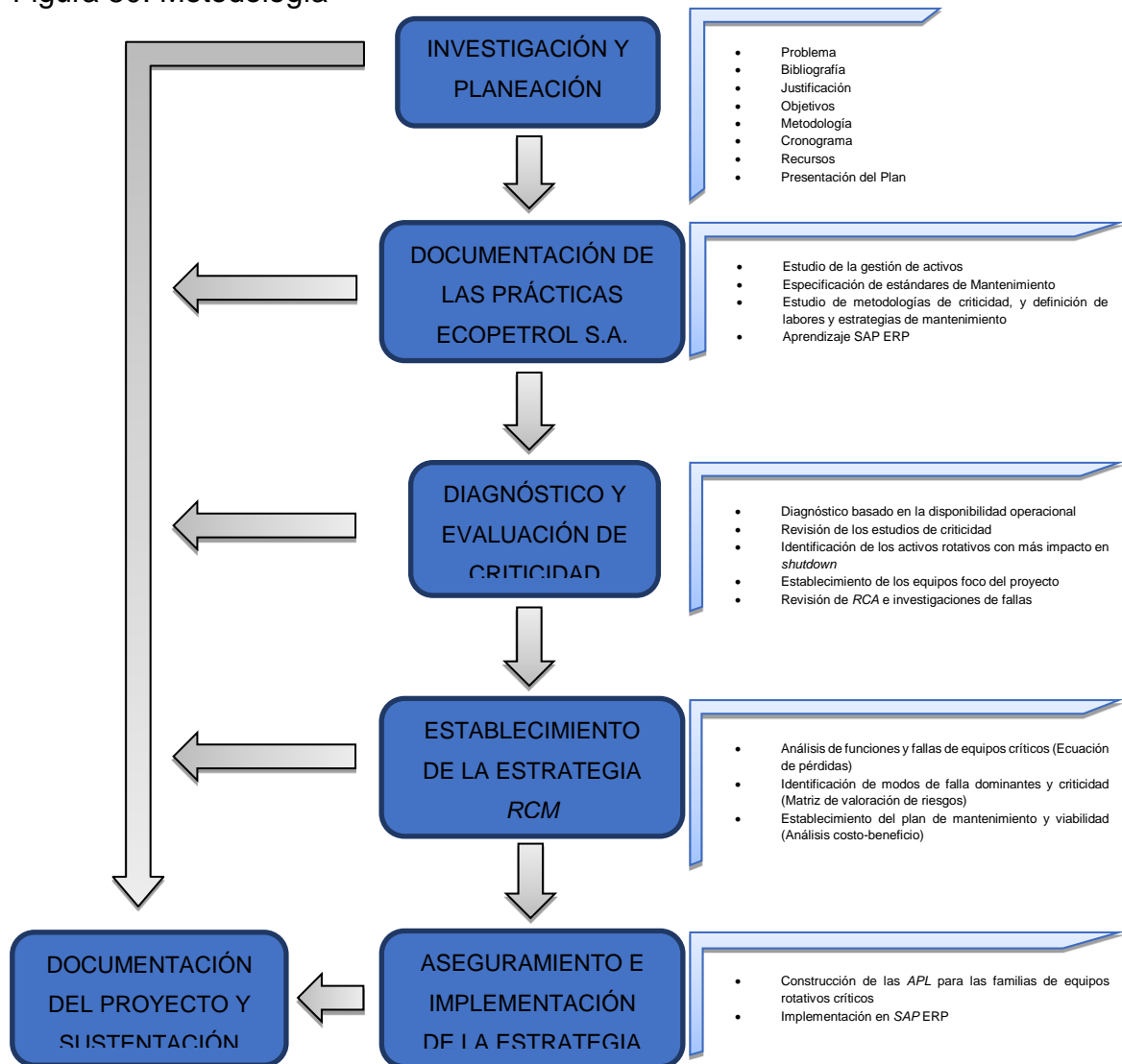
Fuente: ECOPEPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 27.

- Visión estratégica: Alineación del plan táctico con la estrategia corporativa de Ecopetrol S.A.
- Construcción del plan: Identificar las inversiones, acciones de mantenimiento contratos, y listado de repuestos requeridos. El plan debe construirse teniendo en cuenta el estado actual de los activos y los estudios de confiabilidad.
- Optimización del plan: Desarrollar talleres de cuestionamiento y optimización de los planes de mantenimiento considerando la nivelación de recursos humanos, las metas de disponibilidad operacional, seguridad de los procesos y el índice total de mantenimiento buscando la mejor relación entre confiabilidad y costos.
- Entregables del plan: Plan de mantenimiento congelado y costeo junto al Plan de paradas para el próximo quinquenio, Estrategias de ejecución, Plan de contratación y Listado de repuestos y compras.

5. METODOLOGÍA

La Figura 50 muestra el diagrama metodológico del proyecto. Se destaca que la etapa de documentación del proyecto es una constante superpuesta a las otras etapas y que se alimenta de las demás actividades.

Figura 50. Metodología



5.1 INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN

En esta etapa se define el proyecto y su alcance mediante la construcción del Plan de Proyecto.

Actividades:

- Identificación del problema a solucionar.
- Recopilación de la bibliografía necesaria.
- Justificación del proyecto.
- Definición de objetivos y alcance del proyecto.
- Establecimiento de las tareas y el cronograma de actividades.
- Determinación de los recursos necesarios.
- Presentación del Plan de Proyecto

5.2 DOCUMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE ECOPETROL S.A.

En esta etapa se busca informarse de las metodologías, directrices y políticas de Ecopetrol S.A. relacionadas con el establecimiento de las estrategias *RCM* en los activos de la GRB.

Actividades:

- Estudio de las políticas, directrices y buenas prácticas en la gestión de activos de Ecopetrol S.A.
- Especificación de los estándares y parámetros de gestión del mantenimiento en Ecopetrol S.A.

- Estudio de las metodologías de Ecopetrol S.A. para las evaluaciones de criticidad de sus activos., y la definición de las labores y las estrategias de mantenimiento.
- Aprendizaje de la operación del software de información y gestión de activos *SAP ERP*, en especial el módulo para el mantenimiento de planta PM.

5.3 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CRITICIDAD

En esta etapa se diagnóstica la situación actual de las plantas de Polietileno I y II mediante un estudio del indicador de disponibilidad operacional y de *shutdown*. También se busca especificar los activos críticos para intervenir dentro de la especialidad de equipo rotativo en las plantas de Polietileno I y II mediante:

- Revisión de los procesos de metodología *RPN* y *ASP* desarrollados por la GRB en un periodo de 7 años (2010-2016).
- Desarrollo de un Análisis de Pareto basado en el impacto de los equipos en la disponibilidad operacional.

Adicionalmente se busca preparar el terreno para la aplicación de *RCM* mediante identificación de acciones y medidas pendientes de *RCA* anteriores, y el progreso en la ejecución de las acciones de las investigaciones de fallas.

Actividades:

- Estudio de la evolución del indicador de disponibilidad operacional, y revisión de los reportes de *shutdown* e históricos de fallas, de las unidades de Polietileno I y II.
- Revisión y estudio de la criticidad basada en el riesgo y las consecuencias de falla (*RPN* y *ASP*) de los activos rotativos de las unidades de Polietileno I y II.

- Identificación de los activos de la especialidad de equipo rotativo con más impacto en *shutdown* de las plantas de Polietileno I y II de la GRB Ecopetrol S.A. mediante un análisis Pareto.
- Establecimiento de los activos rotativos que serán foco de la estrategia *RCM* de este proyecto, basado en el impacto sobre la disponibilidad operacional.
- Revisión de los *RCA* e investigaciones de falla con acciones pendientes de ejecución, para ser incluidas en la estrategia *RCM*.

5.4 ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRATEGIA *RCM*

Una vez identificados los activos objetivos de la estrategia *RCM* se procede con la actualización y aplicación de esta, realizando un proceso *FMECA* modificado según los lineamientos estratégicos de Ecopetrol S.A.

Actividades:

- Análisis de las funciones de los activos críticos y sus fallas por proceso desde un enfoque económico mediante la ecuación de pérdida de las plantas.
- Identificación de los modos de falla dominantes, y su criticidad, en cada equipo mediante uso de la matriz de valoración de riesgos *RAM (Risk Assessment Matrix)*.
- Establecimiento del plan de mantenimiento requerido para cada equipo y su viabilidad mediante un análisis costo-beneficio *BCA (Benefit-Cost Analysis)*.

5.5 ASEGURAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Etapa de apoyo al establecimiento de la estrategia *RCM* mediante la actualización de las *APL* y la implementación de la estrategia completa en el sistema de información y gestión de activos *SAP ERP*.

Actividades:

- Construcción de las *APL* para los activos críticos de las plantas de Polietileno I y II.
- Implementación de la estrategia en el módulo PM del sistema de información y gestión de activos *SAP ERP*.

5.6 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO Y SUSTENTACIÓN

Etapa final de presentación de memorias y sustentación del proyecto.

Actividades:

- Construcción de las memorias del proyecto.
- Sustentación del proyecto ante la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

6. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO

En este capítulo se abarca el diagnóstico inicial de rendimiento y confiabilidad sobre las plantas de polietileno y sus equipos. Se expone inicialmente la nomenclatura de sistemas que se utiliza dentro de la GRB para sus plantas. El diagnóstico mencionado se alimenta de información relacionada con las criticidades *RPN* y *ASP* y los históricos de falla disponibles dentro de la base de datos de la refinería, estableciendo que equipos son los más críticos dentro de las plantas.

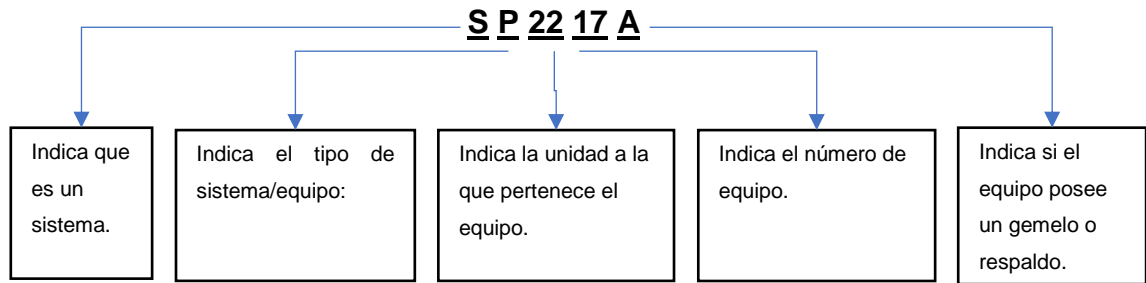
6.1 CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LOS EQUIPOS EN LA GRB.

6.1.1 Nomenclatura de identificación de las plantas de la refinería: La refinería organiza sus diferentes plantas en unidades productivas identificadas con un código que se ordena cronológicamente según la fecha de aparición de la planta. El código siempre empieza con una U, para identificar que estamos hablando de una unidad, seguido de un número que en la mayoría de los casos es múltiplo de 100 o en otros de 50.

Se numera cada unidad de 100 en 100, a excepción de ciertas unidades que pueden ser mellizas o similares como es el caso de las unidades de Polietileno I y II cuyos *tags* son U2200 y U2250 respectivamente. Por ejemplo, las unidades de las torres de destilación inicial del crudo que entra a la refinería se encuentran dentro de planta de *Topping* y son las U150, U200, U250, U2000 y U2100.

6.1.2 Nomenclatura de identificación de los equipos rotativos en las plantas de Polietileno I y II: Dentro de cada unidad los equipos se nombran mediante *tags* que permiten identificar el tipo y la unidad a la que pertenecen, y diferenciar entre equipos gemelos o respaldo. El formato se muestra en la Figura 51.

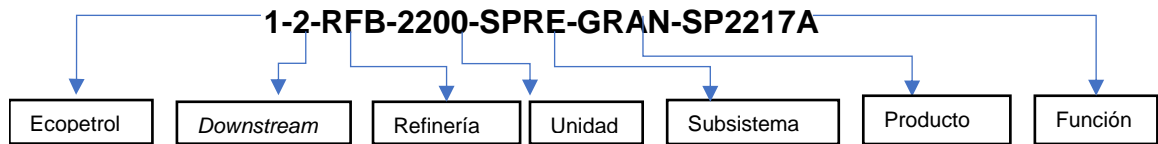
Figura 51. Nomenclatura de equipos



Entre los tipos de sistemas rotativos se encuentran: Bombas (P), Compresores (C), Reactores (R), Extrusores (EX), Alimentadores (AL), Agitadores (AG), Extractores de aire (EA), Extractores de bodega (UE), Extractores al extrusor (UF), Equipos de propósito especial (X). Estos equipos denominados sistemas no son un solo equipo en realidad, cuando se habla de un *tag* que comienza con una S se incluye dentro del código el conjunto motor-bomba o turbina-bomba, por ejemplo. Cuando se quiere hablar de ese equipo auxiliar o subsistema se empieza el *tag* con una M, N, X o Y, para identificar motores, turbinas, reductores o incrementadores respectivamente.

6.1.3 Nueva jerarquización con SAP (Ubicaciones técnicas): El sistema de gestión de activos que implementó Ecopetrol en el año 2015 trajo consigo una identificación completamente diferente para los equipos de la refinería. La codificación que utiliza el sistema *SAP* carece de las ventajas interpretativas del *tag*, ya que este asigna a cada equipo un consecutivo de 8 cifras que no suministra información útil al ingeniero de confiabilidad. Sin embargo, *SAP* ubica este equipo dentro de sus niveles de organización de activos en lo que se denomina ubicación técnica; esta ubicación técnica incluye la antigua información del *tag* en lo que ahora es una función y no un equipo. La Figura 52 ilustra este código.

Figura 52. Ubicación técnica de equipos en SAP



El siguiente nivel de este código es el número de equipo, el cual es único para cada uno de los equipos de cualquier especialidad dentro de la refinería y en Ecopetrol en general. Este número es muy importante para la posterior gestión de materiales y planes de mantenimiento dentro de SAP.

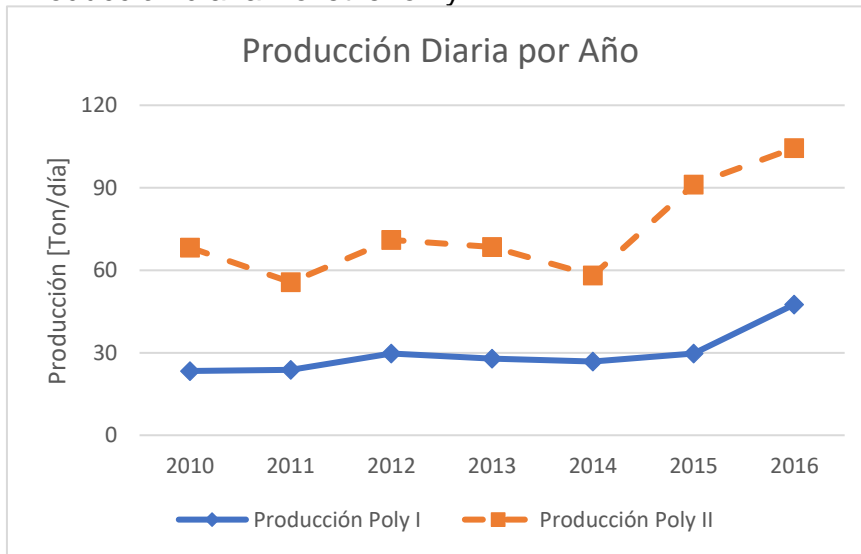
6.2 ANÁLISIS DE LOS REPORTES HISTORICOS DE FALLAS Y SHUTDOWN

A partir de los históricos de falla y de los registros de desempeño en la intranet de la GRB se realiza la evaluación de los indicadores que permiten identificar y comprender la situación actual de las plantas de polietileno.

6.2.1 Puesta en marcha de Turboexpander (Cambio del contexto operacional): En el año 2015, con el fin de aprovechar el gran margen de la producción de polietileno, se reacondicionó la unidad de *Turboexpander*, que extrae el etano de los gases provenientes de los diferentes campos de producción y lo envía a la unidad de etileno. Esto evita que las unidades de polietileno tengan que parar frecuentemente por falta de carga, al volverse menos dependientes de las unidades craqueo. De igual manera, se somete a los diferentes equipos a jornadas de trabajo más largas que ponen en evidencia y aceleran nuevos modos de falla.

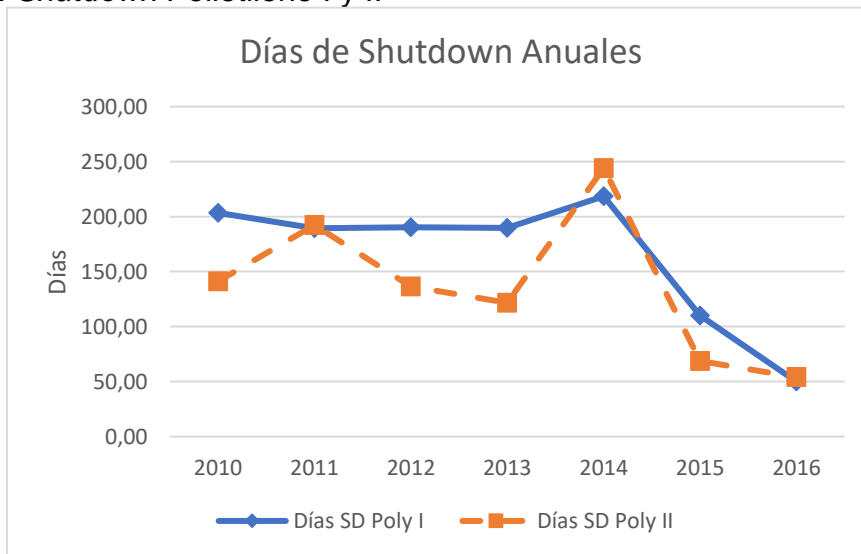
6.2.2 Análisis de los indicadores de desempeño principales: La Figura 22 y la Figura 23 del capítulo 2.1 muestran el comportamiento de la disponibilidad operacional y de la tasa de falla de las plantas de polietileno en 4 años. De la Figura 55 a la Figura 55 se muestra otros indicadores de importancia para entender la situación de las unidades de polietileno.

Figura 53. Producción diaria Polietileno I y II



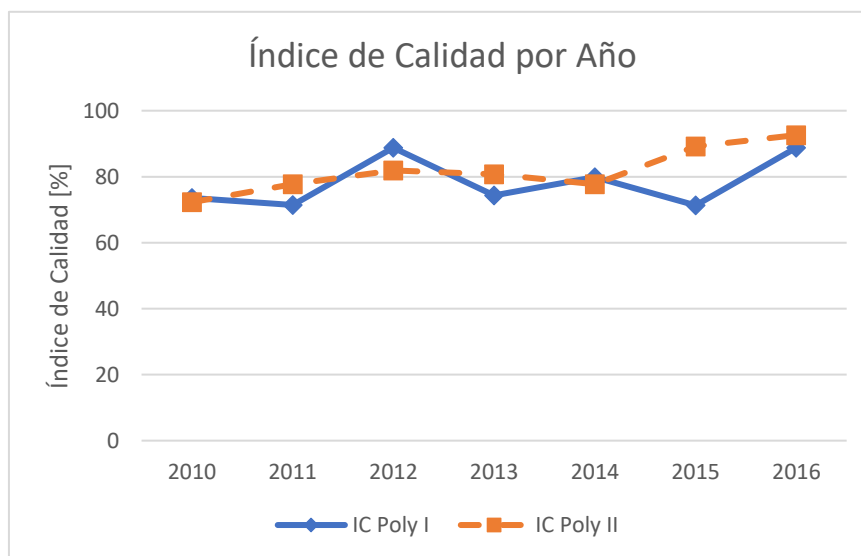
*Información construida a partir de reportes de indicadores en RIS (Refinery Information System).

Figura 54. *Shutdown* Polietileno I y II



*Información construida a partir de reportes de indicadores en RIS (Refinery Information System).

Figura 55. Índice de calidad Polietileno I y II



*Información construida a partir de reportes de indicadores en *RIS (Refinery Information System)*.

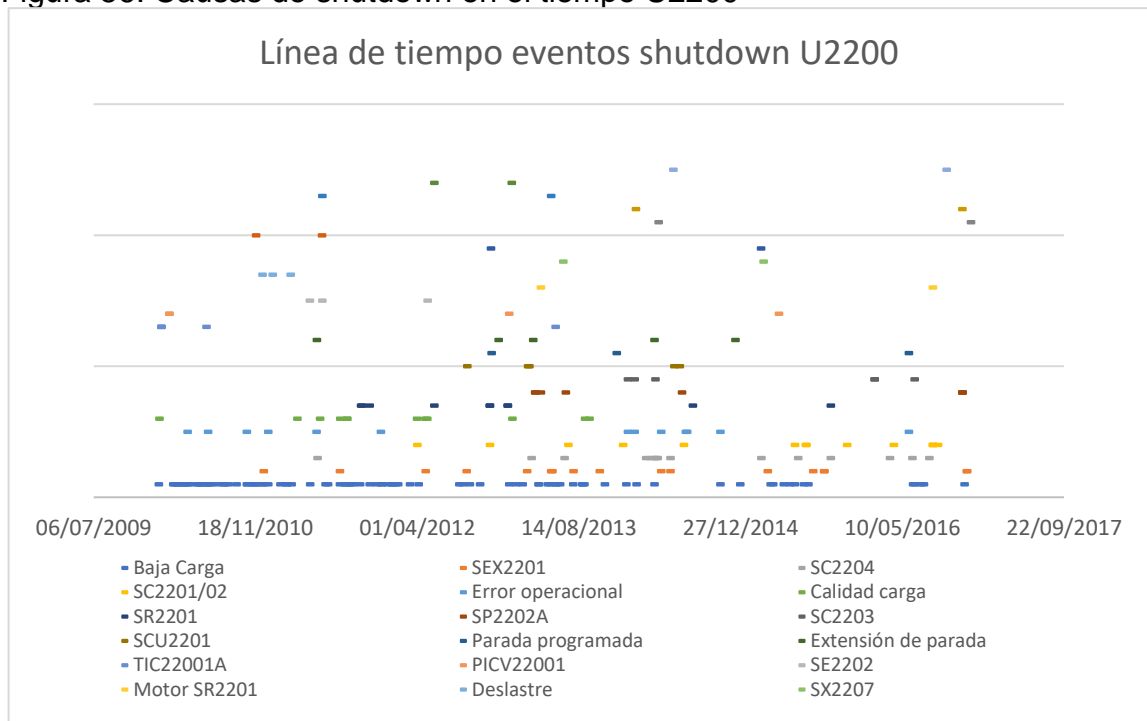
La producción diaria, los días de *shutdown* y el índice de calidad reflejan una clara mejora a partir del 2015. Esto se debe a que el suministro de etileno a la planta se volvió más estable, causando que la producción de polietileno se incrementara gracias a la continua operación de la planta, reduciéndose los efectos adversos que se producían sobre la calidad debido a las paradas y nuevos arranques.

Sin embargo, la disponibilidad operacional ha venido en declive y la tasa de falla ha aumentado en esos años de trabajo más continuo. Deben atribuirse estas tendencias negativas, no a la falta de carga que ya se suplió desde el 2015, sino a un déficit en la confiabilidad de los equipos de las diferentes especialidades (reflejado en su tasa de falla), debido al desgaste que genera la continua operación sobre ellos (especialmente sobre el equipo rotativo) y a la falta de una estrategia global y efectiva de mantenimiento en confiabilidad.

6.2.3 Análisis de causas de *shutdown* en el tiempo: Con el objetivo de concentrar los esfuerzos en los problemas más importantes que tienen las unidades de polietileno se realiza una búsqueda de causas más frecuentes que generan *shutdown* en la planta. La Figura 57 y la Figura 57 lista las causas más importantes y los momentos en el tiempo en que estas han afectado al indicador de *shutdown* en Polietileno I y II.

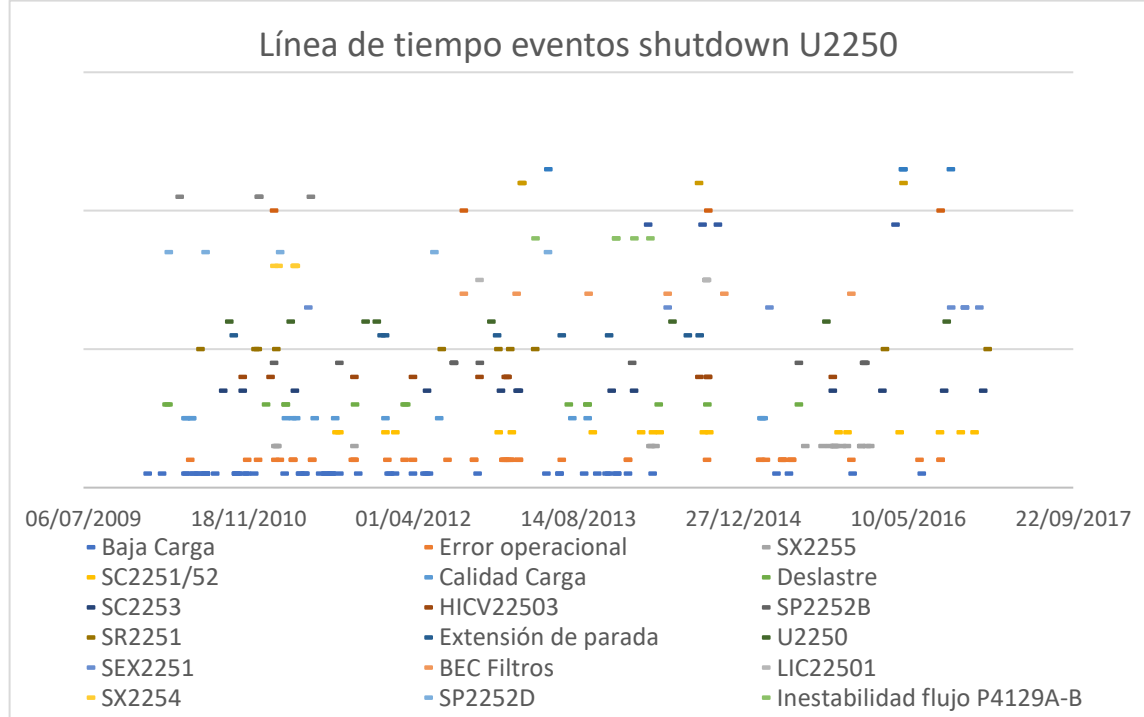
Es evidente que en años anteriores al 2015 la falta de carga era una de las razones más importantes por las que la planta no arrancaba, debido a que *Turboexpander* aún no entraba en funcionamiento. Además, se puede ver que dentro de las causas de parada se encuentran también los equipos rotativos corazón de la unidad (compresores y reactores).

Figura 56. Causas de shutdown en el tiempo U2200



*Información construida a partir del *RIS (Refinery Information System)*.

Figura 57. Causas de *shutdown* en el tiempo U2250



*Información construida a partir del *RIS (Refinery Information System)*.

Tabla 3. Impacto en días *shutdown* Polietileno I y II

Causa	Eventos	Días	Causa	Eventos	Días
Falta de carga	120	825,9	Falta de carga	80	428,79
R2201	28	158,78	R2251	52	223,22
Parada Preventiva	3	75,99	C2253	31	98,12
PICV-22001	14	69,34	C2251/52	22	79,64
E2206	2	52,48	Deslastre	18	39,09
C2204	11	28,46	EX2251	13	34,75
C2201/02	10	20,74	PICV22551	15	30,15
Especificaciones de la carga	7	18,14	Especificaciones de la carga	19	26,72
Proc. Mantenimiento	2	12,61	SE2251	1	13,42
CU2201	10	11,96	X2255	18	11,46
TIC22001A	2	8,72	X2254	8	8,57
Proc. Operacional	12	8,65	LICV22501	6	7,6
EX2201	16	7,36	Parada preventiva	1	7
HICV-22004D	2	4,31	HICV22503	40	6,54
Deslastre	3	4,11	DV22502	3	5,77
HCV-22003A	4	3,44	P2252A	14	3,27

■ Prospectiva del ing. de soporte del área
 ■ Impacto > 10 días de *shutdown*
 ■ Impacto > 10 eventos registrados

La Tabla 3 muestra el conteo total de eventos y el impacto en días que generaron las causas más importantes. Una vez más se aprecia que los compresores y

reactores son malos actores por su alto impacto. En esta etapa se utilizó un código de colores para marcar aquellas causas que resaltaban por encima de las demás teniendo en cuenta repetitividad, impacto y opinión del ingeniero de confiabilidad encargado del área.

6.3 ESTABLECIMIENTO DE LOS ACTIVOS PRIORITARIOS PARA LA ESTRATEGIA RCM

En conjunto con la información analizada hasta este punto se pretende evaluar la criticidad de los activos de equipo rotativo en las unidades de polietileno mediante métodos netamente cuantitativos que utilicen la información y registros históricos relacionados con los eventos de falla y su impacto en *shutdown* almacenados en las diferentes bases de datos de Ecopetrol.

6.3.1 Cálculo del TMEF para los equipos rotativos de polietileno: A partir de los registros almacenados en el antiguo sistema de gestión de mantenimiento *Ellipse* y de las investigaciones de falla en *Sharepoint* se estima cuantas fallas ocurrieron desde enero del 2007 hasta diciembre del 2016; lo que representa 11 años información para confiabilidad de los equipos rotativos

Para el cálculo del Tiempo Medio Entre Fallas se asumió una distribución normal (gaussiana) de la probabilidad de falla. Se descarta utilizar la distribución de Weibull ya que la cantidad de eventos registrados no es suficiente (<100 muestras) para que mediante se obtengan resultados útiles. Por lo tanto, el tiempo medio entre fallas se calcula con la expresión descrita en el capítulo 3.1.1.

La Tabla 4 muestra los años en que ocurrieron fallas y el tiempo medio entre fallas calculado en años para los equipos que tuvieron 2 o más fallas en el intervalo de tiempo utilizado. Se evidencia que los compresores y reactores tienen los TMEF más cortos. Se debe tener en cuenta que este tiempo medio entre fallas funciona

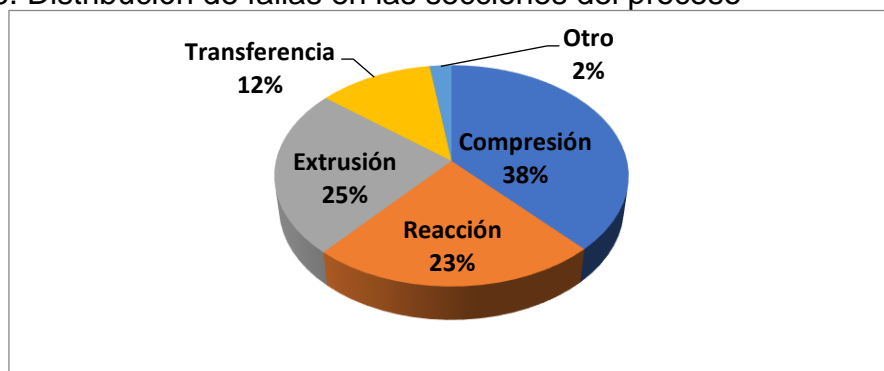
como una herramienta de criticidad, aunque también se puede usar para determinar los intervalos de intervención que deben tener los equipos para prevenir sus modos de falla o para evaluar la efectividad de la estrategia actual de mantenimiento. La información completa se puede encontrar dentro del Anexo E.

Adicionalmente se puede evidenciar en que sección del proceso se están concentrando la mayor cantidad de fallas. En la Figura 58 se puede observar que en compresión, extrusión y reacción son las secciones críticas del proceso. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta información no demuestra el impacto sobre la disponibilidad operacional, pues no tiene en cuenta el peso de cada evento de falla.

Tabla 4. TMEF para el equipo rotativo de Polietileno

Equipo	Sección	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total	TMEF [Años]
SR2201	Reacción I	1	1	3	2	1	1		1	1		11	1
SC2204	Compresión I	2	1	1		1		2	1		2	10	1,1
SR2251	Reacción II	1	1		2		1	1	1		2	9	1,2222
SC2253	Compresión II	1		1				2	1	1	1	7	1,5714
SC2203	Compresión I	2						1	1	1	3	8	1,375
SC2251/52	Compresión II						1	1		3	2	7	1,5714
SX2255	Extrusión II					1				3	2	6	1,8333
SAG2202B	Extrusión I			2	1	1						4	2,75
SAL2252	Transferencia II			1				1			1	3	3,6666
SC2201/02	Compresión I									1	2	3	3,6666
SCU2201	Extrusión I							1	1	1		3	3,6666
SEX2251	Extrusión II		1				1			1		3	3,6666
SP2274	Extrusión II						1	1		1		3	3,6666
SAL2203	Transferencia I				1		1					2	5,5
SCU2251	Extrusión II		1		1							2	5,5
SP2270A	Extrusión II						1		1			2	5,5

Figura 58. Distribución de fallas en las secciones del proceso



6.3.2 Análisis Pareto según impacto en indicador de *shutdown*: Con la herramienta del diagrama de Pareto se pretende encontrar el efecto en la disponibilidad operacional que tiene cada evento de falla de cada equipo, y de esta manera cuantificar que equipos rotativos son los que más ocasionan pérdidas de producción y tiempos de parada en las unidades de polietileno. El objetivo más específico de este Pareto es encontrar el 20% de los equipos que generan el 80% de los días de parada en la planta de polietileno.

La información utilizada en el Pareto proviene del *RIS*, el sistema en el cual se registra y se lleva control de diversos indicadores de desempeño de los activos, unidades y la refinería en general, incluido el *shutdown*.

El primer paso de la metodología del análisis de Pareto es ordenar los datos de mayor a menor. En este caso la Tabla 5 muestran los equipos ordenados desde los que más impactaron hasta los que menos impactaron al indicador de *shutdown* para las unidades de Polietileno I y II de forma independiente. En estas mismas tablas se ejecuta el siguiente paso: calcular la frecuencia acumulada de estos días de *shutdown* y su porcentaje.

Tabla 5. Días de *shutdown* por equipo para Pareto Polietileno I y II

Equipo	Días SD	Días SD Acumulados	Porcentaje Acumulado	Equipo	Días SD	Días SD Acumulados	Porcentaje Acumulado
SR2201	103,71	103,71	56,33%	SR2251	45,56	45,56	30,25%
SC2201/02	27,60	131,30	71,32%	SC2251/52	39,51	85,07	56,49%
SC2204	27,41	158,71	86,20%	SC2253	33,18	118,25	78,52%
SCU2201	9,29	168,00	91,25%	SX2255	10,26	128,51	85,33%
SEX2201	6,77	174,76	94,92%	SUF2261	7,82	136,33	90,52%
SX2207	3,59	178,36	96,87%	SEX2251	5,65	141,98	94,28%
SC2203	2,94	181,29	98,47%	SX2254	2,92	144,90	96,22%
SP2202A	1,21	182,51	99,13%	SAL2252	1,33	146,23	97,10%
SP2217	0,56	183,07	99,43%	SCU2251	1,02	147,25	97,78%
SX2201	0,46	183,53	99,68%	SP2252B	1,02	148,27	98,45%
SP2207	0,22	183,75	99,80%	SC2259A	0,72	148,99	98,93%
SP2202B	0,17	183,92	99,90%	SP2252A	0,59	149,58	99,32%
SC2261B	0,13	184,05	99,97%	SP2252D	0,47	150,05	99,64%
SP2201B	0,04	184,10	99,99%	SP2252E	0,22	150,27	99,78%
SP2202C/D	0,02	184,11	100,00%	SX2256	0,15	150,43	100%

La Figura 26 del capítulo 2.1 contiene los diagramas de Pareto elaborados con las tablas mencionadas anteriormente. En estos se pudo apreciar que los equipos rotativos más impactantes en la disponibilidad operacional fueron los compresores recíprocos de etileno y los reactores de polimerización listados en ese capítulo.

6.4 REVISIÓN DE LOS RCA E INVESTIGACIONES DE FALLA CON ACCIONES PENDIENTES

Como parte de las acciones preliminares al proceso *RCM* se pretende revisar e identificar la implementación de las acciones generadas en diferentes investigaciones de falla e incidentes en los equipos rotativos críticos prioritarios de la planta de polietileno, con el objetivo de verificar su cumplimiento y garantizar las bases de aplicación de la estrategia actualizada de mantenimiento. Además, se considera de mayor prioridad cualquier medida que en el pasado se haya generado para evitar que se repitan fallas identificadas previamente en las investigaciones (En el Anexo F se explican los diferentes niveles de investigación que determinan la naturaleza de las acciones).

Se registraron diferentes investigaciones de las fallas de los equipos críticos en polietileno desde el año 2008, así como el reporte de cumplimiento de acciones actualizado en *RIS*, y se encontró que del total acciones revisadas (26) solo se habían cumplido el 46% (12); una cifra alarmante dado que la fecha de cumplimiento de la totalidad de ellas ya había pasado y se encontraban vencidas. Este reporte se emitió a los encargados responsables y a la gerencia, de forma que cada acción se cumpliera justo a tiempo para la implementación de la estrategia de mantenimiento actualizada. La Tabla 6 muestra el listado de acciones, su fecha de cumplimiento programada y el estado en el que se encontraba hasta el 19 de Julio de 2017.

Tabla 6. Listado de acciones revisadas para los equipos rotativos críticos de la planta de polietileno

Equipo	Clase de Investigación	Área Responsable	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Final	Estado
SC2201/02	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Operaciones	Edwin Paba Ortega	24/06/2016	30/07/2016	✗
	Incluir dentro de las actividades BEC del operador la limpieza periódica del base-plate de los equipos rotativos, incluidos compresores etileno					
SC2201/02	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Planeación	Jhon Jairo Peñuela Chaves	24/06/2016	30/12/2016	✓
	Incluir dentro de la programación de las intervenciones de mantenimiento a los compresores de Polietileno 1 y 2, la aplicación de la directriz 19 (limpieza)					
SC2201/02	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Rotativo	Elber Fernando Ruiz Rueda	13/01/2017	31/03/2017	✗
	Revisar la actual frecuencia de reapriete de las tapas de válvulas y tornillos centrales para redefinir la frecuencia.					
SC2201/02	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Mantenimiento	Jhon Jairo Fuentes Santamaría	13/01/2017	30/04/2017	✗
	Detallar en el procedimiento de armado de los compresores primarios los pasos para realizar correctamente el reapriete de los tornillos centrales de las válvulas					
SC2204	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Jairo Alonso Ojeda	26/06/2013	30/09/2013	✗
	Realizar el procedimiento y check list de reparación del sistema de sellado de los compresores de polietileno I					
SC2204	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Mantenimiento	Jairo Alonso Ojeda Casanova	11/07/2013	30/09/2013	✗
	Realizar el procedimiento y check list (controles de calidad) de reparación del sistema de sellado de los compresores de polietileno I					
SC2251/52	Consolidado fallas investigaciones acciones 2012	Rotativo	Elber Fernando Ruiz Rueda	25/01/2012	31/07/2013	✗
	Elaborar procedimiento de montaje y check list de instalación de las válvulas de los compresores de Polietileno.					
SC2251/52	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Jhon Jairo Fuentes	05/01/2013	30/04/2012	✗
	Realizar procedimiento para instalación de las válvulas en los compresores SC2251/52 y SC2201/02 donde se incluya un check list para asegurar el correcto montaje.					
SC2251/52	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Mantenimiento	Jhon Jairo Fuentes Santamaría	25/01/2012	30/04/2012	✗
	Elaborar procedimiento de montaje y check list de instalación de las válvulas de los compresores de Polietileno.					
SC2251/52	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Mantenimiento	Jhon Jairo Fuentes Santamaría	21/01/2013	30/06/2013	✗
	Incluir como un paso en el procedimiento de instalación de las válvulas de SC2251/52 la verificación de la integridad de las materas mediante prueba de líquidos penetrantes					
SC2251/52	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Mantenimiento	Jhon Jairo Fuentes Santamaría	15/04/2016	29/07/2016	✗
	En el procedimiento de reparación del compresor incluir las medidas a controlar en el armado y montaje de las válvulas y los descargadores					
SC2251/52	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Elber Fernando Ruiz Rueda	28/07/2011	30/11/2011	✗
	Elaboración del procedimiento y formato de calibración para la reparación de las válvulas Cook Manley					
SC2253	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Cesar Rolando Silva	06/02/2013	30/03/2013	✓
	Construir el procedimiento detallado de intervención de los cilindros de los SC-2203/04 y SC-2253 bajo la metodología de Mantenimiento con excelencia estableciendo controles de calidad específicos.					
SC2253	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Jhon Fuentes	05/12/2013	08/11/2013	✓
	Emitir Procedimiento de Mantenimiento del compresor SC2253 en donde se incluya una lista de chequeo con la verificación de la instalación de componentes críticos del sistema.					
SR2201	Consolidado fallas investigaciones acciones 2012	Mantenimiento		16/09/2012		✓
	Modificar procedimiento de armado del motor donde se incluya la calibración de la holgura radial y verificación de las especificaciones de los rodamientos de armado del motor.					
SR2201	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Elber Fernando Ruiz	13/07/2014	30/11/2014	✓
	Elaborar procedimiento de armado de abrazaderas centrales según metodología de mantenimiento con excelencia y anexo al procedimiento de armado del reactor. Incluir en el procedimiento de armado del reactor una nota de advertencia de la criticidad de la no correcta instalación de esta pieza.					
SR2201	Análisis de causa de falla	Rotativo	Elber Fernando Ruiz	13/07/2014	30/11/2014	✓
	Redefinir el formato de calibraciones y elaborar check list para armado de los ejes del reactor.					
SR2201	Análisis de causa de falla	Mantenimiento		22/07/2009	15/08/2009	✗
	Revisar procedimiento de armado y desarmado del Reactor R2201 verificando que cuando de utilice rodamiento Timken W3217B, en caso de eventualidades, se deben quitar los pines guía de los rodillos y en lo posible utilizar siempre rodamiento Torrington D-3461C.					
SR2201	Consolidado fallas investigaciones acciones 2012	Rotativo		17/09/2012		✓
	Catalogar tapón superior del R2201 y recomendación para la de fabricación y compra de un nuevo tapón.					
SR2201/51	RCA	Rotativo	Elber Fernando Ruiz (Ingeniero de Confiabilidad Eq. Rotativo)	30/05/2011	30/07/2011	✓
	Validar el plan de preservación de los reactores de polimerización.					
SR2251	Análisis de causa de falla	Operaciones / Mantenimiento	José Luis Velásquez / Cesar R. Silva	14/03/2013		✗
	Elaborar procedimientos críticos de operación y mantenimiento para reactores, compresores y extrusores incluyendo sus equipos auxiliares, de acuerdo con la matriz de procedimientos críticos definida por el departamento de petroquímica.					
SR2251	Análisis de causa de falla	Mantenimiento	Jairo Martínez	15/05/2014	15/12/2014	✓
	Modificar el protocolo de armado del motor de los reactores SR2201/51 en el taller eléctrico para que incluya la verificación de la designación del rodamiento y la calibración de las holguras internas.					
SR2251	Reporte cumplimiento de acciones 2015	Mantenimiento / Rotativo	Elber Fernando Ruiz Rueda	25/12/2016	28/02/2017	✓
	Elaborar procedimiento de armado de las abrazaderas centrales según metodología de mantenimiento con excelencia y anexo al procedimiento de armado del reactor. Incluir en el procedimiento de armado del reactor las partes de cambio, los métodos de inspección					

7. ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRATEGIA RCM

Una vez definidos los activos prioritarios a trabajar, se debe definir el contexto operativo de acuerdo con la metodología *RCM*. Se emplea un Análisis de Modos Efectos y Criticidad de Falla *FMECA* modificado según las prácticas de mantenimiento de la GRB para estructurar la actualización de la estrategia de mantenimiento.

