

**APLICACIÓN DEL MODELO DE GERENCIAMIENTO DE PARTES Y
REPUESTOS BASADO EN RIESGO Y CONFIABILIDAD APLICADA A LA
UNIDAD DE DESTILACIÓN COMBINADA UDC EN LA REFINERÍA DE
CARTAGENA.**

**NOLAN ESCORCIA TATIS
LUIS HERNANDEZ MATUTE**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y .C
2008**

**APLICACIÓN DEL MODELO DE GERENCIAMIENTO DE PARTES Y
REPUESTOS BASADO EN RIESGO Y CONFIABILIDAD APLICADA A LA
UNIDAD DE DESTILACIÓN COMBINADA UDC EN LA REFINERÍA DE
CARTAGENA.**

**NOLAN ESCORCIA TATIS
LUIS HERNANDEZ MATUTE**

DIRECTOR:

**ALFONSO NUÑEZ NIETO (PROG. MECANICA)
JAIRO CORONADO (PROG. INDUSTRIAL)**

ASESOR INTERNO:

MEDARDO CHINCHILLA
Coordinador Bodega de materiales de la refinería
De Cartagena ECOPETROL S.A.

ASESOR EXTERNO:

DANIEL ORTIZ PLATA
Líder Inventarios y Bodegas – GEA
ECOPETROL S.A.

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y .C.
2008**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Jurado 4

Cartagena, ____ de _____ de _____

A nuestras familias, amigos, jefes, profesores, asesores, compañeros de trabajo y estudios, que de una forma u otra estuvieron a nuestro lado durante la trayectoria de la investigación...

Especialmente a Dios....

CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCION	16
OBJETIVOS	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
ALCANCE DEL PROYECTO	17
JUSTIFICACION	18
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
MARCO TEORICO	21
APLICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTO EN EMPRESAS A NIVEL MUDIAL	22
METODOLOGIA	23
1. GERENCIAMIENTO DE PARTES BASADO EN CONFIABILIDAD	26
1.1 RCM (CONFIABILIDAD BASADA EN MANTENIMIENTO)	26
1.1.1 DEFINICION	26
1.1.2 ¿QUE ES RCM?	26
1.1.3 SECTOR DE APLICACION DEL RCM	30
1.2 RCS (CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTO)	31
1.2.1 DEFINICION	31
1.3 ESTADO DEL ARTE DEL RCS	31
1.3.1 MANTENIMIENTO CENTRADO CONFIABILIDAD (RCM)	31
1.3.2 CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTOS (RCS)	31
1.3.3 PROBABILIDAD SUBJETIVA	32
1.3.4 MODELOS ALGORITMICOS EQ	32
1.3.5 ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN	33

1.3.5.1 Métodos exactos	33
1.3.5.2 Métodos de aproximación	33
1.3.5.3 Métodos heurísticos	33
1.3.5.4 Métodos Metaheurístico	33
1.3.5.5 Métodos híbridos	33
1.3.6 JOURNAL SIMULACION I.	34
1.3.7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIMULACION	34
2. METODOLOGIA RCS	35
2.1 CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTOS (RCS)	35
2.2 PARAMETROS DE APLICACIÓN	36
2.2.1 RATA DE CONSUMO	37
2.2.2 COSTO DE COMPRA	37
2.2.3 COSTO DE PENALIZACION	37
2.2.3.1 Realización del árbol de probabilidades	39
2.2.3.2 Cálculo de probabilidad de ocurrencia o impacto para la ecuación De costo de penalización	39
2.2.3.3 Valor promedio de reparación por día (Z)	43
2.2.4 PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA	44
2.3 TOMA DE DECISIÓN DE INCLUCIÓN DE ITEM POR RCS	44
2.4 PARAMETROS DE REPOSICION	47
2.4.1 ALGORITMO 1 - PROMEDIO MÓVIL	50
2.4.2 ALGORITMO 0 – MANUAL	50
2.4.3 ALGORITMO 1 - LOTE ECONÓMICO	50
2.4.4 ALGORITMO 2 - CANTIDAD A PEDIR	51
2.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO RCS EN LOS EQUIPOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD DE LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA	52
3. APLICACIÓN DEL RCS EN LA UDC	55

3.1 CLASIFICACION POR TIPO DE EQUIPOS QUE OPERAN EN LA UDC	55
3.1.1 NUMERO DE EQUIPOS ANALIZADOS	57
3.2 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PARAMETROS DE APLICACION EN LOS REPUESTOS ANALIZADOS POR EL RCS EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTATICOS DE LA PLANTA DE CRUDO	58
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PARAMETROS DE REPOSICIÓN EN LOS REPUESTOS ANALIZADOS POR EL RCS EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTATICOS DE LA PLANTA DE CRUDO	62
3.3.1 PARÁMETRIZACION POR MEDIO DEL RCS A LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE ALTA CRITICIDAD	65
3.3.2 PARÁMETRIZACION POR MEDIO DEL RCS A LOS EQUIPOS ESTATICOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD	68
4. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGIA RCS APLICADO A LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA	71
4.1 SIMULACION DEL EFECTO POR FALLA DE UN REPUESTO EN LA PLANTA DE CRUDO EN LA REFINERIA DE CARTAGENA.	71
4.1.1 DEFINICION	71
4.2 ETAPAS DE LA SIMULACION	71
4.2.1 PRIMERA ETAPA DE LA SIMULACION	71
4.2.2 SEGUNDA ETAPA DE LA SIMULACION	72
4.2.2.1 Diagrama de flujo del proceso de falla de una repuesto en la Refinería de Cartagena	75
4.2.3 TERCERA ETAPA DE LA SIMULACION	77
4.2.4 CUARTA ETAPA DE LA SIMULACIÓN	77
4.2.5 QUINTA ETAPA DE LA SIMULACION	78
4.2.6 SEXTA ETAPA DE LA SIMULACION	80
4.2.6.1 Cantidades por pedidos anuales promedio.	81
4.2.6.2 Costo de custodia acumulada durante diez años promedio.	82
4.2.6.3 Inexistencia promedio por repuesto.	83
5. CONCLUSIONES	85
6. RECOMENDACIONES	88

7. NOMBRE DE LAS PERSONAS QUE PARTICIPAN EN LOS PROCESOS	90
8. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS	90
9. CRONOGRAMA	91
BIBLIOGRAFIA	94
ANEXOS	96
ANEXO A. METODOLOGIA PROBABILIDAD SUBJETIVA: CONSULTA AL EXPERTO DE COORDINADOR DE LA PLANTA UDC.	97
ANEXO B. DEFINICION DE LOS PARAMETROS DE APLICACION DE LOS REPUESTOS ANALIZADOS POR EL RCS EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTATICOS DE LA PLANTA DE CRUDO	98
ANEXO C. EJEMPLO EN TABLA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR CORRIDAS DE LA SIMULACION	117
MATERIAL COMPLEMENTARIO 1	118
MATERIAL COMPLEMENTARIO 2	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Gráfica del proceso Unidad de Destilación Combinada.</i>	20
<i>Figura 2. Zona de desgaste del repuesto</i>	28
<i>Figura 3. Modelos de fallas</i>	29
<i>Figura 4. Modelo lote económico con punto de reorden y stock de seguridad</i>	32
<i>Figura 5. Comportamiento del costo de penalización</i>	38
<i>Figura 6. Gráfica de la ecuación de pérdida de la producción en la UDC</i>	43
<i>Figura 7. Árbol jerárquico de funciones operativas</i>	56
<i>Figura 8. Variables y parámetros de la simulación RCS</i>	74
<i>Figura 9. Cantidades por pedidos anuales promedio PSP 405</i>	81
<i>Figura 10. Cantidades por pedidos anuales promedio PSP 305</i>	82
<i>Figura 11. Costo de custodia acumulada durante diez años promedio PSP405</i>	82
<i>Figura 12. Costo de custodia acumulada durante diez años promedio PSP305</i>	83
<i>Figura 13. Inexistencia promedio por repuesto</i>	83

LISTA DE CUADROS

	Pág.
<i>Cuadro 1. Algoritmos de reposición de materiales.</i>	48
<i>Cuadro 2. Alternativas de reposición de materiales</i>	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Valores de producción por Slowdown</i>	42
<i>Tabla 2. Valores de producción por Shutdown</i>	43
<i>Tabla 3. Fórmulas del costo de penalización por material</i>	44
<i>Tablas 4. Valores de los índices</i>	45
<i>Tablas 5. Ejemplo de toma de decisión</i>	46
<i>Tabla 6. Informe de aplicación del RCS en los equipos Rotativos</i>	57
<i>Tabla 7. Informe de aplicación del RCS en los equipos Estáticos</i>	58
<i>Tabla 8. Suma de parámetro de los equipo rotativos de alta criticidad de la UDC.</i>	60
<i>Tabla 9. Cálculo del porcentaje de custodia de un material</i>	63
<i>Tabla 10. Parámetro de reposición equipos rotativos RCS Vs ECOPETROL S.A.</i>	65
<i>Tabla 11. Parámetro de reposición equipos estáticos RCS Vs ECOPETROL S.A.</i>	68
<i>Tabla 12. Resultado de replicas piloto</i>	78
<i>Tabla 13. Variables para el cálculo del número de replicas</i>	79
<i>Tabla 14. Proceso iterativo para identificación del número de replicas</i>	79
<i>Tabla 15. ECOPETROL Vs RCS: Resultados de la simulación</i>	80
<i>Tabla 16. RCS Identifico en Ecopetrol</i>	87

GLOSARIO

APL (APPLICATION PART LIST): listado de partes o repuestos codificados en el catálogo de materiales asociados a un componente. Existen dos tipos de Listas: la de configuración el cual debe contener todas las partes constitutivas del componente o equipo y el aplicativo, el cual relaciona los códigos de materiales y repuestos específicos requeridos en los procedimientos de mantenimiento a desarrollar sobre el componente, de acuerdo con los manuales de mantenimiento del fabricante y con los procedimientos de mantenimiento desarrollados por Ecopetrol. El APL debe contener el código del material asignado en bodega, el número de parte, fabricante y cantidad instalada en el componente (para el de configuración) y las requeridas (para el de aplicativo).

Se debe elaborar tantos APL como tipos de intervenciones de mantenimiento sean recomendadas por el fabricante, trátase de preventivos, correctivos o cualquier otro tipo de mantenimiento.

ÁRBOL DE JERARQUÍA: diagrama de estructura operacional que permite localizar en cada planta los sistemas productivos con sus respectivos equipos y componentes dentro de un orden jerárquico con el propósito de asignar su identificación y su participación en el sistema productivo.

El árbol de equipos y componentes actual para cada una de las unidades de proceso, ha sido elaborado a partir del proceso existente en la planta o unidad y estructurado en Ellipse. En razón a que los procesos serán modificados sustancialmente por el Proyecto, llegando en algunos casos a eliminar completamente los equipos y componentes existentes, y en otros a incluir unidades de proceso completamente nuevas con sus correspondientes equipos y componentes. Dichos árboles de equipos y componentes deberán ser actualizados o replanteados, descartando las referencias eliminadas, e incorporando todos los nuevos equipos y componentes al nuevo árbol, sobre la base del nuevo proceso. La base para esta construcción es la definición de la unidad productiva, elemento jerárquico del árbol que identifica al “padre” de cada uno de los niveles.

CARACTERIZACIÓN: conjunto de información sobre las plantas, equipos y componentes que se requieren para las diferentes acciones de mantenimiento. Esta información comprende:

- Parámetros y formas definidas para identificar las plantas, equipos y componentes.

- Formatos definidos de acuerdo a los parámetros establecidos para equipos y componentes.
- Árbol de jerarquía de las plantas actualizado.
- Listas de partes (APL's) de los componentes asociados a los equipos.

CLASIFICACION E (ESENCIAL): materiales de alto valor, con un tiempo y plazo de entrega indeterminado.

CLASIFICACION K (CRITICO): materiales que son críticos para los procesos, por lo general son necesarios en la empresa en caso de fallas.

CLASIFICACION N (NO ORDENAR): materiales que no son utilizados por la empresa.

CLASIFICACION S (SOPORTE): materiales que son de uso general, por lo tanto se tienen en inventario, son fácil de comprar.

CLASIFICACION U (USUARIO): materiales que no se tienen en stock, solo se compran por solicitud.

COMPONENTE: elemento que cumple la función técnica específica e indispensable para el funcionamiento del equipo. Es la parte objeto de los procedimientos y tareas de mantenimiento. Se identifica con una numeración diferente a los equipos (TAG de componentes), no se hace seguimiento de costos y se le hace seguimiento a su ubicación.

COORDINADOR DE PROYECTO: funcionario responsable de la ejecución de un proyecto que incluye reemplazo o actualización de equipos y componentes en la GRC.

ELLIPSE: interfase del sistema de administración de mantenimiento y materiales (MIMS) a través de la cual se ejecutan todas las labores de caracterización y parametrización de equipos y componentes; elaboración, planeación y programación de Ordenes de Trabajo; manejo y reposición de inventarios; y salidas de materiales.

EQUIPO (LAYOUT): estructura productiva con características funcionales propias. Se hace visible por tener asignado un TAG o identificación de Equipo, se hace seguimiento de costos y no se le hace seguimiento a su ubicación.

FORMATO: forma requerida para diligenciar información técnica y operativa de los equipos y componentes.

ECOPETROL S.A.: empresa colombiana de petróleos.

GRC: gerencia refinería Cartagena.

MIMS: mimcom information management system, sistema de información empleado por toda la organización mantenimiento, materiales y cuentas por pagar en ECOPEOTROL.

OT: orden de trabajo.

PLANTA: unión de equipos con propósito funcional común.

P&ID'S (PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAMS): diagramas de tubería e instrumentación.

SISTEMA: definido como agrupación de circuitos con un propósito de proceso único.

SP-RRM (SPARE PARTS RISK AND RELIABILITY MODEL): modelo de confiabilidad y riesgo de los repuestos.

STOCK: mercancía almacenada, existencia, repuesto, provisión.

TAG COMPONENTE: número de identificación único para cada componente que se conserva independiente a la asociación para una función específica.

TAG EQUIPO: número de identificación dado sobre los P&ID's y Layouts. Este número está asociado a la función que el equipo desempeña en la planta.

RCM (RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE): mantenimiento centrado en confiabilidad.

RCS (RELIABILITY CENTRED SPARE): repuesto basado en confiabilidad.

RO (RECOMENDER ORDER): orden de requerimiento.

ROP (REORDER OF POINT): punto de reorden.

ROQ (REORDER OF QUANTITY): cantidad a pedir.

INTRODUCCION

En una sociedad llena de expectativas, logros, condiciones y comportamientos, se refleja la necesidad de realizar actos seguros que conlleven a proporcionar el desarrollo de la globalización, preservando la confiabilidad en los procesos interminables, minimizando riesgos, maximizando la responsabilidad social y ambiental ante los pueblos aledaños, mejorando la posición en el entorno socioeconómico que permita alcanzar, mantener y sostener la competitividad de la organización. Por esta razón la empresa ECOPETROL S.A. específicamente, la Refinería de Cartagena, ubicada en el Km 10 del sector Mamonal, ha declarado su alerta por la optimización de los repuestos y mantenimiento de sus activos físicos. Este aviso surge mediante los costos generados por materiales almacenados y no utilizados, ya que la presencia de repuestos de poca rotación representa una pérdida de recursos para su preservación y custodia.

El aprovisionamiento de los materiales están ceñidos a las reparaciones ejercidas sobre los equipos, esto implica adquirir esencialmente los requerimientos establecidos para la ejecución de tareas o estrategias de mantenimiento, dependiendo su modo de falla, además la clasificación inapropiada de materiales, codificación y descripciones deficientes, altos porcentajes de materiales sin movimiento, bajos niveles de reposición de repuestos especialmente los importados, adquisición de artículos por lotes los cuales generan sobre stock, la modificación de información sin criterio, dar de baja materiales obsoletos sin registrar, la dificultad del manejo de excedentes y la carencia de actualización en el software de información interna son aquellas actividades que vitalizan las debilidades en esta organización.

La planta Unidad de Destilación Combinada (UDC) impacta significativamente los procesos de producción de la Refinería, además cuenta con la aplicación del Reliability Centered Maintenance (RCM) proporcionando un conjunto de estrategias de mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo, asimismo la búsqueda de fallas. Pero ¿Qué ocurriría si tenemos todo un plan de trabajo preventivo sino contamos con los repuestos en el momento? ¿Qué ocurre con tiempos de reposición mayores? ¿Cómo ejecutar un mantenimiento sin recursos? Interrogantes que yacen del día a día al momento de planear órdenes de trabajo, elaborando la respectiva solicitud de materiales pero sin contar con las cantidades repuestos suficientes para ser eficaces en la operación, asimismo al escoger técnicas para el control de inventario es posible fortalecer los mantenimientos y minimizar los costos asociados con esta tareas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El propósito de nuestro proyecto es aplicar el modelo de gerenciamiento de partes y repuestos basado en el riesgo y confiabilidad, asignado a la unidad de destilación combinada, determinar “Qué y cuántos repuestos se deben tener en Stock”, de tal forma que se logre reducir las inversiones inadecuadas en el inventario y generar eficiencia en la planeación y programación del mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar y analizar los mecanismos para distinguir las fallas ejercidas por los repuestos e incidencia durante un rango de años en los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad de la UDC
- Verificar la información física de los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad instalados en la UDC, para que se actualice en los registros del Sistema de Información de Mantenimiento.
- Modificar los parámetros de abastecimiento de los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad de la UDC, sin afectar la confiabilidad de los procesos.
- Proponer método de minimización de costos del inventario por los repuestos generados por equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad de la UDC.
- Validar la reducción de costos de almacenamiento y los parámetros de reposición de los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad con la metodología aplicada RCS.

ALCANCE DEL PROYECTO

En la planeación del proyecto se llega a delimitar el alcance de forma que arroje un resultado seguro, que cumpla con todos los objetivos definidos y sus características esenciales, el propósito es aplicar el modelo de gerenciamiento de partes y repuestos basados en el riesgo y confiabilidad, asignado a la unidad de destilación combinada, donde la metodología con nombre Reliability Centered Spare (RCS), se encarga de satisfacer por medio de sus criterio y teorías la optimización del inventario, determinados por los procesos principales como los parámetros de

aplicación y reposición, reconociendo ¿qué tener? y ¿cuánto tener?, siendo más eficiente en la reparación de los equipos sin aumentar el nivel de inventario, esto es viable siempre y cuando la información lanzada por medio de la implementación metodológica RCM sea correcta. El RCS es un complemento con gran fortaleza del RCM, que llega reducir con cifras significativas los costos y tiempos en reposición en una falla o mantenimiento, teniendo en cuenta de forma más segura los pedidos, efectuando una inter comunicación entre departamentos eficiente.

El proyecto se pronuncia con un sistema que simula la comparación entre parámetros de reposición de ECOPETROL S.A y la metodología RCS, entregando una investigación de la metodología a la planta de crudo, para una aplicación futura y un instructivo que muestra la búsqueda de parámetros de aplicación con gran importancia para el proceso. La metodología no mostrará como resultado formatos de toma de datos ni la aplicación del proyecto en la planta, en esto se necesitara un rango de 3 años para poner la información en orden.

JUSTIFICACION

En los trascendente cambios que están sufriendo las empresas con la industrialización del mundo se llega a tocar un tema significativo, como es el de “mantener”, una palabra de amplia envergadura, con propósito de visión lúcida que desea toda empresa con un aumento de producción, y para esto se debe custodiar sus activos físicos con planes de mantenimientos mucho más eficientes, de tal forma que encaren los sistemas productivos con mayor certeza, pero para tener una mayor confiabilidad en las acciones correctivas y preventivas, no solo se encuentra la variable de saber cómo realizar el proceso de mantenimiento sino con que recursos cuentas para realizarlo, es decir, para que tener todo un conocimiento de cómo realizar una reparación sino no tienes con que realizarla, y además de eso saber que el tiempo y los costos son directamente proporcionales, entre más tiempo de reparación más dinero derrochado, y ese tiempo es generado por el bajo nivel de reposición de repuestos.

Esto parece ser sencillo pero existen muchos métodos para establecer parámetros de reposición y niveles de inventarios de acuerdo a las estrategias de mantenimiento obtenidas a través del RCM, lo cual permite una gestión eficiente para el mantenimiento de los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad de la UDC. La complejidad es determinar repuestos de alto valor unitario y con una demanda muy baja, ya que algunos repuestos no son utilizados en toda la vida útil de los equipos. Para esto se deben identificar dos tipos de costos, los costos de compra, (mantenimiento de los inventarios, tasa de descuentos, recursos físicos, etc.) y los costos de lucro cesante producidos por no tener los materiales en caso de la detección de una falla. Equilibrar estos costos permitirá tomar una mejor

decisión para la optimización de los inventarios, sin embargo la fiabilidad que presenta el modelo RCS depende del RCM asociado.

El método de aplicación RCS permite una mejor planeación de mantenimiento debido a la complicitad del RCM, por su análisis y objeto operacional se podrían derivar aplicaciones prácticas en diversas plantas de la refinería de Cartagena, y posiblemente a nivel nacional. Este estudio permitirá una mejor planificación de la demanda, tiempos de respuestas más efectivos, reducción de stocks, mejoría del servicio al cliente interno y externo, por lo tanto la Unidad de Destilación Combinada será más competitiva y eficiente. Es bueno entender que esto es un proceso conjunto ya que la reposición, compra y almacenamiento de materiales va de la mano con el funcionamiento de los equipos operacionales de alta y media criticidad que se encuentran en la planta de crudo.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: ¿La metodología para estipular los parámetros de reposición de Ecopetrol se puede mejorar?

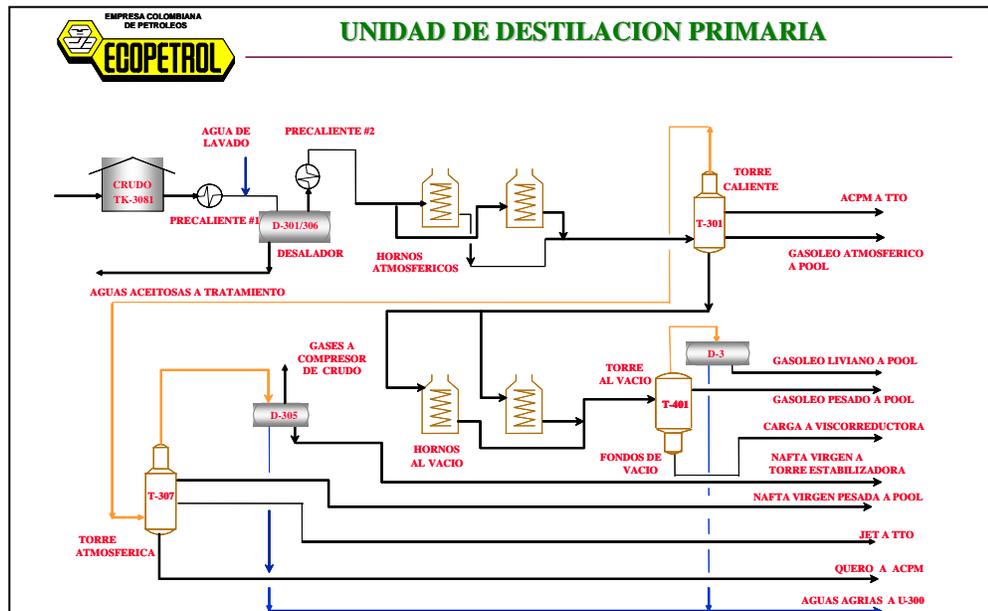
La metodología de reposición de parámetros establecida por Ecopetrol no tiene en cuenta todos los factores que afectan a un lote económico de pedido. Los parámetros no son establecidos por fórmulas estipuladas sino por conocimiento empírico de los administradores de inventario, y a través de parámetros inscritos en un formato de creación de códigos que utiliza la empresa para catalogar las partes y repuestos requeridos por la operación, por lo tanto el RCS permite establecer parámetros de reposición con criterios basados en valor de custodia de los materiales, tiempos de reposición por parte del proveedor, costo del material y el consumo del mismo, sin afectar la confiabilidad y productividad de los procesos.

En la estructura de compra, almacenamiento y consumo de ECOPETROL S.A se vive un proceso de trabajo cotidiano por departamentos en el gerenciamiento de partes y activos, donde lo primordial es la compra del producto por medio de parámetros de abastecimientos asignado por el movimiento de los repuestos dentro de la empresa. La compra de los repuestos se diseña con el algoritmo de reposición de materiales, conformados por fórmulas que dan un margen de compra aproximado para la adquisición, con un parámetro de reposición ROQ y ROP que dan la señal de compra de una cantidad requerida, ECOPETROL maneja por el tipo de inventario unos algoritmos que son: (1 0), (1 1) y (1 2), llamado promedio móvil, que depende del historial de consumo del material en la parametrización. El almacenamiento de partes mecánicas y otros materiales no químicos, se encuentra en una bodega principal codificados numéricamente y en estantes alfanuméricos, cualquier material que sea requerido en el momento tiene que tener una orden autorizada, para poder ser retirado de la bodega, el requerimiento viene dado de una reparación ó manteniendo de componente u equipos, a esto se le puede identificar como consumo de los recursos activos de la bodega.

En la refinería de Cartagena se utiliza el proceso de destilación combinada en la planta de crudo (capacidad diseñada de 78 000 barriles/ día), este es un proceso mediante el cual el petróleo pasa por la torre de destilación atmosférica y luego por la torre de vacío. La torre de destilación atmosférica realiza varios cortes en el petróleo, debido a las diferencias de volatilidad del hidrocarburo y los diversos puntos de ebullición, los cuales generan los primeros derivados del crudo. Dependiendo de la volatilidad de los gases se le conoce como: destilados ligeros, destilados medios y residuos.

La torre de fraccionamiento o destilación combinada mediante su proceso de corte en su primera etapa se somete a altas temperaturas en hornos y destila el gasóleo atmosférico y el ACPM. Luego los gases que pasan por la copa de burbujeo, las cual cuentan con perforaciones con dirección al plato inmediatamente superior obteniendo el kerosene, turbo combustible, nafta y gases. Los fondos de la torre de destilación son conocidos como crudo reducido. Posteriormente el crudo reducido transita por los hornos de calentamiento, de tal forma que se fraccione en la torre de vacío, para luego recuperar los gases livianos y pesados.

Figura 1. Gráfica del proceso Unidad de Destilación Combinada



Fuente: Manual de descripción del proceso de la unidad de crudo de la refinería de Cartagena, 2007. Capítulo 3.

Los excedentes o gasóleos derivados del petróleo de alto peso molecular se llevan a la planta de cracking para romper cadenas de hidrocarburos y obtener productos más ligeros. El residuo pesado se manda a la planta de Viscorreductora para su aprovechamiento donde se extrae el fuel oil ó mejor conocido como combustóleo.

Debido a todas las cualidades y características que manifiesta la planta de crudo y adicionalmente saber que esta es la única planta que no será eliminada en la ampliación de la refinería, son las razones por las cuales se escoge como centro de investigación de la metodología RCS.

MARCO TEORICO

Para la aplicación de este modelo y la consecución de este estudio se tiene en cuenta el modelo aplicado en SHELL, lo cual esta explicado y desarrollado en el libro M380 maintenance management, subtulado como “Shell change management workshop Noordwijkerhout, 3 september 2002” en la sesión 10; “Manual de proceso de administración de la información – ADI” (GRC-PMT-2-004) versión 1, Departamento de programación de la producción; “Plan de reducción de inventario” por división de materiales ECOPETROL – 1992; Documentación del proyecto SCAM; Manuales de usuario de MIMS R.3.013.

El modelo de aplicación que se realizará en este proyecto es el RCM cuya finalidad es de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. El RCS es una metodología de gestión de materiales que utiliza los principios fundamentales del modelo RCM, apuntando a la regla de Pareto en que los puntos más críticos son los de menor porcentaje de volumen, estos puntos son los que generan mayor impacto en los equipos o plantas de operación, es decir que este caso para la obtención de menor costo en la producción se consigue atacando los activos físicos de alta y media criticidad, basándose en los requerimientos actuales de los equipos rotativos y estáticos funcionales, en las operaciones y en el mantenimiento que los inventarios soportan, sin fijarse en las descripciones que entregan los proveedores.

Las referencias anteriormente mencionadas se aplicarán en la infraestructura de operación de la planta de crudo de la refinería de Cartagena distrito GRC de la empresa ECOPETROL S.A. vía Mamonal Kilómetro 10. De tal forma que se logre profundizar en la gestión de activos y gerenciamiento de los inventarios teniendo en cuenta la criticidad equipos rotativos, estáticos y la confiabilidad de los procesos de información.

En estos momentos la empresa ECOPETROL S.A. presenta una serie de controles que son realizados pero que no son registrados en su sistema de información interna adecuadamente, por lo tanto esto ha generado una serie de inconvenientes para la planeación de inventarios realizados por los administradores de inventarios, generando sobrestock y la compra de materiales o repuestos que no son utilizados o que están dados de baja. Para realizar esta investigación de campo se requiere

la entrada dentro de la planta la verificación e inspección de los estados de los equipos, componentes y repuestos, los cuales serán corroborados en el Sistema de Información de Mantenimiento interno.

Aparte de todo el proceso de investigación existen ciertas empresas, que aplican la metodología RCS en forma de consultoría, generando la optimización de inventario, dándose a conocer también en el mundo por medio de congresos y seminarios ampliando la ventaja para las industrias, que desean mejorar el manejo de su inventario.

APLICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTO EN EMPRESAS A NIVEL MUDIAL

- La empresa *Ing. Lattero y asociados*, es una compañía encarga de realizar consultorías en RCS, pero ellos los denominan SPO (optimización del inventario de repuestos e insumos) desde 1974[1].
- La empresa Petróleos de México PEMEX, realiza congresos basados en RCS, e invita al gremio petroquímico a través del 19 ° Congreso Mundial de Petróleo (JULIO/2008). A este tipo de evento asisten empresas tales como: EXXOMOBIL, PETROBRAS, TOTAL; IBM, BNP PARIBAS, AENOR, HALLIBURTON, PETROLEUM ECONOMIST, STATOIL, DELOITTE, GAS NATURAL, SAUDI ARANCO entre otras [2].

[1]Olazábal, General Pacheco, Buenos Aires,
<<http://www.inglatteroyasoc.com.ar/spo1.htm>>, 1974.

[2]OilOnline/Atlantic Communications, Alabama, Houston,
<<http://www.oilonline.com/mexico>>, 2007.

- Activos de la asociación, empresa miembro de ALADON, red mundial de concesionario, líder en fiabilidad – mantenimiento centrado en la formación y la aplicación. “*RCS se basa en la fiabilidad y centrado Mantenimiento (RCM), el método de elección para el establecimiento de los equipos y política de*

mantenimiento. Debido al RCS se tiene en cuenta tanto factores comerciales y requisitos de mantenimiento, que puede estar seguro de que sus piezas de repuesto son adecuadas para su organización”³.

- Relógica: consultoría de confiabilidad, realiza RCS como uno de sus servicios, señalando que la confiabilidad de repuesto extiende los principios de RCM, para optimizar la explotación política de las piezas de repuesto en el apoyo a la estrategia de mantenimiento de activos [4]. Algunos clientes de RELOGICA: APRIL, CONOCO PHILLIPS, HOLCIM, KPC, SURVEVOR INDONESIA, THIESS, IBM, entre otras.
- Por último el ADA (*Asset Dynamics Asia*) y creadores del movimiento RCS a través de Mark Horton definen: “RCS es un método racional para determinar las existencias de piezas de repuestos necesarias para apoyar las necesidades de mantenimiento”⁵.

METODOLOGIA

La investigación de este proyecto ha requerido la búsqueda de antecedentes de diversas técnicas para la optimización de los repuestos. Así mismo, hemos hallado datos históricos del RCM y la evolución hacia el RCS, los cuales han fijado la estrategia metodológica basada en datos estadísticos, análisis de los activos físicos y sus modos fallas. Se realiza un diagnóstico preliminar de la situación actual planeando y programando la consecución de las tareas, de tal forma que se logre aplicar el RCS eficientemente.

^[3] *Activos de la asociación, Empresas de ALACON congreso mundial 19°*, <<http://www.oilonline.com/mexico>> 2005.

[4] *INTERSKI, PT. Desing and hosted*, < <http://www.relogica.com/c-reability-centered-spares.htm>> 2006.

^[5] HORTON, MARK. *Asset Dynamics Asia*, < www.assetdynamicsasia.com/ >2007

Para la realización de esta investigación se debe chequear los listado de los equipos rotativos y estáticos que se encuentran dentro de la planta de crudo, el cual se obtiene entrando al software MIMS Vu 4.032⁶ bits en modo consulta, luego ingresa en la pestaña “consulta a Ellipse para la gestión de los procesos” pasa a la pestaña “procesos de materiales” y selecciona “materiales en APL”, después de esto

compararlo con el árbol de equipos de la UDC, consultar los APL's de estos equipos y verificarlos empíricamente, así mismo identificar que equipos no tiene APL's.

Cada equipo que se encuentra en la planta debe estar en el sistema de información de mantenimiento Ellipse prod. 5.2.3.5 ⁷, consulta en la pestaña MSO 601, en la cual se revisa la descripción del equipo, distrito a que pertenece, clase de equipo, unidad productiva, el estado funcional. Además tiene un ítem de acción en la cual se puede verificar los componentes que están en su APL (acción A).

Después que se tiene este listado, basándonos en los P&ID planos y diagramas de instrumentación de confiabilidad de la planta, ingresar a la UDC y resaltar los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad según el RCM aplicado, y los repuestos críticos de la planta. Verificar los APL's correspondientes y con esto obtener los siguientes datos:

- Cantidad de equipos, partes y repuestos instalados dentro de la UDC.
- Costo mantenimiento de los equipos de la UDC.
- Costo de tener repuestos en inventario.
- Costo de no tener las partes y repuestos almacenado en las bodegas de la refinería de Cartagena.
- Estado funcional de los equipos de la UDC.
- Costos y tiempos de entrega (lead time) de las partes, repuestos y equipos de la UDC.

¹⁶ Software de reportes de tablas y datos, guía del usuario de Ecopetrol S.A.

¹⁷ Software de información del manejo de materiales de ECOPETROL S.A.

- Criticidad de los equipos para la UDC.
- Comparación de los indicadores de los niveles de inventario de la bodega de materiales con respecto a los equipos de alta y media criticidad de la UDC.

Para saber cuáles son los repuestos críticos tomamos, la metodología RCS en el cual se aplica la ley de Pareto "Un pequeño número de elementos son responsables

de una alta proporción del valor de los inventarios y causa de grandes pérdidas en la producción”⁸, aquellos repuestos de baja rotación o lento movimiento que tienen un tiempo de reposición prolongado se consideran repuestos críticos. Por lo tanto se define primero cuales son los equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad, luego definimos cuales son los repuestos críticos de los equipos ya seleccionados. Por esta razón se toma la decisión de que este proyecto se divide en dos macroprocesos: La aplicación del RCM y luego el RCS, en nuestro caso el RCM ya esta aplicado para la UDC.

Pero para esto se necesita hacer una programación de tiempo y espacio que solo la permite el coordinador de proyecto, jefes de turno o jefe de planta, esta es una limitación variable.

Corroborar que existe una documentación para el procedimiento de reparación, daño y/o baja de los equipos, con la cual se pueda ingresar la información de la acción ejercida dependiendo la situación de lo ocurrido con el equipo.

Hasta el momento se puede pensar que hay una población de más de cien equipos dentro de la planta, pero el dato exacto solo se puede conocer entrando directamente a ella.

Los elementos de investigación anteriormente mencionados se encuentran explícitos dentro de la metodología RCM de tal forma que muestre los requerimientos de mantenimientos, modos de fallas y operación para la planta de UDC.

⁸ Ortiz Plata, Daniel. Repuestos basados en confiabilidad, Bogotá: diapositivas 13. 2007.

1. GERENCIAMIENTO DE PARTES BASADO EN CONFIABILIDAD

En el presente capítulo se podrá observar definiciones de RCM, que es el RCM y donde se utiliza, seguido de la definición de RCS y el estado del arte que muestra los temas consultados.

1.1 RCM (CONFIABILIDAD BASADA EN MANTENIMIENTO)

1.1.1 DEFINICION

El RCM [9] (Mantenimiento Basado en Confiabilidad), es la rama de la confiabilidad que se preocupa por que los activos fijos continúen con su capacidad incorporada (confiabilidad inherente), por mucho más tiempo, de tal forma que las consecuencias por fallas sean conocidas y al mismo tiempo tratadas.

1.1.2 ¿QUE ES RCM?

RCM es un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones adecuadas en su contexto operacional presente.

El RCM plantea siete preguntas básicas [10]:

¿Cuáles son las funciones? Esta filosofía empieza por definir cuáles son las diversas funciones operacionales que tiene el equipo, de esta forma cuantifica los estándares de funcionamientos teniendo en cuenta la calidad del producto, la producción, el servicio al cliente, el impacto en el medio ambiente, el costo operacional y la seguridad.

¿De qué forma puede fallar? Esto consiste en identificar las fallas funcionales de los componentes del equipo, evaluando la ineficiencia en la operación para satisfacer un requerimiento estándar.

¿Qué causa que falle? En esta etapa lo que se quiere es determinar los modos de falla del equipo, así mismo ir a la causa raíz y no mal gastar el tiempo en síntomas.

[9] Tomado del documento anónimo facilitado por ECOPETROL. Confiabilidad basada en mantenimiento, 2006. P. 3.

¿Qué sucede cuando falla? Tomar la decisión acertada es la clave de este escalón en la confiabilidad, ya que permite evaluar la necesidad de realizar un mantenimiento preventivo.

