

**ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN CONFIABILIDAD PARA LOS
SEPARADORES CENTRIFUGOS SI 105 BD M3S DE BIODIESEL EN
ECODIESEL COLOMBIA S.A**

LUIS FERNANDO PICON CONTRERAS

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

2018

**ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN CONFIABILIDAD PARA LOS
SEPARADORES CENTRIFUGOS SI 105 BD M3S DE BIODIESEL EN
ECODIESEL COLOMBIA S.A**

LUIS FERNANDO PICON CONTRERAS

**Monografía de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento**

Director:

GIOVANNY JAVIER GUERRA CORDOBA

Ingeniero Mecánico

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

2018

DEDICATORIA

A DIOS

Por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A Mi MADRE

Por ser mi brújula y mi motivación cada día, gracias por tu paciencia, tu amor, tus enseñanzas y esas ganas inquebrantables de vernos salir adelante siendo hombres de bien y ejemplo a seguir.

A MI HERMANO

Ese hombre que ve en mí el ejemplo a seguir y que de igual manera lucha día a día por alcanzar sus metas.

A Mi PADRE (Q.E.P.D)

Gracias por ser siempre ese padre ejemplar trabajador y amoroso, vivirás siempre en mi corazón y en mis alegrías.

LUIS FERNANDO PICÓN CONTRERAS.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

ECODIESEL COLOMBIA S.A, empresa que ha brindado un valioso crecimiento en el sector industrial de la región de Santander, fomentando el desarrollo tecnológico e innovador en el país.

DRA. ADRIANA POSADA MOGOLLON, gerente de Ecodiesel Colombia S.A gracias por permitirme ser parte de esta gran empresa llena de logros y experiencias fructíferas para el crecimiento personal.

ING. NIXON JULIO VILLEGAS por su ayuda y acompañamiento, colocando a mi servicio toda su experiencia y conocimiento en procesos de producción de biocombustibles.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 OBJETIVOS GENERAL	23
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
1.3 JUSTIFICACION	24
2. MARCO TEORICO	27
2.1 LA CONFIABILIDAD	30
2.1.1 Análisis de criticidad	31
2.1.2 Análisis de modos y efectos de falla (FMEA).	31
2.1.3 Análisis causa raíz (RCA)	31
2.1.4 Análisis costo riesgo beneficio (BRCA)	31
2.1.5 Costo de ciclo de vida (LCC)	32
2.1.6 Inspección basada en riesgos (RBI)	32
2.2 ANÁLISIS DE EQUIPOS	32
2.2.1 Árbol jerárquico de equipos	32
2.2.2 Codificación de Equipos	33
2.2.3 Ficha de Equipos	33
2.3 MARCO CONCEPTUAL	34
2.4 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO	38
2.5 QUE ES EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD RCM	39
2.5.1 Funciones y parámetros de funcionamiento	40
2.5.2 Fallas funcionales	41
2.5.3 Análisis de modos de falla y sus efectos	44
2.5.4 Modo de falla	45
2.5.5 Efectos de falla	46

2.5.6 Consecuencias de la falla	47
2.6 OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	50
2.6.1 Visión	50
2.6.2 Organización	51
2.6.3 Tecnología	51
2.6.4 Gente	51
2.7 EL PROCESO DE SELECCIÓN DE TAREAS RCM.	52
2.8 GESTION DE REPUESTOS	54
2.8.1 Técnicas de clasificación	54
3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADA EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA LOS SEPARADORES CENTRIFUGOS SI 105 BD M3S DE BIODIESEL EN ECODIESEL COLOMBIA S.A	57
3.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO	57
3.2 IDENTIFICACION DE LAS PARTES DE LA MAQUINA	59
3.3 CRITICIDAD DE LAS PIEZAS DE REPUESTO	67
3.4 MATRIZ DE CRITERIOS	68
3.5 CANTIDADES MINIMAS DE REPUESTOS	70
3.6 FICHA HOJA DE VIDA	74
3.7 ANALISIS DE CRITICIDAD	76
3.8 RESULTADO ANALISIS DE CRITICIDAD	80
3.9 PLAN DE MANTENIMIENTO	80
3.9.1 Definir funciones	80
3.9.2 Listar fallas funcionales	83
3.9.3 Determinar los modos de falla	83
3.9.4 Análisis de los efectos y consecuencias de falla	85
3.9.5 Clasificación de las tareas de mantenimiento y su frecuencia	87
4. CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFIA	115
ANEXOS	117

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos técnicos de la centrifuga SI 105 BD M3S	58
Tabla 2. Partes de la maquina centrifuga, grupo 1. Bedplategroup	59
Tabla 3. Partes de la maquina centrifuga, grupo 2. Horizontal Axial group	61
Tabla 4. Partes de la maquina centrifuga, grupo 3. Vertical Axial group	62
Tabla 5. Partes de la maquina centrifuga, grupo 4. Collar group	62
Tabla 6. Partes de la maquina centrifuga, grupo 5 Coverings group	63
Tabla 7. Partes de la maquina centrifuga, grupo 6 Bowl group	64
Tabla 8. Partes de la maquina centrifuga, grupo 7 Outlets group	64
Tabla 9. Partes de la maquina centrifuga, grupo 8 Hydraulic seal group	65
Tabla 10. partes de la maquina centrifuga, grupo 9 cuadro de inertización	66
Tabla 11. Herramientas para el desarmado y mantenimiento de la centrifuga	67
Tabla 12. lista de descripción de criterios de la criticidad de las piezas	68
Tabla 13. Clasificación de repuestos vital.	69
Tabla 14. Cantidades mínimas de repuestos equipo centrifugo.	70

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Direccionamiento estratégico Ecodiesel Colombia S.A	17
Figura 2. Diagrama de flujo unidad de transesterificacion.	19
Figura 3. Diagrama unidad de transesterificacion	20
Figura 4. Porcentaje de fallas en el equipo centrifugo SI 105 BD M3S	22
Figura 5. Separadores centrífugos si 105 BD M3S de biodiesel	23
Figura 6. Reacción del biodiesel	24
Figura 7. Herramientas de confiabilidad operacional	31
Figura 8. Código de Equipos	33
Figura 9. Perspectiva general de la falla	42
Figura 10. Diferentes patrones de falla	42
Figura 11. Paso en la metodología de clasificación de partes de repuesto	56
Figura 12. Separador centrifugo SI105BDM3S	57
Figura 13. Matriz de combinaciones	69
Figura 14. Formato hoja de vida de equipos	75
Figura 15. Proceso RCM	81

LISTA DE CUADROS.

	Pág.
Cuadro 1. Beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.	36
Cuadro 2. Etapas en la implementación global del RCM.	37
Cuadro 3. factores de frecuencia y fallo	78
Cuadro 4. Ponderado de los resultados del riesgo	79
Cuadro 5. Matriz de criticidad propuesta por el modelo MCR	79
Cuadro 6. Resultado de criticidad equipo centrifugo	80
Cuadro 7. Formato de funciones	82
Cuadro 8. Formato fallas funcionales	83
Cuadro 9. Formato de modos de fallas	84
Cuadro 10. Efectos de falla	86
Cuadro 11. Tareas propuestas	89

LISTA DE ANEXOS.

	Pág.
Anexo A. Cantidades y resultado de criticidad a los repuestos centrífugos. Ecodiesel Colombia S.A	117
Anexo B. Análisis de criticidad centrífuga 163S2-1 Ecodiesel Colombia S.A	125
Anexo C. Despiece bedplate group. Centrifuga, Ecodiesel Colombia S.A	126
Anexo D. Despiece Horizontal axis group. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	127
Anexo E. Despiece vertical axis group. Centrifuga. Ecodiesel Colombia S.A	128
Anexo F. Despiece collar group. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	129
Anexo G. Despiece coverings group. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	130
Anexo H. Despiece bowl group. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	131
Anexo I. Despiece outlets group. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	132
Anexo J. Despiece hydraulic seal group. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	133
Anexo K. Cuadro de inertización. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	134
Anexo L. Conexión neumática centrífuga y cuadro de inertización. Centrifuga. Ecodiesel Colombia S.A	135
Anexo M. Cuadro de inertización y analizadores de gases. Centrifuga Ecodiesel Colombia S.A	136
Anexo N. Cuadro eléctrico del variado del equipo centrífugo. Ecodiesel Colombia S.A	137
Anexo O. Instalación equipos centrífugos. Ecodiesel Colombia S.A	144
Anexo P. procedimiento mantenimiento quincenal del separador centrífugo. Centrifugas Ecodiesel Colombia S.A	147

RESUMEN

TÍTULO: ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN CONFIABILIDAD PARA LOS SEPARADORES CENTRIFUGOS SI 105 BD M3S DE BIODIESEL EN ECODIESEL COLOMBIA S.A

*

AUTOR (ES): LUIS FERNANDO PICON CONTRERAS.**

PALABRAS CLAVES: RCM, Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad, Biodiesel, Centrifuga.

DESCRIPCIÓN:

En el siguiente estudio de monografía se presenta una estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad RCM para los separadores centrífugos SI 105 BD M3S de la empresa Ecodiesel Colombia S.A ubicada en el complejo industrial de la refinería de Barrancabermeja vía Yondó puerta norte. De tal manera que complementa el mantenimiento de esta máquina y pueda ser implementado en el resto de la compañía.

Inicialmente se analiza y diagnostica los equipos que componen la maquina centrifuga, recopilando la información de los equipos, estableciendo su descripción y clasificándolos de acuerdo a su relevancia llevando a cabo un análisis de criticidad. En el desarrollo de la estrategia se realizará un detallado plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de acuerdo con la metodología planteada en el RCM (basado en las siete preguntas básicas del RCM).

Por último, la estrategia de mantenimiento y las actividades de mantenimiento preventivas, predictivas y correctivas resultantes quedaran listas para que sea implementado en la unidad de negocio Biodiesel y de esta manera programar periódicamente el apoyo estratégico para que sea implementado y aplicado por el área de mantenimiento outsourcing ofrecido por la empresa de mantenimiento que cumpla la labor en Ecodiesel Colombia S.A. esto dando como resultados aumento en la confiabilidad del equipo centrifugo y por ende incremento en la disponibilidad operativa de la planta.

El modelo de gestión va encaminado a tener un mantenimiento más proactivo y programas de capacitación para el personal, de manera tal que exista una alta motivación del personal para alinearlo a las políticas de la gestión integral del mantenimiento de clase mundial.

*Monografía.

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Giovanni J. Guerra. Ingeniero Mecánico

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE STRATEGY BASED ON RELIABILITY FOR CENTRIFUGE SEPARATORS SI 105 BD M3S OF BIODIESEL IN ECODIESEL COLOMBIA S.A*

AUTHORS: LUIS FERNANDO PICON CONTRERAS.**

KEYWORDS: RCM, Maintenance, Reliability, Availability, Biodiesel, Centrifuge.

DESCRIPTION:

The following monograph study presents a maintenance strategy based on RCM reliability for the centrifugal separators SI 105 BD M3S of the company Ecodiesel Colombia S.A located in the industrial complex of the Barrancabermeja refinery via Yondo north gate. In such a way that complements the maintenance of this machine and can be implemented in the rest of the company.

Initially, the equipment making up the centrifugal machine is analyzed and diagnosed, gathering the information of the equipment, establishing its description and classifying it according to its relevance, carrying out a criticality analysis. In the development of the strategy, a detailed maintenance plan will be carried out focused on reliability according to the methodology proposed in the RCM (based on the seven basic questions of the RCM).

Finally, the maintenance strategy and the resulting preventive, predictive and corrective maintenance activities will be ready for it to be implemented in the Biodiesel business unit and in this way periodically schedule the strategic support to be implemented and applied by the maintenance area. outsourcing offered by the maintenance company that fulfills the work in Ecodiesel Colombia SA This results in an increase in the reliability of centrifugal equipment and therefore an increase in the operational availability of the plant.

The management model is aimed at having a more proactive maintenance and training programs for staff, so that there is a high motivation of the staff to align it with the policies of the integral management of world class maintenance.

*Monograph.

**School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Giovanni J. Guerra. Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

La gestión adecuada del mantenimiento de un equipo industrial debe conducir a la optimización de su rentabilidad mediante la consecución de la máxima eficiencia operativa. En la práctica, esto requerirá el desarrollo de una adecuada gestión de la confiabilidad del equipo (característica operativa que mide la eficacia de cualquier dispositivo y que constituye la visión integral de su disponibilidad, seguridad, fiabilidad y mantenibilidad).

La calidad del producto terminado demanda la mayor importancia a la hora de producir debido a que se está entregando un producto en una línea de producción con unos estándares y normas que rigen su producción, así como las buenas prácticas implementadas al interior de la compañía desde la recepción de la materia prima hasta su transformación en un producto terminado. La calidad de la gestión del mantenimiento y la dirección de operaciones desde sus directrices deben definir la mejor estrategia para lograr la calidad deseada junto con los activos utilizados en este proceso de producción.

En la producción de Biocombustible (biodiesel) esta calidad esta impartida por el equipo centrífugo que tiene la planta Ecodiesel Colombia. Motivo por el cual el equipo centrífugo demanda la mayor criticidad e importancia en el proceso de producción de biodiesel debido a su monitoreo y directa relación con el producto terminado y sus estándares de calidad. El separador centrífugo ha sido diseñado y construido para separar una mezcla de dos líquidos y un sólido con diferente gravedad especifica (modo separador) o un líquido y un sólido en su versión clarificante.

La eficiencia del separador depende de los mantenimientos periódicos de limpieza ajuste y manutención de la máquina para su más optimo las características de la mezcla su viscosidad, temperatura, la cantidad de partes sólidas y la diferencia de gravedad especifica así mismo como las programaciones para el cambio de empaquetadura y limpieza de platos que se genera en el proceso de centrifugado del biodiesel.

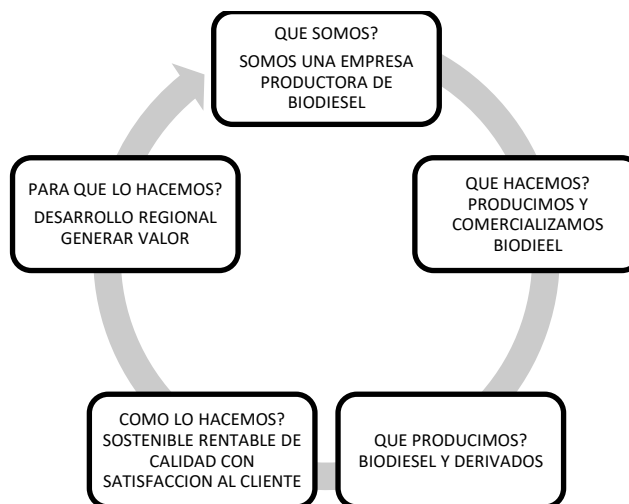
Este trabajo de grado busca la aplicación de una estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad, o RCM (Reliability Centered Maintenance). El cual aplicado correctamente, transforma las relaciones entre quienes los usan, los activos físicos existentes, y las personas que los operan. A su vez permiten que nuevos bienes o activos sean puestos en servicio con gran efectividad, rapidez y precisión.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ECODIESEL COLOMBIA S.A., es una empresa de economía mixta indirecta regida por el derecho privado, en la cual Ecopetrol participa con el 50% y las empresas palmeras: Agroince Ltda y Cia S.C.A., Extractora Monterey S.A, Palmas del Cesar S.A, Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A., Palmeras de Puerto Wilches S.A y Extractora Central S.A. participan con el otro 50%. Las empresas palmeras participantes son de larga trayectoria, reconocidas en el sector y con amplia experiencia en la producción y comercialización de aceite de palma crudo.

El nacimiento de Ecodiesel Colombia S.A., se constituye el 19 de abril del 2007 como sociedad económica mixta y vinculada al Ministerio de Minas y Energía. Está diseñada para una capacidad de producción anual de 100.000 toneladas de biodiesel de las cuales el 80% de la producción es despachado a Ecopetrol y el restante a distribuidores mayoristas.

Figura 1. Direccionamiento estratégico Ecodiesel Colombia S.A



Fuente: Direccionamiento estratégico, Ecodiesel Colombia S.A: Barrancabermeja Santander, 2016

Esta iniciativa, además de ser un hito en materia de combustibles alternativos, lo es también en su concepción de estructura empresarial en la cual, se demostró que, con intereses comunes, Estado y empresarios del sector privado se puede propiciar el desarrollo regional y nacional. (Fedepalma, Ecodiesel, la apuesta de los Biocombustibles, 2007)

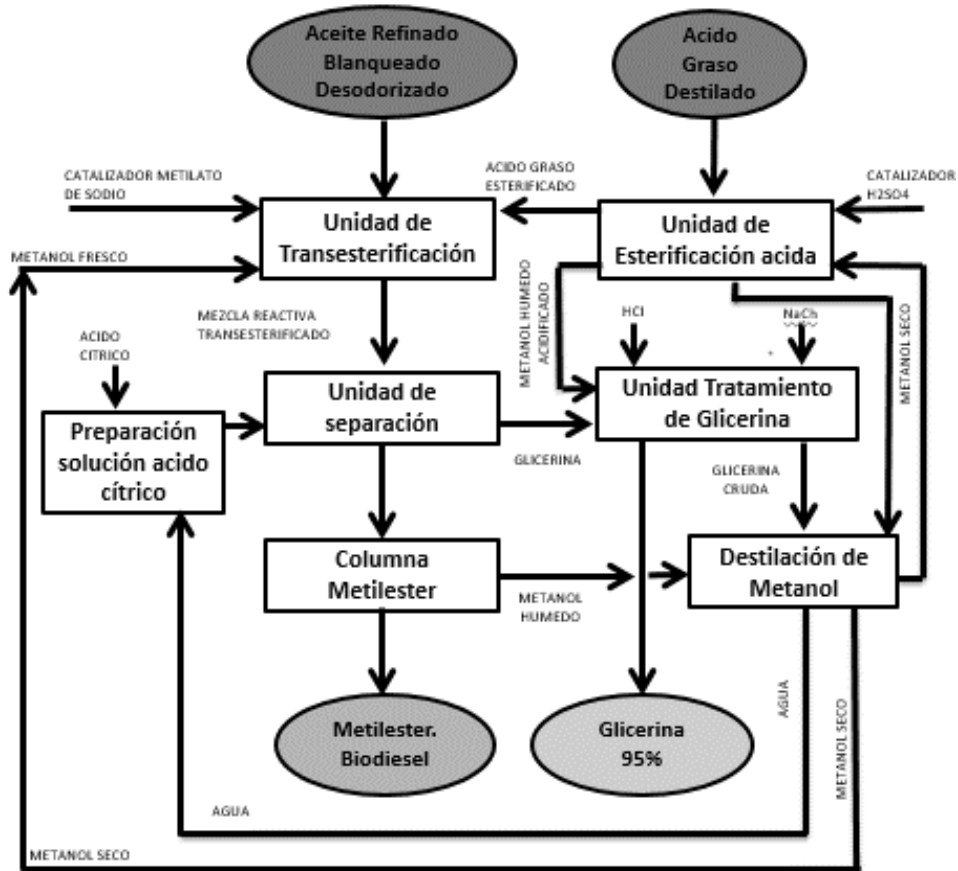
La planta de biodiesel se diseña para la producción de Biodiesel (éster metílico de ácidos grasos). La planta consta de dos unidades diferentes de producción de biodiesel: la unidad de Transesterificación y la unidad de esterificación ácida.

- **Unidad de transesterificación:** Es la unidad más importante, el RBD se mezcla en un reactor con metanol en exceso y metilato de sodio (catalizador), generando una reacción química llamada transesterificación en la cual se obtiene como producto biodiesel y subproducto glicerina (inmiscible con el biodiesel y su densidad es mayor respecto a este). Opera seguido de cuatro reactores en serie, bajo condiciones de temperatura a 64°C y presión atmosférica en donde a cada uno de los reactores se agrega metanol y metilato de sodio en proporción específica. La glicerina producida de la unidad se va separando en los reactores por decantación. El proceso continúa en la unidad de separación que retira el metanol en exceso, y elimina las impurezas tales como trazas de glicerina, jabones y catalizador, mediante las siguientes etapas:
 - **Flash metanol:** El biodiesel es calentado, retirando la mayor parte del metanol en exceso.
 - **Decantación:** Se retira por completo la glicerina formada en el último reactor.
 - **Centrifugación (lavado):** El biodiesel es mezclado homogéneamente con Ácido cítrico y agua, luego es enviado a una centrifuga donde retira los jabones, glicerina, agua y sales.

La centrifuga envía el biodiesel a la Columna de Metiléster donde elimina el agua y el metanol contenido en el mismo, mediante el calentamiento del producto,

cumpliendo con los parámetros de calidad del biodiesel. Antes de ser almacenado en tanques el biodiesel es enfriado a 40°C-50°C mediante intercambiadores de calor conectados en serie. En la figura 3 se puede apreciar la cadena de producción.

Figura 2. Diagrama de flujo unidad de transesterificación.

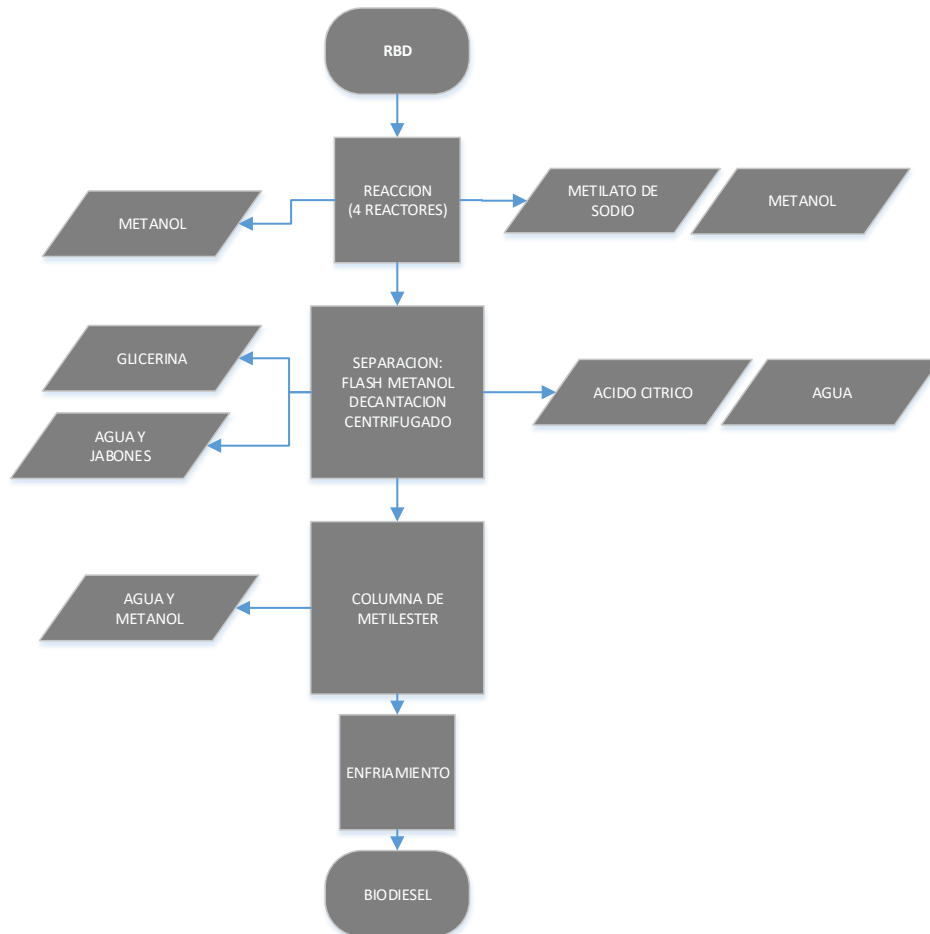


Fuente: Manual de operación, Ecodiesel Colombia S.A, Barrancabermeja 2015. p.15

El metilester con trazas de agua, metanol, glicerina, ingresa al equipo con un flujo de aproximadamente 16.200 Kg/h, a una temperatura promedio de 65°C, siempre y cuando se cumpla que el sistema de inertización garantice por debajo de 0,3% la cantidad de oxígeno dentro del sistema, y la máquina gire a 4700 rpm, luego ingresa el fluido a la succión bombeando el fluido a dos salidas de la misma mediante una contrapresión a la salida de la fase liviana, de esta manera una cantidad de biodiesel

sale por la fase liviana y la otra sale por la fase pesada, cumpliendo con las especificaciones de calidad.