7.1 ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES Y FALLAS DE LOS ACTIVOS PRIORITARIOS MEDIANTE LA ECUACIÓN DE PERDIDAS DE LAS PLANTAS

7.1.1 Determinación de los subsistemas de los activos prioritarios:

Basándose en las especificaciones descritas en los Manuales de Proceso de las plantas de Polietileno I y II¹⁶, se puede refinar la descripción general de las etapas primarias del proceso de síntesis de polietileno descrito en el capítulo 2 para ofrecer una división operativa útil para definir las funciones de los equipos prioritarios. Se definen las siguientes secciones con sus respectivos objetivos operacionales:

- Sección de recibo de carga y compresión primaria: Comprimir el etileno fresco de carga proveniente de la unidad etileno II y el etileno proveniente del tambor separador de baja presión.
- Sección de compresión secundaria e iniciadores: Realizar la compresión secundaria del etileno proveniente del compresor primario y el separador de alta presión, para descargarlo posteriormente en el reactor.
- Sección de reacción, separación y reciclo: Llevar a cabo la reacción de polimerización de polietileno y la posterior separación del gas de reciclo.

¹⁶ ECOPETROL S.A. Descripción detallada de proceso. En: Manual de Descripción del Proceso de la Unidad [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2009. p. 82-97.

Considerando la gran similitud estructural entre las plantas de Polietileno I y II, es posible trabajar los equipos correspondientes en cada planta bajo la misma metodología. Se describen entonces 3 categorías fundamentales de los activos prioritarios:

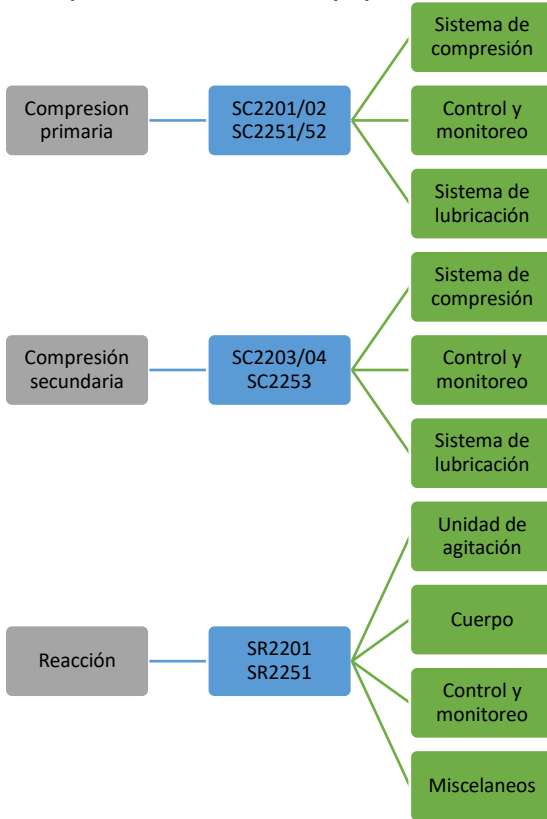
- Compresor Primario: Incluyen el par de compresores SC2201 y SC2251, y el conjunto de equipos menores que de cuyo funcionamiento afecta de manera integral al del compresor en cada planta.
- Compresor Secundario: Incluyen el par de compresores SC2203/04 y SC2253, y el conjunto de equipos menores que de cuyo funcionamiento afecta de manera integral al del compresor en cada planta.
- Reactor: Incluyen el par de reactores SR2201 y SR2251, y el conjunto de equipos menores que de cuyo funcionamiento afecta de manera integral al del compresor en cada planta.

En la Figura 59, se muestra la división de cada una de categorías descritas en equipos y componentes, que constituyen el nivel de trabajo fundamental de los análisis que se desarrollaran a continuación.

La construcción de los componentes está fundamentada en la utilidad general que ofrece un subsistema a la función operativa de cada una de las etapas del proceso. Por lo tanto, cada componente es una familia de equipos menores y piezas mecánicas que comparten una serie de funciones específicas por definir.

Dichos equipos menores pueden incluir motores eléctricos, bombas, tanques de aceite, sensores y demás elementos de control. El nombre que se le asigna a las piezas mecánicas que no figuran como equipos (y por lo tanto no tienen un tag dentro de la nomenclatura de la GRB) es el de Parte-Objeto.

Figura 59. División en componentes de los equipos prioritarios.



7.1.2 Definición de funciones y fallas por componente: Al asignar las funciones de cada componente se procura sintetizar el conjunto de tareas desarrolladas por los elementos de cada componente, apoyándose en el criterio de los ingenieros de cada especialidad. Como referencia técnica, se revisan las ventanas operativas del proceso de la planta descritas en el capítulo 6 de Manual de Proceso¹⁷.

El proceso de descripción de fallas se desarrolló considerando las formas en que el funcionamiento del equipo abandona el estado funcional óptimo, abarcando fallas totales y parciales. En la Tabla 7 se ejemplifica el proceso desarrollado para los compresores primarios.

¹⁷ ECOPETROL S.A. Estrategias de control y consecuencias de desviación. En: Manual de Descripción del Proceso de la Unidad [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2009. p. 82-97.

Tabla 7. Definición de las funciones por componente para los compresores primarios.

EQUIPO	COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL
COMPRESOR PRIMARIO (SC2201, SC2251)	SISTEMA DE COMPRESIÓN	Comprimir el etileno fresco de carga proveniente de la planta Etileno II desde 200 psig hasta 3000 psig y el etileno de reciclo desde 7 psig hasta 3000 psig.	1. La carga de etileno que llega a las diferentes etapas de compresión se comprime por debajo de la presión esperada de la etapa
			2. La carga de etileno que llega a las diferentes etapas de compresión se comprime por encima de la presión esperada de la etapa
		Mantener los valores de vibración en cruceta y cabezal debajo los valores máximos permisibles establecidos en el sistema Prognost.	3. Los valores de vibración exceden el limite permisible.
			4. Parada inesperada del sistema de compresión.

El formato de análisis de modos, efectos y criticidad de falla *FMECA* terminado de cada uno de los equipos prioritarios pueden encontrarse en el Anexo I.

7.1.3 Análisis general del impacto económico de las fallas: Para asegurarse que la toma de decisiones en las diferentes etapas del análisis de modos, efectos y criticidad de fallas tenga un soporte real del impacto económico en la GRB, se establecen los siguientes rubros:

- Costo por Parada: Corresponde a la suma de las pérdidas ocasionadas por una falla que resultan en una parada de planta no programada. El costo promedio de un evento como éste se describe mediante la Ecuación de Perdidas de la Planta, calculada por la División de Economía y Gestión de la GRB:

$$C_{Parada\ Polietileno\ I} = \$35.000 \frac{\$usd}{día} * Dias\ de\ Parada$$

$$C_{Parada\ Polietileno\ II} = \$90.000 \frac{usd}{día} * Dias\ de\ Parada$$

Este costo es en general proporcional al volumen de producción de polietileno de cada una de las plantas, que al momento de desarrollar este proyecto se considera como 64 ton/día y 120 ton/día para Polietileno I y II respectivamente.

- Costo de intervención de mantenimiento: Corresponde a la suma de los costos por mano de obra, materiales, herramientas y repuestos. El costo de los repuestos se consiguió mediante la construcción de las *APL*, descrita a fondo en la sección 8.1.
- Costo total de falla: Se define como la suma del costo de los daños materiales ocasionados por una falla y su reparación.

$$C_{Falla} = C_{Intervencion\ Correctiva} + C_{Parada\ no\ Programada}$$

- Costo de actividad de mantenimiento: Se define como los costos incurridos por intervenciones y paradas programadas dentro de la estrategia de mantenimiento.

$$C_{Actividad} = C_{Intervencion} + C_{Almacenamiento} + C_{Parada\ Programada}$$

El desarrollo y aplicación de estos rubros se aborda en el capítulo 7.3.

7.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA DOMINANTES Y SU CRITICIDAD MEDIANTE *RAM*

7.2.1 Modos de falla según la norma ISO 14224: La primera referencia para la identificación de modos de falla son los Formatos de Investigación del Operador de Primer Nivel: GRB-GRB-F-04, GRB-GRB-F-06, GRB-GRB-F-08, GRB-GRB-F-09. En éstos se encuentran catalogados los modos de falla según la norma ISO 14224 aplicables a equipos dentro de las especialidades técnicas Rotativo, Estático, Electrónico y Eléctrico.

En la Tabla 8 se muestra la lista de modos de falla del formato correspondiente a equipo Rotativo, junto a su descripción general.

Tabla 8. Modos de falla aplicables a equipo rotativo según Formatos de Investigación del Operador Ecopetrol S.A.

MODO DE FALLA APLICABLE		
Cód.	Descripción	Ejemplo
<input type="checkbox"/>	FTS Falla al iniciar demanda	No enciende
<input type="checkbox"/>	STP Falla al parar en demanda	No se detiene
<input type="checkbox"/>	UST Parada inesperada	Cierre repentino
<input type="checkbox"/>	BRD Rotura	Obstrucción/Rotura
<input type="checkbox"/>	HIO Baja transferencia de calor	Velocidad; Flujo; MW
<input type="checkbox"/>	LOO Baja salida	Entrega/ producción por debajo de aceptada
<input type="checkbox"/>	ERO Salida errática	Oscilante/Inestable
<input type="checkbox"/>	ELP Fuga externa medio de proceso	Gas, condensado, agua
<input type="checkbox"/>	ELU Fuga externa medio auxiliar	Lubricante, agua de refrigeración
<input type="checkbox"/>	INL Fuga interna	Escape interno de procesos o utilities
<input type="checkbox"/>	VIB Vibración	Vibración anormal
<input type="checkbox"/>	NOI Ruido	Ruido anormal
<input type="checkbox"/>	OHE Sobrecalentamiento	Partes de equipo/fluido
<input type="checkbox"/>	PLU Taponamiento/Restringido	Flujo restringido(s)
<input type="checkbox"/>	PDE Desviación de parámetros	Parámetro monitoreado excede los límites
<input type="checkbox"/>	AIR Lectura anormal del instrumento	Falsa alarma/Defectuoso instrumento de indicación
<input type="checkbox"/>	STD Deficiencia estructural	Daños de material (grieta, desgaste, corrosión)
<input type="checkbox"/>	SER Problemas menores de servicio	Descoloramiento/ partes sueltas/suciedad
<input type="checkbox"/>	OTH Otro	Modos de falla no especificados
<input type="checkbox"/>	UNK Desconocido	Insuficiente información para definir modo de falla

Fuente: ECOPETROL S.A., Formato de Investigación del Operador – Modos de Falla equipo rotativo. En: *Sharepoint* Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2012.

7.2.2 Definición de modos de falla por parte-objeto de los componentes de los activos prioritarios: Conociendo el estándar para la nomenclatura de modos de falla, se debe construir la lista de modos de falla de cada uno de los activos prioritarios. Los modos de falla para el análisis *FMECA* se deben definir para las Partes-Objeto de cada componente, pues ese es el nivel de detalle requerido para proponer las tareas de la estrategia de mantenimiento de acuerdo con el modelo de gestión de activos de Ecopetrol S.A. Este proceso se desarrolla en conjunto con los ingenieros de confiabilidad de cada área teniendo en cuenta: las funciones y fallas por componente definidas previamente, la información recolectada en el diagnóstico referente a las causas de *shutdown*, los reportes de falla e investigaciones *RCA* disponibles, y el criterio del equipo *RCM*. La Tabla 9 ejemplifica este proceso aplicado al sistema de compresión de los compresores primarios.

Tabla 9. Extracto Lista de Partes-Objeto y Modos de falla de Compresores.

Denominación Clase	COMPONENTE	Parte - Objeto	Mecanismo de Falla	Modo de Falla ISO
Compresor Reciprocante	Compresor	Amortiguador de Pulsaciones	Obstrucción del drenaje	NOI
			Llegada de material extraño al tambor	NOI
		Bujes	Desgaste y Pérdida de holgura	NOI / VIB / OHE
		Carcasa	Agrietamiento	STD (muy raro)
		Casquetes	Desgaste y Pérdida de holgura	NOI / VIB / OHE
		Cigüeñal	Desgaste de muñones	NOI / VIB / OHE
			Deflexión	NOI / VIB / OHE
		Cilindro	Desgaste de camisa	NOI / VIB / OHE / STD
			Rotura o agrietamiento del cilindro	NOI / VIB / OHE / STD
		Cojinete de Empuje	Desgaste del cojinete	NOI / VIB / OHE
		Cojinete Radial	Desgaste del cojinete	NOI/VIB/OHE
		Empaque	Desgaste del empaque	ELU / ELP / INL
		Pistón	Desgaste de anillos (compresión y guía)	NOI / VIB / OHE
		Plunger	Ralladura	NOI / VIB / OHE
			Rotura	NOI / VIB / OHE / BRD
			Desalineamiento (Runout)	NOI / VIB / OHE / BRD
		Rodamiento Radial	Falla de lubricación	NOI / VIB / OHE
			Desalineamiento	NOI / VIB / OHE
			Carga axial	NOI / VIB / OHE
		Sello de Aceite	Desgaste del sello	UST / BRD / ELU
			Rotura	UST / BRD / ELU
		Sello de Gas	Desgaste del sello	BRD / ELP / VIB / OHE
			Rotura	BRD / ELP / VIB / OHE
		Soporte	Agrietamiento	BRD / VIB / NOI / STD
			Soltura	BRD / VIB / NOI / STD
		Tubería /Tubería interna	Rotura	BRD / VIB / NOI / STD / ELP
			Soltura	BRD/VIB/NOI/STD/ELP
		Válvula	Falla de internos	VIB / NOI / OHE
			Falla de empaques (tapa y asiento)	VIB / NOI / OHE
		Vástago	Ralladuras en zona de sellos	VIB / NOI / OHE / PDE
			Rotura	VIB / NOI / OHE / PDE

7.2.3 Construcción de la RAM: Estimación de la probabilidad y gravedad de consecuencias de falla: Se define un proceso para establecer la criticidad de los modos de falla ISO empleando los criterios de la matriz de análisis de riesgos *RAM* descritos en el capítulo 4.4. En primer lugar, se debe estimar la probabilidad de ocurrencia de cada modo de falla. Se emplea el algoritmo mostrado en la Figura 60, apoyándose en la base de datos de reportes de fallas del periodo 2012-2016 (tomada de *sharepoint*) y los *ETBF* (a cero mantenimiento) de cada Parte-objeto determinados en conjunto con el equipo de confiabilidad del Departamento Petroquímica de GRB (ver Anexo G) . Como ejemplo se muestran los *ETBF* determinados para las Partes-Objeto de los Compresores Primarios en la Tabla 10.

Figura 60. Algoritmo para estimar la probabilidad de ocurrencia de modos de falla ISO

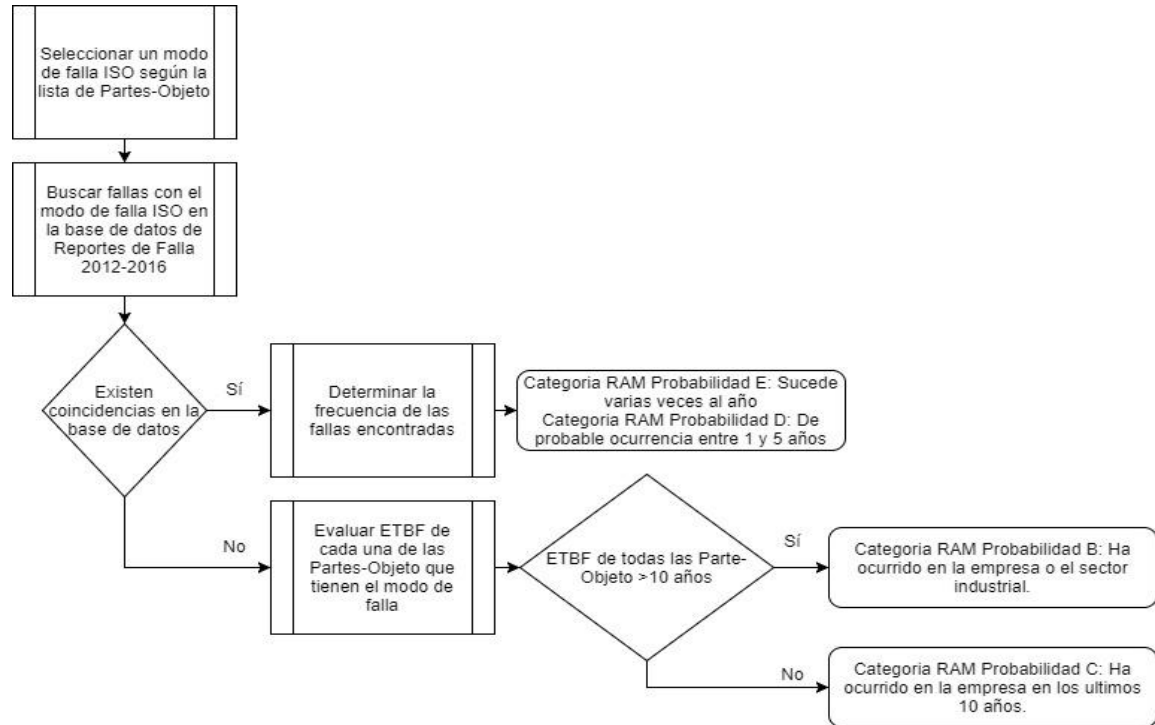


Tabla 10. ETBF de Compresores Primarios.

EQUIPO	PARTE OBJETO	ETBF (cero Mtto)
Compresores Primarios SC2201/02, SC2251/52	Rotativo	
	Amortiguador de Pulsaciones	10 años
	Bujes	1 año
	Carcasa	30 años
	Casquetes	1 año
	Cigüeñal	6 años
	Cilindro	20 años
	Cojinete de Empuje	1 año
	Cojinete Radial	1 año
	Empaque	3 años
	Pistón	1 año
	Vástago	1 año
	Rodamiento Radial	1 año
	Sello de Aceite	2 años
	Sello de Gas	1 año
	Soporte	1 año
	Tubería / Tubería interna	30 años
	Válvula	3 años
	Instrumentos	
	Cable	30 años
Monitoreo	6 años	
Sensor	3 años	
Unidad de Control	6 años	

Para estimar la gravedad de los modos de falla se deben evaluar cada uno de los 5 criterios de impacto: Consecuencia económica, daño a personas, daño a clientes, daño al medio ambiente y daño a la imagen de la empresa. Considerando el nivel de detalle de las fuentes de información disponibles para justificar la evaluación de estos criterios, se trabajará a nivel de equipos, por lo que la categoría de criticidad de los modos de falla en un mismo equipo se diferenciará principalmente por la probabilidad de ocurrencia. Este proceso de ponderación se apoya en las escalas definidas en el capítulo 4.4, Figura 43 a Figura 46, aplicadas a un contexto operativo.

El impacto económico se determina aplicando la ecuación de pérdidas descrita en el capítulo 7.1.3 a cada equipo, calculando el costo con el tiempo de *shutdown* promedio. Este valor se determina a partir de la Base de datos de Reportes de *Shutdown* Polietileno I y II (2010-2016)¹⁸. En la Tabla 11 se muestra la estimación de pérdidas por evento de falla con *shutdown* y la categorización de los equipos prioritarios.

Tabla 11. Estimación de consecuencias económicas RAM.

EQUIPO	TOTAL, DIAS SD (2010-2016)	EVENTOS	TIEMPO SD PROM	PERDIDAS POR EVENTO DE FALLA (\$USD)	CONSEC. ECON.
SC2201/02	27,60	14	1,97	\$68.988	3
SC2204	27,41	15	1,83	\$63.953	3
SR2201	103,70	10	10,37	\$362.970	3
SC2251/52	46,79	18	2,60	\$233.965	3
SC2253	34,70	13	2,67	\$240.264	3
SR2251	50,37	10	5,037	\$453.317	3

La clasificación *RAM* por daño a personas y al medio ambiente para los equipos esta previamente determinada por la metodología *ASP* y recuperada del documento Equipos Críticos PPQ 2012¹⁹ y de la herramienta de Excel CALCULO DE CONSECUENCIAS POLIETILENO²⁰ como se muestra en el Anexo D.

¹⁸ ECOPETROL S.A. Línea de tiempo Shutdown por Equipo Polietileno 2010-2016. *En: Sharepoint* Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2017.

¹⁹ ECOPETROL S.A. Equipos Críticos PPQ 2012. *En: Sharepoint* Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2012.

²⁰ ECOPETROL S.A. CALCULO DE CONSECUENCIAS POLIETILENO. *En: Sharepoint* Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2012

La estimación de las consecuencias con relación al daño a clientes y al daño a la imagen de la empresa fueron discutidos con los ingenieros de confiabilidad de cada especialidad. En este caso, estos últimos criterios de impacto son de menos interés para la criticidad, considerando el papel de la producción de Polietileno con relación a las actividades principales de Refinería de Barrancabermeja y la disponibilidad de dos unidades de producción de polietileno para compensar las eventualidades.

Una vez categorizados los criterios de probabilidad y gravedad, se construye la matriz *RAM* para los equipos prioritarios. La Tabla 12 muestra la matriz para el sistema de compresión de los compresores primarios y los resultados para cada uno de sus modos de falla. La matriz completa se encuentra en el Anexo H.

Tabla 12. Extracto de la evaluación de criticidad de modos de falla de compresores primarios usando matriz *RAM*

RAM ROTATIVO COMPRESOR PRIMARIO									
COMPONENTE	MODO DE FALLA	ISO 14224	PROB	CONSECUENCIAS POR CLASE (El mayor de todos los equipos)					CR
				SEG.	ECON.	AMBIENTE	CLIENTE	IMAGEN	
Compresor	RUIDO	NOI	D	4	3	2	2	1	H
	VIBRACION	VIB	C	4	3	2	2	1	M
	SOBRECALENTAMIENTO	OHE	D	4	3	2	2	1	H
	DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	STD	B	4	3	2	2	1	M
	FUGA EXTERNA MEDIO AUXILIAR	ELU	D	4	3	2	2	1	H
	FUGA EXTERNA MEDIO DE PROCESO	ELP	E	4	3	2	2	1	H
	FUGA INTERNA	INL	D	4	3	2	2	1	H
	ROTURA	BRD	C	4	3	2	2	1	M
	PARADA INESPERADA	UST	E	4	3	2	2	1	H
	FUGAS EXTERNAS DE COMBUSTIBLE O GAS	ELF	D	4	3	2	2	1	H
DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PDE	C	4	3	2	2	1	M	

7.2.4 Construcción del formato *FMECA*: Una vez definida la criticidad de los modos de falla para cada equipo se construye el formato *FMECA* que es la base de trabajo para el estudio de viabilidad y la actualización de la estrategia de mantenimiento. Se hace una adaptación importante en el formato *FMECA* tradicional para facilitar la generación de tareas de mantenimiento, según las necesidades de la Gerencia Técnica de la Refinería de Barrancabermeja. Se construye una lista de modos de falla de componente con el propósito de relacionar debidamente los modos de falla según la nomenclatura ISO, definidos para las Partes-objeto, con las fallas establecidas en el capítulo 7.1.3.

Esta lista se genera basándose en las fallas típicas de las Partes-objeto y las posibles eventualidades que pueden afectar la funcionalidad de los componentes. Las investigaciones de falla y *RCA* revisados en el capítulo 6.5 sirven como soportes adicionales para el proceso de identificación de modos de falla. Los efectos de falla se formulan a partir de las siguientes fuentes de información:

- El comportamiento inmediato del equipo en caso de falla, descrito en los reportes de investigaciones y análisis de fallas.
- Las ventanas operativas y guías de control de los equipos disponibles en el Manual de Descripción del Proceso de Polietileno I y II²¹.
- Los posibles efectos adversos en el ambiente, según los criterios de la metodología *ASP* aplicados a cada equipo
- La descripción general de los protocolos desarrollados en caso de falla, ofrecida por los ingenieros de confiabilidad de cada especialidad.
- El tiempo estimado de reparación. Para ello se tomó el tiempo total correspondiente a las tareas de mantenimiento que actualmente se emplean para corregir la falla de cada Parte-objeto, tomados de las hojas de ruta de mantenimiento entregadas por la Coordinación de Planeación y Programación del Mantenimiento.

El resultado final de este proceso es el formato *FMECA* de cada uno de los equipos. En la Tabla 13 se muestra el documento generado para una función de los compresores primarios. Los formatos *FMECA* completos construidos para estos y los demás equipos rotativos críticos se muestran en el Anexo L.

²¹ ECOPETROL S.A. Estrategias de control y consecuencias de desviación. En: Manual de Descripción del Proceso de la Unidad [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2009. p. 183-191.

Tabla 13. Extracto de formato FMECA Compresores primarios.

Equipo	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Modo de Falla ISO14224 Asociado	Mecanismo de Falla	Efecto de la Falla	Criticidad RAM
SC2201/02 SC2251/52	Sistema de Compresión	Comprimir el etileno fresco de carga proveniente de la Etileno II desde 200 psig hasta 3000 psig y el etileno de reciclo desde 7 psig hasta 3000 psig.	1. La carga de etileno que llega a las diferentes etapas de compresión se comprime por debajo de la presión esperada de la etapa	Falla de los cilindros	NOI	Desgaste de camisa	La caída del pistón y los niveles de vibración y ruido en el cilindro aumentan. Posible subida de la temperatura en pistón. Leve pase de etileno a través de los anillos Caída del flujo. Genera shutdown. Aprox 90 horas para reparar.	H
					VIB			
					OHE			
				Falla del pistón	STD	Desgaste de anillos de compresión	Pérdida de compresión en el cilindro y caída del flujo. Aumento en los niveles de vibración. Recirculación de etileno en el pistón. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 50 horas para cambio de anillos.	H
					INL			
					NOI			
				Falla de tubería interna/externa	VIB	Rotura	Caída de presión. Fugas a medio externo del proceso. Aumento en las vibraciones y el ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños	H
					NOI			
					STD	Soltura	Caída de presión súbita. Fugas a medio externo del proceso. Aumento del nivel de ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños	
					ELP			
				Falla de internos en válvulas	INL	Desgaste	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	H
					VIB			
					NOI	Obstrucción	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo. Ralladura de los asientos. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	
				OHE				
Pérdida de sello en empaques en válvula	INL	Desgaste	Caída de la presión en el cilindro debido a fugas internas. Caída del flujo. Aumento de la temperatura por recirculaciones constantes. 70 horas para cambio de empaques. Requiere parada de la unidad.	H				
	VIB							
	NOI							
Obstrucción del tambor amortiguador de pulsaciones	OHE	Obstrucción	Presión fuera de guías en tambor y cilindros. Caída del flujo. Ruido notable. 8 horas para reparar. Requiere parada de la unidad.	M				
	PLU							
	NOI							
Falla de los bolsillos	VIB	Desajuste	Caída del flujo. Pérdida en la capacidad de compresión del cilindro. 50 horas para reparar	M				
	NOI							
	LOO							
	VIB							
	NOI							
	OHE							

7.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD MEDIANTE *BCA*

El análisis de costo beneficio de actualizar la estrategia de mantenimiento se desarrolla mediante el indicador *MEI (Maintenance Efficiency Index)*, con el que se evalúa el costo de las actividades de mantenimiento a implementar contra una estimación del riesgo económico de los modos de falla definidos en el *FMECA*. La viabilidad de la estrategia de mantenimiento se garantiza con un *MEI* mayor a 1.

7.3.1 Modelo de cálculo de costos de actividades de mantenimiento: A partir de la ecuación general descrita en el capítulo 7.1.3, se define el siguiente modelo para calcular el costo de las actividades de mantenimiento:

$$\text{Costo anual actividad} = \text{Costo int.} + \text{Costo almacen.}$$

$$\text{Costo int.} = [(HO * \$HO + HM * \$HM + HPP * \$HPP) * FP + MatRep] * FA$$

- Costo almacén. = Costo de almacenamiento de materiales, definido como un margen del 25% del costo de los materiales y repuestos almacenados en bodega propia de la Refinería empleados en las intervenciones preventivas.
- Costo int. = Costo total anual de desarrollar las intervenciones programadas para la actividad.
- HO = Horas hombre de operador necesarias durante el desarrollo de una intervención.
- \$HO = Costo de la hora hombre de operador, establecida en \$11.875 según información de hojas de ruta.
- HM = Horas hombre de mantenedor necesarias para el desarrollo de una intervención. Definidas para actividades que requieran trabajo de montaje/desmontaje y supervisión de ingeniero de mantenimiento.
- \$HM = Costo de la hora hombre de mantenedor. Establecida en \$160.000 según información de hojas de ruta, incluyendo el costo de herramientas.

- HPP = Horas de parada programada necesarias para el desarrollo de una intervención.
- \$HPP = Costo de la hora de parada programada, estimada según la ecuación de perdidas e igual a \$11.250.000
- FP = Factor de productividad, definido según la especialidad del equipo por los ingenieros de confiabilidad. Representa el incremento del tiempo necesario para desarrollar una intervención debido a desmontaje, montaje, descansos del personal, puesta en marcha de equipos, etc.
 - FP instrumentación y equipo eléctrico = 1,8.
 - FP soldadura, mecánica y metalmecánica = 2,3.
- MatRep = Costo de materiales fungibles y repuestos necesarios para el desarrollo de una intervención, definido según información de hojas de ruta.
- FA = Frecuencia absoluta anual definida para la actividad.

7.3.2 Modelo de estimación de los riesgos económicos por fallas: Se debe estimar el riesgo económico potencial de las fallas en caso de no ejecutarse la estrategia de mantenimiento, y el cambio en este impacto generado por su implementación. Para esto, se toma de las hojas de ruta los costos de reparación de ejecución de las actividades de *overhaul* y mantenimiento correctivo reportadas, y se asocian estos costos a los modos de falla por parte objeto definidos en el *FMECA*.

Con esta información de costos de reparación y considerando la ecuación planteada en el capítulo 7.1.3 para determinar el costo de una falla, se define el siguiente modelo para estimar el riesgo económico:

$$Riesgo\ Base = \frac{\sum(Costo\ Reparación + Costo\ parada\ no\ programada)_{modo\ de\ falla}}{ETBF_{cero\ mantenimiento}}$$

$$Riesgo\ Remanente = \frac{\sum(Costo\ Reparación + Costo\ parada\ no\ programada)_{modo\ de\ falla}}{ETBC_{implementando\ estrategia}}$$

Los costos de parada no programada se determinan a partir de la ecuación de pérdidas y el *MTTR*, mientras que el *ETBC* (*Estimated Time Before Consecuenses*) implementando la estrategia de mantenimiento corresponde a una proyección definida con el equipo de confiabilidad estimada en un factor de 3 a 4 veces *ETBF* a cero mantenimiento, dependiendo del equipo.

7.3.3 Cálculo del *MEI*: Para aprobar el plan de mantenimiento, se calcula el *MEI*, empleando los valores de riesgo base, riesgo remanente y costo del plan, con el modelo definido en la metodología *RCM* de Ecopetrol S.A:

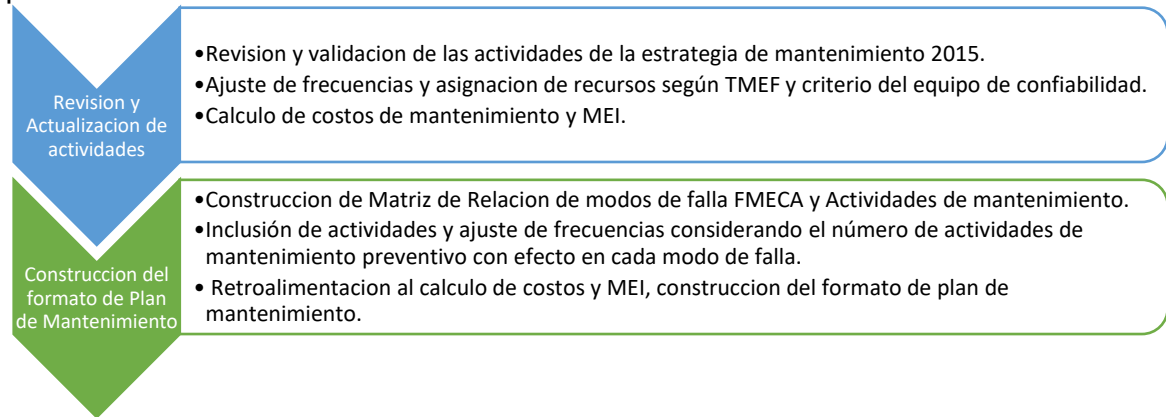
$$MEI = \frac{Riesgo\ Base - Riesgo\ Remanente}{Costo\ del\ plan\ de\ mantenimiento}$$

La implementación de los modelos de cálculo de costos, riesgos y el *MEI* durante la revisión y actualización de las actividades de mantenimiento permite hacer un ajuste confiable de las frecuencias y recursos de mantenimiento asignados a las actividades, garantizando una relación mayor a 1.

7.4 ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO REQUERIDO PARA CADA EQUIPO

Con el *FMECA* y el modelo para análisis costo beneficio, se comienza el establecimiento de plan de mantenimiento para los equipos prioritarios. En la Figura 61 se muestran las etapas del proceso.

Figura 61. Proceso de establecimiento de Planes de Mantenimiento para equipos prioritarios



7.4.1 Revisión y actualización de las actividades y estrategias de mantenimiento para los activos prioritarios: Se someten a evaluación las estrategias de mantenimiento del 2015 con el propósito de determinar si las actividades se mantienen vigentes. La evaluación desarrolla en reuniones sucesivas con los ingenieros de confiabilidad siguiendo las siguientes directrices:

- Se confirma que la descripción y frecuencia establecidas corresponden fielmente a ejecución mantenimiento real actual de los equipos.
- Se revisan los TMEF, la cantidad de eventos de falla recientes y las investigaciones *RCA* por sección de proceso para determinar la efectividad de las actividades y hacer ajustes en frecuencias y uso de recursos.
- Con la lista preliminar de actividades de mantenimiento revisadas, se construye un formato para cálculo de costos y *MEI* siguiendo el proceso planteado en el capítulo 7.3. La Tabla 14 muestra un extracto del resultado aplicado a los compresores primarios.

La revisión de actividades apoyada en análisis de costos permite llevar un control de los recursos de mantenimiento asignados y de esta manera, evaluar justificadamente los ajustes a realizar y la inclusión de nuevas actividades de mantenimiento.

Tabla 14. Extracto actividades de mantenimiento Compresores primarios y análisis de costos

ACTIVIDADES DE MATTO				COSTOS DE MANTENIMIENTO								
Equipo	Nombre de la actividad de Mantenimiento	Tipo MTTO	Frecuencia	Horas Operador	Horas Mantenedor	Hora Parada Programada	Factor de Productividad	Materiales y Repuestos	Frecuencia Anual	Costo de Intervención	Costo de Almacenamiento	Costo anual Actividad
SC2201/02 SC2251/52	Registrar valores de temperatura de cojinetes de bancada y axiales (prognost).	PD	Dos veces por turno (3x8)	0,25			1	\$0	2160,0	\$6.412.500	\$0	\$6.412.500
SP2206AB SP2257AB	Registrar valores presión de aceite a cojinetes de bancada y axiales: presión de descarga de SP2257AB/SP2206AB, presión diferencial en filtros, presión entrada a cojinetes (campo).	PD	Dos veces por turno (3x8)	0,25			1	\$0	2160,0	\$6.412.500	\$0	\$6.412.500
SC2201/02 SC2251/52	Registrar valores temperatura de aceite a cojinetes de bancada y axiales: Temperatura antes y despues del intercambiador SE2214, SE2259 (campo).	PD	Dos veces por turno (3x8)	0,25			1	\$0	2160,0	\$6.412.500	\$0	\$6.412.500
SC2201/02 SC2251/52	Verificar y/o reponer nivel aceite en el cárter del compresor	PD	Dos veces por turno (3x8)	0,25			1	\$0	2160,0	\$6.412.500	\$0	\$6.412.500
SC2201/02 SC2251/52	Verificar estado de soportes/solturas en líneas succión descarga del compresor	PD	Una vez por semana	0,5			1	\$0	48,0	\$285.000	\$0	\$285.000
SC2201/02 SC2251/52	Verificar estado del filtro de aceite a la entrada de los tambores elevados.	PD	1 mes		12	3	2,3	\$0	12,0	\$984.492.000	\$0	\$984.492.000

7.4.2 Construcción del formato de Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: El formato de plan de mantenimiento para cada equipo se construye a partir de la lista de actividades de mantenimiento y análisis de costos desarrollado. Considerando que el análisis de viabilidad preliminar fue positivo y permite la asignación de tareas de mantenimiento adicionales, se construye una matriz para visualizar la carga en actividades de mantenimiento asignadas a los modos de falla de los equipos. La Tabla 15 muestra la estructura empleada. En el Anexo J se encuentran los planes de mantenimiento para los equipos piloto de este proyecto.

Tabla 15. Estructura Matriz de relación modos de falla - actividades de mantenimiento.

ACTIVIDADES DE MATTO		COSTOS DE MANTENIMIENTO								COMPONENTE 1			COMPONENTE 2			COMPONENTE 3										
Equipo	Nombre de la actividad de Mantenimiento	Tipo MTTO	Frecuencia	Horas Operador	Horas Mantenedor	Hora Parada Programada	Factor de Productividad	Materiales y Repuestos	Frecuencia Anual	Costo de Intervención	Costo de Almacenamiento	Costo anual Actividad	Modos de Falla			Modo de Falla 1	Modo de Falla 2	Modo de Falla 3	Modo de Falla 1	Modo de Falla 2	Modo de Falla 3	Modo de Falla 1	Modo de Falla 2	Modo de Falla 3		
S---	ACT 1							\$ \$		\$ \$	\$ \$	\$ \$														
S---	ACT 2							\$ \$		\$ \$	\$ \$	\$ \$														
S---	ACT 3							\$ \$		\$ \$	\$ \$	\$ \$														
S---	ACT 4							\$ \$		\$ \$	\$ \$	\$ \$														

Con esta herramienta se identifica a qué modos de falla se les están dedicando menos recursos de los necesarios, para incluir medidas adicionales en la estrategia definitiva. Estas actividades adicionales se definen por el equipo de confiabilidad y pasan a retroalimentar el análisis de costos y viabilidad.

Una vez establecido el plan de mantenimiento definitivo para cada uno de los equipos prioritarios, se determinan los resultados finales del análisis de viabilidad. La Tabla 16 muestra los resultados globales del costo total, riesgo por falla y *MEI*.

Tabla 16. Resultados análisis de viabilidad equipos prioritarios

RESULTADOS ANALISIS DE VIABILIDAD COMPRESORES PRIMARIOS			
PLAN MTTO		Costo Total Plan	\$9.221.250.018
SIN MTTO	Riesgo Base	Costo total por reparaciones anual	\$6.909.049.900
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$9.222.393.870
CON MTTO	Riesgo Remanente	Costo total por reparaciones anual	\$2.209.973.468
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$1.727.262.475
		MEI	1,322
RESULTADOS ANALISIS DE VIABILIDAD COMPRESORES SECUNDARIOS			
PLAN MTTO		Costo Total Plan	\$12.649.716.414
SIN MTTO	Riesgo Base	Costo total por reparaciones anual	\$8.539.791.020
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$10.031.702.670
CON MTTO	Riesgo Remanente	Costo total por reparaciones anual	\$2.507.925.668
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$2.134.947.755
		MEI	1,101
RESULTADOS ANALISIS DE VIABILIDAD REACTORES			
PLAN MTTO		Costo Total Plan	\$3.568.598.003
SIN MTTO	Riesgo Base	Costo total por reparaciones anual	\$1.724.505.010
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$4.689.734.529
CON MTTO	Riesgo Remanente	Costo total por reparaciones anual	\$1.172.433.632
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$431.126.253
		MEI	1,348

8. ASEGURAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Previo a la generación de tareas de mantenimiento para los compresores y reactores de polietileno, es importante que se asegure en el sistema de gestión de mantenimiento, de forma que esta información esté disponible para su correcta implementación. Esto permite que las diferentes intervenciones se planeen correctamente dentro del sistema *SAP* por los planeadores de mantenimiento de la refinería.

Es importante también que se garantice que las tareas de mantenimiento que requieren repuestos o materiales de bodega pertenecientes a los compresores y reactores de polietileno puedan ejecutarse sin contratiempo alguno causado por una mala especificación o por información incompleta de las listas de materiales. Por este motivo se pretende actualizar las listas de materiales almacenadas en *SAP*, las cuales migraron del sistema *Ellipse* a mediados del año 2015.