¿Qué ocurre si falla? Las consecuencias de las fallas nos reflejan el impacto de la máquina ante su unidad de trabajo, por lo tanto sugiere la importancia de realizar un mantenimiento preventivo. Las consecuencias por fallas están clasificadas según el RCM en cuatro grupos:

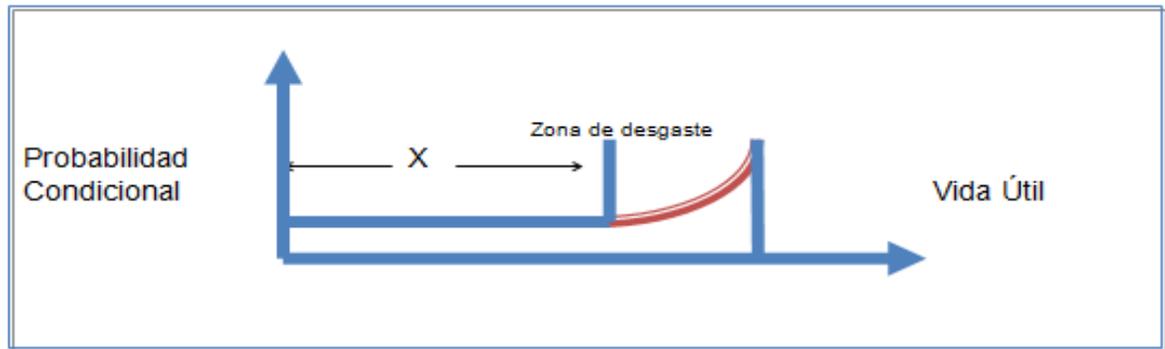
- Consecuencia de las fallas no evidente: este tipo de falla no afectan directamente la organización, pero pueden originar consecuencias serias a través de otras fallas. El RCM reconoce este tipo de fallas, le otorga una prioridad muy alta y se adapta de forma coherente ante su mantenimiento.
- Consecuencia en la seguridad y medio ambiente: Las fallas en la seguridad y en el medio ambiente son aquellas que repercuten de forma directa o indirecta ante las personas o el medio ambiente. El RCM actúa de forma particular, priorizando el impacto ambiental y las personas que se encuentran en el entorno ante la producción de las máquinas.
- Consecuencias operacionales: Este tipo de consecuencias impactan directamente la producción, afectando la capacidad, calidad del producto, el servicio al cliente y costos de reparaciones, por lo tanto es mejor prever los daños antes de gastar el dinero en corregirlos.
- Consecuencias no operacionales: las fallas concebidas como no operacionales no afectan la seguridad ni la producción, por lo tanto el único gasto directo es la reparación.

Si las alteraciones a la capacidad de los procesos no son significativas no se debe realizar prevención, es mejor aplicar la lubricación y servicio de limpieza habituales.

¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas? Se dice que para prevenir las fallas lo que se requiere es realizar un mantenimiento continuo o cíclico, de tal forma que la revisión constante evite que ocurra la alteración en la operación del equipo, sin tener en cuenta los costos de reparación y de mantenimiento que incurren, ya que los equipos tienen un periodo de funcionamiento **X** hasta que llegan a su punto de mortalidad o zona de desgaste (ver figura 2).

[10] Siete preguntas básicas del RCM, Tomado del documento anónimo facilitado por ECOPELROL. Confiabilidad basada en mantenimiento, 2006. P. 4-6.

Figura 2. Zona de desgaste del repuesto



Fuente: Documento anónimo facilitado por ECOPETROL. *Confiabilidad basada en mantenimiento*, 2006. P. 5.

Los equipos han cambiado debido a su gran variedad, funcionalidad y constitución, los componentes eléctricos y mecánicos son elementos que funcionan con precisión en un periodo de tiempo pero actualmente este periodo es aleatorio, por esta razón se tiene seis modelos de fallas (ver figura 3):

Modelo A: Conocido como la “curva de la bañera”, inicia con una incidencia de falla alta (mortalidad infantil o desgaste de rodaje) y luego se mantiene en un aumento de falla gradual muy leve hasta llegar a la zona de desgastes.

Modelo B: Enseña una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente hasta llegar a la zona de desgaste.

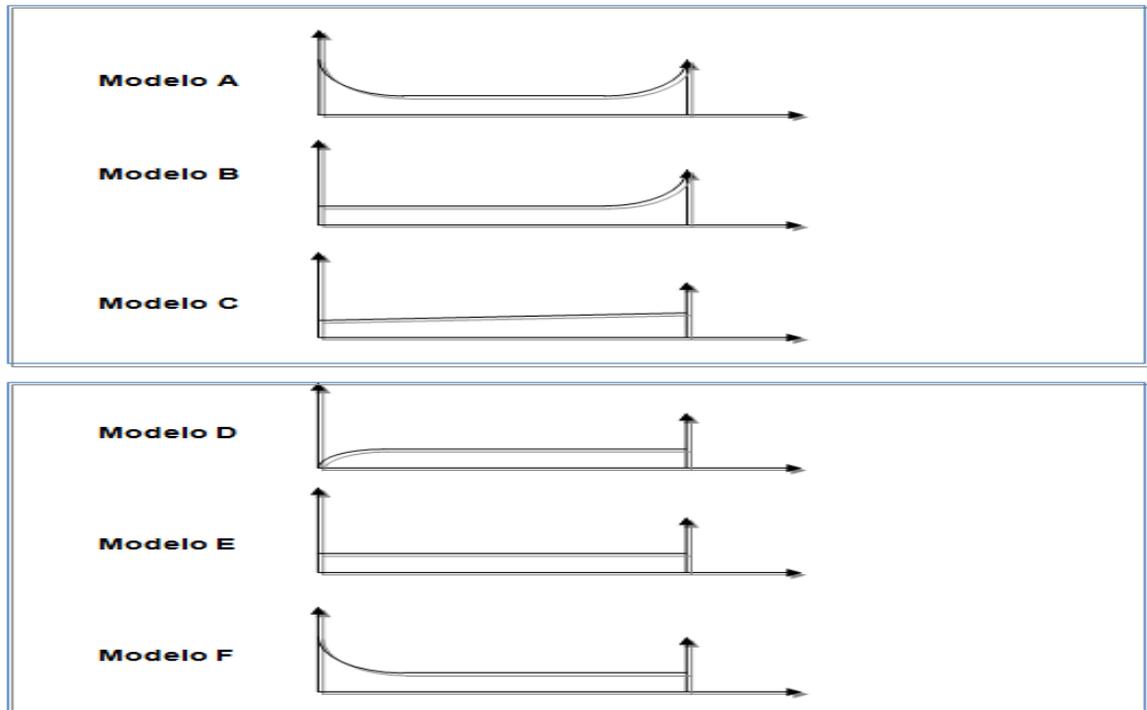
Modelo C: Muestra una probabilidad ligeramente ascendente pero no se logra identificar una zona de desgaste del equipo.

Modelo D: La probabilidad de falla inicial es muy baja debido a que sus partes son nuevas, luego se incrementa muy rápidamente a un nivel constante.

Modelo E: En este modelo se ve el tipo de falla aleatoria porque no se especifica que periodo de tiempo pueda existir una alteración en su funcionamiento.

Modelo F: la probabilidad que falla al inicio de la operación es muy alta, luego baja a un comportamiento invariable y se mantiene.

Figura 3. Modelos de fallas



Fuente: Documento anónimo facilitado por ECOPETROL. *Confiabilidad basada en mantenimiento*, 2006. P. 5.

¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo? En esta pregunta llegamos a la acción “a falta de”, para lo cual el RCM evalúa la probabilidad de las consecuencias con un proceso de selección de tareas de única decisión, basado en:

- Prevenir la falla no evidente solo es necesario si evita o reduce el riesgo de fallas múltiples. Esta tarea consiste en verificar que las fallas no evidente ocurran, si no se encuentra una tarea de búsqueda de fallas, reducir las fallas a un nivel más bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria se debería rediseñar la pieza.
- Una acción que implique en reducir o evitar el riesgo ambiental y el impacto en las personas, si no se encuentra esta acción se debe rediseñar la pieza.
- Si la alteración a la capacidad es operacional, se debe realizar la tarea preventiva si el costo de realizarla durante un periodo es menor que el costo de operacional y el costo de reparación.

- Si la alteración a la capacidad es no operacional, se debe realizar la tarea preventiva si el costo de realizarla durante un periodo es menor que el costo de reparación.

Nota: el RCM reduce las tareas rutinarias porque busca que se realice el mantenimiento preventivo que realmente se necesita.

1.1.3 SECTOR DE APLICACION DEL RCM

Mantenimiento Basado en Confiabilidad es reducir los costos de mantenimientos, centrándose en la confiabilidad de las funciones más importante de los equipos y obviar o eliminar las reparaciones rutinarias que no sean necesarias. Por esta razón la aplicación del método RCS es necesario que el RCM este realizado, para atacar lo más crítico en los sistemas de producción, en el caso de la planta de crudo se identifica los equipos de alta y media criticidad de los equipos rotativos y estáticos según la clasificación del RCM.

Los aspectos mencionados anteriormente permite identificar como se debe actuar ante las fallas, cuántos y cuáles mantenimientos se deben realizar teniendo en cuenta los modos de fallas, pero la probabilidad de que al realizar un mantenimiento preventivo o correctivo no cuentes con los recursos necesarios es muy variable, debido a esto inicia la Confiabilidad Basado en Repuestos.

EL RCM (Reliability Centered Maintenance), es una rama de la confiabilidad que se preocupa por mantener activos fijos con su capacidad incorporada (confiabilidad inherente) por mucho más tiempo en una unidad.

El análisis plasmado por ingenieros de oficio nos da a conocer el corazón de como se encuentra clasificado los equipos en la planta UDC por medio de la metodología RCM, esta información nos muestra el comienzo para obtener recursos y precisar un enfoque claro, lo cual genera una gran determinación para la investigación.

Los listados de equipos de alta, media, baja y muy baja criticada son resultados estipulados por el RCM mediante la clasificación de la Matriz RAM, guía primordial para entrar en una base de datos llamada Ellipse, que proporciona el comienzo de la investigación y aplicación de la metodología RCS (Reliability Centered Spare), basada principalmente en la optimización de inventarios. El transcurso de recolección de información que es parte primaria para repuestos complementa los cuatro parámetros de aplicación que son: costo de compra, costo de penalización, rata de consumo, y plazo de entrega, estos elementos son de vital importancia para la toma de decisión que determinan “qué y cuántos” repuestos deben tener en stock en bodega.

1.4 RCS (CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTO)

1.4.1 DEFINICION

El RCS es la metodología de gestión de materiales que detecta los repuestos críticos de los equipos críticos de una planta y logra importantes ahorros en los costos de compra en materiales de baja rotación en los inventarios, no está regido por las recomendaciones del fabricante, sino al comportamiento de los repuestos en condiciones operacionales dentro de los equipos, teniendo en cuenta los tiempos medios entre fallas y el tiempo de abastecimiento de los materiales¹¹.

1.5 ESTADO DEL ARTE DEL RCS

1.3.1 MANTENIMIENTO CENTRADO CONFIABILIDAD (RCM)

El mantenimiento centrado confiabilidad (RCM) es un proceso para formular los requisitos del mantenimiento preventivo (P.M.) su creación "Mantenimiento de dirección de Grupos" se realiza chequeo en los equipos aeronáuticos para mantenerlos suspendidos en el aire (FAA, 1960). Se modifica la gestión de activos físicos y se crea el nombre de "mantenimiento Basado en Confiabilidad" (Stanley Nowlan y Howard F. Heap, 1978). En el estudio de MCB se hicieron pruebas con respecto a la "curva de la bañera" en partes de aeronaves, demostraron que sólo el 11% de todos los componentes no estructurales experimentan una característica del envejecimiento, mientras que el 89% presentan fallas por fatiga (Smith, 1993), durante ciertos años como 1964 y 1987 se hicieron cambios que permitieron a la industria de líneas aéreas comerciales reducir los costos de mantenimiento y mantener una tasa fija a través de principios del decenio de 1980.

En 1977, el Departamento de Defensa de la etiqueta de los nuevos métodos "centrado en la fiabilidad de mantenimiento" ordenó que RCM sea aprobado por todos los principales sistemas militares (Matteson, 1995). A mediados de los años 1980, EPRI inició MCR estudios piloto de las centrales nucleares.

Modelo de costo del prototipo de las decisiones del cheque funcional en el mantenimiento Centrado en confiabilidad (X. Jía y A.H. Christer, el diario de la sociedad de la investigación operacional, vol. 53, diciembre de 2002).

¹¹ Definición de elaboración propia de los autores, basados en investigación de optimización de inventarios.

1.3.2 CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTOS (RCS)

Solo se debe tener inventario solo si su disponibilidad inmediata beneficia la operación de los procesos y supera los costos de mantenerlos en stock, esta es la mentalidad de Shell Global Solutions internacional SGI, establece los conceptos de parámetros de aplicación, parámetros de reposición y los valores de los índices, los cuales permiten tomar la decisión de tener o no un material en stock (DEP 70.10.90.11-Gen, Noviembre/1995).

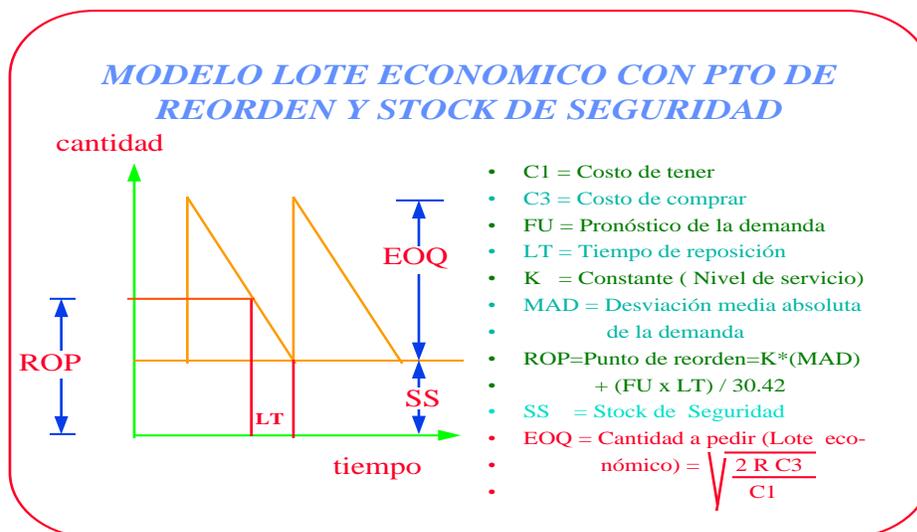
1.3.3 PROBABILIDAD SUBJETIVA

Se divide en dos tendencias, una orientada con perspectiva intuitiva (Koopman; Good, 1940) y la otra basada en la toma de decisión como parte esencial de la probabilidad (Ransey; Savage, 1954). Luego PEMEX (Petroleos Mexicanos) presenta un trabajo llamado "ACTIVIDAD PETROLERA EN EL SUR DE VERACRUZ (1956-1981): CAUSAS DE LA DEMANDA DE MANO DE OBRA" por (Edgar Duhalt), en que se aplica la probabilidad subjetiva para la selección de individuos en función de ciertas características específicas (P. Shao, 1960; Kohler, 1998; Anderson, 1999).

1.3.4 MODELOS ALGORITMICOS EOQ

Los inventarios se consideran generalmente como mal necesario porque la carencia de la sincronización en el sistema de producción hace indispensable la tenencia del inventario. Sin embargo, la custodia de un alto nivel del inventario puede ser costosa. Están representando un activo significativo a una operación comercial, los inventarios se utilizan para servir una variedad de funciones, órganos cuyo: (1) operaciones de coordinación, (2) alisando la producción, (3) alcanzando economías a escala y (4) mejorando el servicio de atención al cliente.

Figura 4. Modelo lote económico con punto de reorden y stock de seguridad



Fuente: MIMCOM, *Algoritmo de reposición*, capítulo 28, Barrancabermeja, febrero/96.

Modelo de EOQ con las consideraciones de proceso de la confiabilidad (P.K. Tripathy, & del W.; M. Wee, P.R. Majhi el diario de la sociedad de la investigación operacional, vol. 54, mayo de 2003).

1.3.5 ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN

1.3.5.1 Métodos exactos. Estos métodos producen exacta soluciones óptimas. Es complicado hallar los resultados exactos debido a la diversidad de repuestos y variables que se manifiestan en este tipos de modelos, además que su función objetivo no es lineal y abarca variables de tipo entero, por lo general se requiere realizar estos cálculos en las computadores.

1.3.5.2 Métodos de aproximación. Se manifiesta con algunas dificultades por el cumulo de variables, acercándose a una solución exacta pero sin garantizar un resultado óptimo.

1.3.5.3 Métodos heurísticos. Los investigadores en la optimización de la fiabilidad han puesto más énfasis en métodos heurísticos, que son métodos basados en reglas generales o directrices, pero no garantizan una solución exacta. En la mayoría de estos enfoques, la solución se mejora en cada iteración.

1.3.5.4 Métodos Metaheurístico. Se basan más en que el razonamiento artificial clásico basado en la optimización matemática. Este puede superar los métodos

locales de soluciones óptimas y, en la mayoría de los casos, producen resultados eficaces. Sin embargo, también no puede garantizar la solución óptima.

1.3.5.5 Métodos híbridos. Híbrido métodos utilizan combinaciones de diferentes técnicas de optimización. Un ejemplo de un método híbrido sería encontrar la solución inicial con diferentes enfoques o aproximaciones heurístico y luego aplicar métodos metaheurístico para la búsqueda de mejores soluciones

1.3.6 JOURNAL SIMULACION I.

Las evaluaciones numéricas son las que nos permiten *generar las historias artificiales* que no son más que *experimentos*. Simulación I (Prof. Herbert Hoeger, 2004).

1.3.7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIMULACION

Muestra una comparación de las medidas de desempeño definidas en la etapa 2, en este artículo, para los dos modelos construidos, con esta comparación fue posible indicar cuál modelo ofrece los mejores resultados. Antes de describir los pasos de la metodología de simulación utilizada en la elaboración de los modelos, se da una descripción breve de cómo repercute el control de la producción en la sincronización del flujo de materiales en una planta tipo A, al utilizar el enfoque tradicional y el sistema logístico TAC.

Aplicación de la Metodología de Simulación para Sincronizar el Flujo del Producto en una Planta Tipo A con Componentes Compartidos por Medio de la TOC, etapas para la validación de la simulación (Fernando Ortiz Flores, Baldomero Gómez Bernardi, 2007).

2. METODOLOGÍA DEL RCS

2.1 CONFIABILIDAD BASADA EN REPUESTOS (RCS)

Las nuevas expectativas de aplicación, la tecnología en los sistemas de producción y la mejora continua, son procesos de investigación e implantación en la actualidad; generación de ideas innovadoras que faciliten el comportamiento racional entre las personas, el medio ambiente y las maquinas; estrategias de conversión, requerimientos y enfoques industriales basados en mantenimiento, someten a las nuevas técnicas de rendimiento exigidas por la sociedad cambiante y globalizada a la evaluación de los resultados en búsqueda de la optimización.

Optimización es el tema a tratar cuando se habla de la Confiabilidad basada en Repuestos (RCS, sigla en inglés) ya que esta metodología se conceptualiza en ¿qué tener? y ¿cuánto tener? Siendo más eficientes en la reparación de los equipos sin aumentar el nivel del inventario. ¿Para qué conocer como realizar un mantenimiento preventivo o correctivo, si en el momento de realizarlo no cuentas con los materiales? Lo que plantea la filosofía RCM es determinar las tareas y acciones de reparación dependiendo de su modo de falla, funcionalidad y operación, pero su complemento para mejorar la cadena de suministro es la metodología RCS.

El RCS reconoce la actividad de los inventarios con la aplicación de la ley de Pareto: “Un pequeño número de elementos son responsables de una alta proporción del inventario y causa grandes pérdidas en la producción”¹².

Esta metodología detecta los repuestos críticos de los equipos críticos de una planta, por lo tanto ahorra costos de compras en materiales de baja rotación en el inventario, no está regido por las recomendaciones del fabricante, sino al comportamiento de los repuestos en condiciones operacionales dentro de los equipos, teniendo en cuenta los tiempos medios entre fallas y el tiempo de abastecimiento de los materiales.

Para poder realizar el RCS se plantea una serie de requisitos [13]:

1. Asegurar que los requerimientos de mantenimientos están claros.
 - El RCS no puede hacer nada si el plan de mantenimiento no es efectivo, soporta el plan de mantenimiento como el correctivo.
 - Se recomienda que el RCM haya sido implementado.
2. Determine los requerimientos de repuestos para la planta en su contexto de mantenimiento y condiciones operativas

3. Asegurar que los recursos, sistemas y procesos estén disponibles para realizar el punto 2.

Las preguntas para el proceso RCS:

1. ¿Cuáles son los requerimientos de mantenimiento y operación para el equipo? (RCM)
2. ¿Qué pasa si no hay repuestos disponible? (RAM)
3. ¿Los repuestos requeridos se pueden predecir? (Predicción de la demanda)
4. ¿Cuál es el inventario de repuestos que se necesita? (Algoritmos o regla del dedo gordo).

La implementación del RCS puede realizarse en cualquier momento de un proyecto, en la operación de una planta y en las paradas de producción, ya que la cantidad de repuestos a analizar soportan el esquema de la fiabilidad del inventario en la interacción entre proveedores, compras, analistas de inventarios, usuarios y consumidores finales, es decir, toda la cadena de suministro. El RCS procura optimizar el valor del inventario actual desde un 30% hasta 60% en 5 años después de iniciar el proceso de aplicación.

2.2 PARAMETROS DE APLICACIÓN

La prioridad en una bodega de materiales es mantener un inventario óptimo, debido a los costos de preservación y los beneficios que se causan por tener un ítem en stock en el momento indicado, estos son indicadores que permiten tomar la decisión de “qué y cuántos” materiales se deben tener en stock.

Para esto el RCS tiene en cuenta cuatro parámetros de aplicación:

- Rata de consumo.
- Costo de compra.
- Costo de penalización (costo por día de falla del equipo, debido al tiempo de espera del repuesto).
- Plazo y tiempo de entrega.

^[12] Ortiz Plata, Daniel. Repuestos basados en confiabilidad, Bogotá: diapositivas 13. 2007.

[13] A continuación requisitos para la aplicación de RCS, tomado del seminario de Repuestos basados en confiabilidad, Bogotá, por Ing. Daniel Ortiz, 2007.

La decisión de tener un material en el inventario dependerá del cálculo de estos parámetros. Después de definir que ítem se debe mantener en stock, entonces debemos hallar la cantidad que se debe tener. El proceso inicia identificado el

consumo histórico durante un periodo de tiempo, fijar un stock mínimo para que no se quede sin existencia en la bodega de materiales, cuantificar en cuantos equipos se está utilizando el material o en partes idénticas dentro del mismo equipo. Para la definición de las cantidades utilizaremos los parámetros de reposición mencionados en el capítulo anterior (Véase, tabla 4, P. 45).

2.2.1 RATA DE CONSUMO: esto es el número estimado de veces que el artículo es solicitado en un periodo de tiempo para la reparación de los equipos del cual hace parte. Para hallar este dato se debe utilizar los datos históricos del material (si están disponibles). Aquellos materiales que son tipo accesorios no les aplica, debido a que son utilizados en la mayoría de los equipos de la refinería, por lo tanto el cálculo es muy tedioso y sus parámetros de reposición son altos (ej. Espárragos, empaques, tornillos etc.).

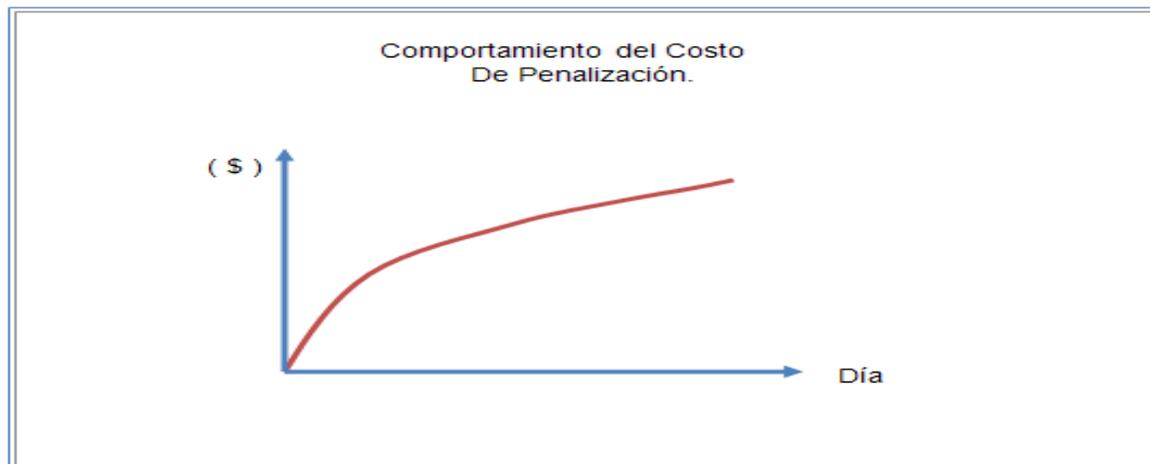
2.2.2 COSTO DE COMPRA: es el costo de cada material que se encuentra estipulado por la refinería para la consecución de un bien o servicio. Este costo está estructurado en pesos colombianos (sin IVA) dentro del sistema de información interno Ellipse.

2.2.3 COSTO DE PENALIZACION: es la pérdida de dinero por día de espera causado por la no disponibilidad del material para la reparación o mantenimiento de un equipo (ver figura 4). Para la toma de decisión un estimativo bruto de las consecuencias económicas es suficiente, pero si cuentas con las herramientas para establecer más detalladamente las pérdidas, aquí podría ser más eficiente la metodología. Estos costos son generados cuando el equipo sale de funcionamiento, sin equipo de espera en (stand-by) y no se puede reparar de inmediato. Los costos pueden distinguirse como directo e indirectos.

Los costos de penalización directos son aquellos causados por los días de espera del material por no tenerlo en stock, estos costos son provocados por el tipo de reparación generado por el equipo, el tipo de transporte utilizado, técnicos ó especialistas encargados para la reparación y horas - hombres.

Los indirectos son aquellos causantes por la parada de equipos o por bajar la carga, esto se refleja inmediatamente en pérdidas para la producción.

Figura 5. Comportamiento del costo de penalización



Fuente: Figura de elaboración propia de los autores, basados en el comportamiento del costos de penalización en la refinería de Cartagena.

El Costos por desabastos es el costo de penalización parámetro de aplicación “cuando las existencias de un artículo se agotan, cualquier orden por ese artículo debe esperar para ser reabastecido o bien debe ser cancelada.

Existe un equilibrio entre mantener las existencias para satisfacer la demanda y los costos que se derivan del desabasto. A veces es difícil encontrar este equilibrio porque tal vez no podamos encontrar las ganancias perdidas, los efectos por los clientes que perdemos o las sanciones por los retrasos. Con frecuencia, calcular el costo de desabasto es poco más que una adivinanza, aunque normalmente podemos especificar el rango de estos costos” [14].

La metodología RCS no define como se debe hallar el costo de penalización, por lo tanto se realizaron varias hipótesis congruentes y se descartaron algunas teorías, para la aplicación en los equipos de alta y media criticidad de la UDC, se define la siguiente metodología como la más apropiada:

- Obtener información de las cantidades de fallas ejercidas en los equipos rotativos y estáticos de la UDC, desde enero del 2006 hasta el mes de mayo de 2008, se selecciona únicamente los de alta y media criticidad encontrándose información del equipo rotativo en la carpeta del sistema de red interna [groups en "Archivo90" (L:)] y la información del equipo estático en el MSO 601 acción E en el software ELLIPSE.

[14] CHASE - JACOBS - AQUILANO. Administración de la Producción y Operaciones, 10ª EDICIÓN, página 609.

- Solicitar el lucro cesante mensual por la planta de crudo desde enero de 2006 hasta diciembre de 2008.

- Utilización de muestreo no probabilístico, conocido como “probabilidad subjetiva”, en que la probabilidad es directamente intuible por el individuo y es prioritaria ante la experiencia objetiva. (Koopman; Good, 1940)
- Aplicación del Árbol de probabilidades para ramificar los equipos y sus componentes.
- Hallar la probabilidad de falla por unidades productivas, equipos y componentes según las ramificaciones del árbol de decisión y observar la probabilidad de falla ó ocurrencia de los eventos posibles dentro la planta.
- Establecer los cálculos del costo de penalización.

Para obtener el porcentaje anual por custodia de un material en inventario (Véase cuadro 8, P. 63). Los datos de cuadro son estimaciones de los valores representativos de la Refinería de Cartagena.

2.2.3.1 Realización del árbol de probabilidades.

La probabilidad subjetiva establece que la probabilidad difiere de una persona a otra en cuestión de instantes y situaciones diferentes. Koopman considera sus teorías cuantitativas más que cualitativas, permitiendo que los conceptos aprioris, experimenten implícitamente una concepción intuitiva a través de las creencias o conocimientos. La probabilidad subjetiva emitida por profesionales [15] encargados del área establece el porcentaje de ocurrencia de fallas con respecto a la planta y posteriormente se plasma en el árbol de probabilidad, de esta forma se determina la probabilidad de falla de los equipos de la UDC. (Véase Anexo A). Se consulta con: Coordinador de la planta UDC, líder de confiabilidad de GRC, Custodio de la planta UDC, Superintendente de producción de GRC, ingeniero de confiabilidad de los equipos rotativos y estáticos de la UDC, y con el jefe de mantenimiento día a día de GRC. El resultado presentó la probabilidad de falla por equipos rotativos, estáticos, instrumentos y eléctricos de la UDC.

2.2.3.2 Cálculo de probabilidad de ocurrencia o impacto para la ecuación de costo de penalización.

Para calcular la probabilidad de falla de los equipos de media y alta criticidad se realizó las siguientes ecuaciones [16] ligado con el árbol de probabilidad, las ecuaciones se identifican por (No.) secuenciales para facilidad de la operación:

$$\Sigma (\text{Fallas en equipos de Alta Criticidad}) \quad (1)$$

[15] Se utilizó este método para la elaboración del árbol de probabilidades de autoría propia, véase numeral 1.3.3 P. 32 de este documento.

$$\Sigma (\text{Fallas en equipos de Media Criticidad}) \quad (2)$$

La ecuación (1) determina el número de fallas totales en los equipos de alta criticidad de la planta y la ecuación (2) determina el número de fallas totales en los equipos de media criticidad de la planta.

$$\Sigma [(Fallas \text{ en Alta Criticidad}) + (Fallas \text{ en Media Criticidad})] = \Sigma_{AM} \quad (3)$$

Con la ecuación (3) se obtienen la totalidad de fallas por un determinado tipo de equipo ya sea rotativo, estático, instrumentos ó eléctrico. La unidad de tiempo la determina el investigador (años, meses, días, etc.), debe utilizar la misma en cada una de las ecuaciones a continuación.

$$Q_A = \Sigma (Fallas \text{ en Alta Criticidad}) / \Sigma_{AM} \quad (4)$$

$$Q_B = \Sigma (Fallas \text{ en Media Criticidad}) / \Sigma_{AM} \quad (5)$$

La ecuación (4) y (5) muestra la probabilidad de falla de los equipos de alta y media criticidad respectivamente.

$$\Sigma (Fallas \text{ de la Unid. Productiva. A}) \quad (6)$$

$$\Sigma (Fallas \text{ de la Unid. Productiva. B}) \quad (7)$$



$$\Sigma (Fallas \text{ de la Unid. Productiva. N}) \quad (N)$$

Una unidad productiva es la ejecutora de una función con gran responsabilidad. La planta UDC se divide en equipos de alta y media criticidad. Para las ecuaciones (6) y (7), son estas dos divisiones en la cual habrá N números de unidades productivas correspondientes a cada nivel de criticidad, en cada unidad que beneficie al sistema, se obtendrá una totalidad de fallas donde sea esta la sumatoria de las fallas resultante por equipos que pertenezca a esta unidad, para posteriormente determinar la probabilidad de falla del componente.

Igualando $\Sigma_{UP} = \Sigma (Fallas \text{ en Alta Criticidad})$, que es la misma cantidad de falla que ocurren en toda la segmentación de alta criticidad o media criticidad.

$$Q_{UPA} = \Sigma (Fallas \text{ Unid. Prod. A}) / \Sigma_{UP} \quad (8)$$

[16] Ecuaciones propia de los autores.

$$Q_{UPB} = \Sigma (Fallas \text{ Unid. Prod. B}) / \Sigma_{UP} \quad (9)$$

La ecuación (8) y (9), pronuncia como determinar la probabilidad de ocurrencia de la unidad productiva, sea esta en alta o media criticidad.

Conforme a lo estipulado anteriormente se tomara con semejanza el cálculo en las unidades productivas que determino la probabilidad de ocurrencia, para los equipos que conforman una unidad productiva.

Calculando la probabilidad de los equipos se tiene por siguiente.

$$\Sigma [(Fallas Equipo A) + (Fallas Equipo B)] = \Sigma_E \quad (10)$$

De la Ecuación (10), se adquiere la sumatoria total del número de fallas ocurridas en los dos equipos, que pertenecen generalmente a una unidad productiva, uno como equipo principal y el Stand-By, se reitera que todas la unidades no siempre cuentan con dos equipos, estos es determinado por su función y criticidad.

$$Q_{EA} = \Sigma (Fallas Equipo A) / \Sigma_E \quad (11)$$

$$Q_{EB} = \Sigma (Fallas Equipo B) / \Sigma_E \quad (12)$$

En la ecuación (11) y (12), demuestra la probabilidad de ocurrencia del equipo, sea este en alta o media criticidad, esta ecuación se puede aplicar a N equipos.

$$\Sigma [(Fallas Componente A) + (Fallas Componente B)] = \Sigma \quad (13)$$

De la Ecuación (13), se adquiere la sumatoria total del número de fallas ocurridas en los dos componentes, que forman parte fundamental para ejecutar una acción.

$$Q_{CA} = \Sigma (Fallas Componente A) / \Sigma_C \quad (14)$$

$$Q_{CB} = \Sigma (Fallas Componente B) / \Sigma_C \quad (15)$$

En la ecuación (11) y (12), demuestra la probabilidad de ocurrencia del componente.

En la coyuntura del cálculo de probabilidades de ocurrencia de cada segmento, se determina por una multiplicación la probabilidad de falla del componente con respecto a la planta, esto se ejecuta con cada componente que representa un equipo.

La ecuación (16) muestra la probabilidad de falla del componente **A** (Q_{CA}) con respecto a la planta:

$$P_{CA} = (Q_A) \times (Q_{UPA}) \times (Q_{EA}) \times (Q_{CA}) \text{ ----- } [A, B, C, D, \dots, N]. \quad (16)$$

El costo de penalización del componente según la probabilidad de ocurrencia estipulado en los anteriores cálculos, solo refleja el evento de la falla sin ocasionar una baja de carga o una parada no planeada “esto es costo directo de la reparación”. Al generarse costos de penalización indirectos debido a la falla de un componente y no contar con materiales en stock se causan costos tales como:

Slowdown (Baja de carga): Este incidente ocurre los equipos clasificados de media criticidad con algunas excepciones que han provocado la apagada de la UDC.

La carga disminuye de 80 KBD (Kilo barriles por día) hasta 60 KBD aproximadamente, con valor del barril de USD \$80. Cabe resaltar que estos valores son variables, por lo tanto se toma un valor promedio para estipular el valor de la producción y las ganancias perdidas, se estima utilidades del 30% del valor del barril.

Tabla 1. Valores de producción por Slowdown

60 KBD * USD \$ 80 = USD \$ 4'800 000	Valor de la Producción por baja de carga.
20 KBD * USD \$ 24 = USD \$ 480 000	Ganancia Perdida por día.
USD \$ 480 000 / 24 horas = USD \$ 20 000	Ganancia Perdida por hora.
80 KBD * USD \$ 80 = USD \$ 6'400 000	Valor de la Producción estándar.

Fuente: *Tabla de elaboración propia de los autores, basada en datos investigados en la refinería de Cartagena.*

Shutdown (Parada de planta no planeada): Este incidente ocurre en los equipos clasificados de alta criticidad y sus equipos de stand-by, por su determinada operación, los equipos de media criticidad por lo general no solo bajan carga de producción, también puede haber situaciones críticas que puedan apagar planta. Esto sucede cuando los equipos auxiliares no están listos presentándose eventos sub-estándar donde no se logra conectar de manera oportuna o se encuentran en mantenimiento en el momento de la falla.

Figura 6. Gráfica de la ecuación de pérdida de la producción en la UDC



Fuente: Tomado de datos estándar investigados en la refinería de Cartagena.

A partir de las 7 horas de apagada la planta se causan las pérdidas en la producción.

Tabla 2. Valores de producción por Shutdown

$80 \text{ KBD} * \text{USD } \$ 24 = \text{USD } \$ 1' 920 000$	Ganancia Perdida por día.
$\text{USD } \$ 1' 920 000 / 24 \text{ horas} = \text{USD } \$ 80 000$	Ganancia Perdida por hora.
$80 \text{ KBD} * \text{USD } \$ 80 = \text{USD } \$ 6'400 000$	Valor de la Producción estándar.

Fuente: Tabla de elaboración propia de los autores, basada en datos investigados en la refinería de Cartagena.

2.2.3.3 Valor promedio de reparación por día (Z)

El valor (\$) promedio de la reparación por día (Z), es la ecuación trazada por medio de bases investigativa e idóneo, durante proceso de trabajo de la metodología RCS, donde se proyecta la proporción aproximada de cuanto será el estimado por una reparación en el momento que ocurra una falla. A esta ecuación se le suma el costo de obtención del repuesto, para que su valor sea más exacto o aproximado. (Véase, *Tabla 3. Fórmulas del costo de penalización por material*).

$$Z = [(\text{Lucro cesante promedio mensual}) * 12 \text{ meses} * P_{CA}] / 365 \text{ días} \quad (17)$$

Por lo tanto:

Tabla 3. Fórmulas del costo de penalización por material

(1) Costo de penalización = Z + (Costo de compra del material)

(2) Costo de penalización = (Ganancia Perdida por hora) * (# de Horas perdidas por no reparación) + (Costo de compra del material)

Fuente: Tabla de elaboración propia de autores. Establece un costo de penalización aproximado a la realidad. Ec. (1) es el costo de penalización por no tener el material y Ec. (2) costo de penalización por parada de planta o baja de carga.

Nota: Estos costos de desabastecimiento son estimativos aproximados a los costos generados realmente, debido a la complejidad de la información requerida y suministrada.

2.2.4 PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA: El RCS enmarca este tiempo de entrega desde el momento que se crea la solicitud, hasta que el transporte interno de la empresa lo coloca en el sitio de la reparación, por motivo de estudio en la empresa **ECOPETROL** se tomará desde que se autoriza la solicitud del usuario (funcionario de la empresa), hasta el momento que llega el pedido al área de recibo, este período es mucho más prolongado que lo estipulado por el proveedor para la entrega. Si el repuesto se puede reparar se tomará el tiempo de reparación, si este periodo es más corto. Los acuerdos que se hayan cancelado y entregas directas se tomarán tiempo de entrega cero. Para tener más información seguir los pasos de plazo y tiempo de entrega en el instructivo.