Figura 3. Diagrama unidad de transesterificación



Fuente: El autor

Motivo por el cual el equipo centrifugo demanda la mayor criticidad e importancia en el proceso de producción de biodiesel debido a su monitoreo y directa relación con el producto terminado y sus estándares de calidad. El separador centrifugo ha sido diseñado y construido para separar una mezcla de dos líquidos y un sólido con diferente gravedad especifica (modo separador) o un líquido y un sólido en su versión clarificante. La eficiencia del separador depende de las características de la mezcla su viscosidad, temperatura, la cantidad de partes sólidas y la diferencia de

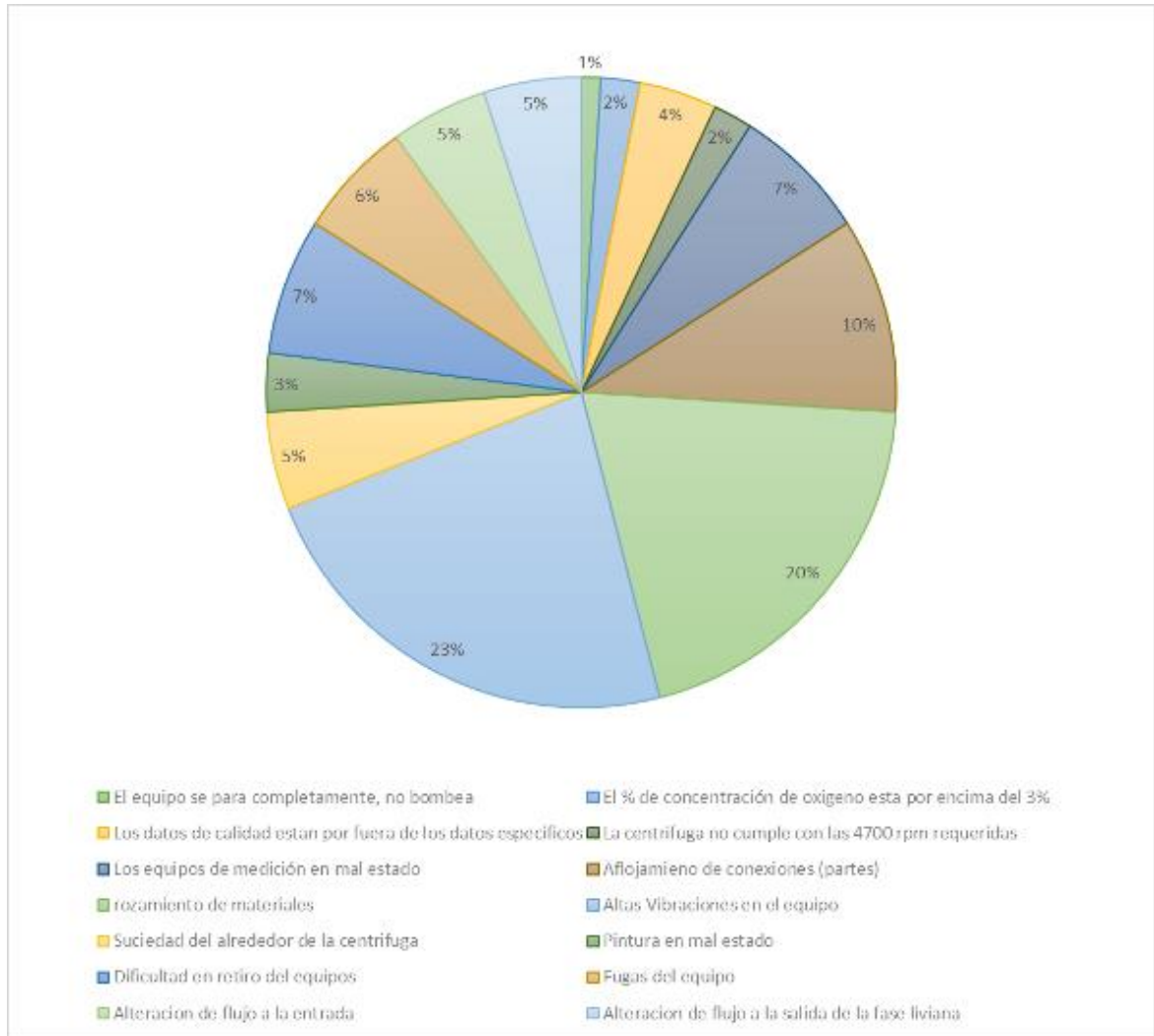
gravedad específica así mismo como los mantenimientos periódicos de limpieza ajuste y manutención de la máquina para su más óptimo desempeño.

La jefatura de mantenimiento es un departamento outsourcing dirigido por la dirección de operaciones de ecodiesel Colombia S.A pero que tiene como ente ejecutor a la empresa ESSI S.A.S. Esta empresa aun no presenta programas de gestión de mantenimiento para los equipos críticos de la unidad de negocio biodiesel como es el caso de los separadores centrífugos SI 105 BD M3S de biodiesel y en estos momentos solo tiene sistematizado mantenimientos programados por tiempo quincenal, bimestral y anual.

En la actualidad los equipos centrífugos cuentan con una metodología del mantenimiento planeado. No existe un programa para la gestión del mantenimiento bien estructurado con políticas de calidad establecidas, responsables definidos y procedimientos claros para la ejecución de las actividades que correspondan a la aplicación de la ingeniería de mantenimiento moderna.

Un aspecto que también es determinante, es la cultura que está implementando ecodiesel Colombia S.A a sus operadores ya que con las rondas estructuradas y el cuidado básico de los equipos rotativos se está mejorando la información y el diagnóstico temprano de las fallas de los equipos rotativos esto ha mejorado la detección de las fallas y ha reducido el daño en los equipos centrífugos entregando y sacando de servicio los equipos a mantenimiento con un protocolo preventivo.

Figura 4. Porcentaje de fallas en el equipo centrífugo SI 105 BD M3S



Fuente: El autor

El plan de mantenimiento actual de equipo establece unos tiempos determinados con intervalos a realizar de forma quincenal, bimestral y anual. El cambio de repuestos como coronas y equipos móviles se realiza de forma anual y no se realiza un análisis detallado de las partes afectadas y en la mayor parte de los repuestos se cambian es de forma conservativa y no se entra a evaluar el modo de falla de los componentes.

Figura 5. Separadores centrífugos si 105 BD M3S de biodiesel



Fuente: User and maintenance manual, Manual Servizi Industrial 2008: p. 1

1.1 OBJETIVOS GENERAL

Diseñar la estrategia de mantenimiento basada en RCM (Reliability Centered Maintenance) para los separadores centrífugos SI 105 BD M3S de biodiesel en Ecodiesel Colombia S.A., a partir de diferentes herramientas, técnicas y metodologías del RCM, con el fin de mejorar la disponibilidad operativa y vida útil de los equipos.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

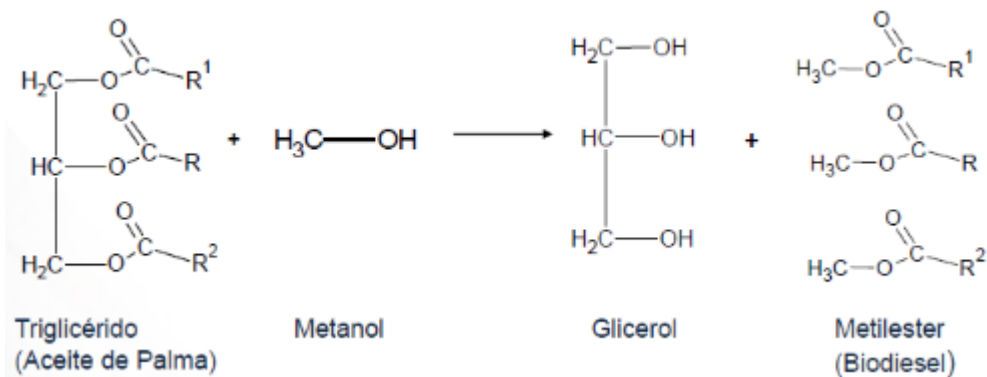
- Recopilar información técnica y operativa de los separadores centrífugos SI 105 BD M3S de biodiesel mediante la construcción de las hojas de vida de cada equipo.

- Desarrollar las estrategias de un sistema de gestión de repuestos para los activos críticos de los separadores centrífugos SI 105 BD M3S de biodiesel, aplicando técnicas modernas de criticidad y confiabilidad a control de inventarios.
- Establecer planes de acción que permitan construir una estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad, con el fin de controlar los modos y las causas de falla en los equipos, mediante el análisis de las diferentes herramientas, técnicas y metodologías de mantenimiento.

1.3 JUSTIFICACION

El biodiesel se obtiene mediante la reacción de transesterificación entre aceite de palma y metanol utilizando metilato de sodio como catalizador, durante esta reacción se generan como subproducto principal la glicerina. Para lograr una alta conversión del aceite y los ácidos grasos en las etapas de transesterificación se utiliza un exceso de metanol, el cual se recupera y recircula en lazos cerrados a fin de disminuir su consumo.

Figura 6. Reacción del biodiesel



Fuente: Manual de operación planta Biodiesel: Ecodiesel Colombia S.A, 2015 p. 10-12

En la producción de biodiesel ecodiesel Colombia S.A tiene subprocesos de producción

- Transesterificación
- Separación y lavado
- Centrifugación y secado

Los equipos centrífugos son los encargados de separar del biodiesel para entregar en la fase liviana un producto libre de glicerina, catalizador y jabones, estos equipos centrífugos son la parte intermedia del proceso en el cual están ligados valores de control calidad que se monitorean continuamente, Ecodiesel Colombia cuenta con dos equipos centrífugos de igual especificaciones pero de una sola forma de configuración en el proceso de esta forma es indispensable en el proceso de producción de biodiesel que una de las dos máquinas siempre este en óptimas condiciones para no convertir la línea de producción en un cuello de botella y la línea directa a la producción de un producto no conforme en el momento que el dispositivo no genere una muy buena separación.

Cuando la maquina presenta una mala separación todo el biodiesel se desborda por la fase pesada de la maquina lo que ocasiona una perdida en la cantidad de producto terminado, se incrementan las mermas y surge el primer reproceso por el equipo. Todo el biodiesel que se deriva de la mala separación se almacena en el tanque 163V9 y almacenado en este tanque pulmón el proceso exige la separación del biodiesel del agua separado de la maquina motivo por el cual se inicia con el primer reproceso.

Generar el paro de la máquina para su intervención ocasiona una parada de planta y durante el transcurso de los años ecodiesel ha convivido con un mantenimiento correctivo a los equipos centrífugos en las cuales se resaltan las siguientes situaciones:

- El mantenimiento no es realizado con base en el análisis de criticidad de los equipos.
- Los equipos carecen de un levantamiento de buenas prácticas de operación y mantenimiento relacionadas a la condición actual de la planta.
- Las hojas de vida de los equipos carecen de información técnica e histórica de los mantenimientos, eventos correctivos y de funcionamiento.
- indicadores de mantenimiento están reflejando un índice alto de mantenimiento correctivo no programado y tiempos altos de activos fuera de servicio.
- Los costos de mantenimiento son elevados y los tiempos de mano de obra demandan la mayor cantidad del recurso.

Como se puede apreciar, los anteriores puntos son factores importantes para que el separador centrífugo de la planta no opere al nivel esperado, lo cual en términos anuales genera pérdidas incalculables y riesgo de desabastecimiento de la cadena de biocombustibles y el cumplimiento de las metas de producción anua

2. MARCO TEORICO

En estos nuevos tiempos, actividades como el Mantenimiento deben ser repensadas y redireccionadas, de manera a contribuir para los resultados de la empresa. No tiene más sentido mantener las plantas operando a la máxima capacidad, mismo que con altos costos de mano de obra y de capital. Hay que asegurar, sí, al área operacional una capacidad productiva compatible con la demanda y a un costo que no sacrifique el precio final del producto y consecuentemente su competitividad en el mercado o el margen de lucro de la empresa.

De acuerdo a esto se han creado muchos diseños, optimizaciones e implementaciones de estrategias de mantenimiento a partir de necesidades puntuales presentadas en distintos campos, sobre todo en el sector industrial; esto ha permitido mejorar las condiciones de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de las compañías

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en la confiabilidad original inherente al equipo que se mantenga¹.

La optimización del mantenimiento industrial implica lograr una mayor productividad mediante el incremento en su eficiencia y en su eficacia.

¹ GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Diaz de santos 2012 p. 17

Eficiencia hace referencia a la ejecución de acciones con alta calidad en el menor tiempo posible; eficacia a la ejecución de acciones tendientes a obtener excelentes resultados para alcanzar los objetivos propuestos, y óptimo, al logro de resultados al más bajo costo posible².

Existen cuatro elementos primordiales para el óptimo desarrollo de un programa de mantenimiento empresarial:

Visión:

Es la imagen guía que define su prospectiva a largo plazo, y que debe incluir:

- Reducción del monto del trabajo de mantenimiento.
- Mantenimiento Basado en Condición. (mantenimiento predictivo)
- Uso extensivo de medidas costo-desempeño y de índices para lograr el mejoramiento continuo de la confiabilidad de los equipos.

Organización:

Las nuevas organizaciones están enfocadas a los procesos del negocio más que al desarrollo de los productos, y tiene como características:

- Redes de clientes y proveedores internos y externos.
- Importancia de la planificación y el apoyo técnico.
- Clasificación y capacitación permanente del personal.
- Cambios profundos en los roles del personal.

² GARRIDO GARCIA, Santiago. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de Santos 2012 p. 16

Tecnología:

Los desarrollos tecnológicos se muestran íntimamente relacionados con los procesos de negocio y su influencia es determinante por:

- La gran capacidad de desarrollo del Software, donde el Hardware ya no es un factor principal.
- La flexibilidad de las herramientas sistematizadas y sus aplicaciones, en vez de los sistemas rígidos.
- Las relaciones profundas entre diseño, procesos máquinas, trabajo, clientes y proveedores.
- La determinación rápida de las variaciones en la producción, y en la condición real y el historial de los equipos.

Gente:

La filosofía del mantenimiento moderno incluye un mínimo de personal que apoye la optimización de la producción; el aumento de la Disponibilidad y la confiabilidad de la planta, sin comprometer la seguridad humana, de los equipos y de las instalaciones, el perfil del trabajador de mantenimiento actual debe reunir:

- Capacidad de diagnóstico muy amplia.
- Ser técnico más que obrero.
- Poseer acceso inmediato al historial de equipos, a la documentación técnica, o al consejo experto, mediante terminales de consulta.
- Ser facilitador interno del operador del equipo, quien asume la más alta responsabilidad en el mantenimiento Autónomo³.

³ GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de santos 2012 p. 22

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional.

Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales del mantenimiento de la organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo/beneficio.

2.1 LA CONFIABILIDAD

La confiabilidad, como metodología de análisis, debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los activos de una forma sistemática, a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación y de mantenimiento que requiere, para asegurar su seguridad, integridad y continuidad operacional⁴.

⁴ GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Diaz de santos 2012, pág. 104

Figura 7. Herramientas de confiabilidad operacional



Fuente: GARRIDO GARCIA, Santiago. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de Santos 2012, pág. 103-106

2.1.1 Análisis de criticidad. Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones⁵.

2.1.2 Análisis de modos y efectos de falla (FMEA). Es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

2.1.3 Análisis causa raíz (RCA). Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos, consecuencias y frecuencias de aparición, con el propósito de prevenirlas mitigarlas o eliminarlas

2.1.4 Análisis costo riesgo beneficio (BRCA). Es una metodología que permite establecer la combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y los logros o beneficios que la actividad genera, con base en el riesgo que involucra la realización o no de tal acción.

⁵ GARRIDO GARCIA, Santiago. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de Santos 2003 2012, pág. 106

2.1.5 Costo de ciclo de vida (LCC). El análisis LCC es una metodología que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de mejora de la confiabilidad, con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.

2.1.6 Inspección basada en riesgos (RBI). El RBI es una metodología sistemática para una instalación específica, que permite una inspección efectiva y económica dentro de los límites operacionales, cumpliendo criterios de seguridad y respeto ambiental. La evaluación de la RBI conlleva cambios en el plan existente de inspección. El resultado y éxito de un programa de RBI se evalúa en términos de la reducción en los riesgos para el operador y los clientes en general, reduciendo la tasa de fallas y controlando los mecanismos de deterioro identificados, al mismo tiempo que se balancea el costo de la operación y se reducen directamente los costos del manejo de riesgos⁶.

2.2 ANÁLISIS DE EQUIPOS

El trabajo que se debe realizar en una planta antes de elaborar un plan de mantenimiento es conocer o clasificar todos los equipos de la planta. Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de equipos similares.

2.2.1 Árbol jerárquico de equipos. Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Cada una de estas áreas está formada por un conjunto de equipos, iguales o diferentes que tiene una entidad propia.

⁶ GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de santos 2012 p. 113

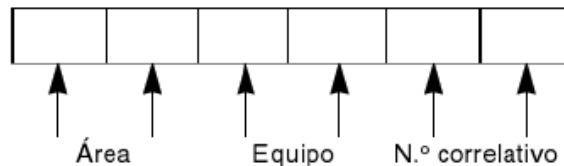
2.2.2 Codificación de Equipos. Es muy importante clasificar los equipos con un código único, esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, permite el cálculo de indicadores, histórico de reparaciones y a su vez control de costos.

La información que debería contener el código es la siguiente:

- Planta a la que pertenece
- Área a la que pertenece.
- Tipo de equipo.

En la figura 8 se puede apreciar la estructura para un código significativo en una planta.

Figura 8. Código de Equipos



Fuente: GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de santos 2003, p.14 ISBN 84-7978-548-9

2.2.3 Ficha de Equipos. Una vez se tenga la lista de los equipos con su respectiva codificación, es necesario diseñar una ficha de cada equipo en donde se señalarán datos importantes como modelo, serial, tipo, código, repuestos, con el fin de llevar una hoja de vida que será de gran importancia a la hora de ejecutar una tarea de mantenimiento.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

El RCM encuentra sus raíces a principios de los años sesenta; inicialmente es desarrollado por la industria de la aviación civil norteamericana; el primer esfuerzo serio lo promulga la ATA (Air Transport Association) en Washington (USA) en 1968, conocido como informe MSG1; posteriormente actúa el departamento de defensa USA, y por comisión, F. Stanley Nowlan y Howard Heap escriben por primera vez su trabajo bajo el nombre de Reliability Centered Maintenance en 1978 (publicación de United Airlines por el Ministerio de defensa de los Estados Unidos), que procura optimizar los factores humanos y productivos alrededor del mantenimiento. El estudio MSG2, primero, y el MSG3, promulgado en 1980, han permitido la divulgación de la metodología⁷.

La filosofía del RCM se fundamenta en:

- Evaluación de los componentes de los equipos.
- Identificación de los componentes críticos.
- Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos mediante permanente revisión y análisis.

El resultado de cada análisis de RCM, es una lista de responsabilidades de mantenimiento que permiten aumentar la efectividad, Confiabilidad, Disponibilidad, y rendimiento operativo del equipo, con un alto nivel de eficacia en costos. El éxito del RCM se debe a que esta filosofía permite establecer los requerimientos necesarios de los distintos sistemas en su contexto operacional. Por lo anterior, el RCM se convierte hoy en día, en una estrategia principal de las empresas de Clase Mundial⁸.

⁷ MOUBRAY, John Mantenimiento centrado en confiabilidad, 2004 .p.5

⁸ GARRIDO GARCIA, Santiago. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Díaz de Santos 2012 p.100

Los objetivos del RCM son los siguientes:

- Eliminar las averías de las maquinas
- Suministrar fuente de información de la capacidad de producción de la planta a través de su estado de máquinas y equipos
- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso por parte de los responsables de mantenimiento en la eliminación de las fallas de las maquinas
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades del mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el área de mantenimiento

Las limitaciones del RCM radican más de todo en el factor humano con que cuenta la organización, ya que de este depende el éxito de la metodología. En este punto el equipo natural de trabajo juega un papel importante, debido a que será este el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de manera que las personas involucradas en el RCM no vean este cambio como un problema, sino una solución a sus problemas.

En el cuadro 1 se puede observar los beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Cuadro 1. Beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Calidad	Tipo de servicio	Costo	Tiempo	Riesgo
Aumenta la disponibilidad al menos un 8% por el solo hecho de implementar.	Proporciona un mejor clima organizacional para el trabajo en equipo.	Reduce los niveles de mantenimiento al menos en un 40%.	Mejoras los tiempos medios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.	Brinda seguridad e integridad ambiental en todo el desarrollo del proceso, a niveles muy superiores de los que se tiene antes de implementarlo.
Elimina las fallas crónicas y elimina las causas de raíz. La programación de mantenimiento se basa en hechos reales.	Ayuda a entender mejor las necesidades y los requerimientos de los clientes.	Optimiza los programas de mantenimiento. Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%.	Aumenta los tiempos de funcionabilidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.	Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente o la seguridad son las que más se atacan y eliminan.
Proporciona completo conocimiento de las fallas reales y potenciales de la máquina.	Disminuye las paradas imprevistas. Genera un ambiente de investigación y desarrollo alrededor de los análisis de fallas.	Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales.	Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos	Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadena o superpuestas.

Fuente: MORA Alberto, mantenimiento industrial efectivo, 2012 p. 309 ISBN 978-958-98902-0-2

La aplicación del RCM es muy útil en empresas con gran clima organizacional, donde el recurso humano es motivado y consciente de la importancia del trabajo en equipo de mantenimiento y producción alrededor de las máquinas. Esto hace posible aplicar el RCM sin tener que haber desarrollado una forma previa de TPM, pero se requiere ese componente humano muy desarrollado en la empresa donde se desea aplicar el RCM sin el TPM. Es muy recomendable que la organización este madura en los niveles uno y dos de mantenimiento con al menos unos cinco años de experiencia para luego proceder a instalar alguna técnica.

Cuadro 2. Etapas en la implementación global del RCM.

1. PLANEACION	1.1 activos físicos a trabajar bajo RCM
	1.2 definir recursos físicos y humanos requeridos
	1.3 definir cronogramas de mantenimiento, realización, análisis, fechas y lugar de las personas.
	1.4 estudio integral y específicamente cada activo
2. GRUPOS DE REALIZACION Y REVISION	2.1 debe haber personal de operación, mantenimiento e ingeniería de fábricas.
	2.2 los núcleos o grupos primarios deben al menos tener seis personas: ingeniero, supervisor de mantenimiento, supervisor de producción, operario, mantenedor, experto externo y facilitador.
3. FACILITADORES	3.1 análisis exhaustivo y excluyente con todo: fallas funcionales, modos de fallas, tareas, etc.
	3.2 RCM entendido por todos
	3.3 método del vaticano ⁹ por consenso en forma rápida y ágil, con dosis motivacional.
	3.4 calendario de trabajo con cumplimiento.
4. RESULTADOS DE ANALISIS RCM	4.1 planes de mantenimiento y reparaciones a ser efectuados.
	4.2 rediseño del proceso de operación y prácticos por quien ejecute.

⁹ Cada miembro participa en forma equitativa con voz y voto indiferente del cargo que desempeña en la empresa. Mora 2007

	4.3 modificaciones, con cálculos y estudios, responsables y fechas.
	4.4 tareas descritas a cabalidad con conocimiento de causa
	4.5 control de seguimiento de tareas y operaciones nuevas.
5. AUDITORIA E IMPLEMENTACION	5.1 revisión general de nivel gerencial
	5.2 auditoria, costo
	5.3 beneficios, limitaciones, cambios.