8.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN *SAP ERP*

La planeación del mantenimiento dentro del sistema de gestión de activos *SAP* posee tres componentes principales que permiten organizar las intervenciones periódicas de un equipo, si estos tres elementos se encuentran definidos correctamente es posible generar un Plan de Mantenimiento dentro de *SAP*:

- Hoja de Ruta: La lista de actividades que componen un *overhaul* de un equipo en concreto en orden de ejecución, con información específica de los insumos y tiempo requeridos por actividad.
- Materiales Requeridos por actividad de la Hoja de Ruta: La lista de repuestos y partes con su número de material *SAP* y su Número de Parte (Fabricante).

- Paquetes Vencidos: Frecuencia de varias actividades de la Hoja de Ruta codificadas en un formato intuitivo.

La Figura 62 muestra como se ve en SAP la estrategia actualizada y ya implementada del compresor *hyper* SC2253. A la izquierda se observa la lista de actividades de la Hoja de Ruta y la derecha se observa la frecuencia ya planeada de cada actividad según el paquete vencido al que pertenece. Cabe aclarar que las hojas de ruta no dicen exactamente lo que se especifica en la estrategia de mantenimiento debido a la poca practicidad que acarrearía escribir todas las especificaciones dentro de SAP; esta información se transmite por otros medios a los ejecutores de las actividades de mantenimiento (instructivos principalmente). En este proyecto se logró la implementación gracias a la colaboración del ingeniero planeador del departamento de petroquímica Jhon Peñuela. En el Anexo K se muestran las capturas de pantalla de las estrategias implementadas de los equipos críticos de este proyecto.

Figura 62. Estrategia de mantenimiento SC2253 implementada en SAP

Objetos visualizados	2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022			2023			2024			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RFB-2250-COMP-AIR2-SC2253 Sdm 42.98 Pent.3000psig Psal.18000psig																												
10044871 Compresor Reciprocante SC2253																												
1034177 Plan Manito Compresores Reciprocantes																												
.0010 Alistamiento sellos de parada																												
.0020 Desenergizar Motor Aplicar SAS																												
.0030 Rotorqueo de válvulas																												
.0035 Limpieza filtros de aceite sist lubricac																												
.0038 Desconex/inspec pto de lubric cilindros																												
.0040 Instalacion ciegos/Retro lineas de succ																												
.0050 Desarmar Sistema de compresion																												
.0060 Desmontar Cilindros 1A/2A/2B																												
.0065 Revisar/cambio de camisa segun condicion																												
.0070 Retro Sondas y Termocuplas a Cilindros																												
.0075 Realizar Pruebas no destructivas cigueña																												
.0080 Verificar Curva y Limpieza de sensores																												
.0090 Reparacion de sellos																												
.0100 Limpieza de Cilindro Y Cajas de sellos																												
.0110 Desarmado Y Calibracion Sistema Transmis																												
.0115 Revisar/repair Limpieza/pintura base																												
.0120 Trabajo de Maquinas Htas																												
.0130 Armado de Cilindros 1A/2A/2B																												
.0135 Revision de alineacion y correccion																												
.0140 Instalacion de Instrumentacion																												
.0145 Realizar pruebas IPF																												
.0150 Revisar Sistema de Lubricacion																												
.0160 Retirar ciegos y lineas de servicio																												
.0170 Energizar Motor- Retro SAES																												
.0180 Probar Y Entregar Compresor																												

8.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS APL

8.2.1 Diagnóstico del estado de migración de las APL: Como se mencionó en capítulos anteriores, *SAP* se implementa a mediados de 2015 para unificar los sistemas de gestión de costos y de mantenimiento. En ese proceso se migran enormes cantidades de información desde el antiguo sistema de mantenimiento *Ellipse* hacia el módulo PM de *SAP*. Ante las posibilidades de información migrada incompletamente o poco confiable, se pretende revisar estas dos bases de datos para diagnosticar el estado de migración de las *APL* y verificar también la disponibilidad de esta información en manuales de los fabricantes. La Tabla 17 muestra una lista de repuestos parcial del compresor SC2253 construida usando su manual actualizado, y se ejemplifica en ella como se resaltan las partes que no estaban en el sistema *SAP* encontradas mediante las funciones del Microsoft Excel.

Tabla 17. Lista de materiales parcial del manual del SC2253

NUM EN DIB	NÚMERO DE PARTE	NOMBRE DE PARTE	KIT	PIEZAS POR ENSAMB.	UNID.	CÓDIGO DE USO DE REFACC
	MLF25766AAG1	CILINDRO 1ERA ETAPA				
1	1F43439	.CILINDRO		1.00	PC	
-	F43439	..CILINDRO		1.00	PC	
2	1R50161	..BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO		6.00	PC	
-	11022027	...TUBO TAPÓN		1.00	PC	
-	W94484	...CALIBRADOR DE BARRA		1.00	PC	
3	W76276P2	..ESPACIADOR		6.00	PC	
4	W92014P2	..TUERCA		6.00	PC	
5	R46279	..BIRLO		6.00	PC	
6	W92014P2	..TUERCA		6.00	PC	
7	W62051	..RONDANA		6.00	PC	
-	34843805	...PLATO 0.125 TK		.20	SF	
-	34560045	...ESTAÑO		.10	LB	
8	W119700P1	..BIRLO		6.00	PC	
9	38A4K9	..TUERCA		6.00	PC	
10	R88825	..ANILLO PARA GRÚA		4.00	PC	
11	W104480	.BRIDA CABEZA EXTERIOR		1.00	PC	
12	F43443	.TAPÓN DEL MARCO DE MÁQUINA		1.00	PC	
13	17A13A287	.PERNO GUÍA		1.00	PC	
14	H65683	.CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO		1.00	PC	
-	FORGW104410A	..CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO		1.00	PC	
15	750DPBLPH64655D	.VÁLVULA 750DPBLP		1.00	PC	OC
16	H65682	.CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO		1.00	PC	
17	MLH65699G1	.EMPAQUE COMPLETO		1.00	PC	M

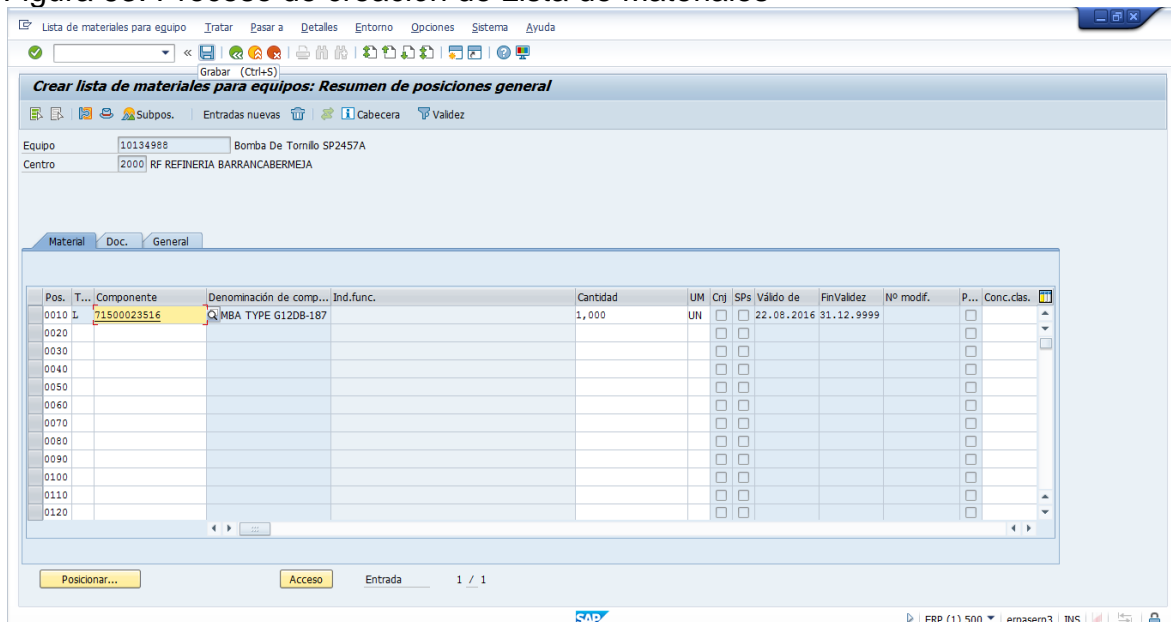
La Tabla 18 muestra el resultado de esta revisión exhaustiva para los equipos críticos de las unidades de polietileno. Esta revisión se aplicó para los equipos rotativos más importantes de la planta, entre ellos los cortadores, los secadores, las bombas de lubricación y las bombas de catalizador, además de los compresores y reactores.

Tabla 18. Panorama general de revisión de *APL*

Equipo	<i>APL</i> (SAP)	<i>APL</i> (Ellipse)	<i>APL</i> (Manual)	Cantidad de partes de <i>Ellipse</i> que NO estaban en SAP	Cantidad de partes del Manual que NO estaban en SAP
SR2201*	No existe	Sí existe	No hay manual	NA	NA
SC2204	Sí existe	Sí existe	Sí contiene <i>APL</i>	26	227
SC2201/02	Sí existe	Sí existe	Sí contiene <i>APL</i>	18	60
SR2251*	No existe	Sí existe	No hay manual	NA	NA
SC2253*	Sí existe	Sí existe	Sí contiene <i>APL</i>	7	75
SC2251/52	No existe	Sí existe	No hay manual	NA	NA

8.2.2 Proceso para crear una lista de materiales en SAP: Para la creación de listas de materiales en equipos con listas materiales vacías se utiliza la transacción SAP IB01, en la cual se digita el número de equipo y se procede a agregar los números de material. La Figura 63 ilustra este proceso.

Figura 63. Proceso de creación de Lista de Materiales

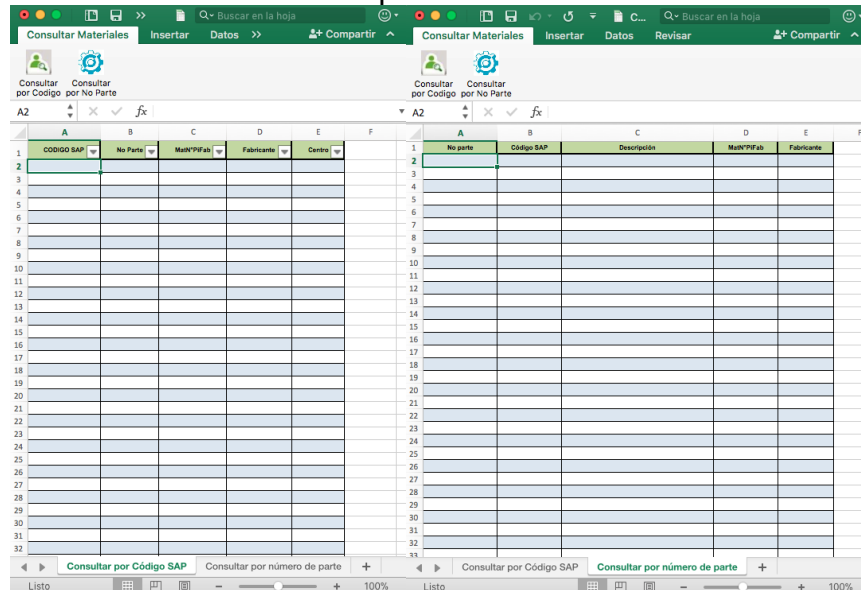


Si se necesita modificar una lista de materiales previamente creada se procede de manera similar, pero utilizando la transacción IB02. Este proceso es realmente práctico ya que las listas de materiales pueden ser copiadas y pegadas directamente de una hoja de cálculo Excel, por ejemplo; proceso que no es así de sencillo en *Ellipse*.

8.2.3 Construcción de una herramienta ofimática para consulta de materiales en SAP: En la búsqueda de facilitar la gestión de materiales para los ingenieros de confiabilidad, se construye una herramienta que permite consultar materiales masivamente en *SAP* buscando por su número de parte o por su número de material, ya que en *SAP* no se disponía de una transacción que solventara esta necesidad.

La herramienta construida es una hoja de cálculo con macros habilitadas en Excel, que funciona sincronizada con un *script* en *SAP* (un proceso con una transacción que se guarda y se repite las veces necesarias). Su interfaz se muestra en la Figura 64.

Figura 64. Interfaz de la herramienta para consulta de materiales



Modo de funcionamiento 1: Se ingresa el número de material, se da clic en “*Consultar por Código*”, y se obtienen número de parte y fabricante como principal información de interés.

Modo de funcionamiento 2: Se ingresa el número de parte, se da clic en “*Consultar por No Parte*”, y se obtienen el número de material, el fabricante y una descripción como principal información de interés. A continuación, se muestra el código de la macro en Visual Basic:

```
Sub STOCK(ByVal control As IRibbonControl)
Set SapGuiAuto = GetObject("SAPGUI") 'Get the SAP GUI Scripting object
Set SAPApp = SapGuiAuto.GetScriptingEngine 'Get the currently running SAP GUI
Set SAPCon = SAPApp.Children(0) 'Get the first system that is currently connected
Set session = SAPCon.Children(0) 'Get the first session (window) on that connection

fila = 2
Do While Range("A" & fila) <> ""

session.FindById("wnd[0]/tbar[0]/okcd").Text = "/nMP02"
session.FindById("wnd[0]").SendVKey 0

session.FindById("wnd[0]/usr/ctxtAMPL-BMATN").Text = Range("A" & fila)

session.FindById("wnd[0]").SendVKey 0

a = session.FindById("wnd[0]/sbar").Text
If Mid(a, 1, 3) = "Ent" Then
GoTo salte
End If

I = 1
REGRESE:
a = session.FindById("wnd[0]/usr/tbISAPLMBAMTTL_AMPL/ctxtVAMPL-WERKS[2,0]").Text

If a = "2000" Then
PARE = 1

session.FindById("wnd[0]/usr/tbISAPLMBAMTTL_AMPL/ctxtVAMPL-WERKS[2,0]").SetFocus
session.FindById("wnd[0]").SendVKey 2
Range("B" & fila) = session.FindById("wnd[0]/usr/txtMARA-MFRPN").Text

Range("C" & fila) = session.FindById("wnd[0]/usr/ctxtAMPL-EMATN").Text
Range("D" & fila) = session.FindById("wnd[0]/usr/ctxtAMPL-MFRNR").Text

GoTo salte

Else

If a = "" Then
a = "SIN ASIGNAR"

GoTo salte
End If

session.FindById("wnd[0]/usr/tbISAPLMBAMTTL_AMPL").VerticalScrollbar.Position = I
```

```

I = I + 1
GoTo REGRESE
End If
salte:
Range("E" & fila) = a

fila = fila + 1
Loop
End Sub
session.findById("wnd[0]/tbar[0]/okcd").Text = "/nmm03"
session.findById("wnd[0]").sendVKey 0
session.findById("wnd[0]").sendVKey 4
session.findById("wnd[1]/usr/tabsG_SELONETABSTRIP/tabpTAB023/ssubSUBSCR_PRESEL:SAPLSDH
session.findById("wnd[1]/usr/tabsG_SELONETABSTRIP/tabpTAB023/ssubSUBSCR_PRESEL:SAPLSDH
session.findById("wnd[1]/usr/tabsG_SELONETABSTRIP/tabpTAB023/ssubSUBSCR_PRESEL:SAPLSDH
session.findById("wnd[1]/tbar[0]/btn[0]").press
On Error Resume Next
session.findById("wnd[1]/usr/lbl[61,3]").SetFocus
On Error Resume Next
a = session.findById("wnd[1]/usr/lbl[61,3]").Text

On Error Resume Next
session.findById("wnd[1]/usr/lbl[20,3]").SetFocus
On Error Resume Next
b = session.findById("wnd[1]/usr/lbl[20,3]").Text

On Error Resume Next
session.findById("wnd[1]/usr/lbl[1,3]").SetFocus
On Error Resume Next
c = session.findById("wnd[1]/usr/lbl[1,3]").Text

On Error Resume Next
session.findById("wnd[1]/usr/lbl[121,3]").SetFocus
On Error Resume Next
d = session.findById("wnd[1]/usr/lbl[121,3]").Text

Range("b" & fila) = a
a = ""

Range("c" & fila) = b
b = ""

Range("d" & fila) = c
c = ""

Range("e" & fila) = d
d = ""
fila = fila + 1
Loop
fin:
End Sub

```

8.2.4 Lista de materiales actualizada y repuestos obsoletos del SC2253: A continuación, en la Tabla 19 se presenta algunos materiales actualizados en *SAP* para el compresor SC2253 (ver Anexo K para listas completas)

Tabla 19. Vista de lista de materiales actualizada SC2253 en SAP

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp... Ind.func.	Cantidad	UM	Cnj	SPs	Válido de	FinValidez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
10.	L	71004533915	BLOCK & ADAPTER	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
100.	L	71003674009	FLANGE- OUTER HEAD	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
105.	L	71004534103	FLANGE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
110.	L	71000477182	BEARING, SLEEVE	2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
115.	L	71004534483	SLEEVE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
120.	L	71004533840	RING	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
125.	L	71004534426	SEAL	4,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
130.	L	71004533865	SEAT, VALVE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
135.	L	72000476929	SHIM	10,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
140.	L	71000476978	SHOE, CROSSHEAD	2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
145.	L	71004533949	BEARING STEADY	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
15.	L	71004534509	SLEEVE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
150.	L	71004534541	STUD, VALVE	4,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
155.	L	71004534624	VALVE, POPPET	18,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
160.	L	71004534061	GASKET	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
165.	L	71004534475	SLEEVE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
170.	L	71004534053	GASKET	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
175.	L	71003673852	RING	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
180.	L	71000475996	BEARING HALF, SLEEVE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
185.	L	71004534491	SLEEVE	1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
190.	L	71004534335	SPRING	16,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
195.	L	71000476457	NUT	2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	

En el Anexo L se encuentra un formato de identificación de material no requerido con la lista de partes del compresor SC2253 que estaban obsoletas y que se extrajeron de la lista de materiales, gracias a esta revisión con ayuda del ingeniero Luis Fernando Espinosa se consiguió identificar 2.103'891.883 COP que se almacenaban innecesariamente solo para el SC2253.

8.2.5 Sustentación del proyecto ante los ingenieros de Confiabilidad de Equipos Rotativo: Como última etapa de la práctica realizada en la refinería se contempla la sustentación del proyecto realizado por los estudiantes en acompañamiento de los ingenieros de confiabilidad de Polietileno ante la Coordinación de Equipo Rotativo. Esta sustentación se lleva a cabo en uno de los salones de juntas de la Gerencia Técnica el 14 de julio de 2017 y se entrega un informe final que incluye las actividades realizadas relacionadas con el proyecto y las actividades de apoyo auxiliar del practicante. Con esto se concreta y valida por parte de la GRB la aceptación del proyecto y el trabajo realizado, apropiándose de la información final resultado del proyecto y disponiendo de ella según lo amerite. El informe en cuestión es el Anexo M de este libro.

9. CONCLUSIONES

- Se estableció la estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos críticos de la especialidad de equipo rotativo de las plantas de Polietileno I y II de la Refinería de Barrancabermeja aplicando un análisis de modos, efectos y criticidad de fallas *FMECA* soportado por los procesos de gestión de activos y las fuentes de información de Ecopetrol S.A. como parte del Plan de mejora Polietileno a 2020 de la GRB.
- En el análisis de indicadores realizado en este proyecto se confirmó como el cambio del contexto operacional de los equipos de las unidades de polietileno puede influir fuertemente en su desempeño, y por tanto en el rendimiento y disponibilidad de la planta. Se revelan condiciones y fallas ocultas en los equipos que antes no se hacían evidentes debido a las bajas horas de operación.
- Según el estudio de las causas de *shutdown*, los problemas de confiabilidad en equipos no son los únicos responsables de la baja disponibilidad operacional de las unidades; una mala operación de la planta, descontrolés en el proceso (inestabilidad, calidad de carga) e intervenciones de mantenimiento que se extienden por faltas organizacionales son motivos que también hacen caer al indicador de disponibilidad.
- Para determinar los equipos piloto del proyecto se utilizó el diagrama de Pareto, así como el cálculo simplificado del TMEF en los equipos de la planta. Es destacable el hecho de que aquellos equipos más críticos por su impacto en el indicador de disponibilidad también fueran críticos por las metodologías *RPN* y *ASP*. Los compresores SC2251/52, SC2253, SC2201/02 y SC2204 y

los reactores SR2201, y SR2251 se determinaron como los más impactantes a la disponibilidad operacional, estableciendo a la compresión y a la reacción como las etapas más críticas del proceso de producción de polietileno.

- En la revisión de las acciones de *RCA*s se identifica que, aunque se haya logrado alcanzar efectivamente las causas de falla de los equipos críticos, no siempre se consigue dar una solución oportuna a las falencias encontradas, y esto ralentiza y baja la efectividad de las nuevas iniciativas tomadas por la gerencia técnica para mejorar las condiciones de operación.
- Se construyó un formato de análisis de modos, efectos y criticidad de falla *FMECA* modificado para analizar en detalle la relación entre las fallas de los equipos críticos y los modos de falla de sus Partes-objeto. Esta herramienta facilitó la revisión de la estrategia de mantenimiento de los equipos críticos, agrupados según las funciones dentro del proceso productivo en las categorías: Compresores primarios (SC2201/02 y SC2251/52), Compresores secundarios (SC2204 y SC2253) y Reactores (SR2201 y SR2251).
- El análisis de criticidad de modos de falla de los equipos críticos reveló los Compresores, los Sistemas de lubricación, y la Unidad de agitación de los Reactores son los componentes con mayor incidencia en las paradas de planta debido a la alta probabilidad de sus modos de falla más graves. Igualmente se confirmó que el costo por parada de planta y la amenaza a la seguridad del personal son los factores de mayor impacto dentro de las consecuencias de falla de los equipos analizados.
- La revisión de la estrategia de mantenimiento se justificó con el formato *FMECA* diseñado y un análisis de costos alimentado con información de hojas de ruta. Como resultado se generaron los siguientes planes de

mantenimiento: 160 actividades para Compresores primarios con un *MEI* de 1,322; 161 actividades para Compresores secundarios con un *MEI* de 1,101 y 44 actividades para Reactores con un *MEI* de 1,348. Esto muestra la viabilidad económica de la estrategia propuesta.

- La implementación de la estrategia de mantenimiento de este proyecto no fue trabajo solamente de los ingenieros de confiabilidad dentro de la GRB, es importante que el departamento de planeación y programación de mantenimiento colabore sincronizadamente con la Gerencia Técnica de forma que las hojas de ruta sean óptimas y los materiales los pertinentes.
- El proceso de implementación de un nuevo sistema de información es lento a pesar de las ventajas que pueda traer, esta requiere un tiempo de aprendizaje por parte de los ingenieros que ralentiza la gestión de otros procesos, es muy importante que se de acompañamiento y que se garantice que la información migrada de un sistema a otro sea fiable.
- Una adecuada y consciente gestión de los repuestos de un equipo puede ahorrar grandes sumas de dinero en inventarios que no se necesita gastar; como es el caso del compresor SC2253 en el cual se identificaron 2.103'891.883 COP en repuestos obsoletos. Además, esto facilita la ejecución de las tareas de mantenimiento de las estrategias de confiabilidad. La construcción de herramientas que permitan optimizar esta gestión evita a los ingenieros horas de trabajo repetitivo que se pueden emplear en generar soluciones a problemas reales de confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

CAMPOS, José. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) [Diapositivas]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú. 33 p

DUFFUA, Salih. RAOUF, A. DIXON, John. Sistemas de mantenimiento, planeación y control. New York, Estados Unidos de América. Editorial Limusa Wiley S.A. p 267.

ECOPETROL S.A. Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013.

ECOPETROL S.A. MATRIZ RAM [diapositivas]. Barrancabermeja, 2016.

ECOPETROL S.A. Manual de Descripción del Proceso de la Unidad [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2009. p. 82-97.

ECOPETROL S.A. Guía proceso de eliminación de defectos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2012. p. 7.

ECOPETROL S.A. Estrategias de control y consecuencias de desviación. En: Manual de Descripción del Proceso de la Unidad [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2009. p. 82-97.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Grupo Editor S.A. 2009. p 11-58.

MOUBRAY, John. RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004. p. 133-139.

PERTUZ, Alberto. Generalidades de mantenimiento [Diapositivas en línea]. Escuela de Ingeniería mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2017. (Recuperado en 24 abril de 2017). Disponible en <http://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=11675>.

PERTUZ, Alberto. Criticidad UIS [Diapositivas en línea]. Escuela de ingeniería mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2017. (Recuperado en 24 de mayo de 2017). Disponible en <http://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=11675>.

TILLERÍA, Luis. Analisis de criticidad semicuantitativa y cuantitativa de activos [En línea]. Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Latinoamérica. (Recuperado en 10 de enero de 2018). Disponible en <http://cmc-latam.com/analisis-criticidad-semicuantitativa-cuantitativa-activos/>.

QUINTERO, Alfonso. Modelo para implementar y auditar un sistema de gestión de activos. Trabajo de grado Ingeniero mecánico. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2011.p 19-20.

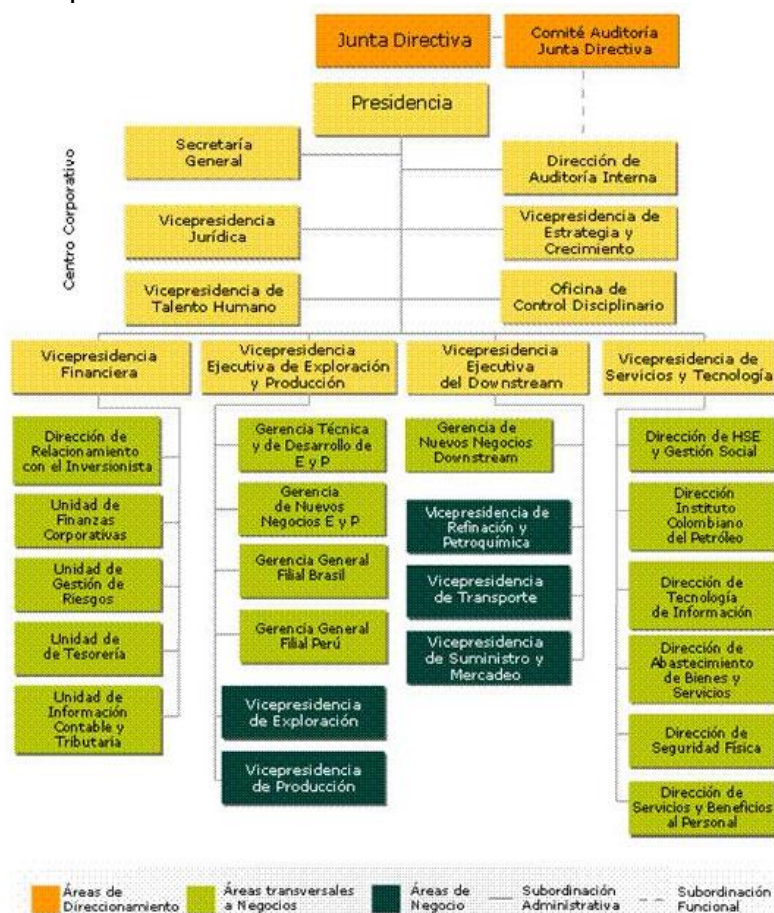
ANEXOS

Anexo A. Ecopetrol S.A. en la actualidad y la Refinería de Barrancabermeja

ECOPETROL EN LA ACTUALIDAD

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande de Colombia y la principal compañía petrolera del país. Tiene participación mayoritaria en toda la infraestructura de transporte y refinación del país. Posee campos de extracción en el sur, norte, centro y oriente del país; dos refinерías (Barrancabermeja y Cartagena); puertos en las dos costas del país para comercialización; y más de 8000 km de oleoductos y poliductos para el transporte de crudos y productos entre los diferentes campos, refinерías, centros de consumo y terminales marítimos. Disponen del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP): el centro de investigación y laboratorio científico más completo en su género del país.

Organigrama Ecopetrol S.A.



Fuente: ECOPETROL S.A.: Organigrama. (Consultado el 6 de marzo de 2017) [Intranet] (Iris)

La Junta Directiva (presidida por el ministro de Minas y Energía) y el presidente dirigen y administran la compañía, definiendo la política general de la empresa, aprobando su presupuesto y controlando su funcionamiento. Las vicepresidencias son directamente dependientes del presidente; entre ellas se encuentra la Vicepresidencia ejecutiva del *Downstream*, en donde se desarrollará este proyecto.

La cadena de valor en Ecopetrol S.A: Se pueden agrupar las diferentes actividades de Ecopetrol S.A. en los siguientes focos de acción principales:

Exploración y Producción (Upstream): La Vicepresidencia de Exploración es la encargada de incorporar los recursos contingentes de Ecopetrol S.A., coordinar el portafolio y la estrategia exploratoria de las empresas del Grupo Empresarial Ecopetrol. Evalúa técnica y económicamente las nuevas exploraciones. La Vicepresidencia de Desarrollo y Producción evalúa estas incorporaciones, las convierte a reservas probadas, delimita los yacimientos y las explota en los diferentes campos de producción de crudo.

Transporte (Midstream): Ecopetrol S.A., mediante la Vicepresidencia de Operaciones y Mantenimiento de Transporte, administra una red de más de 8000 km 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 de bombeo de crudo y productos distribuidas en la geografía colombiana, y sus centros de almacenamiento. Actualmente este sistema de transporte trabaja a un 60% de su capacidad operativa, lo que es una ventaja económica en caso de un descubrimiento comercial de hidrocarburos.

Refinación y comercialización (Downstream): El proceso de transformación de hidrocarburos lo dirige la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica. Tiene sus operaciones de refinación en Barrancabermeja y Cartagena, las dos refinerías cuentan con una capacidad de carga combinada de 415 mil barriles diarios. A través

de la actividad comercial, gestionada por la Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo, Ecopetrol S.A. abastece el mercado de combustibles como gasolina, gas natural y GLP; ofrece productos petroquímicos como los disolventes alifáticos, aromáticos, parafinas, polietileno, asfaltos y azufre. También exporta crudos y derivados a otros países en América, Europa y Asia.

Investigación, desarrollo e innovación (ICP): La investigación, el desarrollo y la innovación están en manos del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), fundado en 1985. Son responsables de desarrollar, transferir y asegurar tecnologías y conocimiento estratégico que apalanquen el valor de la operación y el crecimiento de Ecopetrol S.A. Trabajan sobre toda la cadena de valor de la empresa: exploración, producción, refinación, transporte, suministro y mercadeo; además de temas como el medioambiente, integridad y automatización.

Cultura organizacional

Misión:

- Trabajamos todos los días para construir un mejor futuro:
- Rentable y sostenible.
- Con una operación sana, limpia y segura.
- Asegurando la excelencia operacional y la transparencia en cada una de nuestras acciones.
- Construyendo relaciones de mutuo beneficio con los grupos de interés.

Visión al 2020: Ecopetrol será una compañía integrada de clase mundial de petróleo y gas, orientada a la generación de valor y sostenibilidad, con foco en Exploración y Producción, comprometida con su entorno y soportada en su talento humano y la excelencia operacional.

Marco estratégico: Ecopetrol S.A. integra su misión y visión en el diagrama de la siguiente figura, en un marco estratégico cuyo núcleo y finalidad es la generación de valor y la sostenibilidad, que apalanca el crecimiento rentable de los eslabones de su cadena de valor por medio de cuatro habilitadores y unos principios y valores institucionales.

Marco estratégico Ecopetrol S.A. 2015-2030



Fuente: ECOPETROL S.A.: GRB.(Consultado el 6 de marzo de 2017) [Intranet] (Iris)

LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA

La refinería se extiende en un área de más de 250 hectáreas ubicada en el municipio de Barrancabermeja, Santander, a orillas del río Magdalena; en una región de

importancia histórica por ser una de las primeras zonas en las que se inició explotación petrolera a principios del siglo XX.

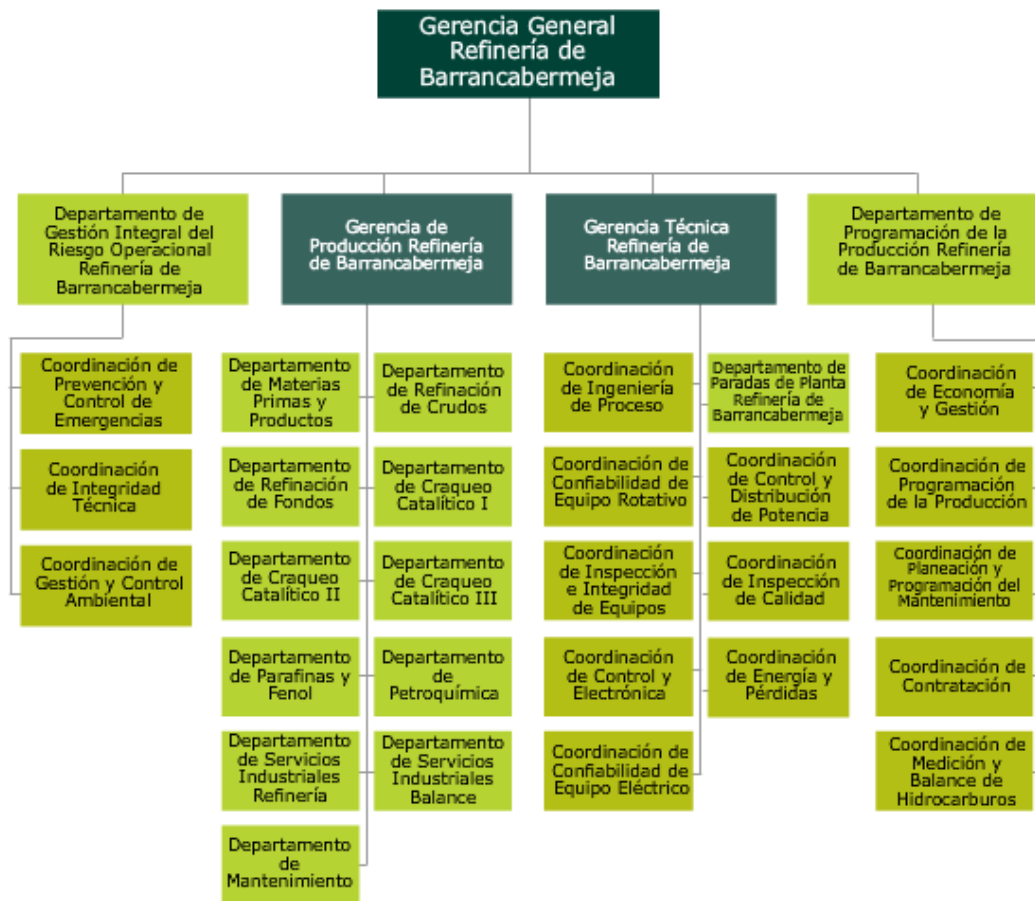
La gerencia de la refinería divide sus actividades gerenciales en dos: la Gerencia de Producción y la Gerencia Técnica. La primera debe responder por el cumplimiento de los programas de producción de cada departamento. La segunda suministra soporte técnico de las diferentes especialidades y ejecuta el mantenimiento mayor programado. También cuenta con un departamento de control del riesgo operacional y otro de programación de la producción, dependientes directamente de la Gerencia General.

Ubicación geográfica y mapa GRB



Fuente: ECOPETROL S.A.

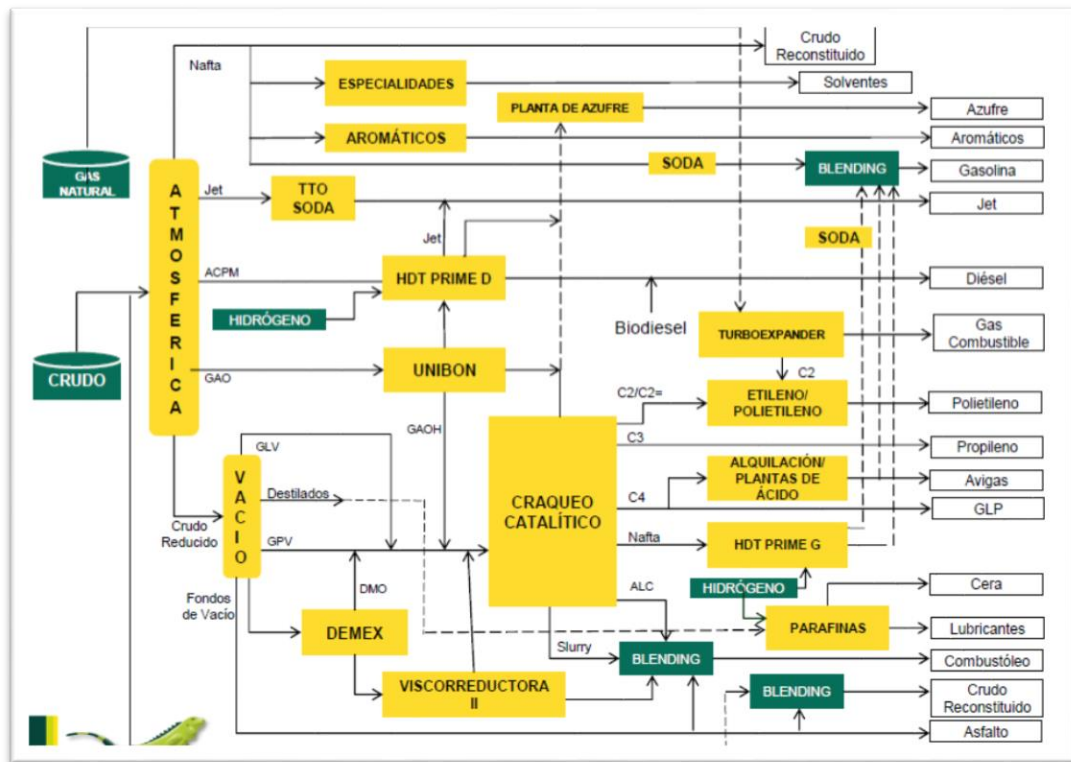
Organigrama Refinería de Barrancabermeja



Fuente: ECOPETROL S.A.: GRB.(Consultado el 6 de marzo de 2017) [Intranet] (Iris)

Plantas principales de la refinería: En el complejo se distribuyen plantas y unidades de proceso y tratamiento que generan la estructura de refinación de la siguiente figura, así como plantas y unidades de servicios industriales y control ambiental. Dentro del complejo se procesan crudos de varias calidades para producir diferentes tipos de productos requeridos por el mercado nacional. El área de refinación produce principalmente gasolinas y destilados. El área de petroquímica elabora productos petroquímicos tales como bases lubricantes, parafinas, aromáticos y polietilenos. En el área de ruptura catalítica *cracking* principalmente se cargan gasóleos para producir GLP y nafta. Los productos terminados y el recibo de crudo se realizan en el área de materias primas. Los servicios industriales son generados en la refinería con recurso propio.

Esquema de Refinación GRB



Fuente: ECOPETROL S.A. Fundamentos de Proceso y Logística GRB [Diapositivas]. Barrancabermeja 2016.

- **Topping:** La planta de *Topping* es una unidad de destilación compuesta por dos secciones principales: una atmosférica (unidad de fraccionamiento) y otra de vacío.
- **Especialidades:** La planta de especialidades es una unidad de fraccionamiento diseñada para obtener hexano y disolventes N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4 a partir de refinato de aromáticos y nafta debutanizada.
- **Demex:** Demex es un proceso de separación de compuestos pesados y livianos de los fondos de vacío utilizando una mezcla propano-butano como solvente, para obtener un extracto llamado DMO
- **Unibón:** En Unibón se realiza un proceso de hidrocrqueo para conversión de fracciones pesadas de hidrocarburos en productos más livianos y de mayor valor

- **Viscorreductora:** Viscorreductora es un proceso de descomposición de fondos de vacío y/o fondos Demex a través de una exposición a altas temperaturas para producir gases y líquidos más livianos (nafta y/o gasóleos). El producto de fondo se denomina brea.
- **Cracking Catalítico:** En la refinería de Barrancabermeja existen cuatro unidades de cracking denominadas Orthoflow, Modelo IV, UOP 1 y UOP 2. El cracking es un proceso de ruptura catalítica para conversión de fracciones pesadas de hidrocarburos en productos más livianos y de mayor valor.
- **Alquilación:** Alquilación es un proceso en el cual se utilizan olefinas (butilenos C4=) e isobutano (IC4) para formar iso octano, denominado alquilato, en una reacción que utiliza el ácido sulfúrico como catalizador.
- **Turboexpander:** La planta tiene como objetivo recuperar el etano contenido en el gas natural proveniente de campos para enviarlo como carga hacia la Planta Etileno II y distribuir el gas residual a los usuarios de la refinería. Cuando se encuentra fuera de servicio, su objetivo es distribuir y controlar el gas de campos a los diferentes niveles de presión de gas combustible que utiliza la refinería.
- **Etileno I y II:** Estas plantas tienen como objetivo producir etileno a partir de un proceso de pirólisis del etano y recuperar el etileno contenido en las corrientes que cargan la unidad.
- **Polietileno I y II:** Estas plantas tienen como objetivo producir polietileno de baja densidad a través de un proceso de polimerización del etileno. Puede producir varios tipos de polietileno dependiendo de las necesidades del mercado.
- **Parafinas:** En esta unidad se producen las diferentes bases lubricantes y parafínicas que requiere el mercado nacional.
- **Aromáticos:** En esta unidad se procesa la nafta de bajo octanaje y bajo contenido de aromáticos para transformarla en gasolina de alto octanaje y alto contenido de aromáticos.
- **Servicios Industriales:** En esta unidad se generan los servicios industriales requeridos para los diferentes procesos: tratamiento de aguas, generación de vapor y energía, aire comprimido.

Funciones de la Gerencia técnica

- Suministrar soporte técnico a las plantas y áreas de proceso de la refinería.
- Ejecutar el mantenimiento mayor programado bajo estándares de oportunidad, calidad y economía.
- Monitorear y evaluar tecnologías de punta y mejores prácticas de empresas líderes en el sector.
- Aplicar directrices y lineamientos en manejo de estándares y normas en ingeniería.
- Realizar análisis de alternativas e iniciativas de desarrollo y promover la implantación de tecnologías que permitan optimizar el funcionamiento de la refinería.