2.3 TOMA DE DECISIÓN DE INCLUSIÓN DE ÍTEM POR RCS

Para tomar la decisión de la inclusión de un ítem es necesario aplicar la fórmula que tiene en cuenta los parámetros anteriormente mencionados:

“Incluya en el Stock por lo menos un ítem si: $Csl + Prl + Penl + Ltl > 0$ ”
(Ecuación del documento *SHELL GLOBAL SOLUTION DEP 70.10.90.11-Gen.*, 1995, P. 36)

Por lo tanto si la fórmula indica que la sumatoria de los parámetros es:

- Mayor que cero, se debe incluir al menos un ítem al stock
- Menor que cero, no se debe incluir ese ítem al stock

- Igual a cero, se debe reconsiderar los valores subjetivos y realizar nuevamente los cálculos.

Los valores que deliberen los valores +1 y -1 se deben realizar un análisis adicional para evaluar y verificar los resultados estimados son los acertados.

Valores de los índices en la fórmula de inclusión de al menos un ítem:

Csl: Rata de consumo.
Prl: Costos de compra.
Penl: Costo de penalización.
Ltl: Tiempo y plazo de entrega.

Tablas 4. Valores de los parámetros de aplicación

Costo de Compra (USD)	Prl
	6
	5
	4
	3
	2
<i>Contenido Confidencial</i>	1
	0
	-1
	-2
	-3
	-4

Rata de Consumo	Csl
	5
	4
	3
	2
	1
<i>Contenido Confidencial</i>	0
	-1
	-2
	-3
	-4

Costo Penalización (USD por día)	Penl
	-3
	-2
	-1
	0
	1
<i>Contenido Confidencial</i>	2
	3
	4
	5
	6

Tiempo de Entrega	Ltl
	-10
	-6
	-2
	-1
	0
<i>Contenido Confidencial</i>	1
	2
	3
	4
	5
	6

Fuente: SHELL GLOBAL SOLUTION, DEP 70.10.90.11-Gen, Noviembre/1995. Documento confidencial, por tal razón los datos de las tablas se encuentran vacíos.

Estas tablas permiten estipular los valores índices de los parámetros de aplicación para la toma de decisión de tener o no un ítem en stock.

Ejemplo para toma de decisión: Se identificó una falla en la bomba XL58 debido al tipo de lubricación, esto llevo a verificar el equipo, y se definió que en cinco años es la primera vez que se debe reparar la bomba. El análisis operacional condujo a que se debe aumentar el diámetro del impulsor para arreglar el fallo y mejorar el rendimiento del equipo, véase (Tabla 5). Ejemplos de toma de decisión por medio de los parámetros de aplicación.

Tablas 5. Ejemplo de toma de decisión

		Csl	Prl	Penl	Ltl
Rata de Consumo del impulsor en el equipo XL58	1 impulsor se requiere cada 5 años	-2			
Costo de Compra	8 KUS		1		
Costo de Penalización	1.9 KUSD			0	
Tiempo de Entrega	76 días				4

Fuente: Ejemplo SHELL GLOBAL SOLUTION, DEP 70.10.90.11-Gen, Noviembre/1995. Documento confidencial, con datos de reales.

$$(Csl + Prl + Penl + Ltl) = (- 2 + 1 + 0 + 4) = 3$$

(Ecuación del documento SHELL GLOBAL SOLUTION DEP 70.10.90.11-Gen., 1995, P. 36)

Sugerencia: Debe Incluir este material (Impulsor) en el inventario.

Nota: Para consultar los pasos de la aplicación metodológica RCS en la planta de crudo de la refinería de Cartagena dirigirse al: <<INSTRUCTIVO PARA LA BUSQUEDA DE PARAMETROS DE APLICACIÓN SEGÚN LA METODOLOGIA RCS EN LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA (I - 01)>> (Material complementario 1.)

2.4 PARAMETROS DE REPOSICION

El análisis cuantitativo de la disponibilidad de materiales en el mantenimiento de los equipos es fundamental para mantener la productividad y la efectividad de las tareas en un sistema operacional. Un concepto de disponibilidad está definido como: “la probabilidad que un sistema, subsistema o equipo esté disponible para su uso en un tiempo dado”.

La probabilidad y el riesgo de que los sistemas de abastecimientos sean efectivos, son directamente proporcionales con el funcionamiento integral de los equipos instalados, teniendo en cuenta los niveles de servicio asociados a su operación y las situaciones que el contorno industrial le provee. De igual forma la optimización de los repuestos no debe afectar la confiabilidad de la operación ni la mantenibilidad de los equipos, estos son dos elementos fundamentales de la disponibilidad como parámetro de abastecimiento.

Una definición de confiabilidad: “la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un periodo de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas”.

Definición de mantenibilidad: “probabilidad de un sistema en requerir un esfuerzo para conservar el funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla”.

Estos dos elementos anteriormente mencionados generan gran información técnica para la determinación de los parámetros de abastecimiento, permiten calcular la probabilidad de ocurrencia de los fallos, reducen los costos de penalización y los costos totales mínimos.

Los parámetros de abastecimiento son: punto de reorden (**ROP**), cantidad a pedir (**ROQ**) y stock mínimo, estipulados dependiendo de los diversos sistemas de revisión, ya sea de forma periódica o continua como es el caso de la empresa ECOPETROL.

El punto de reorden (ROP, sigla en inglés) es un parámetro de abastecimiento que arroja una señal para realizar el siguiente pedido, lo cual indica, que se requiere material para lograr que el mantenimiento de los equipos sea efectivo sin parar la producción. Existen técnicas para la toma de decisión en el nivel de inventario, sea de forma manual o sistemática, además de ciertas variables que se deben tomar en consideración como los tiempos de entrega, el consumo diario, tiempo de almacenaje y la revisión de la calidad del repuesto.

La cantidad de pedido (ROQ, sigla en inglés) se encuentra dentro del sistema de aprovisionamiento mediante cantidades fijas en fechas variables, debido a que el punto de pedido es quien da la señal para comprar la cantidad de requerida. La ROQ se puede hallar por diversas metodologías, sea mediante fórmulas, modelos de inventarios clásicos y una serie de algoritmos, todo esto es posible ya que la demanda tiene un comportamiento variable.

Los modelos de aprovisionamiento se pueden obtener según los datos históricos, conocimiento empírico, expectativas de la demanda (factor variable), el tiempo de entrega de los materiales y los niveles de servicio. Las alternativas a tomar son las siguientes (Ver cuadro 1):

Cuadro 1. Algoritmos de reposición de materiales

	CODIGO	DESCRIPCION
Algoritmos para ROP	0	Manual
	1	Promedio móvil últimos 12 períodos
	2	Matriz ABC
	3	Consumos pronosticados
	4	Promedio móvil modificado
	5	Suavización exponencial simple
	6	Suavización exponencial ajustada
Algoritmos para ROQ	0	Manual
	1	Lote económico (EOQ)
	2	Cantidad a ordenar (OQ)

Fuente: MIMCOM, algoritmo de reposición, capítulo 28, Barrancabermeja, febrero/96.

A continuación la combinación del conjunto de alternativas para obtener los parámetros de reposición (Ver cuadro 2):

Cuadro 2. Alternativas de reposición de materiales

ALGORITMO	DESCRIPCION
0 0	ROP manual + ROQ manual
0 1	ROP manual + EOQ
0 2	ROP manual + OQ
1 0	Promedio móvil ROP + ROQ manual
1 1	Promedio móvil ROP + EOQ

1 2	Promedio móvil ROP + OQ
2 0	Matriz ABC. (Contiene tanto el ROP como el ROQ)
3 0	Consumos pronosticados ROP + ROQ manual
3 1	Consumos pronosticados ROP + EOQ
3 2	Consumos pronosticados ROP + OQ
4 0	Promedio móvil modificado ROP + ROQ manual
4 1	Promedio móvil modificado ROP + EOQ
4 2	Promedio móvil modificado ROP + OQ
5 0	Suavización exponencial simple ROP + ROQ manual
5 1	Suavización exponencial simple ROP + EOQ
5 2	Suavización exponencial simple ROP + OQ
6 0	Suavización exponencial ajustada ROP +ROQ manual
6 1	Suavización exponencial ajustada ROP +EOQ
6 2	Suavización exponencial ajustada ROP +OQ

Fuente: MIMCOM, algoritmo de reposición, capítulo 28, Barrancabermeja, febrero/96.

Los modelos más usados en ECOPETROL por el tipo de inventario que se utiliza son los algoritmos (1 0), (1 1) y (1 2).

ECOPETROL utiliza el promedio móvil ROP + $\left\{ \begin{array}{l} \text{ROQ manual} \\ \text{EOQ} \\ \text{OQ} \end{array} \right.$

Cálculo del punto de reorden ROP:

ROP = Stock de Trabajo + Stock de Seguridad

$$= (FU * LT / 30.42) + (K * MAD)$$

Donde:

FU = Consumo Promedio

LT = Tiempo de reposición expresado en días

(Tiempo de trámite interno + Tiempo del proveedor + Tiempo de transporte)

K = Constante que depende del nivel de servicio deseado

MAD = Desviación Media Absoluta

30.42 = Número promedio de días por mes

2.2.1 ALGORITMO 1 - PROMEDIO MÓVIL

En la fórmula general hacer FU = AMU (Consumo Promedio Mensual).

ROP = Stock de Trabajo + Stock de Seguridad

$$= (AMU * [LT / 30.42]) + (K * MAD)$$

Ejemplo:

LT = 20 días.

AMU = 100 unidades de consumo.

K = 2

MAD = 5 unidades de consumo.

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (20 * (100 / 30.42)) + (2 * 5) \\ &= 65.74 + 10 \\ &= 75.74 \\ &= 76 \text{ unidades de consumo.} \end{aligned}$$

Calculo de cantidad de pedido ROQ:

2.2.2 ALGORITMO 0 – MANUAL

Se determina la cantidad a pedir manualmente teniendo en cuenta el conocimiento empírico del consumo del material y dependiendo las necesidades de inventario según la demanda.

2.2.3 ALGORITMO 1 - LOTE ECONÓMICO

El algoritmo y los parámetros para el cálculo del lote económico son los siguientes:

$$\text{EOQ} = \sqrt{(2 * R * P) / (C * i)}$$

Donde:

EOQ = Lote Económico de Pedido en unidades de compra

R = Consumo estimado anual. Es el promedio de los últimos doce períodos de los consumos no programados.

P = Costo de colocación de una orden de compra (ver costo de comprar en el siguiente capítulo).

C = Costo unitario del material

I = Costo anual en porcentaje de tener el inventario (véase *cuadro 3* en el siguiente capítulo)

Ejemplo:

R = 150 unidades / año
P = 16 \$ / orden
C = 40 \$ / unidad
i = 15 % anual

$$\text{EOQ} = \sqrt{(2 * 150 * 16) / (40 * 0.15)}$$

= 170 unidades.

El EOQ tiene algunas restricciones, una de ellas es que el material debe llegar al área de recibo en total conformidad con el empaque estándar del fabricante o el transportador, además cuando el valor unitario es cero, se pide para seis meses de consumos.

2.2.4 ALGORITMO 2 - CANTIDAD A PEDIR

Debido a que la opción que utiliza el EOQ tiende a pedir grandes cantidades de materiales cuando los costos de mantener el material en inventario son insignificantes comparados con los costos de comprar, surge la necesidad de disponer de una opción alterna que únicamente cubra las consumos durante el tiempo de reposición, aunque se aumenten los costos debidos al incremento en el número de órdenes de compra. La fórmula para esta nueva opción es la siguiente:

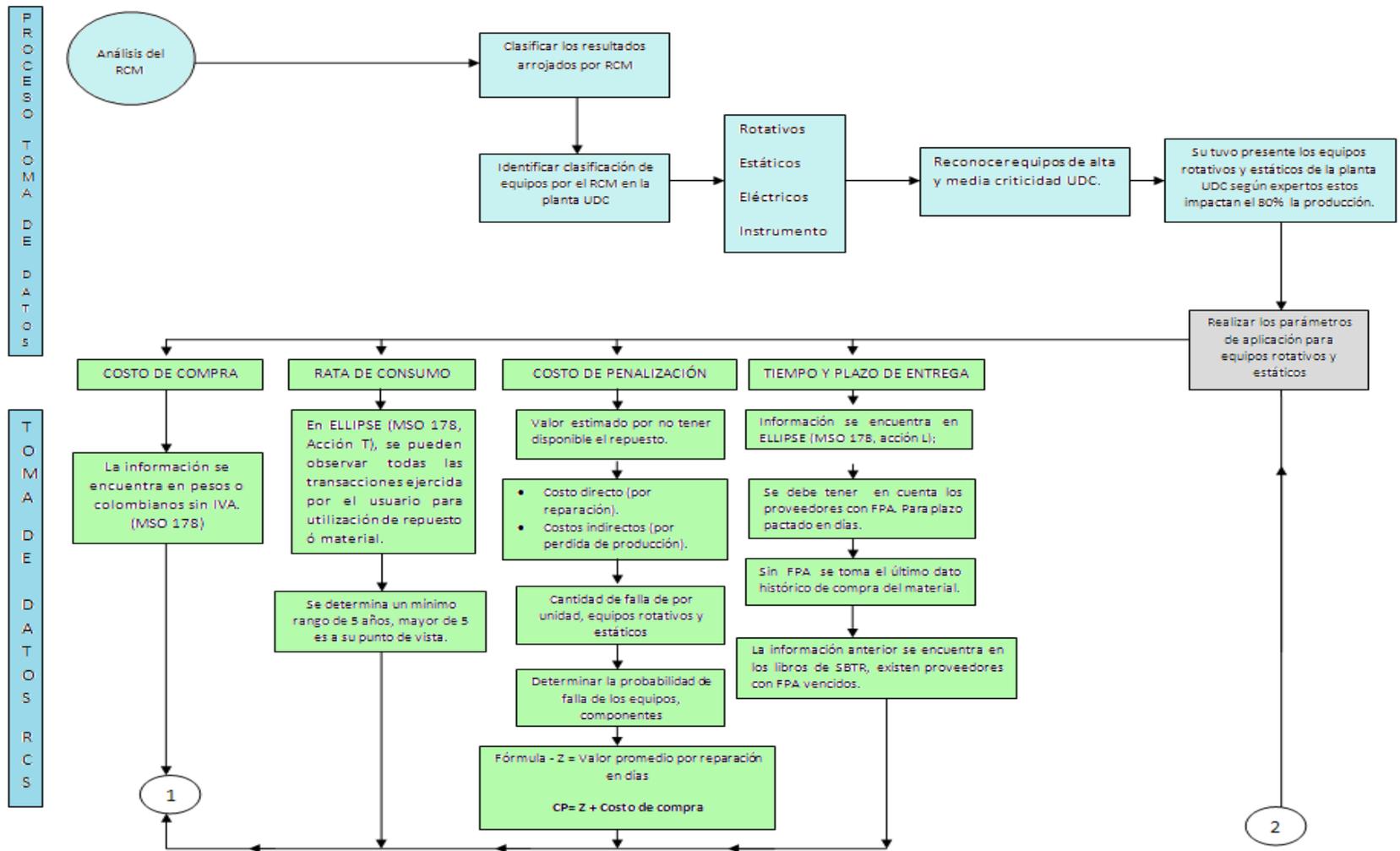
$$\text{ROQ} = \text{AMU} * \text{LT} / 30.42$$

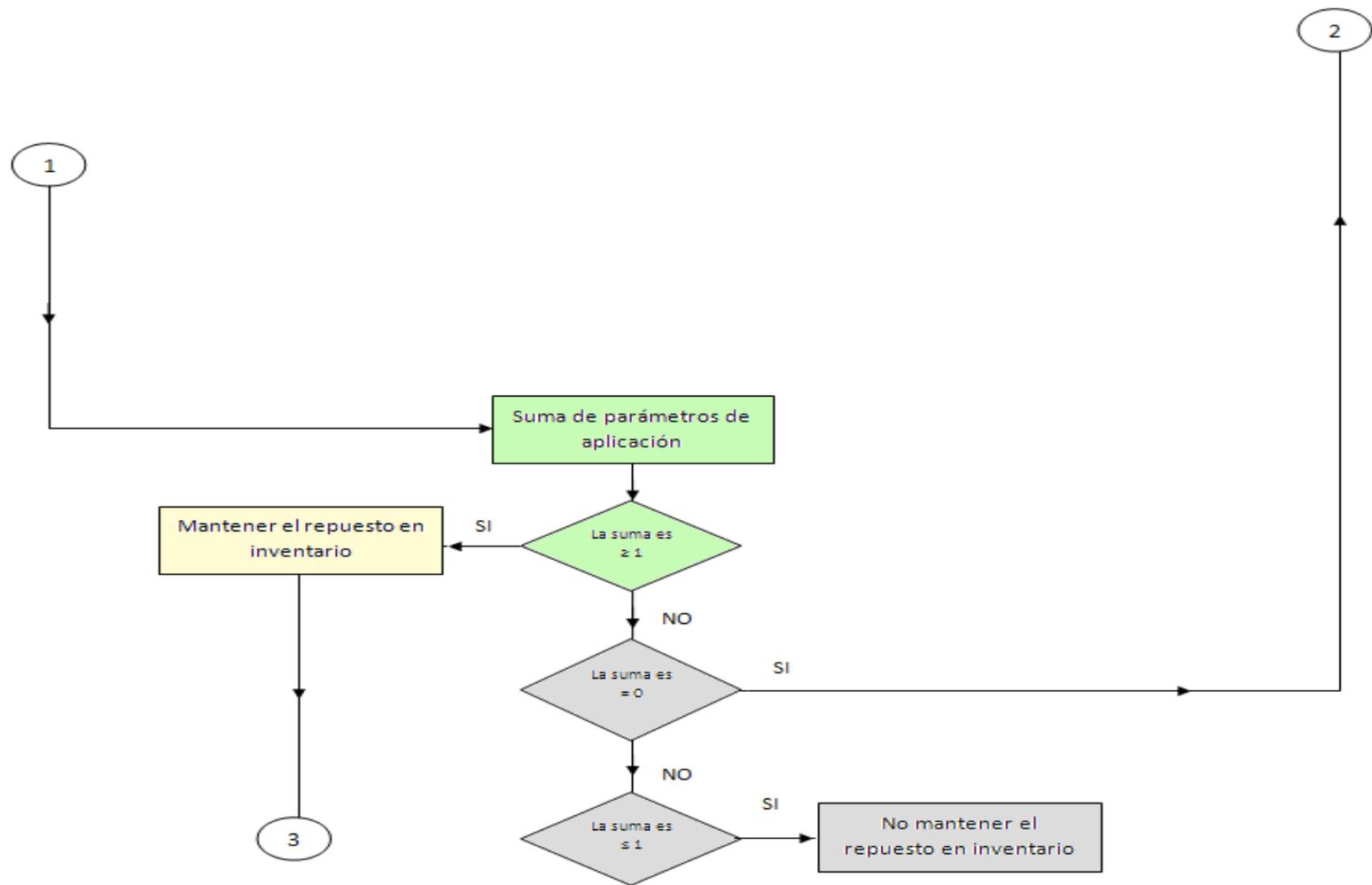
Donde:

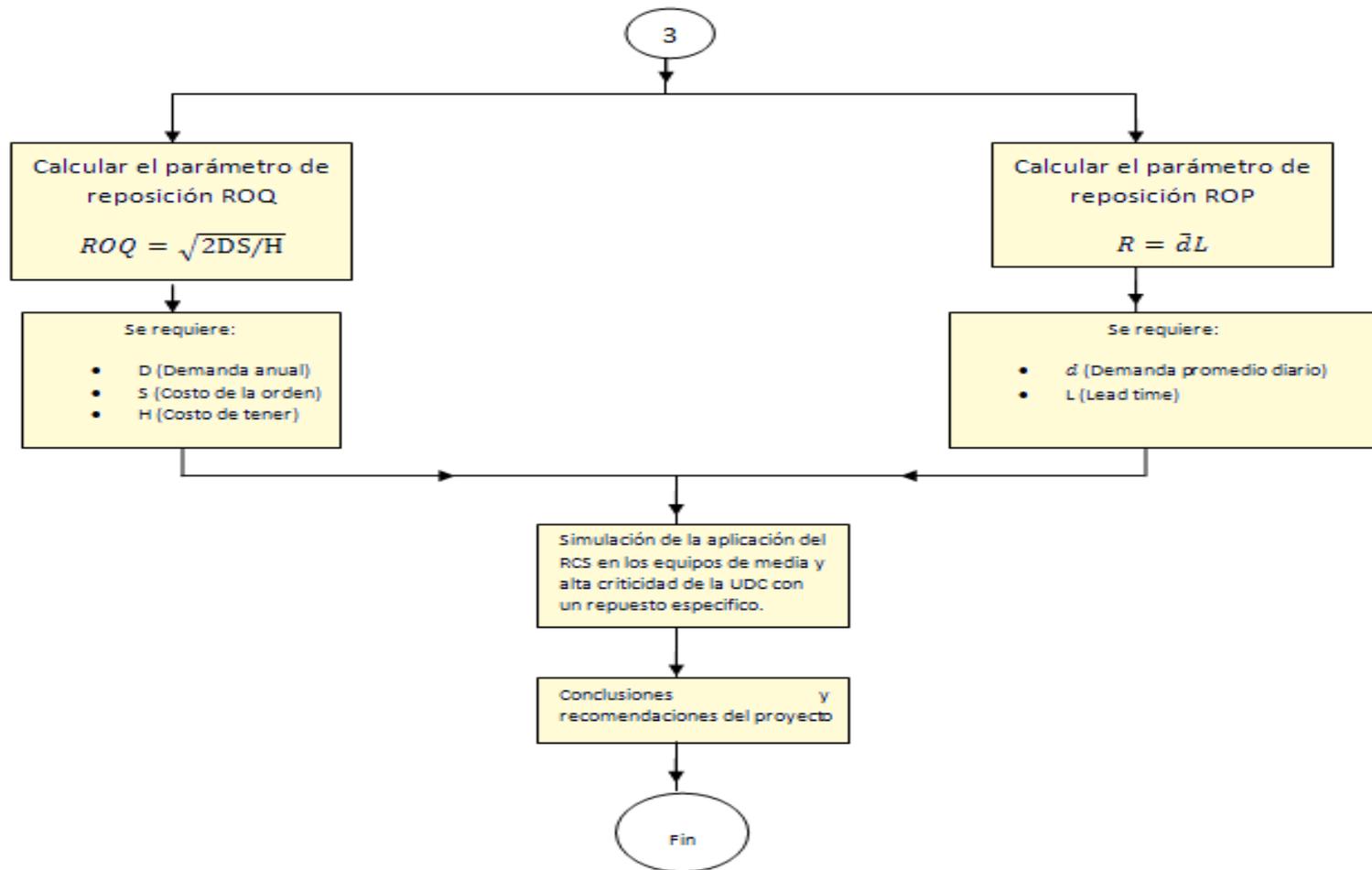
AMU = Consumo promedio mensual
LT = Tiempo de reposición en días
30.42 = Promedio de días por mes

Por facilidad de ejecución del proyecto y operación de los equipos, se determina hallar la *cantidad a pedir* (ROQ) por la metodología de *cantidad económica de pedido* (EOQ), a través del algoritmo de reposición fijado por ECOPETROL [(0 1) ROP manual + EOQ]. Ya que el ROP manual permite mayor facilidad en la toma de datos, únicamente requiere el tiempo de entrega del material y la cantidad de consumo mensual que tiene con respecto al equipo utilizado, por otro lado la mayoría de algoritmos de ROP restantes necesitan obtener la desviación estándar de cada uno de los repuestos.

2.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO RCS EN LOS EQUIPOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD DE LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA







Fuente: Diagrama de flujo de elaboración propia de los autores, demuestra el proceso a seguir para la implementación de la metodología RCS (Reliability centered spare), en la planta de crudo refinera de Cartagena.

3. APLICACIÓN DEL RCS EN LA UNIDAD DE DESTILACION COMBINADA (UDC)

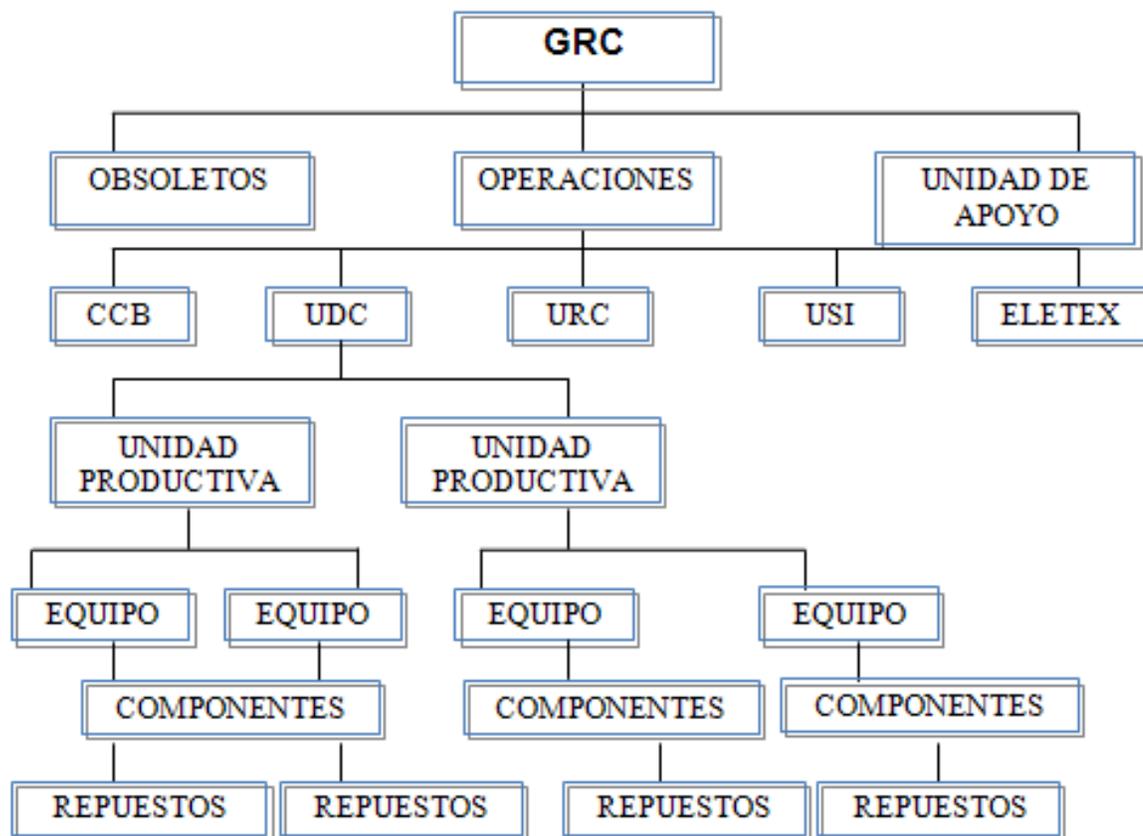
3.1 CLASIFICACION POR TIPO DE EQUIPOS QUE OPERAN EN LA UDC

En el proceso de asimilar la clasificación de los tipos de equipos que operan en una planta, se consultó con los Ingenieros de apoyo técnico a la producción (ATP), para tener de forma clara como fueron conformados y constituidos los componentes y repuestos en unidades productivas de la planta UDC. Esto arrojó que puede haber cambios de equipos de su lugar físico a otro, pero su macrofunción se mantendrá en un lugar de uso, clasificado por ECOPETROL en árbol de equipos. En la investigación es necesario tener presente los cambios e identificar las bases que se requieren en la búsqueda de información para la aplicación de la metodología RCS (Reliability Centered Spare).

La refinería de Cartagena está compuesta por varios sistemas en cada planta que conforman una serie de procesos para la segregación del Crudo, en el caso de la unidad de destilación combinada (Planta de Crudo), sus productos derivados son: Nafta, kerosene, ACPM etc. Las unidades productivas de un sistema en la planta UDC, puede estar compuesta por dos equipos y estos a su vez de dos componente de forma independiente que necesitan de ambos para una operación en conjunto, donde se mantienen un equipo en funcionamiento y el otro en Stand-by incluyendo si estos bajan carga ó puede apagar planta.

Cada uno de los componentes necesita de una lista de materiales para su función, esta lista se conoce con el nombre de lista de partes APL (Application Part List), la cual es creada en el sistema de información interna ELLIPSE en el MSO 130, para tener relacionadas las ordenes de trabajo con la lista de repuestos necesarios de la reparación de un componente y así mantener la unidad productiva en operación (ver figura 7).

Figura 7. Árbol jerárquico de funciones operativas



Fuente: Figura de elaboración propia de los autores, basada en datos investigados en la refinería de Cartagena.

Índice de abreviatura de las unidades operativas de la refinería de Cartagena:

- CCB:** Cuarto de Control Central de Operaciones de GRC
- UDC:** Unidad de Destilación Combinada
- URC:** Unidad de Ruptura Catalítica
- USI:** Unidad de Servicios Industriales
- ELETEX:** Unidad Almacén de Mezclado y Entrega de Hidrocarburo

Esta reseña muestra actualmente la planta y su estructura con los equipos, breve contexto que hace emprender el camino para la recolección de los listados de repuesto, la cual será base fundamental de la aplicación Metodológica RCS.

3.1.1 NUMERO DE EQUIPOS ANALIZADOS

La metodología investigativa es detallada en parte principal con los equipos de rotativos y estáticos, que aparecen en los (Tablas 6 y 7), informe de aplicación del RCS en los equipos de alta y media criticidad.

Tabla 6. Informe de aplicación del RCS en los equipos Rotativos.

EQUIPOS ROTATIVOS DE LA UDC	
ALTA CRITICIDAD	
EQUIPO	No. De repuestos
PSP315B	52
PSP405	63
Sumatoria	115
Repuestos en común	14
Total Alta criticidad	101
MEDIA CRITICIDAD	
EQUIPO	No. De repuestos
PSP1001	24
PSP301	57
PSP302	24
PSP305	34
PSP312	19
PSP313	25
PSP314	22
Sumatoria	205
Repuestos en común	107
Total Media criticidad	98
Sumatoria total de repuestos en Rotativo	199
Repuestos totales en común	98
Total Repuestos Rotativos Analizados	101

Fuente: Tabla de elaboración propia de los autores, basada en datos estándar entregados por la refinería de Cartagena.

Tabla 7. Informe de aplicación del RCS en los equipos Estáticos.

EQUIPOS ESTATICOS DE LA UDC	
ALTA CRITICIDAD	
EQUIPO	No. De repuestos
PSD301	14
PSD306	18
PSF1	9
PSF301	16
PSF401	8
PSF402	5
Sumatoria	70
Repuestos en común	14
Total Alta criticidad	56
MEDIA CRITICIDAD	
EQUIPO	No. De repuestos
PST401	5
Total Repuestos Estáticos Analizados	61

Fuente: Tabla de elaboración propia de los autores, basada en datos estándar entregados por la refinería de Cartagena.

Nota: En la tabla 6 y 7 informe de aplicación del RCS en equipos rotativos y estáticos, son la cantidad de equipos analizados para el proceso de obtención de datos.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PARAMETROS DE APLICACION EN LOS REPUESTOS ANALIZADOS POR EL RCS EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTATICOS DE LA PLANTA DE CRUDO

Para enmarcar los datos de los parámetros de aplicación, se realizará un ejemplo con un equipo rotativo de alta criticidad ver ejemplo pág.53-54, el resto de las tablas de los equipos rotativos y estáticos de media y alta criticidad, se encuentran en la sección de anexos. (Véase Anexo B). Estas tablas tendrán los códigos, la descripción del material y el valor sugerido por los índices establecidos por el RCS en la DEP's (Prácticas de Diseño e Ingeniería) de la Shell Global Solutions International B.V. (Shell GSI). (Ver Tabla 4, pág. 45).

Para definir estos parámetros de aplicación se debe tomar el resultado de la ecuación "**Csl + Pri + Penl + Ltl > 0**", los valores mayores que cero se definen como materiales que deben estar en stock, si el valor es igual a cero, se debe verificar nuevamente los datos y ser subjetivo en la toma del fallo.

Estos valores de los índices son dados por un conjunto de cuatro tablas estipuladas por SHELL GSI, la cual está fragmentada por rangos equivalentes que permiten definir, que materiales se deben incluir en el inventario ó cuales deben retirarse (véase Tabla 8).

TABLA 8. SUMA DE PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE ALTA CRITICIDAD DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN COMBINADA

EQUIPO PSP405 FONDOS TORRE PST401 AL VR D1 O A TK3105 (REPUESTOS DE LA TURBINA DE VAPOR)													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Pr1	RATA CONSUMO (año)	Cs1	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Pen1	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Cs1+Pr1+Pen1+Ltl)=?
TUV9	003519683	BALL, BEARING ,BALL DIAMETER:1/2 IN (12	\$ 2.713,02	\$ 1,357	6	no tiene		1.649,62	0	SI	169	5	11
	003403342	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:20 MM, OD:47	\$ 7.814,00	\$ 3,907	6	2 en 5 años	0	1.652,17	0	SN	59	4	10
	003402419	BEARING, BALL, DUPLEX ,ID:35 MM OD:72 MM	\$ 56.687,00	\$ 28,344	6	7 en 9 años	0	1.676,60	0	SN	41	4	10
	003366002	RING, STOP ,PACKING RING STOP	\$ 3.880,79	\$ 1,940	6	20 en 9 años	2	1.650,20	0	0	0	-10	-2
	000507509	BEARING,JOURNAL ,GOVERNOR END (B2528)	\$ 1.063.887,69	\$ 531,944	4	8 en 9 años	1	2.180,20	1	SI	167	5	11
	000072256	SPRING ,SPRING EMERGENCY VALVE	\$ 50.343,21	\$ 25,172	6	4 an 9 años	0	1.673,43	0	SI	187	6	12
	000507517	DEFLECTOR, OIL ,DEFLECTOR OIL	\$ 716.894,26	\$ 358,447	5	2 en 9 años	-1	2.006,71	1	SI	167	5	10
	000509547	SPRING ;	\$ 69.928,06	\$ 34,964	6	2 en 9 años	-1	1.683,22	0	SI	148	5	10
	000509786	COOLER, FLUID, INDUSTRIAL ;	\$ 234.718,00	\$ 117,359	6	no tiene		1.765,62	0	SI	96	5	11
	003365533	SEAT, SPRING ,SPRING, HELICAL, COMPRESSION.	\$ 104.130,23	\$ 52,065	6	11 en 9 años	-2	1.700,33	0	SI	204	6	10
	003367117	VALVE, AIR VENTING, STEAM ,JET STEAM ASS	\$ 2.537.612,90	\$ 1.268,806	3	no tiene		2.917,07	1	0	0	-10	-6
	003367125	PIN, STRAIGHT ,SHAFT GOVERNOR LEVER (PAS	\$ 3.207,50	\$ 1,604	6	no tiene		1.649,86	0	0	0	-10	-4
	003367133	CONNECTOR, ROD END ;BALL ROD END ASSEMBL	\$ 1.384.378,53	\$ 692,189	4	3 en 9 años	-1	2.340,45	1	SI	118	5	9
	003367141	NUT ,SHAFT NUTS (TUERCAS)	\$ 737.373,99	\$ 368,687	5	3 en 9 años	-1	2.016,95	1	SI	206	6	11
	3367166	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING GOV	\$ 284.590,93	\$ 142,295	6	3 en 9 años	-1	1.790,56	0	SI	218	6	11
	003367182	VALVE, AIR VENTING, STEAM ,STEAM VALVE A	\$ 3.308.729,44	\$ 1.654,365	3	1 en 5 años	-1	3.302,62	1	SI	206	6	9
	003367208	VALVE, RELIEF, PRESSURE AND TEMPERATURE	\$ 27.658,00	\$ 13,829	6	no tiene		1.662,09	0	0	0	-10	-4
	003366598	LEVER, MANUAL CONTROL ,LEVER EMERGENCY T	\$ 476.962,64	\$ 238,481	6	2 en 5 años	-1	1.886,74	0	0	0	-10	-5
	003367190	VALVE, VALVE GOVERNOR ASSEMBLY, 3-1/2 IN	\$ 325.106,27	\$ 162,553	6	2 en 5 años	-1	1.810,81	0	SI*	96	5	10
	003367232	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING REL	\$ 6.226,00	\$ 3,113	6	1 en 9 años	-2	1.651,37	0	0	0	-10	-6
	003366143	WEIGHT, GOVERNOR ,WEIGHT EMERGENCY GOVER	\$ 603.808,43	\$ 301,904	5	no tiene		1.950,16	0	SI	158	5	10
	003366317	WEIGHT, GOVERNOR ,P/N:T-100203C09 (2 EA/	\$ 222.249,62	\$ 111,125	6	5 en 9 años	-1	1.759,38	0	SI	96	5	10
	003365673	TAPPET, ENGINE POPPET VALVE ,TAPPET EMER	\$ 123.600,00	\$ 61,800	6	no tiene		1.710,06	0	0	0	-10	-4
	000507491	BEARING,COUPLING END ASSY. ;	\$ 1.176.229,20	\$ 588,115	4	5 en 9 años	-1	2.236,37	1	SI	167	5	9
	000507392	CASE-GLAND ,ASSEMBLY GLAND CASE	\$ 991.668,00	\$ 495,834	4	no tiene		2.144,09	1	SI	156	5	10
	000509596	COLLAR, THRUST. ;	\$ 148.360,34	\$ 74,180	6	7 en 9 años	0	1.722,44	0	SI	158	5	11
	000510065	SEAL RING, NONMETALLIC ;	\$ 419.526,77	\$ 209,763	6	8 en 9 años	1	1.858,02	0	SI	151	5	12
	003365947	INDICATOR, SIGHT, LIQUID ,VIDRIO INDICAD	\$ 287.216,60	\$ 143,608	6	no tiene		1.791,87	0	SI	151	5	11
	003365962	NUT ,NUT ADJUSTING SPRING GOVERNOR	\$ 120.042,50	\$ 60,021	6	no tiene		1.708,28	0	SI	96	5	11
	003365988	CARBON BLOCK, WELDING ,JUEGO DE CARBON,	\$ 13.383,45	\$ 6,692	6	53 en 9 años	4	1.654,95	0	0	0	-10	0
	000070771	SCREW, MACHINE ,SCREW EMERGENCY WEIGHT E	\$ 33.586,00	\$ 16,793	6	no tiene		1.665,05	0	SI	96	5	11
	000507459	SPRING ;	\$ 13.001,26	\$ 6,501	6	24 en 9 años	3	1.654,76	0	SI	157	5	14
	003365517	SCREW, ADJUSTING ,EMERGENCY	\$ 467,00	\$ 0,234	6	no tiene		1.648,49	0	0	0	-10	-4
3365608	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING VAL	\$ 1.423.054,37	\$ 711,527	4	1 en 5 años	-1	2.359,79	1	SI	157	5	9	
003477205	DISK, TURBINE, TURBINE ENGINE ,WHEEL TUR	\$ 50.000,00	\$ 25,000	6	1 en 9 años	-2	1.673,26	0	0	0	-10	-6	
003366077	SHAFT, TURBINE ,SHAFT WHEEL WITH TWO NUT	\$ 17.298.210,50	\$ 8.649,105	0	1 en 5 años	-1	10.297,37	3	SI	176	5	7	
003365533	SEAT, SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,ITEM 106	\$ 104.130,23	\$ 52,065	6	7 en 9 años	0	1.700,33	0	SI	167	5	11	