Fuente: MORA Alberto, mantenimiento industrial efectivo, 2012 p. 243 ISBN 978-958-98902-0-2

2.4 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

Se considera que el mantenimiento ha pasado por varias etapas y han marcado una metodología como son:

- **Primera generación del mantenimiento:** se extiende hasta la segunda guerra mundial. Los equipos eran muy sencillos y fabricados con un fin específico debido a esto los tiempos de parada no eran de gran importancia ya que la automatización o producción en serie no estaba implementada.
- **Segunda generación del mantenimiento:** comprende la segunda guerra mundial hasta 1970; este cambio se debió básicamente a la necesidad de toda clase de productos y una disponibilidad de mano de obra muy baja; llevando a la producción de máquinas más complejas para la fabricación de los productos. Se inicia una dependencia por las máquinas, haciendo notable el tiempo de no producción de las mismas. Surge el planteamiento de poder prevenir las fallas y se conoce como mantenimiento preventivo.
- **Tercera generación del mantenimiento:** a mediados de los 60 la velocidad de producción es mucho más rápida dando paso a la automatización y a la calidad de los productos, teniendo como finalidad el costo final y satisfacción al

consumidor; por tal motivo el mantenimiento se centraliza en la disminución de tiempos de parada de los equipos y pérdidas reflejadas directamente en la producción.

2.5 QUE ES EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD RCM

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en la confiabilidad original inherente al equipo que se mantenga.

A su vez es una secuencia razonable utilizada con el fin de analizar las fallas que se pueden en el antes durante y el después del mantenimiento; este método es utilizado para proteger un activo físico durante su operación para garantizar que las máquinas sigan proporcionando el producto para el cual fue diseñado. Esta metodología demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas las formas en que se pueden dejar de cumplir dichas funciones y sus causas, la consecuencia de los fallos funcionales y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación en función del impacto global.¹⁰

RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas y lo hace de esta manera:

- Integra una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspectos de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el

¹⁰ AMENDOLA, Luis. Confiabilidad operacional. Disponible en www.mailxmail.com/curso-confiabilidad-operacional.

medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- Mantiene la atención en las actividades de mantenimiento que más incidencia tienen en el desempeño o funcionamiento de las instalaciones. Esto garantiza que cada peso gastado en mantenimiento se gasta donde más beneficio va a generar.

El proceso RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta analizar:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al equipo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué modo falla en el cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla?
5. ¿De qué manera y cómo importa cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva conveniente no puede encontrarse?

2.5.1 Funciones y parámetros de funcionamiento. El primer paso en el proceso de RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados.

Lo que los usuarios esperan que sea realizado por los activos puede ser dividido en dos categorías:

- **Funciones primarias**, que resumen el porqué de la adquisición del activo en primera instancia. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad, calidad del producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias**, que indican qué se espera que cada activo haga más allá de simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen

expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, economía, integridad estructural, eficiencia, cumplimiento, regulaciones ambientales y hasta apariencia física.

Los usuarios de los activos están en la mejor posición de saber que contribuciones físicas hace el activo para el bienestar de su organización. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo.

Si se esto se hace correctamente, este paso toma sólo un tercio del tiempo que toma un análisis del RCM completo. Además, hace que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable (muchas veces de cómo realmente funciona el equipo).

2.5.2 Fallas funcionales. Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. ¿Cómo puede el mantenimiento alcanzar estos objetivos?

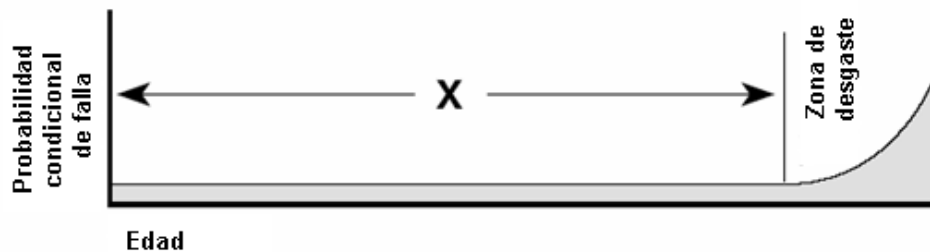
El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por su usuario es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar un abordaje apropiado en el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar herramientas apropiadas para el manejo de una falla, necesitamos identificar qué fallas pueden ocurrir. El proceso de RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identifica las circunstancias que llevan a la falla.
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo de RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Sumado a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona, pero con un nivel de desempeño inaceptable. Pero éstas sólo pueden ser claramente identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

Figura 9. Perspectiva general de la falla



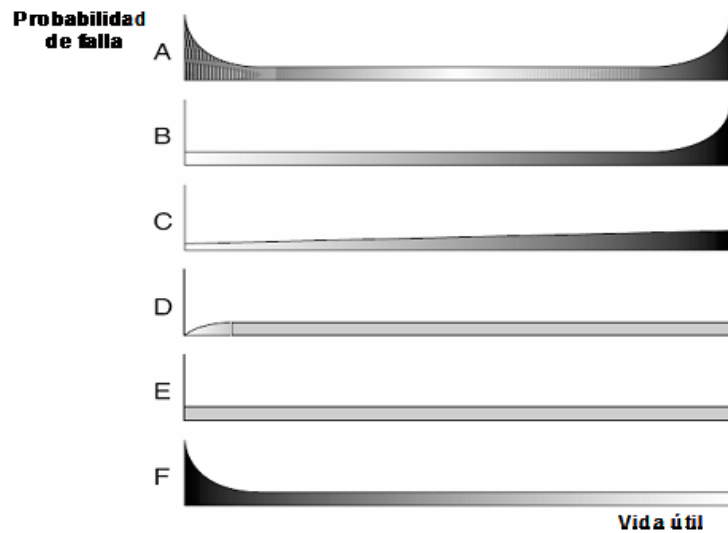
Fuente: MOUBRAY, John. Reliability – Centered – Maintenance. 2 ed. New York : Industrial Press, 1997, p. 12. ISBN 09539603-2-3

La figura 9. Se basa en la presunción de que la mayoría de los equipos operan confiablemente por período determinado y luego se desgastan.

Este patrón es cierto para algunos equipos simples y para algún modo de falla dominante. En particular las características de desgaste se encuentran a menudo en casos en los que el equipo tiene contacto directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad frecuentemente van asociadas a la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.

Los equipos más complejos han traído patrones de falla diferentes. Los gráficos de la figura 10 muestran la probabilidad condicional de falla en relación con la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos.

Figura 10. Diferentes patrones de falla



Fuente: MOUBRAY, John. Reliability – Centered – Maintenance. 2 ed. New York : Industrial Press, 1997, p. 133 ISBN 09539603-2-3

El patrón A comienza con una gran incidencia de falla (mortalidad infantil), seguida por un incremento gradual o constante de la probabilidad de falla y por último la zona de desgaste. El patrón B muestra una probabilidad condicional de falla que es constante o de lento crecimiento y termina en la zona de desgaste. El patrón C muestra una probabilidad de falla que crece lentamente pero no tiene una edad de desgaste apreciable. El patrón D ilustra una baja probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de la fábrica, seguido de un veloz incremento hasta un nivel constante. El patrón de falla E es una probabilidad de falla constante a todas las edades por igual (falla al azar). El patrón F es una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de falla constante o que asciende lentamente.

Los límites de edad tienen que ver poco o nada con mejorar la confiabilidad de los componentes complejos. De hecho, las reparaciones pueden aumentar la probabilidad de falla al introducir la mortalidad infantil en otros sistemas que de otra manera serian estables.

La toma de conciencia de estos hechos ha llevado a algunas organizaciones a abandonar el mantenimiento proactivo, esto es acertado para fallas con consecuencias menores, pero cuando las consecuencias de falla son importantes, algo debe hacerse para reducir las consecuencias. Esto lleva de nuevo a la cuestión de las tareas proactivas

2.5.3 Análisis de modos de falla y sus efectos. Al definir las funciones y los parámetros de funcionamiento deseados de cualquier activo físico, se definen los objetivos de mantenimiento con respecto a él. La definición de fallas funcionales permite determinar exactamente que se quiere decir con “falla”. Estos dos temas son considerados por las primeras dos preguntas del proceso RCM.

Las próximas dos preguntas buscan identificar los modos de falla que probablemente causen cada falla funcional, y determinar los efectos de falla asociados con cada modo de falla. Esto se realiza a través de un análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) para cada falla funcional.

Este análisis consiste en enlistar los modos de fallas que podrían causar cada falla funcional, y hacer una lista de los hechos que suceden tras producirse cada modo de falla, efectos de fallas.

Las fallas funcionales se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Falla total:** son aquellas que interrumpen totalmente la función del equipo y lo obligan a una reparación.
- **Falla parcial:** es aquella que disminuye la capacidad de producción de una maquina “pero no la detiene” también puede ser que no disminuya la capacidad de producción, pero si disminuya la confiabilidad.

- **Falla potencial:** una falla potencial es una condición identificable que indica que una falla funcional esta por ocurrir o en proceso de ocurrir.
- **Falla funcional:** incapacidad de un activo de realizar su función para la cual fue diseñado dentro de sus parámetros de rendimientos específicos.
- **Falla esporádica:** es una falla repentina, dramática e inesperada que lleva a todo el proceso a detenerse. Están por fuera del rango normal. Visible en la compañía. Tiene un costo muy alto y obliga a una investigación de causa.
- **Falla crónica:** una falla crónica es la falla típica iterativa que perturba las operaciones a corto plazo o las actividades de mantenimiento. Por lo general no resultan catastróficas, pero su costo consolidado es alto.
- **Falla oculta:** es una falla funcional que no es evidente por si misma al equipo operativo bajo circunstancias normales de operación.
- **Falla evidente:** es la falla que estando en operación normal puede ser fácilmente identificada por los operadores.
- **Falla catastrófica:** aquella que interrumpe totalmente la capacidad de producción del equipo, pero a diferencia de la falla total, la catastrófica puede tardarse mayor tiempo en corregirla o el dinero necesario para ello está fuera del alcance presupuestal en un corto o mediano plazo para la empresa.

2.5.4 Modo de falla. Un modo de falla es cualquier evento que cause una falla funcional. La descripción del modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo, además debe contener los detalles suficientes para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, pero no demasiados dado que ya se pierden grandes cantidades de tiempo en el proceso de análisis por sí solo.

Igualmente deben ser registrados los modos de fallas que tengan posibilidades razonables en ese determinado contexto.

Una lista de modos de falla razonable debe incluir los siguientes:

- Fallas que han ocurrido antes en los equipos (o similares).
- Modos de falla que ya son objeto de rutina de mantenimiento proactivo y que ocurrirían si no se hiciera mantenimiento proactivo.
- Cualquier otro modo de falla que no haya ocurrido todavía, pero que se considere como una posibilidad real.

Si las consecuencias tienen probabilidad de ser realmente severas aún fallas más remotas deben registrarse y ser sometidas a análisis.

2.5.5 Efectos de falla. El cuarto paso en el proceso RCM, consiste en hacer un listado de los efectos de las fallas, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla.

Esta descripción debe incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de falla, tal como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla haya ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- De qué manera afecta la producción o las operaciones (si las afecta).
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Que debe hacerse para remediar la falla.

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modo de falla y efectos de falla trae asombrosas oportunidades de mejorar el desempeño y la seguridad y eliminar el desperdicio.

Fuentes de información acerca de modos y efectos de falla. Al considerar de donde obtener la información necesaria para armar un AMFE (Análisis de Modo de Fallos y sus Efectos) completo, se debe recordar ser proactivo

Esto significa que se debe dar tanto énfasis a lo que podría ocurrir como lo que ha ocurrido. Las fuentes de información más comunes son:

- Los fabricantes del equipo.
- Otros usuarios de la misma máquina.
- Registros de antecedentes técnicos.
- Las personas que operan y mantienen el equipo.

2.5.6 Consecuencias de la falla. Un análisis detallado en la empresa probablemente muestre entre 10 y 1000 modos de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada paso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Y todas toman tiempo y costará dinero repararlas.

Son estas consecuencias las que influyen el intento de prevenir cada falla. Por otro lado, si tiene consecuencias leves o no las tiene, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básicas.

Un punto fuerte de RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus aspectos técnicos. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar la falla sino reducir las consecuencias de las fallas. El proceso RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- Consecuencias de las fallas no evidentes: se les da prioridad a las fallas que no sean evidentes, pero expone la organización a otras fallas con consecuencias serias y hasta catastróficas. (La mayoría están asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente).

- Consecuencias ambientales y para la seguridad: Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- Consecuencias operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales) además del costo directo de la reparación.
- Consecuencias No-Operacionales: Las fallas que caen en esta categoría no afectan la seguridad ni la producción. Sólo se relacionan con el costo directo de la reparación.

El proceso RCM hace uso de éstas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Al establecer una revisión obligada de las consecuencias de cada modo de falla en relación a las categorías recién mencionadas, integra a los objetivos operacionales, ambientales, y de seguridad de la función del mantenimiento.

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la idea de que toda falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño de la organización, y resta importancia a aquellas que tienen escaso efecto.

Las técnicas de manejo de fallas se dividen en dos categorías:

- Tareas proactivas: estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarcan lo que se conoce

tradicionalmente como mantenimiento predictivo o preventivo, aunque en RCM se utilizan los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, y mantenimiento a condición.

- Acciones a falta de: éstas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las tareas a falta de incluyen búsqueda de falla, rediseñar, y mantenimiento a rotura (correctivo).

El RCM divide las tareas proactivas en tres categorías:

Tareas de reacondicionamiento. El reacondicionamiento implica que el componente vuelva a trabajar o la reparación de un conjunto antes de un límite de tiempo, sin importar la condición en ese momento.

- **Tareas de sustitución cíclicas.** Las tareas de sustitución cíclica consisten sustituir un componente antes de un límite de edad específico más allá de su condición en ese momento.
- **Tareas a condición.** El crecimiento de nuevas formas de tratar las fallas se debe a la continua necesidad de prevenir ciertos tipos de falla y la creciente ineficacia de las técnicas clásicas para hacerlo. La mayoría de las nuevas técnicas se basan en el hecho de que la mayoría de las fallas muestra algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Estas se denominan fallas potenciales y se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional estará por ocurrir o está en proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas son utilizadas para detectar fallas potenciales y para actuar evitando las posibles consecuencias que surgirían si se transformase en fallas funcionales. Se llaman tareas a condición porque los componentes se dejan a

condición de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento deseados.

Si son utilizadas correctamente, las tareas a condición son una buena manera de manejar las fallas, pero a la vez pueden causar una pérdida de tiempo. RCM permite tomar esta decisión con mucha confianza.

2.6 OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La optimización del mantenimiento industrial implica lograr una mayor productividad mediante el incremento en su eficiencia y en su eficacia.

Eficiencia hace referencia a la ejecución de acciones con alta calidad en el menor tiempo posible; eficacia a la ejecución de acciones tendientes a obtener excelentes resultados para alcanzar los objetivos propuestos, y óptimo, al logro de resultados al más bajo costo posible¹¹.

Existen cuatro elementos primordiales para el óptimo desarrollo de un programa de mantenimiento empresarial:

2.6.1 Visión: Es la imagen guía que define su prospectiva a largo plazo, y que debe incluir:

- Reducción del monto del trabajo de mantenimiento.
- Mantenimiento Basado en Condición. (mantenimiento predictivo)
- Uso extensivo de medidas costo-desempeño y de índices para lograr el mejoramiento continuo de la confiabilidad de los equipos.

¹¹ GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Diaz de santos 2012 .p. 16

2.6.2 Organización: Las nuevas organizaciones están enfocadas a los procesos del negocio más que al desarrollo de los productos, y tiene como características:

- Redes de clientes y proveedores internos y externos.
- Importancia de la planificación y el apoyo técnico.
- Clasificación y capacitación permanente del personal.
- Cambios profundos en los roles del personal.

2.6.3 Tecnología: Los desarrollos tecnológicos se muestran íntimamente relacionados con los procesos de negocio y su influencia es determinante por:

- La gran capacidad de desarrollo del Software, donde el Hardware ya no es un factor principal.
- La flexibilidad de las herramientas sistematizadas y sus aplicaciones, en vez de los sistemas rígidos.
- Las relaciones profundas entre diseño, procesos máquinas, trabajo, clientes y proveedores.
- La determinación rápida de las variaciones en la producción, y en la condición real y el historial de los equipos.

2.6.4 Gente: La filosofía del mantenimiento moderno incluye un mínimo de personal que apoye la optimización de la producción; el aumento de la Disponibilidad y la confiabilidad de la planta, sin comprometer la seguridad humana, de los equipos y de las instalaciones, el perfil del trabajador de mantenimiento actual debe reunir:

- Capacidad de diagnóstico muy amplia.
- Ser técnico más que obrero.
- Poseer acceso inmediato al historial de equipos, a la documentación técnica, o al consejo experto, mediante terminales de consulta.

- Ser facilitador interno del operador del equipo, quien asume la más alta responsabilidad en el mantenimiento Autónomo¹².

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional.

Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales del mantenimiento de la organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo/beneficio.

2.7 EL PROCESO DE SELECCIÓN DE TAREAS RCM.

Un punto fuerte de RCM es la manera en que provee criterios simples, precisos y fáciles de entender, para decidir cuál de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto (si alguna lo es) y para decidir quién debe hacerla y con qué frecuencia.

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no depende de las características técnicas de la tarea y de las fallas que pretende prevenir. Si merece la pena hacerlo o no depende de la medida en que maneja las consecuencias de la falla. De no hallarse una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena

¹² GARRIDO GARCIA, santigo. Organización y Gestión Integral de mantenimiento, edición Diaz de santos 2012 .p.22

hacerse, entonces debe tomarse una acción “a falta de” adecuada. La esencia del proceso de selección de tareas es la siguiente:

- Para las fallas ocultas, la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función a un nivel tolerable. Si esto no es posible, debe realizarse una tarea de búsqueda de falla. De no hallarse una tarea de búsqueda de falla, la decisión a falta de secundaria es que el componente pueda ser rediseñado.
- Para fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad una tarea proactiva solo vale la pena si por si sola reduce el riesgo de la falla a un nivel muy bajo, o la elimina directamente. Si no puede encontrarse una tarea que reduzca el riesgo a niveles aceptablemente bajos, entonces se debe rediseñar o debe modificarse el proceso.
- Si la falla tiene consecuencias operacionales, una tarea proactiva solo vale la pena si el costo total de realizarla a lo largo de un cierto periodo de tiempo es menor al costo de consecuencias operacionales y el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo. En otras palabras, la tarea debe tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, la decisión a falta de inicial es ningún mantenimiento programado, si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo operaciones, entonces la decisión a falta de secundarias es nuevamente el rediseño.
- Si una falla tiene consecuencias no operacionales solo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo de un periodo de tiempo es menor al costo de reparación en el mismo tiempo. Entonces estas tareas también deben tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, a falta de inicial es ningún mantenimiento programado, y si los costos son demasiado elevados entonces la siguiente decisión a falta de secundaria es nuevamente el rediseño.

Este enfoque hace que las tareas proactivas sólo se definan para las fallas que realmente lo necesitan, lo que a su vez logra reducciones sustanciales en la carga de trabajos de rutina, menos trabajos de rutina también significa que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto, sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo.

Tradicionalmente, los requerimientos de mantenimiento de cada activo son definidos en términos de sus características técnicas reales o asumidas, sin considerar las consecuencias de la falla. El plan resultante se utiliza para todos los activos similares, nuevamente sin considerar que se aplican diferentes consecuencias en diferentes contextos operacionales. Esto tiene como resultado un gran número de planes que son desperdiciados, y no porque estén “mal” en el sentido técnico, sino porque no logran nada.

2.8 GESTION DE REPUESTOS

Unos de los rubros más altos que se presentan en las compañías es el inventario que se necesita para la manutención de los equipos que tenemos en nuestras organizaciones debido a que se involucra el costo del activo y el valor de tenerlo o preservarlo en el almacén. Se debería de tener internamente procedimientos que permitan clasificar y definir mínimos y máximos con el fin de no duplicar los activos, pero verlos representados en activos no generadores de valor agregado y por el contrario generar costos dentro de la organización en el momento de realizar nuestros inventarios y es que es muy recurrente almacenar esos repuestos que tienen poco consumo pero que si se mira en detalle su costo es elevado, pero con poco tránsito o reposición de consumo.

2.8.1 Técnicas de clasificación. Para ayudar a la identificación de las piezas, podemos agrupar el repuesto desde varios puntos de vista: en función de su

responsabilidad dentro del equipo y en función de la necesidad de mantenerlo en stock.

se pudo identificar que se puede clasificar la criticidad de las piezas desde los métodos cuantitativos y cualitativos.

En la industria, el método de clasificación tradicional es el análisis ABC. A (artículos muy importantes) B (elementos moderadamente importantes) C (elementos relativamente poco importantes), que se usa ampliamente para determinar el servicio. La clasificación ayuda a las empresas a simplificar la administración de existencias. El objetivo del análisis ABC consiste en clasificar los artículos del inventario o unidades de mantenimiento y sus existencias.

otro método cuantitativo es el FSN, que clasifica los artículos en tres categorías: rápido movimiento F, lento movimiento S y no móvil N. Este método se basa en el patrón de demanda de cada repuesto y se centra en la tasa de movimiento que presenta la pieza de repuesto. Los métodos cualitativos normalmente utilizados para la clasificación de repuestos se basan en un juicio aproximado o en la calificación de los métodos.

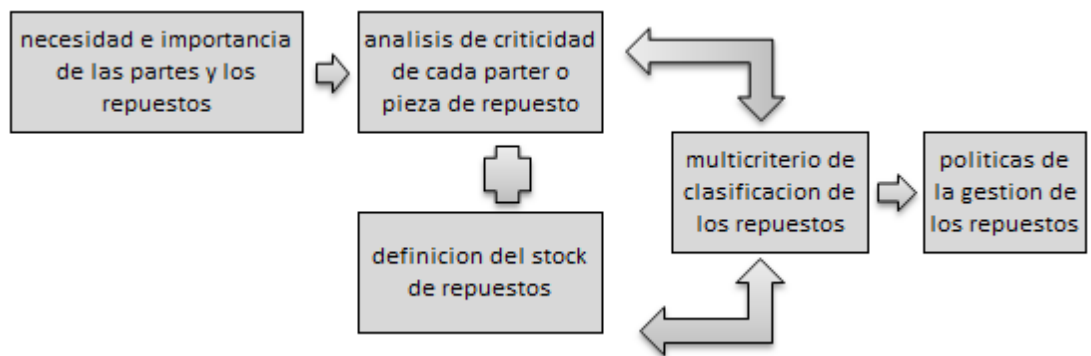
Los métodos cualitativos se basan en los conocimientos de los expertos de mantenimiento las piezas se pueden clasificar como vitales, esenciales o deseables (VED).

Para implementar el método cualitativo VED el primer paso, se define la importancia de las piezas de repuesto, identificando la importancia y la necesidad de la pieza de repuesto para la producción. El objetivo principal es asignar a cada pieza de recambio un nivel de criticidad utilizando la designación VED en la cual se puede evaluar su necesidad frente a la criticidad que está presente en la máquina

- **Vital:** la falla de la pieza tiene un gran impacto en los procesos de producción
- **Esencial:** la falla de la pieza tiene un impacto medio en los procesos de producción;
- **Deseable:** el fallo de una pieza no supone ningún riesgo para los procesos de producción.