Departamento de paradas de planta: Lidera y garantiza la óptima ejecución del proceso de mantenimiento con parada de planta mediante la aplicación de los estándares de excelencia operacional (análisis de riesgo, permisos de trabajo, aislamiento seguro de las plantas y equipos, control de cambios, entre otros); y responde por la recuperación de la confiabilidad integral de las unidades intervenidas.

Coordinación de control y distribución de potencia: Monitorea, audita, controla, hace seguimiento y evalúa el uso óptimo de los servicios industriales (vapor, aire, electricidad). Garantiza el óptimo funcionamiento de los sistemas tales como: subestaciones eléctricas, transformadores, redes de transmisión y distribución, sistemas de protección eléctrica y centros de control de motores y potencia.

Coordinación de inspección de calidad: Coordina los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios para la ejecución oportuna y confiable de las pruebas analíticas de certificación de calidad de los productos de la refinería. Impulsa y lidera

la implantación y posterior sostenimiento del sistema de aseguramiento de calidad del laboratorio, de acuerdo al modelo ISO 9001 y la acreditación ISO 17025.

Coordinación de confiabilidad de equipo rotativo: Ejerce el rol de autoridad técnica en el establecimiento de los estándares a aplicar para la definición de las ventanas operativas de integridad, guías de control, gestión de activos, diseño mecánico y las estrategias de confiabilidad de equipo rotativo. Establece las metodologías para la evaluación y monitoreo del desempeño integral de los activos (análisis de tendencias de vibraciones, temperatura, termografía, pulsos de choque, ensuciamientos, ciclo de vida, desempeño de lubricantes).

Coordinación de control y electrónica: Ejerce el rol de autoridad técnica en el establecimiento de los estándares a aplicar para la definición de las ventanas operativas de integridad, guías de control, diseño y estrategias de mantenimiento y administración de los sistemas electrónicos y aplicaciones de control, sistemas de parada de emergencia e instrumentación de proceso. Gestiona el desarrollo y modernización de programas de automatización e integración de los sistemas de control y protección.

Coordinación de ingeniería de proceso: Ejerce el rol de autoridad técnica en el establecimiento de los estándares a aplicar para la definición de las ventanas operativas, guías de control y diseños de proceso. Fija los criterios de evaluación del desempeño de catalizadores y químicos, para determinar eficiencias de conversión, ciclo de vida, relaciones de adición vs calidad de materias primas, entre otros. Asegurar el cumplimiento de la elaboración de los balances másicos y de energía de las unidades.

Coordinación de inspección e integridad de equipos: Ejerce el rol de autoridad técnica en el establecimiento de los estándares a aplicar para la definición de ventanas operativas de integridad, guías de control, gestión de activos, diseño

mecánico y las estrategias de confiabilidad de equipo estático. Establece las metodologías para la evaluación y monitoreo del desempeño integral de los activos (análisis de tendencias de corrosión, inhibidores, termografías, espesores, ensuciamientos, ciclo de vida).

Coordinación de confiabilidad de equipo eléctrico: Ejerce el rol de autoridad técnica en el establecimiento de los estándares a aplicar para la definición de las ventanas operativas de integridad, guías de control, gestión de activos (CMMS), diseño eléctrico y las estrategias de confiabilidad de equipo eléctrico. Establece metodologías para la evaluación del desempeño integral de los activos (tendencias de vibraciones, temperatura, termografía, pulsos de choque, aceite de transformadores, ciclo de vida).

Coordinación de energía y pérdidas: Ejerce el rol de autoridad técnica en el establecimiento y seguimiento de los estándares para el uso eficiente de la energía y el control de pérdidas (venteos, escapes de vapor, quemas a teas, entre otros). Establece y actualiza semanalmente la estrategia de quema de combustibles basado en valores diferenciales y disponibilidad de gas propio.

Anexo B. Estado del arte y fundamentos teóricos del mantenimiento

ESTADO DEL ARTE

Antecedentes investigativos

CAMELO, John. RAMIREZ, Eduin. Incremento de la disponibilidad operacional para el sostenimiento de la producción de las plantas del departamento de petroquímica de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, ECOPETROL S.A., mediante el diseño de una estrategia de mantenimiento para el equipo rotativo crítico.

La competitividad de una gran compañía de la industria petroquímica como lo es Ecopetrol está ligada al control de los indicadores de desempeño que muestran el estado histórico de las operaciones realizadas por cada uno de sus departamentos. La disponibilidad operacional es uno de los indicadores más significativos y la implementación de una estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad es una opción muy conveniente para mejorar su evolución en el tiempo.

Este proyecto plantea el diseño de una estrategia *RCM* para una muestra de tres equipos críticos pilotos de la especialidad rotativa, seleccionados de cada una de las tres principales plantas del departamento de petroquímica de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja. El trabajo desarrollado tiene una fuerte fundamentación normativa y se ajusta a los protocolos internos de la compañía mediante el uso de documentos (FACI) y sistemas de información (*Ellipse*) internos.

El desarrollo de las tareas de diagnóstico, análisis *RCA*, y el diseño mismo de una estrategia *RCM* para un equipo particular dentro del contexto operativo de Ecopetrol sirven de una guía muy valiosa para el trabajo que se desarrollara a lo largo de este proyecto.

CASTRO, Daison. Plan estratégico para la implantación de la metodología de Análisis de Fallas enfocado en los equipos críticos de los campos de producción de la Superintendencia de Mares Ecopetrol S.A. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2006.

La mejora continua de la calidad y operaciones de los procesos industriales es un requerimiento muy importante para cualquier empresa del *Oil&Gas*. Asegurar este comportamiento contribuye al proceso de certificación que se debe llevar a cabo con el fin de lograr y mantener una expansión del negocio a nivel internacional.

En el proyecto se propone una tecnología de mantenimiento basado en la identificación de equipos críticos y la implantación del análisis de fallas mediante Análisis de Modos y Efectos de Falla (*FMEA*) y Análisis de Causa Raíz (*RCA*) en la Superintendencia de Mares Ecopetrol S.A. Su desarrollo está fuertemente cimentado en la Norma ISO 14224:2004 y la Norma ISO 9001:2000 que establecen estándares de confiabilidad y mantenimiento en la industria del *Oil&Gas* y los requisitos de los sistemas de gestión de calidad.

El principal aporte del proyecto es ejecutar y ejemplificar claramente los diferentes conceptos que fundamentan el *RCM* y sus herramientas mediante la generación y desarrollo de procedimientos, matrices, formatos y programas que estructuran el proceso del análisis de fallas en el contexto de la industria *Oil&Gas*.

MUNDARAIN, Christian. Diseño de un programa de mantenimiento basado en condición, enfocado a la mejora de la efectividad de los activos rotativos. Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela. 2009

Los métodos de monitoreo y registro periódicos de las variables y parámetros clave del desempeño de una máquina son la base del mantenimiento basado en condición. Planificar las actividades de mantenimiento en base a estas inspecciones

permite intervenir los activos antes de que las fallas representen un peligro. De esta manera se logra una disminución de los costos, se reducen las fallas inesperadas, el inventario de repuestos y las actividades mantenimiento rutinario, lo cual aumenta el tiempo medio entre fallas y por ende la efectividad de los activos.

El proyecto de grado consiste en desarrollar un programa de mantenimiento basado en condición para la planta Supermetanol C.A., con el objetivo de disminuir las horas de parada no programadas y elevar la productividad. Para esto se realiza un diagnóstico y una recopilación de información técnica de los activos. Seguido de un análisis de criticidad y un *FMEA* para determinar causas de falla. En base a lo anterior se determinan las herramientas y procedimientos predictivos que después se ejecutan y se someten a un análisis de resultados.

Las tareas predictivas son una parte muy importante de la metodología *RCM*, los métodos que se describen y ejecutan en el proyecto sirven de referencia para el desarrollo de este trabajo. El enfoque en equipo rotativo que se asume es muy importante, dado que la confiabilidad en esta clase de maquinaria es crítica.

PINTO, ALBA. Desarrollo de estrategia de confiabilidad APL's para equipos rotativos del área ambiental de la gerencia de la refinería de Barrancabermeja, ECOPETROL. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2011.

Las grandes empresas de la industria petroquímica deben adaptar numerosas estrategias que les permitan mejorar continuamente indicadores relacionados con tiempos y costos de mantenimiento para mantener su competitividad en los mercados globalizados. El resultado de este ejercicio institucionalización de protocolos estándar basados en herramientas como las *APL* que permiten hacer más efectiva y eficiente la gestión las tareas de mantenimiento.

En el proyecto de grado aplico de manera detallada una estrategia basada en confiabilidad para la elaboración de las *APL* de los equipos rotativos del área ambiental de la refinería de Barrancabermeja de ECOPETROL S.A. utilizando las diferentes herramientas de recolección y manejo de información que la empresa ha estandarizado dentro de sus operaciones de gestión. La implementación de las *APL* en los sistemas de información es una de las actividades que apoyan el desarrollo de una estrategia *RCM* y la aplicación previa de estas en una de las áreas de ECOPETROL representa un primer referente sólido para este proyecto en el desarrollo de actividades similares.

VERA, Hernando. Aplicación de la metodología Análisis de Causa Raíz (RCA), para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM – Ecopetrol S.A. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2011

Las estrategias de mantenimiento desarrolladas por empresas prestadoras de servicios, en las empresas de la industria petrolera que se dedican a la producción de crudo y gas, tienen un alto impacto en la competitividad de estas últimas en el mercado internacional; garantizando equipos confiables y procesos altamente calificados en los campos de extracción de crudo y gas.

El proyecto compila las acciones desarrolladas en el proceso de aplicación de la metodología *RCA* en equipos compresores de la Superintendencia de Operaciones de Mares SOM, con el fin de eliminar el principal mal actor del año 2009 en estos equipos. El mal actor se identificó mediante un análisis cuantitativo a través del diagrama de Pareto. Posteriormente se realizó un análisis cualitativo mediante el árbol lógico de fallas que permitió identificar las causas reales de falla. Finalmente se generaron recomendaciones y un plan de seguimiento, con actividades, metas e indicadores, para que la falla no repita. La aplicación detallada de un proceso de análisis de falla como el *RCA*, íntimamente ligado con el *RCM*, es una guía muy útil para el desarrollo de este proyecto.

Referentes teóricos

MOUBRAY, John. RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados. Reino Unido. Aladon Ltd., 2004

Desde el comienzo de su implementación en el área de la aviación, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (*RCM*) se ha convertido en uno de los enfoques fundamentales dentro de las prácticas ejercidas por las grandes empresas a nivel industrial. Este texto ofrece información clara acerca de los conceptos teóricos fundamentales de esta estrategia de mantenimiento, y da soporte a la metodología planteada en este proyecto.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL MANTENIMIENTO

Generalidades del mantenimiento: Se puede definir el mantenimiento como: “El proceso de empresa responsable por la entrega de la disponibilidad de los activos productivos requerida en el Plan de Negocio, con la debida atención a la seguridad de las personas y el medio ambiente, a un costo óptimo.”²² Según la norma ISO 14224 y SAE JA 1012, se definen también los términos:

- **Activos:** Planta, máquina, propiedad, edificio, vehículo o cualquier otro elemento que tenga un valor característico para la organización.
- **Función:** Es cualquier razón (capacidad o cualidad) por la cual se ha adquirido un bien y genera un valor para la organización.
- **Falla:** Pérdida de la capacidad de un activo de cumplir con su función. Estado en el que un activo físico no se encuentra disponible para ejercer una función a un nivel deseado de desempeño.

²²PERTUZ, Alberto. Generalidades de mantenimiento [diapositivas online]. Escuela de ingeniería mecánica UIS. Bucaramanga, 2017. [citado, 24 abr, 2017]. Disponible en <http://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=11675>.

- Disponibilidad: Capacidad de un activo de encontrarse en un estado adecuado para cumplir con una función particular, para unas condiciones e intervalo de tiempo determinados, asumiendo que se le proveen los recursos externos necesarios.
- Confiabilidad: Posibilidad de un activo de cumplir una función requerida bajo unas condiciones y en un intervalo de tiempo determinado.
- Mantenibilidad: Capacidad de un activo bajo determinadas condiciones de uso, de ser conservado, o restaurado a un estado en el cual puede cumplir con una función particular, cuando se le realiza mantenimiento bajo determinadas condiciones y usando recursos y procedimientos previamente establecidos.

El desarrollo de las actividades de mantenimiento tiene por objetivo principal mejorar el desempeño de los activos que participan en el proceso productivo, que se refleja a través de la disponibilidad y la confiabilidad. El mantenimiento de los sistemas mecánicos se descompone fundamentalmente en la gestión de actividades de medición, calibración, limpieza, lubricación, ajuste, cambio, reparación y remanufactura. En general, los principales recursos de la gestión de mantenimiento son los datos históricos del comportamiento del sistema productivo y el análisis estadístico de estos mediante indicadores de desempeño.

*Evolución del mantenimiento*²³: El término mantenimiento nace entre la década de 1940 y 1950 en EE.UU. con necesidad de prestar servicio a las grandes fábricas que requieren mantener su funcionamiento con la mayor continuidad posible.

Según el texto de Luis Mora, es posible describir la evolución del mantenimiento desde su comienzo utilizando seis etapas. Como se muestra en la siguiente tabla,

²³ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Grupo Editor S.A. 2009. p 11-26.

cada etapa tenía unos objetivos y unas características particulares, dependiendo del estado de la industria en la época.

Etapas de la evolución del mantenimiento

Evolución histórica.		CUADRO 1.1			
Etapa	Sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e ingeniería de fábricas	
		Orientación hacia...	Necesidad específica	Orientación hacia...	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica			
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos - Gestión de activos			

Fuente: MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Grupo Editor S.A. 2009. p 11.

- Etapa I: Durante los comienzos del mantenimiento aparecen los instrumentos fundamentales para sostener el funcionamiento de los equipos: ordenes de trabajo, herramientas, utensilios y almacenes de repuestos. Debido a que la prioridad es mantener la generación de productos y servicios, las acciones son únicamente correctivas y se entrena a los operarios para ejecutar las primeras tareas de corrección de fallas.
- Etapa II: Debido a que las fallas imprevistas son la mayor complicación en los procesos de fabricación, la segunda etapa surge de la necesidad de mitigar los efectos de las paradas y corregirlas de manera eficiente. Aunque las acciones efectuadas son únicamente de carácter correctivo, surgen los principios del mantenimiento preventivo, como las inspecciones y rutinas, junto a las metodologías propias de las paradas planificadas de mantenimiento. Comienza la diferenciación entre el tratamiento que se le da a las acciones antes y después

de la falla. Comienzan a plantearse tácticas de manejo estadístico de información y recolección de datos. Nace el control operativo de los equipos mediante la medición de parámetros funcionales antes de la falla.

- Etapa III Cuando las empresas alcanzan la madurez necesaria para el manejo real de las acciones de mantenimiento preventivo, comienzan a desarrollarse tácticas de mantenimiento que permitan gestionar de manera óptima un sistema de requerimientos particulares. Se destacan: TPM (*Total Productive Maintenance*), RCM (*Reliability Centered Maintenance*), PMO y WCM (*World Class Maintenance*).
- Etapa IV: Al alcanzar suficiencia en las etapas anteriores, las empresas comenzaron a interesarse medir resultados en busca de definir mejoras potenciales. Se le da importancia a la competitividad y se reconoce la influencia de las actividades de mantenimiento en el desempeño general de la compañía. Se desarrollan sistemas de costeo de mantenimiento, registro de fallas, y sistemas de medición bajo parámetros propios de cada empresa. En esta etapa se involucran los directivos y demás áreas corporativas en las tareas de gestión de mantenimiento, con el objetivo de obtener la mayor eficiencia al mejor costo.
- Etapa V: Se procura el desarrollo de habilidades y competencias en todo el personal, profundizando en las características de etapas anteriores. Es durante esta etapa que el acelerado desarrollo tecnológico ejerce la mayor influencia tanto en producción como mantenimiento, y a raíz de esto comienzan a trabajarse ambas áreas de manera conjunta y alineada. Las empresas alcanzan un desarrollo tal que generan sus propias prácticas, técnicas y tecnologías para incrementar la productividad, la rentabilidad y la competitividad.
- Etapa VI: Se define como el desarrollo de una gestión de activos en la cual se pretende integrar todo el conocimiento y las prácticas adquiridas en las etapas anteriores para manejar con flexibilidad y éxito sus activos. Se establece un cambio fundamental en la percepción de las actividades de mantenimiento como generadoras de riqueza, en lugar de ser gastos. La inversión en investigación y desarrollo para el mantenimiento cobra fuerza y se rediseñan los procesos para

estudiar de forma detallada el efecto de las acciones de mantenimiento con el propósito de mejorar continuamente el desempeño de las actividades productivas. Se logran grandes mejoras en las técnicas de monitoreo continuo y se busca optimizar permanentemente la disponibilidad operacional.

Modos de gestión del mantenimiento

*Proceso de planificación del mantenimiento*²⁴: En el mantenimiento la planificación es la base de las acciones operativas. Consiste fundamentalmente en la definición de objetivos claros, métodos y recursos necesarios para optimizar el desempeño de los activos utilizados en los procesos de producción. Los objetivos de la planificación deben estar orientados a la consecución de resultados medibles, generalmente representados por las variables operativas que se desean controlar, como lo son:

- Paradas imprevistas.
- Disponibilidad operacional de los equipos, y de la planta.
- Tiempos de reparación y tiempos de espera.
- Ocurrencias de fallas en los equipos.
- Ocurrencias de accidentes que afecten la seguridad.
- Costo de las operaciones.

Para garantizar la efectividad de la planificación del mantenimiento, esta debe hacerse con pleno conocimiento de los recursos y tecnologías disponibles. El balance entre el beneficio de las actividades de mantenimiento propuestas y el costo de implementarse es un factor fundamental para considerar en este proceso. De igual manera las necesidades de los clientes y beneficiarios deben orientar la selección de las posibles metodologías a implementar.

²⁴ PERTUZ, *Op. Cit*, [citado, 26 abr, 2017].

Niveles de mantenimiento: Según Luis Mora²⁵, el mantenimiento puede analizarse mediante una jerarquización que permite relacionar los diferentes tópicos manejados y su alcance dentro de la organización:

Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.



Fuente: MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Grupo Editor S.A. 2009. p 56.

El nivel instrumental corresponde a todas las funciones y acciones, elementos reales (físicos e intangibles) requeridos para que exista el mantenimiento en las empresas. Incluye registros, documentos, historias, los métodos de manejo de información, tratamientos estadísticos e instrumentos más avanzados de orden técnico como lo son los análisis de fallas, el manejo de inventarios y pronósticos desarrollados. El nivel operacional comprende las acciones de mantenimiento por realizar en el mantenimiento por equipos para cumplir con los requerimientos de los beneficiarios. En el nivel táctico se contempla el conjunto de tareas necesarias para alcanzar un propósito específico dentro del mantenimiento, siguiendo normas y reglas particulares. Incluye el *TPM*, *RCM* y el *WCM*. El nivel estratégico lo integran las metodologías cuyo propósito es evaluar el desempeño de las tácticas implementadas, y buscan cuantificar el grado de éxito alcanzado. En este nivel se establecen indicadores, índices y rendimientos que sirven de objetivo y guía general para la planificación del mantenimiento.

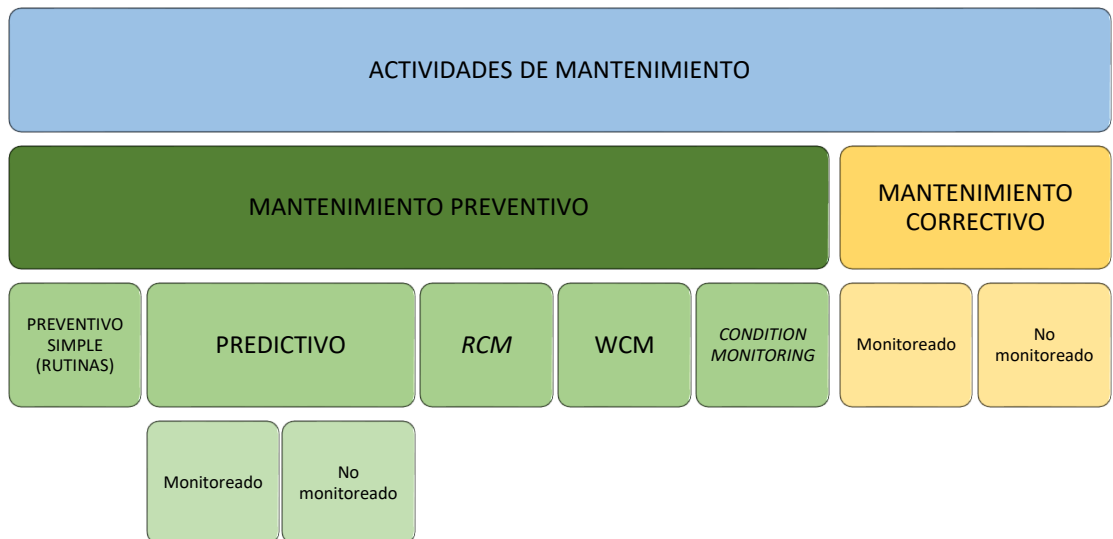
²⁵MORA, *Op. Cit*, p. 56-58.

*Clasificación de las actividades de mantenimiento*²⁶: En general, se dividen las acciones de mantenimiento en dos grandes categorías, dependiendo de la forma en cómo se enfrenta la ocurrencia de fallas:

- **Mantenimiento Correctivo:** Las actividades tienen el propósito de corregir o arreglar las consecuencias de una falla y permitir que el equipo recupere su estado de funcionamiento.
- **Mantenimiento Preventivo:** Las actividades tienen el propósito mantener el buen estado de los equipos y prevenir los eventos de falla.

Dentro de estas categorías es posible organizar las diferentes acciones de mantenimiento, siguiendo diferentes organizaciones tácticas, como se muestra en la figura.

Clasificación de las actividades de mantenimiento



*Mantenimiento correctivo*²⁷: Se define el mantenimiento correctivo como el conjunto de operaciones que se hacen sobre un sistema para restituirlo a condiciones

²⁶ PERTUZ, Alberto. Modos de Gestión del Mantenimiento. Curso Ingeniería de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería mecánica UIS. Bucaramanga. 2017.

²⁷ PERTUZ, *Op. Cit*, [citado, 26 abr, 2017].

operativas normales después de presentar una falla. Debido a que no se programa ningún tipo de actividad previa a la falla, este modo de mantenimiento es de implementación económica.

Sin embargo, el mantenimiento correctivo afecta el proceso global en el que participa el sistema, ya que al ocurrir la falla existe un tiempo de respuesta y un tiempo de reparación inevitable en el cual no se puede cumplir con la función. Esta inactividad prolongada se traduce en un impacto económico que puede ser muy alto, dependiendo de la influencia del equipo en el proceso.

Para garantizar una respuesta rápida y eficiente ante eventos de falla, la empresa debe contar con los siguientes recursos:

- La logística necesaria para gestionar rápidamente actividades de compra, transporte, reparación y montaje de elementos según se necesite.
- Talleres adecuados, propios o externos a la compañía.
- Listas de repuestos para cada equipo.
- Las herramientas necesarias para las tareas correctivas
- Personal calificado.

El mantenimiento correctivo está sujeto a una planeación, que permita establecer un proceso metódico para atender y solucionar diferentes eventos de falla, y facilitar la preparación de los recursos necesarios. El objetivo de la planeación es reducir el tiempo de reparación y con éste, el impacto económico de la falla.

Es necesario que se disponga de los formatos, planillas y fichas de control que sean necesarios para conocer cómo se ejecuta el proceso de mantenimiento y llevar un registro de los recursos empleados. Así es posible evaluar la eficiencia y el cumplimiento de los programas establecidos, con el fin de mejorar continuamente su aplicación.

*Mantenimiento preventivo*²⁸: Se define el mantenimiento preventivo como el conjunto de acciones programadas y ejecutadas periódicamente sobre los activos utilizados en los procesos operativos para optimizar su efectividad y minimizar las paradas imprevistas. El propósito es maximizar el funcionamiento de los activos durante toda su vida útil a través de acciones programadas.

En comparación con el mantenimiento correctivo, el preventivo tiene costos más altos de implementación y requiere más recursos. Sin embargo, los beneficios a nivel operativo son notables y se destacan:

- Ciclos de vida más largos
- Disminución de la cantidad de fallos aleatorios
- Aumento de la eficiencia y capacidad de los procesos
- Alta disponibilidad de las plantas
- Aumento de la seguridad operacional

El mantenimiento preventivo se planifica en el marco de los objetivos estratégicos de la empresa, mediante dos tipos de programa:

- Mantenimiento general programado a mediano plazo, según las características de los activos.
- Revisiones periódicas específicas programadas a corto plazo para los elementos establecidos en el programa general.

El mantenimiento preventivo puede abarcar el conjunto total de los activos utilizados en la cadena de valor del sistema de producción y se define en base a los siguientes

²⁸ PERTUZ, *Op. Cit.*, [citado, 26 abr, 2017].

criterios: Seguridad de las personas, Costos (mantenimiento, paradas imprevistas, del equipo estudiado), y afectación al medio ambiente.

La planificación del mantenimiento preventivo requiere de un estudio previo que le permita a la empresa identificar los equipos a los que se justifica la aplicación de esta forma de mantenimiento. Esta función la cumplen los análisis de criticidad, que deben considerar el impacto de los equipos según los criterios anteriormente mencionados.

Las actividades de mantenimiento deben ser programadas de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones convenientes sin intervenir con la producción. De igual manera se deben establecer las actividades periódicas (diarias, semanales, bisemanales, etc.) que se van a realizar a los objetos de mantenimiento.

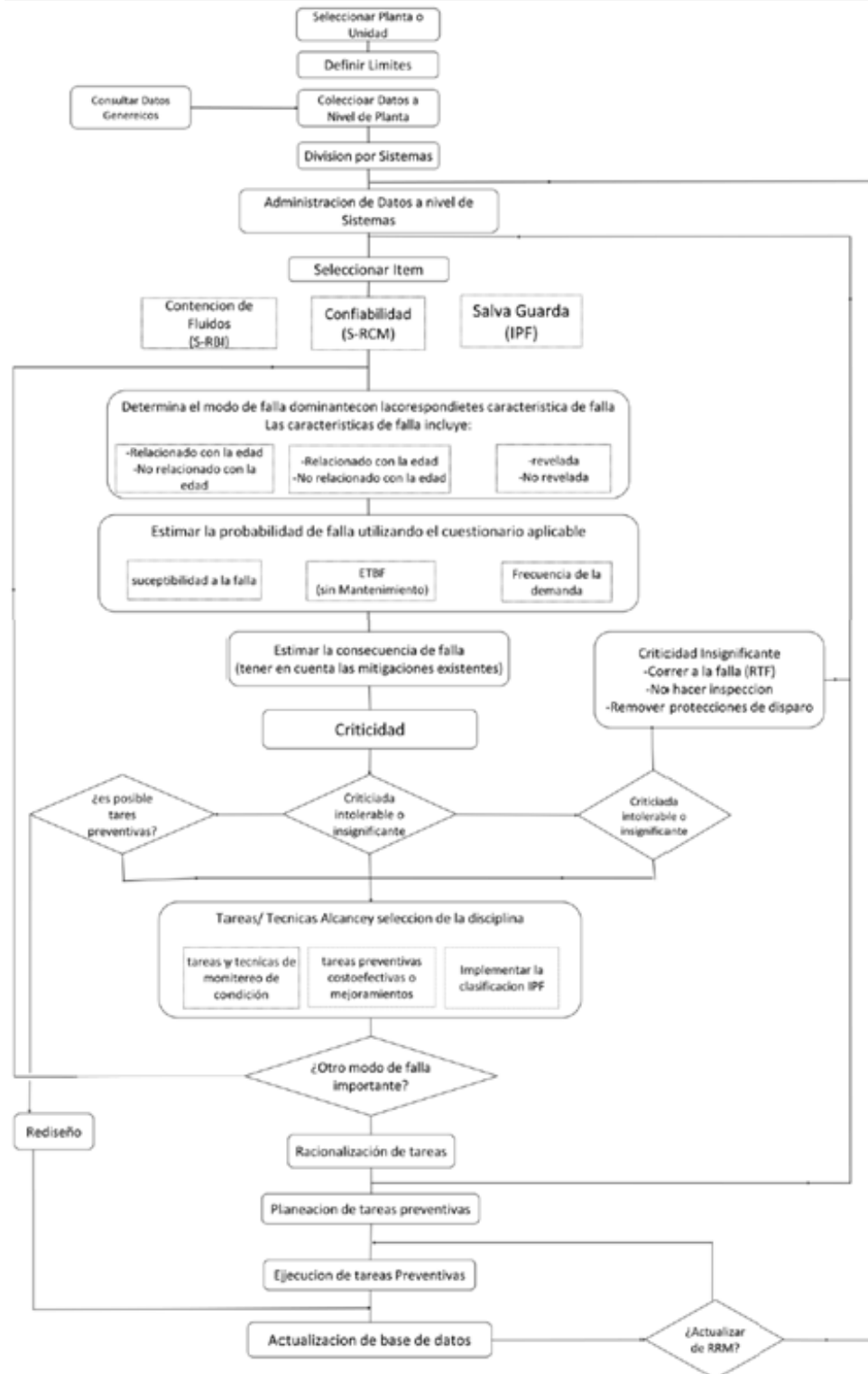
Anexo C. Subprocesos de la Gestión de activos de Ecopetrol S.A.

Análisis de la condición del activo: El foco principal de este subproceso es el seguimiento del desempeño y el estado de los activos industriales mediante el análisis de las variables operativas y de integridad. Esta información se evalúa con el propósito de soportar técnicamente las actividades de optimización que se planea realizar sobre el activo. El análisis de condición revisa la información proveniente de los siguientes sistemas:

- Ventanas operativas.
- Análisis *RBI (Risk Based Inspection)*.
- Análisis *RCM*.
- Análisis de falla.
- Reportes de operadores y mantenedores.

El principio básico del funcionamiento de las metodologías para la definición de estrategias de confiabilidad e integridad basada en riesgo detalla claramente la relación entre las fuentes de información mencionadas

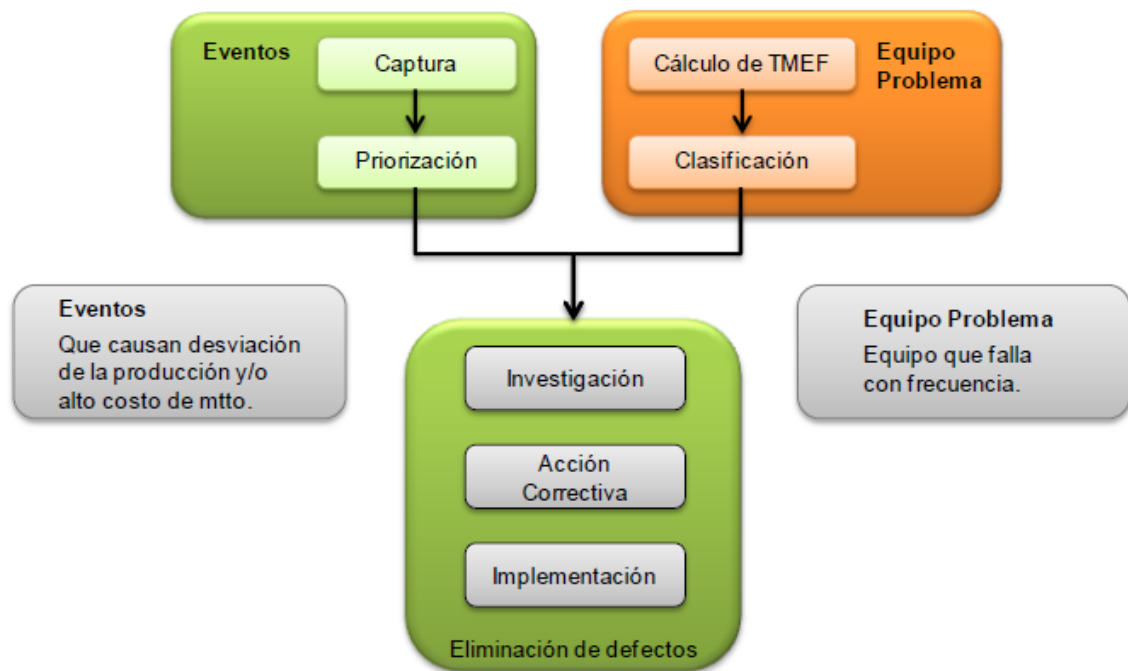
Metodologías para la definición de estrategias de confiabilidad



Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 21

Eliminación de defectos: El proceso de eliminación de defectos tiene el propósito de reportar, analizar e investigar los eventos causantes de las fallas y comprende las actividades necesarias para determinar una propuesta de solución que elimine la causa raíz y evite su reaparición.

Proceso de eliminación de defectos.



Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 23.

El proceso de eliminación de defectos consta de 4 etapas, como se muestra en la siguiente figura, originalmente traído por Shell y basado en el estudio de casos especiales o equipos malos actores. Debido a la efectiva implementación de este protocolo se consiguió reducir las fallas totales de los equipos en el periodo 2002-2006. Actualmente la GRB se enfoca en investigar principalmente eventos de falla parcial, donde la consecuencia pocas veces se materializa.

Etapas y actividades del proceso de eliminación de defectos.



Fuente: ECOPELROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 24.

Algunas de las metodologías más utilizadas en el proceso de eliminación de defectos son:

- Análisis de cinco porqués: Consiste en el cuestionamiento inicial de porqué ocurrió el evento de falla hasta lograr identificar la causa inmediata y la causa organizacional de lo ocurrido.
- Análisis tipo TASC – *Loss Causation Model*: También conocido como “Espina de pescado” o Mapa de la mente, muestra la relación entre el Efecto o problema y sus posibles causas, siendo la principal herramienta para determinar la Causa Raiz.
- Malos actores y *RCA*: La identificación de malos actores busca determinar el “*Top ten*”, los activos que representan un mayor riesgo para el negocio debido a un tiempo entre fallas muy corto, o un costo de fallas mayor comparándose con el estándar se la familia de equipos a la que pertenece.

Administración de control de cambios: Es el proceso desarrollado antes de que un cambio se ejecute, con el fin de asegurar que tanto la evaluación de riesgos como el diseño son adecuados. Para cumplir con este proceso es necesario que las personas competentes aprueben el cambio y este se documente y actualice en el paquete tecnológico de la planta. Este proceso debe cumplir con un flujo que consta 5 etapas.

Flujo del proceso de control de cambios en planta



Fuente: ECOPETROL S.A., Estándares y procedimientos. En: Libro de mejores prácticas de Gestión de Activos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2013. p. 26.

- Inicio y aprobación de la idea: Un cambio puede ser propuesto por cualquier miembro de la organización o ser el resultado de decisiones, recomendaciones expertas o investigaciones. Todas las propuestas son documentadas, y deben ser aprobadas por parte del dueño del activo o de su nivel superior.
- Análisis técnico: Inicia con la definición del tipo de cambio, la complejidad y la severidad de éste para definir el riesgo y la metodología de análisis de riesgos a desarrollar. Incluye documentos con todas las justificaciones y recomendaciones necesarias que validen o rechacen el cambio, además de un listado de documentos que se vayan a afectar debido a la posible implementación del cambio.
- Aprobación del cambio: Dada por el dueño del activo o de su nivel superior.
- Implementación del cambio: Se ejecuta la modificación recomendada y el dueño del activo recibe el trabajo desarrollado. Se incluye la información documental de los registros afectados por el cambio.

Anexo D. Información de criticidad RPN y ASP de los equipos críticos

En la refinería Ecopetrol utiliza distintas metodologías para establecer prioridades en las acciones de intervención de activos. Dentro de este proyecto se analizó y se empleó la información disponible relacionada con la criticidad de los equipos rotativos en Polietileno I y II por medio de dos metodologías. A continuación, se describen la metodología *RPN* y *ASP* para la criticidad por riesgo de falla y por seguridad dentro del proceso de producción respectivamente.

Metodología RPN: La metodología *RPN* (*Risk Priority Number*) es parte de la herramienta *FMEA* (*Failure Mode and Effects Analysis*) y evalúa tres criterios de una posible falla en un equipo: severidad, facilidad de detección y ocurrencia. La siguiente tabla muestra los criterios que se utilizan en esta metodología cuantitativa.

Criterios de ponderación RPN

Severidad	
5 CATASTROFICA	10
4 GRAVE	8
3 SEVERO	6
2 IMPORTANTE	4
1 MARGINAL	2
0 NINGUNA	-
Facilidad detección	
0 N/A	0
1 MUY ALTA	2
2 ALTA	4
3 MEDIA	6
4 BAJA	8
5 MUY BAJA	10
Ocurrencia o susceptibilidad de falla-Probabilidad	
0 N/A	0
1 IMPROBABLE (NO HA OCURRIDO EN GRB)	2
2 OCASIONAL (1 FALLA EN ULTIMOS 10AÑOS)	4
3 RELATIVAMENTE POCOS (1 FALLA CADA 5 AÑOS)	6
4 FRECUENTES (ENTRE 1 Y 2 FALLAS POR AÑO)	8
5 INEVITABLE (MAS DE 3 FALLAS/AÑO)	10

Fuente: ECOPETROL S.A., Equipos Críticos PPQ 2012. En: *Sharepoint* Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2012.

En cada equipo se identifica el modo de falla predominante y sus consecuencias para asignarle un valor ponderado de cada categoría *RPN*, una vez se tenga cada

valor estos se multiplican y se obtiene el valor del *RPN*. El equipo se considera crítico si el valor del *RPN* supera los 200 puntos.

Metodología ASP: La metodología ASP define la criticidad de un equipo según las consecuencias que puede generar una liberación no controlada de energía o de sustancias peligrosas al ambiente que pudieran ocasionar daños graves a la seguridad ambiental, del trabajador o de la propiedad.

El proceso ASP utiliza una serie de preguntas que debe responder un equipo multidisciplinario conector del proceso en cuestión. El diagrama de flujo de la siguiente figura muestra las preguntas y el orden en que estas deben hacerse para tomar la decisión.

Diagrama de flujo metodología ASP

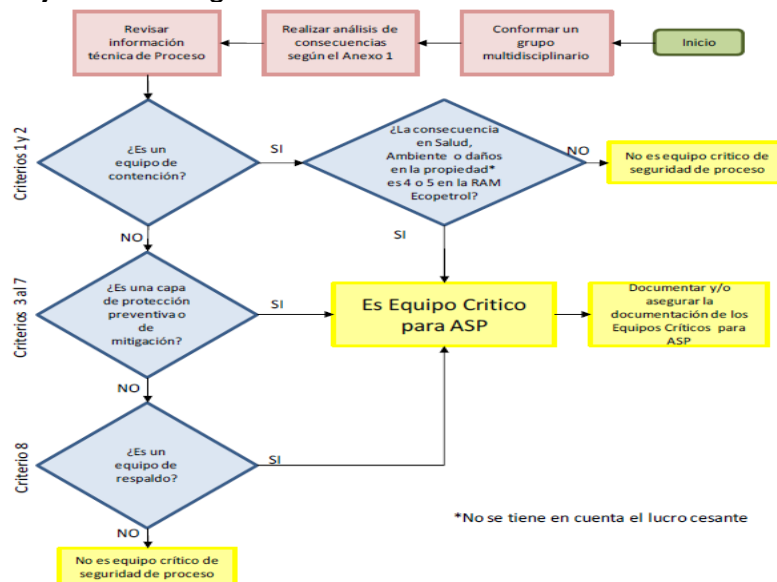


Figura 2. Identificación de Sistemas, Equipos o Componentes críticos para ASP

Fuente: ECOPETROL S.A., Equipos Críticos PPQ 2012. En: Sharepoint Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2012.

Por definición son equipos críticos aquellos que en caso de falla pueden ocasionar una o más fatalidades, incapacidad permanente (parcial o total), impactos

ambientales significativos (contaminación irreparable o mayor) o daños importantes a la propiedad (mayor a U\$1M independiente del lucro cesante).

Esto debe ser producto de un análisis de consecuencias en donde la probabilidad o susceptibilidad de falla no debe ser tenida en cuenta. El análisis de consecuencias debe contener como mínimo un análisis de variables que permita determinar de manera semicuantitativa el nivel de consecuencias ilustrado en la matriz RAM de Ecopetrol. La siguiente imagen muestra una herramienta utilizada para calcular la gravedad de las consecuencias de una falla según diferentes parámetros medioambientales y de seguridad.

Herramienta de cálculo de consecuencias ambientales

ANÁLISIS CONSECUENCIAS EN EL MEDIO AMBIENTE	
NOTA 1: Solo seleccionar una de las opciones presentada en cada variable, digitar X una sola vez por cada variable (ubicación, superficie de derrame, toxicidad ambiental, etc.)	
DERRAME DE LIQUIDO	
UBICACIÓN	
Parte de la contaminación es fuera de la propiedad (Ecopetrol)	
La contaminación permanece en el interior de la propiedad (Ecopetrol)	X
SUPERFICIE DE DERRAME	
Existe una posibilidad de que el líquido derramado lleguen a la superficie fuera de la propiedad o aguas subterráneas	
No existe oportunidad para que los líquidos derramados lleguen a la superficie fuera de la propiedad o aguas subterráneas	X
TOXICIDAD AMBIENTAL	
Nocivo y toxico (es decir, pesticidas)	
Nocivo pero no toxico (es decir, la mayoría de alcanos)	X
No nocivo para el medio ambiente (es decir, agua)	
CANTIDAD DERRAMADA	
Mayor a 50 ton	
Entre 5 y 50 ton	
Entre 0,5 y 0 ton	X
Menor a 500 kg	
EMISIÓN DE GAS	
TIPO DE EMISIÓN	
Grande (>1000 normal m ³) y peligrosa	X
Pequeña y peligrosa	
Otra	
EFECTO	
Muchas quejas o va a ser reportado a las autoridades	
Ninguna o pocas quejas	X
CLASIFICACIÓN CONSECUENCIAS AMBIENTALES	
	2

Fuente: ECOPETROL S.A., CALCULO DE CONSECUENCIAS POLIETILENO. En: Sharepoint Gerencia General Refinería Barrancabermeja [Documento Excel]. Barrancabermeja, 2012.