EQUIPO PSP405 FONDOS TORRE PST401 AL VR D1 O A TK3105 (REPUESTOS DE LA BOMBA DE CENTRIFUGA CP117)													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR US	Prt	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prt+Penl+Ltl)=?
CP117	003402781	BEARING, BALL, ANNULAR, ID:75 MM, OD:130	\$ 391.801,50	\$ 195,901	6	7 en 9 años	0	745,32	-1	SN	80	4	9
	003402575	BEARING, BALL, DUPLEX, ID:70 MM, OD:150	\$ 593.702,00	\$ 296,851	5	14 en 9 años	2	846,27	-1	SN	219	6	12
	003338126	GASKET, COOLER TO BEARING HOUSING, ITEM	\$ 15.410,96	\$ 7,705	6	1 en 10 años	-3	557,13	-1	SI	209	6	8
	003338134	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:13-1/4, OD:13-1	\$ 79.000,00	\$ 39,500	6	8 en 9 años	1	588,92	-1	CN	20	2	8
	003338142	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:13-31/32, OD:14	\$ 58.150,00	\$ 29,075	6	5 en 9 años	-1	578,50	-1	CN	20	2	6
	003338159	GASKET, ID:5-7/8 X OD:7-11/16 X ESPESOR: GRAFOIL	\$ 1.320,00	\$ 0,660	6	2 en 5 años	0	550,08	-1	CN	38	3	8
	003338167	GASKET, ID:5-1/8 X OD:7 X ESPESOR:1/32 I (papel humedo)	\$ 1.000,00	\$ 0,500	6	2 en 5 años	0	549,92	-1	CN	38	3	8
	003338183	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:12-3/4 I	\$ 30.602.310,00	\$ 15.301,155	-1	1 en 9 años	-2	15.850,58	4	SN	76	4	5
	003338217	SCREW, SELF-LOCKING, LOCKSCREW IMPELLER	\$ 63.995,77	\$ 31,998	6	1 en 9 años	-2	581,42	-1	SI	207	6	9
	003338233	NUT, IMPELLER, ITEM 258	\$ 1.205.827,48	\$ 602,914	4	1 en 9 años	-2	1.152,33	0	SN	211	6	8
	003338258	RING, WEARING, RING WEARING CASING FRONT	\$ 2.259.074,93	\$ 1.129,537	3	1 en 9 años	-2	1.678,96	0	SI	205	6	7
	003338266	RING, WEAR, IMPELLER, RING IMPELLER, MAT	\$ 2.924.128,00	\$ 1.462,064	3	no tiene		2.011,48	1	SN	138	5	9
	003338274	SEAL RING, NONMETALLIC, RING OIL, RADIAL	\$ 124.313,00	\$ 62,157	6	4 en 9 años	0	611,58	-1	SN	209	6	11
	003338308	SHIM, SHIM, P/N: 250B257X1-669, CCN: 600	\$ 11.650,00	\$ 5,825	6	no tiene		555,25	-1	SN	203	6	11
	003338316	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, THROWER OIL	\$ 235.945,20	\$ 117,973	6	2 en 10 años	-1	667,39	-1	SI	209	6	10
	003338324	WASHER, IMPELLER, ITEM 246	\$ 600.279,82	\$ 300,140	5	no tiene		849,56	-1	SN	172	5	9
	003338076	COVER, BEARING END COVER INBOARD	\$ 2.807.515,00	\$ 1.403,758	3	1 en 10 años	-3	1.953,18	0	SN	151	5	5
	003338084	COVER, BEARING END COVER OUTBOARD	\$ 1.808.107,00	\$ 904,054	4	1 en 10 años	-3	1.453,47	0	SN	151	5	6
	003338092	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX	\$ 1.044.549,08	\$ 522,275	4	1 en 10 años	-3	1.071,69	0	SI	209	6	7
	003338100	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, FLINGER INBO	\$ 1.503.248,70	\$ 751,624	4	no tiene		1.301,04	0	SI	258	6	10
	003338118	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, FLINGER OUTB	\$ 479.263,70	\$ 239,632	6	no tiene		789,05	-1	SI	209	6	11
	003424637	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-14	\$ 10.320,00	\$ 5,160	6	3 en 9 años	-1	554,58	-1	SN	41	3	7
	003428638	BEARING LOCKNUT, N-14, NUT LOCK BEARING,	\$ 38.118,75	\$ 19,059	6	2 en 9 años	-1	568,48	-1	SN	59	4	8
	003430659	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 8 IN CLASS 300	\$ 14.169,93	\$ 7,085	6	2 en 9 años	-1	556,50	-1	CN	39	3	7
	003430576	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 4 IN CLASS 300	\$ 19.220,89	\$ 9,610	6	1 en 5 años	-1	559,03	-1	CN	39	3	7
	003338290	SHAFT, PUMP, EJE, MATERIAL AISI 4140	\$ 3.390.975,00	\$ 1.695,488	3	1 en 8 años	-2	2.244,91	1	SN	210	6	8
	003338175	HOUSING, BEARING UNIT, HOUSING BEARING	\$ 4.400.000,00	\$ 2.200,000	2	no tiene		2.749,42	1	SN	43	3	6
	003430659	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 8 IN CLASS 300	\$ 14.169,93	\$ 7,085	6	2 en 9 años	-1	556,50	-1	CN	39	3	7
003430576	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 4 IN CLASS 300	\$ 19.220,89	\$ 9,610	6	1 en 9 años	-2	559,03	-1	CN	39	3	6	

Fuente: Tabla 8. Elaboración propia de los autores, basada en datos estándar investigados en el sistema interno de información de la refinería de Cartagena.

Nota: Los resultados arrojados en la toma de decisión por medio de los parámetros de aplicación, entre los listados de repuestos de alta y media criticidad de equipos rotativos y estáticos, se podrán observar en el **ANEXO B**.

3.3 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PARAMETROS DE REPOSICIÓN EN LOS REPUESTOS ANALIZADOS POR EL RCS EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTATICOS DE LA PLANTA DE CRUDO

La política de inventario establecida para la parametrización de los repuestos, se conoce con el nombre de “revisión continua”, está permite realizar compras automáticamente cuando la existencia en bodegas de un material estén por debajo del punto de reorden ROP, donde se evita el análisis aplicado por los administradores de inventario. Esta política contrasta con la “revisión periódica”, que consiste en establecer un tiempo determinado de revisión, en caso que el inventario del repuesto se encuentre por debajo de la cantidad ROP, “en este momento se debe realizar la compra de material”, si la existencia del repuesto están por encima del punto de reorden se debe esperar o mantener un periodo de tiempo hábil hasta el siguiente ciclo para realizar la gestión de compra.

La política de inventario está establecida por la metodología de pronósticos aplicada en el sistema de información interna ELLIPSE (algoritmos 1 0, 1 1 y 1 2), pero en la mayoría de los repuestos esta opción se encuentra desactivada, por la aplicación de la matriz RAM, para la clasificación de sus materiales en (U, usuario), (S, soporte), (K, critico), (P, especial) y (E, esencial), estos son los más usados, a partir de la categorización y teniendo en cuenta la información empírica del consumo anual de los materiales, el ADIN realiza la parametrización del repuesto. Si un equipo es nuevo, se considera la información entregada por el proveedor de los materiales que complementa el producto, realizándose en la empresa adquisitoria una reunión de expertos para determinar la categorización, punto de reorden y la cantidad de pedido de los repuestos.

La metodología de parametrización del RCS es más efectiva que la aplicada actualmente en la refinería, por qué no utiliza valores empíricos ni subjetivos, la optimización se refleja a través de los cálculos del valor de mantener el repuesto en custodia, costos de oportunidad, la tasa interna de retorno de la empresa, y algunos otros costos identificados en la siguiente tabla:

Nota: los valores estipulados en la (Tabla 8), se halla el porcentaje del valor generado por mantener un repuesto en inventario, son valores proporcionales a los reales.

El porcentaje que se obtiene es multiplicado por el costo de compra del material y el resultado señala el costo de mantener ese repuesto en inventario.

Tabla 9. Cálculo del porcentaje de custodia de un material

COSTO ANUAL DEL CONTRATO (ALMACENAR)	
Cuota mensual	\$ 53.000.000,00
Año (# meses)	12
Valor del Contrato anual de la Bodega	\$ 636.000.000,00
COSTO DE OPORTUNIDAD DEL AREA DE BODEGA	
Valor por custodia del metro cuadrado en zonas industriales	\$ 12.000,00
Metros cuadrados de las bodegas	5.000,00
Valor por custodia de la bodegas	\$ 60.000.000,00
DEVENGADO POR PERSONAL	
Gastos operativos (Personal de administración de inventarios)	\$ 400.000.000,00
SEGURIDAD	
Costos por hurto o daños (incidentes y accidentes) anuales	\$ 20.000.000,00
DEP. COMPRA	
Gastos operativos (Personal departamento de compras).	\$ 500.000.000,00
EQUIPOS	
Costo promedio por maquinaria	\$ 60.000.000,00
No. De maquinarias	5,00
Valor de compra de maquinarias	\$ 300.000.000,00
Depreciación a 36 meses	36,00
Valor de depreciación	\$ 8.333.333,33
Valor de depreciación anual por maquinarias	\$ 100.000.000,00
TOTAL DE GASTOS POR MTTT.	
Total de gastos por manuntención de la bodega	\$ 1.716.000.000,00
Valor del inventario de las Bodegas	\$ 37.000.000.000,00
Porcentaje de gastos sobre compras y consumo	4,64%
TIR (tasa interna de retorno de ECOPEPETROL) "costo de oportunidad"	10%
Porcentaje por tener en custodia un material en la bodega	15%

Se obtuvo un porcentaje del 15%, esto significa que por \$1 peso de cada repuesto se cobra \$ 15 centavos por su custodia.

- Para calcular ROQ se utilizó la formula de lote económico:

- ROQ (EOQ): A través de la fórmula:

$$EOQ = \sqrt{(2 * R * P) / (C * i)}$$

EOQ = Lote Económico de Pedido en unidades de compra

R = Consumo estimado anual. Es el promedio de los últimos doce periodos de los consumos no programados.

P = Costo de colocación de una orden de compra (ver costo de comprar en el siguiente capítulo).

C = Costo unitario del material

I = Costo anual en porcentaje de tener el inventario

- ROP Manual

$$ROP = AMU * LT / 30.42$$

Donde:

AMU = Consumo promedio mensual

LT = Tiempo de reposición en días

30.42 = Promedio de días por mes

El RCS permite optimizar los inventarios a través de este método, por que mantiene en la bodega de materiales las existencias necesarias mientras que se recibe el siguiente pedido (stock de seguridad), por lo tanto en caso de falla criticas que logren bajar la carga de producción o de apagar la planta, cuenta con el repuesto un 70%, ya que la metodología se enfoca en preservar los repuestos críticos de los equipos críticos de la planta, así mismo baja potencialmente el costo por desabasto reduciendo el valor del inventario.

3.3.1 PARÁMETRIZACION POR MEDIO DEL RCS A LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE ALTA CRITICIDAD

Los parámetros de reposición de repuestos de los equipos rotativos establecidos entre ECOPETROL y la metodología RCS (vease Tabla 10) son comparados, teniendo en cuenta que la empresa definió sus parámetros inicialmente a través de promedios móviles y factores de suavización, luego por medio del consumo regular se determina empíricamente según el número de equipos que utilizan estos materiales; Mientras que la metodología de confiabilidad basado en los repuestos (RCS), manifiesta los parámetros de reposición por medio de los parámetros de aplicación, EOQ, algoritmos manuales.

Tabla 10. Parámetro de reposición equipos rotativos RCS Vs ECOPETROL S.A.

PARAMETRIZACION POR RCS A LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE ALTA CRITICIDAD					PARAMETRIZACION POR DE ECOPETROL			
COMP	COD_MATE- RIAL	ITEM_DESC	ROQ	ROP	ROP	ROQ	CLASIF.	EEB
TUV9	003519683	BALL, BEARING ,BALL DIAMETER:1/2 IN (12.	0	0	0	50	S	55
	003403342	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:20 MM, OD:47	2	0	0	1	E	0
	003402419	BEARING, BALL, DUPLEX ,ID:35 MM OD:72 MM	3	0	2	2	U	0
	003366002	RING, STOP ,PACKING RING STOP	6	0	0	0	U	0
	000507509	BEARING,JOURNAL ,GOVERNOR END (B2528)	3	0	1	1	S	2
	000072256	SPRING ,SPRING EMERGENCY VALVE	2	0	0	0	U	2
	000507517	DEFLECTOR, OIL ,DEFLECTOR OIL	2	0	0	1	S	1
	000509547	SPRING ;	2	0	0	0	U	0
	000509786	COOLER, FLUID, INDUSTRIAL ;	0	0	0	0	U	0
	003365533	SEAT, SPRING ,SPRING, HELICAL, COMPRESSION.	1	0	0	8	S	3
	003367117	VALVE, AIR VENTING, STEAM ,JET STEAM ASS	0	0	1	1	K	2
	003367125	PIN, STRAIGHT ,SHAFT GOVERNOR LEVER (PAS	0	0	0	0	U	0
	003367133	CONNECTOR, ROD END ,BALL ROD END ASSEMBL	2	0	0	1	S	1
	003367141	NUT ,SHAFT NUTS (TUERCAS)	2	0	0	1	S	1
	3367166	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING GOV	2	0	0	1	S	1
	003367182	VALVE, AIR VENTING, STEAM ,STEAM VALVE A	2	0	0	1	S	2
	003367208	VALVE, RELIEF, PRESSURE AND TEMPERATURE	0	0	0	0	U	0
	003366598	LEVER, MANUAL CONTROL ,LEVER EMERGENCY T	2	0	0	0	U	3
	003367190	VALVE ,VALVE GOVERNOR ASSEMBLY, 3-1/2 IN	2	0	1	1	K	2
	003367232	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING REL	1	0	0	0	U	0
	003366143	WEIGHT, GOVERNOR ,WEIGHT EMERGENCY GOVER	0	0	0	0	U	1
	003366317	WEIGHT, GOVERNOR ,P/N:T-100203C09 (2 EA/	3	0	0	0	U	0
	003365673	TAPPET, ENGINE POPPET VALVE ,TAPPET EMER	0	0	0	0	N	0
	000507491	BEARING,COUPLING END ASSY. ;	3	0	1	2	E	0
	000507392	CASE-GLAND ,ASSEMBLY GLAND CASE	0	0	0	0	U	0
	000509596	COLLAR, THRUST. ;	3	0	0	0	U	2
	000510065	SEAL RING, NONMETALLIC ;	3	0	1	2	S	0
	003365947	INDICATOR, SIGHT, LIQUID ,VIDRIO INDICAD	0	0	2	2	S	4
	003365962	NUT ,NUT ADJUSTING SPRING GOVERNOR	0	0	0	0	U	0
	003365988	CARBON BLOCK, WELDING ,JUEGO DE CARBON,	9	2	7	11	E	84
	000070771	SCREW, MACHINE ,SCREW EMERGENCY WEIGHT E	0	0	0	0	U	0
	000507459	SPRING ;	6	1	0	0	U	1
	003365517	SCREW, ADJUSTING ,EMERGENCY	0	0	0	0	N	0
	3365608	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING VAL	2	0	0	0	U	1
003477205	DISK, TURBINE, TURBINE ENGINE ,WHEEL TUR	1	0	0	0	U	0	
003366077	SHAFT, TURBINE ,SHAFT WHEEL WITH TWO NUT	2	0	0	0	U	0	
003365533	SEAT, SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,ITEM 106	3	0	0	8	S	3	

COMP	COD_MATE- RIAL	ITEM_DESC	ROQ	ROP	ROP	ROQ	CLASIF.	EEB
CP117	003402781	BEARING, BALL, ANNULAR, ID:75 MM, OD:130	3	0	1	2	E	1
	003402575	BEARING, BALL, DUPLEX, ID:70 MM, OD:150	5	1	2	4	E	5
	003338126	GASKET, COOLER TO BEARING HOUSING, ITEM	1	0	0	0	U	0
	003338134	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:13-1/4, OD:13-1	3	0	2	4	S	6
	003338142	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:13-31/32, OD:14	3	0	2	4	E	3
	003338159	GASKET, ID:5-7/8 X OD:7-11/16 X ESPESOR: GRAPOIL	2	0	2	2	S	5
	003338167	GASKET, ID:5-1/8 X OD:7 X ESPESOR:1/32 I (papel humedo)	2	0	2	2	S	4
	003338183	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:12-3/4 I	1	0	0	1	K	1
	003338217	SCREW, SELF-LOCKING, LOCKSCREW IMPELLER	1	0	0	1	S	1
	003338233	NUT, IMPELLER, ITEM 258	1	0	0	1	S	1
	003338258	RING, WEARING, RING WEARING CASING FRONT	1	0	1	1	S	4
	003338266	RING, WEAR, IMPELLER, RING IMPELLER, MAT	0	0	1	1	S	1
	003338274	SEAL RING, NONMETALLIC, RING OIL, RADIAL	2	0	2	2	S	4
	003338308	SHIM, SHIM, P/N: 250B257X1-669, CCN: 600	0	0	0	1	S	1
	003338316	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, THROWER OIL	2	0	0	1	S	1
	003338324	WASHER, IMPELLER, ITEM 246	0	0	0	1	S	2
	003338076	COVER, BEARING END COVER INBOARD	1	0	0	0	U	1
	003338084	COVER, BEARING END COVER OUTBOARD	1	0	0	0	U	1
	003338092	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX	1	0	1	1	S	1
	003338100	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, FLINGER INBO	0	0	0	1	S	3
	003338118	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, FLINGER OUTB	0	0	0	1	S	1
	003424637	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-14	2	0	0	1	S	1
	003428638	BEARING LOCKNUT, N-14, NUT LOCK BEARING,	2	0	0	2	S	4
	003430659	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 8 IN CLASS 300	2	0	0	0	N	0
	003430576	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 4 IN CLASS 300	2	0	0	0	N	0
	003338290	SHAFT, PUMP, EJE, MATERIAL AISI 4140	1	0	0	1	S	1
	003338175	HOUSING, BEARING UNIT, HOUSING BEARING	0	0	0	0	U	0
	003430659	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 8 IN CLASS 300	2	0	0	0	N	0
	003430576	GASKET, SPIRAL WOUND, SIZE 4 IN CLASS 300	1	0	0	0	N	0

COMP	COD_MATE- RIAL	ITEM_DESC	ROQ	ROP	ROP	ROQ	CLASIF.	EEB
CP106	000109728	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:55 MM, O	2	0	12	20	K	20
	003403839	BEARING, BALL, ANNULAR, ID:50 MM, OD:110	2	0	3	5	K	7
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC, ITEM 31	0	0	1	1	S	4
	000397059	SCREW, CAP, SOCKET HEAD, SIZE:7/16 IN, L	0	0	0	1	S	1
	3335783	COVER, COVER END BEARING	0	0	0	0	U	0
	003335817	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:10-3/16	0	0	1	0	K	2
	003335916	DEFLECTOR, RING (FLINGER), INBOARD, COUP	0	0	1	1	S	2
	003335841	RING, WEARING, ANILLO, OD:127.00, ID:117	2	0	1	0	k	10
	003335882	RING, WEAR, IMPELLER, ANILLO, OD:116.65,	2	0	2	1	k	4
	003335973	COLLAR, LOCKING, IMPELLER, ITEM 312	0	0	2	4	S	4
	003335650	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX	0	0	0	0	S	1
	003335726	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL, ;	0	0	0	0	S	7
	000055210	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:80 MM, OD:91 MM	2	0	2	2	S	3
	003351343	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED, SEA	0	0	0	0	U	0
	003424603	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-11	2	0	1	1	S	4
	003428604	BEARING LOCKNUT, N-11, NUT LOCK BEARING,	2	0	2	4	S	6
	000639344	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE:163, TYP	0	0	0	0	U	0
	003335908	SHAFT, PUMP, ;	2	0	0	1	S	2
	003335809	HOUSING, BEARING UNIT, HOUSING BEARING	0	0	0	0	U	0

COMP	COD_MATE- RIAL	ITEM_DESC	ROQ	ROP	ROP	ROQ	CLASIF.	EEB
TUV8	3366002	RING, STOP ,PACKING RING STOP	4	0	0	0	U	0
	003366010	ROD END, THREADED ,ROD TRIP EMERGENCY	2	0	0	0	U	1
	003366069	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SEAT SPRIN	0	0	0	0	U	2
	000072256	SPRING ,SPRING EMERGENCY VALVE	0	0	0	0	U	2
	003365533	SEAT, SPRING ,ITEM 106	0	0	0	8	S	3
	003366184	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING GOV	0	0	0	0	U	0
	003366200	WEIGHT, GOVERNOR ,(2 EA/ST)	0	0	0	0	U	0
	000510156	TRIGGER ,TRIGGER-VALVE, A3922, FOR SERIAL	2	0	0	0	U	0
	003366127	VALVE ,VALVE GOVERNOR 1 IN	0	0	1	1	K	3
	003366135	WASHER ,WASHER SPACER	0	0	0	0	U	1
	003366143	WEIGHT, GOVERNOR ,WEIGHT EMERGENCY GOVER	0	0	0	0	U	1
	003366168	EJECTOR, JET ,JET STEAM ASSEMBLY 0.368 I	0	0	0	0	U	0
	003366309	GOVERNOR, TURBINE ENGINE ,GOVERNOR HYDRA	0	0	0	0	U	2
	000507491	BEARING, COUPLING END ASSY ,	3	0	1	2	E	0
	000507392	CASE-GLAND ,ASSEMBLY GLAND CASE	0	0	0	0	U	0
	000507400	DISC, EMERGENCY GOVERNOR ASSY ,NOTE: THI	2	0	0	1	K	1
	000509596	COLLAR, THRUST ,	2	0	0	0	U	2
	000509653	RING, PACKING ,DWG.CE-219449, ITEM 439	4	1	1	1	S	15
	000510065	SEAL RING, NONMETALLIC ,	3	0	1	2	S	0
	003365947	INDICATOR, SIGHT, LIQUID ,VIDRIO INDICAD	2	0	2	2	S	4
	003365954	GUIDE, VALVE STEM ,GUIDE VALVE STEAM	0	0	0	0	U	0
	003365962	NUT ,NUT ADJUSTING SPRING GOVERNOR	0	0	0	0	U	0
	003365988	RING, CARBON ,JUEGO DE CARBON, PLANO 110	2	0	7	11	E	84
	000070771	SCREW, MACHINE ,SCREW EMERGENCY WEIGHT E	0	0	0	0	U	0
	000071795	SPRING ,SPRING GOVERNOR VALVE	2	0	0	0	U	1
	000507459	SPRING ,	0	0	0	0	U	1
	000510123	SPRING ,	2	0	9	9	K	10
	003366036	SEAT ,SEAT ADJUSTING SPRING VALVE	0	0	0	0	U	0
	003366044	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING BAC	0	0	0	0	S	0
	003366150	DISK, TURBINE, TURBINE ENGINE ,WHEEL TUR	2	0	0	0	U	0
	003366077	SHAFT, TURBINE ,SHAFT WHEEL WITH TWO NUT	2	0	0	0	U	0
	003365533	SEAT, SPRING ,ITEM 106	1	0	0	8	S	3

COMP	COD_MATE- RIAL	ITEM_DESC	ROQ	ROP	ROP	ROQ	CLASIF.	EEB
FIM202	003430568	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE:4 IN, CLASS:1	0	0	0	0	N	0
	003430600	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE:6 IN, CLASS:1	3	0	0	0	N	0

Fuente: Tabla 10. Elaboración propia de los autores, Comparación de parámetros de reposición metodología RCS Vs ECOPETROL.

3.3.2 PARÁMETRIZACION POR MEDIO DEL RCS A LOS EQUIPOS ESTATICOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD

Los parámetros de reposición de repuestos de los equipos *estáticos* establecidos entre ECOPETROL y la metodología RCS (vease Tabla 11), teniendo en cuenta que la empresa definió sus parámetros inicialmente a través de promedios móviles y factores de suavización, luego por medio del consumo regular se determina empíricamente según el número de equipos que utilizan estos materiales; Mientras que la metodología de confiabilidad basado en los repuestos (RCS), manifiesta los parámetros de reposición por medio de los parámetros de aplicación, EOQ, algoritmos manuales.

Tabla 11. *Parámetro de reposición equipos estáticos RCS Vs ECOPETROL S.A.*

Código	Ítem Description	ROP	ROQ
003425881	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:1-1/4 X 8-	15	39
003425436	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:7/8 X 5-1/	65	91
003425238	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:3/4 X 4-1/	205	162
000133660	STUD, CONTINUOUS THREAD ;DIAMETER:5/8 IN	150	138
000133686	STUD, CONTINUOUS THREAD ;DIAMETER:5/8 IN	315	199
000080598	FLANGE, PIPE ;SIZE:1 IN CLASS:300 TYPE:W	1	7
000080671	FLANGE, PIPE ;SIZE:2 IN CLASS:300 TYPE:W	2	15
003369253	PIPE, METALLIC ;ND:1 IN SCH:80 LGTH:SRL	35	42
000080762	FLANGE, PIPE ;SIZE:4 IN CLASS:300 TYPE:W	5	17
003369311	PIPE, METALLIC ;ND:2 IN SCH:80 LGTH:SRL	30	43
003369386	PIPE, METALLIC ;ND:3 IN, SCH:80, LGTH:SR	1	8
003369410	PIPE, METALLIC ;ND:4 IN, SCH:80, LGTH:SR	1	6
003826161	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2444 (850 K		0
003826187	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2132 (850 K		0
003425881	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:1-1/4 X 8-	15	39
003425436	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:7/8 X 5-1/	65	91
003425238	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:3/4 X 4-1/	205	162
000133686	STUD, CONTINUOUS THREAD ;DIAMETER:5/8 IN	315	199
003429792	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:8 IN	20	46
000138362	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:2 IN,	45	73
003429719	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:3 IN,	50	77
003429735	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:4 IN	30	62
003369311	PIPE, METALLIC ;ND:2 IN SCH:80 LGTH:SRL	30	43
003369386	PIPE, METALLIC ;ND:3 IN, SCH:80, LGTH:SR	1	8
003369410	PIPE, METALLIC ;ND:4 IN, SCH:80, LGTH:SR	1	6
003826161	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2444 (850 K		0
003826187	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2132 (850 K		0
000080671	FLANGE, PIPE ;SIZE:2 IN CLASS:300 TYPE:W	1	1

003391794	INSULATION BLANKET, THERMAL ;FIBRA CERAM	1	2
003416161	FLANGE, GLAND, VALVE ;PILOT, JET HOLDER		1
003542578	TILE, CLAY ;LADRILLO REFRACTARIO PARA HO	2	7
003543220	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	1	2
003543238	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP		0
003416260	BOLT, FIREBRICK ANCHOR ;MATERIAL:AISI 30		23
003416310	CLAMP, TOGGLE ;MARIPOSA (TOGGLE), MATL:A	1	3
003542164	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-5/8 IN DIA. X 1-		0
003542156	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-3/4 IN DIA. X 1-		4
003542586	PILOT ;PILOT, ITEM 300, GAS BURNER HEVD-	1	5
003415619	NOZZLE ;PILOT TIP.(BOQUILLA PILOTO DEL Q	1	5
003416989	STUD, CONTINUOUS THREAD ;STUD, SS-310, 4		43
003417060	TUBE, METALLIC ;OD:5 IN, WTH:0.250 IN, L		6
003543188	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP		0
003543196	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP		0
003472677	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	1	2
003543188	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP		0
003543220	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP		0
003543238	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP		0
003940764	THERMOWELL ;TERMOPOZO DE 1-1/2 IN, 300#,		0
003391794	INSULATION BLANKET, THERMAL ;FIBRA CERAM		0
003415577	DIFFUSER, AIR SUPPLY ;BURNER GAS PREMIX	1	3
003415593	BRICK, REFRACTORY, STRAIGHT ;BURNER TILE		6
003415601	NOZZLE ;GAS TIP; (THREADED);		0
003415619	NOZZLE ;PILOT TIP.(BOQUILLA PILOTO DEL Q	3	10
003415635	GUIDE ;CAST VERTICAL GUIDE FOR VERTICAL	5	6
003415643	GUIDE ;CAST TUBE GUIDE MARK 1 TYPE LPM 2		0
003415650	GUIDE ;CAST TUBE GUIDE MARK 2 TYPE LPM 2	2	6
003415668	GUIDE ;CAST VERTICAL GUIDE FOR VERTICAL		2
003416260	BOLT, FIREBRICK ANCHOR ;MATERIAL:AISI 30		9
003424884	WASHER, FLAT ;SIZE:5/8 IN TYPE: SERIE:		28
003426426	BOLT, SQUARE NECK ;SIZE-TYPE-LENGTH:3/8	1	4
003543204	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	1	1
003745924	GUIDE ;CAST TUBE GUIDE MARK 1 TYPE LPM 2	3	10
003780699	GUIDE ;CAST VERTICAL GUIDE FOR VERTICAL	5	12
003932217	FIBER, CERAMIC ;PYRO-BLOC Y MODULE, CERA	1	13
003542156	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-3/4 IN DIA. X 1-		2
003542164	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-5/8 IN DIA. X 1-		3

003416989	STUD, CONTINUOUS THREAD ;STUD, SS-310, 4		13
003417060	TUBE, METALLIC ;OD:5 IN, WTH:0.250 IN, L		6
003542222	BEND, TUBE, RETURN ;DOG FOR 5 IN RETURN	1	3
003542230	SCREW, MACHINE ;SIZE-LENGTH:3/4 X 2-3/4	1	7
003542255	TILE, CLAY ;LADRILLO REFRACTARIO PARA HO		0
003543220	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	1	4
003543238	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	1	4
003940764	THERMOWELL ;TERMOPOZO DE 1-1/2 IN, 300#,		0
000080671	FLANGE, PIPE ;SIZE:2 IN CLASS:300 TYPE:W		0
003391794	INSULATION BLANKET, THERMAL ;FIBRA CERAM	1	1
003416989	STUD, CONTINUOUS THREAD ;STUD, SS-310, 4		16
003417060	TUBE, METALLIC ;OD:5 IN, WTH:0.250 IN, L		4
003424884	WASHER, FLAT ;SIZE:5/8 IN TYPE: SERIE:		5
003472677	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	1	1
003542255	TILE, CLAY ;LADRILLO REFRACTARIO PARA HO	1	6
003543188	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	2	6
003543196	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	2	6
003940764	THERMOWELL ;TERMOPOZO DE 1-1/2 IN, 300#,		0
003934304	NOZZLE, SPRAY, FLUID-EMULSION ;SPRAY NOZ	1	2
003934312	NOZZLE, SPRAY, FLUID-EMULSION ;SPRAY NOZ	1	2
003394467	TOWER PACKING, STRUCTURED ;MELLAPAK R TI	1	3
003394475	TOWER PACKING, STRUCTURED ;MELLAPAK R TY	1	3
003394459	TOWER PACKING, STRUCTURED ;MELLAPAK R TI	1	4
003934296	EJECTOR, JET ;EJECTOR DIFFUSER	1	3

Fuente: Tabla 10. Elaboración propia de los autores, Comparación de parámetros de reposición metodología RCS Vs ECOPETROL.

4. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGIA RCS APLICADO A LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA

4.1 SIMULACION DEL EFECTO POR FALLA DE UN REPUESTO EN LA PLANTA DE CRUDO EN LA REFINERIA DE CARTAGENA.

4.1.1 DEFINICION

Simular es crear un modelo que permita aproximar a la vida real un sistema de eventos relacionados entre sí, y generar por medio de probabilidades y estimaciones situaciones futuras del sistema, de tal forma que permita revelar o suponer el comportamiento del mismo. Para mejor entendimiento del proyecto de investigación del RCS en la planta de crudo de la refinería de Cartagena, se realiza una simulación del proceso que ocurre en el momento que se genere una falla en la Unidad de Destilación Combinada (Véase Material complementario 2). Se logra representar la idea de las fallas dentro de la planta relacionando un conjunto de eventos lógicos o matemáticos que regulen el comportamiento del sistema.

Los objetivos de la simulación[17] es representar una conducta a través de la falla de un repuesto en un determinado equipo de la planta UDC, para establecer un símil entre los parámetros de reposición de repuestos establecidos por ECOPETROL y los hallados por la metodología RCS, de tal forma identificar el número de veces con insuficiencias de existencias a la hora de tener un pedido de material, hallar el valor promedio anual por custodia de una material, el cual refleja la cantidad de inventario que se debe tener de ese repuesto y por último el número promedio de veces que se requiere comprar el repuesto por inexistencia.

4.2 ETAPAS DE LA SIMULACIÓN

4.2.1 PRIMERA ETAPA DE LA SIMULACIÓN

Se estipula la problemática del caso y se identifican los objetivos de estudio: obtener un modelo de simulación de reposición de repuestos generado en el programa Microsoft Visual Basic 2005 Express Edición¹⁸, que refleja la problemática de un sistema real por eventos de fallas y/o mantenimientos a repuestos.

[17] Simulación de elaboración propia de autores, representación de un repuesto en falla que se encuentra en un CD como material complementario No. 2.

- Identificar el comportamiento de abastecimiento de un repuesto por medio de los parámetros de reposición establecidos por ECOPETROL y la metodología RCS.

- Analizar el desempeño de los indicadores escogidos (existencias insuficientes, costo de custodia acumulado y número de compras por pedido).
- Comparar los resultados obtenidos por cada modelo para determinar cual sistema ofrece mayores beneficios.

4.2.2 SEGUNDA ETAPA DE LA SIMULACION

Se recolecta los datos y se define el sistema a simular para definir las particularidades y las medidas de desempeño a evaluar del modelo de reposición de stock. Las características que presenta el modelo de simulación son las siguientes:

- El sistema consta de un único repuesto para analizar su comportamiento durante 10 años de actividad. Se estipula este tiempo por corrida, ya que el ciclo de vida del mantenimiento general de la planta es cada 4 años, por lo tanto concretando en 10 años de actividad se refleja dos ciclos del comportamiento estándar de la planta.
- El tiempo de entrega establecido por el proveedor para el tránsito del repuesto (véase, numeral 2.2.4. P. 44).
- El costo de repuesto es el costo sin IVA del material (véase, numeral 2.2.2. P. 37).
- Las probabilidades de la falla de los equipos, la conexión de los equipos en stand-by, probabilidades de parada de planta se regulo por los datos obtenidos de los años 2005, 2006 y 2007 en árbol de probabilidades.
- Los tiempos de mantenimiento y tiempo medio entre fallas se estipulan por medio de datos establecidos por ATP.

^[18] Entorno de desarrollo integrado para sistema operativo Windows, permite crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma.

Tiene una casilla en la que se calcula el costo acumulado por custodia, que se obtuvo por una serie de estimaciones que plasmaron como resultado que se requiere \$15 pesos por cada \$100 pesos de repuesto custodiado en el inventario (véase, Tabla 9. P. 62).

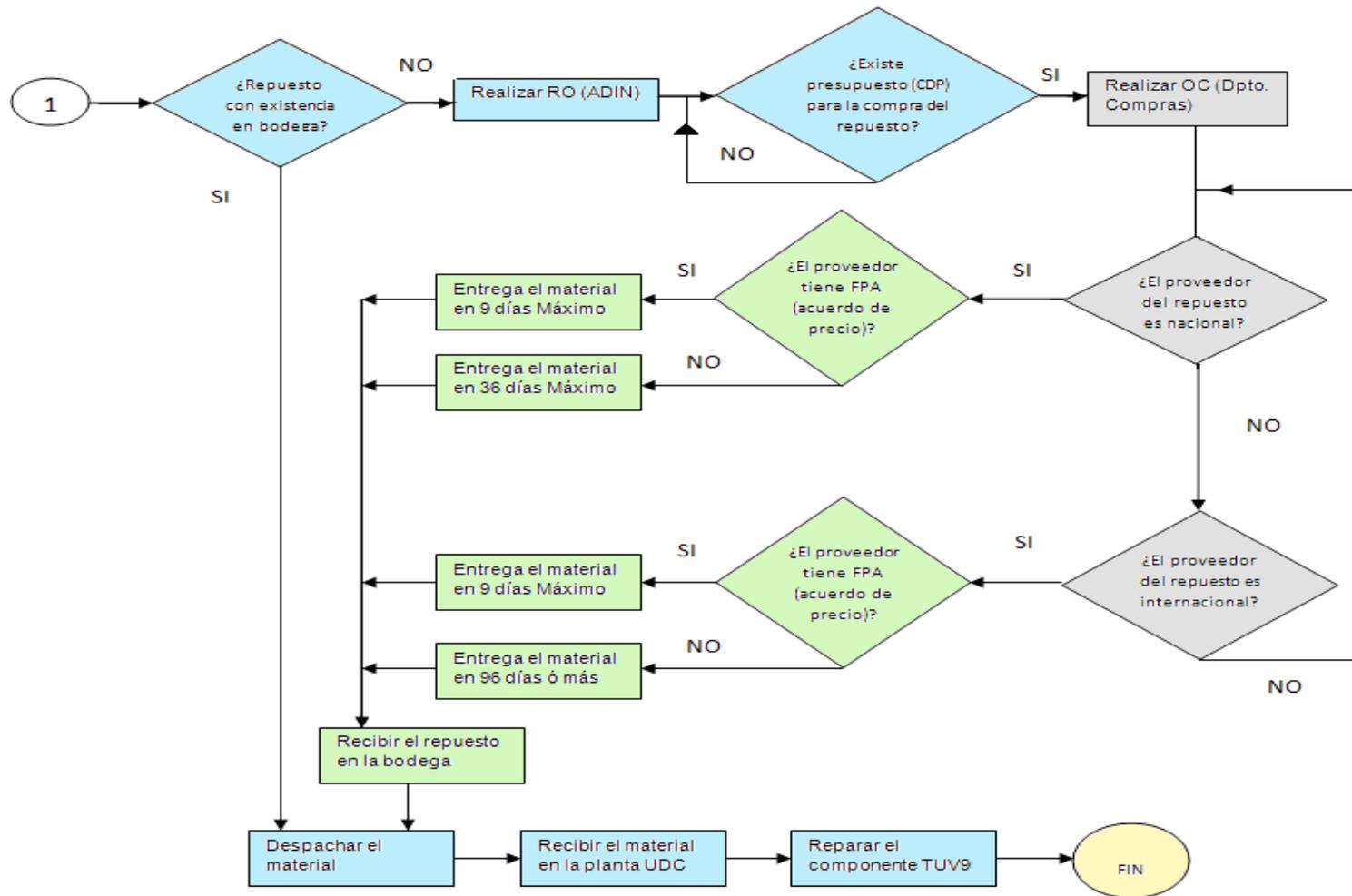
- El costo y el número de los barriles estipulados en la simulación son estimados y aproximaciones basados en datos históricos y promedios de consumo (véase, Tabla 1 y 2. P. 42 - 43).
- Los tiempos de reparación se basan en la ecuación de pérdida (véase, Figura 5. P. 42)
- La definición de cada uno de los parámetros y variables están registrados en la *Figura 8*.