El resultado de la criticidad de las piezas de repuesto se utilizará como entrada de una clasificación multi criterio cuyo objetivo es para agrupar piezas de repuesto que usan la misma política de inventario. Metodología de clasificación de partes el propósito del primer paso de esta clasificación es clasificar las piezas de repuesto como su necesidad e importancia para el mantenimiento. Por lo tanto, el resultado de este paso es asignar las piezas de repuesto en una sola tres niveles de criticidad. Esto se usará en una segunda clasificación que tiene como objetivo crear grupos de piezas de repuesto compartiendo la misma política de gestión de stock.

Figura 11. Paso en la metodología de clasificación de partes de repuesto



Fuente: el autor

3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADA EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA LOS SEPARADORES CENTRIFUGOS SI 105 BD M3S DE BIODIESEL EN ECODIESEL COLOMBIA S.A

3.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO

La centrífuga de pila de discos SI 105 BD M3S se ha diseñado y construido para su uso durante las varias etapas del procesamiento de biodiesel, para la separación continua de tres fases (líquido / líquido / sólido). Al separar el biodiesel lavado se busca que la fase pesada (sólidos/líquido) arrastre todas las impurezas posibles almacenadas en el biodiesel como lo son jabones, agua, impurezas, gomas y glicerina. Y en la fase liviana se entregue el biodiesel limpio listo para su secado en la columna de destilación.

Figura 12. Separador centrifugo SI105BDM3S



Fuente: User and maintenance manual, Manual Servizi Industrial 2008: p. 1

La estructura principal de la taza se compone de aceros dúplex, mientras que las otras partes son hechas de acero inoxidable. Los recubrimientos y las partes en contacto con el producto son compuestos de aceros inoxidables. La bancada está hecha de hierro fundido con una cubierta exterior de acero inoxidable.

La centrífuga es movida por un motor eléctrico de 18.5 KW, accionado por un convertidor de frecuencia. El movimiento se pasa al eje horizontal a través de un acoplamiento flexible, y luego al eje vertical a través de un piñón / rueda de acoplamiento. El eje vertical es compatible de forma flexible muelles, tanto en la dirección radial como axial. Hay un sistema de enfriamiento de agua para partes mecánicas que soportan el eje.

Tabla 1. Datos técnicos de la centrífuga SI 105 BD M3S

DATOS TECNICOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCION	UNIDAD	SI 105 BD M 3S
VOLUMEN DEL BOWL	litros	70
CAPACIDAD DE LA CAMARA DE LODOS	litros	20
ROTACION MAXIMA DEL BOWL	rpm	4700
PESO DEL BOWL	Kg.	560
MIN. PRESION DE ALIMENTACION	bar	0
TEMPERATURA MAXIMA DE ALIMENTACION	°C	90
POTENCIA DEL MOTOR	Kw	18,5
TENSION	volt.	380
FRECUENCIA	Hz.	52,5
TIEMPO DE ARRANQUE	minutos	13
VOLUMEN DE ACEITE LUBRICANTE	litros	7,5
PERO DEL SEPARADOR CON EL BOWL	Kg.	2100
MAX. GRAVEDAD ESPECIFICA DEL PRODUCTO	Kg/litro	1,2

Fuente: El autor.

3.2 IDENTIFICACION DE LAS PARTES DE LA MAQUINA

La tabla 2 muestra en forma detallada las diferentes piezas utilizadas en cada equipo centrifugo SI 105 BD M

Tabla 2. Partes de la maquina centrifuga, grupo 1. Bedplategroup

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto*
1.	BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATO DE CAMA		
1.1	Bedplate	1	0010600500
1.2	cooling water stem	1	0010601614
1.3	bedplate flange	1	0011000502
1.4	spring lock washer	5	9907520001
1.5	spring lock washer	16	9907640026
1.6	nut	8	9902520001
1.7	foundation plate	1	0012100502
1.8	screw	8	9900020026
1.9	assembled brake	2	0021100014
1.10	sight glass gasket	1	0011100614
1.11	screw	8	9900050026
1.12	bedplate shield	4	0011900014
1.13	foot	4	0011800014
1.14	Screw	12	9900040026
1.15	spring lock washer	12	9907530026
1.16	screw	13	9900290001
1.17	spacer	4	0011300014
1.18	check valve	1	9934150090
1.19	sight glass	1	0012600964
1.20	oil cap gasket	2	0011200974
1.21	spring lock washer	13	9907600001
1.22	sight glass gasket	1	0012500974
1.23	belleville spring	64	9929020030
1.24	oring for brake flange	1	1010600614
1.25	sight glass cap	1	0012420014
1.26	brake clamping stud bolt	3	1010400014
1.27	stud bolt	4	0013000001
1.28	blind nut	4	9902650001

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	codigo repuesto*
1.	BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATO		
1.29	Brake flange	1	1010000012
1.30	Oring for basin	1	0190400634
1.32	shock absorber	4	0011600604
1.33	nitrogen hose retainer	1	0190300014
1.34	shock absorber locking washer	4	0011700014
1.35	bedplate flange carter	1	0021500013
1.36	screw	3	9900380001
1.37	seal	3	1010500914
1.38	motor connection flanges	1	0020900502
1.39	throw	3	9933930090
1.40	sewer to the bedplate	1	0230300024
1.41	plain washer	4	9907560001
1.42	cooling water distributor	1	0230100113
1.43	blind nut	3	9902540001
1.44	stud bolt	4	0012000274
1.45	reducing nipple	2	9932920050
1.46	plain washer	3	9907710001
1.47	gauge	1	9936640092
1.48	handwheel gasket	2	0021300954
1.49	handwheel	2	0021400014
1.50	water filter	1	9932090090
1.51	electrovalve support	1	0240100014
1.52	Nipple	1	9932580026
1.53	Bend	1	9932080090
1.54	electrovalve	1	9937500094
1.55	pressure reducer	1	9936530090
1.56	throw	2	9934730050
1.57	step-down gear	1	9932570026
1.58	nipple	1	9933550090
1.59	fitting	1	9933560090
1.60	oil cap	2	0012300014
1.61	oil cap	2	0012300014
1.62	copper pipe for nitrogen	1	0190200014
1.63	screw	2	9900110001

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	codigo repuesto*
1.	BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATO		
1.64	nut	3	9902550001
1.65	plain washer	2	9907680001
1.66	nipple	1	9932450026
1.67	plain step-down gear	1	9933600026
1.68	Quickfit	1	9934740050

Fuente: El autor.

Tabla 3. Partes de la maquina centrifuga, grupo 2. Horizontal Axial group

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto
2.	HORIZONTAL AXIAL GROUP		
2.1	screw	1	9900090026
2.2	spring lock washer	1	9907530026
2.3	brake bell washer	1	0020800264
2.4	brake bell	1	0020500503
2.5	sealing ring	1	9914550060
2.6	shaft snap ring	1	9926510026
2.7	bearing	1	9918540000
2.8	self-braking lock nut	1	9922510026
2.9	lock nut	1	9922540026
2.10	ring gear 60hz	1	0020101702
2.11	lug	1	9925510026
2.12	horizontal shaft	1	0020300313
2.13	lug	2	9925530026
2.14	Lug	1	9925520026
2.15	Screw	4	9900080026
2.16	spring lock washer	4	9907520001
2.17	bearing gripping flanges	1	0020700264
2.18	Bearing	1	9918550000
2.19	washer	1	9925010026
2.20	lock nut	1	9922520026
2.21	o-ring	1	0020600604
2.22	horizontal shaft flanges	1	0020401502
2.23	spring lock washer	4	9907640026
2.24	screw	4	9900020026
2.25	sealing ring	1	9914560060
2.26	machine side joint	1	0030301504

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto
2.	HORIZONTAL AXIAL GROUP		
2.27	Dowel	2	9900120026
2.28	joint springing part gl8	7	9931580060
2.29	motor side joint	1	0030401504

Fuente: El autor

Tabla 4. Partes de la maquina centrifuga, grupo 3. Vertical Axial group

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto
3.	VERTICAL AXIAL GROUP		
3.1	Spring	1	0012700304
3.2	collar bearing washer	1	0040500274
3.3	bearing	1	9918520000
3.4	vertical shaft	1	0010100053
3.5	Pinion	1	0010501293
3.6	lock nut	1	9922540026
3.7	self-braking lock nut	1	9922510026
3.8	bearing upper washer	1	0010200274
3.9	Bearing	1	9918530000
3.10	bearing lower washer	1	0010300274
3.11	Bearing	2	9918510000
3.12	bearing carrier box	1	0010400284
3.13	seat thrust	1	0010700504
3.14	belleville spring	16	9929010030
3.15	guide pin	1	0010900284
3.16	o-ring	1	9910610061
3.17	end plate bush	1	0010800503
3.18	spring lock washer	4	9907640026
3.19	te m12x40 screw	4	9900050026

Fuente: El autor

Tabla 5. Partes de la maquina centrifuga, grupo 4. Collar group

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto
4.	COLLAR GROUP		
4.1	collar ring	1	0040600283
4.2	Plunger	9	0040700284
4.3	plunger clamping screw	9	0040800274

Ref. 4.	DESCRIPCION COLLAR GROUP	Cantidad	código repuesto
4.4	collar spring	9	0040400324
4.5	Screw	3	9900100026
4.6	screw	4	9900200001
4.7	spring washer	4	9907520001
4.8	Dowel	1	9900560001
4.9	spring lock washer	3	9907530026
4.10	inner labyrinth	1	0170300013
4.11	outer labyrinth	1	0170200013
4.12	collar cover	1	0200100013
4.13	Oring	1	9911380061
4.14	collar body	1	0040200503
4.15	collar cap	1	0040100503
4.16	collar body gasket	1	0040300884
4.17	collar body gasket	1	0040300974

Fuente: el autor

Tabla 6. Partes de la maquina centrifuga, grupo 5 Coverings group

Ref. 5.	DESCRIPCION COVERINGS GROUP	Cantidad	código repuesto
5.1	nut sealing ring	12	9902540001
5.2	stud bolt	12	0060300014
5.3	spacer	2	0070900014
5.4	Covering	1	0610200012
5.5	Screw	4	9900090026
5.6	Gasket	1	0650100614
5.7	Basing	1	0610300502
5.8	basin discharge gasket	1	0060500604
5.9	basin discharge	1	0140106014
5.10	basin discharge gasket	1	0060500974
5.11	Screw	4	9900200001
5.12	Nut	4	9902550026

Fuente: el autor

Tabla 7. Partes de la maquina centrifuga, grupo 6 Bowl group

Ref. 6.	DESCRIPCION BOWL GROUP	Cantidad	código repuesto
6.1	bowl cap nut	1	0050700253
6.2	o-ring	1	9910580061
6.3	adjustment ring	2	0300400024
6.4	interposed cap	1	0220200023
6.5	bowl cap	1	0050200063
6.6	cap seal	1	0051000614
6.7	big nut	1	0050400253
6.8	o-ring	1	9910600061
6.9	dividing cone	1	0300300024
6.10	truncated cone disk	1	0300200024
6.11	distributor column	155	0300100023
6.12	Key	1	0300107024
6.13	screw	1	9900580001
6.14	stop nut	3	0050900024
6.15	threaded pin	1	0300600024
6.16	o-ring	1	9911390061
6.17	dowel pin	1	0050102024
6.18	collection chamber	1	0300500024
6.19	bowl bottom	1	0050100062

Fuente: el autor

Tabla 8. Partes de la maquina centrifuga, grupo 7 Outlets group

Ref. 7.	DESCRIPCION OUTLETS GROUP	Cantidad	código repuesto
7.1	gasket	1	9914580095
7.2	lock nut	1	0850200023
7.3	Oring	1	9910540061
7.4	upper outlets body	1	0110200023
7.5	lower outlets body	1	0110100023
7.6	pulley	2	9932030001
7.7	fitting	2	9932020002
7.8	Gasket	4	9914530061
7.9	sight glass	2	9932960001
7.10	control valve	2	9938730094
7.11	gasket	2	9914510061

Ref. 7.	DESCRIPCION OUTLETS GROUP	Cantidad	código repuesto
7.12	Gauge	2	9937510094
7.13	Oring	2	9910520061
7.14	bearing flange	1	0071010023
7.15	Oring	1	9911210063
7.16	Oring	2	9910530061
7.17	heavy phase paring disc	1	0310000003
7.18	Oring	1	9910550061
7.19	Oring	1	9910510061
7.20	light phase paring disc	1	0070300023
7.20a	light phase paring disc plate	1	0070301023
7.20b	light phase paring disc	1	0070302033
7.20c	Screw	2	9900850001
7.20d	screw pierce	1	0070306014

Fuente: el autor

Tabla 9. Partes de la maquina centrifuga, grupo 8 Hydraulic seal group

Ref. 8.	DESCRIPCION HYDRAULIC SEAL GROUP	Cantidad	código repuesto
8.1	Screw	4	9900860001
8.2	Washer	8	9907740001
8.3	Flange	1	9938900001
8.4	Gasket	2	9937520094
8.5	exhaust discharge valve	1	9934920094
8.6	basin discarge	1	1160100012
8.7	nut	4	9902670001
8.8	rapid fitting	2	9934730050
8.9	Nut	20	9902550001
8.10	spring washer	20	9907520001
8.11	washer	40	9907680001
8.12	Gasket	5	0060500974
8.13	connection curve	2	0690300014
8.14	screw	21	9900110001
8.15	hydraulic seal cover	1	0690200012
8.16	hydraulic seal body gasket	1	1110400012
8.17	valve	1	9934350001
8.18	hydraulic seal body	1	0690100012

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto
8.	HYDRAULIC SEAL GROUP		
8.19	flange	1	0140104014
8.20	cap	2	9934160090
8.21	flexible pipe	1	0140105014
8.22	drainage curve	1	0190600014
8.23	Nipple	1	9933040026
8.24	flexible pipe	1	9933980001

Fuente: el autor

Tabla 10. Partes de la maquina centrifuga, grupo 9 cuadro de inertización

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	código repuesto
9.	CUADRO DE INERTIZACION		
9.1	Rack	1	R001
9.2	filtro línea de oxigeno	1	X001
9.3	lavador de gases	1	X002
9.4	Eyector	1	EJD1
9.5	filtro línea de presión	1	X003
9.6	válvula de retención de aire del eyector	1	YV102A
9.7	agua fría válvula de cierre	1	YV102B
9.8	reductor de presión N2	1	PCV02
9.9	on/off válvula de línea principal	1	YV101
9.10	reducción descarga de presión de N2	1	PCV03
9.11	indicador de flujo de nitrógeno	1	FI01
9.12	nitrógeno válvula de alivio	1	YV103A
9.13	regulador de presión de aire	1	PCV03
9.14	válvula ADJ reducción flujo de aire/regulador	1	YV102B
9.15	aspiración	1	FCV100
9.16	reducción auto regulado de agua	1	FCV01

Fuente: El autor

Tabla 11. Herramientas para el desarmado y mantenimiento de la centrifuga

Ref.	DESCRIPCION	HERRAMIENTAS	CONSUMIBLES
1	big nut spanner	1	
2	small nut spanner	1	
3	bowl stop spanner	1	
4	threaded rod	1	
5	threaded pin	1	
6	disk	1	
7	eyebolt	4	
8	eyebolt	2	
9	molikote 1000 paste tube		1
10	8l oil jerrican		1
11	levaer	1	
12	big chain	1	
13	short chain	1	
14	hook bolt	2	
15	pin wrench	1	
16	pin wrench	1	
17	loosening ring	1	
18	end plate hoist spanner	1	
19	sledge	1	
20	nut	8	
21	foundation bolts	4	
22	plain washer	4	
23	wrench ch19	1	

Fuente: el autor

3.3 CRITICIDAD DE LAS PIEZAS DE REPUESTO

el objetivo es la clasificación de los repuestos evaluando su criticidad de una manera eficiente y de forma detallada. Se definieron dos criterios para evaluar los repuestos, su consumo y el impacto que puede generar en la producción. el criterio del consumo del repuesto está dividida en 3 niveles y el criterio del impacto de la

producción en 4 niveles en la tabla 12. se describen los criterios y los niveles respectivos de cada criterio.

Tabla 12. lista de descripción de criterios de la criticidad de las piezas de repuesto

CRITERIOS	DESCRIPCION
Consumo de la pieza	La función realizada por la pieza de repuesto en la centrífuga
1. bajo consumo	la pieza se utiliza en el mantenimiento por preventivo.
2. medio consumo	la pieza se utiliza en los mantenimientos de 8000 horas
3. alto consumo	las piezas se utilizan en un periodo de 360 horas
Impacto en la producción	impacto de la falla del repuesto en el proceso de producción
no presenta	
0. impacto	la falta del repuesto no tiene impacto en la producción
1. baja calidad	la falla del repuesto genera productos defectuosos
reducción en la	la falla del repuesto genera una disminución en la rata
2. producción	de producción
	la falla de la pieza o repuesto genera una parada
3. parada repentina	inmediata del equipo

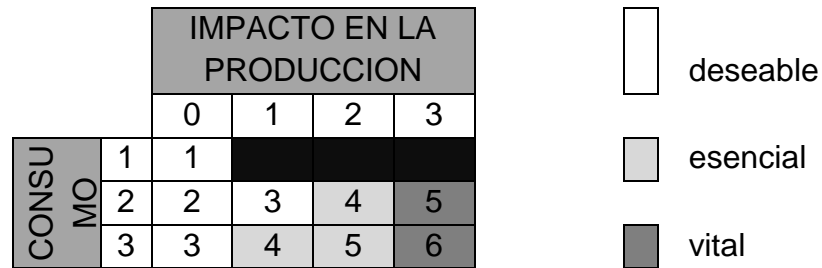
Fuente: El Autor

3.4 MATRIZ DE CRITERIOS

El resultado de la selección del criterio de consumo y el impacto en la producción del repuesto es la atribución de 3 niveles de criticidad a las piezas de repuesto (vital, esencial y deseable) como las piezas conforman un grupo determinado de la maquina se utilizo una matriz de combinaciones de repuestos evaluando los grupos del equipo centrifugo.

En la figura 13 se puede ver la matriz de criterios.

Figura 13. Matriz de combinaciones



Fuente: El Autor

En el estudio de la criticidad de las piezas se logró identificar que tres de las combinaciones nunca ocurren en el equipo 3. la tabla 13 representa los repuestos vitales en el mantenimiento de los equipos centrífugos, para observar el análisis a todas las piezas dirijámonos al anexo A.

Tabla 13. Clasificación de repuestos vital.

TABLA DE REPUESTOS VITALES						
CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	Ref.	TABLA	Criticidad	
SI 9910580061	GASKET	2	5.2	COVERING GROUP	VITAL	
SI 0051000614	GASKET	1	5.6	COVERING GROUP	VITAL	
SI 9910600061	GASKET	1	5.8	COVERING GROUP	VITAL	
SI 9911390061	GASKET	1	5.16	COVERING GROUP	VITAL	
SI 9910540061	GASKET	1	7.3	OUTLETS GROUP	VITAL	
SI 9914530061	GASKET	1	7.8	OUTLETS GROUP	VITAL	
SI 9914510061	GASKET	4	7.11	OUTLETS GROUP	VITAL	
SI 9910520061	GASKET	2	7.13	OUTLETS GROUP	VITAL	
SI 9910530061	GASKET	2	7.16	OUTLETS GROUP	VITAL	
SI 9910550061	GASKET	2	7.18	OUTLETS GROUP	VITAL	
SI 9910510061	GASKET	1	7.19	OUTLETS GROUP	VITAL	

Fuente: el autor

3.5 CANTIDADES MINIMAS DE REPUESTOS

Realizado el análisis de criticidad para los repuestos del equipo centrifugo aplicando los criterios anteriormente mencionados, se puede proceder a conformar los listados de partes mínimas en stock para que se pueda asegurar el cumplimiento de los mantenimientos y no se incurra en sobrecostos, dando una buena rotación de los repuestos y garantizando las cantidades necesarias.

En la tabla 14 se observan las cantidades mínimas de almacenamientos de las piezas esenciales y vitales del equipo centrifugo.

Tabla 14. Cantidades mínimas de repuestos equipo centrifugo.

REPUESTOS GENERALES CENTRIFUGA				
Descripción del material/articulo	Unidad	Cantidad solicitada	Cantidad mínima	Referencia
COOLING WATER STEM 1	UNIDAD	2	1	0010601614
NUT	UNIDAD	16	8	9902520001
SIGHT GLASS GASKET 1	UNIDAD	4	2	0011100614
BEDPLATE SHIELD	UNIDAD	8	4	0011900014
FOOT	UNIDAD	8	4	0011800014
SCREW	UNIDAD	26	10	9900290001
CHECK VALVE	UNIDAD	2	1	9934150090
SIGHT GLASS	UNIDAD	3	1	0012600964
OIL CAP GASKET	UNIDAD	4	2	0011200974
SPRING LOCK WASHER	UNIDAD	26	14	9907600001
SIGHT GLASS GASKET	UNIDAD	2	2	0012500974
OR FOR BRAKE FLANGE	UNIDAD	20	10	1010600614
OR FOR BASIN	UNIDAD	8	4	0190400634
SHOCK ABSORBER	UNIDAD	8	4	0011600604
NITROGEN HOSE RETAINER	UNIDAD	4	2	0190300014
SHOCK ABSORBER	UNIDAD	8	4	
LOCKING WASHER	UNIDAD	8	4	0011700014
BLIND NUT	UNIDAD	8	4	9902650001
THROW	UNIDAD	9	5	9933930090

REPUESTOS GENERALES CENTRIFUGA

Descripción del material/articulo	Unidad	Cantidad solicitada	Cantidad mínima	Referencia
PLAIN WASHER	UNIDAD	8	4	9907560001
COOLING WATER DISTRIBUTOR	UNIDAD	4	4	0230100113
STUD BOLT	UNIDAD	8	8	0012000274
REDUCING NIPPLE	UNIDAD	4	2	9932920050
GAUGE	UNIDAD	2	1	9936640092
ELECTROVALVE SUPPORT	UNIDAD	2	1	0240100014
NIPPLE	UNIDAD	2	1	9932580026
BEND	UNIDAD	2	1	9932080090
PRESSURE REDUCER	UNIDAD	2	1	9936530090
THROW	UNIDAD	4	1	9934730050
NIPPLE	UNIDAD	2	1	9933550090
FITTING	UNIDAD	2	1	9933560090
COPPER PIPE FOR NITROGEN	UNIDAD	2	1	0190200014
QUICKFIT	UNIDAD	2	1	9934740050
NIPPLE	UNIDAD	2	1	9932450026
PLAIN STEP-DOWN GEAR	UNIDAD	2	1	9933600026
SCREW	UNIDAD	4	1	9900090026
SPRING LOCK WASHER	UNIDAD	2	1	9907530026
BRAKE BELL WASHER	UNIDAD	2	1	0020800264
SEALING RING	UNIDAD	4	1	9914550060
SHAFT SNAP RING	UNIDAD	2	1	9926510026
BEARING	UNIDAD	4	1	9918540000
SELF-BRAKING LOCK NUT	UNIDAD	3	1	9922510026
LOCK NUT	UNIDAD	3	1	9922540026
BEARING GRIPPING	UNIDAD	2	1	
FLANGES	UNIDAD	2	1	0020700264
BEARING	UNIDAD	4	1	9918550000
WASHER	UNIDAD	2	1	9925010026
LOCK NUT	UNIDAD	2	1	9922520026
OR	UNIDAD	16	5	0020600604
SEALING RING	UNIDAD	4	2	9914560060
JOINT SPRINGING PART GL8	UNIDAD	14	5	9931580060
MACHINE SIDE JOINT	UNIDAD	2	1	0030301504