Los criterios que se mencionan en el diagrama de flujo para catalogar un equipo como de contención, protección, mitigación o respaldo son los siguientes:

CRITERIO 1: Sistemas, equipos o componentes que contengan o estén en contacto con sustancias peligrosas, en los que se debe evitar la pérdida de contención. Se refiere a los sistemas de contención primaria consistentes de tuberías, vasijas y otros equipos de proceso diseñados para mantener controladas sustancias peligrosas y energías del proceso, por ejemplo:

- Recipientes a Presión, Tanques de Almacenamiento y piscinas.
- Equipos y tuberías de Proceso y transporte de hidrocarburos.
- Bombas, compresores y turbinas.
- Instrumentos y líneas de impulso.

CRITERIO 2: Controles de contención: sistemas, equipos o componentes que ayudan a mantener la contención durante la operación normal. Equipo que generalmente no contiene una sustancia peligrosa y que “ofrece un margen de seguridad para prevenir un evento peligroso”. Ayuda a mantener la contención durante las operaciones normales. Comprende todos los sistemas de control básicos del proceso. Algunos ejemplos son:

- Lazos de control (BPCS):
- Válvulas de cheque y válvulas de seguridad.
- Protección catódica.
- Sistemas de calentamiento o enfriamiento.
- Estructura y soportes de tubería.
- Venteos, *Scrubbers*, sistemas de Teas.

CRITERIO 3: Sistemas, equipos o componentes que garanticen una parada segura. Todos los equipos, sensores y elementos primarios de control que integran el sistema de protección:

- Sistemas de paro de emergencia automáticos y manuales.
- Sistemas de control de ignición.
- Válvulas de aislamiento en caso de incendio.
- Alarmas y controles de seguridad del proceso que requieren la Intervención del operador.

CRITERIO 4: Sistemas, equipos o componentes asociados con la liberación y control de emisiones de sustancias peligrosas fuera de operación normal.

- Sistemas de transferencia rápida de inventario y/o tanques de relevo.
- Sistemas lavadores de gas y polvos (*Scrubbers*).

CRITERIO 5: Sistemas, equipos o componentes asociados con la detección o respuesta al desfogue o emisión de la sustancia peligrosa. El funcionamiento de estos sistemas no deberá depender de ningún otro sistema de control mayor.

- Sistema de detección de gases, llama y humos.
- Sistemas de detección de fugas.
- Sistemas de alarmas de emergencias, evacuación e incendio.
- Sistemas de radio y teléfono para comunicación interna y externa, SOLÓ SÍ son los medios primarios para reducir el impacto de la emisión de sustancias peligrosas.

CRITERIO 6: Sistemas, equipos o componentes que, al ser activados, reducen el potencial de riesgo o minimizan los desfogues o emisiones peligrosas, los incendios y explosiones.

- Sistemas contra incendio.
- Sistemas de rociadores, agentes limpios y CO₂.
- Sistemas de supresión de explosiones.
- Sistemas de ventilación utilizados para diluir las sustancias peligrosas, Proveer presión positiva en las salas de control y equipo eléctrico y mantener la operación de sistemas controladores electrónicos de seguridad.

CRITERIO 7: Sistemas, equipos o componentes que no requieren ser activados para reducir el potencial o minimizar los desfuegos o emisiones peligrosas, incendios y explosiones relacionadas con el proceso.

- Elementos secundarios de contención: Diques, drenajes, tuberías enchaquetadas.
- *Fire proofing*.
- Muro contra fuego, compuertas anti explosión.
- Instalaciones eléctricas y electrónicas ubicadas en áreas clasificadas como eléctricamente peligrosas, para evitar fuentes de ignición.
- Sistemas de puesta a tierra, apantallamiento y pararrayos.

Nota: Estos equipos (entre otros) deben estar relacionados con los equipos críticos del criterio 1.

CRITERIO 8: Sistemas, equipos o componentes que ayudan a mantener una operación segura. Se refiere a los sistemas de respaldo a los equipos críticos, tales como: Sistemas de respaldo de energía de emergencia, ejemplos: fuentes de energía no interrumpibles, generadores diésel, sistemas de baterías.

La siguiente tabla muestra los equipos críticos por *RPN* que se identificaron críticos según la metodología *ASP*.

PLANTA DE POLIETILENO DEFINICIÓN DE SISTEMAS CRÍTICOS

SISTEMA	EQUIPO	PRODUCTO	CONDUCTOR	MODO DE FALLA	CONSECUENCIA POR FALLA DEL SISTEMA	IMPACTO ECONOMICO PROBABLE	SEVERIDAD (RPN1)	PROBABILIDAD DEL EVENTO (RPN2)	FACILIDAD DE DETECCION (RPN3)	CRITERIO RPN				CRITERIO ASP				
										RPN1	RPN2	RPN3	RPN	ES EQUIPO DE CONTENCIÓN	LA SEVERIDAD ES 4 O 5	ES UNA CAPA DE PROTECCION O MITIGACION	ES UN EQUIPO DE RESPALDO	ES UN EQUIPO CRITICO?
SC2201/02	SC2201/02	ETILENO	MOTOR	Daño de válvulas de admisión/descarga	Apagada de la unidad de Polietileno I	284 KUS	3 (severo)	4 (Frecuentes)	3 (media)	6	8	6	288	SI	4	NO	NO	SI
SC2203	SC2203	ETILENO	MOTOR	Daño de válvulas de admisión/descarga	Disminución de la producción de la unidad de polietileno I al 50%	355 KUS	3 (severo)	4 (Frecuentes)	3 (media)	6	8	6	288	SI	4	NO	NO	SI
SC2204	SC2204	ETILENO	MOTOR	Daño de válvulas de admisión/descarga	Disminución de la producción de la unidad de polietileno I al 50%	355 KUS	3 (severo)	4 (Frecuentes)	3 (media)	6	8	6	288	SI	4	NO	NO	SI
SC2251/52	SC2251/52	ETILENO	MOTOR	Daño de válvulas de admisión/descarga	Apagada de la unidad de Polietileno II	532 KUS	3 (severo)	3 (Frecuentes)	3 (media)	6	8	6	288	SI	4	NO	NO	SI
SC2253	SC2253	ETILENO	MOTOR	Daño de válvulas de admisión/descarga	Apagada de la unidad de Polietileno o II	1330 KUS	3 (severo)	4 (Frecuentes)	3 (media)	6	8	6	288	SI	4	NO	NO	SI
SR2201	SR2201	ETILENO/POLÍMERO	MOTOR	Daño de rodamientos	Parada de la unidad de polietileno I por 6 días	852 KUS	3 severo	4 frecuentes (entre 1 y dos veces por año)	5 muy baja	6	8	10	480	SI	4	NO	NO	SI
SR2251	SR2251	ETILENO/POLÍMERO	MOTOR	Daño de rodamientos	Parada de la unidad de Polietileno II por 6 días	1596 KUS	4 grave	4 frecuentes (entre 1 y dos veces por año)	5 muy baja	8	8	10	640	SI	4	NO	NO	SI

Anexo E. TMEF por sección del proceso de las unidades Polietileno I y II

TAG	Familia	Especialidad	Emplazamiento	Sección	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total	TMEF [Años]
SR2201	MXME	ROT	U2200	Reacción I	1	1	3	2	1	1		1	1		11	1
SC2204	CORE	ROT	U2200	Compresión I	2	1	1		1		2	1		2	10	1,1
SR2251	MXME	ROT	U2250	Reacción II	1	1		2		1	1	1		2	9	1,222222
SC2253	CORE	ROT	U2250	Compresión II	1		1				2	1	1	1	7	1,571429
SC2203	CORE	ROT	U2200	Compresión I	2						1	1	1	3	8	1,375
SC2251/52	CORE	ROT	U2250	Compresión II						1	1		3	2	7	1,571429
SX2255	VECE	ROT	U2250	Extrusión II					1				3	2	6	1,833333
SAG2202B	MXME	ROT	U2200	Extrusión I			2	1	1						4	2,75
SAL2252	VARO	ROT	U2250	Transferencia II			1				1			1	3	3,666667
SC2201/02	CORE	ROT	U2200	Compresión I									1	2	3	3,666667
SCU2201	FRCM	ROT	U2200	Extrusión I							1	1	1		3	3,666667
SEX2251	EPEX	ROT	U2250	Extrusión II		1				1			1		3	3,666667
SP2274	PUGE	ROT	U2250	Extrusión II						1	1		1		3	3,666667
SAL2203	VARO	ROT	U2200	Transferencia I				1		1					2	5,5
SCU2251	FRCM	ROT	U2250	Extrusión II		1		1							2	5,5
SP2270A	PUCE	ROT	U2250	Extrusión II						1		1			2	5,5
SAG2202A	MXME	ROT	U2200	Extrusión I			1								1	11
SC2205A	CORO	ROT	U2200	Transferencia I								1			1	11
SC2205B	CORO	ROT	U2200	Transferencia I		1									1	11
SC2207	CORO	ROT	U2200	Transferencia I				1							1	11
SC2210	CORO	ROT	U2200	Transferencia I		1									1	11
SC2259B	CORO	ROT	U2250	Transferencia II							1				1	11
SC2261A	COSC	ROT	U2200	Transferencia I						1					1	11
SC2261B	COSC	ROT	U2200	Transferencia I								1			1	11
SEX2201	EPEX	ROT	U2200	Extrusión I	1										1	11
SP2201B	PURP	ROT	U2200	Compresión I									1		1	11
SP2202E	PURE	ROT	U2200	Compresión I		1									1	11
SP2207	PURE	ROT	U2200	Compresión I										1	1	11
SP2207A	PURE	ROT	U2200	Compresión I						1					1	11
SP2213	PURE	ROT	U2200	Compresión I										1	1	11
SP2217B	PUCE	ROT	U2200	Extrusión I		1									1	11
SP2232A	PUPC	ROT	U2200	Extrusión I						1					1	11
SP2251A	PURP	ROT	U2250	Compresión II	1										1	11
SP2251B	PURP	ROT	U2250	Compresión II	1										1	11
SP2251C	PURP	ROT	U2250	Compresión II	1										1	11
SP2251D	PURP	ROT	U2250	Compresión II	1										1	11
SP2251F	PURP	ROT	U2250	Compresión II	1										1	11
SP2252A	PURE	ROT	U2250	Compresión II						1					1	11
SP2252B	PURE	ROT	U2250	Compresión II						1					1	11
SP2256A	PUCE	ROT	U2250	Extrusión II	1										1	11
SP2256B	PUCE	ROT	U2250	Extrusión II								1			1	11
SP2259A	PUGE	ROT	U2250	Compresión II					1						1	11
SP2261	PURE	ROT	U2250	Compresión I	1										1	11
SP2271	PUCE	ROT	U2250	Extrusión II										1	1	11
SP2275A	PUPC	ROT	U2250	Extrusión II			1								1	11
SX2207	VECE	ROT	U2200	Extrusión I							1				1	11

Anexo F. Niveles de investigación del proceso de Eliminación de defectos

El proceso de eliminación de defectos plantea que todos los incidentes que ocurran dentro de la organización deben ser investigados para encontrar su causa raíz y eliminarla o mitigar sus efectos. Sin embargo, los mayores esfuerzos han de concentrarse en aquellos incidentes de mayor impacto, el cual se determina según el análisis de consecuencias de la matriz RAM. Existen tres niveles de investigación como se evidencia en la figura.

Matriz RAM para establecer nivel de investigación de un incidente

CONSECUENCIAS REALES					FRECUENCIA				
Personas	Económica (en dólares)	Ambiental	Clientes	Imagen de la empresa	No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces por año en el área
					A	B	C	D	E
Uno o más fatalidades	Catastrófica > 10 Millones	Mayor	Voto como proveedor	Internacional	5	N3	N3	N3	N3
Incapacidad permanente, parcial o total	Grave 1 - 10 Millones	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	N3	N3	N3	N3
Incapacidad temporal >1 día	Severo 100 mil - 1 millón	Localizado	Pérdida de Clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N2	N2	N2	N3
Lesión menor no incapacidad	Importante 10 mil - 100 mil	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N1	N1	N1	N2
Lesión leve primeros auxilios	Menor < 10 mil	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N1	N1	N1	N1
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N1	N1	N1	N1

Fuente: ECOPEPETROL S.A., Investigación de eventos individuales. En: Guía proceso de eliminación de defectos [Documento PDF]. Barrancabermeja, 2012. p. 7.

Nivel 1: consecuencia baja: Son eventos con pérdidas potenciales o cambios de estado de equipos sin falla total. Estos eventos deben ser analizados para permitir alimentar las bases estadísticas de la GRB y tomar acciones que prevengan la consecuencia.

Equipo de investigación: El Supervisor de turno es responsable de la investigación, designando a un operador que cuente con el entrenamiento adecuado sobre como reconocer este tipo de incidentes.

Metodología: La metodología de los cinco porqués permitirá desentrañar las causas detrás del evento. El operador encargado de la investigación debe comprender la causa física, así como las acciones inmediatas que deben adoptarse para prevenir una falla similar. Es importante que se catalogue incidente dentro de los modos de

falla estándar de la ISO 14224, de esta norma se habla más adelante en el capítulo 7.2.1.

Duración: Este reporte debe realizarse dentro de las 72 horas siguientes al suceso.

Nivel 2: consecuencia media y frecuencia baja: Incidentes de fallas totales de equipos y eventos de *slowdowns*, *shutdowns* y extensiones de parada con consecuencias reales de nivel importante (*RAMM*).

Equipo de investigación: Conformado por el equipo núcleo y es nombrado por el Jefe de Departamento. El líder, y facilitador de la investigación, puede ser el Líder de Confiabilidad, un supervisor operativo o profesional, siempre y cuando tenga las competencias metodológicas.

Metodología: El método de investigación es el *RCA* de Ecopetrol que se vale de herramientas como el diagrama de espina de pescado o el árbol de falla, permitiendo encontrar las causas inmediatas, causas básicas y las pérdidas de control organizacional.

Tiempo de duración: El reporte del incidente debe realizarse dentro de las 24 horas siguientes al suceso ante el grupo gerencial. El reporte final debe entregarse antes de 21 días.

Nivel 3: Alta consecuencia y/o frecuencia: Corresponden con las valoraciones *RAM H* o *VH* y los niveles de consecuencia real 4 y 5; por tanto, requieren un tratamiento especial: un equipo multidisciplinario nombrado por el gerente de la GRB.

Equipo de investigación: Para los eventos catastróficos se debe nombrar un facilitador, o especialista metodológico, un líder de investigación, que debe ser

alguien de otra área de la empresa o de la planta donde ocurrió el incidente, y un grupo especializado y multidisciplinario, diferente a los estuvieron relacionados con el evento.

Metodología: El método de investigación es el *RCA* de Ecopetrol. Guiado mediante la herramienta *Ecomed*, en el cual se plantean 5 fases de investigación que contienen 10 pasos:

- Reporte del incidente.
- Valoración del incidente.
- Definición del problema.
- Ubicación del problema.
- Diagrama Causa-Efecto.
- Identificación de las causas raíces.
- Identificación de la meta y las alternativas de solución.
- Definición de criterios, valoración y selección de la mejor alternativa.
- Plan de Acción.
- Aprendizaje.

Tiempo de duración: El reporte del incidente debe realizarse dentro de las 8 horas siguientes al suceso ante el vicepresidente del *Downstream*. El reporte final debe entregarse antes de 15 días.

Anexo G. Lista de partes objeto y ETBF de los equipos críticos

RCM DE LA PLANTA POLIETILENO		
FORMATO RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLANEACIÓN		
EQUIPO	PARTE OBJETO	ETBF (cero Mtto)
10223704 SC2204	Rotativo	
	Amortiguador de Pulsaciones	10 años
	Bujes	1 año
	Carcasa	30 años
	Casquetes	1 año
	Cigüeñal	6 años
	Cilindro	20 años
	Cojinete de Empuje	1 año
	Cojinete Radial	1 año
	Empaque	3 años
	Plunger	1 año
	Rodamiento Radial	1 año
	Sello de Aceite	3 años
	Sello de Gas	1 año
	Soporte	1 año
	Tubería / Tubería interna	30 años
	Válvula dual	3 años
	Glándulas	1 año
	Instrumentos	
	Cable	30 años
Monitoreo	6 años	
Sensor	3 años	
Unidad de Control	6 años	
10193729 SC2201/02	Rotativo	
	Amortiguador de Pulsaciones	10 años
	Bujes	1 año
	Carcasa	30 años
	Casquetes	1 año
	Cigüeñal	6 años
	Cilindro	20 años
	Cojinete de Empuje	1 año
	Cojinete Radial	1 año
	Empaque	3 años
	Pistón	1 año
	Vástago	1 año

	Rodamiento Radial	1 año	
	Sello de Aceite	2 años	
	Sello de Gas	1 año	
	Soporte	1 año	
	Tubería / Tubería interna	30 años	
	Válvula	3 años	
	Instrumentos		
	Cable	30 años	
	Monitoreo	6 años	
	Sensor	3 años	
	Unidad de Control	6 años	
10044871 SC2253	Rotativo		
	Amortiguador de Pulsaciones	10 años	
	Bujes	1 año	
	Carcasa	30 años	
	Casquetes	1 año	
	Cigüeñal	6 años	
	Cilindro	20 años	
	Cojinete de Empuje	1 año	
	Cojinete Radial	1 año	
	Empaque	3 años	
	Plunger	1 año	
	Rodamiento Radial	1 año	
	Sello de Aceite	2 años	
	Sello de Gas	1 año	
	Soporte	1 año	
	Tubería / Tubería interna	30 años	
	Válvula dual	3 años	
	Glándulas	1 año	
	Instrumentos		
	Cable	30 años	
Monitoreo	6 años		
Sensor	3 años		
Unidad de Control	6 años		
10074594 SC2251/52	Rotativo		
	Amortiguador de Pulsaciones	10 años	
	Bujes	1 año	
	Carcasa	30 años	
	Casquetes	1 año	

	Cigüeñal	6 años
	Cilindro	20 años
	Cojinete de Empuje	1 año
	Cojinete Radial	1 año
	Empaque	3 años
	Pistón	1 año
	Vástago	1 año
	Rodamiento Radial	1 año
	Sello de Aceite	2 años
	Sello de Gas	1 año
	Soporte	1 año
	Tubería / Tubería interna	30 años
	Válvula	3 años
	Instrumentos	
	Cable	30 años
	Monitoreo	6 años
	Sensor	3 años
	Unidad de Control	6 años

RCM DE LA PLANTA POLIETILENO		
FORMATO RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLANEACIÓN		
EQUIPO	PARTE OBJETO	ETBF (cero Mtto)
10163961 SR2201	Rotativo	
	Acople	30 años
	Aspas	20 años
	Eje	5 años
	Rodamiento axial	1 año
	Rodamiento Radial	7 meses
	Empaquetadura	1 año
	Estático	
	Aislamiento	50 años
	Estructura	50 años
	Línea a tierra	50 años
	Sillas y Anclaje	50 años
	Boquillas	50 años
	Casco	50 años
	Conexiones bridadas	10 años
	Tubería y Accesorios menores	50 años

	Instrumentos	
	Cable	30 años
	Monitoreo	25 años
	Sensor	1 año
	Unidad de Control	25 años
10223958 SR2251	Rotativo	
	Acople	30 años
	Aspas	20 años
	Eje	5 años
	Rodamiento axial	1 año
	Rodamiento Radial	7 meses
	Empaquetadura	1 año
	Estático	
	Aislamiento	50 años
	Estructura	50 años
	Línea a tierra	50 años
	Sillas y Anclaje	50 años
	Boquillas	50 años
	Casco	50 años
	Conexiones bridadas	10 años
	Tubería y Accesorios menores	50 años
	Instrumentos	
	Cable	6 años
	Monitoreo	25 años
	Sensor	1 año
Unidad de Control	25 años	

Anexo H. Matriz de criticidad RAM de modos de falla de los equipos críticos

RAM ROTATIVO										
CLASE	COMPONENTE	MODO DE FALLA	ISO 14224	PROB.	CONSECUENCIAS POR CLASE (El mayor de todos los equipos)					CRT
					PERSONAS	ECONÓMICA	AMBIENTAL	CLIENTES	IMAGEN	
COMPRESOR	Compresor	RUIDO	NOI	D	4	3	2	2	1	H
		VIBRACION	VIB	C	4	3	2	2	1	M
		SOBRECALENTAMIENTO	OHE	D	4	3	2	2	1	H
		DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	STD	B	4	3	2	2	1	M
		FUGA EXTERNA MEDIO AUXILIAR	ELU	D	4	3	2	2	1	H
		FUGA EXTERNA MEDIO DE PROCESO	ELP	E	4	3	2	2	1	H
		FUGA INTERNA	INL	D	4	3	2	2	1	H
		ROTURA	BRD	C	4	3	2	2	1	M
		PARADA INESPERADA	UST	E	4	3	2	2	1	H
		FUGAS EXTERNAS DE COMBUSTIBLE O GAS	ELF	D	4	3	2	2	1	H
		DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PDE	C	4	3	2	2	1	M
	Control y monitoreo	NO HAY SALIDA	NOO	C	4	3	2	2	1	M
		OPERACIÓN ESPURIA O EN FALLA	SPO	C	4	3	2	2	1	M
		FALLA DE COMUNICACIONES	OTH	C	4	3	2	2	1	M
		LECTURA ANORMAL DEL INSTRUMENTO	AIR	D	4	3	2	2	1	H
		FALLA FUNCION EN DEMANDA	FTF	C	4	3	2	2	1	M
		FALLA ABRIR EN DEMANDA	FTO	C	4	3	2	2	1	M
		FALLA CERRAR EN DEMANDA	FTC	C	4	3	2	2	1	M
	OPERACIÓN RETRASADA	DOP	C	4	3	2	2	1	M	
	Sistema de Lubricación	VIBRACION	NOI	D	4	3	2	2	1	H
RUIDO		VIB	C	4	3	2	2	1	M	

	OPERACIÓN ESPURIA O EN FALLA	SPO	B	4	3	1	2	1	M
	FALLA DE COMUNICACIONES	OTH	B	4	3	1	2	1	M
	LECTURA ANORMAL DEL INSTRUMENTO	AIR	C	4	3	1	2	1	M
	FALLA FUNCION EN DEMANDA	FTF	C	4	3	1	2	1	M
	FALLA ABRIR EN DEMANDA	FTO	C	4	3	1	2	1	M
	FALLA CERRAR EN DEMANDA	FTC	C	4	3	1	2	1	M
	OPERACIÓN RETRASADA	DOP	C	4	3	1	2	1	M
Miscelaneos	FALLA DE COMUNICACIONES	OTH	C	4	3	1	2	1	M
	DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	STD	C	4	3	1	2	1	M
Tambor	FUGA EXTERNA MEDIO DE PROCESO	ELP	C	4	3	1	2	1	M
Unidad de agitación	VIBRACION	VIB	E	4	3	1	2	1	H
	RUIDO	NOI	D	4	3	1	2	1	H
	PARADA INESPERADA	UST	D	4	3	1	2	1	H
	ROTURA	BRD	D	4	3	1	2	1	H
	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PDE	B	4	3	1	2	1	M
	SOBRECALENTAMIENTO	OHE	C	4	3	1	2	1	M
	FUGA EXTERNA MEDIO DE PROCESO	ELP	C	4	3	1	2	1	M
	FALLA AL PARAR DEMANDA	STP	D	4	3	1	2	1	H
	OPERACIÓN ESPURIA O EN FALLA	SPO	C	4	3	1	2	1	M

Anexo I. Formatos FMECA para los equipos rotativos críticos de la planta de polietileno

Equipo	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Modo de Falla ISO14224 Asociado	Mecanismo de Falla	Efecto de la Falla	Criticidad RAM
SC2201/02 SC2251/52	Sistema de Compresión	Comprimir el etileno fresco de carga proveniente de la Etileno II desde 200 psig hasta 3000 psig y el etileno de reciclo desde 7 psig hasta 3000 psig.	1. La carga de etileno que llega a las diferentes etapas de compresión se comprime por debajo de la presión esperada de la etapa	Falla de los cilindros	NOI	Desgaste de camisa	La caída del pistón y los niveles de vibración y ruido en el cilindro aumentan. Posible subida de la temperatura en pistón. Leve pase de etileno a través de los anillos Caída del flujo. Genera shutdown. Aprox 90 horas para reparar.	H
					VIB			
					OHE			
					STD			
				Falla del pistón	INL	Desgaste de anillos de compresión	Pérdida de compresión en el cilindro y caída del flujo. Aumento en los niveles de vibración. Recirculación de etileno en el pistón. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 50 horas para cambio de anillos.	H
					NOI			
					VIB			
					OHE			
			Falla de tubería interna/externa	BRD	Rotura	Caída de presión. Fugas a medio externo del proceso. Aumento en las vibraciones y el ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños	H	
				VIB	Soltura	Caída de presión súbita. Fugas a medio externo del proceso. Aumento del nivel de ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños		
				NOI				
				STD				
			Falla de internos en válvulas	ELP				
				INL	Desgaste	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	H	
				VIB				
				NOI	Obstrucción	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo. Ralladura de los asientos. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar		
OHE								
Pérdida de sello en empaques en válvula	INL	Desgaste	Caída de la presión en el cilindro debido a fugas internas. Caída del flujo. Aumento de la temperatura por recirculaciones constantes. 70 horas para cambio de empaques. Requiere parada de la unidad.	H				
	VIB							
	NOI							
	OHE							
Obstrucción del tambor amortiguador de pulsaciones	PLU	Obstrucción	Presión fuera de guías en tambor y cilindros. Caída del flujo. Ruido notable. 8 horas para reparar. Requiere parada de la unidad.	M				
	NOI							
	VIB							
Falla de los bolsillos	VIB	Desajuste	Caída del flujo. Perdida en la capacidad de compresión del cilindro. 50 horas para reparar	M				
	NOI							
	LOO							
2. La carga de etileno que llega a las diferentes etapas de compresión se comprime por encima de la presión esperada de la etapa	Falla de los cilindros	NOI	Desgaste de camisa	La caída del pistón y los niveles de vibración y ruido en el cilindro aumentan, comportamiento anormal en el ciclo de compresión y posible subida de la temperatura en pistón. Caída del flujo. Leve pase de etileno a través de los anillos. Genera shutdown. Aprox 90 horas para reparar.	H			
		VIB						
		OHE						
		STD						
	Falla del pistón	INL	Desgaste de anillos de compresión	Pérdida de compresión en el cilindro de la falla. Caída del flujo. Subida de presión en las etapas anteriores de compresión. Aumento en los niveles de vibración. Recirculación de etileno en el pistón. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 50 horas para cambio de anillos.	H			
		NOI						
		VIB						
		OHE						
	INL	Desgaste	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo.	H				
	VIB	Obstrucción	Subida de presión en etapas anteriores de compresión. Aumento de la temperatura del etileno y					

			Falla de internos en válvulas	NOI		la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	
			OHE	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo. Subida de presión en etapas anteriores de compresión. Ralladura de los asientos. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar			
			Pérdida de sello en empaques en válvula	INL	Desgaste	Caída de la presión en el cilindro debido a fugas internas. Caída del flujo. Subida de presión en etapas anteriores de compresión. Aumento de la temperatura por recirculaciones constantes. 70 horas para cambio de empaques. Requiere parada de la unidad.	H
				VIB			
				NOI			
				OHE			
Mantener los valores de vibración en cruceta y cabezal debajo los valores máximos permisibles establecidos en el sistema Prognost	3. Los valores de vibración exceden el límite permisible.	Obstrucción del tambor amortiguador de pulsaciones	VIB	Obstrucción	El prognost da alarma de alta vibración en el cilindro (transmitida por la tubería). Presión fuera de guías en tambor y cilindros y caída del flujo. 8 horas para reparar. Requiere parada de la unidad.	M	
			NOI				
			PLU				
		Pérdida de holgura en los bujes	NOI	Desgaste	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir la cruceta. 50 horas para reparar	M	
			VIB				
			OHE				
		Pérdida de holgura en los casquetes	NOI	Desgaste	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir el conjunto biela-cigüeñal. 50 horas para reparar	M	
			VIB				
			OHE				
		Falla del cigüeñal	NOI	Desgaste en muñones	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir cigüeñal desarmando sistema de compresión. 70 horas para reparar	M	
			VIB	Deflexión	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Aumento de la temperatura en cojinetes de bancada. Se debe intervenir el cigüeñal desarmando el sistema de compresión. 70 horas para reparar		
			OHE				
Falla de los cilindros	NOI	Desgaste de camisa	Prognost da alarma de alta vibración en cilindro, aumento de temperatura en pistón y caída del flujo. Comportamiento anormal de ciclo de compresión debido a los pases de etileno. 90 horas para reparar. Aumento en los niveles de vibración y caída del flujo. Puede generar shutdown según gravedad de la grieta. Aprox 90 horas de reparación.	H			
	VIB	Agrietamiento					
	OHE						
	STD						
Falla de cojinetes	NOI	Desgaste del cojinete de empuje	Prognost da alarma de alta vibración (cruceta). Subida de la temperatura en cojinetes de bancada. Se hace necesaria intervención desarmando el sistema de compresión. 60 horas para reparar	H			
	VIB	Desgaste del cojinete radial	Prognost da alarma de alta vibración (cruceta). Subida de la temperatura en cojinetes de bancada. Se hace necesaria intervención desarmando el sistema de compresión. 60 horas para reparar				
	OHE						
Falla del pistón	INL	Desgaste de anillos de compresión	Aumento de vibraciones en cilindro. Pérdida de compresión. Caída del flujo. Recirculación de etileno en el pistón. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 50 horas para cambio de anillos.	H			
	NOI	Desgaste de anillos guía	Vibración aumentada en cilindro. Caída del pistón acentuada. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 70 horas para cambio de anillos				
	VIB						
	OHE						
Desgaste excesivo de rodamiento radial (motor)	NOI	Lubricación deficiente	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.	H			
	VIB	Desalineamiento	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.				
	OHE	Carga axial	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.				

Falla de los sellos de gas	BRD	Desgaste	Prognost da alarma de alta vibración en cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas	H	
	ELP	Rotura	Prognost da alarma de alta vibración en cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas		
	OHE				
Falla de soportes	BRD	Agrietamiento	Aumento general de las vibraciones en el compresor. Ruido notable y característico. 50 horas para reparar	M	
	VIB	Soltura	Aumento general de las vibraciones en el compresor. Ruido notable y característico. 50 horas para reparar		
	NOI				
	STD				
Falla de tubería interna/externa	BRD	Rotura	Caída de presión. Fugas a medio externo del proceso. Aumento en las vibraciones y el ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños.	M	
	VIB	Soltura	Caída de presión súbita. Fugas a medio externo del proceso. Aumento del nivel de ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños.		
	NOI				
	STD				
Falla de internos en válvulas	INL	Desgaste	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída de flujo. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	M	
	VIB				
	NOI	Obstrucción	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída de flujo. Ralladura de los asientos. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar		
Pérdida de sello en empaques en válvula	INL	Desgaste	Caída de la presión en el cilindro debido a fugas internas. Caída del flujo. Aumento de la temperatura por recirculaciones constantes. 70 horas para cambio de empaques. Requiere parada de la unidad.	M	
	VIB				
	NOI				
	OHE				
Falla de vástago	INL	Ralladura en zona de sellos	Aumentan niveles de vibración (cruceta) Posible aumento de la temperatura por recirculaciones de etileno. Caída del flujo. Shutdown según el nivel de la fuga. 50 horas para reparar	M	
	VIB	Rotura	Aumento en las vibraciones de cruceta. Parada inesperada del sistema de compresión (según gravedad de la grieta o rotura) 50 horas para reparar o cambiar.		
	NOI				
	OHE				
	PDE (Caída del pistón)				
	BRD				
Falla del Patín	VIB	Desgaste	Aumentan los niveles de vibración y la temperatura en el patín. 50 horas para reparar.	H	
	NOI				
	OHE				
4. Parada inesperada del sistema de compresión.	Falla de vástago	INL	Ralladura en zona de sellos	Caída de presión en sistema de lubricación. Aumentan niveles de vibración (cruceta) Posible aumento de la temperatura por recirculaciones de etileno. Shutdown según el nivel de la fuga. 50 horas para reparar.	H
		VIB	Rotura	Aumento en las vibraciones de cruceta. Parada inesperada del sistema de compresión (según gravedad de la grieta o rotura) 50 horas para reparar o cambiar.	
		NOI			
		UST			
		OHE			
		PDE (Caída del pistón)			
Falla de los sellos de aceite	ELU	Desgaste	Pérdida de presión en el sistema de lubricación (Posible disparo). Fuga de aceite hacia el exterior del cárter. Tiempo estimado de reparación: 120 horas.	H	
	UST	Rotura	Pérdida de presión en el sistema de lubricación (Posible disparo). Fuga de aceite hacia el exterior del cárter. Tiempo estimado de reparación: 120 horas.		
	BRD				

			Falla de los sellos de gas	BRD	Desgaste	Aumento de las vibraciones en el cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas	H	
				VIB	Rotura	Aumento de las vibraciones en el cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas		
				OHE				
				ELP				
			Falla del cigüeñal	NOI	Rotura	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir cigüeñal desarmando sistema de compresión. 70 horas para reparar.	M	
				UST				
				VIB				
				OHE				
			Pérdida de sello en empaques	ELU	Desgaste	Pase de etileno hacia el Carter y atmósfera. Caída del flujo. Puede ser necesario desmontar cilindros según ubicación del empaque. Aprox 90 horas para el cambio de empaques	H	
				ELP				
				INL				
			Corto en espiras del motor	OHE	Corto circuito	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el re arranque.	M	
				VIB				
				NOI				
				UST				
			Pérdida del aislamiento eléctrico del motor	OHE	Deterioro	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el Rearranque.	H	
				VIB				
				NOI				
				UST				
			Falla de los bolsillos	VIB	Desajuste	Arranque descontrolado, aumento en el consumo de potencia del motor, posible disparo por sobre amperaje. 20 horas para el reajuste	M	
				NOI				
				UST				
				LOO				
			Falla de accesorios eléctricos del motor	UST	Deterioro	Corto circuito y sobre amperaje, disparo del motor, 6 horas para el Rearranque	M	
			Falla de línea a tierra	UST	Desajuste	Corrientes de falla parciales no van a tierra. Posible incendio y daños al personal	M	
			Falla de baterías	UST	Deterioro	Parada inesperada del motor, corrientes fuera de ventana	M	
			Falla de UPS	UST	Deterioro	Falla oculta, no se puede restablecer función en caso de falla de unidad de alimentación principal. 6 horas para re arranque	M	
Sistema de control y monitoreo	Monitorear la presión y temperatura del etileno a la entrada y salida de cada cilindro de las etapas del compresor Monitorear la vibración en la cruceta y cilindros y la caída del pistón de cada etapa del compresor en cada	1. Falsa lectura de los instrumentos.	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
			Falla del sensor	AIR	Deterioro de elemento primario	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores del sistema de control. Se requiere intervención inmediata. 11 horas para reparar	H	
			Falla de unidad de control	AIR	Mal funcionamiento de hardware electrónico	FTF	Posible disparo de falsa alarma. Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	H
				FTO				
				FTC				
Falsa señal por falla del	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M				

instante del giro del cigüeñal

	cable (sist lubricación)				
	Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 14 horas para reparar	M
	Falla del sensor (sist lubricación)	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento en partes lubricadas. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	H
	Falla del transductor (sist lubricación)	NOO	Deterioro del transmisor	La válvula no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de sobrecalentamiento en partes lubricadas. 12 horas para reparar	H
		AIR			
	Descalibración de posicionador (sist lubricación)	ERO	Deterioro	Respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento en elementos lubricados. 2 horas para reparar	M
2. Pérdida de señal de los instrumentos.	Pérdida de señal por falla del cable	NOO	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
	Falla del sistema de monitoreo	OTH	Falla de la interfaz gráfica de monitoreo	Pérdida de comunicación entre la sala de control (operadores) y el sistema de control. 2 horas para reparar.	M
	Pérdida de señal por falla del cable (sist lubricación)	NOO	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
	Aislamiento de contactos en la caja de conexión (sist lubricación)	NOO	Suciedad	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar	M
			Corrosión		
	Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M
	Falla del sensor (sist lubricación)	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento del elemento lubricado. Se requiere intervención inmediata. 11 horas para reparar	H
	Falla del transductor (sist lubricación)	NOO	Deterioro del transmisor	La válvula no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de sobrecalentamiento del de partes lubricadas. 2 horas para reparar	H
AIR					
3. Señal intermitente de los instrumentos	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
	Falla del sensor	AIR	Deterioro de elemento primario	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores del sistema de control. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	H
	Falla del sistema de alimentación del control de	NOO	Señal/alimentación intermitente de la barrera de seguridad	La válvula no responde a demanda. Posible respuesta errática de la válvula. Posible disparo de falsa alarma. 2 horas para reparar	M
		ERO	Deterioro de la barrera de seguridad		

		la válvula (sist lubricación)				
		Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
		Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M
		Falla del sensor (sist lubricación)	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento de partes lubricadas. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	H
		Falla del transductor (sist lubricación)	NOO		La válvula no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de sobrecalentamiento de las partes lubricadas. 2 horas para reparar	H
		Falla del transductor (sist lubricación)	AIR	Deterioro de transmisor		H
		Descalibración de posicionador (sist lubricación)	ERO	Deterioro	Respuesta errática de los actuadores .2 horas para reparar	M
Dar alarma cuando las presiones, temperaturas y nivel de vibraciones monitoreados se encuentren fuera de ventana operativa de integridad, de guías de control o de los valores máximos permisibles establecidos en el sistema	4. Alarma intermitente	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M
		Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M
	5. Falsa alarma	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M
		Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M
	6. Señal con retraso.	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M
		Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M
Controlar la capacidad del compresor en respuesta a las variaciones de presión mediante el desplazamiento de las válvulas: PICV22031B, DAHLMITE, U48 (C2201);	7. No hay respuesta de la válvula.	Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar.	M
			FTO			
			FTC			
		AIR				
	Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 12 horas para reparar	M	
	FTO	Deterioro posicionador				
	FTC	Insuficiencia del suministro de aire				

PICV-22032, DAHL-MITE, U48 (C2202); PV22513B (C2251) y PV22054A, PICV22504B (C2252)
 Controlar la presión de funcionamiento del sistema de lubricación dentro de los límites establecidos para cada una de las bombas: P2261, P2206A/B (C2201/02); P2258, P2257A/B (C2251/52).