Figura 8. Variables y parámetros de la simulación RCS.

Columna	Valores posibles	Comentario
Habilitado	0 ó 1	Determina qué juego de valores se va a utilizar para la simulación. Solamente puede haber una fila con valor 1
ID	Mayor que 0	Un número identificativo del juego de valores
PeriodoMantenimiento	Mayor que 0	Tiempo en días en el que se debe realizar el mantenimiento del repuesto
IntervaloFalla	Mayor que 0	Tiempo máximo en días dentro del cual se puede producir aleatoriamente la falla del repuesto
ExistencialInicial	Mayor o igual que 0	Existencia inicial del repuesto al iniciar la simulación
PuntoReorden	Mayor o igual que 0	Valor de existencia en el cual se debe generar un pedido de compra del repuesto
CantidadReorden	Mayor que 0	Valor utilizado para calcular la cantidad a comprar: CantidadReorden - Existencia
TiempoEntrega	Mayor o igual que 0	Tiempo en días necesario para que el proveedor entregue los repuestos comprados
CostoRepuesto	Mayor o igual que 0	Costo por unidad de repuesto
CostoCustodiaAnual	Mayor o igual que 0	Costo de mantener en almacenes una unidad de repuesto durante un año
ProbabilidadFallaDeEquipo	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que la falla del repuesto provoque una falla en el equipo
ProbabilidadStandByDisponible	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que luego de una falla del repuesto, el standby esté disponible y no falle
ProbabilidadConexionCorrecta	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que luego de una falla del repuesto, las conexiones no fallen
ProbabilidadDisminucionDeProduccion	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que la falla del repuesto provoque una disminución de producción
CantidadBarrilesPerdidaMinimo	Mayor o igual que 0	Cantidad mínima de barriles de disminución de producción
CantidadBarrilesPerdidaMaximo	Mayor que CantidadBarrilesPerdidaMinimo	Cantidad máxima de barriles de disminución de producción
GananciaPerdidaPorBarril	Mayor o igual que 0	Ganancia perdida por cada barril no producido
ProbabilidadParadaDePlanta	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que la falla del repuesto provoque una parada de planta
TiempoReparacionMinimo	Mayor o igual que 0	Tiempo mínimo en horas que se demora en reparar el equipo cuando hay parada de planta
TiempoReparacionMaximo	Mayor que TiempoReparacionMinimo	Tiempo máximo en horas que se demora en reparar el equipo cuando hay parada de planta
CostoPlantaParada	Mayor o igual que 0	Costo por hora de tener la planta parada

Fuente: Figura 8. Elaboración propia de los autores, variables efectuada para el proceso de simulación de un repuesto en falla.

Para mayor comprensión en el proceso de falla de un repuesto se realiza el siguiente diagrama de flujo:



Fuente: Diagrama de flujo de elaboración propia de los autores, demuestra el proceso de falla de un repuesto en la planta de crudo refinera de Cartagena.

4.2.3 TERCERA ETAPA DE LA SIMULACION

Verificación de la semejanza entre el comportamiento del modelo simulado con la realidad en la planta de crudo de la refinería de Cartagena. La verificación se fundamentó en asegurar que las suposiciones que se utilizaron en el modelo son acertadas y representativas del comportamiento regular de la Unidad de Destilación Combinada.

La confirmación del modelo se realiza mediante el sistema simulador Visual Basic, atribuyéndole los parámetros de reposición de ECOPETROL de ROP y ROQ, luego se ejecutaron 10 corridas de 10 años cada una, de esta forma se obtiene la media aritmética del número de pedidos realizados en el modelo y se compara con la rata de consumo (véase, capítulo 5.1) en el MSO 178 del software ELLIPSE.

NOTA: para la búsqueda de la rata de consumo en Ellipse (véase, Instructivo I -01, Material complementario 1.) Se encuentra adjunto a este proyecto.

4.2.4 CUARTA ETAPA DE LA SIMULACIÓN (Construcción y validación de los programas).

Para desarrollar la primera etapa, se genera un modelo de simulación, que reproduce un comportamiento semejante a la reposición de repuestos en la bodega de la refinería de Cartagena. En el modelo se controla las probabilidades de falla de los equipos, los parámetros de reposición de repuestos, los costos por parada de planta y bajas de carga.

Para la creación del modelo se utiliza el software Visual Basic 6.0 HP. Los input de este programa son estipulados por el modelador, en este caso se utiliza variables y parámetros que representen características con procesos lógicos reservando funciones en su lenguaje.

No es posible validar completamente el modelo ya que los parámetros de reposición generados por la metodología RCS, son aplicados a un repuesto empleado en un equipo específico, en cambio los parámetros establecidos por ECOPETROL son aplicados a un repuesto empleado por varios equipos.

Consiste también en comparar datos del sistema real con datos generados por el modelo de simulación para analizar si el modelo representa adecuadamente el sistema real o llega a semejarse.

4.2.5 QUINTA ETAPA DE LA SIMULACION

Corridas pilotos y diseño del experimento.

Las corridas pilotos es el plano exacto a evaluar, para tener claro las cantidades de corridas correctas a ejecutar, siempre y cuando al principio del experimento se tomaron cierta cantidades de corridas arbitrarias o supuestas en la simulación, las corridas primarias fueron una cantidad de 10 cada 10 años por repuesto individual.

Proceso número óptimo de corridas (n^*).

1. Obtención de la Media aritmética y varianza, es por medio de los datos estadísticos alcanzado en las corridas arbitrarias o supuestas.

Consumo en años 18 repuestos.

Tabla 12. Resultado de replicas piloto

Estadístico	No. de repuestos pedidos
Media	1,8
Varianza	0,4

Fuente: Tabla 12. Elaboración propia de los autores, muestra análisis de corridas primarias para determinar la media y la varianza.

2. Calcular el número óptimo de corridas.

Los resultados de las 10 corridas pilotos de la medida correcta de desempeño.

Utilizado la ecuación siguiente para determinar el cálculo de corridas óptimas.

Ecuación (1). Número óptimo de Corrida

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n : t_{i-1, 1-\hat{\alpha}/2} \sqrt{\frac{s_n^2}{i}} \leq \hat{a} \right\}$$

Fuente: Ecuación 1. Aplicación de la metodología de simulación para sincronización de flujo, PDF Pág. 2, España, 2007.

Tabla 13. Variables para el cálculo del número de replicas

Variables		
I	=	Número óptimo de corridas.
β	=	Error máximo permitido.
1-α	=	Nivel de confianza.
S²	=	Varianza de las corridas piloto.
t	=	Valor de la tabla t de <i>student</i>.
n	=	Número de corridas piloto.
n*	=	Número óptimo de corridas.

Fuente: Tabla 13. Elaboración propia de los autores, muestra las variables para el cálculo del número de replicas.

Donde la ecuación (1), queda reducida específicamente así:

$$n^* (0.09) = (1,67303) \sqrt{\frac{(0.4)^2}{55}} = 0,090236$$

La ecuación 1, es empleada para calcular el número óptimo de corridas, utiliza la varianza de las corridas piloto y un error estimado llamado Beta (β). La Beta, que es el máximo error absoluto que se puede permitir de la medida de desempeño.

Se fijo en este estudio en 0.09, lo cual equivale al 5% de la media. El valor (1-α) es el nivel de confianza que se desea; para obtener un valor en la tabla t-student, en este estudio el nivel de confianza se precisó en 0.95.

Tabla 14. Proceso iterativo para identificación del número de replicas.

i	n*B
10	0,23187
19	0,15868
48	0,09683
49	0,09580
50	0,09480
55	0,09024

Fuente: Tabla 13. Elaboración propia de autores

Los cálculos son iterativos y el número de corridas óptimas i es alcanzado cuando el valor calculado de n*(β) es menor o igual al valor establecido de β. únicamente

se muestran los resultados en la Tabla 14, donde también se aprecia que los cálculos finalizaron cuando el valor $n^*(\beta)$ fue igual a 0,090236, que es aproximado al valor de $\beta=0.09$ y fue alcanzado cuando i fue igual a 55 replicas (Ver anexo C).

Por lo tanto, el número óptimo de replicaciones es igual a 55; con esto se aseguró con un 95% de confianza que el error absoluto de la medida de desempeño evaluada fuera menor o igual a 0.09 número de repuestos pedidos.

4.2.6 SEXTA ETAPA DE LA SIMULACION

Análisis de resultados simulados: teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diseño del experimento, se toma como objetivo el modelar la reposición de materiales que emplea ECOPETROL y la metodología RCS después de 55 corridas, se compararon los diferentes medidas proporcionales, que permitan identificar los parámetros de reposición más óptimos para el sistema real.

El desarrollo de la metodología se produjo debido al software Visual Basic 6.0 hp, ya que permitió probar los diversos comportamientos de un proceso de reposición de materiales básico, a través de fallas y mantenimientos de un repuesto.

La comparación de los resultados generados por la simulación se confronta a continuación a través de los siguientes ítems:

Tabla 15. ECOPETROL Vs RCS: Resultados de la simulación.

	Media de medias de cantidades de pedidos anuales	Valor por orden de pedido	Promedio de costo por cantidad de pedido anual	Diferencia por ahorro de orden de pedidos	Prom. Costo de custodia acumulado en 10 años por corrida	DIF. Ahorro por custodia	Promedio de inexistencia del repuesto analizado
PSP405 - ECOP	1,89	\$ 500.000,00	\$ 945.000,00	\$ 15.000,00	\$ 4.403.607,90	\$ 1.075.892,90	0,4
PSP405 - RCS	1,86		\$ 930.000,00		\$ 3.327.715,00		0,2
PSP305 - ECOP	2,33		\$ 1.165.000,00	\$ 115.000,00	\$ 2.360.838,10	\$ 1.162.713,10	0
PSP305 - RCS	2,10		\$ 1.050.000,00		\$ 1.198.125,00		0

Fuente: Tabla 15. Elaboración propia de los autores, muestra la comparación de datos arrojados por la simulación entre ECOPETROL y la metodología RCS (Reliability centered spare), en la planta de crudo refinera de Cartagena.

No. De Ítem en Bodega de materiales: 30 000 aprox. (valor obtenido del software informativo de ECOPETROL, MINS Vu).

Valor por orden de pedido: Costo por orden de compra estipulado en la refinería de Cartagena, soportado por el departamento de compras.

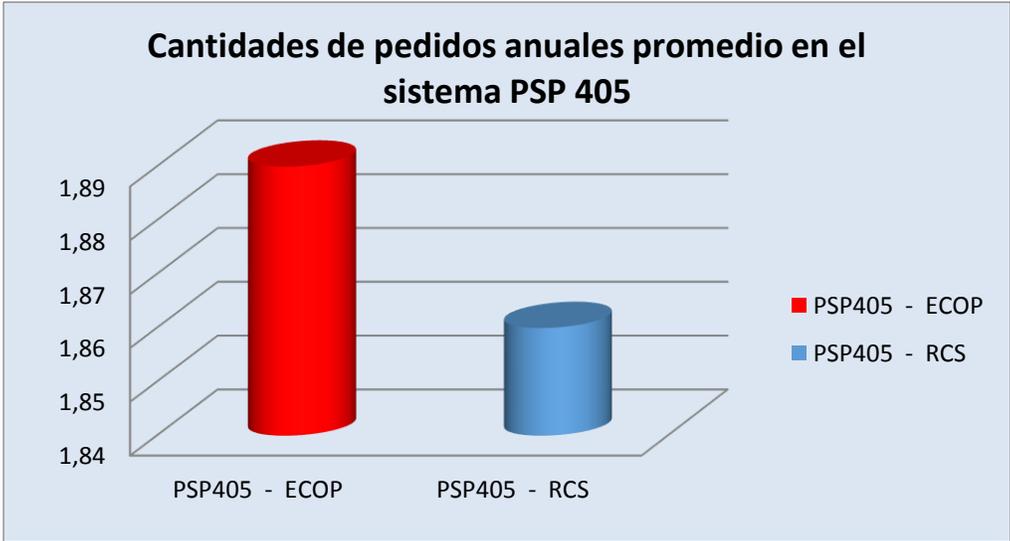
Media de medias de cantidades de pedidos anuales: Este valor es el promedio del número de pedidos realizados en un año, a través de las 55 replicas de la simulación.

Para establecer un estimado de la cantidad de ahorro por orden de pedido que genera la metodología RCS versus ECOPEPETROL se establece una media de la diferencia de ahorro obtenida a través de los repuestos analizados en los equipos PSP 405 y PSP 305 (Ver Tabla 13). La diferencia de ahorro por orden de pedido es \$ 15.000 y \$ 115.000 pesos respectivamente, por tanto la media es \$ 65.000, lo cual es el promedio de ahorro por orden de pedido generado por un material en la bodega de la refinería de Cartagena. Asimismo, el número total de ítems almacenados en la bodega de materiales es aproximadamente 30000, aunque a decir verdad la metodología se enfoca en los repuestos críticos de los equipos críticos, por lo tanto el comportamiento de esta filosofía va enfocada al 20% de la población total de materiales almacenados, la cual equivale a 6000 ítems aproximadamente (Pareto, 1907; ley de Pareto 80/20 aplicado a la calidad por Dr. Joseph Juran, 1940).

$$\text{Número de ítems críticos } 6000 \text{ ítems} * \$ 65.000 = \$ 390.000.000$$

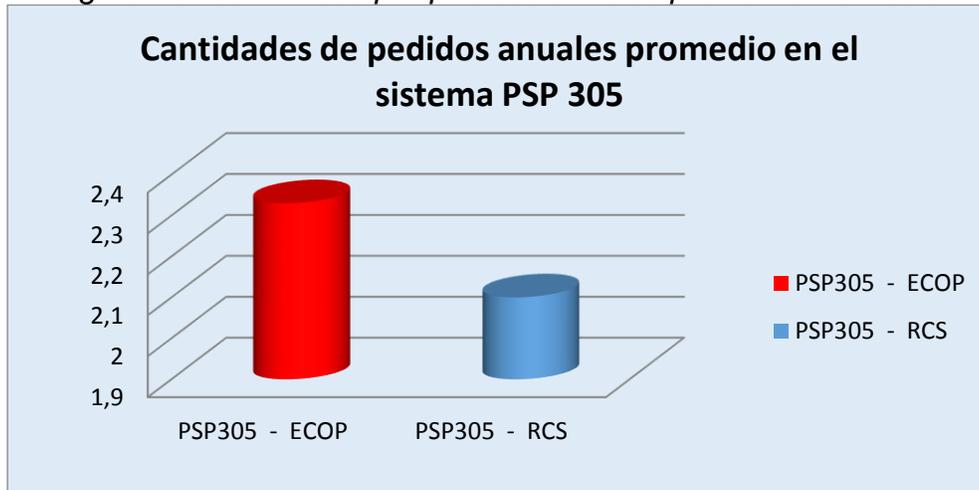
4.2.6.1 Cantidades por pedidos anuales promedio. Es el número de pedidos realizados durante un año. La metodología RCS es menor que la presentada por ECOPEPETROL S.A. operando bajo los mismos factores y conceptos.

Figura 9. Cantidades por pedidos anuales promedio PSP 405.



Fuente: Figura 9. Elaboración propia de los autores, muestra análisis comparativo de cantidades de pedidos anuales promedio de la PSP 405.

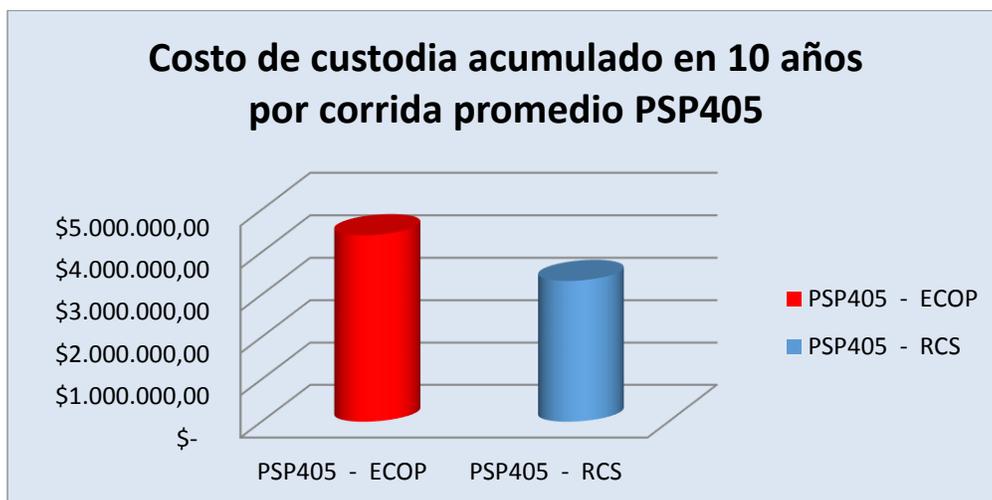
Figura 10. Cantidades por pedidos anuales promedio PSP 305.



Fuente: Figura 10. Elaboración propia de los autores, muestra análisis comparativo de cantidades de pedidos anuales promedio de la PSP 405.

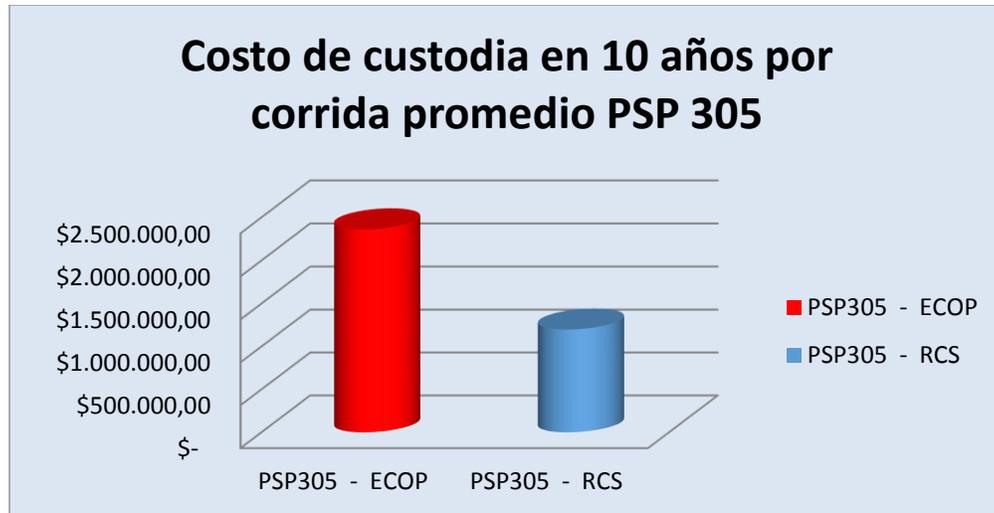
4.2.6.2 Costo de custodia acumulada durante diez años promedio. El costo de custodia es una medida operativa, que representa el valor de almacenar un material anualmente, en este caso se toma el valor acumulado durante diez años, ya que cada tres años se genera el mismo valor del repuesto por no haber sido utilizado y encontrarse en stock.

Figura 11. Costo de custodia acumulada durante diez años promedio PSP405.



Fuente: Figura 11. Elaboración propia de los autores, análisis comparativo costos de custodia PSP 405.

Figura 12. Costo de custodia acumulada durante diez años promedio PSP305.



Fuente: Figura 12. Elaboración propia de los autores, análisis comparativo costos de custodia PSP 305.

4.2.6.3 Inexistencia promedio por repuesto. Es el número de veces en que no existe inventario disponible para un requerimiento de mantenimiento o falla de un equipo durante diez años.

Figura 13. Inexistencia promedio por repuesto.



Fuente: Figura 12. Elaboración propia de los autores, análisis comparativo existencia promedio por repuesto PSP405.

Las características generales del comportamiento de la simulación concluye que las políticas de decisión de ECOPETROL son eficientes, pero se pueden mejorar con una visión detallada, sin tener una acumulación de materiales no requeridos y una alta elaboración de órdenes de compras, para no debilitar la utilidad de la empresa, Es por eso que la metodología RCS (Confiabilidad Basada en Repuesto), puede ser implantada en la compañía para optimizar los inventarios y las compras de los materiales sin afectar la confiabilidad de la empresa, de tal forma que los niveles de inexistencia del RCS, están por debajo o a nivel, que los presentados por ECOPETROL.

El uso de la simulación permite evaluar las alternativas para la optimización de los repuestos sin afectar la confiabilidad de los procesos, confirmando que la metodología RCS, se presta para realizar mejora continua dentro del sistema productivo de las empresas, esto es dicho con base del estudio realizado entre el proceso de la metodología y lo real.

Los resultados de la simulación, arroja la diferencia entre la metodología RCS y Ecopetrol de esta forma se tiene, que por cada repuesto se ahorrara aproximadamente en custodia \$ 100.000 cien mil pesos anuales, por aproximadamente 6.000 repuestos, se ahorraría anualmente el monto de \$ 600.000.000,00 seiscientos millones de pesos, y le adiciona el ahorro en órdenes de compra, se aumentaría la utilidad a unos \$ 990.000.000 novecientos noventa millones de pesos (Véase Tabla 15, P.80).

CONCLUSIONES

En la proyección futura de las industrias dedicadas a operar inventarios, se estima que la sociedad llevará consigo la filosofía de la optimización con mejores tiempos de respuestas y manipulación de materias primas en espacios confinados, por esta razón la aplicación RCS en cualquier organización permitirá desarrollar competitividad y efectividad en economías fluctuantes debido a la globalización de las industrias. Factores estimulantes como las finanzas y utilidades de las empresas, son beneficios que la *Confiabilidad Basada en Repuestos* plantea y resalta como objetivo principal, detectando los errores en la toma de decisión de la compra de los repuestos, parámetros de reposición, acuerdos con los proveedores y la comunicación entre departamentos de compras, mantenimientos, administración de inventarios y operaciones.

En el recorrido de la investigación se utiliza una serie de bases de datos localizadas en los archivos internos de ECOPETROL, los cuales permiten obtener un referente de los parámetros necesarios para la ejecución y la aplicación del RCS, registros que fueron agregados al sistema por el departamento de confiabilidad encargado de custodiar la planta de crudo de la refinería de Cartagena. Principalmente se establece que la garantía del desempeño de la metodología RCS son los resultados arrojados por la aplicación de *Mantenimiento Basado en Confiabilidad* (RCM), estableciendo la criticidad de los equipos que se encuentran en la planta y sus tipos de fallas. La búsqueda de los parámetros de aplicación tales como: costo de compra, rata de consumo, costo de penalización y tiempo de entrega, se realizaron basados en estimaciones, aproximaciones y datos operacionales actuales que refleja la compañía, esto evidencia un comportamiento semejante a la realidad, por lo tanto se logra similar los diversos factores probables del negocio.

Las tablas de parámetros de aplicación y reposición enseñan los resultados de la metodología, además permiten comparar el sistema de inventario realizado actualmente por ECOPETROL y la metodología confiabilidad basada en repuesto. Se logra identificar que los parámetros de reposición del RCS en su gran mayoría son más bajos que los planteados por ECOPETROL, por esta razón resaltamos que los parámetros de aplicación y los parámetros de reposición de la metodología, se aplican a repuestos que componen a muchos equipos de la refinería, utilizando el consumo y el comportamiento del repuesto en el equipo analizado y no se relaciona las actividades generadas con el resto de los equipos de la refinería.

En forma amplia y específica la metodología RCS muestra la simulación como vía comparativa para enseñar el comportamiento de dos repuestos de alta y media criticidad de equipos rotativos, asimismo proyecta eventos futuros de 3 a más de 10 años, arrojando por medio de los parámetros de reposición, probabilidades y aproximaciones, existencias en bodega de un material a la hora que se presente una falla o mantenimiento, las cuales puedan provocar baja de carga o parada de

planta. Por lo tanto, toda gestión construida de forma precisa con un estudio viable, demuestra que la aplicación metodológica RCS permite optimizar los inventarios sin afectar la confiabilidad de los procesos de producción y mantenimiento de los equipos.

1° Se identificó y analizó los mecanismos para determinar las fallas en los equipos rotativos y estáticos de la UDC (Análisis del RCM). Pág. 30

2° Se verificó la información física de los equipos rotativos y estáticos para la actualización de los registros en el sistema de información (Revisión del estado de los equipos). Pág.30 e Instructivo

3° Metodología para la optimización del inventario, minimizando los costos sin afectar la confiabilidad de la operación (RCS). Pág. 35 - 45

4° Se modificó los parámetros de reposición de los equipos analizados (Comparación de los parámetros de reposición de ECOPETROS Vs. RCS). Pág. 47 – 54 ; 61 – 69 (Comparación)

5° Validación de la optimización de los inventarios a través de la simulación del proceso por falla de un repuesto de una equipo de alta y media criticidad en la planta de crudo. Pág. 70 - 82

Adicionalmente se manifiesta lo identificado por la aplicación de la metodología en una sección de la Refinería de Cartagena:

EL RCS IDENTIFICO EN LA PLANTA UDC:

- La existencia de materiales sin precio unitario; materiales con el valores diferente a los reales (materiales de \$1 peso), materiales que no permiten realizar una investigación con mayor probabilidad de efectividad en la optimización de activos.
- 207 repuestos analizados de equipos rotativos de media criticidad sin rata de consumo.
- 47 repuestos analizados de equipos rotativos de alta criticidad sin rata de consumo.

- 12 repuestos analizados entre media y alta criticidad de equipo estático sin rata de consumo.
- 20 repuestos analizados entre media y alta criticidad de equipo estático sin tiempo y plazo de entrega.
- 18 repuestos analizados de alta criticidad de equipo rotativo sin tiempo y plazo de entrega.
- 129 repuestos analizados de media criticidad de equipo rotativo sin tiempo y plazo de entrega.
- Listas de partes (APL's) con repuestos que no se utilizan en la actualidad. En el desarrollo del proyecto se encuentran casos específicos para la mejora de la información y la comunicación interna entre los departamentos de la organización.
- Repetición de materiales en los APL's, inscritos en el software ELLIPSE y en el software de reportes MIMS Vu.
- Códigos en los APL's con clasificación "N" de no reordenar.
- Acuerdos de precio (FPA) entre compradores y proveedores con tiempos de entrega en "cero" o sin ningún registro.
- 13 repuestos con clasificación "U" de usuario con existencia en bodega mayor que cero en equipos rotativos de alta criticidad.
- 5 repuestos con clasificación "U" de usuario con existencia en bodega mayor que cero en equipos rotativos de media criticidad.
- 9 repuestos con clasificación "U" de usuario con existencia en bodega mayor que cero en equipos estáticos de alta criticidad.

Tabla 16. RCS Identifico en Ecopetrol.

DESCRIPCION	No. DE ITEMS	VALOR EN EL INVENTARIO EN (\$ pesos Col.)
Materiales "U" con EEB en GRC-19/01/09	661	\$ 3.017.177.184,36
Materiales "N" con EEB en GRC-19/01/10	64	\$ 74.016.909,23
Materiales "U" sin movimiento en 5 años	3742	\$ 219.436.071,80
Materiales "U" con EEB sin movimiento en 5 años	42	\$ 218.966.954,64
Materiales con clasificación ≠ a "U" y "N" con ROP y ROQ = 0	2069	\$ 1.337.109.901,55
Materiales con clasificación ≠ a "U" y "N" sin movimiento en 5 años	469	\$ 143.969.164,30
Materiales con clasificación "S" sin movimiento en 5 años	444	\$ 138.734.847,30
Materiales con clasificación "S" sin movimiento en 10 años	182	\$ 3.541.067,00
Materiales con clasificación "E" sin movimiento en 10 años	14	\$ -
Materiales con clasificación "K" sin movimiento en 10 años	10	\$ 5.234.317,00
Materiales con clasificación "P" sin movimiento en 10 años	1	\$ -
Materiales con parámetros de reposición con valores en ROP y ROQ = 0	542	\$ 1.524.352.722,71
Materiales con anomalías en sistema de información interna	5463	\$ 4.978.952.052,40
Materiales de GRC	16384	\$ 16.121.416.944,70

Fuente: Tabla 16. Elaboración propia de los autores, muestra el análisis identificado por la metodología RCS (Reliability centered spare), en la bodega refinería de Cartagena.

Nota: Tener en cuenta la clasificación de la matriz RAM realizada por ECOPETROL, se encuentra explicada en el glosario.

RECOMENDACIONES

➤ **RECOMENDACIONES PARA ECOPETROL:**

Para aplicar debidamente el RCS en ECOPETROL se debe llevar los datos estadísticos de:

- Nombre del repuesto fallido, identificado con código.
- Registrar la causa de la falla del material, identificando si fue por falta mantenimiento o por evento ocasional (reconocer el tipo de evento).
- Tiempo de reparación, horas hombres por reparación, conteo del número de reparaciones al año, estipulando la fecha y hora de la falla.
- Costo de la falla, determinando si detuvo al componente, el equipo, la unidad productiva, baja la carga de la producción o paro de la planta.
- Registrar si el repuesto se encontró en inventario listo para despachar, para verificar el nivel de servicio de la bodega de materiales y los parámetros de reposición del material.
- Señalar el número de la solicitud del repuesto para la reparación asociando al equipo afectado; describir el costo de la orden del pedido, costo de la compra del material, nombre del proveedor, cantidad solicitada del material, tiempo de entrega acordado entre el departamento de compras y el proveedor más tiempo real de entrega, para realizar seguimiento del cumplimiento de los proveedores y la efectividad de los compradores.
- Costos por impacto ambiental, social, y por disposición del repuesto dañado, informar que tipo de disposición (chatarra electrónica, eléctrica y residuos sólidos o químicos).
- Costos por disposición de residuos sólidos y/o químicos en caso de ser necesario. Estos costos se deben contabiliza por que afectan a la utilidad de la organización.
- Permitir colocar (“Y”, yes) en el MSO 240 a la opción de los materiales que tienen FPA, para que el administrador de inventario no deba analizarlo, ya que estos repuesto siempre se compran, por lo tanto el ADIN realiza un trabajo innecesario, este tiempo se puede analizar materiales que realmente lo requieran y se podría ganar más tiempo en la compra de los repuestos.

- Realizar un Query en el software de reportes MIMS Vu que permita identificar los repuestos con FPA vencidos, con tiempos de entrega en ceros, sin tiempo de entrega. Este reporte permite optimizar el proceso de selección de los proveedores.
- Realizar un formato en el cual se reporte la información sugerida en los puntos anteriores, para analizar estadísticamente cada una de las fallas en la refinería, para esto se necesita una persona que registre y archive estos datos física y sistemáticamente en el sistema de información interna de la organización. No se realizó este formato en el proyecto, ya que la empresa maneja una política de formatos, por lo tanto solo sugerimos los puntos a tener en cuenta para una mejor aplicación de la confiabilidad basada en repuestos y partes.
- Realizar los parámetros de reposición teniendo en cuenta el costo de tener el material en inventario.

➤ **RECOMENDACIONES A LA METODOLOGIA RCS**

- Determinar cuánto tiempo se debe tener un repuesto en inventario dependiendo su criticidad.
- Demostrar que si un proveedor es de hace 8 años, se deba tener en cuenta para el parámetro tiempo y plazo de entrega del material.
- Mostrar explicación sobre los repuestos que no tienen un historial de consumo y que parámetro colocar.
- Para llegar al costo de penalización se debe tomar resultado arrojado por el RCM, datos de las múltiples fallas que han transcurridos en los equipo de alta y media criticidad, esto para determinar los porcentajes de impacto de los equipo en la planta seguido por la probabilidad de falla de cada equipos y componente.
- Dificultándose de tal forma que los datos adquiridos en cierto momento no eran valederos por no tener una información clara que proporcionara la rapidez en la determinación del costo de penalización.
- Muchos de los resultados por el RCM determinados por el departamento de confiabilidad no llevan un informe detallado con las cantidad de reparaciones por equipos en mantenimiento correctivo, esta informes son de gran vitalidad para que en cualquier situación poder modelar el comportamiento del equipo por medio de sus fallas.

7. NOMBRE DE LAS PERSONAS QUE PARTICIPAN EN LOS PROCESOS

- **Estudiantes investigadores:** Luis Alfonso Hernández Matute.
Nolan Escorcía Tatis.
- **Directores del Trabajo:** Alfonso Núñez Nieto
Jairo Coronado
- **Asesor Externo:** Daniel Ortiz Plata
- **Analista de Inventario:** Jorge Pareja Ochoa
- **Coordinador de la Bodega de**
• **Materiales:** Medardo Chinchilla A.
- **Jefe de Departamento de**
• **Mantenimiento de planta:** Pedro Barreto Arrieta
- **Coordinador de UDC:** Calos Quesada Meza
- **Supervisor de UDC:** Gerardo Harris
- **Jefe de departamento apoyo**
• **Técnico a la producción PTC:** Jaime López García
- **Ingeniero de confiabilidad:** Royman López
- **Técnicos e Instrumentistas de la planta de Unidad de Destilación Combinada.**

8. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS

Materiales físicos: Computador, papelería, elementos de protección personal.

Institucionales: Cuenta de correo interna, carnet de identificación, capacitación de seguridad, uniforme institucional de trabajo.

Financiero: Alimentación y el transporte.

Seguro medico: Asegurados por parte de la universidad y se debe comprar una póliza de seguro de vida como requerimiento de ECOPETROL S.A.

9. CRONOGRAMA

Aplicación del modelo de gerenciamiento de partes y repuestos basado en riesgo y confiabilidad aplicada a la unidad de destilación combinada UDC en la refinería de Cartagena.	148 días?	25/06/2008	15/01/2009
* ANALIZAR EL RCM DE LA UNIDAD DE DESTILACION COMBINADA UDC.	60 días?	25/06/2008	16/09/2008
** CONSULTA DE DATOS Y DOCUMENTOS DE EQUIPOS.	7 días	25/06/2008	03/07/2008
- Consulta de unidad productiva, equipos, componente y APL´s	2 días	25/06/2008	26/06/2008
- Consulta de P&ID.	1 día	27/06/2008	27/06/2008
- Consulta Manual de procesos UDC.	1 día	30/06/2008	30/06/2008
- Consulta de reporte de Mins Vu.	1 día	01/07/2008	01/07/2008
- Consulta de reporte de Ellipse.	1 día	02/07/2008	02/07/2008
- Orientación de confiabilidad	1 día	03/07/2008	03/07/2008
** CLASIFICACION POR TIPOS DE EQUIPOS QUE OPERAN EN LA UDC.	52 días?	07/07/2008	16/09/2008
** IDENTIFICACION DE EQUIPOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD SEGÚN RCM DE UDC.	5 días?	07/07/2008	11/07/2008
- Identificación de equipos ROTATIVOS de alta y media criticidad.	1 día	07/07/2008	07/07/2008
- Identificación de equipos ESTATICOS de alta y media criticidad.	2 días	08/07/2008	09/07/2008
** SELECCIONAR Y ORGANIZAR LISTADO DE EQUIPOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD DE LA UDC. "En Archivos de Excel"	8 días	10/07/2008	18/07/2008
- Seleccionar y organizar listado de equipos ROTATIVO de alta y media criticidad de la UDC, por equipos, componentes y APL´s.	2 días	19/07/2008	20/07/2008
- Seleccionar y organizar listado de equipos ESTATICO de alta y media criticidad de la UDC, por equipos, componentes y APL´s.	2 días	21/07/2008	22/07/2008
** GESTIONAR PERMISOS DE ENTRADA PLANTA UDC	2 días?	24/07/2008	25/07/2008
** REALIZAR EL CONTRASTE DE LA INFORMACION DE SOFTWARE Vs INFORMACION FISICA.	30 días?	28/07/2008	05/09/2008
** ACTUALIZAR EL ARBOL DE EQUIPOS	5 días?	08/09/2008	12/09/2008

** REUNIONES PREDETERMINADAS PARA LA CONCECUSION DE RCS	2 días	15/09/2008	16/09/2008
* REALIZAR RCS PARA LOS EQUIPOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD EN LA UNIDAD DE DESTILACION COMBINADA UDC.	1 día?	17/09/2008	17/09/2008
** IDENTIFICAR MATERIALES QUE SE DEBAN TENER EN STOCK PARA LOS EQUIPOS DE LA UDC	49 días	15/09/2008	19/11/2008
*** Identificar materiales que se deban tener en Stock para los equipos ROTATIVOS de UDC.	13 días	15/09/2008	01/10/2008
- Rata de consumo	3 días	15/09/2008	17/09/2008
- Costo de compra	3 días	18/09/2008	22/09/2008
- Costo de penalización	3 días	23/09/2008	25/09/2008
- Plazo y tiempo de entrega	3 días	26/09/2008	30/09/2008
** REUNION POR ETAPA	1 día	01/10/2008	01/10/2008
*** Identificar materiales que se deban tener en Stock para los equipos ESTATICOS de UDC.	13 días	01/10/2008	17/10/2008
- Rata de consumo	3 días	01/10/2008	03/10/2008
- Costo de compra	3 días	06/10/2008	08/10/2008
- Costo de penalización	3 días	09/10/2008	13/10/2008
- Plazo y tiempo de entrega	3 días	14/10/2008	16/10/2008
** REUNION POR ETAPA	1 día	17/10/2008	17/10/2008
** REALIZAR FORMATO PROPUESTA DE INVENTARIOS	3 días	18/10/2008	20/10/2008
** IDENTIFICAR Y CALCULAR LA CANTIDAD REQUERIDA DE UN REPUESTO EN LOS EQUIPOS DE UDC	10 días?	25/11/2008	08/12/2008
** CALCULAR LOS PARAMETROS DE REPOSICIÓN DE LOS REPUESTOS DEFINIDOS COMO STOCK EN UDC	16 días?	09/12/2008	30/12/2008
*** Calcular los parámetros de reposición de los repuestos definidos como de stock de los Equipos ROTATIVOS	4 días?	09/12/2008	12/12/2008
- Costo de no tener	1 día	09/12/2008	09/12/2008
- Costo de tener	1 día	10/12/2008	10/12/2008
- Costo y tiempo de aprovisionamiento	2 días?	11/12/2008	12/12/2008
*** Calcular los parámetros de reposición de los repuestos definidos como de stock de los Equipos ESTATICOS	4 días?	15/12/2008	18/12/2008

- Costo de no tener	1 día	15/12/2008	15/12/2008
- Costo de tener	1 día	16/12/2008	16/12/2008
- Costo y tiempo de aprovisionamiento	2 días?	17/12/2008	18/12/2008
** IDENTIFICAR CUALES SON LOS ELEMENTOS DE MAYOR COSTO Y BAJA ROTACIÓN	6 días?	19/12/2008	24/12/2009
** REALIZAR PROPUESTAS Y/O SUGERENCIA PARA LA CONCLUSION DE PROYECTO.	6 días	25/01/2009	29/12/2009
FIN DE PROYECTO	1 día	29/12/2009	29/12/2009

Nota: El signo de interrogación que se encuentra en la columna “días de programación”, hace referencia a días estimados de trabajos, significa que se tiene la probabilidad de que no dure la cantidad de días estimados.