REPUESTOS GENERALES CENTRIFUGA

Descripción del material/articulo	Unidad	Cantidad solicitada	Cantidad mínima	Referencia
MOTOR SIDE JOINT	UNIDAD	2	1	0030401504
LABYRINTH SPRING	UNIDAD	2	1	0012700304
COLLAR BEARING WASHER	UNIDAD	2	1	0040500274
BEARING	UNIDAD	4	2	9918520000
LOCK NUT	UNIDAD	2	1	9922540026
SELF-BRAKING LOCK NUT	UNIDAD	2	1	9922510026
BEARING UPPER WASHER	UNIDAD	2	1	0010200274
BEARING	UNIDAD	4	2	9918530000
BEARING LOWER WASHER	UNIDAD	2	1	0010300274
BEARING	UNIDAD	8	4	9918510000
BEARING CARRIER BOX	UNIDAD	2	1	0010400284
SEAT THRUST	UNIDAD	2	1	0010700504
BELLEVILLE SPRING	UNIDAD	48	14	9929010030
OR	UNIDAD	14	10	9910610061
GUIDE PIN	UNIDAD	2	1	0010900284
SPRING LOCK WASHER	UNIDAD	8	4	9907640026
TE M12x40 SCREW	UNIDAD	8	4	9900050026
COLLAR RING	UNIDAD	2	1	0040600283
PLUNGER	UNIDAD	18	10	0040700284
SPRING LOCK WASHER	UNIDAD	6	3	9907530026
ORING	UNIDAD	12	8	9911380061
COLLAR BODY GASKET	UNIDAD	4	2	0040300884
COLLAR BODY GASKET	UNIDAD	2	1	0040300974
NUT SEALING RING	UNIDAD	24	12	9902540001
STUD BOLT	UNIDAD	24	12	0060300014
SPACER	UNIDAD	4	2	0070900014
SCREW	UNIDAD	8	4	9900090026
ADJUSTMENT RING	UNIDAD	32	12	0300400024
INTERPOSED CAP	UNIDAD	8	2	0220200023
0220200023	UNIDAD	8	2	0220200023
CAP SEAL	UNIDAD	70	45	0051000614
TRUNCATED CONE DISK	UNIDAD	16	6	0300200024
STOP NUT	UNIDAD	4	2	0050900024
THREADED PIN	UNIDAD	4	2	0300600024
DOWEL PIN	UNIDAD	4	2	0050102024

REPUESTOS GENERALES CENTRIFUGA

Descripción del material/articulo	Unidad	Cantidad solicitada	Cantidad mínima	Referencia
GASKET	UNIDAD	32	10	9914580095
ORING	UNIDAD	70	25	9911210063
SCREW	UNIDAD	8	4	9900850001
SCREW PIERCE	UNIDAD	4	2	0070306014
GAUGE	UNIDAD	4	2	9937510094
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	120	10	9910530061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	70	6	0650100614
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	70	6	9910600061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	120	10	9910580061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	70	6	9910540061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	70	6	9910550061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	70	6	9910510061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	120	10	9910520061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	70	6	9911390061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	170	6	9914530061
O´RING QUINCENAL	UNIDAD	120	6	9914510061
BASING	UNIDAD	1	1	0610300502
PIN DIVING CONE	UNIDAD	4	1	0300300024
POLARIMETRIC SENSOR FOR O2	UNIDAD	2	1	9938670094
POLARIMETRIC SENSOR KIT FOR O2	UNIDAD	2	1	9938610094
SINTERING FOR FILTER	UNIDAD	4	2	9939540094
MP020025	UNIDAD	4	2	ZZSI
SOLEINOD PILOT	UNIDAD	1	1	9940460094
3/2 WAY ELECTROVALVE	UNIDAD	1	1	9940840094
FEMALE CONNECTOR FOR SENSOR	UNIDAD	3	1	9940420094
MA000021 MEASURAMENT CELL	UNIDAD	4	2	ZZSI
MM030004 GAS ANALYSER	UNIDAD	8	2	ZZSI
GASKET	UNIDAD	8	2	ZZSI
SIGHT GLASS	UNIDAD	1	1	9950220094
SAFETY PLC	UNIDAD	1	1	9955400094
UNIVERSAL REGULATOR	UNIDAD	1	1	9955410094

REPUESTOS GENERALES CENTRIFUGA

Descripción del material/artículo	Unidad	Cantidad solicitada	Cantidad mínima	Referencia
PRESSURE TRANSMITER	UNIDAD	1	1	9940280094
LAMPS	UNIDAD	2	1	9940940094
DOUBLE OXYGEN ANALIZER	UNIDAD	1	1	9940990094

Fuente: el autor.

3.6 FICHA HOJA DE VIDA

Las informaciones recopiladas de todo el equipo centrífugo y su cuadro de inertización, son plasmadas o configuradas en un formato diseñado y estructurado, de fácil manejo.

La hoja de vida básicamente está estructurada en tres zonas/categorías, que permiten una recopilación de datos organizada de fácil manejo, tal y como se muestra a continuación:

- Datos del equipo: Se encuentran los datos de identificación en la unidad, datos de diseño o fabricación y datos de aplicación del equipo dentro de la unidad de Esterificación Ácida.
- Datos de averías: Se encuentran los eventos y características de falla de los equipos.
- Datos de mantenimiento: Se encuentran los eventos en los cuales se le ha realizado mantenimiento, describiendo de forma ordenada las características y horas paro de las actividades.

En la figura 14 se puede apreciar el formato de las hojas de vida que se diseñó para la recopilación de la información de los equipos

3.7 ANALISIS DE CRITICIDAD

Para los equipos centrífugos, el análisis de criticidad permite clasificar la importancia de este equipo padre, y que afecta directamente la disponibilidad de la unidad de negocio biodiesel, determinando su grado de atención según sus frecuencias y las consecuencias que puedan generar estas fallas.

Existen varios métodos o modelos de análisis de criticidad, dentro de los cuales sus criterios se basan en características cualitativas y/o cuantitativas, tales como:

- Método de flujograma de análisis de criticidad (Cualitativo)
- Modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo)
- Modelo de criticidad semicuantitativo “MCR” (Matriz de Criticidad por Riesgo)
- Modelo de criticidad Cuantitativo “AHP” (Analytic Hierarchy process (Proceso de Análisis Jerárquico)

Para los equipos centrífugos SI 105 BD M3S, fue seleccionado el modelo de criticidad semicuantitativo “MCR” (Matriz de Criticidad por Riesgo), por su facilidad de manejo y porque se adapta a las necesidades de la unidad de negocio biodiesel.

El modelo propuesto está basado en la estimación del factor de riesgo a través de las siguientes expresiones:

Ecuación 1. Calculo del riesgo

$$Riesgo = FF * C$$

Donde:

FF: frecuencia de fallos, numero de fallos en un tiempo determinado

C: consecuencias de los fallos a la seguridad, medio ambiente, calidad, producción

Ecuación 2: Calculo de consecuencia¹³

$$C = (SHA * 0,2) + (IC * 0,2) + (IP * 0,2) + (BM * 0,2) + (CM * 0,2)$$

Donde:

SHA: impacto en seguridad y medio ambiente

IP: impacto en producción

IC: impacto en calidad

BM: impacto por baja mantenibilidad

CM: costos de mantenimiento

En el cuadro 3.se puede observar los factores de frecuencia y de fallo.

¹³ PARRA MÁRQUEZ & CRESPO MÁRQUEZ, ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, 2012 .p.62

Cuadro 3. factores de frecuencia y fallo

FACTOR DE FRECUENCIA DE FALLOS (FF)		PUNTAJE
Frecuente	mas de 25 eventos al año	5
probable	entre 10 y 24 eventos al año	4
posible	entre 5 y 9 eventos al año	3
imposible	entre 1 y 4 eventos al año	2
sumamente imposible	menos de 1 evento en el año	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (SHA)		PUNTAJE
Alto riesgo de vida del personal, graves daños a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrofico), derrames y fugas que exceden los limites permitidos		5
Riesgo de vida del personal o daños menores a la salud del personal y/o incidente ambiental menor, derrames faciles de contener y fugas repetitivas		3
No existe ningun riesgo de salud ni de daños ambientales		1
IMPACTO EN LA CALIDAD (IC)		PUNTAJE
la falla genera el paro de la planta y el reproceso del producto terminado		5
la falla no genera parada de planta pero si reproceso y mas materia prima en arreglar la calidad del producto		3
la falla es reversible pero afecta el volumen de produccion diario		1
IMPACTO EN LA PRODUCCION (IP)		PUNTAJE
Perdidas de produccion superiores al 75% no hay unidades de reserva		5
perdidad de produccion entre 50% y 4l 74% unidades de reserva parcial		4
perdida de produccion entre 25% y 49%		3
perdida de produccion entre el 10% y el 24%		2
perdida de produccion menor al 10%		1
IMPACTO POR BAJA MANTENIBILIDAD (BM)		PUNTAJE
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la produccion, tiempos de reparacion y logistica muy grandes		5
se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir la forma parcial el impacto de produccion, tiempos de reparacion y logistica intermedios		3
se cuentan con unidades de reserva en linea, tiempos de reparacion y logistico pequeños		1
IMPACTO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)		PUNTAJE
Daño irreversibles al sistema, costos de reparacion, incluyendo materiales y HH supera en un 75% el valor del equipo		5
Costos de reposicion incluyendo materiales y HH se ubican entre un 50% y el 74% del valor del equipo		4
Costos de reposicion incluyendo materiales y HH se ubican entre un 25% y el 49% del valor del equipo		3
costos de reparacion incluyendo materiales y HH se ubican entre un 10% y el 24% del valor del equipo		2
costos de reparacion incluyendo materiales y HH se ubican por debajo del 10% del valor del equipo		1

Fuente: PARRA MÁRQUEZ & CRESPO MÁRQUEZ, ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, 2012 .p.178 ISBN 978-84-95499-67-7

Después de tener definido cada uno de los factores de frecuencia y consecuencias de fallos del equipo analizado, se determina el grado de criticidad según el resultado del puntaje producto de la ecuación 1 (pág. 68), que corresponden a una de las cuatro zonas que representan cuatro niveles de criticidad, tal como se aprecia en el cuadro 4.

Cuadro 4. Ponderado de los resultados del riesgo

Ponderado de criticidad	baja criticidad	B	1 a 5
	media criticidad	M	6 a 10
	Alta criticidad	A	11 a 15
	Muy alta criticidad	MA	16 a 20

Fuente: El Autor

Los resultados de la evaluación de los factores anteriores se presentan en una matriz de criticidad 5x5 (cuadro 5), donde el eje vertical está formado por cinco niveles de frecuencia de fallos, mientras que el eje horizontal está formado por cinco niveles de consecuencias de fallos.

Cuadro 5. Matriz de criticidad propuesta por el modelo MCR

FRECUENCIA	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
CONSECUENCIAS						

Fuente: PARRA MÁRQUEZ & CRESPO MÁRQUEZ, ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, 2012 .p.65 ISBN 978-84-95499-67-7

3.8 RESULTADO ANALISIS DE CRITICIDAD

El equipo centrifugo es sometido a la evaluación de los anteriores factores, lo cual arroja los siguientes resultados

Cuadro 6. Resultado de criticidad equipo centrifugo

EQUIPO			
163-S2	EQUIPO CENTRIFUGO SI 105 BD M3S	17	MUY ALTA

Fuente: El Autor

En el anexo B. se encuentra el cálculo completo del análisis de criticidad del equipo centrifugo.

3.9 PLAN DE MANTENIMIENTO

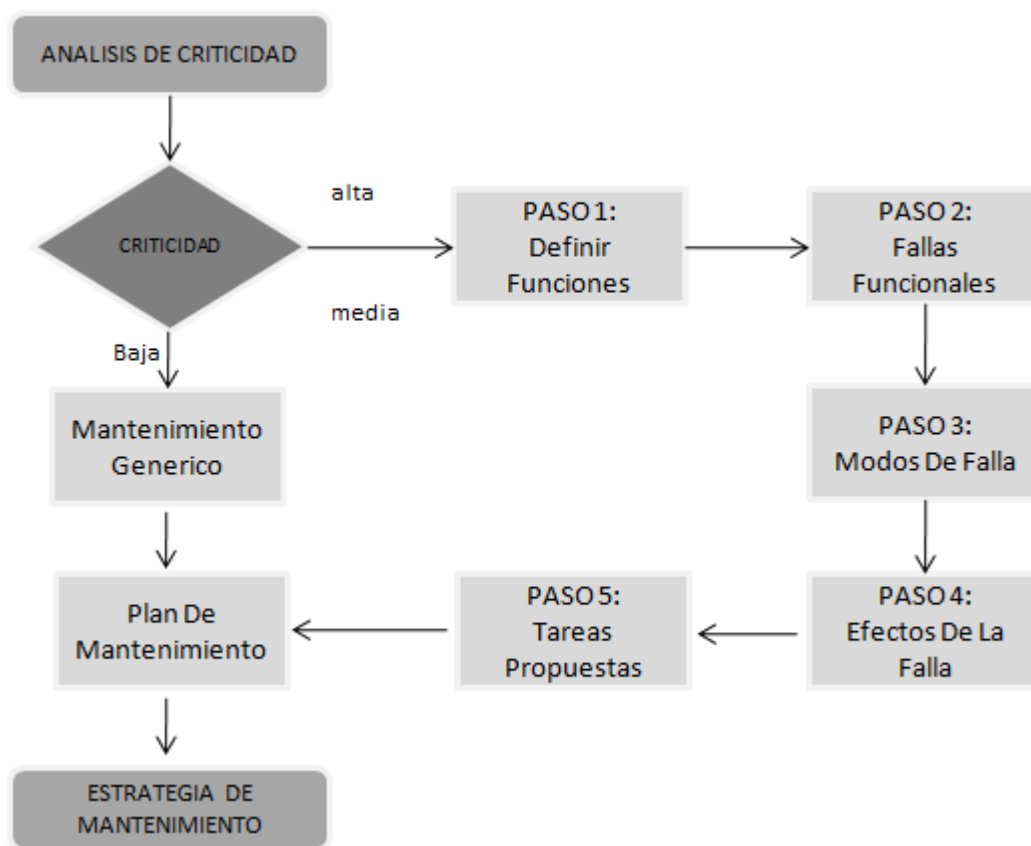
De acuerdo con el análisis de criticidad aplicado al equipo centrifugo, la revisión y los reportes de los técnicos y operadores de planta se somete el equipo al análisis de la metodología RCM, la cual corresponde a:

3.9.1 Definir funciones. En este paso se responde la primera pregunta del RCM ¿cuáles son las funciones principales asociadas al activo en su actual contexto operacional?.se definirán las fronteras para establecer claramente y con exactitud que se estudia y que no, se determinarán entradas y salidas y no traslapar sistemas consecutivos.

Se define la función primaria y secundarias, la primera es la razón de ser del equipo y la segunda ayuda a cumplir la función principal y responde a la pregunta ¿el equipo es capaz de hacerlo con seguridad y confiabilidad?.¹⁴

se crearon diagramas de flujo del sistema y en la figura 16 se aprecia el formato de funciones.

Figura 15. Proceso RCM



Fuente: El Autor

¹⁴ GARCIA GARRIDO, Santiago Organización y gestión integral del mantenimiento, 2003. p 37

Cuadro 7. Formato de funciones

FUNCIONES						
SISTEMA	BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-16352	FECHA
						09/03/2018
						FRONTERAS
						Que se estudia Sistema de inertización Instrumentación Succion Motor electrico Instrumentación centrifuga Transmision del motor-centrifuga Bomba Centrifuga Instrumentacion de Salida Equipos Electricos Que no se estudia Bomba de suministro de B100 (P-163P7)
						Suministro de Nitrogeno. Intercambiador de calor HE-168E3A Energía Electrica Señales del sistema Experion.(Control) Aire Comprimido Agua
FUNCIONES PRIMARIAS						
Bombear fluido, separando por dos líneas fase liviana y fase pesada						
FUNCIONES SECUNDARIAS						
Mantener niveles bajos de oxígeno dentro de la máquina durante su funcionamiento (evitando autoignición)						
Separar el producto bajo parámetros de calidad						
Mantener 4700 rpm, en la salida de la transmisión mecánica a la centrifuga.						
Disparar el equipo cuando el motor se encuentre trabajando un 20% por encima de la corriente nominal.						
Mantener el flujo requerido de entrada en la succión de la bomba						
Mantener niveles de ruido por debajo de 50 dB						
Permitir las labores de limpieza del equipo						
Permanecer un condiciones de presentación (estética)						
Mantener estanquidad de circuito de funcionamiento del equipo.						
Facilitar las labores de desmontaje de mecanismos y componentes en el mantenimiento del equipo.						

Fuente: El Autor

3.9.2 Listar fallas funcionales. En esta fase se determinan las fallas funcionales y técnicos de los sistemas que componen cada uno de los equipos. En este paso se responde la segunda pregunta del RCM ¿De qué manera no se satisfacen sus funciones? Indica conocer al detalle las circunstancias y los eventos que conllevan a que el equipo pueda entrar en falla detectando y evaluando todas las posibles causas que pudieron hacer que el equipo dejara de funcionar correctamente.

Cuadro 8. Formato fallas funcionales

FALLAS FUNCIONALES							
SISTEMA	BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	09/03/2018
F	FUNCIÓN			FF	FALLA FUNCIONAL		
1	Bombear fluido, separando por dos líneas fase liviana y fase pesada			1.A	El equipo se para completamente, no bombea		
2	Mantener niveles bajos de oxígeno dentro de la maquina durante su funcionamiento			2.A	El % de concentración de oxígeno esta por encima del 3%		
3	Separar el producto bajo las características de calidad			3.A	Los datos de calidad estan por fuera de los datos especificos		
4	Mantener las 4700 rpm, en la salida de la transmision mecanica			4.A	La centrifuga no cumple con las 4700 rpm requeridas		
5	Disparar el equipo cuando el motor se encuentre trabajando un 20% por encima de la corriente nominal			5.A	Sobre calentamiento motor		
6	Mantener niveles de ruido por debajo de 50 dB			5.B	Los equipos de medición en mal estado		
				6.A	Aflojamiento de conexiones (partes)		
				6.B	rozamiento de materiales		
7	Permitir las labores de limpieza del equipo			6.C	Altas Vibraciones en el equipo		
				7.A	Suciedad del alrededor de la centrifuga		
8	Permanecer un condiciones de presentacion (estetica)			8.A	Pintura en mal estado		
9	Facilitar las labores de desmontaje de mecanismos y componentes en el mantenimiento del equipo.			9.A	Dificultad en retiro del equipos		
10	Mantener estanqueidad de circuito de funcionamiento del equipo.			10.A	Fugas del equipo		
11	Mantener el flujo requerido de entrada en la succion			11.A	Alteracion de flujo a la entrada		
12	Mantener el flujo requerido a la salida de fase liviana			12.A	Alteracion de flujo a la salida de la fase liviana		

Fuente: El Autor

3.9.3 Determinar los modos de falla. Se determinan los modos de falla tanto funcionales como técnicos en el cuadro 9 se pueden identificar los modos de falla.

Y se da respuesta a la pregunta 3 del RCM ¿cuál es la causa de cada falla funcional?

Cuadro 9. Formato de modos de fallas

MODOS DE FALLA						
SISTEMA	BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	VE-163S2	FECHA	09/03/2018
F	FF	MF	MODO DE FALLA	C	CAUSA DE LA FALLA	
1	1.A	1.A.1	Daño motor			Corto circuito
		1.A.2	Daño sistema de inertización			desgaste electrodos
		1.A.3	Daño en caja de transmisión			fatiga
2	2.A	2.A.1	mala lectura del electrodo			suciedad, cables averiados
		2.A.2	entrada de oxigeno			fuga de nitrogeno
		2.A.3	baja presión inferior a 100 mm H2O			falta de sello hidraulico
		2.A.4	daño en valvula solenoide			corto circuito solenoide
		2.A.5	obstrucción en retorno del nitrogeno			agua en mangueras
		2.A.6	alarma falta de electrolite			poco liquido electrolitico
		2.A.7	daño en analizador de oxigeno			display dañado
		2.A.8	alarma critical Faul en analizador de Oxigeno			cables sueltos o dañados
		2.A.9	falta de agua en el lavado			suciedad en la entrada del agua
		2.A.10	falla controlador de presión UDC 1700			corto circuito de la tarjeta
3	3.A	3.A.1	Baja calidad			suciedad en el bowl
		3.A.2	daño en disco de separación			desgaste mecanico
4	4.A	4.A.1	Desgaste piñon-corona			aflojamiento componentes
		4.A.2	Malas condiciones del aceite de lubricación			suciedad, perdidas de propiedades
5	5.A	5.A.1	falla ventilador			fractura
		2.A.2	falla alimentacion			potencia, voltaje defectuoso
		2.A.3	suciedad carcasa			contaminación por miscelaneos
	5.B	5.B.1	daño en variador de frecuencia			calentamiento
		5.B.2	daño en equipos electricos			calentamiento
		5.B.3	falla de funcionamiento variador			desprogramación
		5.B.4	falla en el termico			descalibración
6	6.A	6.A.1	aflojamiento de parte			soltura
	6.B	6.B.1	falta de lubricacion			desgaste
	6.C	6.C.1	mal montaje de los componentes			error humano
		6.C.2	falla del vibroswitch			descalibración
		6.C.3	falla del vibroswitch			corto circuito
		6.C.4	falla de comunicación de cableado del instrumento			señal/ indicación erronea
		6.C.5	Desgaste piñon-corona			deformacion
		6.C.6	desbalanceo en rodamientos			contaminacion
7	7.A	7.A.1	falta de limpieza superficial			miscelaneos
8	8.A	8.A.1	Deterioro pintura			Corrosión
9	9.A	9.A.1	desmontaje de la centrifuga			causa externa
10	10.A	10.A.1	fuga de fluido tubería			erosion de tubería
		10.A.2	fuga de fluido empaques			fractura material
		10.A.3	fuga de aire comprimido			fractura material
		10.A.4	fuga por aflojamiento de tornillería			Corrosión
11	11.A	11.A.1	daño en asiento de valvulas			desgaste
		11.A.2	posicionador pegado			desajustado
		11.A.3	lectura erronea del instrumento de medidor de flujo			descalibracion
		11.A.4	falla de comunicación de cableado del instrumento			señal/ indicación erronea
12	12.A	12.A.1	daño en asiento de valvulas			desgaste
		12.A.2	posicionador pegado			desajustado
		12.A.3	lectura erronea del instrumento de presion			descalibracion
		12.A.4	falla de comunicación de cableado del instrumento			señal/ indicación erronea

Fuente: El Autor

3.9.4 Análisis de los efectos y consecuencias de falla. En este paso se da respuesta a la pregunta 4 y 5 del RCM. ¿Que sucede cuando ocurren las fallas? y ¿De qué manera puede afectar el tipo de falla?

Las consecuencias de las fallas se pueden clasificar en las siguientes categorías.

- **Falla Oculta:** es aquella falla que no detectable por los operadores en condiciones normales de operaciones, si se produce por sí sola.
- **Seguridad y medio ambiente:** se evalúa si el daño puede lesionar u ocasionar una lesión fatal o incurrir en la infracción relacionada con las políticas locales del medio ambiente.
- **Operacionales:** cuando la perdida de la función puede tener un efecto adverso sobre la capacidad operacional, rendimiento total, calidad del producto, servicio al cliente.
- **Asociadas a la reparación:** cuando la perdida de la función tiene un efecto adverso sobre la capacidad operacional, mano de obra o desplazamientos, costos externos de reparación costo y dificultad en la consecución de repuestos.
- **Imagen corporativa:** se estima en el impacto que puede generar en la sociedad el modo de falla determina si es de conocimiento interno o externo y se debe de tener en cuenta, cumplir los contratos, afectación en regulaciones locales o internacionales.