	DOP	Desgaste de internos		
Pérdida de señal por falla del cable (sist lubricación)	NOO	Deterioro	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
Aislamiento de contactos en la caja de conexión (sist lubricación)	NOO	Suciedad	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar.	M
		Corrosión		M
Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. Se ordena parada del sistema e intervención 14 horas para reparar	M
8. Respuesta errática	Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar
		FTO		
		FTC		
		AIR		
Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 12 horas para reparar	M
	FTO	Deterioro posicionador		
	FTC	Insuficiencia del suministro de aire		
	DOP	Desgaste de internos		
Falla del sistema de alimentación del control de la válvula (sist lubricación)	NOO	Señal/alimentación intermitente de la barrera de seguridad	La válvula no responde a demanda. 2 horas para reparar	M
	ERO	Deterioro de la barrera de seguridad		
Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
Aislamiento de contactos en la caja de conexión (sist lubricación)	NOO	Suciedad	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar.	M
		Corrosión		M
Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. Se ordena parada del sistema e intervención 14 horas para reparar	M
9.La válvula responde con retraso	Falla de unidad de control	FTF	Deterioro actuador	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 12 horas para reparar
		FTO	Deterioro posicionador	
		FTC	Insuficiencia del suministro de aire	
		DOP	Desgaste de internos	

			Presencia de agua en caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. Se ordena parada del sistema e intervención 14 horas para reparar	M
Sistema de lubricación	Suministrar aceite a los cilindros de las diferentes etapas de compresión.	1. No llega aceite suficiente a los cilindros de alguna de las etapas de compresión.	Falla de los bombines	UST	Desgaste del pistón	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración) 18 horas para reparar	H
				LOO OHE	Desajuste del balancín	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración) 18 horas para reparar	
			Rotura del cárter	ELU	Agrietamiento	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Fugas de aceite hacia el exterior. Señales de mala lubricación en cilindro (sube temperatura, vibración). 18 horas para inspección y reparación.	H
				OHE			
			Rotura del árbol de levas	ELU	Rotura	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura, vibración). 18 horas para inspección y reparación.	H
				OHE			
			Falla del filtro	ELU	Obstrucción	Señales de mala lubricación en el cilindro debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	M
				PLU LOO OHE UST	Colapso de elemento filtrante	Señales de mala lubricación en el cilindro debido a contaminantes en aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H
				ELU INL	Desgaste	Fuga de aceite hacia el exterior, pérdida de presión en el sistema de lubricación, caída del flujo. Señales de mala lubricación en cilindros (sube temperatura y vibraciones). 18 horas para cambiar retenedores.	
				OHE			
			Fuga en tuberías	BRD	Corrosión	Deterioro del lubricante por contaminación. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo de inspección y reparación 18 horas	
				ELU VIB NOI	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	H
				BRD ELU VIB NOI	Corrosión	Fugas menores de aceite. Señales de mala lubricación cilindros (sube temperatura y vibraciones) 18 horas para reparar.	
			Fuga en tambores	PLU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	M
			Congelamiento o tubería lubricación	PDE	Congelamiento	Aumentan niveles de vibración y consumo de potencia debido a subida de viscosidad del aceite. Posibilidad de rotura por fragilización. 6 horas para normalizar.	M
	Falla de las cuñas de lubricación	INL	Deterioro	Incorrecta lubricación en los cilindros debido a fugas internas, aumento de la temperatura y vibración. Tiempo aproximado de cambio 18 horas.	M		
	Suministrar aceite a los elementos del cárter tales como: cojinetes de bancada, casquetes de bielas, bujes de bielas, bujes de patín y el patín.	Rotura del cárter	ELU	Agrietamiento	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Fugas de aceite hacia el exterior. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (sube temperatura, vibración). 18 horas para inspección y reparación.	H	
			OHE				
Rotura de tubos del enfriador		ELU OHE	Rotura	Contaminación del aceite. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (subida de temperatura, vibraciones). 18 horas para reparar.	H		
Falla del filtro	ELU	Obstrucción	Señales de mala lubricación en los elementos del cárter debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	M			
	PLU LOO	Colapso de elemento filtrante	Señales de mala lubricación en los elementos del cárter debido a contaminantes en aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H			

	OHE			
	UST			
Falla de sellos	ELU	Desgaste de elementos primarios	Fuga de aceite al exterior, caída de flujo y subida de la presión en el sistema de lubricación. Elementos del cárter se sobrecalientan y presentan altos niveles de vibración. 18 horas para reparar.	H
	INL	Desgaste de elementos secundarios	Fuga de aceite al exterior, caída de flujo y subida de la presión en el sistema de lubricación. Elementos del cárter se sobrecalientan y presentan altos niveles de vibración. 18 horas para reparar.	H
	OHE			
Fuga en tuberías	BRD	Corrosión	Deterioro del lubricante por contaminación. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo de inspección y reparación 18 horas	M
	ELU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	H
	VIB			
	NOI			
Falla de bridas o racores	BRD	Corrosión	Fugas menores de aceite. Señales de mala lubricación a elementos del cárter (sube temperatura y vibraciones) 18 horas para reparar.	M
	ELU			
	VIB			H
	NOI			
Fuga en tambores	PLU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	M
Congelamiento o tubería lubricación	PDE	Congelamiento	Aumentan niveles de vibración y consumo de potencia debido a subida de viscosidad del aceite. Posibilidad de rotura por fragilización. 6 horas para normalizar.	M
Falla de las cuñas de lubricación	INL	Deterioro	Incorrecta lubricación en los cilindros debido a fugas internas, aumento de la temperatura y vibración. Tiempo aproximado de cambio 18 horas.	M
3. Parada inesperada del sistema de lubricación.	Falla de internos de la bomba	UST	Desgaste	Inestabilidad de la presión y flujo del sistema de lubricación. Disparo por operación fuera de ventanas Aumento en la temperatura del plunger. 20 horas para reparar.
		VIB		
		NOI		
		UST		
	Falla de los bombines	UST	Desgaste del pistón	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración)
		LOO	Desajuste del balancín	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración)
		OHE		
	Falla del filtro	UST	Obstrucción	Señales de mala lubricación debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.
		ELU	Colapso de elemento filtrante	Señales de mala lubricación debido a contaminantes en aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.
		PLU		
	OHE			
	LOO			
Corto en espiras del motor	UST	Corto circuito	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el Rearranque.	H
	VIB			
	NOI			
	OHE			
Pérdida del aislamiento eléctrico del motor	UST	Deterioro	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el Rearranque.	H
	VIB			
	NOI			
	OHE			

		se comprime por encima de la presión esperada de la etapa		VIB		niveles de vibración. Recirculación de etileno a través del plunger. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 50 horas para cambio de anillos.			
				OHE					
			Falla de internos en válvulas		INL	Desgaste	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída del flujo. Subida de presión en etapas anteriores de compresión. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar. Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes.	H	
				VIB	Obstrucción	Caída del flujo. Subida de presión en etapas anteriores de compresión. Ralladura de los asientos. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para			
				NOI					
				OHE					
			Pérdida de sello en empaques en válvula		INL	Desgaste	Caída de la presión en el cilindro debido a fugas internas. Caída del flujo. Subida de presión en etapas anteriores de compresión. Aumento de la temperatura por recirculaciones constantes. 70 horas para cambio de empaques. Requiere parada de la unidad.	H	
				VIB					
				NOI					
				OHE					
			Mantener los valores de vibración en cruceta y cabezal debajo los valores máximos permisibles establecidos en el sistema Prognost	3. Los valores de vibración exceden el límite permisible.	Pérdida de holgura en los bujes	NOI	Desgaste	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir la cruceta. 50 horas para reparar	M
						VIB			
OHE									
Pérdida de holgura en los casquetes	NOI	Desgaste			Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir el conjunto biela-cigüeñal. 50 horas para reparar	M			
	VIB								
	OHE								
Falla del cigüeñal	NOI	Desgaste en muñones			Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir cigüeñal desarmando sistema de compresión. 70 horas para reparar	M			
	VIB	Deflexión			Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Aumento de la temperatura en cojinetes de bancada. Se debe intervenir el cigüeñal desarmando el sistema de compresión. 70 horas para reparar				
	OHE								
Falla de los cilindros	NOI	Desgaste de camisa			Prognost da alarma de alta vibración en cilindro, aumento de temperatura en plunger y caída del flujo. Comportamiento anormal de ciclo de compresión debido a los pases de etileno. 90 horas para reparar.	H			
	VIB	Agrietamiento			Aumento en los niveles de vibración y caída del flujo. Puede generar shutdown según gravedad de la grieta. Aprox 90 horas de reparación.				
	OHE								
	STD								
Falla de cojinetes	NOI	Desgaste del cojinete de empuje			Prognost da alarma de alta vibración (cruceta). Subida de la temperatura en cojinetes de bancada. Se hace necesaria intervención desarmando el sistema de compresión. 60 horas para reparar	H			
	VIB	Desgaste del cojinete radial			Prognost da alarma de alta vibración (cruceta). Subida de la temperatura en cojinetes de bancada. Se hace necesaria intervención desarmando el sistema de compresión. 60 horas para reparar				
	OHE								
Pérdida de holgura en el plunger	INL	Desgaste			Aumento de vibraciones en cilindro. Pérdida de compresión. Caída del flujo. Recirculación de etileno en a través del plunger. Shutdown según nivel del desgaste. Aprox 50 horas para cambio de anillos.	H			
	NOI								
	VIB								
	OHE								
Desgaste excesivo de rodamiento radial (motor)	NOI	Lubricación deficiente	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.	H					

			VIB	Desalineamiento	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.	
			OHE	Carga axial	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.	
		Falla de los sellos de gas (secundarios)	BRD	Desgaste	Prognost da alarma de alta vibración en cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas	H
			ELP	Rotura	Prognost da alarma de alta vibración en cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas	
			VIB			
			OHE			
		Falla de soportes	BRD	Agrietamiento	Aumento general de las vibraciones en el compresor. Ruido notable y característico. 50 horas para reparar	
			VIB	Soltura	Aumento general de las vibraciones en el compresor. Ruido notable y característico. 50 horas para reparar	M
			NOI			
			STD			
		Falla de tubería interna/externa	BRD	Rotura	Caída de presión. Fugas a medio externo del proceso. Aumento en las vibraciones y el ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños.	
			VIB	Soltura	Caída de presión súbita. Fugas a medio externo del proceso. Aumento del nivel de ruido. Tiempo de reparación puede llegar a ser de 50 horas según gravedad de los daños.	M
			NOI			
			STD			
			ELP			
		Falla de internos en válvulas	INL	Desgaste	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída de flujo. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	
			VIB	Obstrucción	Comportamiento anormal de la presión en el cilindro, recirculaciones constantes. Caída de flujo. Ralladura de los asientos. Aumento de la temperatura del etileno y la válvula. Se presenta un ruido característico. Puede llegar a fundirse el plato basculante de la válvula. Aprox 70 horas para reparar	M
			NOI			
			OHE			
		Pérdida de sello en empaques en válvula	INL	Desgaste	Caída de la presión en el cilindro debido a fugas internas. Caída del flujo. Aumento de la temperatura por recirculaciones constantes. 70 horas para cambio de empaques. Requiere parada de la unidad.	M
			VIB			
			NOI			
			OHE			
		Disparo por desalineamiento del plunger	NOI	Soltura en acople o patín	Prognost da alarma del desalineamiento y dispara el motor. Por aumento gradual puede verse aumentada la temperatura. Requiere desarmado para inspección. 50 horas para restaurar función	H
			UST			
			VIB			
			OHE			
		Desgaste de zapata patín auxiliar	NOI	Desgaste	Prognost da alarma de alta vibración. Desalineamiento del plunger puede verse aumentado. 70 horas para cambio de zapata	H
			VIB			
			OHE			
		4. Parada inesperada del sistema de compresión.	ELU	Desgaste	Pérdida de presión en el sistema de lubricación (Posible disparo). Fuga de aceite hacia el exterior del cárter. Tiempo estimado de reparación: 120 horas.	
			UST	Rotura	Pérdida de presión en el sistema de lubricación (Posible disparo). Fuga de aceite hacia el exterior del cárter. Tiempo estimado de reparación: 120 horas.	H
			BRD			

				Falla de los sellos de gas (secundarios)	BRD	Desgaste	Aumento de las vibraciones en el cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas	H
				VIB	Rotura	Aumento de las vibraciones en el cilindro. Fuga de etileno hacia el exterior del cilindro. Caída del flujo. Tiempo estimado de reparación: 90 horas		
				OHE				
					ELP			
				Falla del cigüeñal	NOI	Rotura	Prognost da alarma de alta vibración en cruceta. Subida de temperatura por rozamiento mecánico. Se escucha golpeteo. Se debe intervenir cigüeñal desarmando sistema de compresión. 70 horas para reparar.	M
				UST				
				VIB				
					OHE			
				Disparo por desalineamiento del plunger	NOI	Soltura en acople o patín	Prognost da alarma del desalineamiento y dispara el motor. Por aumento gradual puede verse aumentada la temperatura. Requiere desarmado para inspección. 50 horas para restaurar función	H
				UST				
				VIB				
					OHE			
				Pérdida de sello en empaques	ELU	Desgaste	Pase de etileno hacia el cárter y atmósfera. Caída del flujo. Puede ser necesario desmontar cilindros según ubicación del empaque. Aprox 90 horas para el cambio de empaques	H
				ELP				
INL								
Corto en espiras del motor	OHE	Corto circuito	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el re arranque.	M				
VIB								
NOI								
	UST							
Pérdida del aislamiento eléctrico del motor	OHE	Deterioro	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el re arranque.	H				
VIB								
NOI								
	UST							
Falla de accesorios eléctricos del motor	UST	Deterioro	Corto circuito y sobre amperaje, disparo del motor, 6 horas para el re arranque	M				
Falla de línea a tierra	UST	Desajuste	Corrientes de falla parciales no van a tierra. Posible incendio y daños al personal	M				
Falla de baterías	UST	Deterioro	Parada inesperada del motor, corrientes fuera de ventana	M				
Falla de UPS	UST	Deterioro	Falla oculta, no se puede restablecer función en caso de falla de unidad de alimentación principal. 6 horas para re arranque	M				
Falla de la válvula de seguridad	UST	Desgaste	Falla oculta, riesgo de daño al personal y a la propiedad por sobre presionamiento del sistema	M				
Sistema de control y monitoreo	Monitorear la presión y temperatura del etileno a la entrada y salida de cada cilindro de las etapas del compresor. Monitorear la vibración en la cruceta y	1. Falsa lectura de los instrumentos.	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
			Falla del sensor	AIR	Deterioro de elemento primario	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores del sistema de control. Se requiere intervención inmediata. 11 horas para reparar	H	
			Falla de unidad de control	AIR	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Posible disparo de falsa alarma. Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	H	
			FTF					
FTO								
	FTC							
Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M				

	cilindros y el desalineamiento del plunger de cada etapa del compresor en cada instante del giro del cigüeñal		Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 14 horas para reparar	M
			Falla del sensor (sist lubricación)	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento en partes lubricadas. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	H
			Falla del transductor (sist lubricación)	NOO	Deterioro del transmisor	La válvula no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de sobrecalentamiento en partes lubricadas. 12 horas para reparar	H
				AIR			
		Descalibración de posicionador (sist lubricación)	ERO	Deterioro	Respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento en elementos lubricados. 2 horas para reparar	M	
		2. Pérdida de señal de los instrumentos.	Pérdida de señal por falla del cable	NOO	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
			Falla del sistema de monitoreo	OTH	Falla de la interfaz gráfica de monitoreo	Pérdida de comunicación entre la sala de control (operadores) y el sistema de control. 2 horas para reparar.	M
			Pérdida de señal por falla del cable (sist lubricación)	NOO	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
			Aislamiento de contactos en la caja de conexión (sist lubricación)	NOO	Suciedad	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar	M
					Corrosión		
			Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M
			Falla del sensor (sist lubricación)	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento de los elementos lubricado. Se requiere intervención inmediata. 11 horas para reparar	H
			Falla del transductor (sist lubricación)	NOO	Deterioro del transmisor	La válvula no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de sobrecalentamiento del de partes lubricadas. 2 horas para reparar	H
		AIR					
		3. Señal intermitente de los instrumentos	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
			Falla del sensor	AIR	Deterioro de elemento primario	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores del sistema de control. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	H
			Falla del sistema de alimentación del control de la válvula (sist lubricación)	NOO	Señal/alimentación intermitente de la barrera de seguridad	La válvula no responde a demanda. Posible respuesta errática de la válvula. Posible disparo de falsa alarma. 2 horas para reparar	M
					Deterioro de la barrera de seguridad		
			Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
			Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M

			Falla del sensor (sist lubricación)	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de sobrecalentamiento de partes lubricadas. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	H			
			Falla del transductor (sist lubricación)	NOO	Deterioro de transmisor	La válvula no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de sobrecalentamiento de las partes lubricadas. 2 horas para reparar	H			
			Descalibración de posicionador (sist lubricación)	ERO	Deterioro	Respuesta errática de los actuadores .2 horas para reparar	M			
			4. Alarma intermitente	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M		
				Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M		
			5. Falsa alarma	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M		
				Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M		
			6. Señal con retraso.	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M		
				Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 4 horas para reparar	M		
			Controlar la temperatura de salida del etileno mediante la regulación de los flujos de agua a los enfriadores interetapas (Válvulas de los Enfriadores: E2206A/B para el C2203, E2207A/B para el C2204, E2258/57/53A/B y E2254A/B para el C2253) y del flujo de vapor a la Unidad de refrigeración por absorción ARU X2206	7. No hay respuesta de la válvula.	Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar.	M	
FTO										
FTC										
AIR										
Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador		Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 12 horas para reparar	M					
	FTO	Deterioro posicionador								
	FTC	Insuficiencia del suministro de aire								
Pérdida de señal por falla del cable (sist lubricación)	NOO	Deterioro		Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M					
						Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
			NOO			Corrosión		M		
Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. Se ordena parada del sistema e intervención 14 horas para reparar	M						

	(C2203/04) y X2254 (C2253). Controlar la presión de funcionamiento del sistema de lubricación dentro de los límites establecidos para cada una de las bombas: P2208A/B, P2209, P2210 (C2203); P2211A/B, P2212, P2213 (C2204); P2259A/B, P2260, P2262, P2263 (C2253)	8. Respuesta errática	Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar.	M
				FTO			
				FTC			
				AIR			
			Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 12 horas para reparar	M
				FTO			
				FTC			
				DOP			
		Falla del sistema de alimentación del control de la válvula (sist lubricación)	NOO	Señal/alimentación intermitente de la barrera de seguridad	La válvula no responde a demanda. 2 horas para reparar	M	
			ERO	Deterioro de la barrera de seguridad			
		Falsa señal por falla del cable (sist lubricación)	SPO	Pérdida de aislamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
		Aislamiento de contactos en la caja de conexión (sist lubricación)	NOO	Suciedad	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar.	M	
				Corrosión		M	
		Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. Se ordena parada del sistema e intervención 14 horas para reparar	M	
9.La válvula responde con retraso	Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 12 horas para reparar	M		
		FTO	Deterioro posicionador				
		FTC	Insuficiencia del suministro de aire				
		DOP	Desgaste de internos				
Presencia de agua en la caja de conexión (sist lubricación)	SPO	Corto circuito	Riesgo de violación de las ventanas operativas con disparo de alarma. Riesgo de falla general del control del sistema de lubricación. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. Se ordena parada del sistema e intervención 14 horas para reparar	M			
Sistema de lubricación	Suministrar aceite a los cilindros y patines auxiliares de las diferentes etapas de compresión.	1. No llega aceite suficiente a los cilindros o los patines auxiliares de alguna de las etapas de compresión.	Falla de los bombines	UST	Desgaste del pistón	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración) 18 horas para reparar	H
				LOO	Desajuste del balancín	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración) 18 horas para reparar	
		Rotura del cárter	ELU	Agrietamiento	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Fugas de aceite hacia el exterior. Señales de mala lubricación en cilindro (sube temperatura, vibración). 18 horas para inspección y reparación.	H	
			OHE				

				Rotura del árbol de levas	ELU	Rotura	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura, vibración). 18 horas para inspección y reparación.	H
				OHE				
				Falla del filtro	ELU	Obstrucción	Señales de mala lubricación en el cilindro debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H
					PLU			
					LOO			
					OHE			
				Falla de sellos (Retenedores en la caja)	ELU	Desgaste	Fuga de aceite hacia el exterior, pérdida de presión en el sistema de lubricación, caída del flujo. Señales de mala lubricación en cilindros (sube temperatura y vibraciones). 18 horas para cambiar retenedores.	H
					INL			
					OHE			
				Fuga en tuberías	BRD	Corrosión	Deterioro del lubricante por contaminación. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo de inspección y reparación 18 horas	H
					ELU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	
					VIB			
				Falla de bridas o racores	BRD	Corrosión	Fugas menores de aceite. Señales de mala lubricación cilindros (sube temperatura y vibraciones) 18 horas para reparar.	H
					ELU			
VIB								
NOI								
Fuga en tambores	PLU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	M				
Congelamiento tubería lubricación	PDE	Congelamiento	Aumentan niveles de vibración y consumo de potencia debido a subida de viscosidad del aceite. Posibilidad de rotura por fragilización. 6 horas para normalizar.	M				
Falla de las cuñas de lubricación	INL	Deterioro	Incorrecta lubricación en los cilindros debido a fugas internas, aumento de la temperatura y vibración. Tiempo aproximado de cambio 18 horas.	M				
Suministrar aceite a los elementos del cárter tales como: cojinetes de bancada, casquetes de bielas, bujes de bielas, bujes de patín y el patín.	2. No llega aceite suficiente a los elementos del cárter.	Rotura del cárter	ELU	Agrietamiento	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Fugas de aceite hacia el exterior. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (sube temperatura, vibración). 18 horas para inspección y reparación.	H		
			OHE					
		Rotura de tubos del enfriador	ELU	Rotura	Contaminación del aceite. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (subida de temperatura, vibraciones). 18 horas para reparar.	H		
			OHE					
		Falla del filtro	ELU	Obstrucción	Señales de mala lubricación en los elementos del cárter debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H		
			PLU					
			LOO					
			OHE					
		Falla de sellos	ELU	Desgaste de elementos primarios	Fuga de aceite al exterior, caída de flujo y subida de la presión en el sistema de lubricación. Elementos del cárter se sobrecalientan y presentan altos niveles de vibración. 18 horas para reparar.	H		
			INL	Desgaste de elementos secundarios	Fuga de aceite al exterior, caída de flujo y subida de la presión en el sistema de lubricación. Elementos del cárter se sobrecalientan y presentan altos niveles de vibración. 18 horas para reparar.			
OHE								

			Fuga en tuberías	BRD	Corrosión	Deterioro del lubricante por contaminación. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo de inspección y reparación 18 horas	H
				ELU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	H
				VIB			
				NOI			
			Falla de bridas o racores	BRD	Corrosión	Fugas menores de aceite. Señales de mala lubricación a elementos del cárter (sube temperatura y vibraciones) 18 horas para reparar.	H
				ELU			
				VIB			
				NOI			
			Fuga en tambores	PLU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	M
			Congelamiento tubería lubricación	PDE	Congelamiento	Aumentan niveles de vibración y consumo de potencia debido a subida de viscosidad del aceite. Posibilidad de rotura por fragilización. 6 horas para normalizar.	M
			Falla de las cuñas de lubricación	INL	Deterioro	Incorrecta lubricación en los cilindros debido a fugas internas, aumento de la temperatura y vibración. Tiempo aproximado de cambio 18 horas.	M
	Suministrar aceite a las glándulas de enfriamiento que refrigeran el Plunger	3. No se refrigera el plunger	Falla de internos de la bomba	OHE	Desgaste	Inestabilidad de la presión y flujo del sistema de lubricación. Aumento en la temperatura del plunger. 20 horas para reparar.	H
				VIB			
				NOI			
				UST			
			Rotura de tubos del enfriador	ELU	Rotura	Contaminación del aceite. Señales de mala lubricación en elementos del cárter (subida de temperatura, vibraciones). 18 horas para reparar.	H
				OHE			
			Falla del filtro	OHE	Obstrucción	Señales de mala lubricación en los elementos del cárter debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H
					Colapso de elemento filtrante	Señales de mala lubricación en los elementos del cárter debido a contaminantes en aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H
			Falla de sellos	OHE	Desgaste de elementos primarios	Fuga de aceite al exterior, caída de flujo y subida de la presión en el sistema de lubricación. Elementos del cárter se sobrecalientan y presentan altos niveles de vibración. 18 horas para reparar.	H
				INL	Desgaste de elementos secundarios	Fuga de aceite al exterior, caída de flujo y subida de la presión en el sistema de lubricación. Elementos del cárter se sobrecalientan y presentan altos niveles de vibración. 18 horas para reparar.	H
			Fuga en tambores	PLU	Rotura	Fuga de aceite hacia medio externo, caída del flujo y pérdida de presión en el sistema. Señales de mala lubricación en cilindros (aumento de temperatura y vibraciones). Tiempo aproximado de reparación 18 horas	M
			Congelamiento tubería lubricación	PDE	Congelamiento	Aumentan niveles de vibración y consumo de potencia debido a subida de viscosidad del aceite. Posibilidad de rotura por fragilización. 6 horas para normalizar.	M
			Falla de las cuñas de lubricación	INL	Deterioro	Incorrecta lubricación en los cilindros debido a fugas internas, aumento de la temperatura y vibración. Tiempo aproximado de cambio 18 horas.	M
		4. Parada inesperada del sistema	Falla de internos de la bomba	UST	Desgaste	Inestabilidad de la presión y flujo del sistema de lubricación. Disparo por operación fuera de ventanas Aumento en la temperatura del plunger. 20 horas para reparar.	H
				VIB			
				NOI			

			de lubricación.		UST			
			Falla de los bombines	UST	Desgaste del pistón	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración)	H	
				LOO	Desajuste del balancín	Pérdida de presión en el sistema de lubricación. Señales de mala lubricación en el cilindro (sube temperatura y vibración)		
				OHE				
			Falla del filtro	UST	Obstrucción	Señales de mala lubricación debido a mala filtración del aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.	H	
				ELU	Colapso de elemento filtrante	Señales de mala lubricación debido a contaminantes en aceite (aumento de temperatura y vibraciones). 18 horas para cambio.		
				PLU				
				OHE				
				LOO				
			Corto en espiras del motor	UST	Corto circuito	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el re arranque.	H	
				VIB				
				NOI				
				OHE				
			Pérdida del aislamiento eléctrico del motor	UST	Deterioro	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el re arranque.	H	
				VIB				
				NOI				
				OHE				
			Desgaste excesivo rodamientos del motor	UST	Lubricación deficiente	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.	H	
				VIB	Desalineamiento	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.		
				NOI	Carga axial	Aumento de temperatura y vibraciones. Intervención según el nivel del desgaste. 60 horas para reparar.		
				OHE				

Equipo	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Modo de Falla ISO14224 Asociado	Mecanismo de Falla	Efecto de la Falla	Criticidad RAM
SR2201 SR2251	Control y Monitoreo	Monitorear el nivel de vibraciones en los rodamientos del agitador, la presión contenida por el reactor de polimerización y el perfil de temperaturas a lo largo del reactor	1. Falsa lectura de los instrumentos	Aislamiento de contactos en la caja de conexión	NOO	Suciedad Corrosión	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar	M
				Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
				Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general sistema de control. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 14 horas para reparar	M
				Falla del sensor	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores con riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	M
				Falla del transductor	AIR NOO	Deterioro de transmisor	Algún actuador no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 12 horas para reparar	M
				Falla del termopozo	STD	Fractura Doblamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar	M
				Falla de unidad de control	FTF FTO FTC AIR	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Posible disparo de falsa alarma. Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M

		2. Pérdida de señal de los instrumentos	Pérdida de señal por falla del cable	NOO	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
			Aislamiento de contactos en la caja de conexión	NOO	Suciedad Corrosión	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. 4 horas para reparar	M	
			Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Posible disparo de falsa alarma. Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
			Falla del sensor	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores con riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	M	
			Falla del transductor	AIR	Deterioro de transmisor	Algún actuador no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 12 horas para reparar	M	
				NOO				
			Falla del termopozo	STD	Fractura Doblamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar	M	
			Falla del sistema de monitoreo	OTH	Falla de la interfaz gráfica de monitoreo	Pérdida de comunicación entre la sala de control (operadores) y el sistema de control. 2 horas para reparar.	M	
			3. Señal intermitente de los instrumentos	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Posible disparo de falsa alarma. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
				Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Riesgo de falla general sistema de control. Lectura anormal de los instrumentos y posible respuesta errática de los actuadores. 14 horas para reparar	M
				Falla del sensor	AIR	Deterioro	Posible disparo de falsa alarma. Posible respuesta errática de los actuadores con riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. Se requiere intervención inmediata. 11 hora para reparar	M
				Falla del transductor	AIR	Deterioro de transmisor	Algún actuador no responde bajo demanda. Posible disparo de falsa alarma. Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 12 horas para reparar	M
		NOO						
		Falla del termopozo		STD	Fractura Doblamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar	M	
		Dar alarma cuando las presiones, temperaturas y nivel de vibraciones monitoreados se encuentren fuera de ventana operativa de integridad, de guías de control o de los valores máximos permisibles establecidos en el sistema	4. Alarma intermitente	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M
				Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M
			FTO					
			FTC					
			5. Falsa alarma	Falsa señal por falla del cable	SPO	Pérdida de aislamiento	Lecturas anormales en los instrumentos .4 horas para reparar.	M
				Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
				Falla del termopozo	STD	Fractura	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar	M
Doblamiento								
6. Señal con retraso	Falla del termopozo		STD	Fractura Doblamiento	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar	M		
	Presencia de agua en la caja de conexión		SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M		

		Controlar la presión contenida por el reactor de polimerización mediante la Válvula extrusora PV22001 hacia el separador de alta presión SE22001 (SR2201), (PV22551 hacia SE2251 para SR2251)	7. Subpresionamiento del reactor	Pérdida de sello en boquillas	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	M	
						Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga		
				7. Subpresionamiento del reactor	Pérdida de contención en el casco	ELP	Agrietamiento	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 14 horas para reparar la fuga	M
								Corrosión	
				7. Subpresionamiento del reactor	Pérdida de sello en conexiones bridadas	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	M
								Deformación	
				7. Subpresionamiento del reactor	Pérdida de sello en tuberías o a accesorios	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 18 horas para reparar la fuga	M
								Deformación	
				7. Subpresionamiento del reactor	Desprendimiento de las aspas del agitador	PDE	Soltura	Daños a la integridad del reactor, instrumentación, fugas y caída de presión (enfriamiento). 70 horas para restaurar.	M
				7. Subpresionamiento del reactor	Falla del eje	VIB	Rotura	Parada súbita del agitador. Descomposición por cambio en las condiciones de reacción debido a la falta de agitación. 70 horas para cambio del eje y restauración.	H
						NOI			
						BRD			
						UST			
						OHE			
				7. Subpresionamiento del reactor	Pérdida de sello en empaques	ELP	Desgaste	Fuga a medio externo del proceso de etileno, grasa o polímero. Pérdida de presión y enfriamiento del perfil de temperaturas del reactor que puede generar descomposición. 80 horas para reparar.	M
				7. Subpresionamiento del reactor	Falla del soporte de internos	SPO	Desajuste	Posible liberación de material metálico en la reacción que genere daño a integridad del reactor (grietas y puntos calientes), instrumentos (roturas y escapes), vías (taponamientos). Pérdida de control de la reacción y descomposición del iniciador. 80 horas o más según gravedad de los daños.	H
						VIB			
			7. Subpresionamiento del reactor	Falla del sistema de alimentación del control de la válvula	NOO	Señal/alimentación intermitente de la barrera de seguridad	La válvula no responde a demanda. Posible respuesta errática de la válvula. Posible disparo de falsa alarma. Pérdida de presión con riesgo de descomposición. 12 horas para reparar	M	
					ERO	Deterioro de la barrera de seguridad			
			7. Subpresionamiento del reactor	Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador	La válvula no responde a demanda. Pérdida de la presión con riesgo de descomposición y pérdida de la reacción. 12 horas para reparar	M	
					FTO	Deterioro posicionador			
					FTC	Insuficiencia del suministro de aceite			
					DOP	Desgaste de internos			
			7. Subpresionamiento del reactor	Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	

			Descalibración de posicionador	ERO	Deterioro	Respuesta errática de la válvula con riesgo de violación de las ventanas operativas y pérdida de la reacción por descomposición. 12 horas para reparar	M
			Falla de unidad de control	FTF FTO FTC AIR	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M
		8. Sobrepresionamiento del reactor	Rotura del acople	VIB NOI BRD UST OHE	Desgaste	Aumento de la temperatura, punto caliente que puede causar una subida de presión y descomposición. Luego de la rotura parada del agitador. Si algún material se libera dentro del agitador puede ocasionar daños a los instrumentos, fugas o taponamientos. 70 horas para restaurar	H
			Desprendimiento de las aspas del agitador	PDE	Soltura	Daños a la integridad del reactor, instrumentación, Posible taponamiento y subida de la presión que causa descomposición. 70 horas para restaurar.	M
			Falla del eje	VIB NOI BRD UST OHE	Deflexión	Aumento de las vibraciones en los rodamientos. Generación de puntos calientes por desgaste excesivo en rodamientos. Descomposición por cambio en las condiciones de reacción. 70 horas para restaurar	H
			Desgaste excesivo de rodamiento radial	VIB	Lubricación deficiente	Aumento de la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. Aumento de las vibraciones. 80 horas para reparar	H
				NOI	Desalineamiento	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar	
				BRD			
				UST OHE			
			Desgaste excesivo de rodamiento axial	VIB	Lubricación deficiente	Aumento de la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. Aumento de las vibraciones. 80 horas para reparar	H
				NOI	Desalineamiento	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar	
				BRD	Desbalanceo del rotor	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar	
				UST OHE			
			Falla del soporte de internos	SPO	Desajuste	Posible liberación de material metálico en la reacción que genere daño a integridad del reactor (grietas y puntos calientes), instrumentos (roturas y escapes), vías (taponamientos). Pérdida de control de la reacción y descomposición del iniciador. 80 horas o más según gravedad de los daños.	H
				VIB			
			Falla del sistema de alimentación del control de la válvula	NOO	Señal/alimentación intermitente de la barrera de seguridad	La válvula no responde a demanda. Posible respuesta errática de la válvula. Posible disparo de falsa alarma. Aumento de presión con riesgo de descomposición y pérdida de la reacción. 12 horas para reparar	M
				ERO	Deterioro de la barrera de seguridad		
			Falla de válvula de control	FTF	Deterioro actuador	La válvula no responde a demanda. Aumento de la presión con riesgo de descomposición y pérdida de la reacción. 12 horas para reparar	M
				FTO	Deterioro posicionador		
				FTC	Insuficiencia del suministro de aceite		
		DOP		Desgaste de internos			
		Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
		Descalibración de posicionador	ERO	Deterioro	Respuesta errática de la válvula con riesgo de violación de las ventanas operativas y pérdida de la reacción por descomposición. 12 horas para reparar	M	
		Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M	
			FTO				
			FTC				

			AIR					
		9. No hay respuesta de la válvula	Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
			Descalibración de posicionador	ERO	Deterioro	Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de violación de las ventanas operativas y pérdida de la reacción por descomposición. 12 horas para reparar	M	
			Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Posible respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M	
				FTO				
				FTC				
				AIR				
			10. Respuesta errática de la válvula	Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
				Descalibración de posicionador	ERO	Deterioro	La válvula no responde a demanda. Alto riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por descomposición del iniciador. 12 horas para reparar	M
				Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M
		FTO						
		FTC						
		AIR						
11. La válvula responde con retraso	Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M			
	Descalibración de posicionador	ERO	Deterioro	Posible respuesta errática de la válvula con riesgo de violación de las ventanas operativas y pérdida de la reacción por descomposición. 12 horas para reparar	M			
	Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Respuesta errática o retardada de los actuadores de control con riesgo de violación de las ventanas operativas. 14 horas para reparar.	M			
		FTO						
		FTC						
AIR								
Controlar el perfil de temperaturas a lo largo del reactor mediante la inyección de iniciadores en cada una de las tres zonas de reacción a cargo de las unidades controladoras TIC22001A-C y las Bombas P2202A-F (SR2201) (TIC2205-507 y P2252A-F para SR2251)	12. Enfriamiento en el perfil de temperaturas del reactor	Pérdida de sello en boquillas	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	M		
				Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga			
		Pérdida de contención en el casco	ELP	Agrietamiento	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 14 horas para reparar la fuga	M		
				Corrosión	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 14 horas para reparar la fuga			
		Pérdida de sello en conexiones bridadas	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	M		
				Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga			
		Pérdida de sello en tuberías o accesorios	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 18 horas para reparar la fuga	M		
				Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 18 horas para reparar la fuga			
		Desprendimiento de las aspas del agitador	PDE	Soltura	Daños a la integridad del reactor, instrumentación, fugas y caída de presión (enfriamiento). 70 horas para restaurar.	M		
		Falla del eje		VIB	Rotura	Parada súbita del agitador. Descomposición por cambio en las condiciones de reacción debido a la falta de agitación. 70 horas para cambio del eje y restauración.	H	
				NOI				
				BRD				
UST								
OHE								

				Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Alto riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por descomposición debido a cambio de las condiciones de temperatura de la reacción. 14 horas para reparar.	M		
					FTO					
					FTC					
					AIR					
				15. Respuesta errática del sistema de inyección de iniciadores	Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M	
						Falla del termopozo	STD	Fractura	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar	M
					Doblamiento					
					Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Alto riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por descomposición debido a cambio de las condiciones de temperatura de la reacción. 14 horas para reparar.	M	
						FTO				
						FTC				
						AIR				
					16. El sistema de inyección de iniciadores responde con retraso	Presencia de agua en la caja de conexión	SPO	Corto circuito	Los actuadores de control no responden a demanda. Se ordena parada del sistema e intervención. 14 horas para reparar	M
							Falla del termopozo	STD	Fractura	Riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por subenfriamiento o descomposición del iniciador por sobrecalentamiento. 14 horas para reparar
						Doblamiento				
						Falla de unidad de control	FTF	Mal funcionamiento de hardware electrónico	Alto riesgo de violación de las ventanas operativas con pérdida de la reacción por descomposición debido a cambio de las condiciones de temperatura de la reacción. 14 horas para reparar.	M
							FTO			
FTC										
AIR										
Unidad de agitación	Homogeneizar el proceso de polimerización por medio de la agitación del etileno en contacto con el iniciador	1. Parada inesperada del agitador	Rotura del acople	VIB	Desgaste	Aumento de la temperatura, punto caliente que puede causar una subida de presión y descomposición. Luego de la rotura parada del agitador. Si algún material se libera dentro del agitador puede ocasionar daños a los instrumentos, fugas o taponamientos. 70 horas para restaurar	H			
				NOI						
				BRD						
				UST						
				OHE						
			Falla del eje	VIB	Rotura	Parada súbita del agitador. Descomposición por cambio en las condiciones de reacción debido a la falta de agitación. 70 horas para cambio del eje y restauración.	H			
				NOI						
				BRD						
				UST						
				OHE						
			Desgaste excesivo de rodamiento radial	VIB	Lubricación deficiente	Aumento de la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. Aumento de las vibraciones. 80 horas para reparar	H			
				NOI	Desalineamiento	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar				
				BRD						
				UST						
				OHE						
			Desgaste excesivo de rodamiento axial	VIB	Lubricación deficiente	Aumento de la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. Aumento de las vibraciones. 80 horas para reparar	H			
				NOI	Desalineamiento	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar				
				BRD	Desbalanceo del rotor	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar				
				UST						
				OHE						
			Falla del soporte de los internos del reactor	SPO	Desajuste		H			
				VIB						
				UST						
			Corto en espiras del motor	OHE	Corto circuito	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el rearranque.	M			
VIB										
NOI										
UST										
Pérdida del aislamiento eléctrico del motor	OHE	Deterioro	Disparo por sobre amperaje. 20 horas para la reparación y el rearranque.	M						
	VIB									
	UST									
	NOI									

		Mantener la vibración en los rodamientos bajo los valores permisibles establecidos en el sistema de monitoreo	2. Los valores de vibración exceden el límite permisible	Falla de abrazadera	UST	Descalibración	Aumento en vibraciones y posible generación de puntos calientes que puedan llevar a un sobrepresionamiento.	H			
				Deterioro		Aumento en vibraciones y posible generación de puntos calientes que puedan llevar a un sobrepresionamiento.					
				Rotura del acople	VIB NOI BRD UST OHE	Desgaste	Aumento de la temperatura, punto caliente que puede causar una subida de presión y descomposición. Luego de la rotura parada del agitador. Si algún material se libera dentro del agitador puede ocasionar daños a los instrumentos, fugas o taponamientos. 70 horas para restaurar	M			
				Falla del eje		VIB NOI BRD UST OHE	Deflexión		Aumento de las vibraciones en los rodamientos. Generación de puntos calientes por desgaste excesivo en rodamientos. Descomposición por cambio en las condiciones de reacción. 70 horas para restaurar	M	
				Rotura			Parada súbita del agitador. Descomposición por cambio en las condiciones de reacción debido a la falta de agitación. 70 horas para cambio del eje y restauración.				
				Desgaste excesivo de rodamiento radial			VIB NOI BRD UST OHE		Lubricación deficiente	Aumento de la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. Aumento de las vibraciones. 80 horas para reparar	M
					Desalineamiento			Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar			
					Desgaste excesivo de rodamiento axial	VIB NOI BRD UST OHE		Lubricación deficiente	Aumento de la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. Aumento de las vibraciones. 80 horas para reparar	M	
								Desalineamiento	Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar		
				Desbalanceo del rotor			Aumento de las vibraciones y la temperatura en rodamientos, se genera punto caliente que puede sacar de control la reacción. 80 horas para reparar				
							Falla del soporte de los internos del reactor	SPO UST VIB	Desajuste	Posible liberación de material metálico en la reacción que genere daño a integridad del reactor (grietas y puntos calientes), instrumentos (roturas y escapes), vías (taponamientos). Pérdida de control de la reacción y descomposición del iniciador. 80 horas o más según gravedad de los daños.	M
				Falla de abrazadera	UST	Descalibración	Aumento en vibraciones y posible generación de puntos calientes que puedan llevar a un sobrepresionamiento.		H		
				Deterioro		Aumento en vibraciones y posible generación de puntos calientes que puedan llevar a un sobrepresionamiento.					
				Cuerpo	Contener el etileno gaseoso en proceso de polimerización y la resina polimerizada	1. Pérdida de contención en el reactor	Pérdida de sello en boquillas	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	M
									Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	
							Pérdida de contención en el casco	ELP	Agrietamiento	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 14 horas para reparar la fuga	M
									Corrosión	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 14 horas para reparar la fuga	
							Pérdida de sello en conexiones bridadas	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga	M
Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 15 horas para reparar la fuga										
Pérdida de sello en tuberías o a accesorios	ELP	Ralladura	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 18 horas para reparar la fuga	M							

						Deformación	Caída de la presión y temperatura en el reactor. Pase de etileno, grasa, polímero hacia el exterior del reactor. Descomposición del iniciador. 18 horas para reparar la fuga	
				Falla de los discos de ruptura	ELP	Deterioro	Parada inesperada de la reacción debido a liberación violenta del etileno sin polimerizar. 15 horas para rearmar.	M
	Misceláneos	Aislante: Aislar térmicamente el tambor del exterior	1. El tambor queda expuesto	Pérdida del aislamiento	OTH	Deterioro	Enfriamiento leve de la reacción. Hasta 14 horas para restaurar	M
		Estructura: Soportar el peso del reactor	2. La estructura no soporta el peso del reactor	Falla de la estructura	STD	Desajuste	Aumento del efecto de las pulsaciones en la estructura. Soltura del reactor. Riesgo a personas (caídas). 12 horas para reajustar	M
						Deterioro	Se evidencia mediante inspección visual. reacondicionamiento de la estructura. Tiempo de reparación según zonas afectadas desde 15 hasta 30 horas	
		Línea a tierra: Desviar a tierra las corrientes de falla y atmosféricas	3. No se desvían las corrientes de falla o las descargas atmosféricas	Falla de la línea a tierra	OTH	Desajuste	Corrientes de falla parciales no van a tierra. Posible incendio y daños al personal	M
						Desconexión	Corrientes de falla no van a tierra. Posible incendio y daños al personal	
						Rotura	Corrientes de falla no van a tierra. Posible incendio y daños al personal	
		Anclajes: Sujetar el reactor a la estructura	4. El reactor se suelta de la estructura	Fallas de las sillas o anclajes	STD	Desajuste de pernos	Aumento del efecto de las pulsaciones en la estructura. Soltura del reactor. Riesgo a personas (caídas). 12 horas para reajustar	M
						Corrosión exterior leve	Adelgazamiento de pernos (inspección visual). 12 horas para cambio	
		Cheques: Impedir flujos de retorno hacia el reactor	5. Contrapresión excesiva en el reactor	Falla de Cheques	OTH	Ensuciamiento	Posible de control de la presión que puede llevar a una descomposición del iniciador.	M

**Anexo J. Estrategias de mantenimiento actualizadas para los equipos
rotativos críticos de la planta de polietileno**

Tarifa:	
Hora operador:	1800
Hora Mantenidor:	16000
Hora Parada Programada:	1120000