BIBLIOGRAFÍA

CHASE, Richard JACOBS, Robert .y AQUILANO, Nicholas. Administración de la Producción y Operaciones. Ed. 10º, Cap. 14.

GARCIA, Oliverio. Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado. Normas técnicas colombianas sobre documentación. Santa fé de Bogotá: ICONTEC, 2002

M380 MAINTENANCE MANAGEMENT, Subtitulado como SHELL Change Management Workshop Noordwijkerhout. 3 September 2002, session 10.

ORTIZ, Daniel. Congreso de las Mejores Prácticas del Proceso de Gestión de Inventarios en Empresas Intensivas en Activos de Producción. Bogotá D.C. vol.1 2007. P. 81 - 93

SIPPER, Daniel .y L.BULFIN, Robert. Planeación y Control de la Producción. 1998. P.657. McGrall-Hill.

Disponible en:

[Artículo de internet]. http://www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcs.pdf [consulta: 3 septiembre de 2008]

[Artículo de internet]. <http://www.ellmann.net/es/base.php> [consulta: 28 julio de 2008]

[Artículo de internet].
http://www.usbctg.edu.co/academica/pregrado/documentos/sis_icontec.pdf
[consulta: 1 septiembre de 2008].

<http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenibilidad> [consulta: 26 noviembre de 2008]

<http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml> [consulta: 26 noviembre de 2008]

<http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/inventarios.pdf> [consulta: 03 Noviembre de 2008].

<http://www.mantenimientoplanificado.com/ARTICULOS%20RECAMBIOS/Ariel%20Zylberg/Robustez%20de%20las%20decisiones%20de%20repuestos.pdf>
[consulta: 10 Diciembre de 2008].

http://www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcs.pdf [consulta: 20 Diciembre de 2008].

ANEXOS

ANEXO A. METODOLOGIA PROBABILIDAD SUBJETIVA: CONSULTA AL EXPERTO DE COORDINADOR DE LA PLANTA UDC

Por favor, dedique un momento a completar esta pequeña encuesta, la información que nos proporcione será utilizada para la Unidad de Destilación Combinada de la Refinería de Cartagena.

Sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y no serán utilizadas para ningún propósito distinto a la investigación llevada a cabo por ECOPETROL S.A.

Esta encuesta dura aproximadamente 2 minutos.

Nota: Para definir la criticidad y orientar los recursos disponibles de forma óptima, es necesario conocer cómo impacta los fallos de los equipos en la disminución de la producción o en las paradas de planta no planeadas.

1. De acuerdo con su experiencia ¿cuál es el peso porcentual de fallas de los equipos de la UDC según la siguiente clasificación?

- | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| <input checked="" type="radio"/> | Rotativo | <u>40</u> % |
| <input type="radio"/> | Estático | <u>10</u> % |
| <input type="radio"/> | Instrumentos | <u>20</u> % |
| <input type="radio"/> | Eléctrico | <u>30</u> % |
| | | 100% |

Comentarios (opcional):



Firma del experto

Cargo: Coordinador UDC/UR

Departamento: Operación de Plantas

ANEXO B. DEFINICION DE LOS PARAMETROS DE APLICACION DE LOS REPUESTOS ANALIZADOS POR EL RCS EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTATICOS DE LA PLANTA DE CRUDO

EQUIPO PSP 315B REPUESTOS CP106 BOMBA DE NAFTA VIRGEN DEL D-305 A T-201														
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?	
CP106	000109728	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:55 MM, O	\$ 287.027,90	\$ 143,514	6	2 en 5 años	0	418,22	-2	SN	51	4	8	
	003403839	BEARING, BALL, ANNULAR, ID:50 MM, OD:110	\$ 50.028,75	\$ 25,014	6	1 en 5 años	-1	299,72	-2	SN	51	4	7	
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC, ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	no tiene		349,06	-2	SI	171	5	9	
	000397059	SCREW, CAP, SOCKET HEAD, SIZE:7/16 IN, L	\$ 396.766,00	\$ 198,383	6	no tiene		473,09	-2	SI	211	6	10	
	3335783	COVER, COVER END BEARING	\$ 30,80	\$ 0,015	6	no tiene		274,73	-2	0	0	-10	-6	
	003335817	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:10-3/16	\$ 16.364.228,83	\$ 8.182,114	0	no tiene		8.456,82	3	SN	96	5	8	
	003335916	DEFLECTOR, RING (FLINGER), INBOARD, COUP	\$ 512.994,41	\$ 256,497	5	no tiene		531,21	-1	SI	289	6	10	
	003335841	RING, WEARING, ANILLO, OD:127.00, ID:117	\$ 189.962,36	\$ 94,981	6	2 en 7 años	-1	369,69	-2	SN	151	5	8	
	003335882	RING, WEAR, IMPELLER, ANILLO, OD:116.65,	\$ 1.845.117,80	\$ 922,559	4	2 en 7 años	-1	1.197,27	0	SN	138	5	8	
	003335973	COLLAR, LOCKING, IMPELLER, ITEM 312	\$ 495.581,37	\$ 247,791	6	no tiene		522,50	-1	SN	138	5	10	
	003335650	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX	\$ 319.522,21	\$ 159,761	6	no tiene		434,47	-2	0	0	-10	-6	
	003335726	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL, ;	\$ 47.187,41	\$ 23,594	6	no tiene		298,30	-2	0	0	-10	-6	
	000055210	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:80 MM, OD:91 MM	\$ 66.957,60	\$ 33,479	6	2 en 9 años	-1	308,19	-2	SN	102	5	8	
	003351343	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED, SEA	\$ 1.188.351,00	\$ 594,176	4	no tiene		868,89	-1	CN	69	4	7	
	003424603	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-11	\$ 10.480,00	\$ 5,240	6	2 en 7 años	-1	279,95	-2	SN	69	4	7	
	003428604	BEARING LOCKNUT, N-11, NUT LOCK BEARING,	\$ 24.409,10	\$ 12,205	6	3 en 8 años	-1	286,91	-2	SN	79	4	7	
	000639344	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE:163, TYP	\$ 439.170,00	\$ 219,585	6	no tiene		494,30	-2	SI	161	5	9	
003335908	SHAFT, PUMP, ;	\$ 5.640.281,65	\$ 2.820,141	2	1 en 5 años	-1	3.094,85	1	SI	209	6	8		
003335809	HOUSING, BEARING UNIT, HOUSING BEARING	\$ 1.520.617,00	\$ 760,309	4	no tiene		1.035,02	0	0	0	-10	-6		

Fuente: Tabla 8. Elaboración propia de los autores, basada en datos estándar investigados en el sistema interno de información de la refinería de Cartagena.

EQUIPO PSP 315B REPUESTOS CP106 BOMBA DE NAFTA VIRGEN DEL D-305 A T-201													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$ /Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
CP106	000109728	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:55 MM, O	\$ 287.027,90	\$ 143,514	6	2 en 5 años	0	418,22	-2	SN	51	4	8
	003403839	BEARING, BALL, ANNULAR, ID:50 MM, OD:110	\$ 50.028,75	\$ 25,014	6	1 en 5 años	-1	299,72	-2	SN	51	4	7
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC, ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	no tiene		349,06	-2	SI	171	5	9
	000397059	SCREW, CAP, SOCKET HEAD, SIZE:7/16 IN, L	\$ 396.766,00	\$ 198,383	6	no tiene		473,09	-2	SI	211	6	10
	3335783	COVER, COVER END BEARING	\$ 30,80	\$ 0,015	6	no tiene		274,73	-2	0	0	-10	-6
	003335817	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:10-3/16	\$ 16.364.228,83	\$ 8.182,114	0	no tiene		8.456,82	3	SN	96	5	8
	003335916	DEFLECTOR, RING (FLINGER), INBOARD, COUP	\$ 512.994,41	\$ 256,497	5	no tiene		531,21	-1	SI	289	6	10
	003335841	RING, WEARING, ANILLO, OD:127.00, ID:117	\$ 189.962,36	\$ 94,981	6	2 en 7 años	-1	369,69	-2	SN	151	5	8
	003335882	RING, WEAR, IMPELLER, ANILLO, OD:116.65,	\$ 1.845.117,80	\$ 922,559	4	2 en 7 años	-1	1.197,27	0	SN	138	5	8
	003335973	COLLAR, LOCKING, IMPELLER, ITEM 312	\$ 495.581,37	\$ 247,791	6	no tiene		522,50	-1	SN	138	5	10
	003335650	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX	\$ 319.522,21	\$ 159,761	6	no tiene		434,47	-2	0	0	-10	-6
	003335726	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL,	\$ 47.187,41	\$ 23,594	6	no tiene		298,30	-2	0	0	-10	-6
	000055210	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:80 MM, OD:91 MM	\$ 66.957,60	\$ 33,479	6	2 en 9 años	-1	308,19	-2	SN	102	5	8
	003351343	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED, SEA	\$ 1.188.351,00	\$ 594,176	4	no tiene		868,89	-1	CN	69	4	7
	003424603	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-11	\$ 10.480,00	\$ 5,240	6	2 en 7 años	-1	279,95	-2	SN	69	4	7
	003428604	BEARING LOCKNUT, N-11, NUT LOCK BEARING,	\$ 24.409,10	\$ 12,205	6	3 en 8 años	-1	286,91	-2	SN	79	4	7
	000639344	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE:163, TYP	\$ 439.170,00	\$ 219,585	6	no tiene		494,30	-2	SI	161	5	9
	003335908	SHAFT, PUMP,	\$ 5.640.281,65	\$ 2.820,141	2	1 en 5 años	-1	3.094,85	1	SI	209	6	8
003335809	HOUSING, BEARING UNIT, HOUSING BEARING	\$ 1.520.617,00	\$ 760,309	4	no tiene		1.035,02	0	0	0	-10	-6	

EQUIPO PSP 315B REPUESTOS TUV8 DE TURBINA DE VAPOR DEL D-305 A T-201													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Dia	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
TUV8	3366002	RING, STOP ,PACKING RING STOP	\$ 3.880,79	\$ 1,940	6	6 en 5 años	1	276,65	-2	0	0	-10	-5
	003366010	ROD END, THREADED ,ROD TRIP EMERGENCY	\$ 37.380,00	\$ 18,690	6	2 en 5 años	0	293,40	-2	SI	216	6	10
	003366069	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SEAT SPRIN	\$ 80.807,80	\$ 40,404	6	no tiene		315,11	-2	SI	96	5	9
	000072256	SPRING ,SPRING EMERGENCY VALVE	\$ 50.343,21	\$ 25,172	6	no tiene		299,88	-2	SI	189	6	10
	003365533	SEAT, SPRING ,ITEM 106	\$ 104.130,23	\$ 52,065	6	no tiene		326,78	-2	SI	205	6	10
	003366184	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING GOV	\$ 393.331,69	\$ 196,666	6	no tiene		471,38	-2	SI	96	5	9
	003366200	WEIGHT, GOVERNOR ,(2 EA/ST)	\$ 278.094,76	\$ 139,047	6	no tiene		413,76	-2	SI	96	5	9
	000510156	TRIGGER ,TRIGGER-VALVE, A3922, FOR SERIAL	\$ 598.958,33	\$ 299,479	5	1 en 5 años	-1	574,19	-1	SI	205	6	9
	003366127	VALVE ,VALVE GOVERNOR 1 IN	\$ 266.573,80	\$ 133,287	6	no tiene		408,00	-2	SI	96	5	9
	003366135	WASHER ,WASHER SPACER	\$ 42.141,80	\$ 21,071	6	no tiene		295,78	-2	SI	205	6	10
	003366143	WEIGHT, GOVERNOR ,WEIGHT EMERGENCY GOVER	\$ 603.808,43	\$ 301,904	5	no tiene		576,61	-1	SI	157	5	9
	003366168	EJECTOR, JET ,JET STEAM ASSEMBLY 0 368 I	\$ 433.780,28	\$ 216,890	6	no tiene		491,60	-2	SI	96	5	9
	003366309	GOVERNOR, TURBINE ENGINE ,GOVERNOR HYDRA	\$ 7.050.692,00	\$ 3.525,346	2	no tiene		3.800,06	1	SN	114	5	8
	000507491	BEARING, COUPLING END ASSY. ;	\$ 1.176.229,20	\$ 588,115	4	4 en 5 años	0	862,82	-1	SI	159	5	8
	000507392	CASE-GLAND ,ASSEMBLY GLAND CASE	\$ 991.668,00	\$ 495,834	5	no tiene		770,54	-1	SI	96	5	9
	000507400	DISC, EMERGENCY GOVERNOR ASSY. ,NOTE: THI	\$ 2.701.392,40	\$ 1.350,696	3	1 en 5 años	-1	1.625,41	0	SI	96	5	7
	000509596	COLLAR, THRUST. ;	\$ 148.360,35	\$ 74,180	6	2 en 5 años	0	348,89	-2	SI	157	5	9
	000509653	RING, PACKING ;DWG.CE-219449, ITEM 439	\$ 58.617,26	\$ 29,309	6	6 en 5 años	1	304,02	-2	SI	156	5	10
	000510065	SEAL RING, NONMETALLIC ;	\$ 419.526,77	\$ 209,763	6	3 en 5 años	0	484,47	-2	SI	158	5	9
	003365947	INDICATOR, SIGHT, LIQUID ,VIDRIO INDICAD	\$ 287.216,60	\$ 143,608	6	2 en 5 años	0	418,32	-2	SI	158	5	9
	003365954	GUIDE, VALVE STEM ,GUIDE VALVE STEAM	\$ 63.077,80	\$ 31,539	6	no tiene		306,25	-2	SI	96	5	9
	003365962	NUT ,NUT ADJUSTING SPRING GOVERNOR	\$ 120.042,50	\$ 60,021	6	no tiene		334,73	-2	SI	96	5	9
	003365988	RING, CARBON ,JUEGO DE CARBON, PLANO 110	\$ 13.383,45	\$ 6,692	6	2 en 5 años	0	281,40	-2	0	0	-10	-6
	000070771	SCREW, MACHINE ,SCREW EMERGENCY WEIGHT E	\$ 33.586,00	\$ 16,793	6	no tiene		291,50	-2	SI	96	5	9
	000071795	SPRING ,SPRING GOVERNOR VALVE	\$ 39.723,87	\$ 19,862	6	2 en 9 años	-1	294,57	-2	SI	168	5	8
	000507459	SPRING ;	\$ 13.001,26	\$ 6,501	6	no tiene		281,21	-2	SI	157	5	9
	000510123	SPRING ;	\$ 12.521,51	\$ 6,261	5	1 en 5 años	-1	280,97	-2	SI	181	6	8
	003366036	SEAT ,SEAT ADJUSTING SPRING VALVE	\$ 60.619,50	\$ 30,310	5	no tiene		305,02	-2	SI	96	5	8
003366044	SPRING, HELICAL, COMPRESSION ,SPRING BAC	\$ 35.067,04	\$ 17,534	5	no tiene		292,24	-2	SI	359	6	9	
003366150	DISK, TURBINE, TURBINE ENGINE ,WHEEL TUR	\$ 15.598.958,33	\$ 7.799,479	1	1 en 5 años	-1	8.074,19	3	SI	168	5	8	
003366077	SHAFT, TURBINE ,SHAFT WHEEL WITH TWO NUT	\$ 17.298.210,50	\$ 8.649,105	0	1 en 5 años	-1	8.923,82	3	SI	157	5	7	
003365533	SEAT, SPRING ,ITEM 106	\$ 104.130,23	\$ 52,065	6	1 en 9 años	-2	326,78	-2	SI	205	6	8	

REPUESTOS FIM202 DE PSP 315B FILTROS METALICOS													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Dia	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
FIM202	003430568	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE 4 IN, CLASS:1	\$ 20.746,27	\$ 10,373	6	Reordenar		No reordenar	0	CN	39	4	10
	003430600	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE 6 IN, CLASS:1	\$ 28.630,37	\$ 14,315	6	8 en 11 años	0	No reordenar	0	0	0	-10	-4

REPUESTOS DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE MEDIA CRITICIDAD DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN COMBINADA

EQUIPO PSP1001 REFLUJO INFERIOR DE LA PS-T-301 (REPUESTOS DE LA BOMBA DE CIR INF DE LA T 301)													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR US	Prl	RATA CONSUMO (año)	Cst	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Cst+Prl+Penl+Ltl)=?
CP71	000109736	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:60 MM, O	\$ 414.391,90	\$ 207,196	6	6 en 9 años	0	640,08	-1	SN	75	4	9
	000623801	BEARING, BALL RADIAL CONTACT, SIZE ID:55	\$ 52.214,40	\$ 26,107	6	2 en 11 años	-2	458,99	-2	SN	81	4	6
	003343761	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, BAFFLE OIL S	\$ 717.459,61	\$ 358,730	5	no tiene		791,61	-1	SI	257	6	10
	003343779	SCREW, SELF-LOCKING, SCREW LOCK IMPELLER	\$ 1.495.586,99	\$ 747,793	4	no tiene		1180,67	0	0	0	-10	-6
	003343795	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, DEFLECTOR RA	\$ 707.877,35	\$ 353,939	5	no tiene		786,82	-1	SI	257	6	10
	003343803	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:15-17/32, OD:16	\$ 74.548,83	\$ 37,274	6	3 en años	-1	470,15	-2	SN	64	4	7
	003343829	SEAL RING, NONMETALLIC, RADIAL & THRUST,	\$ 198.776,69	\$ 99,388	6	no tiene		532,27	-1	SI	257	6	11
	003343829	SEAL RING, NONMETALLIC, RADIAL & THRUST,	\$ 198.776,69	\$ 99,388	6	no tiene		532,27	-1	SI	257	6	11
	003343837	RING, BEARING, THRUST, RING THRUST DEFLE	\$ 524.934,38	\$ 262,467	5	no tiene		695,35	-1	SI	209	6	10
	003343845	RING, WEARING, RING WEARING CASING	\$ 94.365,07	\$ 47,183	6	2 en 9 años	-1	480,06	-2	0	0	-10	-7
	003343852	RING, WEARING, RING WEARING HEAD	\$ 354.506,72	\$ 177,253	6	no tiene		610,13	-1	0	0	-10	-5
	003343860	RING, WEARING, RING WEARING IMPELLER CAS	\$ 310.851,46	\$ 155,426	6	1 en 9 años	-2	588,31	-1	0	0	-10	-7
	003343860	RING, WEARING, RING WEARING IMPELLER CAS	\$ 310.851,46	\$ 155,426	6	1 en 9 años	-2	588,31	-1	0	0	-10	-7
	003343886	WASHER, WASHER IMPELLER	\$ 11.985,50	\$ 5,993	6	1 en 5 años	-1	438,87	-2	0	0	-10	-7
	000393926	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-12	\$ 5.329,40	\$ 2,665	6	2 en 10 años	-1	435,54	-2	SN	51	4	7
	000114793	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE TYPE:	\$ 1.316.061,00	\$ 658,031	4	no tiene		1090,91	0	SN	131	5	9
	000683946	BEARING LOCKNUT, THREAD SIZE:M 60X2, TYP	\$ 14.428,57	\$ 7,214	6	1 en 10 años	-2	440,09	-2	SN	43	4	6
	003343787	BUSHING, SLEEVE, BUSHING PACKING BOX	\$ 55.373,50	\$ 27,687	6	no tiene		460,57	-2	0	0	-10	-6
003343878	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP, SHAFT PUMP	\$ 672.630,69	\$ 336,315	5	1 en 10 años	-2	769,20	-1	0	0	-10	-8	
003343811	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:12-1/4 I	\$ 2.518.883,81	\$ 1.259,442	3	no tiene		1692,32	0	0	0	-10	-7	
CP72	000109736	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:60 MM, O	\$ 414.391,90	\$ 207,196	6	6 en 9 años	0	531,86	-1	SN	75	4	9
	000623801	BEARING, BALL RADIAL CONTACT, SIZE ID:55	\$ 52.214,40	\$ 26,107	6	2 en 11 años	-2	350,77	-2	SN	81	4	6
	003343761	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, BAFFLE OIL S	\$ 717.459,61	\$ 358,730	5	no tiene		683,39	-1	SI	257	6	10
	003343779	SCREW, SELF-LOCKING, SCREW LOCK IMPELLER	\$ 1.495.586,99	\$ 747,793	4	no tiene		1072,45	0	0	0	-10	-6
	003343795	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, DEFLECTOR RA	\$ 707.877,35	\$ 353,939	5	no tiene		678,60	-1	SI	257	6	10
	003343803	GASKET, SPIRAL WOUND, ID:15-17/32, OD:16	\$ 74.548,83	\$ 37,274	6	6 en 12 años	0	361,93	-2	SN	64	4	8
	003343829	SEAL RING, NONMETALLIC, RADIAL & THRUST,	\$ 198.776,69	\$ 99,388	6	2 en 9 años	-1	424,05	-2	SI	257	6	9
	003343829	SEAL RING, NONMETALLIC, RADIAL & THRUST,	\$ 198.776,69	\$ 99,388	6	2 en 9 años	-1	424,05	-2	SI	257	6	9
	003343837	RING, BEARING, THRUST, RING THRUST DEFLE	\$ 524.934,38	\$ 262,467	5	no tiene		587,13	-1	SI	209	6	10
	003343845	RING, WEARING, RING WEARING CASING	\$ 94.365,07	\$ 47,183	6	no tiene		371,84	-2	0	0	-10	-6
	003343852	RING, WEARING, RING WEARING HEAD	\$ 354.506,72	\$ 177,253	6	1 en 9 años	-2	501,91	-1	0	0	-10	-7
	003343860	RING, WEARING, RING WEARING IMPELLER CAS	\$ 310.851,46	\$ 155,426	6	no tiene		480,09	-2	0	0	-10	-6
	003343860	RING, WEARING, RING WEARING IMPELLER CAS	\$ 310.851,46	\$ 155,426	6	no tiene		480,09	-2	0	0	-10	-6
	003343886	WASHER, WASHER IMPELLER	\$ 11.985,50	\$ 5,993	6	1 en 5 años	-1	330,65	-2	0	0	-10	-7
	393926	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-12	\$ 5.329,40	\$ 2,665	6	no tiene		327,32	-2	SN	51	4	8
	000114793	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE TYPE:	\$ 1.316.061,00	\$ 658,031	4	no tiene		982,69	-1	SN	131	5	8
	000683946	BEARING LOCKNUT, THREAD SIZE:M 60X2, TYP	\$ 14.428,57	\$ 7,214	6	no tiene		331,87	-2	SN	43	4	8
	003343787	BUSHING, SLEEVE, BUSHING PACKING BOX	\$ 55.373,50	\$ 27,687	6	no tiene		352,35	-2	0	0	-10	-6
003343878	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP, SHAFT PUMP	\$ 672.630,69	\$ 336,315	5	no tiene		660,98	-1	0	0	-10	-6	
003343811	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:12-1/4 I	\$ 2.518.883,81	\$ 1.259,442	3	no tiene		1584,10	0	0	0	-10	-7	

COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Pr1	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Pen1	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Pr1+Pen1+Ltl)=?
ME79	000623652	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 27.317,13	\$ 13,66	6	14 en 11 años	1	230,11	-3	SN	46	4	8
	003312196	FAN, CENTRIFUGAL,FRAME 364TS, 60 HP, 18	\$ 561.000,00	\$ 280,50	5	no tiene		496,95	-2	CN	38	3	6
AME154	003306784	FUSE LINK, ENCLOSED ELEMENT ,AMPS:2 VOLT	\$ 1.409,60	\$ 0,70	6	no tiene		217,15	-3	SN	57	4	7
	000005694	CIRCUIT BREAKER ,RATING: 100 AMPS, VOLTA	\$ 245.595,00	\$ 122,80	6	no tiene		339,25	-2	SN	84	4	8
	003309556	COIL, ELECTRICAL ,COIL 115-120V FOR CONT	\$ 141.007,68	\$ 70,50	6	no tiene		286,95	-2	0	0	-10	-6
	003311123	TRANSFORMER, POWER ,TRANSFORMADOR MONOFA	\$ 56.000,00	\$ 28,00	6	no tiene		244,45	-3	0	0	-10	-7
ME80	000623652	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 27.317,13	\$ 13,66	6	12 en 12 años	1	338,32	-2	SN	46	4	9
	003312196	FAN, CENTRIFUGAL,FRAME 364TS, 60 HP, 18	\$ 561.000,00	\$ 280,50	5	1 en 10 años	-2	605,16	-1	CN	38	3	5
AME155	003306784	FUSE LINK, ENCLOSED ELEMENT ,AMPS:2 VOLT	\$ 1.409,60	\$ 0,70	6	no tiene		325,36	-2	SN	57	4	8
	000005694	CIRCUIT BREAKER ,RATING: 100 AMPS, VOLTA	\$ 245.595,00	\$ 122,80	6	no tiene		447,46	-2	SN	84	4	8
	003309556	COIL, ELECTRICAL ,COIL 115-120V FOR CONT	\$ 141.007,68	\$ 70,50	6	no tiene		395,16	-2	0	0	-10	-6
	003311123	TRANSFORMER, POWER ,TRANSFORMADOR MONOFA	\$ 56.000,00	\$ 28,00	6	no tiene		352,66	-2	0	0	-10	-6

EQUIPO PSP301 BOMBA DE CARGA DE LA PLANTA DE CRUDO (REPUESTOS BOMBAS DESPLAZAMIENTO POSITIVO PIÑONES)													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Pr1	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Pen1	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Pr1+Pen1+Ltl)=?
PDP17	003356987	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:19 MM OD:50.8	\$ 9.600,00	\$ 4,8000	6	no tiene		329,46	-2	SN	41	3	7
	003356961	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:17.00 MM, OD:	\$ 41.627,00	\$ 20,8135	6	no tiene		345,47	-2	SN	56	4	8
	003356979	HOUSING, BEARING UNIT ,BEARING HOUSING A	\$ 265.340,61	\$ 132,6703	6	no tiene		457,33	-2	0	0	-10	-6
	003356995	BUSHING, SLEEVE ,IDLER BUSHING, ITEM 12	\$ 100.761,02	\$ 50,3805	6	no tiene		375,04	-2	0	0	-10	-6
	003357001	SCREW, CAP, SOCKET HEAD ,HEX SOCKET HEAD	\$ 2.219,74	\$ 1,1099	6	no tiene		325,77	-2	SN	88	4	8
	003357019	SHAFT, IDLER ,HEAD (PLAIN) AND PLAIN IDL	\$ 187.246,00	\$ 93,6230	6	no tiene		418,28	2	0	0	-10	-2
	003357027	SHAFT, IDLER ,IDLER AND BUSHING, ITEM:13	\$ 53.066,00	\$ 26,5330	6	no tiene		351,19	-2	0	0	-10	-6
	003357035	SEAL, ASSEMBLY ,MECHANICAL SEAL, DIAM. S	\$ 36.000,00	\$ 18,0000	6	no tiene		342,66	-2	SN	81	4	8
	003357043	NUT, SELF-LOCKING, HEXAGON ,LOCKNUT HEX	\$ 2.274,00	\$ 1,1370	6	no tiene		325,80	-2	0	0	-10	-6
	617951	O-RING ,NUMBER:2-141, BASE POLYMER:BUNA	\$ 3.169,00	\$ 1,5845	6	no tiene		326,24	-2	0	0	-10	-6
	003357068	VALVE ,RELIEF, PRESSURE AND TEMPERATURE	\$ 125.841,00	\$ 62,9205	6	no tiene		387,58	-2	0	0	-10	-6
	003357076	ROTOR ,ROTOR AND SHAFT, ITEM 11	\$ 121.527,00	\$ 60,7635	6	no tiene		385,42	-2	0	0	-10	-6
	003357076	ROTOR ,ROTOR AND SHAFT, ITEM 11	\$ 121.527,00	\$ 60,7635	6	no tiene		385,42	-2	0	0	-10	-6
	003357084	RING, RETAINING ,SNAP RING OUTER, ITEM:2	\$ 1.516,00	\$ 0,7580	6	no tiene		325,42	-2	0	0	-10	-6
003357092	RING, RETAINING ,SNAP RING, INNER, ITEM:	\$ 1.516,00	\$ 0,7580	6	no tiene		325,42	-2	0	0	-10	-6	
003477189	KEY, MACHINE ,KEY ROTOR POS.7	\$ 2.500,00	\$ 1,2500	6	no tiene		325,91	-2	0	0	-10	-6	
ME135	000110593	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:30	\$ 11.517,69	\$ 5,7588	6	no tiene		330,42	-2	SN	36	3	7
	000623561	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:25	\$ 6.049,44	\$ 3,0247	6	2 en 5 años	0	327,68	-2	SN	46	4	8
	003312071	FAN, CENTRIFUGAL ,FAN FRAME 182T,3HP,180	\$ 76.000,00	\$ 38,0000	6	no tiene		362,66	-2	CN	29	3	7
ME136	003312063	FAN, CENTRIFUGAL ,FAN FRAME 145T 2 HP 18	\$ 50.773,00	\$ 25,3865	6	no tiene		350,05	-2	CN	29	3	7

COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
PDP16	003652252	SEAL, PLAIN ENCASED ,BORE DIA:0.750" OD:	\$ 7.500,00	\$ 3,750	6	no tiene		328,41	-2	SN	41	3	7
	003356680	RETAINER, SEAL ,RETAINER OIL POS.7 ILLUS	\$ 3.142,91	\$ 1,571	6	no tiene		326,23	-2	SI	181	6	10
	1021948	O-RING ,NUMBER:2-451, BASE POLYMER:BUNA	\$ 123.055,00	\$ 61,528	6	no tiene		386,19	-2	SN	152	5	9
	003356524	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING ILLUS NBR 2-OF	\$ 6.426,60	\$ 3,213	6	no tiene		327,87	-2	0	0	-10	-6
	003356516	FILTER PARTICULATE ,ADAPTER O FILTER, P/	\$ 57.803,12	\$ 28,902	6	no tiene		353,56	-2	SI	152	5	9
	000470724	PUMP, ROTARY ;DWG.W-115054, ITEM.6, CCM.	\$ 10.560.508,71	\$ 5.280,254	1	no tiene		5604,91	2	SI	156	5	8
	000470518	BUSHING ,MAIN BEARING, DWG.W-114843, ITE	\$ 1.407.060,64	\$ 703,530	4	no tiene		1028,19	0	SN	120	5	9
ME94	003512522	BEARING, ROLLER, CYLINDRICAL ,SIZE ID:75	\$ 122.348,00	\$ 61,174	6	2 en 9 años	-1	385,83	-2	SN	80	4	7
	000111161	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:80	\$ 206.039,00	\$ 103,020	6	no tiene		427,68	-2	SN	46	4	8
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
IMT46	003308673	ABSORBER, OVERVOLTAGE ,SURGE ARRESTER FO	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
	003308665	CONTACT, ELECTRICAL ,SWITCH AUXILIAR, G.	\$ 20.000,00	\$ 10,000	6	no tiene		334,66	-2	0	0	-10	-6
	003308657	SUPPORT ,SOPORTE (ANGER) PARA PARARRAYO,	\$ 600,00	\$ 0,300	6	no tiene		324,96	-2	0	0	-10	-6
	003308640	LIGHTNING ROD ,PARARRAYO	\$ 41.420,00	\$ 20,710	6	no tiene		345,37	-2	0	0	-10	-6
	003308624	CAP, ELECTRICAL ,CAPERUZA PARA POWER VAC	\$ 300,00	\$ 0,150	6	no tiene		324,81	-2	0	0	-10	-6
	003308616	CIRCUIT BREAKER ,BREAKER 52 G.E., MOD:12	\$ 20.674,00	\$ 10,337	6	no tiene		335,00	-2	0	0	-10	-6
	003308608	CONTACT ASSEMBLY, ELECTRICAL ,BLOQUE DE	\$ 1.000,00	\$ 0,500	6	no tiene		325,16	-2	0	0	-10	-6

COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Pri	RATA CONSUMO (año)	Cst	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Dias)	Ltl	(Cst+Pri+Penl+Ltl)=?
CP81	004166666	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:35 MM; O	\$ 245.870,00	\$ 122,935	6	no tiene		447,60	-2	SN	150	5	9
	003963212	BEARING, BALL RADIAL CONTACT, SIZE ID:60	\$ 41.280,00	\$ 20,640	6	no tiene		345,30	-2	SN	57	4	8
	003720281	HOUSING, BEARING UNIT, BEARING HOUSING O	\$ 8.334.468,00	\$ 4.167,234	1	no tiene		4491,89	-2	SN	151	5	4
	003424561	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-07	\$ 3.420,00	\$ 1,710	6	1 en 7 años	-2	326,37	-2	SN	98	5	7
	003349099	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED, SEA	\$ 501.442,23	\$ 250,721	5	1 en 7 años	-2	575,38	-2	CN	69	4	5
	003337995	SLEEVE, SHAFT, PUMP, SLEEVE SHAFT INNER	\$ 3.988.607,59	\$ 1.994,304	3	no tiene		2318,96	-1	SI	222	6	8
	003337987	SLEEVE, SHAFT, PUMP, SLEEVE SHAFT OUTER	\$ 5.788.723,88	\$ 2.894,362	2	2 en 7 años	-1	3219,02	-2	SN	120	5	4
	003337979	SLEEVE, SHAFT, PUMP, SLEEVE SPACER OR IN	\$ 268.614,50	\$ 134,307	6	2 en 7 años	-1	458,97	0	0	0	-10	-5
	003337961	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP, SHAFT PUMP	\$ 7.531.256,66	\$ 3.765,628	2	2 en 7 años	-1	4090,29	-2	SN	114	5	4
	003337946	RING, WEARING, RING IMPELLER, Z5LV4AX18-	\$ 36.492,75	\$ 18,246	6	2 en 7 años	-1	342,91	0	0	0	-10	-5
	003337938	RING, VALVE, RING CASING, PLANO GI-BG-0	\$ 2.904.913,72	\$ 1.452,457	3	no tiene		1777,12	-2	SI	207	6	7
	003337912	GASKET, O-RING OUTER SLEEVE SHAFT, ASBES	\$ 6.766,43	\$ 3,383	6	1 en 7 años	-2	328,04	-2	0	0	-10	-8
	003337896	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL;	\$ 1.630.040,40	\$ 815,020	4	3 en 10 años	-1	1139,68	1	SI	174	5	9
	003337888	COLLAR, RETAINING, LOCKCOLLAR	\$ 330.062,50	\$ 165,031	6	no tiene		489,69	1	0	0	-10	-3
	003337839	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL, OD:10-1/2 I	\$ 994.165,54	\$ 497,083	5	5 en 10 años	0	821,74	-2	0	0	-10	-7
	003337821	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID, BEARING FLIN	\$ 1.278.876,00	\$ 639,438	4	1 en 7 años	-2	964,10	-2	SI	208	6	6
	003337813	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX DI	\$ 108.508,27	\$ 54,254	6	no tiene		378,91	-1	0	0	-10	-5
	003337805	BUSHING, SLEEVE, BUSHING STUFFING BOX SU	\$ 91.935,24	\$ 45,968	6	2 en 7 años	-1	370,63	-2	0	0	-10	-7
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC, ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	3 en 7 años	0	399,01	-1	SI	174	6	11
	000683946	BEARING LOCKNUT, THREAD SIZE:M 60X2; TYP	\$ 14.428,57	\$ 7,214	6	1 en 7 años	-2	331,87	2	SN	42	3	9
000424069	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE:263 TYPE	\$ 397.621,00	\$ 198,811	6	no tiene		523,47	2	0	0	-10	-2	
000393926	LOCKWASHER, WASHER LOCK BEARING, W-12	\$ 5.329,40	\$ 2,665	6	no tiene		327,32	-1	SN	48	4	9	