Cuadro 10. Efectos de falla

EFECTOS DE FALLA										
SISTEMA		BIO DIESEL		SUBSISTEMA		SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	01/03/2018
F	FF	MF	E	MODO DE FALLA						
				OCULTO	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	OPERACIONAL	REPARACION	IMAGEN	
1	1.A	1.A.1	1.A.1.A	daño de protecciones electricas	Exposición del motor dentro de la planta	contaminación de humos a la atmosfera	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costos externos de operación	Debe considerar el cumplimiento de contratos.	
		1.A.2	1.A.2.B	daño de protecciones electricas	puede pejudicar a personal cerca de la planta	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
	1.A.3	1.A.1.C	no utilizar guarda acople	puede ocasionar lesiones graves al personal	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno		
2	2.A	2.A.1	2.A.1.A	desgaste	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
		2.A.2	2.A.2.B	material particulado en el aire (polvo)	explosion tableros de control	puede causar incendios	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
		2.A.3	2.A.3.C	desaseo	efectos menores	efectos menores	servicio al cliente	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
	2.B	2.B.1	2.B.1.A	Enfriamiento Traicing	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
		2.B.2	2.B.2.B	cuando la proteccion electrica falla	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
		2.B.3.C	2.B.3.C	Temperaturas altas en el equipo	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
	2.B.4.D	2.B.4.D	Temperaturas altas en el equipo	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno		
	2.B.5.D	2.B.5.D	Corto circuito	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno		
	2.B.6.D	2.B.6.D	Temperaturas altas en el equipo	efectos menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno		
3	3.A	3.A.1	3.A.1.A	Defecto de vida util	lesiones menores	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
		3.A.2	3.A.2.B	descalibracion valvula de alivio	lesiones menores	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costos externos de operación	Debe considerar el cumplimiento de contratos.	
	3.A.3	3.A.3.C	falla de funcionamieto repentina	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno		
	3.A.4	3.A.3.D	falla de funcionamieto repentina	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno		
4	4.A	4.A.1	4.A.1.A	falta de revision de ajuste	lesiones menores	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
	4.B	4.B.1	4.B.1.A	falta de revision diaria	lesiones menores	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de contratos.	
		4.B.2	4.B.2.B	falla tecnica de reparacion	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de	
	4.B.3	4.B.3.C	falta de revision diaria	lesiones menores	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimiento total del equipo	Mano de obra y desplazamientos	conocimiento interno		
5	5.A	5.A.1	5.A.1.A	desaseo	lesiones menores	efectos menores	Perjudica la rendimiento total del equipo	Mano de obra y desplazamientos	conocimiento interno	
6	6.A	6.A.1	6.A.1.A	ambiente corrosivo	lesiones menores	efectos menores	servicio al cliente	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
7	7.A	7.A.1	7.A.1.A	falta de revision diaria	lesiones menores	efectos menores	servicio al cliente	Mano de obra y desplazamientos	conocimiento interno	
		7.A.2	7.A.2.B	falta de revision diaria	lesiones menores	efectos menores	servicio al cliente	Mano de obra y desplazamientos	conocimiento interno	

EFECTOS DE FALLA										
SISTEMA		BIO DIESEL		SUBSISTEMA		SEPARACIÓN	TAG	VE-16352	FECHA	01/03/2018
F	FF	MF	E	MODO DE FALLA						
				OCULTO	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	OPERACIONAL	REPARACION	IMAGEN	
8	8.A	8.A.1	8.A.1.A	estructura de instalación	lesiones menores	efectos menores	servicio al cliente	Mano de obra y desplazamientos	conocimiento interno	
9	9.A	9.A.1	9.A.1.A	falla en equipos de alivio del circuito	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimient total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno	
			9.A.2	9.A.2.B	falla en equipos de alivio del circuito	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimient total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno
			9.A.3	9.A.3.C	falla en equipos de alivio del circuito	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimient total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno
			9.A.4	9.A.4.D	falla en equipos de alivio del circuito	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimient total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno
			9.A.5	9.A.5.E	falla en equipos de alivio del circuito	lesiones considerables dependiendo del daño	derrame de producto a drenajes de los ductos	Perjudica la rendimient total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno
10	10.A	10.A.1	10.A.1.A	falla de control de los instrumentos	lesiones menores	efectos menores	Perjudica la rendimient total del equipo	Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de	
			10.A.2	10.A.2.B	falla de control de los instrumentos	lesiones menores	efectos menores	Perjudica la rendimient total del equipo	Mano de obra y desplazamientos / Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de contratos.
			10.A.3	10.A.3.C	falla de control de los instrumentos	lesiones menores	efectos menores	Perjudica la rendimient total del equipo	Mano de obra y desplazamientos / Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de
			10.A.4	10.A.4.D	falla de control de los instrumentos	lesiones menores	efectos menores	Perjudica la rendimient total del equipo	Mano de obra y desplazamientos / Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de contratos.
			10.A.5	10.A.5.E	falla de control de los instrumentos	lesiones menores	efectos menores	Perjudica la rendimient total del equipo	Mano de obra y desplazamientos / Costo y dificultad de consecución de repuestos	conocimiento interno / Debe considerar el cumplimiento de contratos.

Fuente: El Autor

3.9.5 Clasificación de las tareas de mantenimiento y su frecuencia. En este paso se responde la pregunta 6 y 7 del RCM ¿Que puede hacerse para prevenir o para predecir las fallas? y ¿Que debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Las tareas de mantenimiento se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Tareas predictivas:** consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).
- **Tareas preventivas:** Se trata de la reparación, el ajuste, tratamiento, o limpieza de equipos a frecuencias determinadas, independientemente de su estado. La

frecuencia es determinada por la edad en que el elemento o pieza incrementa su posibilidad de falla.

- **Tareas de búsqueda de fallas:** Consisten en verificar una función oculta, con intervalos regulares, para verificar si ésta ha fallado o permanece activa. Se debe considerar si no es evidente el fallo bajo circunstancias normales. Sólo se realiza si la búsqueda de fallos asegura la disponibilidad de la función oculta.
- **Tareas correctivas:** El fallo no es oculto ni produce fallas múltiples. El fallo no afecta la seguridad humana y del medio ambiente. El fallo no tiene consecuencias operacionales y no operacionales. No se pueden encontrar tareas costo – efectivas para prevenir la causa.

En el cuadro 11. se aprecia el formato de tareas propuestas para el equipo centrifugo

Cuadro 11. Tareas propuestas

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
1	1.A	1.A.1	1.A.1.A	Realizar mantenimiento preventivo al motor eléctrico MP-163S2-1	Preventivo	Cotizar un motor eléctrico en el país. Y conocer tiempos de entrega	Anual	Eléctrico-Externo	
		1.A.1	1.A.1.A.1	Realizar mantenimiento preventivo al motor eléctrico MP-163S2-2	Preventivo		Anual	Eléctrico-Externo	
		1.A.2	1.A.2.B	Realizar mantenimiento preventivo al cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco. No existe en la actualidad	Anual	Instrumentista	
		1.A.2	1.A.2.B.1	Realizar mantenimiento preventivo al cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco. No existe en la actualidad	Anual	Instrumentista	
		1.A.3	1.A.1.C	Realizar mantenimiento a la caja de Transmisión	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio	Anual	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA		BIODIESEL		SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				de la centrifuga VE-163S2-1		y seco. No existe en la actualidad			
		1.A.3	2.A.1. A	Realizar mantenimiento a la caja de Transmisión de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Anual	Mecánico	
2	2.A	2.A.1	2.A.2. B	Realizar inspección y realizar pruebas de funcionamiento de los electrodos del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Semestral	Instrumentista	
		2.A.1	2.A.3. C	Realizar inspección y realizar pruebas de funcionamiento de los electrodos del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semestral	Instrumentista	
		2.A.1		Revisión de cables de fibra óptica, conectados a los electrodos de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Semestral	Instrumentista	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		2.A.1		Revisión de cables de fibra óptica, conectados a los electrodos de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semestral	Instrumentista	
		2.A.2	2.B.1.A	Realizar revisión de posibles fugas de nitrógeno en las conexiones de la centrifuga y en las conexiones del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Quincenal	Mecánico	
		2.A.2	2.B.2.B	Realizar revisión de posibles fugas de nitrógeno en las conexiones de la centrifuga y en las conexiones del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Quincenal	Mecánico	
		2.A.3	2.B.3.C	Inspección y tomar lecturas de nivel del	Predictivo		Quincenal	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				sello hidráulico en funcionamiento de la centrifuga VE-163S2-1					
		2.A.3	2.B.4.D	Inspección y tomar lecturas de nivel del sello hidráulico en funcionamiento de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Quincenal	Mecánico	
		2.A.3		Inspección de nivel del depósito de analizador de oxígeno en el cuadro de inertización.	Predictivo		Quincenal	Mecánico	
		2.A.3		Inspección de nivel del depósito de analizador de oxígeno en el cuadro de inertización.	Predictivo		Quincenal	Mecánico	
		2.A.4	2.B.4.D.1	Revisión de funcionamiento de la válvula solenoide de apertura de nitrógeno dentro del cuadro de	Predictivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frío y seco.	Semestral	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA		BIODIESEL		SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				inertización de la centrifuga VE-163S2-1					
		2.A.4	2.B.4.D.2	Revisión de funcionamiento de la válvula solenoide de apertura de nitrógeno dentro del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Semestral	Eléctrico	
		2.A.5	2.B.5.E	Realizar purga a las mangueras de Nitrógeno que entran y salen de del cuadro de inertización hasta la centrifuga VE-163S2-1. Cambio de mangueras en mal estado.	Predictivo	Realizar montaje de drenaje mediante válvulas, según recomendación del Técnico	Quincenal	Instrumentista	
		2.A.5	2.B.6.F	Realizar purga a las mangueras de Nitrógeno que entran y salen de del cuadro de inertización hasta la centrifuga VE-	Predictivo	Realizar montaje de drenaje mediante válvulas.	Quincenal	Instrumentista	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				163S2-2. Cambio de mangueras en mal estado.					
		2.A.6	3.A.1.A	Realizar mantenimiento a los electrodos del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		4 meses	Instrumentista	
		2.A.6		Realizar mantenimiento a los electrodos del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		4 meses	Instrumentista	
		2.A.7	5.A.1.A	Cambio de analizador de Oxigeno de la centrifuga VE-163S2-1.	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	2 años	Instrumentista	
		2.A.7	6.A.1.A	Cambio de analizador de Oxigeno de la centrifuga VE-163S2-2.	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	2 años	Instrumentista	
		2.A.8	7.A.1.A	Inspección y limpieza de conexiones eléctricas en el tablero del cuadro de	Preventivo		Mensual	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				inertización de la centrifuga VE-163S2-1					
		2.A.8	7.A.1.A.1	Inspección y limpieza de conexiones eléctricas en el tablero del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Mensual	Eléctrico	
		2.A.9	3.A.3.C	Revisión y limpieza del filtros de agua en el sistema del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Quincenal	Instrumentista	
		2.A.9	3.A.3.D	Revisión y limpieza del filtros de agua en el sistema del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Quincenal	Instrumentista	
		2.A.9	4.B.2.B	Limpieza de partes del equipo, donde circula el agua del cuadro de inertización, de la centrifuga VE-163S2-1.	Predictivo	Instalar filtro en la entrada del suministro del agua del cuadro de inertización, y	Quincenal	Instrumentista	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				(Auto-regulador, eyector, depósito de analizador de gases)		se recomienda utilizar agua potable.			
		2.A.9	4.B.3.C	Limpieza de partes del equipo, donde circula el agua del cuadro de inertización, de la centrifuga VE-163S2-2. (Auto-regulador, eyector, depósito de analizador de gases)	Predictivo	Instalar filtro en la entrada del suministro del agua del cuadro de inertización, y se recomienda utilizar agua potable.	Quincenal	Instrumentista	
		2.A.9	4.A.1.A	Inspección y revisión del nivel del agua del lavador de gases del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Semanal	Instrumentista	
		2.A.9	4.B.1.A	Inspección y revisión del nivel del agua del lavador de gases del cuadro de inertización de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semanal	Instrumentista	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		2.A.10	7.A.2.B	Realizar calibración del controlador UDC 1700	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	2 años	Instrumentista	
3	3.A	3.A.1	8.A.1.A	Realizar limpieza del BOWL, cambiando los empaques internos de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Quincenal	Mecánico	
		3.A.1	9.A.1.A	Realizar limpieza del BOWL, cambiando los empaques internos de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Quincenal	Mecánico	
		3.A.2	9.A.2.B	Revisión del estado del disco de separación de la centrifuga y cambio de piezas por condición, cuando se realice el mantenimiento quincenal, de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Quincenal	Mecánico	
		3.A.2	9.A.3.C	Revisión del estado del disco de separación de la	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar	Quincenal	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				centrifuga y cambio de piezas por condición, cuando se realice el mantenimiento quincenal, de la centrifuga VE-163S2-2		con ambiente frio y seco.			
4	4.A	4.A1	9.A.4.D	Revisión de estado del piñón-corona de la caja de transmisión. Durante el mantenimiento anual de la caja de transmisión de la centrifuga VE-162S2-1	Predictivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Anual	Mecánico	
		4.A1	9.A.5.E	Revisión de estado del piñón-corona de la caja de transmisión. Durante el mantenimiento anual de la caja de transmisión de la centrifuga VE-162S2-2	Predictivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Anual	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA		BIODIESEL		SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		4.A.2	10.A.1.A	Cambio de aceite de la caja de transmisión de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Semestral	Mecánico	
		4.A.2	10.A.1.A.1	Cambio de aceite de la caja de transmisión de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo	Almacenar los repuestos en lugar con ambiente frio y seco.	Semestral	Mecánico	
5	5.A	5.A.1	10.A.1.A.2	Realizar inspección del estado del ventilador del motor de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Trimestral	Eléctrico	
		5.A.1		Realizar inspección del estado del ventilador del motor de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Trimestral	Eléctrico	
		5.A.1		Realizar una toma de temperatura con cámara termo gráfica, con el fin de determinar puntos de alta temperatura en el	Predictivo		Semanal	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				motor eléctrico de la centrifuga VE-163S2-1					
		5.A.1		Realizar una toma de temperatura con cámara termo gráfica, con el fin de determinar puntos de alta temperatura en el motor eléctrico de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semanal	Eléctrico	
		5.A.2		Realizar inspección y tomar lecturas de los valores nominales de voltaje y corriente del motor eléctrico de la centrifuga VE-162S2-1	Predictivo		Diario	Eléctrico	
		5.A.2		Realizar inspección y tomar lecturas de los valores nominales de voltaje y corriente del motor eléctrico de la centrifuga VE-162S2-2	Predictivo		Diario	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA		BIODIESEL		SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		5.A.3	10.A.2.B.1	Realizar inspección y limpieza del motor de la centrifuga VE-163S2-1.	Predictivo		Diario	Mecánico	
		5.A.3	10.A.2.B.2	Realizar inspección y limpieza del motor de la centrifuga VE-163S2-1.	Predictivo		Diario	Mecánico	
		5.B.3		Mantenimiento general de variador de frecuencia de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Anual	Eléctrico	
		5.B.3		Mantenimiento general de variador de frecuencia de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Anual	Eléctrico	
		5.B.3		Inspección de funcionamiento del ventilador del variador de velocidad en donde se encuentra instalado el variador de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Semanal	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		5.B.3		Inspección de funcionamiento del ventilador del variador de velocidad en donde se encuentra instalado el variador de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semanal	Eléctrico	
		5.B.4		Realizar inspección de temperatura de operación en los equipos eléctricos del equipo mediante la cámara termo grafica de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Semanal	Eléctrico	
		5.B.4		Realizar inspección de temperatura de operación en los equipos eléctricos del equipo mediante la cámara termo grafica de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semanal	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		5.B.4		Realizar limpieza y chequear ventilación del tablero de control de los equipos eléctricos de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Quincenal	Eléctrico	
		5.B.4		Realizar limpieza y chequear ventilación del tablero de control de los equipos eléctricos de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Quincenal	Eléctrico	
		5.B.5		Realizar un backup de la programación y configuración de los parámetros de operación normal del variador de frecuencia, de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Una vez	Eléctrico	
		5.B.5		Realizar un backup de la programación y configuración de los parámetros de operación normal del variador de	Preventivo		Una vez	Eléctrico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				frecuencia, de la centrifuga VE-163S2-2					
		5.B.6		Inspeccionar y comprobar la calibración del guarda motor de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Trimestral	Eléctrico	
		5.B.6		Inspeccionar y comprobar la calibración del guarda motor de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Trimestral	Eléctrico	
		6.A.1		Inspección visual y comprobación de tornillería de las conexiones pertenecientes (bridas, carcasas, anclajes) de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Semanal	Mecánico	
		6.A.1		Inspección visual y comprobación de tornillería de las conexiones pertenecientes (bridas,	Preventivo		Semanal	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				carcasas, anclajes) de la centrifuga VE-163S2-2					
	6.B	6.B.1		Inspección visual y verificar niveles de aceite la caja de transmisión de la centrifuga VE-163S2-1.	Predictivo		Semanal	Mecánico	
		6.B.1		Inspección visual y verificar niveles de aceite la caja de transmisión de la centrifuga VE-163S2-1.	Predictivo		Semanal	Mecánico	
	6.C	6.C.1		Capacitación y entrenamiento del personal a intervenir la centrifuga, VE-163S2-1 y VE-163S2-2.	Preventivo	definir las capacitaciones			
		6.C.2		Calibración del vibroswitch de la centrifuga VE-162S2-1	Preventivo		Anual	Eléctrico- Taller externo	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA		BIODIESEL		SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		6.C.2		Calibración del vibroswitch de la centrifuga VE-162S2-2	Preventivo		Anual	Eléctrico- Taller externo	
		6.C.3		Realizar mantenimiento al vibroswitch de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Trimestral	Eléctrico	
		6.C.3		Realizar mantenimiento al vibroswitch de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Trimestral	Eléctrico	
		6.C.4		Verificar señales desde la instalación del vibro switch en campo, hasta el cuarto de control de la centrifuga VE-163S2-1	Predictivo		Trimestral	Eléctrico	
		6.C.4		Verificar señales desde la instalación del vibro switch en campo, hasta el cuarto de control de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Trimestral	Eléctrico	
		6.C.5		Realizar lecturas de vibraciones en la caja de	Predictivo		Diario	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				transmisión de la centrifuga VE-163S2-1					
		6.C.5		Realizar lecturas de vibraciones en la caja de transmisión de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Diario	Mecánico	
		6.C.6		Realizar lecturas de vibraciones de los rodamientos en partes de la centrifuga se puedan monitorear VE-163S2-1	Predictivo		Diario	Mecánico	
		6.C.6		Realizar lecturas de vibraciones de los rodamientos en partes de la centrifuga se puedan monitorear VE-163S2-2	Predictivo		Diario	Mecánico	
7	7.A	7.A.1		Realizar limpieza de todos los equipos pertenecientes al equipo	Preventivo		Diario	Mecánico/ Eléctrico/ Instrumentista	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				Padre Centrifuga VE-163S2-1					
		7.A.1		Realizar limpieza de todos los equipos pertenecientes al equipo Padre Centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Diario	Mecánico/ Eléctrico/ Instrumentista	
8	8.A	8.A.1		Pintar equipos pertenecientes al equipo Padre Centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Anual	Mecánico/ Eléctrico/ Instrumentista- Externo	
		8.A.1		Pintar equipos pertenecientes al equipo Padre Centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Anual	Mecánico/ Eléctrico/ Instrumentista- Externo	
9	9.A	9.A.1		Mantenimiento del polipasto que se utiliza para el desmontaje de las centrifugas VE-163S2-1 y VE-163S2-2	Preventivo		Anual	Mecánico/ Eléctrico/ Instrumentista- Externo	
10	10.A	10.A.1		Realizar inspección de espesor de tuberías,	Predictivo		Semestral	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
				mediante la técnica de ultrasonido en el circuito de la centrifuga VE-163S2-1					
		10.A.1		Realizar inspección de espesor de tuberías, mediante la técnica de ultrasonido en el circuito de la centrifuga VE-163S2-2	Predictivo		Semestral	Mecánico	
		10.A.2		Cambio de empaques de todas las bridas o juntas del circuito de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Anual	Mecánico	
		10.A.2		Cambio de empaques de todas las bridas o juntas del circuito de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Anual	Mecánico	
		10.A.2		Cambio de empaques de los empaques de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Quincenal	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		10.A.2		Cambio de empaques de los empaques de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Quincenal	Mecánico	
		10.A.3		Cambio de mangueras de aire comprimido de los instrumentos del circuito de la centrifuga VE-163S2-1	Preventivo		Anual	Instrumentista	
		10.A.3		Cambio de mangueras de aire comprimido de los instrumentos del circuito de la centrifuga VE-163S2-2	Preventivo		Anual	Mecánico	
		10.A.4		Cambio de tornillería de todas las bridas o juntas del circuito de la Centrifuga VE-163-S2	Preventivo		Anual	Mecánico	
		10.A.4		Cambio de tornillería de todas las bridas o juntas del circuito de la Centrifuga VE-163-S3	Preventivo		Anual	Mecánico	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
11	11.A	11.A.1		Mantenimiento general y calibración de las válvula de control de flujo FIC-163P7	Preventivo		Anual	Instrumentista-Externo	
		11.A.2		Inspeccionar y comprobar señales y control de la válvula FIC-163P7 probando el posicionamiento de la misma.	Predictivo		Trimestral	Instrumentista	
		11.A.3		Mantenimiento General y Calibración de flujómetros FIT-163P7	Preventivo		Anual	Instrumentista	
		11.A.4		Revisión del estado del cableado del flujómetro y comprobar señales del FIT-163P7	Predictivo		Anual	Instrumentista	
12	12.A	12.A.1		Mantenimiento general y calibración de las válvula de control de presión PIC-163S2	Preventivo		Anual	Instrumentista-Externo	

TAREAS PROPUESTAS									
SISTEMA			BIODIESEL	SUBSISTEMA	SEPARACIÓN	TAG	VE-163S2	FECHA	10/03/2018
F	FF	MF	E	Tareas propuestas	Tipo	Mejoras	Frecuencia	Ejecución	
		12.A.2		Inspeccionar y comprobar señales y control de presión de PIC-163S2 probando el posicionamiento de la misma.	Predictivo		Trimestral	Instrumentista	
		12.A.3		Mantenimiento General y Calibración de transmisor de presión PT-163S2A	Preventivo		Anual	Instrumentista	
		12.A.4		Revisión del estado del cableado del transmisor de presión y comprobar señales del PT-163S2A	Predictivo		Anual	Instrumentista	

Fuente: El Auto

4. CONCLUSIONES

La hoja de vida del equipo ayuda a rastrear el funcionamiento y el contexto operacional de la máquina, generando la interacción hombre maquina la cual permite tanto la conservación como la inspección diaria de nuestros equipos y genera una base de datos solida del equipo, que a futuro se convierte en una gran herramienta de trazabilidad que permite determinar acciones preventivas o correctivas en el contexto del mantenimiento y de la operación de la máquina que se convierte en la disposición de la forma rápida de tomar decisiones.

Las piezas de repuesto, así como los elementos consumibles de un equipo toman su importancia en el momento de mantener el proceso de producción operando eficientemente, pero a su vez optimizar los niveles de inventarios y las cantidades almacenadas nos genera una eficiencia en nuestros procesos de mantenimiento y compras de repuestos, que se ven reflejadas en bajos inventarios de costos por almacenamiento de repuestos y baja inmovilización de capital en piezas almacenadas.

la colaboración significativa entre las áreas de la organización en la cuales el mantenimiento en algún momento necesita interacción con las mismas enfatiza la necesidad que en la organización el mantenimiento se vea como un todo y no como una área que se encarga de velar por la integridad de los equipos y de las instalaciones de la organización, apropiarse de políticas propias y un sistema lógico para los elementos desencadena una excelente planificación que se torna en una excelente gestión de repuestos.

Un buen beneficio de implementar la metodología RCM es el cambio de actitud del personal de la organización lo cual mejora considerablemente los indicadores de la

organización, contar con una administración participativa facilitara el enfoque y el énfasis en una relación más estrecha entre las personas y la organización evitando y haciendo más fácil la resistencia al cambio de las personas. Esto promueve dentro de la organización la mejora continua que facilita el resultado final de las metodologías implementadas dentro de una organización.