		Costo Total Plan:	\$3,588,598,000
EN MTTO	Riesgo Baso	Costo total por reparaciones anual	\$1,724,935,010
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$4,086,734,520
CON MTTO	Riesgo Planificado	Costo total por reparaciones anual	\$1,172,433,632
		Costo total por tiempo de parada de planta	\$401,120,233
		MEI	1,346

Modos de Falla	CUERPO						UNIDAD DE AGITACION							
	Pérdida de sello en boquillas	Veredas de contención en el casco	Pérdida de sello en conexiones trinitarias	Pérdida de sello en tuberías y conexiones	Falla de disco en ngular	Rotura del acople	Desplazamiento de las espigas	Falla del eje	Desgaste excesivo de rodamiento radial	Desgaste excesivo de rodamiento axial	Pérdida de sello en empujador	Falla del soporte de interior	Falla del motor	Falla de la abrazadera central
COSTO REPARACION ANUAL	\$11,255,333	\$10,904,400	\$11,293,333	\$11,285,333	\$22,446,250	\$1,472,000	\$3,860,000	\$6,043,000	\$30,545,000	\$74,881,225	\$3,402,250	\$4,900,000	\$29,732,133	\$4,900,000
ETBF ANOS	90	90	10	90	1	38	20	8	0.93333333	1	1	90	5	8
	0.02	0.02	0.1	0.02	1	0.02333333	0.05	0.2	1.74000714	1	1	0.02	0.10000007	0.10000007
ETFC ANOS	200	200	40	200	4	125	80	20	2.33333333	4	4	200	24	24
	0.005	0.005	0.025	0.005	0.25	0.00633333	0.025	0.05	0.428571429	0.25	0.25	0.005	0.041666667	0.041666667
TMPR DNO	0.05	0.05	0.05	0.05	1	2.96	2.66	2.77	2.65	2.65	2.65	4.39	2.65	2.65
COSTO TIEMPO POR EVENTO DE FALLA	\$15,250,000	\$15,250,000	\$15,250,000	\$16,830,000	\$79,500,000	\$716,200,000	\$716,200,000	\$747,600,000	\$715,500,000	\$715,500,000	\$715,500,000	\$1,165,300,000	\$715,500,000	\$715,500,000

ACTIVIDADES DE MATTO

COSTOS DE MANTENIMIENTO

Subsistema	Nombre de la actividad de Mantenimiento	Tipo de Mantenimiento	Frecuencia	Horas Operador	Horas Mantenedor	Hora Parada Programada	Factor de Productividad	Materiales y Repuestos	Frecuencia Anual	Costo de Intervención	Costo de Almacenamiento	Costo anual Actividad
Agitador	Revisión de toda la instrumentación	PV	Anual		25	13	1.8	\$0	1.0	\$270,738,000	\$0	\$270,738,000
Cuerpo	Inspección y limpieza del cuerpo del reactor	PV	Anual		29	14	2.3	\$0	1.0	\$372,054,000	\$0	\$372,054,000
Agitador	Realizar prueba en vacío	PV	Anual		8	4	1	\$0	1.0	\$48,280,000	\$0	\$48,280,000
Agitador	Inspección de las espigas y el eje del agitador (Ing Estático)	PV	Anual		12	6	2.3	\$0	1.0	\$159,668,000	\$0	\$159,668,000
Agitador	Realizar monitoreo de la tendencia de vibraciones	PD	Una vez x turno	0.25			1	\$0	1080.0	\$3,296,250	\$0	\$3,296,250
Motor	Realizar monitoreo de la tendencia de corriente	PD	Una vez x turno	0.25			1	\$0	1080.0	\$3,296,250	\$0	\$3,296,250
Bomba	Registrar valor de presión descarga SP2232AB	PD	Una vez x turno	0.25			1	\$0	1080.0	\$3,296,250	\$0	\$3,296,250
Válvula	Registrar presión de aire de instrumentos (60 psig min)	PD	Una vez x turno	0.25			1	\$0	1080.0	\$3,296,250	\$0	\$3,296,250
Agitador	Realizar cambio de rodamiento radial de fondo	PV	1 año		20	10	2.3	\$13,145,720	1.0	\$279,256,720	\$3,266,800	\$282,543,400
Agitador	Realizar cambio de rodamiento axial de fondo	PV	1 año		20	10	2.3	\$48,291,820	1.0	\$312,401,820	\$11,672,955	\$323,974,775
Agitador	Realizar cambio rodamiento central	PV	1 año		20	10	2.3	\$8,182,238	1.0	\$274,292,238	\$2,945,560	\$276,337,798
Motor	Realizar cambio rodamientos del motor	PV	1 año		8	4	2.3	\$10,352,824	1.0	\$116,796,824	\$2,589,209	\$119,385,930
Termocup	Realizar calibración y/o cambio de termocuplas	PV	1 año		18	9	1.8	\$9,788,000	1.0	\$197,202,000	\$2,442,000	\$199,644,000
Cheques	Realizar limpieza/repación y prueba de presión de válvulas cheque	PV	1 año		9	3	1.8	\$0	1.0	\$63,342,000	\$0	\$63,342,000
Válvula	Realizar limpieza/repación y prueba de presión de válvula extensora	PV	1 año		8	4	2.3	\$0	1.0	\$106,444,000	\$0	\$106,444,000
Motor	Realizar reparación del motor del agitador	PV	1 año		8	4	2.3	\$0	1.0	\$106,444,000	\$0	\$106,444,000
Agitador	Realizar inspección, calibración y repación o cambio de abrazadera central según inspección.	PV	1 año		10	5	2.3	\$0	1.0	\$133,055,000	\$0	\$133,055,000
Agitador	Realizar cambio de Discos de fractura	PV	Según condición		12	6	2.3	\$6,181,000	1.0	\$165,847,000	\$1,545,250	\$167,392,250
Agitador	Realizar balanceo de ejes (Superior e inferior)	PV	1 año		4	2	2.3	\$0	1.0	\$53,222,000	\$0	\$53,222,000
Agitador	Realizar cambio de anillos de onda	PV	1 año		2	1	2.3	\$6,181,000	1.0	\$32,792,800	\$1,545,250	\$34,337,250
Motor	Realizar reparación del motor eléctrico	PV	Según condición		8	4	1.8	\$0	1.0	\$83,394,000	\$0	\$83,394,000
Motor	Realizar prueba de impulsos comparativos	PV	1 año		2	2	1.8	\$0	1.0	\$576,000	\$0	\$576,000
Motor	Realizar ronda de termografía	PV	Cada 4 meses		4		1	\$0	3.0	\$1,920,000	\$0	\$1,920,000
Motor	Reemplazar contactos	PV	6 años		12	6	1.8	\$2,450,000	0.2	\$21,234,333	\$612,500	\$21,846,833
Válvula	Realizar calibración posicionadores válvulas de control reactor	PV	1 año		6	3	2.3	\$0	1.0	\$79,833,000	\$0	\$79,833,000
Válvula	Realizar cambio o ajuste del lazo de control	PD	Según condición		10	5	1.8	\$0	1.0	\$104,130,000	\$0	\$104,130,000
Válvula	Realizar calibración Swth bajo presión acorte Hélicico	PV	1 año		6	3	1.8	\$0	1.0	\$62,478,000	\$0	\$62,478,000
Válvula	Realizar calibración y/o cambio LVDT PIC22551	PD	Según condición		6	3	1.8	\$0	1.0	\$62,478,000	\$0	\$62,478,000
Agitador	Realizar respalde de ardojos del reactor y estuadora	PV	Cada tres años		14	7	2.3	\$0	0.3	\$62,092,333	\$0	\$62,092,333
Agitador	Realizar respalde de sopapes de líneas de gas e inizador	PV	Cada tres años		8	4	2.3	\$0	0.3	\$35,481,333	\$0	\$35,481,333
Agitador	Realizar cambio de líneas, tenajas, conectores	PD	Según condición		8	4	2.3	\$0	1.0	\$106,444,000	\$0	\$106,444,000
Motor	Realizar reparación de los electrodos	PD	Según condición		16	8	1.8	\$0	1.0	\$168,608,000	\$0	\$168,608,000
Agitador	Realizar media de run out de los ejes del agitador	PD	1 año		4	2	2.3	\$0	1.0	\$53,222,000	\$0	\$53,222,000

**Anexo K. Estrategias de mantenimiento y listas de materiales implementadas
en SAP**

SC2253

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo: 12044871 Impresor Reciprocante SC2253
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
10.0	L	71004533915	BLOCK & ADAPTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
100.	L	71003674009	FLANGE- OUTER HEAD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
105.	L	71004534103	FLANGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
110.	L	71000477182	BEARING, SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
115.	L	71004534483	SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
120.	L	71004533840	RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
125.	L	71004534426	SEAL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
130.	L	71004533865	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
135.	L	72000476929	SHIM		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
140.	L	71000476976	SHOE, CROSSHEAD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
145.	L	71004533949	BEARING STEADY		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
15.0	L	71004534509	SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
150.	L	71004534541	STUD, VALVE		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
155.	L	71004534624	VALVE, POPPET		18,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
160.	L	71004534061	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
165.	L	71004534475	SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
170.	L	71004534053	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
175.	L	71003673852	RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
180.	L	71000475996	BEARING HALF, SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
185.	L	71004534491	SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
190.	L	71004534335	SPRING		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
195.	L	71000476457	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
20.0	L	71004534459	SCREW, SET		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
200.	L	71002593358	SETScrew		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
205.	L	71004534392	SEAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
210.	L	71004534467	SCREW, SET		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
215.	L	71000476960	SHOE, VANE, HYDRAUL.		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 1 / 112

IB03 erpassp2 IHS 1:45 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10044871 Impresor Reciprocante SC2253
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
220.	L	72000476986	SHIM		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
225.	L	71000476416	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
230.	L	71000476200	YOKE-ADAPTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
235.	L	71000476531	PLATE, MENDING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
240.	L	71003674058	NUT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
245.	L	71000476671	PIN, STRAIGHT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
25.0	L	71003674090	FLANGE- OUTER HEAD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
250.	L	71000475970	BOLT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
255.	L	71000476861	CONNECTING ROD, PIST...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
260.	L	71004534228	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
265.	L	71004533956	BUSHING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
270.	L	71004534418	SEAL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
275.	L	71004533824	O-RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
280.	L	71004533964	CAPSCREW		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
285.	L	71004533790	RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
290.	L	71004533857	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
295.	L	71004534210	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
30.0	L	71004533808	RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
300.	L	71004534236	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
305.	L	71004534079	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
310.	L	71004534038	PLUNGER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
315.	L	71004534590	TUBE ASSEMBLY, METAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
320.	L	71003674066	PIN, DOWEL		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
325.	L	71004534376	RING, PACKING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
330.	L	71000476259	PIN, DOWEL		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
335.	L	71004534400	SEAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
340.	L	71000472928	ADAPTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 28 / 112

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:49 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10044871 Impresor Reciprocante SC2253
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
345.	L	71000473256	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
35.	O L	71000473041	COLLAR, RETAINING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
350.	L	71004534194	INSERT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
355.	L	71004533998	COLLAR, SPLIT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
360.	L	71003674124	SPACER, STRAIGHT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
365.	L	71004534368	RING, PACKING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
370.	L	71000476689	PIN, COTTER, SOLID		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
375.	L	71004534301	PLUNGER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
380.	L	71004533980	CASE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
385.	L	71004533816	RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
390.	L	71004533923	BOLT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
395.	L	71004533881	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
40.	O L	71003674041	STUD, CONTINUOUS TH...		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
400.	L	71004534186	PLUNGER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
405.	L	71000476374	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
410.	L	71000476952	SHOE, VANE, HYDRAULI...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
415.	L	71004534608	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
420.	L	71003674116	SPACER, STRAIGHT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
425.	L	71004534046	PLUNGER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
430.	L	71004534152	CASE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
435.	L	71004534160	CYLINDER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
440.	L	71004533832	RINGS, RENEWAL		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
445.	L	71000476390	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
45.	O L	71004534293	NOZZLE PLATE.		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
450.	L	71000476903	BEARING, SLEEVE		5,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
455.	L	71003673837	SCREW		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
460.	L	71000476945	SHOE, VANE, HYDRAULI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 55 / 112

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:50 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10044871 Impresor Reciprocante SC2253
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
465.	L	72000476937	SHIM		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
470.	L	71000476366	ROD, STRAIGHT HEADLE...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
475.	L	71000476028	BUSHING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
480.	L	71004534350	SPRING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
485.	L	71004534004	COLLAR, SPLIT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
490.	L	71000477166	STUD, VALVE		3,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
495.	L	71004534566	TUBE ASSEMBLY, METAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
5.00	L	71004534285	NOZZLE PLATE.		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
50.0	L	71000477117	STUD, CONTINUOUS TH...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
500.	L	71004534525	SPACER, RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
505.	L	71004534020	CYLINDER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
510.	L	71000477257	WASHER		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
515.	L	71000476242	PIN, SPRING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
520.	L	71004533931	BOLT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
525.	L	71004534582	TUBE ASSEMBLY, METAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
530.	L	71003674017	FLANGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
535.	L	71004533873	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
540.	L	71004534327	SPRING		18,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
545.	L	71001420397	WASHER, FLAT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
55.0	L	71000476549	PLATE, MENDING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
550.	L	71004534343	SPRING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
555.	L	71003674157	PLUG		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
560.	L	71004534178	CYLINDER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
60.0	L	71000476036	ROD END, THREADED		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
65.0	L	72000476911	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
70.0	L	71004533907	BLOCK & ADAPTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
75.0	L	71000476887	SCREW, MACHINE		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 82 / 112

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:51 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo | Tratar | Pasar a | Detalles | Entorno | Opciones | Sistema | Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. | Entradas nuevas | Cabecera | Valdez

Equipo: 10044871 Impresor Reciprocante SC2253
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material | Doc. | General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
80.0	L	71004534202	JOINT		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
85.0	L	71004534319	PLUNGER		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
90.0	L	71004534517	SPACER, RING		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
95.0	L	71004534616	VALVE		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	

Posicionar... | Acceso | Entrada 109 / 112

SAP | IB03 | erpasep2 | INS | 1:52 p.m. 29/06/2017

SC2203

Lista de materiales para equipo Iratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo: 12074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.cas.
10.0	L	71000473165	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
100.	L	71003673795	GLASS		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
105.	L	71003902574	SCREW, CAP, SOCKET H...		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
110.	L	71003902723	SPACER, STRAIGHT		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
115.	L	71003902822	PIN, DOWEL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
120.	L	71000472993	BUSHING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
125.	L	71000473041	COLLAR, RETAINING		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
130.	L	71003902590	PIN, DOWEL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
135.	L	71003902491	PIN, CROSSHEAD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
140.	L	71003902467	WASHER		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
145.	L	71003902434	WASHER		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
150.0	L	71000473389	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
150.	L	71003902426	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
155.	L	71000476002	DOWEL MACHINE		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
160.	L	71000473082	CYLINDER, RECIPROCATI...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
165.	L	71000473116	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
170.	L	71000473249	NUT		36,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
175.	L	71000473330	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
180.	L	71000473355	PACKING, PREFORMED		43,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
185.	L	71000473520	PLATE		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
190.	L	71000473561	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
195.	L	71000473652	RING SET,RENEWAL		4,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
200.0	L	71000473405	BOX, INTERMEDIATE PA...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
200.	L	72000473827	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
205.	L	71000473868	DRIVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
210.	L	71000474056	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
215.	L	71000474130	VALVE, CHECK		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 1 / 166

IB03 erpasserp2 IHS 1:53 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
220.	L	71000474146	VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
225.	L	71000473090	CYLINDER, RECIPROCATI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
230.	L	71000473272	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
235.	L	71003902640	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
240.	L	71003902624	PLATE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
245.	L	71000796565	THERMOCOUPLE ASSEM...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
25.0	L	71000473454	PLATE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
250.	L	71000474072	STUD, CONTINUOUS TH...		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
255.	L	71000473975	SPRING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
260.	L	72000473835	SHIM		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
265.	L	71000473819	PLATE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
270.	L	71000473793	SEAT, VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
275.	L	71000473645	RING, SET PACKAGE & S...		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
280.	L	71000473629	SEAL RING, NONMETALL...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
285.	L	71000473611	O-RING		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
290.	L	71000473579	PLUNGER, ACTUATOR		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
295.	L	71000473371	PACKING, PREFORMED		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
30.0	L	71000473512	PLATE, VALVE STOP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
300.	L	71000473314	PACKING, PREFORMED		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
305.	L	71000473306	PLUNGER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
310.	L	71000472910	ADAPTER AND BLOCK		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
315.	L	71000472951	BOLT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
320.	L	71000473017	CASE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
325.	L	71000473132	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
330.	L	71000473181	HEAD, OUTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
335.	L	71000476457	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
340.	L	71000473322	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 28 / 166

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:54 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
345.	L	71000473488	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
35.	O L	71000473595	PUMP, RECIPROCATING, ...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
350.	L	71000473504	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
355.	L	71000473686	RING, BASE		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
360.	L	71000473702	CONNECTING ROD, PIST...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
365.	L	71000473728	SETScrew		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
370.	L	71000473983	SPRING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
375.	L	71000473991	SPRING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
380.	L	71000474080	STUD, CONTINUOUS TH...		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
385.	L	71000474122	VALVE, CHECK		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
390.	L	71000474155	VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
395.	L	71000796573	THERMOCOUPLE ASSEM...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
40.	O L	71000473603	RING, BASE		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
400.	L	72003743879	LIGHT EMITTING DIODE		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
405.	L	71003753365	RING SET,RENEWAL		1,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
410.	L	71003902632	CAPSCREW		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
415.	L	71003902731	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
420.	L	71000473744	SEAL RING, METAL		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
425.	L	71000473694	SEAL ASSEMBLY, PACK...		4,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
430.	L	71000474114	CYLINDER SLEEVE		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
435.	L	71000642371	SEAL, RADIAL SHAFT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
440.	L	71003902483	STUD, CONTINUOUS TH...		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
445.	L	71003902517	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
45.	O L	71000473637	RING, SET PACKAGE & S...		4,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
450.	L	71003902582	YOKE-ADAPTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
455.	L	71000474015	SPRING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
460.	L	71000473553	BLOCK PLUNGER THRUST		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 55 / 166

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:54 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
465.	L	71000473538	PLUG, PIPE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
470.	L	71000473421	BOX, INTERMEDIATE PA...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
475.	L	71000473207	NIPPLE, TUBE		24,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
480.	L	71000473173	HEAD, OUTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
485.	L	71000472902	ADAP-TER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
490.	L	71000109462	O-RING		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
495.	L	71000109470	O-RING		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
5.00	L	71000472977	BUSHING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
50.0	L	72000473843	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
500.	L	71000472944	BEARING HALF, SLEEVE		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
505.	L	71000473124	FLANGE		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
510.	L	71000473140	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
515.	L	71000473199	IMPELLER, FAN, CENTRIF...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
520.	L	71000473280	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
525.	L	71000473363	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
530.	L	71000473439	RING, SCRAPER		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
535.	L	71000473447	PIN, CROSSHEAD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
540.	L	71000473462	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
545.	L	71000473470	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
55.0	L	72000473950	SHIM		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
550.	L	71000473736	SCREW, MACHINE		14,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
555.	L	71000473785	SEAT, VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
560.	L	71000473900	SPACER, RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
565.	L	71000473926	SPACER, RING		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
570.	L	71000474049	STUD, CONTINUOUS TH...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
575.	L	71000474098	STUD, CONTINUOUS TH...		32,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
580.	L	71000477265	LOCKWASHER		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 82 / 166

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:55 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
585.	L	71000577841	RING GASKET, LENS SH...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
590.	L	71003669413	SHAFT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
595.	L	71003673803	SPRING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
60.0	L	71000473876	SHOE, THRUST BEARING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
600.	L	71003902418	TIE ROD, STEERING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
605.	L	71003902442	CARTRIDGE, RESPIRATO...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
610.	L	71003902665	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
615.	L	71003902806	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
620.	L	71003902814	NUT		40,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
625.	L	71003902830	PN, DOWEL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
630.	L	71000472985	BUSHING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
635.	L	71000473058	BUSHING, SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
640.	L	71003902848	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
645.	L	71003902808	PLATE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
65.0	L	71000473884	SHOE, THRUST BEARING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
650.	L	71003902566	CAP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
655.	L	71003902459	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
660.	L	71001025444	CROSSHEAD, COMPRESS...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
665.	L	71000472257	WASHER		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
670.	L	71000473959	CYLINDER SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
675.	L	71000473074	CYLINDER, RECIPROCATI...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
680.	L	71000473348	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
685.	L	71000473397	STUFFING BOX ASSEMBL...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
690.	L	71000473413	STUFFING BOX ASSEMBL...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
695.	L	71000473710	RING, PACKING		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
70.0	L	71000473967	CYLINDER SLEEVE		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
700.	L	71000473777	SEAL ASSEMBLY, SHAFT...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 109 / 166

SAP IB03 erpasep2 INS 1:55 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
705.	L	71000473918	SPACER, RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
710.	L	71000472928	ADAPTER		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
715.	L	71000473025	CASE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
720.	L	71000473033	COLLAR, RETAINING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
725.	L	71000473066	BEARING, CRANKPIN.		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
730.	L	71000473108	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
735.	L	71000473157	GASKE T		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
740.	L	71000473223	NUT		24,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
745.	L	71000473256	NUT		24,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
75.0	L	71000474106	TUBE ASSEMBLY, METAL		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
750.	L	71000473298	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
755.	L	71000473496	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
760.	L	71000473587	PUMPING UNIT, PRESSU...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
765.	L	71000473678	SEAL RING, METAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
770.	L	71000473892	SHOE, CROSSHEAD COM...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
775.	L	71000473934	CYLINDER SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
780.	L	71000474031	STUD, CONTINUOUS TH...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
785.	L	71000474064	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
790.	L	71000642496	SEAL, PLAIN ENCASED		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
795.	L	71003673911	VALVE ASSEMBLY, MANI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
80.0	L	71000474171	YOKE-ADAPTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
800.	L	71003673985	PIN, DOWEL		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
805.	L	71003674066	PIN, DOWEL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
810.	L	71003902475	PIN, GROOVED, HEADLE...		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
815.	L	71003902657	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
820.	L	71003902715	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
825.	L	71003902756	WASHER		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 136 / 166

SAP IB03 erpaserp2 INS 1:56 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo | Tratar | Pasar a | Detalles | Entorno | Opciones | Sistema | Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. | Entradas nuevas | Cabecera | Valdez

Equipo: 10074435 Impresor Reciprocante SC2203
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material | Doc. | General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
830.	L	71003902780	PLUG		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
85.0	L	71000476374	NUT		8,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
90.0	L	71000476788	RESTRICTOR, FLUID FLO...		8,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
95.0	L	71000625756	BEARING, ROLLER, DOU...		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	

Posicionar... | Acceso | Entrada | 163 / 166

SAP | IB03 | erpasep2 | INS | 1:56 p.m. 29/06/2017

SC2201/02

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo: 10193729 Impresor Reciprocante SC2201/02
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.cas.	
10.0	L	71003673803	SPRING		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
100.	L	71000471912	GASKET		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1000	L	71000469577	LINER		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1005	L	71000469320	GASKET		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1010	L	71000474957	RING, RETAINING		8,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1015	L	71000469999	RING, PISTON		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1020	L	71003761376	COUPLING		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1025	L	71003888450	CYLINDER, COMPRESSED.		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1030	L	71000470450	VALVE, REED		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1035	L	71003761796	O-RING		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1040	L	71000469445	GASKET		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1045	L	71000470401	VALVE, REED		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
105.	L	71000477703	CAP		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1050	L	71000469379	GASKET		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1055	L	71000469593	NUT		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1060	L	71000469387	GASKET		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1065	L	71000469825	PLUNGER, SOLENOID		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1070	L	71004832648	O-RING		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1075	L	71002593283	NUT, PLAIN, HEXAGONAL		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1080	L	71000475822	BEARING, JOURNAL ASSY		5,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1085	L	71004533261	VALVE		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1090	L	71004833273	BACK-UP RING		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1095	L	71004833331	CAGE		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
110.	L	71000475582	RING, RETAINING		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1100	L	71004831723	SEAT, VALVE		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1105	L	71004533220	VALVE		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
1110	L	71004831681	SEAT, VALVE		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		

Posicionar... Acceso Entrada 1 / 245

IB03 erpassp2 IHS 1:59 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante 5C2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
1115	L	71004533238	VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1120	L	71003673795	GLASS		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1125	L	72000470211	SHIM		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1130	L	71003734712	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1135	L	71004347068	SETScrew		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1140	L	71000469460	GASKET		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1145	L	71000471847	CRAB, GLAND VALVE		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
115.	L	71004943684	RING, OIL TRUST		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1150	L	71003761368	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1155	L	71003761434	SCREW, ADJUSTING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1160	L	71000472472	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1165	L	71002556603	SETScrew		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1170	L	71000469619	PACKING ROD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1175	L	71004943916	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1180	L	71004943924	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1185	L	71000470336	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1190	L	71000470062	ROD, PISTON, LINEAR A...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1195	L	71004831632	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
120.	L	71000469718	PLATE, MENDING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1200	L	71004533550	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1205	L	71004833307	CAGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1210	L	71004833349	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1215	L	71004831756	LOCKWASHER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1220	L	71004831764	HEX NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
1225	L	71004832689	O-RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
125.	L	71004205365	SUCTION STRAINER SCR...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
130.	L	71000470385	VALVE, REED		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 28 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:00 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante 5C2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
135.	L	71000470435	VALVE, REED		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
140.	L	71004833109	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
145.	L	71004533501	VALVE		1,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
15.0	L	71004833133	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
150.	L	71004833554	RESTRAINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
155.	L	71004533121	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
160.	L	71004832515	GUARD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
165.	L	71004831665	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
170.	L	71004533287	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
175.	L	71004833448	BOLT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
180.	L	71004833315	CAGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
185.	L	71004832416	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
190.	L	71003761848	TUBE, LUBRICATING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
195.	L	71003761822	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
20.0	L	71004533212	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
200.	L	71000469544	LINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
205.	L	71000469288	CRAB, GLAND VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
210.	L	71000470120	SCREW, MACHINE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
215.	L	71000470419	VALVE, REED		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
220.	L	71000469676	PISTON		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
225.	L	71000470005	RING SET,RENEWAL		1,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
230.	L	71000469650	PISTON		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
235.	L	71001420397	WASHER, FLAT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
240.	L	71000469833	RETAINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
245.	L	71000469536	LINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
25.0	L	71004832549	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
250.	L	71000469700	PLATE, MENDING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 55 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:00 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante SC2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
255.	L	71000477729	CROSSHEAD, COMPRESS...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
260.	L	71000469247	BUSHING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
265.	L	71000469601	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
270.	L	72000470229	SHIM		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
275.	L	71003886009	PIN, DOWEL		20,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
280.	L	71003673811	VALVE ASSEMBLY, MANI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
285.	L	71000474239	CROSSHEAD, COMPRESS...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
290.	L	71000475178	BUSHING, CROSSHEAD P...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
295.	L	71000475475	PIN, CROSSHEAD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
300.	L	71004832523	FITTED STUD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
300.	L	71004944872	FILTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
305.	L	71000472290	CYLINDER, RECIPROCATI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
310.	L	71003888427	CYLINDER, COMPRESSED...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
315.	L	71000469270	COVER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
320.	L	71003888443	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
325.	L	71000469353	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
330.	L	71000470112	SCREW, MACHINE		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
335.	L	71000471896	GASKET		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
340.	L	71000472233	VALVE, REED		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
345.	L	71003761426	FLANGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
350.	L	71004533147	INDICATOR		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
350.	L	71004943932	CUP		3,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
355.	L	71002427102	NUT, PLAIN, HEXAGONAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
360.	L	71000469551	CYLINDER SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
365.	L	71000470138	SCREW, MACHINE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
370.	L	71000469866	O-RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
375.	L	71000469965	RING, PISTON		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 82 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:01 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante 5C2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
380.	L	71000737825	VALVE, CROSS		3,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
385.	L	71004833430	BOLT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
390.	L	71004833489	HEX NUT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
395.	L	71004533311	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
40.0	L	71004833281	BACK-UP RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
400.	L	71004533535	VALVE		1,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
405.	L	71004833471	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
410.	L	71004832424	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
415.	L	71004832556	FITTED STUD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
420.	L	71004833422	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
425.	L	71004832697	O-RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
430.	L	71004831731	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
435.	L	71000475855	SHOE, CROSSHEAD COM...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
440.	L	71003886215	TIE ROD, STEERING		5,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
445.	L	71003886363	WASHER		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
45.0	L	71004533477	VALVE		2,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
450.	L	71000469221	BOX, CRANKPIN ASSY		1,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
455.	L	71000470237	SHOE, CROSSHEAD COM...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
460.	L	71000477570	SHIM SET		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
465.	L	71002593101	PIPE, METALLIC		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
470.	L	71003886207	LOCK		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
475.	L	71004944070	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
480.	L	71000470328	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
485.	L	71003754264	STUD, CONTINUOUS TH...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
490.	L	71004944054	STUFFER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
495.	L	71000469296	CRAB, GLAND VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
5.00	L	71002634947	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 109 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:01 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante SC2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
50.0	L	71004831640	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
500.	L	71000470104	SCREW, MACHINE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
505.	L	71000478578	RING SET,RENEWAL		1,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
510.	L	71003761467	PLATE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
515.	L	71003761475	SCREW, MACHINE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
520.	L	71000469973	RING, PISTON		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
525.	L	71000470070	ROD, PISTON, LINEAR A...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
530.	L	71000469858	RETAINER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
535.	L	71004533113	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
540.	L	71004832960	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
545.	L	71004832655	O-RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
55.0	L	71004832622	O-RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
550.	L	71004832606	CAPSCREW		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
555.	L	71004533154	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
560.	L	71004833067	INDICATOR		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
565.	L	71004832663	O-RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
570.	L	71004832432	LOCKWASHER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
575.	L	71004533295	VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
580.	L	71004533444	VALVE		2,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
585.	L	71004832531	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
590.	L	71004833323	CAGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
595.	L	71004533273	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
60.0	L	71004832598	CAPSCREW		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
600.	L	71004831715	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
605.	L	71004832564	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
610.	L	71002556298	GASKET		3,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
615.	L	71004933057	GASKET		3,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 136 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:02 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante 5C2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
620.	L	71004943700	SPACER		5,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
625.	L	71004949244	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
630.	L	71000479022	STUD, CONTINUOUS TH...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
635.	L	71002054583	CARTRIDGE, RESPIRATO...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
640.	L	71000475152	VALVE, CHECK		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
645.	L	71003888401	SHIM		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
65.0	L	71004831798	LOCKWASHER		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
650.	L	71003761483	VALVE, ASSEMBLY		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
655.	L	71000469684	PISTON		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
660.	L	71000474890	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
665.	L	71004943940	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
670.	L	71003761558	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
675.	L	71000469452	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
680.	L	71003888435	CYLINDER, COMPRESSED...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
685.	L	71003761806	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
690.	L	71000469304	GUARD, VALVE STRIP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
695.	L	71000469841	RETAINER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
70.0	L	71000470021	ROD, PISTON, LINEAR A...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
700.	L	71003761830	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
705.	L	71000469668	PISTON		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
710.	L	71000469981	RING, PISTON		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
715.	L	71000469312	DIAPHRAGM, VALVE, SP...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
720.	L	71000737775	SPRING, HELICAL, COMP...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
725.	L	71004831780	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
730.	L	71004833174	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
735.	L	71004831814	FITTED STUD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
740.	L	71004533246	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 163 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:03 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante 5C2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
745.	L	71004833216	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
75.	O L	71000470443	VALVE, REED		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
750.	L	71004833539	RESTRAINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
755.	L	71004832457	FITTED STUD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
760.	L	71004533527	VALVE		2,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
765.	L	71004832481	HEX NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
770.	L	71004533139	INDICATOR		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
775.	L	71004833513	HEX NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
780.	L	71004533402	VALVE		1,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
785.	L	71004944336	FLANGE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
790.	L	71000478792	SCREW, MACHINE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
795.	L	71000469569	LINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
80.	O L	71000469338	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
800.	L	71000469346	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
805.	L	71003761814	TUBE, LUBRICATING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
810.	L	71003761863	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
815.	L	71004833521	RESTRAINER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
820.	L	71004833463	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
825.	L	71004833299	BACK-UP RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
830.	L	71004832671	O-RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
835.	L	71004533451	VALVE		1,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
840.	L	71004831699	SEAT, VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
845.	L	71004832614	CAPSCREW		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
85.	O L	71000477372	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
850.	L	71004833240	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
855.	L	71004533410	VALVE		2,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			
860.	L	71004533493	VALVE		1,000	KIT			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 190 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:03 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10193729 Impresor Reciprocante 5C2201/02
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
865.	L	71004833455	BOLT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
870.	L	71004832572	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
875.	L	71003868114	CYLINDER, RECIPROCATI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
880.	L	71000469627	BOX, INTERMEDIATE PA...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
885.	L	71002635712	NUT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
890.	L	71000469411	GASKET		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
895.	L	71002593242	PIN, GROOVED, HEADLE...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
90.0	L	71002053742	NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
900.	L	71004943718	NUT		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
905.	L	71000469239	BOLT, CONNECTING ROD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
910.	L	71003886371	NUT		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
915.	L	71000477695	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
920.	L	71002555993	BOLT, MACHINE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
925.	L	71004832580	FITTED STUD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
930.	L	71004833257	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
935.	L	71004831707	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
940.	L	71004832473	LOCKWASHER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
945.	L	71004832507	GUARD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
95.0	L	71000470039	PISTON		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
950.	L	71004832440	HEX NUT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
955.	L	71004833505	HEX NUT		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
960.	L	71004833356	CAP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
965.	L	71004831657	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
970.	L	71004831806	GUARD		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
975.	L	71000474254	DOWEL MACHINE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
980.	L	71003884335	SEAL RING, LABYRINTH		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
985.	L	71003887650	SHIM		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 217 / 245

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:04 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo | Tratar | Pasar a | Detalles | Entorno | Opciones | Sistema | Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. | Entradas nuevas | Cabecera | Valdez

Equipo: 10193729 Impresor Reciprocante SC2201/02
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material | Doc. | General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.	
990.	L	71003888419	CYLINDER, COMPRESSED...		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		
995.	L	71004944161	NUT		12,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>		

Posicionar... | Acceso | Entrada | 244 / 245

SAP | IB03 | erpasep2 | IINS | 2:04 p.m. | 29/06/2017

SC2204

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo: 10223704 Impresor Reciprocante SC2204
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.cas.	
10.0	L	71003902582	YOKE-ADAPTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
100.	L	7100473025R	CASE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
105.	L	71000473181	HEAD, OUTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
110.	L	7100473405R	BOX, INTERMEDIATE PA...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
115.	L	71000474155	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
120.	L	71004365623	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
125.	L	71000472910	ADAPTER AND BLOCK		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
130.	L	71000472951	BOLT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
135.	L	71000473017	CASE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
140.	L	71000473132	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
145.	L	71000473181	HEAD, OUTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
15.0	L	71004365409	CYLINDER SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
150.	L	71000476457	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
155.	L	71000473322	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
160.	L	71000473488	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
165.	L	71000473504	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
170.	L	71000473686	RING, BASE		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
175.	L	71000473702	CONNECTING ROD, PIST...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
180.	L	71000473728	SETScrew		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
185.	L	71000473983	SPRING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
190.	L	71000473991	SPRING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
195.	L	71000474080	STUD, CONTINUOUS TH...		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
20.0	L	71000473421	BOX, INTERMEDIATE PA...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
200.	L	71000474122	VALVE, CHECK		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
205.	L	71000474155	VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
210.	L	71000796573	THERMOCOUPLE ASSEM...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
215.	L	72003743879	LIGHT EMITTING DIODE		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				

Posicionar... Acceso Entrada 1 / 198

IB03 erpassp2 IHS 2:07 p.m. 29/05/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante 5C2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
220.	L	71003753365	RING SET,RENEWAL		1,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
225.	L	71003902632	CAPSCREW		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
230.	L	71003902731	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
235.	L	71003902848	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
240.	L	7100473017R	CASE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
245.	L	7100473397R	STUFFING BOX		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
25.0	L	71000473173	HEAD, OUTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
250.	L	7100473900R	SPACER, RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
255.	L	71004365391	CYLINDER SLEEVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
260.	L	71004365706	HEAD, OUTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
265.	L	71000473090	CYLINDER, RECIPROCATI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
270.	L	71000473272	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
275.	L	71000473306	PLUNGER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
280.	L	71000473314	PACKING, PREFORMED		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
285.	L	71000473371	PACKING, PREFORMED		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
290.	L	71000473579	PLUNGER, ACTUATOR		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
295.	L	71000473611	O-RING		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
30.0	L	71000472902	ADAPTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
300.	L	71000473629	SEAL RING, NONMETALL...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
305.	L	71000473645	RING, SET PACKAGE & S...		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
310.	L	71000473793	SEAT, VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
315.	L	71000473819	PLATE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
320.	L	72000473835	SHIM		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
325.	L	71000473975	SPRING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
330.	L	71000474072	STUD, CONTINUOUS TH...		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
335.	L	71000796565	THERMOCOUPLE ASSEM...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
340.	L	71003902624	PLATE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 28 / 198

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:09 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante 5C2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
340.	L	71003902624	PLATE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
345.	L	71003902640	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
350.	L	71000473173	HEAD, OUTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
350.	L	71000473413	STUFFING BOX ASSEMBL...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
355.	L	71004365581	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
360.	L	71004365789	STUFFING BOX ASSEMBL...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
365.	L	71000472985	BUSHING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
370.	L	71000473058	BUSHING, SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
375.	L	71000473074	CYLINDER, RECIPROCATI...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
380.	L	71000473348	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
385.	L	71000473397	STUFFING BOX ASSEMBL...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
390.	L	71000473413	STUFFING BOX ASSEMBL...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
395.	L	71000473710	RING, PACKING		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
400.	L	71000473207	NIPPLE, TUBE		24,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
400.	L	71000473777	SEAL ASSEMBLY, SHAFT...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
405.	L	71000473918	SPACER, RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
410.	L	71000473959	CYLINDER SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
415.	L	71000477257	WASHER		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
420.	L	71001025444	CROSSHEAD, COMPRESS...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
425.	L	71003902459	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
430.	L	71003902566	CAP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
435.	L	71003902608	PLATE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
440.	L	7100473918R	SPACER, RING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
445.	L	71004365417	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
450.	L	71000473421	BOX, INTERMEDIATE PA...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
450.	L	71003902822	PIN, DOWEL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
455.	L	71003902723	SPACER, STRAIGHT		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 54 / 198

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:10 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante SC2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
460.	L	71003902574	SCREW, CAP, SOCKET H...		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
465.	L	71003673795	GLASS		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
470.	L	71000625756	BEARING, ROLLER, DOU...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
475.	L	71000476788	RESTRICTOR, FLUID FLO...		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
480.	L	71000476374	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
485.	L	71000474171	YOKE-ADAPTER		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
490.	L	71000474106	TUBE ASSEMBLY, METAL		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
495.	L	71000473967	CYLINDER SLEEVE		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
5.00	L	71004365813	STUFFING BOX ASSEMBL...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
50.0	L	71000473538	PLUG, PIPE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
500.	L	71000473884	SHOE, THRUST BEARING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
505.	L	71000473876	SHOE, THRUST BEARING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
510.	L	72000473850	SHIM		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
515.	L	72000473843	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
520.	L	71000473637	RING, SET PACKAGE & S...		4,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
525.	L	71000473603	RING, BASE		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
530.	L	71000473595	PUMP, RECIPROCATING, ...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
535.	L	71004365490	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
540.	L	71004365748	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
545.	L	71000472977	BUSHING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
55.0	L	71000473553	BLOCK PLUNGER THRUST		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
550.	L	71000473165	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
555.	L	71000473389	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
560.	L	71000473405	BOX, INTERMEDIATE PA...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
565.	L	71000473454	PLATE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
570.	L	71000473512	PLATE, VALVE STOP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
575.	L	71004365383	SEAT, VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 81 / 198

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:11 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante SC2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
580.	L	71004365524	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
585.	L	71004365565	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
590.	L	71004365607	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
595.	L	71000472928	ADAPTER		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
60.0	L	71000473694	SEAL ASSEMBLY, PACKL...		4,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
600.	L	71000473025	CASE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
605.	L	71000473033	COLLAR, RETAINING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
610.	L	71000473066	BEARING, CRANKPIN.		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
615.	L	71000473108	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
620.	L	71000473157	GASKET		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
625.	L	71000473223	NUT		24,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
630.	L	71000473256	NUT		24,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
635.	L	71000473298	CUP		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
640.	L	71000473496	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
645.	L	71000473587	PUMPING UNIT, PRESSU...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
65.0	L	71000473744	SEAL RING, METAL		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
650.	L	71000473678	SEAL RING, METAL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
655.	L	71000473892	SHOE, CROSSHEAD COM...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
660.	L	71000473934	CYLINDER SLEEVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
665.	L	71000474031	STUD, CONTINUOUS TH...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
670.	L	71000474064	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
675.	L	71000642496	SEAL, PLAIN ENCASED		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
680.	L	71003673811	VALVE ASSEMBLY, MANI...		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
685.	L	71003673985	PIN, DOWEL		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
690.	L	71003674066	PIN, DOWEL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
695.	L	71003902475	PIN, GROOVED, HEADLE...		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
70.0	L	71000474015	SPRING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 108 / 198

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:11 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante SC2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
700.	L	71003902657	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
705.	L	71003902715	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
710.	L	71003902756	WASHER		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
715.	L	71003902780	PLUG		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
720.	L	71000474148	VALVE		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
725.	L	71004365474	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
730.	L	71004365573	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
735.	L	71004365631	CUP		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
740.	L	71004365730	HEAD, OUTER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
745.	L	71000472993	BUSHING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
75.0	L	71000474114	CYLINDER SLEEVE		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
750.	L	71000473041	COLLAR, RETAINING		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
755.	L	71000473082	CYLINDER, RECIPROCATI...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
760.	L	71000473116	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
765.	L	71000473249	NUT		36,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
770.	L	71000473330	CUP		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
775.	L	71000473355	PACKING, PREFORMED		43,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
780.	L	71000473520	PLATE		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
785.	L	71000473561	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
790.	L	71000473652	RING SET, RENEWAL		4,000	SET			01.04.2016	31.12.9999			
795.	L	72000473827	SHIM		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
80.0	L	71000642371	SEAL, RADIAL SHAFT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
800.	L	71000473868	DRIVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
805.	L	71000474056	STUD, CONTINUOUS TH...		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
810.	L	71000474130	VALVE, CHECK		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
815.	L	71000474148	VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
820.	L	71000476002	DOWEL MACHINE		6,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 135 / 198