EQUIPO PSP302 CIRCULANTE SUPERIOR TORRE CALIENTE T301 (REPUESTOS BOMBA CENTRIFUGA (PSP302B y PSP302A))													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR US	Pr1	RATA CONSUMO (año)	Cs1	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Pen1	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	L1	(Cs1+Pr1+Pen1+L1)=?
CP82	003963212	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 35.127,91	\$ 17,564	6	no tiene		342,22	-2	SN	50	4	8
	000109728	BEARING, BALL, ANNULAR ,SIZE ID:55 MM; O	\$ 287.027,90	\$ 143,514	6	2 en 7 años	-1	468,17	-2	SN	66	4	7
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC ;ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	no tiene		399,01	-2	SI	174	5	9
	003336161	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ;FLINGER COUP	\$ 698.588,74	\$ 349,294	5	no tiene		673,95	-1	SI	174	5	9
	003338217	SCREW, SELF-LOCKING ;LOCKSCREW IMPELLER	\$ 63.995,77	\$ 31,998	6	no tiene		356,66	-2	SI	207	6	10
	003338373	GASKET, SPIRAL WOUND ,ID:277 MM X OD:296	\$ 66.940,00	\$ 33,470	6	6 en 8 años	0	358,13	-2	CN	19	2	6
	003338472	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ;FLINGER PUMP	\$ 730.947,50	\$ 365,474	5	no tiene		690,13	-1	SN	127	5	9
	003339678	BUSHING, STUFFING BOX ,ITEM 88	\$ 17.970,50	\$ 8,985	6	1 en 7 años	-2	333,65	-2	0	0	-10	-8
	003339686	GASKET ,GASKET CASING SUCTION BRAT INNER	\$ 93.536,69	\$ 46,768	6	4 en 13 años	-1	371,43	-2	SN	209	6	9
	003339694	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,OD:9-1/2 IN	\$ 3.207.407,11	\$ 1.603,704	3	no tiene		1928,36	0	0	0	-10	-7
	003339744	RING, WEAR, CASING ;RING WEARING CASING	\$ 3.188.843,21	\$ 1.594,422	3	4 en 7 años	0	1919,08	0	SI	176	5	8
	003339751	RING, WEARING ;RING IMPELLER	\$ 3.282.525,41	\$ 1.641,263	3	4 en 7 años	0	1965,92	0	SN	170	5	8
	003339785	WASHER, IMPELLER ,ITEM 246	\$ 60.912,08	\$ 30,456	6	no tiene		355,12	-2	0	0	-10	-6
	003338803	THROWER, OIL ,ITEM 50	\$ 290.015,99	\$ 145,008	6	no tiene		469,67	-2	SI	209	6	10
	003424603	LOCKWASHER ,WASHER LOCK BEARING, W-11	\$ 10.480,00	\$ 5,240	6	no tiene		329,90	-2	SN	68	4	8
003428604	BEARING LOCKNUT ,N-11, NUT LOCK BEARING,	\$ 24.409,10	\$ 12,205	6	no tiene		336,86	-2	SN	79	4	8	
000115170	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,SIZE: TYPE:	\$ 78.300,00	\$ 39,150	6	no tiene		363,81	-2	0	0	-10	-6	
003339769	SHAFT, PUMP ,EJE	\$ 11.167.640,96	\$ 5.583,820	1	1 en 7 años	-2	5908,48	2	SI	174	5	6	
003338704	HOUSING, BEARING UNIT ,HOUSING BEARING	\$ 715.547,00	\$ 357,774	5	no tiene		682,43	-1	0	0	-10	-6	
CP83	003963212	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 35.127,91	\$ 17,5640	6	no tiene		277,29	-2	SN	50	4	8
	000109728	BEARING, BALL, ANNULAR ,SIZE ID:55 MM; O	\$ 287.027,90	\$ 143,5140	6	3 en 8 años	-1	403,24	-2	SN	66	4	7
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC ;ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,3478	6	no tiene		334,08	-2	SI	174	5	9
	003336161	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ;FLINGER COUP	\$ 698.588,74	\$ 349,2944	5	no tiene		609,02	-1	SI	174	5	9
	003338217	SCREW, SELF-LOCKING ;LOCKSCREW IMPELLER	\$ 63.995,77	\$ 31,9979	6	no tiene		291,73	-2	SI	207	6	10
	003338373	GASKET, SPIRAL WOUND ,ID:277 MM X OD:296	\$ 66.940,00	\$ 33,4700	6	3 en 9 años	-1	293,20	-2	CN	19	2	5
	003338472	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ;FLINGER PUMP	\$ 730.947,50	\$ 365,4738	5	no tiene		625,20	-1	SN	127	5	9
	003339678	BUSHING, STUFFING BOX ,ITEM 88	\$ 17.970,50	\$ 8,9853	6	1 en 8 años	-2	268,72	-2	0	0	-10	-8
	003339686	GASKET ,GASKET CASING SUCTION BRAT INNER	\$ 93.536,69	\$ 46,7683	6	4 en 12 años	-1	306,50	-2	SN	209	6	9
	003339694	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,OD:9-1/2 IN	\$ 3.207.407,11	\$ 1.603,7036	3	2 en 12 años	-2	1863,43	0	0	0	-10	-9
	003339744	RING, WEAR, CASING ;RING WEARING CASING	\$ 3.188.843,21	\$ 1.594,4216	3	2 en 2 años	0	1854,15	0	SI	176	5	8
	003339751	RING, WEARING ;RING IMPELLER	\$ 3.282.525,41	\$ 1.641,2627	3	4 en 10 años	0	1900,99	0	SN	170	5	8
	003339785	WASHER, IMPELLER ,ITEM 246	\$ 60.912,08	\$ 30,4560	6	no tiene		290,19	-2	0	0	-10	-6
	003338803	THROWER, OIL ,ITEM 50	\$ 290.015,99	\$ 145,0080	6	no tiene		404,74	-2	SI	209	6	10
	003424603	LOCKWASHER ,WASHER LOCK BEARING, W-11	\$ 10.480,00	\$ 5,2400	6	no tiene		264,97	-2	SN	68	4	8
003428604	BEARING LOCKNUT ,N-11, NUT LOCK BEARING,	\$ 24.409,10	\$ 12,2046	6	no tiene		271,93	-2	SN	79	4	8	
000115170	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,SIZE: TYPE:	\$ 78.300,00	\$ 39,1500	6	no tiene		298,88	-2	0	0	-10	-6	
003339769	SHAFT, PUMP ,EJE	\$ 11.167.640,96	\$ 5.583,8205	1	1 en 10 años	-2	5843,55	2	SI	174	5	6	
003338704	HOUSING, BEARING UNIT ,HOUSING BEARING	\$ 715.547,00	\$ 357,7735	5	no tiene		617,50	-1	0	0	-10	-6	

ME98	000623827	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ;SIZE.ID:65	\$ 107.761,77	\$ 53,881	6	4 en 7 años	0	378,54	-2	SN	48	4	8
ME98	000623827	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ;SIZE.ID:65	\$ 107.761,77	\$ 53,881	6	11 en 10 años	1	443,47	-2	SN	48	4	9
AME167	003306784	FUSE LINK, ENCLOSED ELEMENT ;AMPS:2 VOLT	\$ 1.409,60	\$ 0,705	6	no tiene		260,43	-2	SN	88	4	8
	003305422	CIRCUIT BREAKER, POLES:3, VOLTAGE:600, A	\$ 416.070,00	\$ 208,035	6	no tiene		467,77	-2	SN	88	4	8
	003309556	COIL, ELECTRICAL ;COIL 115-120V FOR CONT	\$ 14.107,68	\$ 7,054	6	no tiene		266,78	-2	CN	29	3	7
	003311123	TRANSFORMER, POWER ;TRANSFORMADOR MONOFA	\$ 56.000,00	\$ 28,000	6	no tiene		287,73	-2	CN	29	3	7
AME168	003306784	FUSE LINK, ENCLOSED ELEMENT ;AMPS:2 VOLT	\$ 1.409,60	\$ 0,705	6	no tiene		260,43	-2	0	0	-10	-6
	003305422	CIRCUIT BREAKER, POLES:3, VOLTAGE:600, A	\$ 416.070,00	\$ 208,035	6	no tiene		467,77	-2	0	0	-10	-6
	003309556	COIL, ELECTRICAL ;COIL 115-120V FOR CONT	\$ 14.107,68	\$ 7,054	6	no tiene		266,78	-2	0	0	-10	-6
	003311123	TRANSFORMER, POWER ;TRANSFORMADOR MONOFA	\$ 56.000,00	\$ 28,000	6	no tiene		287,73	-2	0	0	-10	-6

EQUIPO PSP305 BOMBA BOOSTER DE CRUDO A LOS HORNOS (REPUESTOS BOMBA CENTRIFUGA (PSP305B y PSP305A))													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR US	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
CP88	003402880	BEARING, BALL, ANNULAR ;ID:55 MM, OD:120	\$ 378.487,66	\$ 189,244	6	15 en 10 años	1	838,56	-1	SN	41	3	9
	003663523	MECHANISM CHAMBER, CAMARA DE EXPANSION P	\$ 250.000,00	\$ 125,000	6	no tiene		774,32	-1	SN	59	4	9
	000045609	SEAL RING, NONMETALLIC ;ITEM 42	\$ 36.370,17	\$ 18,185	6	1 en 10 años	-1	667,51	-1	SI	276	6	10
	003342649	BUSHING, SLEEVE ;BUSHING THROAT	\$ 659.511,39	\$ 329,756	5	4 en 10 años	0	979,08	-1	SI	205	6	10
	003342656	GASKET ;GASKET CASE COVER, ITEM 17B, TEF	\$ 674.682,40	\$ 337,341	5	2 en 9 años	-1	986,66	-1	SI	205	6	9
	003342664	GASKET ;GASKET CASE, SS-304 GRAPHITE FLE	\$ 282.693,32	\$ 141,347	6	4 en 9 años	0	790,67	-1	SI	205	6	11
	003342680	GASKET ;GASKET SHAFT SLEEVE (GUARNIZIONE	\$ 681.222,54	\$ 340,611	5	4 en 10 años	0	989,93	-1	SI	205	6	10
	003342714	RING, RETAINING ;SNAP RING (ANILLO DE FI	\$ 918.105,31	\$ 459,053	5	2 en 10 años	-1	1108,37	0	SI	266	6	10
	003342722	RING, WEARING ;RING WEAR CASE	\$ 1.099.067,10	\$ 549,534	4	2 en 7 años	-1	1198,85	0	SI	245	6	9
	003342730	RING, WEARING ;RING WEAR IMPELLER	\$ 1.350.355,28	\$ 675,178	4	2 en 7 años	-1	1324,50	0	SI	201	6	9
	003342755	NUT, SLEEVE ;TUERCA CAMISA, ROSCA DERECH	\$ 860.119,42	\$ 430,060	5	2 en 10 años	-1	1079,38	0	SI	245	6	10
	003342763	NUT, SLEEVE ;TUERCA CAMISA, ROSCA IZQUIE	\$ 656.797,78	\$ 328,399	5	1 en 7 años	-2	977,72	-1	SI	230	6	8
	003342771	CONE ;SLEEVE SHAFT INTERMEDIATE	\$ 657.273,92	\$ 328,637	5	2 en 7 años	-1	977,96	-1	SI	201	6	9
	000678706	LOCKWASHER, SIZE: 55 MM. TYPE: EXTERNAL	\$ 2.400,00	\$ 1,200	6	no tiene		650,52	-1	0	0	-10	-5
	000683938	BEARING LOCKNUT ;THREAD SIZE:M 55X2, TYP	\$ 16.226,00	\$ 8,113	6	no tiene		657,43	-1	SN	51	4	9
	003342698	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ;OD:12-1/4 I	\$ 8.027.422,25	\$ 4.013,711	1	no tiene		4663,03	2	SI	230	6	9
	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ;DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	no tiene		1717,58	0	SN	136	5	8
	003342748	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP ;SHAFT PUMP	\$ 15.602.392,40	\$ 7.801,196	1	4 en 10 años	0	8450,52	3	SI	245	6	10

CP89	003402880	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:55 MM, OD:120	\$ 378.487,66	\$ 189,244	6	17 en 9 años	2	968,42	-1	SN	41	3	10
	003663523	MECHANISM CHAMBER ,CAMARA DE EXPANSION P	\$ 250.000,00	\$ 125,000	6	2 en 7 años	-1	904,18	-1	SN	59	4	8
	000045609	SEAL RING, NONMETALLIC ,ITEM 42	\$ 36.370,17	\$ 18,185	6	2 en 12 años	-1	797,37	-1	SI	276	6	10
	003342649	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING THROAT	\$ 659.511,39	\$ 329,756	5	4 en 9 años	0	1108,94	0	SI	205	6	11
	003342656	GASKET ,GASKET CASE COVER, ITEM 17B, TEF	\$ 674.682,40	\$ 337,341	5	17 en 9 años	2	1116,52	0	SI	205	6	13
	003342664	GASKET ,GASKET CASE, SS-304 GRAPHITE FLE	\$ 282.693,32	\$ 141,347	6	5 en 9 años	0	920,53	-1	SI	205	6	11
	003342680	GASKET ,GASKET SHAFT SLEEVE (GUARNIZIONE	\$ 681.222,54	\$ 340,611	5	3 en 5 años	0	1119,79	0	SI	205	6	11
	003342714	RING, RETAINING ,SNAP RING (ANILLO DE FI	\$ 918.105,31	\$ 459,053	5	3 en 9 años	-1	1238,23	0	SI	266	6	10
	003342722	RING, WEARING ,RING WEAR CASE	\$ 1.099.067,10	\$ 549,534	4	6 en 9 años	0	1328,71	0	SI	245	6	10
	003342730	RING, WEARING ,RING WEAR IMPELLER	\$ 1.350.355,28	\$ 675,178	4	5 en 9 años	0	1454,36	0	SI	201	6	10
	003342755	NUT, SLEEVE ,TUERCA CAMISA, ROSCA DERECH	\$ 860.119,42	\$ 430,060	5	3 en 7 años	0	1209,24	0	SI	245	6	11
	003342763	NUT, SLEEVE ,TUERCA CAMISA, ROSCA IZQUIE	\$ 656.797,78	\$ 328,399	5	4 en 9 años	0	1107,58	0	SI	230	6	11
	003342771	CONE ,SLEEVE SHAFT INTERMEDIATE	\$ 657.273,92	\$ 328,637	5	6 en 9 años	0	1107,82	0	SI	201	6	11
	000678706	LOCKWASHER ,SIZE: 55 MM. TYPE: EXTERNAL	\$ 2.400,00	\$ 1,200	6	2 en 5 años	0	780,38	-1	0	0	-10	-5
	000683938	BEARING LOCKNUT ,THREAD SIZE:M 55X2; TYP	\$ 16.226,00	\$ 8,113	6	2 en 5 años	0	787,29	-1	SN	51	4	9
	003342698	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,OD:12-1/4 I	\$ 8.027.422,25	\$ 4.013,711	1	no tiene		4792,89	2	SI	230	6	9
	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	no tiene		1847,44	0	SN	136	5	8
003342748	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP ,SHAFT PUMP	\$ 15.602.392,40	\$ 7.801,196	1	1 en 5 años	-1	8580,38	3	SI	245	6	9	

ME510	000623678	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:85	\$ 121.987,50	\$ 60,994	6	2 en 7 años	-1	710,31	-1	SN	46	4	8
ME103	003404589	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:95 MM OD:200	\$ 393.644,00	\$ 196,822	6	4 en 9 años	0	846,14	-1	SN	58	4	9
ME103	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	no tiene		1717,58	0	SI	326	6	9
ME510	003529336	BEARING, ROLLER, CYLINDRICAL ,ID:85 MM,	\$ 279.347,00	\$ 139,674	6	3 en 7 años	0	788,99	-1	SN	46	4	9
ME510	003544228	SCREW, MACHINE ,DIAM:8 MM, LONGITUD:60 M	\$ 580,00	\$ 0,290	6	no tiene		649,61	-1	SN	59	4	9
ME103	003544236	RING, RETAINING ,SNAP RING, TIPO A, DIAM	\$ 7.097,55	\$ 3,549	6	no tiene		652,87	-1	SN	71	4	9
ME104	000111161	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:80	\$ 206.036,00	\$ 103,018	6	2 en 9 años	-1	1271,79	0	SN	46	4	9
ME150	000623678	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:85	\$ 121.987,50	\$ 60,994	6	5 en 5 años	1	1229,76	0	SN	46	4	11
ME103	003404589	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:95 MM OD:200	\$ 393.644,00	\$ 196,822	6	4 en 10 años	0	1365,59	0	SN	58	4	10
ME104	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	no tiene		2237,03	1	SI	326	6	10
ME150	003529336	BEARING, ROLLER, CYLINDRICAL ,ID:85 MM,	\$ 279.347,00	\$ 139,674	6	12 en 7 años	2	1308,44	0	SN	46	4	12
ME150	003544228	SCREW, MACHINE ,DIAM:8 MM, LONGITUD:60 M	\$ 580,00	\$ 0,290	6	no tiene		1169,06	0	SN	59	4	10
ME104	003544236	RING, RETAINING ,SNAP RING, TIPO A, DIAM	\$ 7.097,55	\$ 3,549	6	2 en 9 años	-1	1172,32	0	SN	71	4	9

IMT51	003305455	CONTACT SET, CIRCUIT BREAKER, VACUUM INT	\$ 425.690,00	\$ 212,845	6	no tiene		712,85	-1	0	0	-10	-5
	003308673	ABSORBER, OVERVOLTAGE, SURGE ARRESTER FO	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		500,00	-1	0	0	-10	-5
	003308590	HANDLE, MANUAL CONTROL, ELEVATION MECHAN	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		500,00	-1	0	0	-10	-5
	003307287	TRANSFORMER, CURRENT ;1200 TO 5 AMP	\$ 5.281,20	\$ 2,641	6	no tiene		502,64	-1	0	0	-10	-5
	003308608	CONTACT ASSEMBLY, ELECTRICAL, BLOQUE DE	\$ 1.000,00	\$ 0,500	6	no tiene		500,50	-1	0	0	-10	-5
	003308616	CIRCUIT BREAKER, BREAKER 52 G.E., MOD:12	\$ 20.674,00	\$ 10,337	6	no tiene		510,34	-1	0	0	-10	-5
	003308624	CAP, ELECTRICAL, CAPERUZA PARA POWER VAC	\$ 300,00	\$ 0,150	6	no tiene		500,15	-1	0	0	-10	-5
	003308640	LIGHTNING ROD, PARARRAYO	\$ 41.420,00	\$ 20,710	6	no tiene		520,71	-1	0	0	-10	-5
	003308657	SUPPORT, SOPORTE (ANGER) PARA PARARRAYO,	\$ 600,00	\$ 0,300	6	no tiene		500,30	-1	0	0	-10	-5
	003308665	CONTACT, ELECTRICAL, SWITCH AUXILIAR, G.	\$ 20.000,00	\$ 10,000	6	no tiene		510,00	-1	0	0	-10	-5
IMT47	003305455	CONTACT SET, CIRCUIT BREAKER, VACUUM INT	\$ 425.690,00	\$ 212,845	6	no tiene		712,85	-1	0	0	-10	-5
	003308673	ABSORBER, OVERVOLTAGE, SURGE ARRESTER FO	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		500,00	-1	0	0	-10	-5
	003308590	HANDLE, MANUAL CONTROL, ELEVATION MECHAN	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		500,00	-1	0	0	-10	-5
	003307287	TRANSFORMER, CURRENT ;1200 TO 5 AMP	\$ 5.281,20	\$ 2,641	6	no tiene		502,64	-1	0	0	-10	-5
	003308608	CONTACT ASSEMBLY, ELECTRICAL, BLOQUE DE	\$ 1.000,00	\$ 0,500	6	no tiene		500,50	-1	0	0	-10	-5
	003308616	CIRCUIT BREAKER, BREAKER 52 G.E., MOD:12	\$ 20.674,00	\$ 10,337	6	no tiene		510,34	-1	0	0	-10	-5
	003308624	CAP, ELECTRICAL, CAPERUZA PARA POWER VAC	\$ 300,00	\$ 0,150	6	no tiene		500,15	-1	0	0	-10	-5
	003308640	LIGHTNING ROD, PARARRAYO	\$ 41.420,00	\$ 20,710	6	no tiene		520,71	-1	0	0	-10	-5
	003308657	SUPPORT, SOPORTE (ANGER) PARA PARARRAYO,	\$ 600,00	\$ 0,300	6	no tiene		500,30	-1	0	0	-10	-5
	003308665	CONTACT, ELECTRICAL, SWITCH AUXILIAR, G.	\$ 20.000,00	\$ 10,000	6	no tiene		510,00	-1	0	0	-10	-5

EQUIPO PSP312 BOMBEO CRUDO REDUCIDO.T301 A HORNO VACIO (REPUESTOS BOMBA CENTRIFUGA (PSP312A y PSP312B))													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR U\$	Pr1	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Pen1	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Lit	(Csl+Pr1+Pen1+Lit)=?
CP100	000622175	BEARING,BALL DOUBLE ROW, ANGULAR CONTACT	\$ 2.539.967,87	\$ 1.269,984	3	1 en 9 años	-2	1594,64	0	SN	82	4	5
	003402906	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:80 MM, OD:170	\$ 602.482,44	\$ 301,241	5	1 en 9 años	-2	625,90	-1	SN	80	4	6
	000045922	SEAL RING, NONMETALLIC ,POS.250	\$ 61.441,28	\$ 30,721	6	no tiene		355,38	-2	SI	423	6	10
	000045930	RING, WEARING ,POS.60	\$ 1.259.608,12	\$ 629,804	4	4 en 9 años	0	954,46	-1	SI	266	6	9
	003342953	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING THROAT SEAL	\$ 104.406,00	\$ 52,203	6	1 en 9 años	-2	376,86	-2	0	0	-10	-8
	003342979	GASKET, SPIRAL WOUND ,ID:19-3/8, OD:20-1	\$ 70.866,67	\$ 35,433	6	6 en 7 años	0	360,09	-2	CN	23	3	7
	003343001	GASKET ,	\$ 2.494,82	\$ 1,247	6	1 en 9 años	-2	325,91	-2	SI	183	6	8
	003343043	RING, WEARING ,RING WEAR IMPELLER	\$ 2.483.936,24	\$ 1.241,968	3	6 en 9 años	0	1566,63	0	SI	215	6	9
	000640029	DISC PACK, FLEXIBLE SET ;FOR 401 DEZ, DB	\$ 4.444.370,00	\$ 2.222,185	2	no tiene		2546,85	1	SN	82	4	7
	003430659	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE:8 IN, CLASS:3	\$ 14.169,93	\$ 7,085	6	no tiene		331,74	-2	CN	39	3	7
	000408377	SHAFT ,PSO.20	\$ 1.129.905,50	\$ 564,953	4	no tiene		889,61	-1	0	0	-10	-7
	003343019	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,OD:18 IN	\$ 931.128,97	\$ 465,564	5	no tiene		790,22	-1	0	0	-10	-6
	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	1 en 5 años	-1	1392,92	0	SN	136	5	7
	003430659	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE:8 IN, CLASS:3	\$ 14.169,93	\$ 7,085	6	no reordenar		331,74	-2	CN	39	3	7
003430683	GASKET, SPIRAL WOUND ,SIZE:10 IN, CLASS:	\$ 28.871,49	\$ 14,436	6	no reordenar		339,10	-2	CN	39	3	7	
CP101	000622175	BEARING,BALL DOUBLE ROW, ANGULAR CONTACT	\$ 2.539.967,87	\$ 1.269,984	3	2 en 10 años	-1	1594,64	0	SN	82	4	6
	003402906	BEARING, BALL, ANNULAR ,ID:80 MM, OD:170	\$ 602.482,44	\$ 301,241	5	2 en 10 años	-1	625,90	-1	SN	80	4	7
	000045922	SEAL RING, NONMETALLIC ,POS.250	\$ 61.441,28	\$ 30,721	6	2 en 10 años	-1	355,38	-2	SI	423	6	9
	000045930	RING, WEARING ,POS.60	\$ 1.259.608,12	\$ 629,804	4	1 en 5 años	-1	954,46	-1	SI	266	6	8
	003342953	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING THROAT SEAL	\$ 104.406,00	\$ 52,203	6	1 en 5 años	-1	376,86	-2	0	0	-10	-7
	003342979	GASKET, SPIRAL WOUND ,ID:19-3/8, OD:20-1	\$ 70.866,67	\$ 35,433	6	4 en 10 años	0	360,09	-2	CN	23	3	7
	003343001	GASKET ,	\$ 2.494,82	\$ 1,247	6	no tiene		325,91	-2	SI	183	6	10
	003343043	RING, WEARING ,RING WEAR IMPELLER	\$ 2.483.936,24	\$ 1.241,968	3	1 en 5 años	-1	1566,63	0	SI	215	6	8
	000640029	DISC PACK, FLEXIBLE SET ;FOR 401 DEZ, DB	\$ 4.444.370,00	\$ 2.222,185	2	1 en 5 años	-1	2546,85	1	SN	82	4	6
	000408377	SHAFT ,PSO.20	\$ 1.129.905,50	\$ 564,953	4	no tiene		889,61	-1	0	0	-10	-7
	003343019	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,OD:18 IN	\$ 931.128,97	\$ 465,564	5	no tiene		790,22	-1	0	0	-10	-6
	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	no tiene		1392,92	0	SN	136	5	8

ME116	000623843	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ;SIZE ID:80	\$ 208.958,56	\$ 104,479	6	2 en 5 años	0	429,14	-2	SN	66	4	8
ME115	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ;DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	1 en 5 años	-1	1392,92	0	SN	105	5	7
ME115	000111161	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ;SIZE ID:80	\$ 206.036,00	\$ 103,018	6	no tiene		427,68	-2	SN	66	4	8
ME116	000623843	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ;SIZE ID:80	\$ 208.958,56	\$ 104,479	6	3 en 7 años	0	429,14	-2	SN	66	4	8
ME116	003477304	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ;DIM. C:7 IN,	\$ 2.136.510,00	\$ 1.068,255	3	no tiene		1392,92	0	SN	105	5	8
IMT45	003307766	ABSORBER, OVERVOLTAGE ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT45	003307790	COIL, ELECTRICAL ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT45	003307808	COIL, ELECTRICAL ;BOBINA DE TRIP. INTERR	\$ 46.145,87	\$ 23,073	6	no tiene		347,73	-2	0	0	-10	-6
IMT38	003307766	ABSORBER, OVERVOLTAGE ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT38	003307790	COIL, ELECTRICAL ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT38	003307808	COIL, ELECTRICAL ;BOBINA DE TRIP. INTERR	\$ 46.145,87	\$ 23,073	6	no tiene		347,73	-2	0	0	-10	-6

EQUIPO PSP313 BOMBA DE CARGA A LA PLANTA DE CRUDO (REPUESTOS BOMBA CENTRIFUGA (PSP313A y PSP313B))													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR US	Pr1	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Pen1	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Días)	Ltl	{Csl+Pr1+Pen1+Ltl}=?
CP102	003963212	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ;SIZE ID:60	\$ 35.127,91	\$ 17,564	6	no tiene		342,22	-2	SN	57	4	8
	004166666	BEARING, BALL, ANNULAR ;SIZE ID:35 MM; O	\$ 245.870,00	\$ 122,935	6	no tiene		447,60	-2	SN	150	5	9
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC ;ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	no tiene		399,01	-2	SI	174	5	9
	003335726	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL ;	\$ 47.189,81	\$ 23,595	6	no tiene		348,25	-2	0	0	-10	-6
	003337805	BUSHING, SLEEVE ;BUSHING STUFFING BOX SUCTION	\$ 91.935,24	\$ 45,968	6	1 en 5 años	-1	370,63	-2	0	0	-10	-7
	003337813	BUSHING, SLEEVE ;BUSHING STUFFING BOX DISCHARGE	\$ 108.508,27	\$ 54,254	6	1 en 5 años	-1	378,91	-2	0	0	-10	-7
	003337821	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ;BEARING FLIN	\$ 656.736,49	\$ 328,368	5	no tiene		653,03	-1	SN	73	4	8
	003337896	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL ;	\$ 1.630.040,40	\$ 815,020	4	no tiene		1139,68	0	SI	174	5	9
	003337904	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL ;	\$ 21.710,01	\$ 10,855	6	no tiene		335,52	-2	0	0	-10	-6
	003337912	GASKET ;O-RING OUTER SLEEVE SHAFT, ASBES	\$ 6.766,43	\$ 3,383	6	no tiene		328,04	-2	0	0	-10	-6
	003337938	RING, VALVE ;RING CASING, PLANO GII-BG-0	\$ 2.904.913,72	\$ 1.452,457	3	1 en 5 años	-1	1777,12	0	SI	213	6	8
	003337946	RING, WEARING ;RING IMPELLER, Z5LV4AX10-	\$ 36.492,75	\$ 18,246	6	1 en 5 años	-1	342,91	-2	0	0	-10	-7
	003337979	SLEEVE, SHAFT, PUMP ;SLEEVE SPACER OR IN	\$ 268.614,50	\$ 134,307	6	1 en 5 años	-1	458,97	-2	0	0	-10	-7
	003337987	SLEEVE, SHAFT, PUMP ;SLEEVE SHAFT OUTER	\$ 5.788.723,88	\$ 2.894,362	2	1 en 5 años	-1	3219,02	1	SN	120	5	7
	003337995	SLEEVE, SHAFT, PUMP ;SLEEVE SHAFT INNER	\$ 3.988.607,59	\$ 1.994,304	3	1 en 5 años	-1	2318,96	1	SI	193	6	9
	000393926	LOCKWASHER ;WASHER LOCK BEARING, W-12	\$ 5.329,40	\$ 2,665	6	no tiene		327,32	-2	SN	46	4	8
	003424561	LOCKWASHER ;WASHER LOCK BEARING, W-07	\$ 3.420,00	\$ 1,710	6	1 en 5 años	-1	326,37	-2	SN	51	4	7
	000424069	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ;SIZE:263 TYPE	\$ 397.621,00	\$ 198,811	6	1 en 9 años	-2	523,47	-1	0	0	-10	-7
003720281	HOUSING, BEARING UNIT ;BEARING HOUSING O	\$ 8.388.853,72	\$ 4.194,427	1	no tiene		4519,09	2	SN	151	5	8	
003337839	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ;OD:10-1/2 I	\$ 994.165,54	\$ 497,083	5	no tiene		821,74	-1	0	0	-10	-6	
003337953	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP ;SHAFT PUMP	\$ 7.323.092,94	\$ 3.661,546	2	1 en 5 años	-1	3986,21	1	SI	174	5	7	

CP103	003963212	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 35.127,91	\$ 17,564	6	no tiene		342,22	-2	SN	57	4	8
	004166666	BEARING, BALL, ANNULAR ,SIZE ID:35 MM, O	\$ 245.870,00	\$ 122,935	6	no tiene		447,60	-2	SN	150	5	9
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC ,ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	1 en 9 años	-2	399,01	-2	SI	174	5	7
	003335726	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL ;	\$ 47.189,81	\$ 23,595	6	no tiene		348,25	-2	0	0	-10	-6
	003337805	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING STUFFING BOX SUCTION	\$ 91.935,24	\$ 45,968	6	no tiene		370,63	-2	0	0	-10	-6
	003337813	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING STUFFING BOX DISCHARGE	\$ 108.508,27	\$ 54,254	6	no tiene		378,91	-2	0	0	-10	-6
	003337821	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ,BEARING FLIN	\$ 656.736,49	\$ 328,368	5	no tiene		653,03	-1	SN	73	4	8
	003337896	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL ;	\$ 1.630.040,40	\$ 815,020	4	no tiene		1139,68	0	SI	174	5	9
	003337904	NUT, PLAIN, EXTENDED WASHER, HEXAGONAL ;	\$ 21.710,01	\$ 10,855	6	no tiene		335,52	-2	0	0	-10	-6
	003337912	GASKET ,O-RING OUTER SLEEVE SHAFT, ASBES	\$ 6.766,43	\$ 3,383	6	no tiene		328,04	-2	0	0	-10	-6
	003337938	RING, VALVE ,RING CASING, PLANO GII-BG-0	\$ 2.904.913,72	\$ 1.452,457	3	no tiene		1777,12	0	SI	213	6	9
	003337946	RING, WEARING ,RING IMPELLER, Z5LV4AX18-	\$ 36.492,75	\$ 18,246	6	no tiene		342,91	-2	0	0	-10	-6
	003337979	SLEEVE, SHAFT, PUMP ,SLEEVE SPACER OR IN	\$ 268.614,50	\$ 134,307	6	no tiene		458,97	-2	0	0	-10	-6
	003337995	SLEEVE, SHAFT, PUMP ,SLEEVE SHAFT INNER	\$ 3.988.607,59	\$ 1.994,304	3	no tiene		2318,96	1	SI	193	6	10
	000393926	LOCKWASHER ,WASHER LOCK BEARING, W-12	\$ 5.329,40	\$ 2,665	6	1 en 9 años	-2	327,32	-2	SN	46	4	6
	003424561	LOCKWASHER ,WASHER LOCK BEARING, W-07	\$ 3.420,00	\$ 1,710	6	1 en 9 años	-2	326,37	-2	SN	51	4	6
	000424069	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,SIZE:263 TYPE	\$ 397.621,00	\$ 198,811	6	no tiene		523,47	-1	0	0	-10	-5
	003720281	HOUSING, BEARING UNIT ,BEARING HOUSING O	\$ 8.388.853,72	\$ 4.194,427	1	no tiene		4519,09	2	SN	151	5	8
003337839	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,OD:10-1/2 I	\$ 994.165,54	\$ 497,083	5	no tiene		821,74	-1	0	0	-10	-6	
003337953	SHAFT, TRANSMISSION, PUMP ,SHAFT PUMP	\$ 7.323.092,94	\$ 3.661,546	2	no tiene		3986,21	1	SI	174	5	8	
ME85	003313046	BEARING, SLEEVE ,LINING BEARING FOR 300	\$ 3.363.093,80	\$ 1.681,547	3	4 en 9 años	0	2006,21	1	SN	70	4	8
ME86	003313046	BEARING, SLEEVE ,LINING BEARING FOR 300	\$ 3.363.093,80	\$ 1.681,547	3	2 en 9 años	-1	2006,21	1	SN	70	4	7
IMT44	003307766	ABSORBER, OVERVOLTAGE ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT44	003307790	COIL, ELECTRICAL ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT44	003307808	COIL, ELECTRICAL ,BOBINA DE TRIP. INTERR	\$ 46.145,87	\$ 23,073	6	no tiene		347,73	-2	0	0	-10	-6
IMT40	003307766	ABSORBER, OVERVOLTAGE ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT40	003307790	COIL, ELECTRICAL ;	\$ 1,00	\$ 0,001	6	no tiene		324,66	-2	0	0	-10	-6
IMT40	003307808	COIL, ELECTRICAL ,BOBINA DE TRIP. INTERR	\$ 46.145,87	\$ 23,073	6	no tiene		347,73	-2	0	0	-10	-6

EQUIPO PSP314 CIRCULANTE INFERIOR.TORRE ATMOSF PST307 (REPUESTOS BOMBA CENTRIFUGA)													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR US	Prl	RATA CONSUMO (año)	Csl	COSTO DE PENALIZACION U\$/Día	Penl	GRUPO FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (Dias)	Ltl	(Csl+Prl+Penl+Ltl)=?
CP104	003963212	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 35.127,91	\$ 17,564	6	No tiene		277,29	-2	SN	57	4	8
	000109728	BEARING, BALL, ANNULAR, SIZE ID:55 MM; O	\$ 287.027,90	\$ 143,514	6	4 en 10 años	0	403,24	-2	SN	65	4	8
	003334208	SEAL RING, NONMETALLIC ,ITEM 31	\$ 148.695,60	\$ 74,348	6	No tiene		334,08	-2	SI	174	5	9
	003336161	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ,FLINGER COUP	\$ 668.588,74	\$ 334,294	5	1 en 10 años	-2	594,02	-1	SI	174	5	7
	003336179	DEFLECTOR, DIRT AND LIQUID ,FLINGER PUMP	\$ 887.379,00	\$ 443,690	5	1 en 10 años	-2	703,42	-1	SN	113	5	7
	003338217	SCREW, SELF-LOCKING ,LOCKSCREW IMPELLER	\$ 63.995,77	\$ 31,998	6	No tiene		291,73	-2	SI	207	6	10
	003337516	BUSHING, SLEEVE ,BUSHING STUFFING BOX	\$ 46.202,44	\$ 23,101	6	No tiene		282,83	-2	0	0	-10	-6
	003337524	GASKET, SPIRAL WOUND ,ID:15-7/32, OD:16-	\$ 59.733,33	\$ 29,867	6	2 en 10 años	-1	289,60	-2	CN	19	2	5
	003337607	WASHER ,WASHER IMPELLER	\$ 46.517,02	\$ 23,259	6	No tiene		282,99	-2	0	0	-10	-6
	003339835	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL,OD:13 IN	\$ 1.534.219,72	\$ 767,110	4	No tiene		1026,84	0	0	0	-10	-6
	003339876	RING, WEARING ,RING WEARING CASING BACK	\$ 214.218,71	\$ 107,109	6	No tiene		366,84	-2	0	0	-10	-6
	003339892	RING, WEARING ,RING WEARING CASING FRONT	\$ 300.657,04	\$ 150,329	6	1 en 10 años	-2	410,06	-2	0	0	-10	-8
	003339926	RING, WEARING ,RING WEARING IMPELLER BAC	\$ 117.741,35	\$ 58,871	6	No tiene		318,60	-2	0	0	-10	-6
	003339819	RING, WEARING ,RING WEARING IMPELLER BAC	\$ 260.806,61	\$ 130,403	6	No tiene		390,13	-2	0	0	-10	-6
	003338803	THROWER, OIL ,ITEM 50	\$ 290.015,99	\$ 145,008	6	2 en 10 años	-1	404,74	-2	SI	207	6	9
	003424603	LOCKWASHER ,WASHER LOCK BEARING, W-11	\$ 10.480,00	\$ 5,240	6	No tiene		264,97	-2	SN	68	4	8
	003428604	BEARING LOCKNUT ,N-11, NUT LOCK BEARING,	\$ 24.409,10	\$ 12,205	6	No tiene		271,93	-2	SN	79	4	8
	000114793	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,SIZE: TYPE:	\$ 1.316.061,00	\$ 658,031	6	No tiene		917,76	-1	SN	131	5	10
108498	O-RING ,NUMBER:2-225, BASE POLYMER,BUNA-	\$ 268,69	\$ 0,134	6	No tiene		259,86	-2	SN	46	4	8	
ME119	000623652	BEARING, BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:60	\$ 27.317,13	\$ 13,659	6	6 en 9 años	0	403,25	-2	SN	46	4	8
ME119	003312196	FAN, CENTRIFUGAL ,FRAME 364TS, 60 HP, 18	\$ 561.000,00	\$ 280,500	6	No tiene		670,09	-1	CN	29	3	8
ME119	000114793	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,SIZE: TYPE:	\$ 1.316.061,00	\$ 658,031	4	No tiene		1047,62	0	SN	131	5	9
AME182	003306784	FUSE LINK, ENCLOSED ELEMENT ,AMPS:2 VOLT	\$ 1.409,60	\$ 0,705	6	No tiene		260,43	-2	SN	88	4	8