BIBLIOGRAFIA

ARIZA SARMIENTO, Hugo Rafael y DE LA ROSA MERCADO, Álvaro Fabio. Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R. C. M.) en una Planta Procesadora de Lácteos. Barranquilla, 2005, 142p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Mecánica

DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México: Limusa : Grupo Noriega, 2005. p 27-98.

ECODIESEL COLOMBIA S.A. (2014). Presentación Ecodiesel. Barrancabermeja: Ecodiesel Colombia SA.

ECODIESEL-MASA. (2010). GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD CONTRATO ECODIESEL. Barrancabermeja: MASA.

FEDEPALMA. (2007). Ecodiesel, la apuesta de los Biocombustibles. Barrancabermeja.

FERNÁNDEZ PÉREZ, Antonio José. OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO: Implantación de la metodología RCM en máximo. Madrid, España : Iberdrola, 2003. p 13-40.

GARCÍA PALENCIA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. 1 ed. Bucaramanga: Ediciones de la U, 2012. p. 89-120. ISBN: 9789587620511.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo: Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 175 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá. ICONTEC, 2002. 34 p. (NTC 1486)

MONTERROZA, Jorge y RODELO, Javier. Diseño del plan de mantenimiento de la empresa molinos del atlántico S.A. Barranquilla, 2003, 161p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Mecánica.

MOUBRAY, John. RCM II. Reliability – Centered – Maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press, 1997. 423p.

PLAZAS, J., & CUELLAR, M. (01 de abril de 2015). diplomado en fortalecimiento de los procesos de producción de biodiesel a partir de mecanismos de optimización, mejoramiento de calidad y estructuración de herramientas de gestión. Barrancabermeja, Santander, Colombia

SILVA ARDILA, P. E. (12 de septiembre de 2013). Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento. Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento. Bogotá DC., Cundinamarca, Colombia: ACIEM.

ANEXOS

Anexo A. Cantidades y resultado de criticidad a los repuestos centrífugos.

Ref.	DESCRIPCION BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATOS	Cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto*	criticidad
1.1	Bedplate	1		0010600500	deseable
1.2	cooling water stem	1		0010601614	deseable
1.3	bedplate flange	1		0011000502	deseable
1.4	spring lock washer	5		9907520001	deseable
1.5	spring lock washer	16	8	9907640026	esencial
1.6	nut	8	4	9902520001	esencial
1.7	foundation plate	1	1	0012100502	esencial
1.8	screw	8		9900020026	deseable
1.9	assembled brake	2	2	0021100014	esencial
1.10	sight glass gasket	1		0011100614	deseable
1.11	screw	8		9900050026	deseable
1.12	bedplate shield	4		0011900014	deseable
1.13	foot	4		0011800014	deseable
1.14	screw	12	4	9900040026	esencial
1.15	spring lock washer	12	4	9907530026	esencial
1.16	screw	13	4	9900290001	esencial
1.17	spacer	4		0011300014	deseable
1.18	check valve	1	1	9934150090	esencial
1.19	sight glass	1	1	0012600964	esencial
1.20	oil cap gasket	2		0011200974	deseable
1.21	spring lock washer	13	4	9907600001	esencial
1.22	sight glass gasket	1		0012500974	deseable
1.23	belleville spring	64		9929020030	deseable
1.24	oring for brake flange	1		1010600614	deseable
1.25	sight glass cap	1		0012420014	deseable
1.26	brake clamping stud bolt	3		1010400014	deseable
1.27	stud bolt	4		0013000001	deseable
1.28	blind nut	4		9902650001	deseable

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	cantidad	código	criticidad
1.	BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATOS	solicitada	mínima	repuesto*	
1.29	brake flange	1		1010000012	deseable
1.30	oring for basin	1		0190400634	deseable
1.32	shock absorber	4		0011600604	deseable
1.33	nitrogen hose retainer shock absorber locking	1		0190300014	deseable
1.34	washer	4		0011700014	deseable
1.35	bedplate flange carter	1		0021500013	deseable
1.36	screw	3		9900380001	deseable
1.37	seal	3		1010500914	deseable
1.38	motor connection flanges	1		0020900502	deseable

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	cantidad	código	criticidad
1.	BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATOS	solicitada	mínima	repuesto*	
1.39	throw	3		9933930090	deseable
1.40	sewer to the bedplate	1		0230300024	deseable
1.41	plain washer cooling water	4		9907560001	deseable
1.42	distributor	1		0230100113	deseable
1.43	blind nut	3		9902540001	deseable
1.44	stud bolt	4		0012000274	deseable
1.45	reducing nipple	2		9932920050	deseable
1.46	plain washer	3		9907710001	deseable
1.47	gauge	1		9936640092	deseable
1.48	handwheel gasket	2	1	0021300954	esencial
1.49	handwheel	2	1	0021400014	esencial
1.50	water filter	1	1	9932090090	esencial
1.51	electrovalve support	1	1	0240100014	esencial
1.52	Nipple	1		9932580026	deseable
1.53	Bend	1		9932080090	deseable
1.54	electrovalve	1	1	9937500094	esencial
1.55	pressure reducer	1	1	9936530090	esencial
1.56	throw	2	1	9934730050	esencial
1.57	step-down gear	1	1	9932570026	esencial
1.58	nipple	1	1	9933550090	esencial

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad	cantidad	código	criticidad
1.	BEDPLATEGROUP / GRUPO DE PLATOS	solicitada	mínima	repuesto*	
1.59	fitting	1	1	9933560090	esencial
1.60	oil cap	2		0012300014	deseable
1.61	oil cap	2		0012300014	deseable
	copper pipe for				
1.62	nitrogen	1		0190200014	deseable
1.63	screw	2		9900110001	deseable
1.64	nut	3		9902550001	deseable
1.65	plain washer	2		9907680001	deseable
1.66	nipple	1		9932450026	deseable
1.67	plain step-down gear	1		9933600026	Deseable
1.68	Quickfit	1		9934740050	Deseable

Ref.	DESCRIPCION	cantidad	cantidad	código	criticidad
2.	HORIZONTAL AXIAL GROUP	solicitada	mínima	repuesto	
2.1	screw	1	1	9900090026	esencial
2.2	spring lock washer	1	1	9907530026	esencial
2.3	brake bell washer	1	1	0020800264	esencial
2.4	brake bell	1	1	0020500503	esencial
2.5	sealing ring	1	1	9914550060	esencial
2.6	shaft snap ring	1	1	9926510026	esencial
2.7	bearing	1	1	9918540000	esencial
2.8	self-braking lock nut	1	1	9922510026	esencial
2.9	lock nut	1	1	9922540026	esencial
2.10	ring gear 60hz	1	1	0020101702	esencial
2.11	lug	1	1	0925510026	esencial
2.12	horizontal shaft	1	1	0020300313	esencial
2.13	lug	2	1	9925530026	esencial
2.14	lug	1	1	9925520026	esencial
2.15	screw	4	2	9900080026	esencial
2.16	spring lock washer	4	2	9907520001	esencial
2.17	bearing gripping flanges	1	1	0020700264	esencial
2.18	bearing	1	1	9918550000	esencial
2.19	washer	1	1	9925010026	esencial
2.20	lock nut	1	1	9922520026	esencial

Ref.	DESCRIPCION	cantidad	cantidad	código	criticidad
2.	HORIZONTAL AXIAL GROUP	solicitada	mínima	repuesto	
2.21	oring	1	1	0020600604	esencial
2.22	horizontal shaft flanges	1	1	0020401502	esencial
2.23	spring lock washer	4	2	9907640026	esencial
2.24	screw	4	2	9900020026	esencial
2.25	sealing ring	1	1	9914560060	esencial
2.26	machine side joint	1	1	0030301504	esencial
2.27	dowel	2	1	9900120026	esencial
2.28	joint springing part gl8	7	7	9931580060	esencial
2.29	motor side joint	1	0	0030401504	deseable

Ref.	DESCRIPCION	cantidad	Cantidad	código	Criticidad
3.	VERTICAL AXIAL GROUP	solicitada	mínima	repuesto	
3.1	spring	1	1	0012700304	Esencial
3.2	collar bearing washer	1	1	0040500274	Esencial
3.3	bearing	1	1	9918520000	Esencial
3.4	vertical shaft	1	1	0010100053	Esencial
3.5	pinion	1	1	0010501293	Esencial
3.6	lock nut	1	1	9922540026	Esencial
3.7	self-braking lock nut bearing upper	1	1	9922510026	Esencial
3.8	washer	1	1	0010200274	Esencial
3.9	bearing	1	1	9918530000	Esencial
3.10	bearing lower washer	1	1	0010300274	Esencial
3.11	bearing	2	1	9918510000	Esencial
3.12	bearing carrier box	1	1	0010400284	Esencial
3.13	seat thrust	1	1	0010700504	Esencial
3.14	belleville spring	16	4	9929010030	Esencial
3.15	guide pin	1	1	0010900284	Esencial
3.16	oring	1	1	9910610061	Esencial
3.17	end plate bush	1	1	0010800503	Esencial
3.18	spring lock washer	4	2	9907640026	Esencial
3.19	te m12x40 screw	4	2	9900050026	Esencial

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	Criticidad
4.	COLLAR GROUP				
4.1	collar ring	1		0040600283	Deseable
4.2	plunger	9		0040700284	Deseable
4.3	plunger clamping screw	9		0040800274	Deseable
4.4	collar spring	9	9	0040400324	Esencial
4.5	screw	3		9900100026	Deseable
4.6	screw	4		9900200001	Deseable
4.7	spring washer	4		9907520001	Deseable
4.8	dowel	1		9900560001	Deseable
4.9	spring lock washer	3		9907530026	Deseable
4.10	inner labyrinth	1		0170300013	Deseable
4.11	outer labyrinth	1		0170200013	Deseable
4.12	collar cover	1		0200100013	Deseable
4.13	oring	1		9911380061	Deseable
4.14	collar body	1		0040200503	Deseable
4.15	collar cap	1	9	0040100503	Esencial
4.16	collar body gasket	1	9	0040300884	Esencial
4.17	collar body gasket	1		0040300974	Deseable

Ref.	DESCRIPCION	cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	criticidad
5.	COVERINGS GROUP				
5.1	nut sealing ring	12		9902540001	deseable
5.2	stud bolt	12		0060300014	deseable
5.3	spacer	2		0070900014	deseable
5.4	covering	1		0610200012	deseable
5.5	screw	4		9900090026	deseable
5.6	gasket	1		0650100614	deseable
5.7	basing	1		0610300502	deseable
5.8	basin discharge gasket	1	1	0060500604	esencial
5.9	basin discharge	1	1	0140106014	esencial
5.10	basin discharge gasket	1	1	0060500974	esencial
5.11	screw	4	4	9900200001	esencial
5.12	nut	4	4	9902550026	esencial

Ref.	DESCRIPCION	cantidad solicitada	Cantidad mínima	Código repuesto*	criticidad
6.	BOWL GROUP				
6.1	bowl cap nut	1		0050700253	deseable
6.2	oring	2	2	9910580061	vital
6.3	adjustment ring	1		0300400024	deseable
6.4	interposed cap	1		0220200023	deseable
6.5	bowl cap	1		0050200063	deseable
6.6	cap seal	1	1	0051000614	vital
6.7	big nut	1		0050400253	deseable
6.8	oring	1	1	9910600061	vital
6.9	dividing cone	1		0300300024	deseable
6.10	truncated cone disk	155	5	0300200024	esencial
6.11	distributor column	1		0300100023	deseable
6.12	key	1		0300107024	deseable
6.13	screw	3		9900580001	deseable
6.14	stop nut	1		0050900024	deseable
6.15	threaded pin	1		0300600024	deseable
6.16	oring	1	1	9911390061	vital
6.17	dowel pin	1		0050102024	deseable
6.18	collection chamber	1		0300500024	deseable
6.19	bowl bottom	1		0050100062	deseable

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	criticidad
7.	OUTLETS GROUP				
7.1	gasket	1	1	9914580095	Esencial
7.2	lock nut	1	1	0850200023	Esencial
7.3	oring	1	1	9910540061	Vital
7.4	upper outlets body	1		0110200023	Deseable
7.5	lower outlets body	1		0110100023	Deseable
7.6	pulley	2		9932030001	Deseable
7.7	fitting	2	1	9932020002	esencial
7.8	gasket	4	4	9914530061	vital
7.9	sight glass	2	1	9932960001	esencial
7.10	control valve	2	2	9938730094	esencial
7.11	gasket	2	1	9914510061	vital
7.12	gauge	2	2	9937510094	esencial
7.13	oring	2	2	9910520061	vital
7.14	bearing flange	1	1	0071010023	esencial

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	criticidad
7.	OUTLETS GROUP				
7.15	oring	1	1	9911210063	esencial
7.16	oring heavy phase paring	2	2	9910530061	vital
7.17	disc	1		0310000003	deseable
7.18	oring	1	1	9910550061	vital
7.19	oring light phase paring	1	1	9910510061	vital
7.20	disc light phase paring	1		0070300023	deseable
7.20a	disc plate light phase paring	1		0070301023	deseable
7.20b	disc	1		0070302033	deseable
7.20c	screw	2		9900850001	deseable
7.20d	screw pierce	1		0070306014	deseable

Ref.	DESCRIPCION	Cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	criticidad
8.	HYDRAULIC SEAL GROUP				
8.1	screw	4		9900860001	deseable
8.2	washer	8		9907740001	deseable
8.3	flange	1		9938900001	deseable
8.4	gasket exhaust discharge	2		9937520094	deseable
8.5	valve	1		9934920094	deseable
8.6	basin discharge	1		1160100012	deseable
8.7	nut	4		9902670001	deseable
8.8	rapid fitting	2		9934730050	deseable
8.9	nut	20		9902550001	deseable
8.10	spring washer	20		9907520001	deseable
8.11	washer	40		9907680001	deseable
8.12	gasket	5		0060500974	deseable
8.13	connection curve	2		0690300014	deseable
8.14	screw	21		9900110001	deseable
8.15	hydraulic seal cover hydraulic seal body	1		0690200012	deseable
8.16	gasket	1		1110400012	deseable

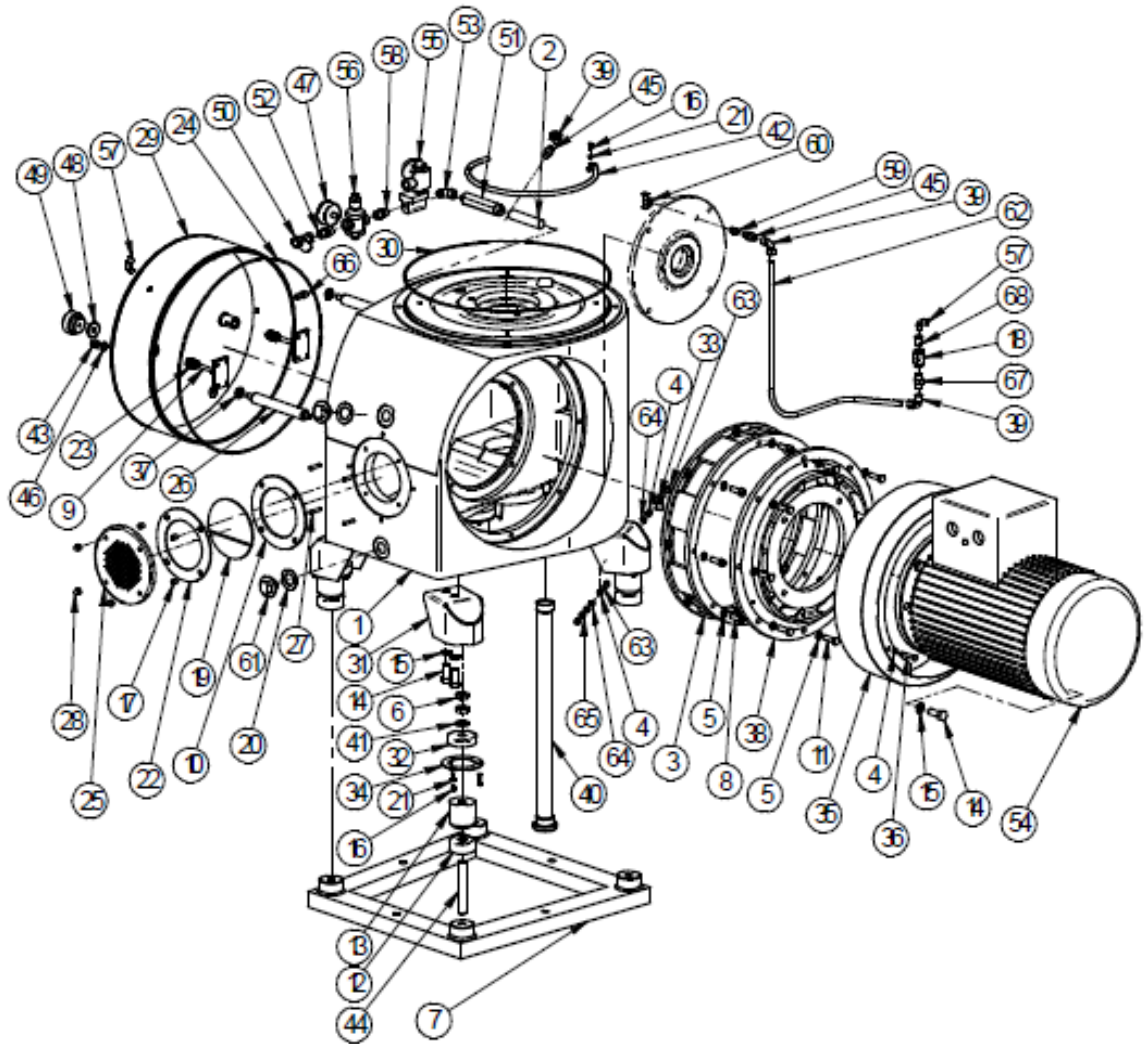
Ref.	DESCRIPCION	Cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	criticidad
8.	HYDRAULIC SEAL GROUP				
8.17	valve	1		9934350001	deseable
8.18	hydraulic seal body	1		0690100012	deseable
8.19	flange	1		0140104014	deseable
8.20	cap	2		9934160090	deseable
8.21	flexible pipe	1		0140105014	deseable
8.22	drainage curve	1		0190600014	deseable
8.23	nipple	1		9933040026	deseable
8.24	flexible pipe	1		9933980001	deseable

Ref.	DESCRIPCION	cantidad solicitada	cantidad mínima	código repuesto	criticidad
9.	CUADRO DE INERTIZACION				
9.1	Rack	1	1	R001	esencial
9.2	filtro linea de oxigeno	1	1	X001	esencial
9.3	lavador de gases	1	1	X002	esencial
9.4	Eyector	1	1	EJD1	esencial
9.5	filtro linea de presion	1	1	X003	esencial
9.6	válvula de retención de aire del eyector	1	1	YV102A	esencial
9.7	agua fría válvula de cierre	1	1	YV102B	esencial
9.8	reductor de presión N2 on/off válvula de línea principal	1	1	PCV02	esencial
9.9	reducción descarga de presión de N2	1	1	YV101	esencial
9.10	indicador de flujo de nitrógeno	1	1	PCV03	esencial
9.11	nitrógeno válvula de alivio	1	1	FI01	esencial
9.12	regulador de presión de aire	1	1	YV103A	esencial
9.13	válvula ADJ reducción flujo de aire/regulador aspiración	1	1	PCV03	esencial
9.14	reducción auto regulado de agua	1	1	YV102B	esencial
9.15		1	1	FCV100	esencial
9.16		1	1	FCV01	esencial

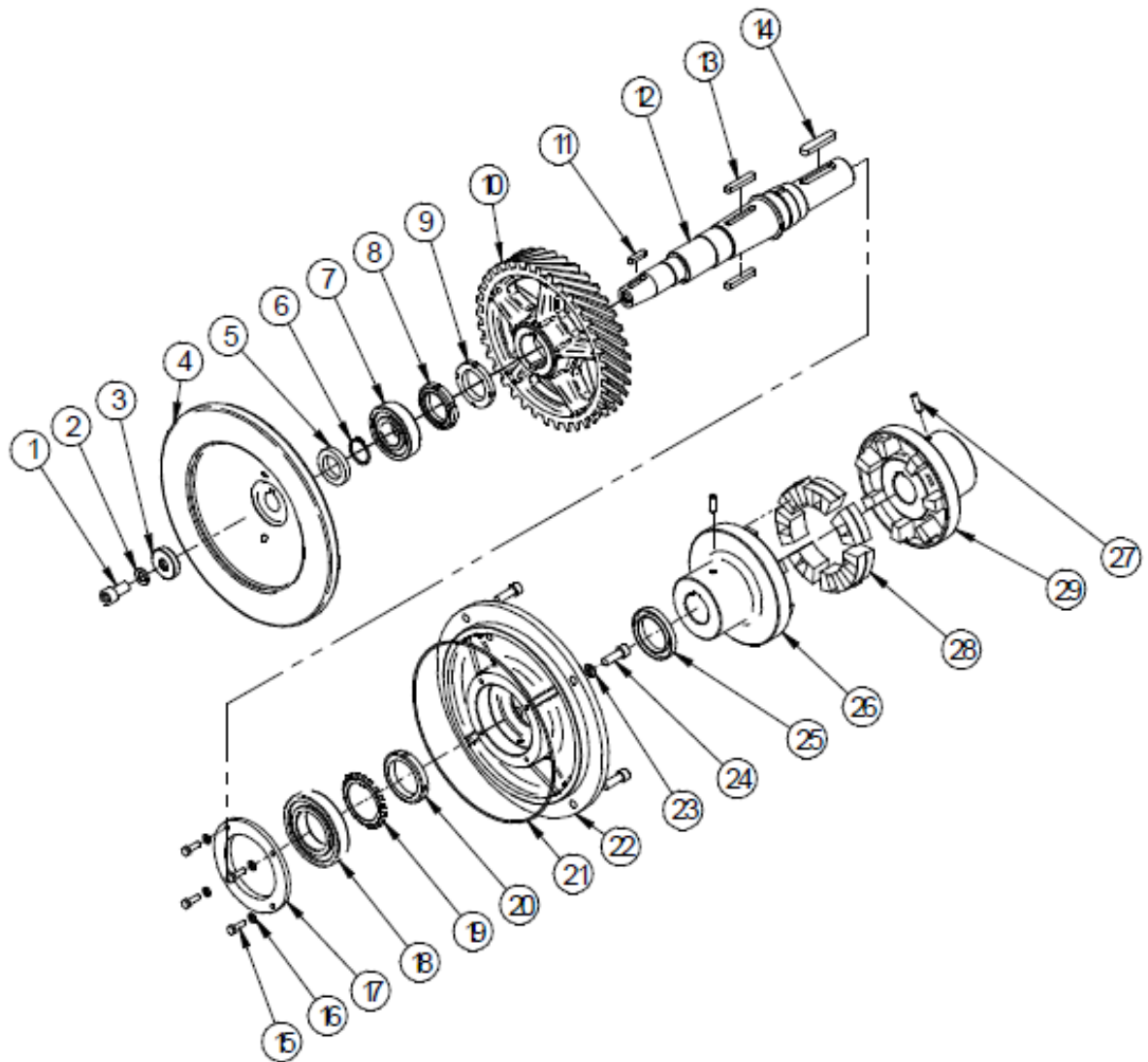
Anexo B. Análisis de criticidad centrifuga 163S2-1