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:12 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante 5C2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
825.	L	71003902426	NUT		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
830.	L	71003902434	WASHER		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
835.	L	71003902467	WASHER		8,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
840.	L	71003902491	PN, CROSSHEAD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
845.	L	71003902590	PN, DOWEL		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
85.0	L	71003902483	STUD, CONTINUOUS TH...		16,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
850.	L	71003902418	TIE ROD, STEERING		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
855.	L	71003673803	SPRING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
860.	L	71003902665	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
865.	L	71003902806	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
870.	L	71003902814	NUT		40,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
875.	L	71003902830	PN, DOWEL		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
880.	L	71003902442	CARTRIDGE, RESPIRATO...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
885.	L	71003669413	SHAFT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
890.	L	71000577841	RING GASKET, LENS SH...		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
895.	L	71000477265	LOCKWASHER		10,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
90.0	L	71003902517	NUT		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
900.	L	71000474098	STUD, CONTINUOUS TH...		32,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
905.	L	71000474049	STUD, CONTINUOUS TH...		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
910.	L	71000473926	SPACER, RING		12,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
915.	L	71000473900	SPACER, RING		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
920.	L	71000473785	SEAT, VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
925.	L	71000473736	SCREW, MACHINE		14,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
930.	L	71000473470	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
935.	L	71000473462	PLATE, REED VALVE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
940.	L	71000473447	PN, CROSSHEAD		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			
945.	L	71000473439	RING, SCRAPER		4,000	UN			01.04.2016	31.12.9999			

Posicionar... Acceso Entrada 162 / 198

SAP IB03 erpaserp2 INS 2:12 p.m. 29/06/2017

Lista de materiales para equipo Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo 10223704 Impresor Reciprocante 5C2204
 Centro 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.clas.
95.0	L	71004365458	CUP		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
950.	L	71000473363	CUP		4,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
955.	L	71000473280	CUP		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
960.	L	71000473199	IMPELLER, FAN, CENTRIF.		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
965.	L	71000473140	GASKET		2,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
970.	L	71000473124	FLANGE		4,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
975.	L	71000472944	BEARING HALF, SLEEVE		4,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
980.	L	71000109470	O-RING		6,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
985.	L	71000109462	O-RING		6,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	
990.	L	71004365763	VALVE		1,000	UN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.04.2016	31.12.9999		<input type="checkbox"/>	

Posicionar... Acceso Entrada 189 / 198

SAP IB03 erpasep2 INS 2:13 p.m. 29/06/2017

SR2251

Lista de materiales para equipo Iratr Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Visualizar lista de materiales para equipos: Resumen de posiciones gen

Subpos. Entradas nuevas Cabecera Valdez

Equipo: 10044866 251 Reactor de proceso
 Centro: 2000 RF REFINERIA BARRANCABERMEJA

Material Doc. General

Pos.	T...	Componente	Denominación de comp...	Ind.func.	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	FinValdez	Nº modif.	P...	Conc.cas.	
10.0	L	71000359885	FLANGE		2,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
15.0	L	71000359901	FLANGE, SHAFT		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
20.0	L	71003685823	RING, WEARING		2,000	SET			01.04.2016	31.12.9999				
25.0	L	71004992590	BEARING, ROLLER, CYLI..		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
30.0	L	71000359893	STUD, DOUBLE END		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
35.0	L	71000360362	WASHER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
40.0	L	71004526976	P/F: STIRRER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
45.0	L	71004526984	P/F: STIRRER		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
5.00	L	71004528444	NOZZLE, SPRAY		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
50.0	L	71004992616	BEARING, ROLLER, CYLI..		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
55.0	L	71004528378	SUPPORT, BEARING		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
60.0	L	71000359489	BEARING, ROLLER, THRU..		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				
65.0	L	71004528386	PLUG		1,000	UN			01.04.2016	31.12.9999				

Posicionar... Acceso Entrada 1 / 13

IB03 erpasserp2 INS 2:18 p.m. 29/05/2017

**Anexo L. Formato de informe de identificación de material no requerido para
operar del equipo SC2253**



FORMATO DE INFORME DE IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL NO REQUERIDO PARA OPERAR

GESTION DE ABASTECIMIENTO
DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE ABASTECIMIENTO
Elaborado
17/06/2016

GAB-F-248

Versión 1

Centro Logístico	Fecha Corte de la Información	10/03/2017
Vicepresidencia/Gerencia	Fecha del Informe de Resultados	03/05/2017
Admin. De Inventarios	Requerimiento:	Identificación de material no requerido para operar

B. Análisis / Concepto Técnicos Especialistas (Hoja de Impresión)											
Código	Estado del material	Transferir a tipo almacén WM EXC	Cant. a Transferir a EXC	Vr. Total a Transferir a EXC	Justificación	Fecha de Compromiso Utilización	Años	Valor Compromiso de Utilización	Cantidad actual en sistema	Vlr total actual	Observaciones
71000476325	Bueno	SI	4	88.539.092	obsolescencia			-	4	88.539.092	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476762	Bueno	SI	5	1.270.495	obsolescencia			-	5	1.270.495	Botella 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476796	Bueno	SI	4	176.324	obsolescencia			-	4	176.324	Compression ring OTR head 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476747	Bueno	SI	16	1.084.864	obsolescencia			-	16	1.084.864	Orino OTR head 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476739	Bueno	SI	5	1.326.060	obsolescencia			-	5	1.326.060	Back up ring leather OTR head 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000477240	Bueno	SI	3	62.943.912	obsolescencia			-	3	62.943.912	Wedge back up ring OTR head 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000477000	Bueno	SI	4	26.402.344	obsolescencia			-	4	26.402.344	válvula dual completa de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476564	Bueno	SI	4	35.603.712	obsolescencia			-	4	35.603.712	asiento válvula dual de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000477034	Bueno	SI	4	34.526.032	obsolescencia			-	4	34.526.032	plato válvula dual de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000477166	Bueno	SI	8	3.280.128	obsolescencia			-	8	3.280.128	asiento válvula dual de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476069	Bueno	SI	2	620.995.714	obsolescencia			-	2	620.995.714	tornillo válvula dual de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71004155438	Bueno	SI	2	300.000	obsolescencia			-	2	300.000	La descripción es de camisa pero el código SAP no tiene número de parte identificado. De acuerdo con el texto de pedido en SAP son camisas de 2da etapa reparadas, se debe validar si son camisas de nuevo o anterior diseño.
71000476226	Bueno	SI	1	33.064.179	obsolescencia			-	1	33.064.179	Caja de sellos de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476820	Bueno	SI	4	10.162.356	obsolescencia			-	4	10.162.356	Camisa cilindro de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476150	Bueno	SI	4	63.059.912	obsolescencia			-	4	63.059.912	set de anillos de sello de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476523	Bueno	SI	4	87.835.596	obsolescencia			-	4	87.835.596	empaquetado coca 1 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476010	Bueno	SI	4	7.680.040	obsolescencia			-	4	7.680.040	empaquetado coca 2 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476168	Bueno	SI	4	49.060.812	obsolescencia			-	4	49.060.812	empaquetado coca 3 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476176	Bueno	SI	4	51.688.856	obsolescencia			-	4	51.688.856	empaquetado coca 4 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476184	Bueno	SI	4	45.363.768	obsolescencia			-	4	45.363.768	empaquetado coca 5 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476192	Bueno	SI	4	54.336.348	obsolescencia			-	4	54.336.348	empaquetado coca 6 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476679	Bueno	SI	0	-	obsolescencia			-	0	-	empaquetado coca 7 de 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476440	Bueno	SI	4	69.740	obsolescencia			-	4	69.740	tornillo ensamble caja de sellos 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000476002	Bueno	SI	25	2.647.325	obsolescencia			-	25	2.647.325	tuerca ensamble caja de sellos 2da etapa Repuesto vigente
7100475988R	Bueno	SI	7	1.050.000	obsolescencia			-	7	1.050.000	collarín 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
71000475988	Bueno	SI	5	45.766.335	obsolescencia			-	5	45.766.335	collarín 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008
7100476499R	Bueno	SI	6	468.000	obsolescencia			-	6	468.000	collarín 2da etapa Parte cambiada por revamp C2253 en 2008

71000476499	Bueno	SI	4	38.228.604	obsolescencia		-	4	38.228.604	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 glandula completa de 1ra etapa
71000476853	Bueno	SI	10	5.479.890	obsolescencia		-	10	5.479.890	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 sellos de gas baja presión collarín de 2da etapa
7100476291R	Bueno	SI	4	272.000	obsolescencia		-	4	272.000	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 caja de glandula 2da etapa
71000476291	Bueno	SI	4	26.264.912	obsolescencia		-	4	26.264.912	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 caja de glandula 2da etapa
71000642686	Bueno	SI	95	2.012.385	obsolescencia		-	95	2.012.385	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 sellos de labio (aceite) glandula 2da etapa
71000620948	Bueno	NO	0	-			1.319.380	20	1.319.380	Este código no está identificado con número de parte Dresser Rand. En el compresor ya no se utiliza pero es posible que en otros equipos si.
71000476317	Bueno	SI	2	48.989.228	obsolescencia		-	2	48.989.228	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 Botella 1ra etapa
71000476754	Bueno	SI	10	1.599.870	obsolescencia		-	10	1.599.870	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 compression ring OTR head 1ra etapa
71000476804	Bueno	SI	10	578.450	obsolescencia		-	10	578.450	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 O ring OTR head 1ra etapa
71000476721	Bueno	SI	11	832.766	obsolescencia		-	11	832.766	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 Wedge back up ring OTR head 1ra etapa
71000476713	Bueno	SI	4	1.232.688	obsolescencia		-	4	1.232.688	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 back up ring leather OTR head 1ra etapa
71000477232	Bueno	SI	4	182.029.740	obsolescencia		-	4	182.029.740	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 válvula dual completa 1ra etapa
71000477018	Bueno	SI	4	30.544.224	obsolescencia		-	4	30.544.224	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 asiento succión válvula dual 1ra etapa
71000476663	Bueno	SI	188	33.918.208	obsolescencia		-	188	33.918.208	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 poppet succión y descarga válvula dual 1ra etapa
71000476556	Bueno	SI	4	48.798.700	obsolescencia		-	4	48.798.700	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 plato (stop plate) válvula dual 1ra etapa
71000476994	Bueno	SI	3	21.316.593	obsolescencia		-	3	21.316.593	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 asiento de descarga válvula dual 1ra etapa
71000477091	Bueno	SI	12	2.060.328			-	12	2.060.328	Repuesto vigente
71000473256	Bueno	SI	57	494.475	obsolescencia		-	57	494.475	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 turca de ensamble válvula dual 1ra etapa
71000477265	Bueno	SI	88	537.416	obsolescencia		-	88	537.416	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 arandela de seguridad válvula dual 1ra etapa
71004155420	Bueno	SI	3	450.000	obsolescencia		-	3	450.000	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 cajas de sello completas 1ra etapa
71000476051	Bueno	SI	2	72.080.250	obsolescencia		-	2	72.080.250	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 cajas de sello completas 1ra etapa
71000476218	Bueno	SI	4	132.260.864	obsolescencia		-	4	132.260.864	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 camisa cilindro de 1ra etapa
71000476838	Bueno	SI	28	1.006.096	obsolescencia		-	28	1.006.096	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 set de empaques cajas de sello 1ra etapa
71000476093	Bueno	SI	2	46.604.374	obsolescencia		-	2	46.604.374	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 empaque coca 1 sellos 1ra etapa
71000476101	Bueno	SI	4	410.812	obsolescencia		-	4	410.812	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 empaque coca 2 sellos 1ra etapa
71000476507	Bueno	SI	7	36.967	obsolescencia		-	7	36.967	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 buite caja de sellos 1ra etapa
71000476119	Bueno	SI	3	270.888	obsolescencia		-	3	270.888	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 empaque coca 3 sellos 1ra etapa
71000476127	Bueno	SI	2	24.011.772	obsolescencia		-	2	24.011.772	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 empaque coca 4 sellos 1ra etapa
71000476135	Bueno	SI	2	195.926	obsolescencia		-	2	195.926	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 empaque coca 5 sellos 1ra etapa
71000476143	Bueno	SI	3	8.233.818	obsolescencia		-	3	8.233.818	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 empaque coca 6 sellos 1ra etapa
71000476515	Bueno	SI	8	3.481.528	obsolescencia		-	8	3.481.528	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 tornillo ensamble caja de sellos 1ra etapa
71000476002	Bueno	SI	25	2.647.325	obsolescencia		-	25	2.647.325	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 pin guía ensamble caja de sellos 1ra etapa
71003856986	Bueno	SI	1	10.000	obsolescencia		-	1	10.000	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 collarín 1ra etapa - figura con la misma descripción del código 71000477042

71000477042	Bueno	SI	2	30.278.384	obsolescencia			-	2	30.278.384	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 collarín 1ra etapa - figura con la misma descripción del código 71003856986
71000476481	Bueno	SI	2	4.632.226	obsolescencia			-	2	4.632.226	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 caja de empaques de baja presión collarín 1ra etapa
71000476846	Bueno	SI	19	370.405	obsolescencia			-	19	370.405	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 set de empaques de baja presión collarín de 1ra etapa
71000476283	Bueno	SI	7	865.319	obsolescencia			-	7	865.319	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 caja de sellos de labio (aceite) glandula de 1ra etapa
71000643023	Bueno	SI	51	828.189	obsolescencia			-	51	828.189	Parte cambiada por revamp C2253 en 2008 sellos de labio (aceite) glandula de 1ra etapa
71000619189	Bueno	NO	0	-				4.939	1	4.939	Este código no está identificado con número de parte Dresser Rand. En el compresor ya no se utiliza pero es posible que en otros equipos si.
										2.102.567.564	2.103.891.883

C. Resultados del Análisis									
Fecha del informe	Cant. Códigos analizados	Valor analizado	Cant. Códigos a transf. a EXC	Valor total del material a transferir a excedentes	Cant. Códigos en mal estado	Valor total en mal estado	Vir total actual de material analizado		
03/05/2017	66	2.103.891.883	64	2.102.567.564	0	-	2.103.891.883		
Valor total del material con compromiso de utilización							Vir total Inv. del CL almacén MM G00*		
Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20					
-	-	-	-						
Disposición final									

Para constancia y en señal de aceptación, se firma a los tres (3) días del mes de mayo de 2017.

Realizó: Tecnicos Especialistas Designados

Nombre: Luis Fernando Espinosa V.
Reg: E0227527

Nombre: _____
Reg: _____

Nombre: _____
Reg: _____

Aprobó: Jefe de Departamento

Jefe de Departamento

Nombre: Luis Fernando Benitez C.
Reg: E0228090

Nombre: _____
Reg: _____

Aprobación de baja por mal estado:

Gerente área (únicamente cuando el informe registra material en mal estado)

Nombre: _____
Reg: _____

Nombre: _____
Reg: _____


Cuando no exista material en mal estado en el presente formato, se debe eliminar la firma del gerente del formato.

CONSIDERACIONES

1. Cuando se presenten diferencias (en ítems y en cantidades) entre los materiales identificados a trasladar a tipo de almacén Excedentes consignados en el presente informe y los materiales trasladados en el sistema de información se deberá anexar soporte que justifique la diferencia.
2. Si se identifica material en mal estado producto de un proceso diferente al descrito en el numeral 4.2.3 del procedimiento GAB-P-024 (evidenciado durante los inventarios periódicos / anual o rondas de preservación), de debera seleccionar en la casilla *Requerimiento: Baja de material en mal estado y diligenciar únicamente las columnas subrayadas.*
3. Una vez se ejecute la disposición final, del material identificado en mal estado en el presente informe, se debera anexar los documentos que soportan la respectiva disposición (Actas de disposición, Registro fotográfico, certificados de disposición final, entre otros).
4. La aprobación del presente informe corresponde a la aceptación del concepto técnico frente a la transferencia a tipo de almacén WM excedentes, baja por mal estado y plan de consumos de lo relacionado en el cuadro C. Resultados del Análisis
5. Para los materiales que sean identificados como Importados en la columna "Origen del material" se debe indicar en observaciones la Orden de Compra con la que fue adquirido

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.

**Anexo M. Informe de práctica de mantenimiento entregado a la coordinación
de equipo rotativo**

	INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL		
	REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA		
	COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO		
	CÓDIGO CPO-CPO-F-002	Elaborado 27/06/2017	Versión: 1


**ANDRÉS LEONARDO LUNA
ROJAS**

2017

**GERENCIA TÉCNICA REFINERÍA
BARRANCABERMEJA**

**COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE
EQUIPO ROTATIVO**

14 de julio de 2017

	INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL		
	REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA		
	COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO		
	CÓDIGO CPO-CPO-F-002	Elaborado 27/06/2017	Versión: 1

1. OBJETIVOS

- Reconocer y estudiar los procesos de refinación de la GRB así como sus buenas prácticas de gestión de activos y HSE por medio de visitas a las plantas y los cursos de inducción de la Universidad Ecopetrol.
- Realizar estudio introductorio de las prácticas y metodologías de confiabilidad RCM dentro de la Coordinación de Equipo Rotativo, así como el manejo de los sistemas de gestión del mantenimiento *Ellipse* y *SAP PM*.
- Aprender acerca del proceso y los equipos que intervienen en la producción de Polietileno y su importancia para la GRB.
- Elaborar un diagnóstico de las unidades de Polietileno I y II en relación con la tendencia de la disponibilidad operacional, basado en el comportamiento de los *shut down*, la tasa de falla y la recurrencia de los activos.
- Construir la información necesaria para la revisión de la estrategia RCM de los activos recurrentes en las plantas de Polietileno mediante el cálculo de los TMEF según históricos y el análisis FMECA.
- Revisar la completitud de las listas de materiales para los activos recurrentes de Polietileno en función de los manuales de los fabricantes.

2. ALCANCE

2.1 El análisis de los indicadores de disponibilidad operacional, días de *shut down* y producción diaria se construye a partir del año 2010 hasta el año 2016. La tasa de falla por especialidad se obtiene desde el año 2012 hasta el año 2016.

2.2 Dentro los activos críticos que contempla el plan de mejora de las plantas de Polietileno se incluyen los reactores; las válvulas PRC; los compresores reforzadores, primarios y secundarios; las bombas de lubricación, las bombas iniciadoras; los extrusores y cortadores; las válvulas divergentes, las válvulas HICV, los secadores y clasificadores; y los colectores de polvo. Entre estos se determina que los que más afectan al indicador de *shut down* según los reportes son los reactores y los compresores, por tanto estos últimos son el objetivo inicial de los análisis de modos de falla y RCM.

2.3 En la revisión de repuestos se abarcan en lo posible (según disponibilidad de la información) los siguientes activos de la especialidad de equipo rotativo: reactores; compresores reforzadores, primarios y secundarios; las bombas manzel de lubricación; las bombas iniciadoras; los extrusores y cortadores; los secadores y clasificadores.

3. DESARROLLO

3.1 Cursos introductorios

La siguiente es la lista de cursos de inducción de la Universidad Ecopetrol en los que se obtuvo la certificación con el fin de estar preparado y familiarizado con la filosofía de trabajo y las prácticas HSE de Ecopetrol.

- Conceptos Básicos Salud y Trabajo.
- Conociendo mi Empresa.
- Elementos de Protección Personal.



INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL

**REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA
COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO**

CÓDIGO
CPO-CPO-F-002

Elaborado
27/06/2017

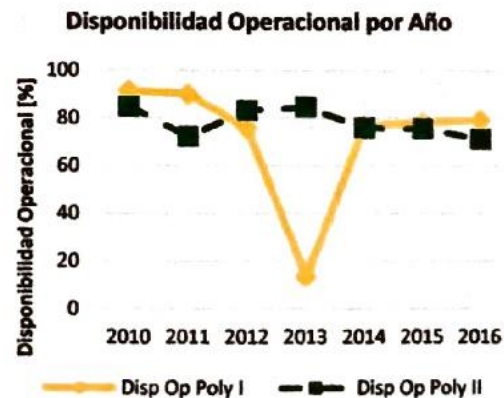
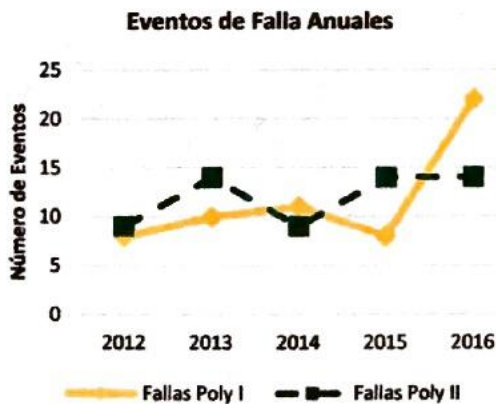
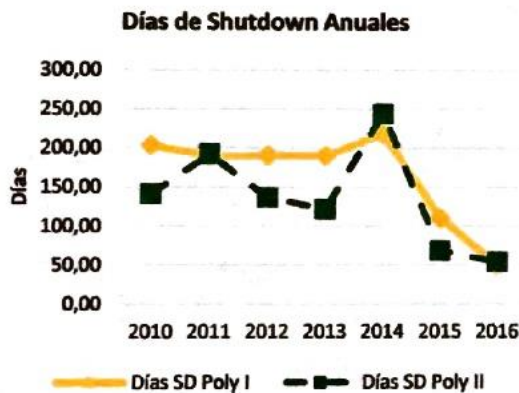
Versión:
1

- Ética y Cumplimiento.
- Fundamentos de la Información de la Tecnología de Procesos.
- Introducción al Sistema de Aislamiento Seguro.

Adicionalmente se recibió entrenamiento por parte del ingeniero confiabilidad de equipo rotativo del Departamento de Petroquímica en el manejo del colector de datos CSI para el monitoreo de vibraciones, temperatura y presiones de equipo.

3.2 Levantamiento y análisis de la información operativa de las plantas de Polietileno

Se obtuvieron datos del sistema de información *RIS* y *Sharepoint* relacionados con los indicadores de producción y mantenimiento, así como los reportes de *shut down* de las plantas de Polietileno. Estos últimos se clasificaron según la causa con el fin de establecer cuáles eran las principales razones por las que caía la disponibilidad operacional en estas plantas (la clasificación se evidencia dentro de la línea de tiempo del Anexo 1).





INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL

**REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA
COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO**

CÓDIGO
CPO-CPO-F-002

Elaborado
27/06/2017

Versión:
1

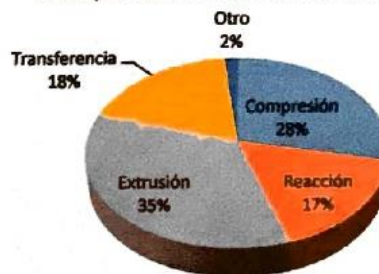
3.3 Cálculo del TMEF y análisis Pareto para los activos de Polietileno

Con el objetivo de evaluar la confiabilidad de los equipos de las diferentes especialidades en Polietileno se calculó el tiempo medio entre fallas de cada uno de los activos de la especialidad de equipo rotativo que había fallado en los últimos 11 años (según reportes en *Ellipse* y *Sharepoint*) y para las demás especialidades en los últimos 5 años (según reportes en *Sharepoint*). Además se identificó en que sección del proceso sucedía cada falla buscando obtener un panorama general y sistémico de los eventos de falla sobre el proceso. El Anexo 2 muestra las tablas del cálculo del TMEF.

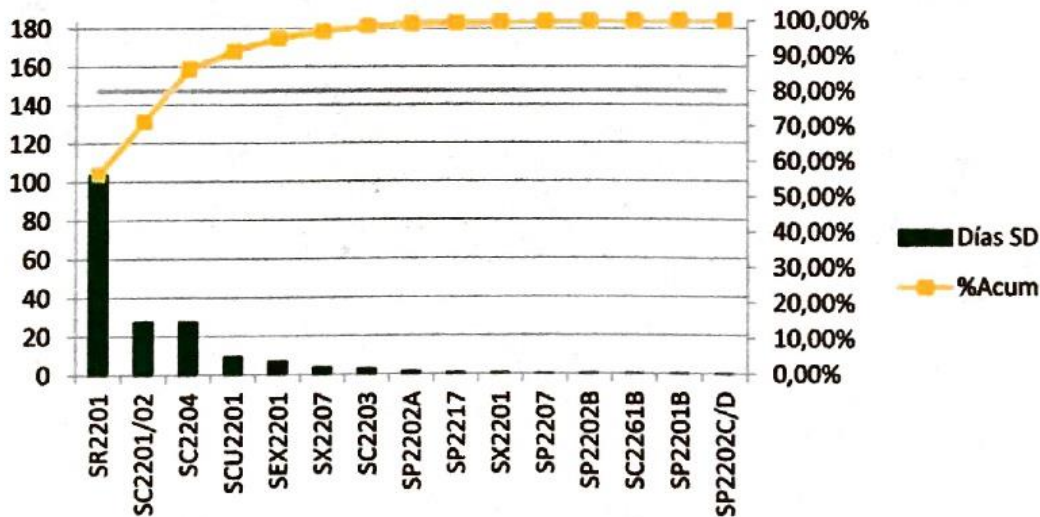
Fallas por Sección del Proceso Polietileno I




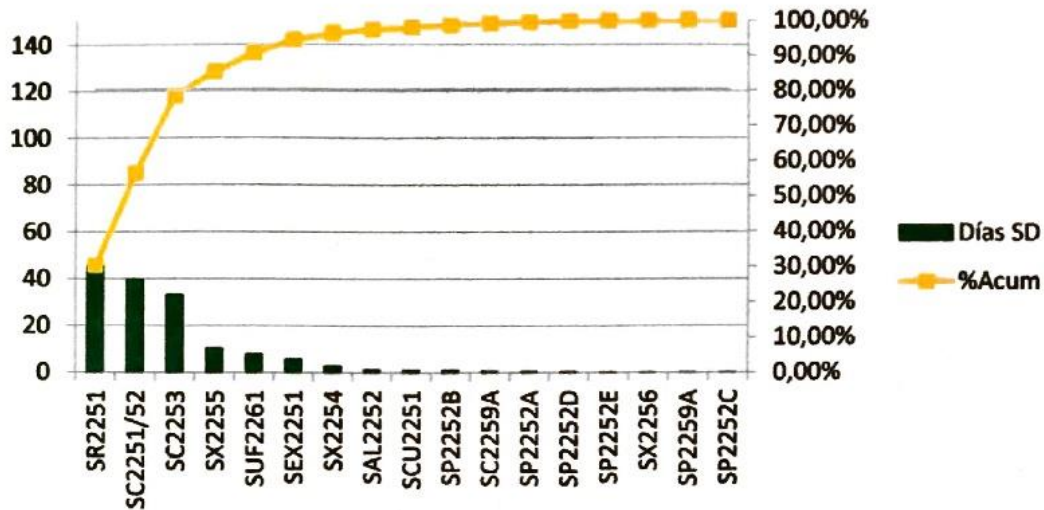
Fallas por Sección del Proceso Polietileno II



Para cuantificar el impacto de cada una de las fallas del equipo rotativo a la disponibilidad operacional de las plantas y cuáles de los equipos eran los más críticos se realizó un análisis Pareto sobre los reportes de *shut down* en el sistema *RIS* previamente clasificados por equipo.



	INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL	
	REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA	
	COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO	
CÓDIGO CPO-CPO-F-002	Elaborado 27/06/2017	Versión: 1



3.4 Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Fallas (FMECA) para los compresores reciprocantes y reactores de Polietileno

Como fundamento de la metodología RCM se construyó un FMECA basado en el estudio de las funciones y variables operativas de los equipos mencionados y sus sistemas auxiliares dentro del proceso (según los manuales operativos de los equipos y de la planta). La información de los modos de falla se construyó a partir de la experiencia del ingeniero del área y de otras fuentes (memorias de cursos específicos). En el análisis de criticidad se utilizaron los criterios RAM para cruzar información de pérdidas económicas (reportes de shut down y ecuación de pérdidas de la planta), probabilidad de falla (Reportes de estados y fallas CER) y consecuencias de falla (evaluadas anteriormente mediante metodología ASP).

El Anexo 3 del presente informe muestra el FMECA construido para el sistema de compresión de los compresores secundarios.

3.5 Revisión de las listas de materiales en SAP y Ellipse para los equipos críticos objetivo de la actualización RCM

Como parte del aseguramiento de la estrategia de mantenimiento de los equipos se contempla tener las listas de materiales que se encuentran en SAP actualizadas y completas según lo establecido en los manuales de fabricantes y lo determinado por los ingenieros de confiabilidad. Para esta revisión se obtuvieron las listas de repuestos de diversas fuentes entre las que se encuentran: listas de materiales de SAP, APLs de Ellipse, las listas de partes recomendadas por los fabricantes, listas de repuestos proporcionadas por los ingenieros de confiabilidad y formatos FACI de catalogación. Los resultados de la revisión de materiales que se hizo al equipo rotativo se muestran en la siguiente tabla:



INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL

**REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA
COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO**

**CÓDIGO
CPO-CPO-F-002**

**Elaborado
27/06/2017**

**Versión:
1**

Equipos que SÍ existen	Equipos que NO existen					
Mezclador Mecánico (Agitador) SR2201*	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	NA
Compresor Reciprocante SC2204	ROT	Sí existe	Sí existe	26	227	214
Compresor Reciprocante SC2201/02	ROT	Sí existe	Sí existe			
Cortadora SCU2201	ROT	Sí existe	Sí existe	1	32	31
Extrusor SEX2201*	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	Ninguna Parte del manual está en el APL Ellipse
Bomba Reciprocante SP2202A*	ROT	Sí existe	Sí existe	107	324	204
Bomba Reciprocante SP2207	ROT	Sí existe	Sí existe	LIST MAT SAP = APL ELLIPSE	NA	NA
Bomba Reciprocante SP2202B*	ROT	Sí existe	Sí existe	106	325	200
Bomba Reciprocante SP2213	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	Ninguna Parte del manual está en el APL Ellipse
Mezclador Mecánico (Agitador) SR2251*	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	NA
Compresor Reciprocante SC2253*	ROT	Sí existe	Sí existe	7	75	71
Compresor Reciprocante SC2251/52	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	NA
Extrusor SEX2251	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	NA
Centrifugadora SX2255	ROT	No existe	Sí existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	NA
Bomba Reciprocante SP2252A*	ROT	Sí existe	Sí existe	107	325	200
Bomba Reciprocante SP2252B*	ROT	Sí existe	Sí existe	105	325	200
Bomba Reciprocante SP2258	ROT	No existe	No existe	LIST MAT SAP VACÍA	LIST MAT SAP VACÍA	NA

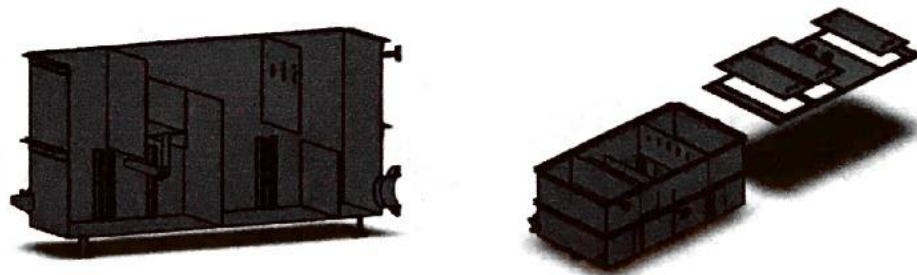
4. ACTIVIDADES ADICIONALES

4.1 Monitoreo de vibraciones, temperatura y presiones en las bombas centrífugas de la U1300 y la U1400

El monitoreo y seguimiento a la salud y desempeño de los equipos es una parte importante de las funciones que debe cumplir un ingeniero de confiabilidad de equipo rotativo. Siguiendo esta idea y con un objetivo de entrenamiento se procedió a realizar el monitoreo en campo de las bombas operativas en las unidades U1300 y U1400 de la planta de aromáticos el 30 de junio y 4 de julio respectivamente. Los datos recolectados se encuentran actualmente en el sistema AMS.

4.2 Levantamiento de planos y modelado del tambor de filtrado del agua de granulación D2215

A lo largo de la práctica, en apoyo a las actividades del ingeniero de la Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos del Departamento de Petroquímica, se realizó el levantamiento de planos y posterior digitalización y modelamiento del actual tambor D2215. Los resultados se presentan en un modelo completo del ensamblaje construido en Solidworks 2016 (en el cual se tuvieron en cuenta las normas ASME B16.5 y ASME B36.10 de bridas y tubería de acero respectivamente), y los planos con el rótulo oficial Ecopetrol diseñados en el mismo software y exportados a formato DWG para su fácil gestión.





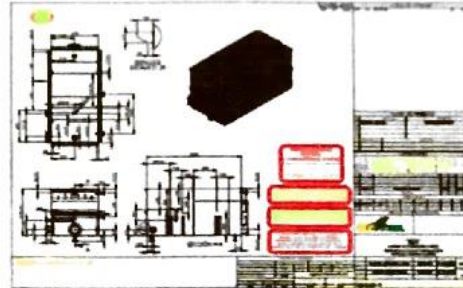
INFORME FINAL PRÁCTICA INDUSTRIAL

REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO ROTATIVO

CÓDIGO
CPO-CPO-F-002

Elaborado
27/06/2017

Versión:
1

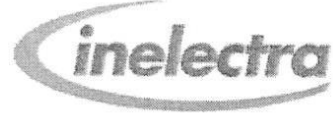


5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Del análisis de las gráficas de los indicadores de Polietileno se puede concluir que la mejora del indicador de *shut down* y el aumento de la producción a partir del año 2015 se debe en gran parte a la reincorporación de la planta de *Turboexpander* que apoya el suministro de carga a las unidades U2200 y U2250 (La falta de carga era una de las principales razones hasta esa fecha por la cual la planta debía parar).
- A pesar de la mejora del indicador de *shut down* se puede ver que el indicador de disponibilidad operacional va en declive, lo cual concuerda con el aumento de la tasa de falla que experimenta la planta (instrumentación y equipo rotativo abarcan la mayoría de las fallas que ocasionaron parada). Por tanto para mejorar el indicador de disponibilidad se debe revisar y asegurar que la estrategia de mantenimiento actual cumpla a cabalidad con prevenir y predecir los diferentes modos de falla de los equipos recurrentes y de alto impacto en *shut down*.
- En el análisis Pareto se puede observar que los equipos de la especialidad de equipo rotativo que más impactan al indicador de disponibilidad son los reactores y compresores recíprocos (esenciales en la configuración en serie que presentan estas unidades). Al revisar el TMEF calculado para estos equipos se puede ver que son de los equipos con más bajo TMEF, es decir que, además de impactar fuertemente en el tiempo de parada de la unidad, tienden a fallar frecuentemente (recurrencia).
- En la revisión de las listas de materiales se encontró gran número de partes listadas en los manuales que no se encontraban dentro de las listas de SAP asociadas a los equipos, e incluso listas vacías. Esta situación puede conllevar a pérdidas de productividad al verse dificultada la gestión, fallas en la ejecución de los mantenimientos programados y no programados, e incluso a desaseguramiento de la información con el paso del tiempo. Se recomienda revisar a detalle cada una de las partes con el fin de determinar que piezas deben excluirse fuera por obsolescencia y que partes nuevas se necesitan catalogar.

Elaboró	Revisó	Aprobó
 Andrés Leonardo Luna Rojas Practicante de la Coordinación de Confiabilidad de Equipo Rotativo	 Luis Fernando Espinosa Vargas Ingeniero de la Coordinación de Confiabilidad de Equipo Rotativo	 Luis Fernando Benítez Correa Coordinador de Confiabilidad de Equipo Rotativo

Anexo N. Información técnica compresor hyper SC2253



EPC PLANTAS DE POLIETILENO I Y II - GCB.

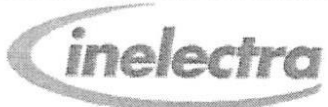
No CONSORCIO 1160-01-20-M41-TEC-012

Rev. 0

RECIPROCATING COMPRESSOR HYPER C-2253 DATA SHEET

PAGE 1 OF 2

1	APPLICABLE TO: <input checked="" type="radio"/> PROPOSAL <input type="radio"/> PURCHASE <input type="radio"/> AS BUILT	
2	FOR <u>ECOPETROL - GCB</u>	UNIT _____
3	SITE <u>BARRANCABERMEJA - GCB</u>	SERIAL NO. _____
4	SERVICE <u>ETHYLENE GAS COMPRESSOR</u>	NO. REQUIRED <u>1 REVAMPING for EXISTING C-2253</u>
5	<input checked="" type="radio"/> CONTINUOUS <input type="radio"/> INTERMITTENT <input type="radio"/> STAND BY	DRIVER TYPE <u>ELECTRIC MOTOR</u>
6	MANUFACTURER <u>INGERSOLL RAND</u> MODEL _____	DRIVER ITEM NO. _____
7	LENGTH OF UNINTERRUPTED SERVICE: <u>8000 Hrs</u>	TYPE OF INSTALLATION: <u>SHELTERED</u>
8	CODE: <u>API-618</u>	
9	OPERATING CONDITIONS	
10	Suction	
11	Fluid Description	1st Stage Ethylene
12	Molecular Weight	28.05
13	Flow Rate @ Cond lb/hr	75,757 *
14	Pressure psia	2,864.3 * 0
15	Temperature °F	60 * 0
16	Compressibility Factor	0.527 *
17	Density lb/ft³	27.3 * 0
18	Enthalpy BTU/lbm	650.4 * 0
19		
20	Discharge	
21	Pressure psia	7,457.3 * 0
22	Temperature (Estimated) °F	118 * 0
23	Compressibility Factor	1.1 * 0
24	Density lb/ft³	30.7 * 0
25	Enthalpy BTU/lbm	689.8 * 0
26	Interstage Enthalpy Change BTU/lbm	32.4 * 0
27	Overall Enthalpy Change BTU/lbm	75.1 * 0
28	Enthalpy Change BTU/lbm	39.4 * 0
29	MECHANICAL DESIGN	
30	Stage	1 2
31	Plunger Diameter	4 3/8 * 3.0 *
32	Strokes	15.00 14.00
33	Number of Cylinders	2 4
34	Type of Cylinder	Packed Plunger Packed Plunger
35	Efficiency Factor	95 * 95 *
36	Dead Volume Ratio	40.0 * 40.0 *
37	RPM	212
38	Inertia Load (Estimated)	55,000 *
39	Gas Load (Estimated)	87,407 * 87,574 *
40	Total Rod Load (Estimated)	130,090 * 144,900 *
41	Delta P	5,000 * 12,900 *
42	Rated Discharge Temperature	123 * 145 *
43	Maximum Allow. Temperature	250 250 *
44	Rated Discharge Pressure	25,000 * 25,000 *
45	Maximum Allow. Pressure	25,000 * 25,000 *
46	Settling Pressure	N/A N/A
47	Winterization Requirements	None Zone
48	Noise Attenuation	N/A Local Codes




EPC PLANTAS DE POLIETILENO I Y II - GCB.

No CONSORCIO 1160-01-20-M41-TEC-012

Rev. 0

RECIPROCATING COMPRESSOR HYPER C-2253 DATA SHEET

PAGE 2 OF 2

1 Nozzels and Connections						
2	1st Stage Inlet	Size	Rating	Facing	4 in	RF
3	1st Stage Outlet	Size	Rating	Facing	1 3/8 in	RF
4	2 nd Stage Inlet	Size	Rating	Facing	1 3/8 in	RF
5	2 nd Stage Outlet	Size	Rating	Facing	1 1/4 in	RF
6	Orientation		Downward		Upward	
7	Flushing Connections		None			
8 DRIVER						
9	Type	<input checked="" type="checkbox"/> Electric Motor		<input type="checkbox"/> Steam Turbine		
10	Delivery HP	4,000				
11	Motor HP	5,000				
12 GAS COMPOSITION						
13	Component	Molecular Weight		Mol %		
14	Ethylene	28.054		100		
15	Propylene	42.080		--		
16	1-Butane	56.107		--		
17	Hexane	86.177		--		
18	Vinyl Acetate	86.090		--		
19	Carbon Dioxide	44.010		--		
20	Methane	16.043		--		
21	Ethane	30.069		--		
22	Propane	44.096		--		
23						
24 SITE / LOCATION CONDITIONS						
25	Elevation:	79.22 M	Barometric Pressure:	739 mm Hg	Avg. Temp.:	95 °F / 35 °C
26	Relative Humidity:	 95% Max.	Wind Speed:	75.8 mph, S.E. prev.orientation		
27						
28 TESTING (see note 6)						
29	Site Acceptance Test:	<input checked="" type="radio"/> Yes, site performance test		<input type="radio"/> No		
30	Hidrotest:	<input checked="" type="radio"/> Yes		<input type="radio"/> No		
31	Gas Leakage Test:	<input checked="" type="radio"/> Yes, Minimum 30 minutes, shall not be performed by helium probe				
32	Testing as per API 618:	<input checked="" type="radio"/> Yes		<input type="radio"/> No		
33						
34						
35						
36						
37	NOTES:					
38						
39	(1) * Indicates a change from the current operation.					
40						
41	(2) 1st and 2nd stage internals replaced and 1st stage cylinders replaced as described in specification					
42	1160-01-20-M41-ESP-008					
43	(3) The scope of supply by DRESSER RAND is found in specification 1160-01-20-M41-ESP-008					
44						
45	(4) DRESSER RAND shall issue an updated API 618 Data Sheet					
46						
47	(5) All service data shown as "estimated" is based on upon preliminary this must be confirmed by vendor					
48						
49	(6) All testing shall be according API 618 paragraph 4.3					