REPUESTOS DE LOS EQUIPOS ESTÁTICO DE ALTA CRITICIDAD DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN COMBINADA

EQUIPO PSD301 (REPUESTOS DEL DESALADOR DE CARGA DE CRUDO) - ALTA CRITICIDAD													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	Pri	RATA CONSUMO (AÑO)	Csl	COSTO DE PENANILACION	Penl	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (días)	Ltl	(Pri + Csl + Penl + Ltl)
TAM20	003425881	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:1-1/4 X 8-	\$ 16,114.00	\$ 8.06	6	110	5	\$ 230.68	-3	CN	39	3	11
	003425436	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:7/8 X 5-1/	\$ 5,003.37	\$ 2.50	6	605	5	\$ 225.12	-3	CN	39	3	11
	003425238	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:3/4 X 4-1/	\$ 4,098.17	\$ 2.05	6	1913	5	\$ 224.67	-3	CN	39	3	11
	000133660	STUD, CONTINUOUS THREAD ;DIAMETER:5/8 IN	\$ 1,947.53	\$ 0.97	6	1389	5	\$ 223.60	-3	CN	39	3	11
	000133686	STUD, CONTINUOUS THREAD ;DIAMETER:5/8 IN	\$ 1,890.00	\$ 0.95	6	2902	5	\$ 223.57	-3	CN	39	3	11
	000080598	FLANGE, PIPE ;SIZE:1 IN CLASS:300 TYPE:W	\$ 44,500.00	\$ 22.25	6	3	2	\$ 244.87	-3	SN	76	4	9
	000080671	FLANGE, PIPE ;SIZE:2 IN CLASS:300 TYPE:W	\$ 45,000.00	\$ 22.50	6	17	5	\$ 245.12	-3	SN	41	3	11
	003369253	PIPE, METALLIC ;ND:1 IN SCH:80 LGTH:SRL	\$ 63,949.26	\$ 31.97	6	131	5	\$ 254.60	-2	SN	86	4	13
	000080762	FLANGE, PIPE ;SIZE:4 IN CLASS:300 TYPE:W	\$ 58,743.82	\$ 29.37	6	22	5	\$ 251.99	-2	SN	51	4	13
	003369311	PIPE, METALLIC ;ND:2 IN SCH:80 LGTH:SRL	\$ 147,000.00	\$ 73.50	6	135	5	\$ 296.12	-2	SN	81	4	13
	003369386	PIPE, METALLIC ;ND:3 IN, SCH:80, LGTH-SR	\$ 380,000.00	\$ 190.00	6	4	3	\$ 412.62	-2	SN	46	4	11
	003369410	PIPE, METALLIC ;ND:4 IN, SCH:80, LGTH-SR	\$ 373,039.04	\$ 186.52	6	3	3	\$ 409.14	-2	SI	121	5	12
	003826161	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2444 (850 K	\$ 2,902,212.51	\$ 1,451.11	3	0							
003826187	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2132 (850 K	\$ 9,147,487.88	\$ 4,573.74	1	0								1

EQUIPO PSD306 (REPUESTOS DEL DESALADOR DE CARGA DE CRUDO) - ALTA CRITICIDAD														
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	Pri	RATA CONSUMO (AÑO)	Csl	COSTO DE PENANILACION	Penl	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (días)	Ltl	(Pri + Csl + Penl + Ltl)	
TAM25	003425881	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:1-1/4 X 8-	\$ 16,114.00	\$ 8.06	6	110	5	\$ 230.68	-3	CN	39	3	11	
	003425436	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:7/8 X 5-1/	\$ 5,003.37	\$ 2.50	6	605	5	\$ 225.12	-3	CN	39	3	11	
	003425238	STUD, CONTINUOUS THREAD ;SIZE:3/4 X 4-1/	\$ 4,098.17	\$ 2.05	6	1913	5	\$ 224.67	-3	CN	39	3	11	
	000133686	STUD, CONTINUOUS THREAD ;DIAMETER:5/8 IN	\$ 1,890.00	\$ 0.95	6	2902	5	\$ 223.57	-3	CN	39	3	11	
	003429792	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:8 IN	\$ 5,341.85	\$ 2.67	6	157	5	\$ 225.29	-3	CN	39	3	11	
	000138362	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:2 IN,	\$ 1,450.00	\$ 0.73	6	393	5	\$ 223.35	-3	CN	39	3	11	
	003429719	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:3 IN,	\$ 1,746.12	\$ 0.87	6	439	5	\$ 223.50	-3	CN	39	3	11	
	003429735	GASKET, NON-METALLIC, FLANGE ;SIZE:4 IN	\$ 1,643.58	\$ 0.82	6	277	5	\$ 223.44	-3	CN	39	3	11	
	003369311	PIPE, METALLIC ;ND:2 IN SCH:80 LGTH:SRL	\$ 147,000.00	\$ 73.50	6	135	5	\$ 296.12	-2	SN	81	4	13	
	003369386	PIPE, METALLIC ;ND:3 IN, SCH:80, LGTH-SR	\$ 380,000.00	\$ 190.00	6	4	3	\$ 412.62	-2	SN	46	3	10	
	003369410	PIPE, METALLIC ;ND:4 IN, SCH:80, LGTH-SR	\$ 373,039.04	\$ 186.52	6	3	3	\$ 409.14	-2	SI	116	5	12	
	003826161	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2444 (850 K	\$ 2,902,212.51	\$ 1,451.11	3	0						15	2	5
	003826187	DISPERSER, INORGANIC ;CHIMEC 2132 (850 K	\$ 9,147,487.88	\$ 4,573.74	1	0						15	2	3
	000080671	FLANGE, PIPE ;SIZE:2 IN CLASS:300 TYPE:W	\$ 45,000.00	\$ 22.50	6	0		\$ 245.12	-3	SN	41	3	4	

EQUIPO PSF1 (REPUESTOS DEL HORNO DE CALENTAMIENTO) - ALTA CRITICIDAD													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	PrI	RATA CONSUMO (AÑOS)	Csl	COSTO DE PENANILACION	PenI	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (días)	Ltl	(PrI + Csl + PenI +Ltl)
HOR2	003391794	INSULATION BLANKET, THERMAL ;FIBRA CERAM	\$ 132,435.00	\$ 66.22	6	1 en 3 años	-1	\$ 511.46	-1	SN	56	4	8
	003416161	FLANGE, GLAND, VALVE ;PILOT, JET HOLDER	\$ 8,409.31	\$ 4.20	6	1 en 8 años	-2	\$ 449.45	-2		0	-10	-8
	003542578	TILE, CLAY ;LADRILLO REFRACTARIO PARA HO	\$ 25,931.30	\$ 12.97	6	32 en 8 años	-2	\$ 458.21	-2	SN	96	5	7
	003543220	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,207,891.24	\$ 603.95	4	5 en 13 años	-3	\$ 1,049.19	0	SN	96	5	6
	003543238	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,207,891.24	\$ 603.95	4		0	\$ 1,049.19	0	SN	96	5	6
	003416260	BOLT, FIREBRICK ANCHOR ;MATERIAL: AISI 30	\$ 974.74	\$ 0.49	6	300 en 8 años	-2	\$ 445.73	-2		0	-10	-8
	003416310	CLAMP, TOGGLE ;MARIPOSA (TOGGLE), MATL:A	\$ 447,316.10	\$ 223.66	6	4 en 8 años	-2	\$ 668.90	-1	CI	54	4	7
	003542164	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-5/8 IN DIA. X 1-	\$ 1,600.17	\$ 0.80	6		0	\$ 446.04	-2		0	-10	-6
	003542156	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-3/4 IN DIA. X 1-	\$ 1,000.00	\$ 0.50	6	10 en 8 años	-2	\$ 445.74	-2		0	-10	-8
	003542586	PILOT ;PILOT, ITEM 300, GAS BURNER HEVD-	\$ 1,175,869.12	\$ 587.93	4	10 en años	-2	\$ 1,033.18	0	SN	96	5	7
	003415619	NOZZLE ;PILOT TIP (BOQUILLA PILOTO DEL Q	\$ 866,677.85	\$ 433.34	5	6 en 3 años	2	\$ 878.58	-1	SI	126	5	11
	003416989	STUD, CONTINUOUS THREAD ;STUD, SS-310, 4	\$ 358.22	\$ 0.18	6	400 en 3 años	5	\$ 445.42	-2		0	-10	-1
	003417060	TUBE, METALLIC ;OD: 5 IN, WTH: 0.250 IN, L	\$ 432,766.26	\$ 216.38	6	9 en 3 años	3	\$ 661.63	-1		0	-10	-2
	003543188	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,170,230.63	\$ 585.12	4		-1						
	003543196	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,170,230.63	\$ 585.12	4		-2						

EQUIPO PSF301 (REPUESTOS DEL HORNO DE CALENTAMIENTO) - ALTA CRITICIDAD													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	PrI	RATA CONSUMO (AÑOS)	Csl	COSTO DE PENANILACION	PenI	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA (días)	Ltl	(PrI + Csl + PenI +Ltl)
HOR3	003472677	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,291,238.80	\$ 645.62	4	2 en 8 años	-1	\$ 1,090.86	0		0	-10	-7
	003543188	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,170,230.63	\$ 585.12	4		-1	\$ 1,030.36	0		60	4	8
	003543220	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,207,891.24	\$ 603.95	4		-7	\$ 1,049.19	0		60	4	4
	003543238	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,207,891.24	\$ 603.95	4		-8	\$ 1,049.19	0		60	4	8
	003940764	THERMOWELL ;TERMOPOZO DE 1-1/2 IN, 300#.	\$ 1,100,000.00	\$ 550.00	4		-7	\$ 995.24	-1		20	2	5
	003391794	INSULATION BLANKET, THERMAL ;FIBRA CERAM	\$ 132,435.00	\$ 66.22	6		9	\$ 511.46	-1	SN	56	4	9
	003415577	DIFFUSER, AIR SUPPLY ;BURNER GAS PREMIX	\$ 23,152,022.32	\$ 11,576.01	0	5 en 8 años	2	\$ 12,021.26	3	SN	134	5	10
	003415593	BRICK, REFRACTORY, STRAIGHT ;BURNER TILE	\$ 6,705.80	\$ 3.35	6	8 en 3 años	2	\$ 448.60	-2		0	-10	-4
	003415601	NOZZLE ;GAS TIP, (THREADED);	\$ 1,144,025.45	\$ 572.01	4	0 en 10 años	-3	\$ 1,017.26	0	SI	116	5	6
	003415619	NOZZLE ;PILOT TIP (BOQUILLA PILOTO DEL Q	\$ 866,677.85	\$ 433.34	5	22 en 3 años	4	\$ 878.58	-1	SI	126	5	13
	003415635	GUIDE ;CAST VERTICAL GUIDE FOR VERTICAL	\$ 2,500.00	\$ 1.25	6	22 en 8 años	3	\$ 446.49	-2	SI	151	5	12
	003415643	GUIDE ;CAST TUBE GUIDE MARK 1 TYPE LPM 2	\$ 729,580.17	\$ 364.79	5	0 en 10 años	-3	\$ 810.03	-1		0	-10	-9
	003415650	GUIDE ;CAST TUBE GUIDE MARK 2 TYPE LPM 2	\$ 1,281,381.97	\$ 640.69	4	23 en 8 años	3	\$ 1,085.94	0	SI	151	5	12
	003415668	GUIDE ;CAST VERTICAL GUIDE FOR VERTICAL	\$ 392,014.00	\$ 196.01	6	2 en 8 años	-1	\$ 641.25	-1		0	-10	-6
	003416260	BOLT, FIREBRICK ANCHOR ;MATERIAL: AISI 30	\$ 974.74	\$ 0.49	6	50 en 8 años	4	\$ 445.73	-2		0	-10	-2
	003424884	WASHER, FLAT ;SIZE: 5/8 IN TYPE: SERIE:	\$ 17.13	\$ 0.01	6	460 en 8 años	5	\$ 445.25	-2		0	-10	-1
	003426426	BOLT, SQUARE NECK ;SIZE-TYPE-LENGTH: 3/8	\$ 10.03	\$ 0.01	6	8 en 8 años	1	\$ 445.25	-2	CN	24	3	8
	003543204	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,250,588.81	\$ 625.29	4	1 en 8 años	-2	\$ 1,070.54	0	SI	156	5	7
	003745924	GUIDE ;CAST TUBE GUIDE MARK 1 TYPE LPM 2	\$ 1,057,473.67	\$ 528.74	4	20 en 3 años	4	\$ 973.98	-1	SI	151	5	12
	003780699	GUIDE ;CAST VERTICAL GUIDE FOR VERTICAL	\$ 1,280,801.89	\$ 640.40	4	20 en 2 años	4	\$ 1,085.65	0	SI	151	5	13
	003932217	FIBER, CERAMIC ;PYRO-BLOC Y MODULE, CERA	\$ 657,866.00	\$ 328.93	5	35 en 3 años	4	\$ 774.18	-1	SN	14	2	10

EQUIPO PSF401 (REPUESTOS DEL HORNO DE LA SECCION DE VACIO) - ALTA CRITICIDAD													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	Pri	RATA CONSUMO (AÑOS)	Csl	COSTO DE PENANILACION	Penl	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA	Ltl	(Pri + Csl + Penl + Ltl)
HOR4	003542156	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-3/4 IN DIA. X 1-	\$ 1,000.00	\$ 0.50	6	2 en 8 años	-1	\$ 445.74	-2		0	-10	-7
	003542164	BOLT, MACHINE ;SCREW, 1-5/8 IN DIA. X 1-	\$ 1,600.17	\$ 0.80	6	4 en 8 años	0	\$ 446.04	-2		0	-10	-6
	003416989	STUD, CONTINUOUS THREAD ;STUD, SS-310, 4	\$ 358.22	\$ 0.18	6	100 en 8 años	5	\$ 445.42	-2		0	-10	-1
	003417060	TUBE, METALLIC ;OD:5 IN, WTH:0.250 IN, L	\$ 432,766.26	\$ 216.38	6	23 en 8 años	2	\$ 661.63	-1		0	-10	-3
	003542222	BEND, TUBE, RETURN ;DOG FOR 5 IN RETURN	\$ 447,316.10	\$ 223.66	6	4 en 8 años	0	\$ 668.90	-1	CI	57	4	9
	003542230	SCREW, MACHINE ;SIZE-LENGTH:3/4 X 2-3/4	\$ 82,000.00	\$ 41.00	6	25 en 8 años	3	\$ 486.24	-2	SN	71	4	11
	003542255	TILE, CLAY ;LADRILLO REFRACTARIO PARA HO	\$ 25,931.30	\$ 12.97	6	0	-4	\$ 458.21	-2	SN	91	5	5
	003543220	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,207,891.24	\$ 603.95	4	8 en 8 años		\$ 1,049.19	0	SI	156	5	9
	003543238	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,207,891.24	\$ 603.95	4	8 en 8 años		\$ 1,049.19	0	SI	156	5	9
	003940764	THERMOWELL ;TERMOPOZO DE 1-1/2 IN, 300#,	\$ 1,100,000.00	\$ 550.00	4	0	-4	\$ 995.24	-1	SN	56	4	3

EQUIPO PSF402 (REPUESTOS DEL HORNO DE LA SECCION DE VACIO) - ALTA CRITICIDAD													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	Pri	RATA CONSUMO (AÑOS)	Csl	COSTO DE PENANILACION	Penl	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA	Ltl	(Pri + Csl + Penl + Ltl)
HOR5	000080671	FLANGE, PIPE ;SIZE:2 IN CLASS:300 TYPE:W	\$ 45,000.00	\$ 22.50	6	0	-2	\$ 467.74	-2	SN	41	3	5
	003391794	INSULATION BLANKET, THERMAL ;FIBRA CERAM	\$ 132,435.00	\$ 66.22	6	1 en 8 años	-2	\$ 511.46	-1	SN	56	4	7
	003416989	STUD, CONTINUOUS THREAD ;STUD, SS-310, 4	\$ 358.22	\$ 0.18	6	150 en 8 años	5	\$ 445.42	-2		0	-10	-1
	003417060	TUBE, METALLIC ;OD:5 IN, WTH:0.250 IN, L	\$ 432,766.26	\$ 216.38	6	4 en 3 años	1	\$ 661.63	-1		0	-10	-4
	003424884	WASHER, FLAT ;SIZE:5/8 IN TYPE: SERIE:	\$ 17.13	\$ 0.01	6	15 en 8 años	2	\$ 445.25	-2		0	-10	-4
	003472677	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,291,238.80	\$ 645.62	4	1 en 8 años	-2	\$ 1,090.86	0	SN	81	4	6
	003542255	TILE, CLAY ;LADRILLO REFRACTARIO PARA HO	\$ 25,931.30	\$ 12.97	6	20 en 8 años	2	\$ 458.21	-2	SN	91	5	11
	003543188	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,170,230.63	\$ 585.12	4	8 en 3 años	2	\$ 1,030.36	0	6	156	5	11
	003543196	THERMOCOUPLE, INMERSION ;TUBE THERMOCOUP	\$ 1,170,230.63	\$ 585.12	4	8 en 3 años	2	\$ 1,030.36	0	SI	156	5	11
	003940764	THERMOWELL ;TERMOPOZO DE 1-1/2 IN, 300#,	\$ 1,100,000.00	\$ 550.00	4	0	-4	\$ 995.24	-1	SN	56	4	3

REPUESTOS DE LOS EQUIPO ESTÁTICO DE MEDIA CRITICIDAD DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN COMBINADA

EQUIPO PST401 (REPUESTOS DE LA TORRE DE VACIO) - MEDIA CRITICIDAD													
COMP	COD_MATERIAL	ITEM_DESC	COSTO DE COMPRA	VALOR DÓLAR	Pri	RATA CONSUMO (AÑOS)	Csl	COSTO DE PENANILACION	Penl	Grupo por FPA	PLAZO Y TIEMPO DE ENTREGA	Ltl	(Pri + Csl + Penl + Ltl)
TOR13	003934304	NOZZLE, SPRAY, FLUID-EMULSION ;SPRAY NOZ	\$ 170,000.00	\$ 85.00	6	1 en 5 años	-1	\$ 530.24	-1	SI	146	5	9
	003934312	NOZZLE, SPRAY, FLUID-EMULSION ;SPRAY NOZ	\$ 1,100,000.00	\$ 550.00	4	1 en 5 años	-1	\$ 995.24	-1	SN	66	4	6
	003394467	TOWER PACKING, STRUCTURED ;MELLAPAK R TI	\$ 14,744,613.23	\$ 7,372.31	1	4 en 5 años	1	\$ 7,817.55	3	SI	191	6	11
	003394475	TOWER PACKING, STRUCTURED ;MELLAPAK R TY	\$ 15,464,898.34	\$ 7,732.45	1	4 en 5 años	1	\$ 8,177.69	3	SI	191	6	11
	003394459	TOWER PACKING, STRUCTURED ;MELLAPAK R TI	\$ 14,336,947.89	\$ 7,168.47	1	7 en 5 años	2	\$ 7,613.72	3	SI	191	6	12
	003934296	EJECTOR, JET ;EJECTOR DIFFUSER	\$ 46,154,384.49	\$ 23,077.19	-1	3 en 5 años	1	\$ 23,522.44	4	SI	146	5	9

ANEXO C. EJEMPLO EN TABLA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR CORRIDAS DE LA SIMULACIÓN

NumeroEve	TiempoTrans	TiempoDesd	Evento	ExistenciasIn	CantidadPed	CostoCantidadPedida	ExistenciaAc	CostoCustodiaAcumulado	HuboFallaDe	StandByDisp	ConexionCo	HuboDismin	BarrilesNoPr	GananciaPer	HuboParada	TiempoRepa	CostoPlanta
1	55	55	Falla	False	0	0	5	54247	True	True	True	False	0	0	False	0	0
2	295	240	Mantenimie	False	0	0	4	251507	False	False	False	False	0	0	False	0	0
3	317	22	Falla	False	0	0	3	265973	True	True	False	True	15288	733824000	False	0	0
4	478	161	Falla	False	2	800000	2	345370	True	True	True	False	0	0	False	0	0
5	519	41	RecepcionPe	False	0	0	4	358849	False	False	False	False	0	0	False	0	0
6	587	68	Falla	False	0	0	3	403561	True	True	True	False	0	0	False	0	0
7	827	240	Mantenimie	False	2	800000	2	521917	False	False	False	False	0	0	False	0	0
8	868	41	RecepcionPe	False	0	0	4	535396	False	False	False	False	0	0	False	0	0
9	1108	240	Mantenimie	False	0	0	3	693204	False	False	False	False	0	0	False	0	0
10	1260	152	Falla	False	2	800000	2	768163	True	True	True	False	0	0	False	0	0
11	1301	41	RecepcionPe	False	0	0	4	781642	False	False	False	False	0	0	False	0	0
12	1352	51	Falla	False	0	0	3	815176	True	True	True	False	0	0	False	0	0
13	1592	240	Mantenimie	False	2	800000	2	933532	False	False	False	False	0	0	False	0	0
14	1633	41	RecepcionPe	False	0	0	4	947011	False	False	False	False	0	0	False	0	0
15	1873	240	Mantenimie	False	0	0	3	1104819	False	False	False	False	0	0	False	0	0
16	2113	240	Mantenimie	False	2	800000	2	1223175	False	False	False	False	0	0	False	0	0
17	2154	41	RecepcionPe	False	0	0	4	1236654	False	False	False	False	0	0	False	0	0
18	2394	240	Mantenimie	False	0	0	3	1394462	False	False	False	False	0	0	False	0	0
19	2558	164	Falla	False	2	800000	2	1475339	True	False	False	False	0	0	False	0	0
20	2599	41	RecepcionPe	False	0	0	4	1488818	False	False	False	False	0	0	False	0	0
21	2668	69	Falla	False	0	0	3	1534188	True	False	False	False	0	0	True	12	2112000000
22	2749	81	Falla	False	2	800000	2	1574133	True	True	True	False	0	0	False	0	0
23	2790	41	RecepcionPe	False	0	0	4	1587612	False	False	False	False	0	0	False	0	0
24	2914	124	Falla	False	0	0	3	1669146	True	False	False	False	0	0	False	0	0
25	3101	187	Falla	False	2	800000	2	1761365	True	True	True	False	0	0	False	0	0
26	3142	41	RecepcionPe	False	0	0	4	1774844	False	False	False	False	0	0	False	0	0
27	3264	122	Falla	False	0	0	3	1855063	True	True	True	False	0	0	False	0	0
28	3504	240	Mantenimie	False	2	800000	2	1973419	False	False	False	False	0	0	False	0	0
29	3545	41	RecepcionPe	False	0	0	4	1986898	False	False	False	False	0	0	False	0	0
30	3572	27	Falla	False	0	0	3	2004651	True	True	True	False	0	0	False	0	0
31	3661	89	Falla	False	2	800000	2	2048541	True	True	True	False	0	0	False	0	0

MATERIAL COMPLEMENTARIO 1. INSTRUCTIVO PARA LA BUSQUEDA DE PARAMETROS DE APLICACIÓN SEGÚN LA METODOLOGIA RCS EN LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA (I - 01)

El instructivo es la guía base de la metodología, es primordial observar los procesos de recolección de información, mostrar todas las características por medio de pasos, la gestión de los repuestos y funciones elementales de consecución en el sistema de información interno Ellipse y el sistema de reportes de información Mims Vu.

La obtención de los listados de repuestos arrojado por la metodología RCM; pasos enfocados en determinar la decisión de tener o no materiales en stock; parámetros de aplicación tales como costo de compra, rata de consumo, costo de penalización y tiempos de entrega; parámetros de reposición de materiales, son un conjunto de actividades desarrolladas con el fin de categorizar los repuestos a través de la metodología RCS. Específicamente se realiza un ejemplo práctico con un material que contiene toda la información requerida por la metodología y le sigue ejemplos de inconvenientes o defectos para la recopilación de la información para la misma.

Todos los pasos incluyen cierta demostración en cada parámetro de aplicación por medio de los repuestos, que pertenecen a equipos rotativos y estáticos de alta y media criticidad de la planta UDC. El instructivo aparte de ser pasos muestra con evidencia y claridad la verdad de los repuestos en los listados, como son la repetición de repuestos, listados con repuesto sin utilizar, repuestos sin acuerdo precio, repuestos sin rata de consumo y sin costo de compra.

El propósito del instructivo es permitir la comprensión explicitita descrita en la teoría del proyecto y la obtención de los resultados revelados por los cuadros de los parámetros de aplicación y reposición, por lo tanto se realiza a continuación para mayor comprensión un diagrama de flujo que representa paso a paso la realización del proyecto.

MATERIAL COMPLEMENTARIO 2. LENGUAJE DE LA SIMULACION DE FALLA DE UN REPUESTO DE LOS EQUIPOS DE ALTA Y MEDIA CRITICIDAD DE LA PLANTA DE CRUDO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA

Esta simulación representa una serie de eventos posibles en la operación de los equipos analizados, de tal forma se logre comparar a través de los parámetros de reposición estipulados por ECOPETROL y los generados por la metodología RCS.

Para esto se identificaron ciertos parámetros y variables de datos aleatorios que permitan realizar una semejanza por medio de las probabilidades de falla de los repuestos. El conjunto de probabilidades utilizadas para esta simulación se obtuvo del árbol de probabilidad (Capítulo 9, PARAMETROS DE APLICACION).

Las variables y parámetros requeridos para la ejecución de la simulación:

Columna	Valores posibles	Comentario
Habilitado	0 ó 1	Determina qué juego de valores se va a utilizar para la simulación. Solamente puede haber una fila con valor 1
ID	Mayor que 0	Un número identificativo del juego de valores
PeriodoMantenimiento	Mayor que 0	Tiempo en días en el que se debe realizar el mantenimiento del repuesto
IntervaloFalla	Mayor que 0	Tiempo máximo en días dentro del cual se puede producir aleatoriamente la falla del repuesto
ExistencialInicial	Mayor o igual que 0	Existencia inicial del repuesto al iniciar la simulación
PuntoReorden	Mayor o igual que 0	Valor de existencia en el cual se debe generar un pedido de compra del repuesto
CantidadReorden	Mayor que 0	Valor utilizado para calcular la cantidad a comprar. CantidadReorden - Existencia
TiempoEntrega	Mayor o igual que 0	Tiempo en días necesario para que el proveedor entregue los repuestos comprados
CostoRepuesto	Mayor o igual que 0	Costo por unidad de repuesto
CostoCustodiaAnual	Mayor o igual que 0	Costo de mantener en almacenes una unidad de repuesto durante un año
ProbabilidadFallaDeEquipo	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que la falla del repuesto provoque una falla en el equipo
ProbabilidadStandByDisponible	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que luego de una falla del repuesto, el standby esté disponible y no falle
ProbabilidadConexionCorrecta	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que luego de una falla del repuesto, las conexiones no fallen
ProbabilidadDisminucionDeProduccion	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que la falla del repuesto provoque una disminución de producción
CantidadBarrilesPerdidaMinimo	Mayor o igual que 0	Cantidad mínima de barriles de disminución de producción
CantidadBarrilesPerdidaMaximo	Mayor que CantidadBarrilesPerdidaMinimo	Cantidad máxima de barriles de disminución de producción
GananciaPerdidaPorBarril	Mayor o igual que 0	Ganancia perdida por cada barril no producido
ProbabilidadParadaDePlanta	Mayor o igual que 0 y menor o igual que 100	Probabilidad de que la falla del repuesto provoque una parada de planta
TiempoReparacionMinimo	Mayor o igual que 0	Tiempo mínimo en horas que se demora en reparar el equipo cuando hay parada de planta
TiempoReparacionMaximo	Mayor que TiempoReparacionMinimo	Tiempo máximo en horas que se demora en reparar el equipo cuando hay parada de planta
CostoPlantaParada	Mayor o igual que 0	Costo por hora de tener la planta parada

La ejecución de la simulación consta de 3 pasos:

Paso 1. Habilitación de parámetros.

Jugar con una tabla dinámica es el caso de la simulación, en la cual se habilita un conjunto de parámetros y variables para que determinen un comportamiento semejante a la realidad.

Lenguaje del programa en el cual se estipulan las variables y parámetros.

```
Imports System.Data.Odbc
```

```
Imports System.Collections.Specialized
```

```
Public Class clsColeccionRepuestos
```

```
    Public Repuestos As New List(Of clsRepuesto)
```

```
    Public Sub New(ByRef DB As OdbcConnection)
```

```
        Dim c As New OdbcCommand
```

```
        Dim dr As OdbcDataReader
```

```
        Dim r As clsRepuesto
```

```
        c.Connection = DB
```

```
        c.CommandType = CommandType.Text
```

```
        c.CommandText = "SELECT * FROM [Repuestos$] WHERE Habilitado = 1"
```

```
        dr = c.ExecuteReader()
```

```
        Do While dr.Read
```

```
            r = New clsRepuesto(dr)
```

```
            Me.Repuestos.Add(r)
```

```
        Loop
```

```
        dr.Close()
```

```
    End Sub
```

```
End Class
```

PASO 2. Definición de eventos, encabezado y datos.

En esta parte de la simulación se regula los datos aleatorios y probabilísticos, definiéndolos a través de bases históricas que generen actos lógicos y expectantes sobre los resultados que se desean obtener.

```
Imports System.Data
Imports System.Data.Odbc

Public Class frmMain
    Private _DB As OdbcConnection
    Private _Repuestos As clsColeccionRepuestos
    Private _DT As DataTable

#Region " Eventos "
    Private Sub frmMain_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Me.Load
        Randomize(Now.Millisecond)
    End Sub

    Private Sub btnIniciar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnIniciar.Click
        Me.HabilitarControles(False)
        Me.Proceso()
        Me.HabilitarControles(True)
    End Sub

    Private Sub txtPeriodoSimulacion_GotFocus(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles txtPeriodoSimulacion.GotFocus
        Me.txtPeriodoSimulacion.SelectAll()
    End Sub

    Private Sub btnCopiar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnCopiar.Click
        Me.CopyToClipboard(Me._DT)
    End Sub
#End Region

    Private Sub Conectar()
        Dim Aux, Ruta, Archivo As String
```

```

    Aux =
System.Configuration.ConfigurationManager.AppSettings.Item("RutaArchivoParametros")
    Archivo = System.IO.Path.GetFileName(Aux)
    Ruta = System.IO.Path.GetDirectoryName(Aux)

    If Ruta = "" Then
        Ruta = My.Application.Info.DirectoryPath
    End If

    Aux = Ruta & "\" & Archivo

    Me._DB = New OdbcConnection
    Me._DB.ConnectionString = "Driver={Microsoft Excel Driver (*.xls)};DBQ=" &
Aux
    Me._DB.Open()
End Sub

Private Sub Desconectar()
    Me._DB.Close()
    Me._DB.Dispose()
End Sub

Private Sub HabilitarControles(ByVal Habilitar As Boolean)
    Me.btnIniciar.Enabled = Habilitar
    Me.txtPeriodoSimulacion.Enabled = Habilitar
    Me.btnCopiar.Enabled = Habilitar
End Sub

Private Sub CrearDataTable()
    Me._DT = New DataTable

    Me._DT.Columns.Add("NumeroEvento", GetType(System.Int16))
    Me._DT.Columns.Add("TiempoTranscurrido", GetType(System.Int16))
    Me._DT.Columns.Add("TiempoDesdeEventoAnterior", GetType(System.Int16))
    Me._DT.Columns.Add("Evento", GetType(System.String))
    Me._DT.Columns.Add("ExistenciasInsuficientes", GetType(System.Boolean))
    Me._DT.Columns.Add("CantidadPedida", GetType(System.Int16))
    Me._DT.Columns.Add("CostoCantidadPedida", GetType(System.Int64))
    Me._DT.Columns.Add("ExistenciaActual", GetType(System.Int16))
    Me._DT.Columns.Add("CostoCustodiaAcumulado", GetType(System.Int64))
    Me._DT.Columns.Add("HuboFallaDeEquipo", GetType(System.Boolean))
    Me._DT.Columns.Add("StandByDisponible", GetType(System.Boolean))
    Me._DT.Columns.Add("ConexionCorrecta", GetType(System.Boolean))
    Me._DT.Columns.Add("HuboDisminucionDeProduccion",
GetType(System.Boolean))

```

```

Me._DT.Columns.Add("BarrilesNoProducidos", GetType(System.Int16))
Me._DT.Columns.Add("GananciaPerdidaPorDisminucionDeProduccion",
GetType(System.Int64))
Me._DT.Columns.Add("HuboParadaDePlanta", GetType(System.Boolean))
Me._DT.Columns.Add("TiempoReparacion", GetType(System.Int16))
Me._DT.Columns.Add("CostoPlantaParada", GetType(System.Int64))
End Sub

```

```

Private Sub Proceso()

```

```

    Dim Repuesto As clsRepuesto
    Dim t As clsRepuesto.TipoEvento
    Dim dr As DataRow
    Dim i As Integer = 0

```

```

    Me.CrearDataTable()

```

```

    Me.Conectar()

```

```

    Me._Repuestos = New clsColeccionRepuestos(Me._DB)

```

```

    'Solo uno por simplicidad:

```

```

    Repuesto = Me._Repuestos.Repuestos.Item(0)

```

```

    Me.Desconectar()

```

```

    Me.dgvDatos.DataSource = Me._DT

```

```

Do While Repuesto.TiempoTranscurrido <= Val(Me.txtPeriodoSimulacion.Text)

```

```

    Repuesto.RecalcularEventos()

```

```

    t = Repuesto.ProcesarEventos()

```

```

    i += 1

```

```

    dr = Me._DT.NewRow

```

```

    dr.Item("NumeroEvento") = i

```

```

    dr.Item("TiempoTranscurrido") = Repuesto.TiempoTranscurrido

```

```

    dr.Item("TiempoDesdeEventoAnterior") = Repuesto.TiempoDesdeEventoAnterior

```

```

    dr.Item("Evento") = t.ToString

```

```

    dr.Item("ExistenciasInsuficientes") = Repuesto.HuboExistenciasInsuficientes

```

```

    dr.Item("CantidadPedida") = Repuesto.CantidadPedida

```

```

    dr.Item("CostoCantidadPedida") = Repuesto.CostoCantidadPedida

```

```

    dr.Item("ExistenciaActual") = Repuesto.ExistenciaActual

```

```

    dr.Item("CostoCustodiaAcumulado") = Repuesto.CostoCustodiaAcumulado

```

```

    dr.Item("HuboFallaDeEquipo") = Repuesto.HuboFallaDeEquipo

```

```

    dr.Item("StandByDisponible") = Repuesto.StandByDisponible

```

```

    dr.Item("ConexionCorrecta") = Repuesto.ConexionCorrecta

```

```

        dr.Item("HuboDisminucionDeProduccion") =
Repuesto.HuboDisminucionDeProduccion
        dr.Item("BarrilesNoProducidos") = Repuesto.BarrilesNoProducidos
        dr.Item("GananciaPerdidaPorDisminucionDeProduccion") =
Repuesto.GananciaPerdidaPorDisminucionDeProduccion
        dr.Item("HuboParadaDePlanta") = Repuesto.HuboParadaDePlanta
        dr.Item("TiempoReparacion") = Repuesto.TiempoReparacion
        dr.Item("CostoPlantaParada") = Repuesto.CostoPlantaParada

```

```

Me._DT.Rows.Add(dr)

```

```

System.Windows.Forms.Application.DoEvents()

```

```

Loop

```

```

End Sub

```

```

Private Sub CopyToClipboard(ByRef DT As DataTable)

```

```

    Dim dc As DataColumn

```

```

    Dim dr As DataRow

```

```

    Dim Aux As String = ""

```

```

    Dim PrimeraVez As Boolean

```

```

    PrimeraVez = True

```

```

    'Encabezados

```

```

    For Each dc In DT.Columns

```

```

        If PrimeraVez Then

```

```

            PrimeraVez = False

```

```

        Else

```

```

            Aux &= vbTab

```

```

        End If

```

```

        Aux &= dc.ColumnName

```

```

    Next

```

```

    Aux &= vbCrLf

```

```

    'Datos

```

```

    For Each dr In DT.Rows

```

```

        PrimeraVez = True

```

```

        For Each dc In DT.Columns

```

```

            If PrimeraVez Then

```

```

        Next

```

```

        Aux &= vbCrLf

```

```

    Next

```

```

    Clipboard.SetDataObject(Aux)

```

```

    MsgBox("Ya puede pegar los resultados en una hoja Excel",
MsgBoxStyle.Information, "Portapapeles")
End Sub

```

```

Private Sub Test(ByRef r As clsRepuesto)
    Dim i As Integer

    For i = 0 To r.Atributos.Count - 1
        Debug.WriteLine(r.Atributos.AllKeys(i) & vbTab & r.Atributos.Item(i))
    Next
End Sub
End Class

```

Paso 3. Registro paso a paso del modelo de simulación a través de los parámetros de reposición, parámetros aleatorios, probabilísticos.

```

Imports System.Data.Odbc
Imports System.Collections.Specialized

Public Class clsRepuesto

    Public Enum TipoEvento
        Falla
        Mantenimiento
        RecepcionPedido
    End Enum

    Public Atributos As New NameValueCollection
    Public FallasOcurridas As Integer = 0
    Public MantenimientosRealizados As Integer = 0
    Public TiempoTranscurrido As Integer = 0
    Public ProximaFalla As Integer = 0
    Public ProximoMantenimiento As Integer = 0
    Public ProximaRecepcionPedido As Integer = 0
    Public ExistenciaActual As Integer = 0
    Public CantidadPedida As Integer = 0
    Public CostoCantidadPedida As Long = 0
    Public HuboExistenciasInsuficientes As Boolean = False
    Public TiempoDesdeEventoAnterior As Integer = 0
    Public CostoCustodiaAcumulado As Long = 0
    'Eventos aleatorios que se pueden presentar ante una falla del repuesto:
    Public HuboFallaDeEquipo As Boolean
    Public StandByDisponible As Boolean
    Public ConexionCorrecta As Boolean

```

```

Public HuboDisminucionDeProduccion As Boolean

Val(Me.Atributos("ProbabilidadDisminucionDeProduccion"))
    If Me.HuboDisminucionDeProduccion Then
        Me.BarrilesNoProducidos =
Val(Me.Atributos("CantidadBarrilesPerdidaMinimo")) + Rnd() *
(Val(Me.Atributos("CantidadBarrilesPerdidaMaximo")) -
Val(Me.Atributos("CantidadBarrilesPerdidaMinimo")))
        Else
            Me.HuboParadaDePlanta = (Rnd() * 100 <=
Val(Me.Atributos("ProbabilidadParadaDePlanta")))
            If Me.HuboParadaDePlanta Then
                Me.TiempoReparacion = Val(Me.Atributos("TiempoReparacionMinimo"))
+ Rnd() * (Val(Me.Atributos("TiempoReparacionMaximo")) -
Val(Me.Atributos("TiempoReparacionMinimo")))
            End If
            End If
            End If
            End Sub

Private Sub ProcesarMantenimiento()

End Sub

Private Sub ProcesarRecepcionPedido()
    Dim x As Single

    x = Rnd()
    Return 1 / (ValorEsperado * Math.Sqrt(2 * Math.PI)) * (-0.5) * (((x - ValorEsperado) /
Math.Sqrt(Varianza)) ^ 2)
End Function
End Class

```

Nota: El lenguaje de programacion que se requiere para correr la simulacion no se encuentra descrito completamente debido a la confidencialidad de la simulacion.