FACTOR DE FRECUENCIA DE FALLOS (FF)		PUNTAJE	
Frecuente	mas de 25 eventos al año	5	
probable	entre 10 y 24 eventos al año	4	
posible	entre 5 y 9 eventos al año	3	
imposible	entre 1 y 4 eventos al año	2	
sumamente imposible	menos de 1 evento en el año	1	
resultado parcial		3	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (SHA)		PUNTAJE	
Alto riesgo de vida del personal,graves danos a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrofico),derrames y fugas que exceden los limites permitidos		5	
Riesgo de vida del personal o danos menores a la salud del personal y/o incidente ambiental menor,derrames faciles de contener y fugas repetitivas		3	
No existe ningun riesgo de salud ni de danos ambientales		1	
resultado parcial		5	
IMPACTO EN LA CALIDAD (IC)		PUNTAJE	
la falla genera el paro de la planta y el reproceso del producto terminado		5	
la falla no genera parada de planta pero si reproceso y mas materia prima en arreglar la calidad del producto		3	
la falla es reversible pero afecta el volumen de produccion diario		1	
resultado parcial		5	
IMPACTO EN LA PRODUCCION (IP)		PUNTAJE	
Perdidas de produccion superiores al 75% no hay unidades de reserva		5	
perdida de produccion entre 50% y 41 74% unidades de reserva parcial		4	
perdida de produccion entre 25% y 49%		3	
perdida de produccion entre el 10% y el 24%		2	
perdida de produccion menor al 10%		1	
resultado parcial		5	
IMPACTO POR BAJA MANTENIBILIDAD (BM)		PUNTAJE	
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la produccion,tiempos de reparacion y logistica muy grandes		5	
se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir la forma parcial el impacto de produccion, tiempos de reparacion y logistica intermedios		3	
se cuentan con unidades de reserva en línea,tiempos de reparacion y logistico pequeños		1	
resultado parcial		3	
IMPACTO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)		PUNTAJE	
Daño irreversibles al sistema, costos de reparacion, incluyendo materiales y HH supera en un 75% el valor del equipo		5	
Costos de reposicion incluyendo materiales y HH se ubican entre un 50% y el 74% del valor del equipo		4	
Costos de reposicion incluyendo materiales y HH se ubican entre un 25% y el 49% del valor del equipo		3	
costos de reparacion incluyendo materiales y HH se ubican entre un 10% y el 24% del valor del equipo		2	
costos de reparacion incluyendo materiales y HH se ubican por debajo del 10% del valor del equipo		1	
resultado parcial		3	
criticidad total= Frecuencia de fallas x Consecuencia			
consecuencia= (Impacto Seguridad y Medio Ambiente (SHA)x 0,2 +Impacto en la produccion (IC) x (0,2)+ Impacto en Produccion (IP) x (0,2)+ Impacto por baja mantenibilidad (BM)x (0,2) + Impacto en Costos de Mantenimiento (CM) x (0,2)+ Impacto Calidad (1)x(0,2))			
PONDERACION CRITICIDAD	Baja criticidad	B	1 a 5
	Media Criticidad	M	6 a 10
	Alta Criticidad	A	11 a 15
	Muy alta Criticidad	MA	16 a 20
RESULTADO		MA	17

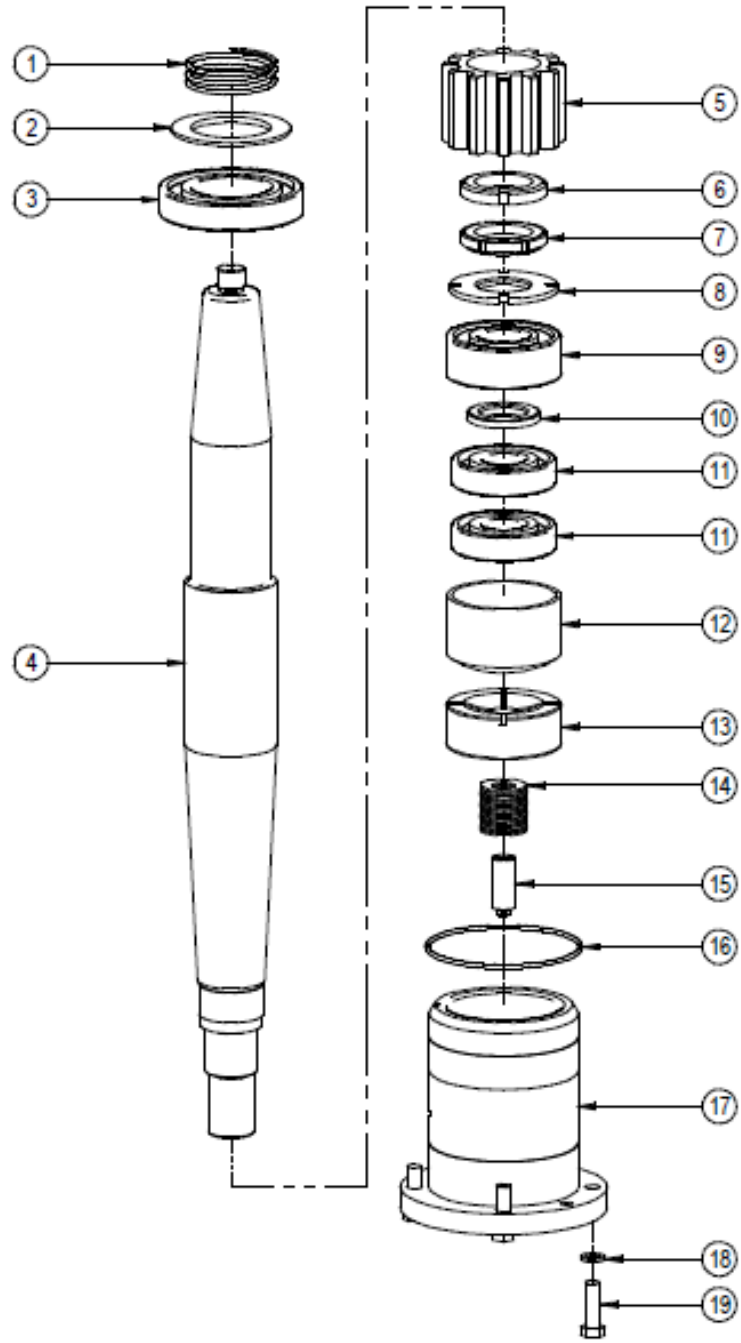
Anexo C. Despiece bedplate group.



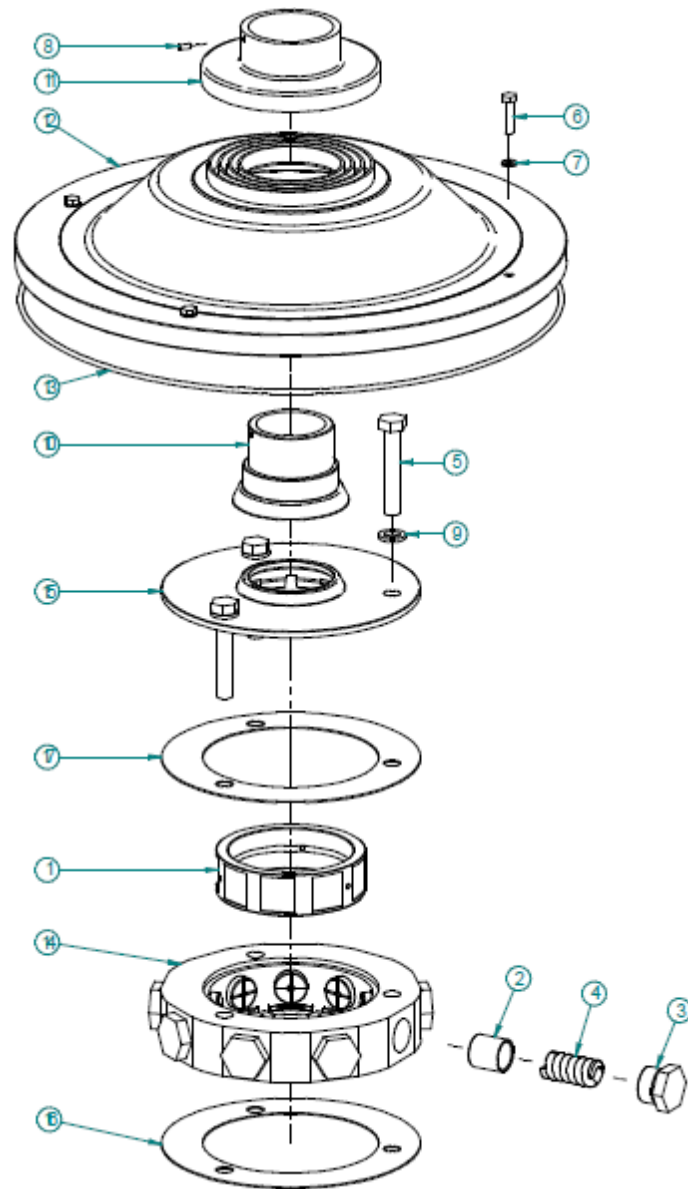
Anexo D. Despiece Horizontal axis group



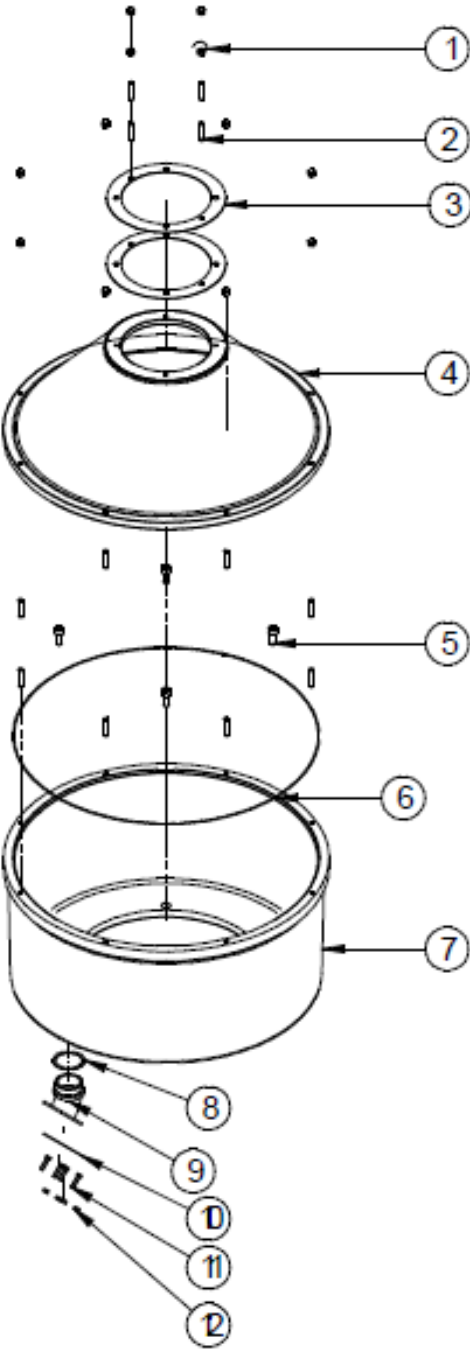
Anexo E. Despiece vertical axis group.



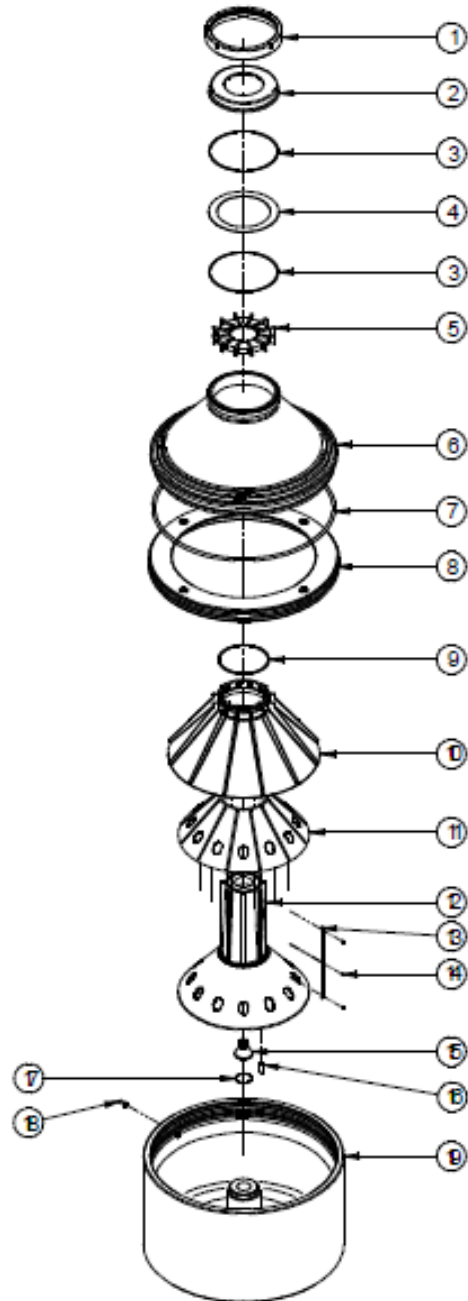
Anexo F. Despiece collar group.



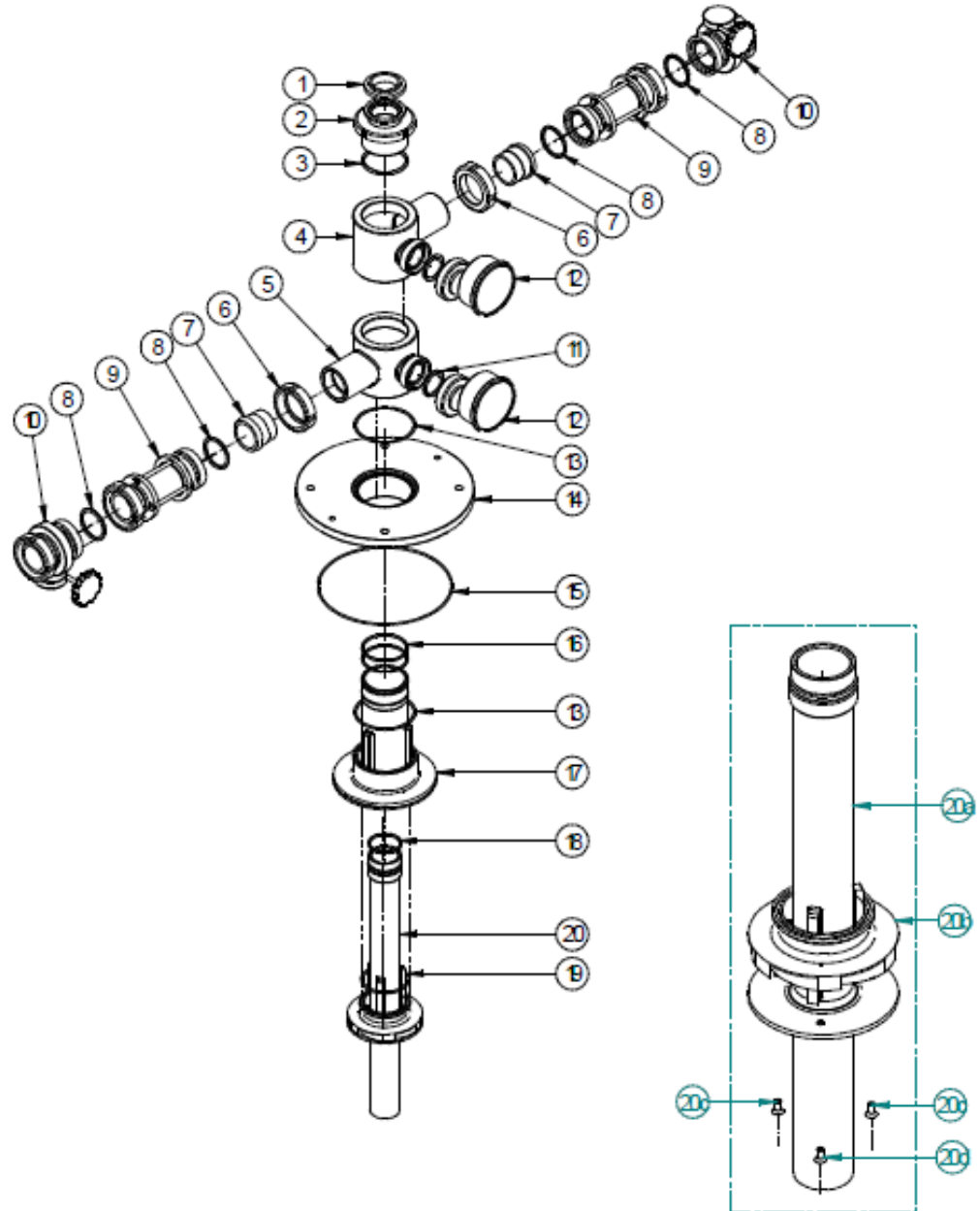
Anexo G. Despiece coverings group.



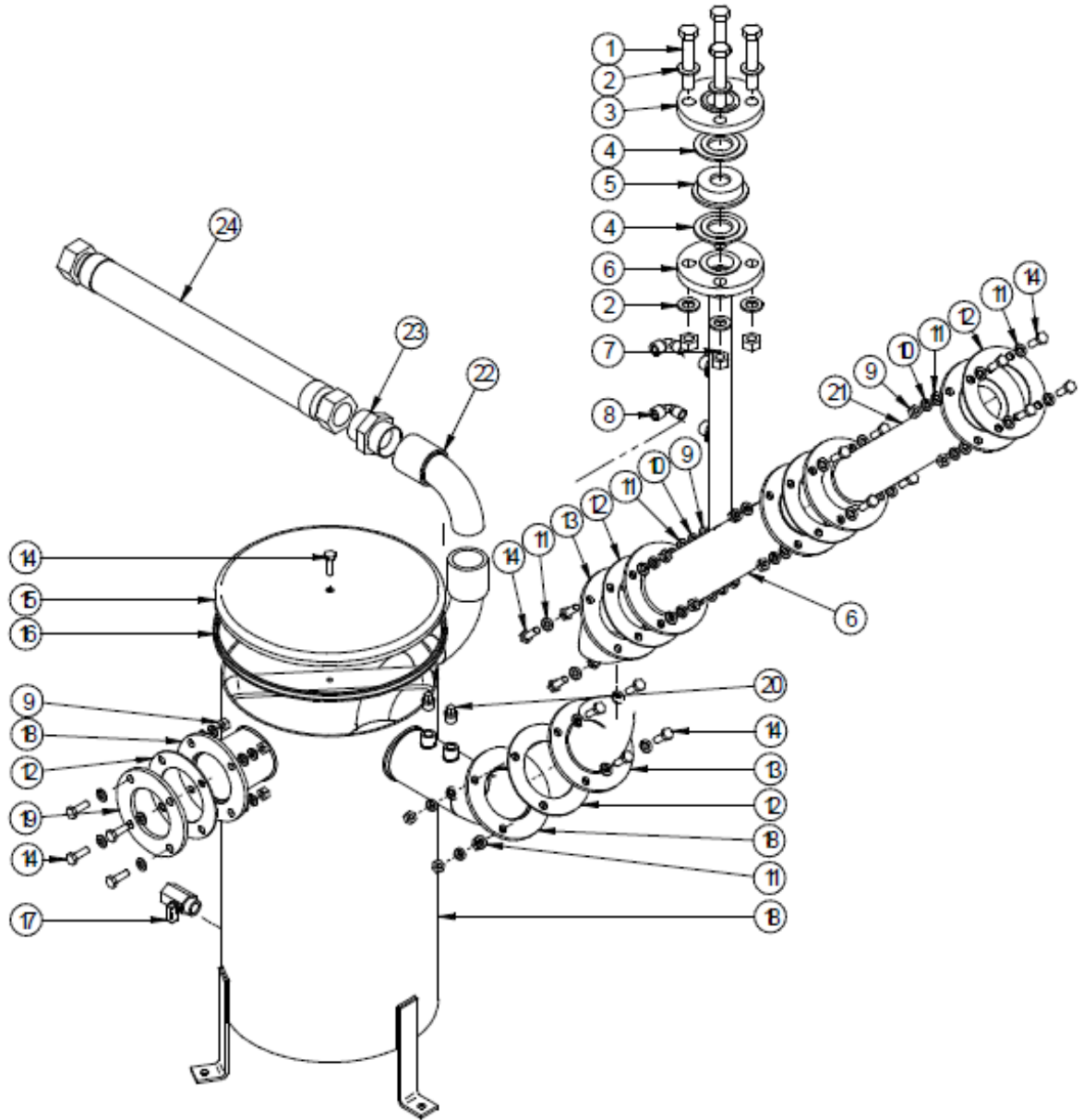
Anexo H. Despiece bowl group.



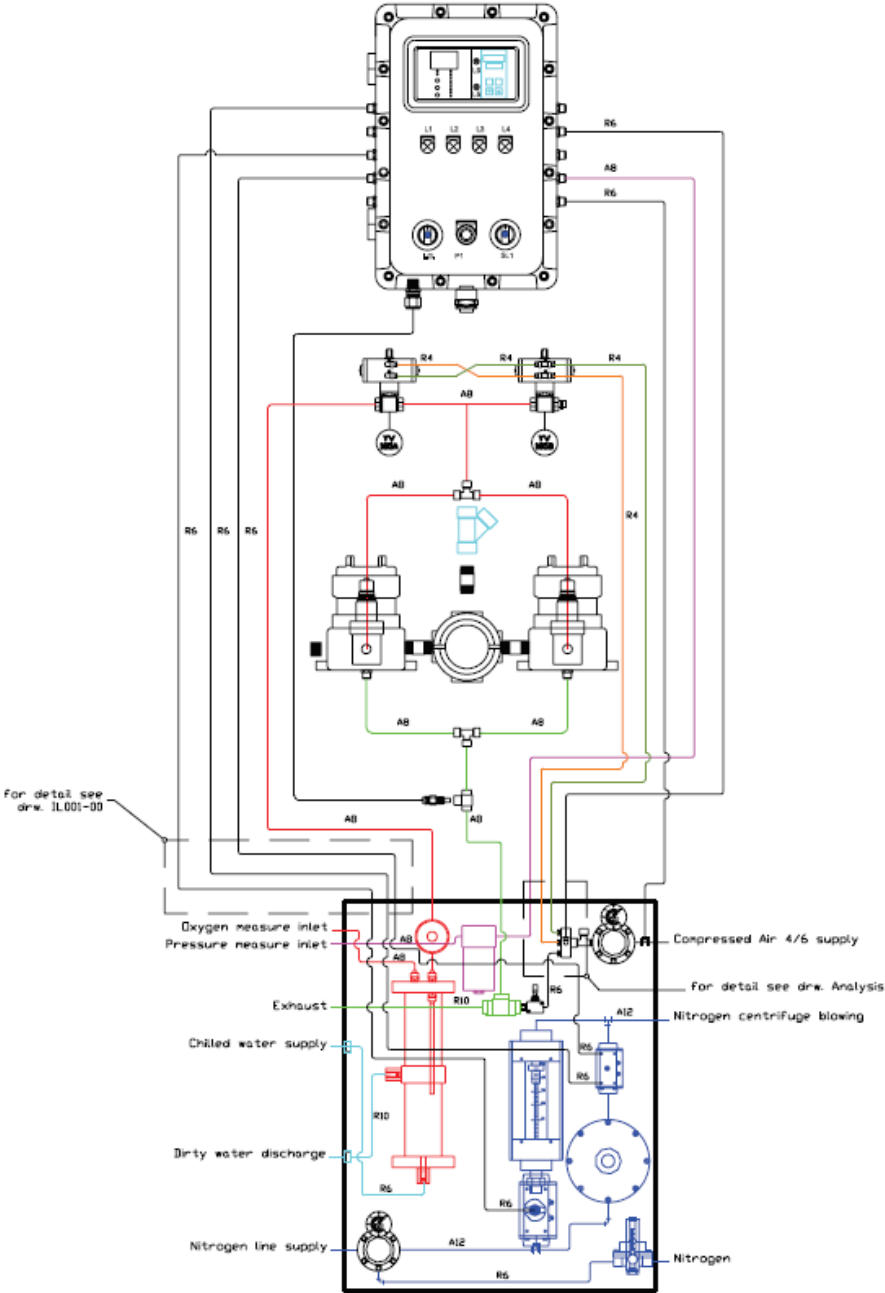
Anexo I. Despiece outlets group.



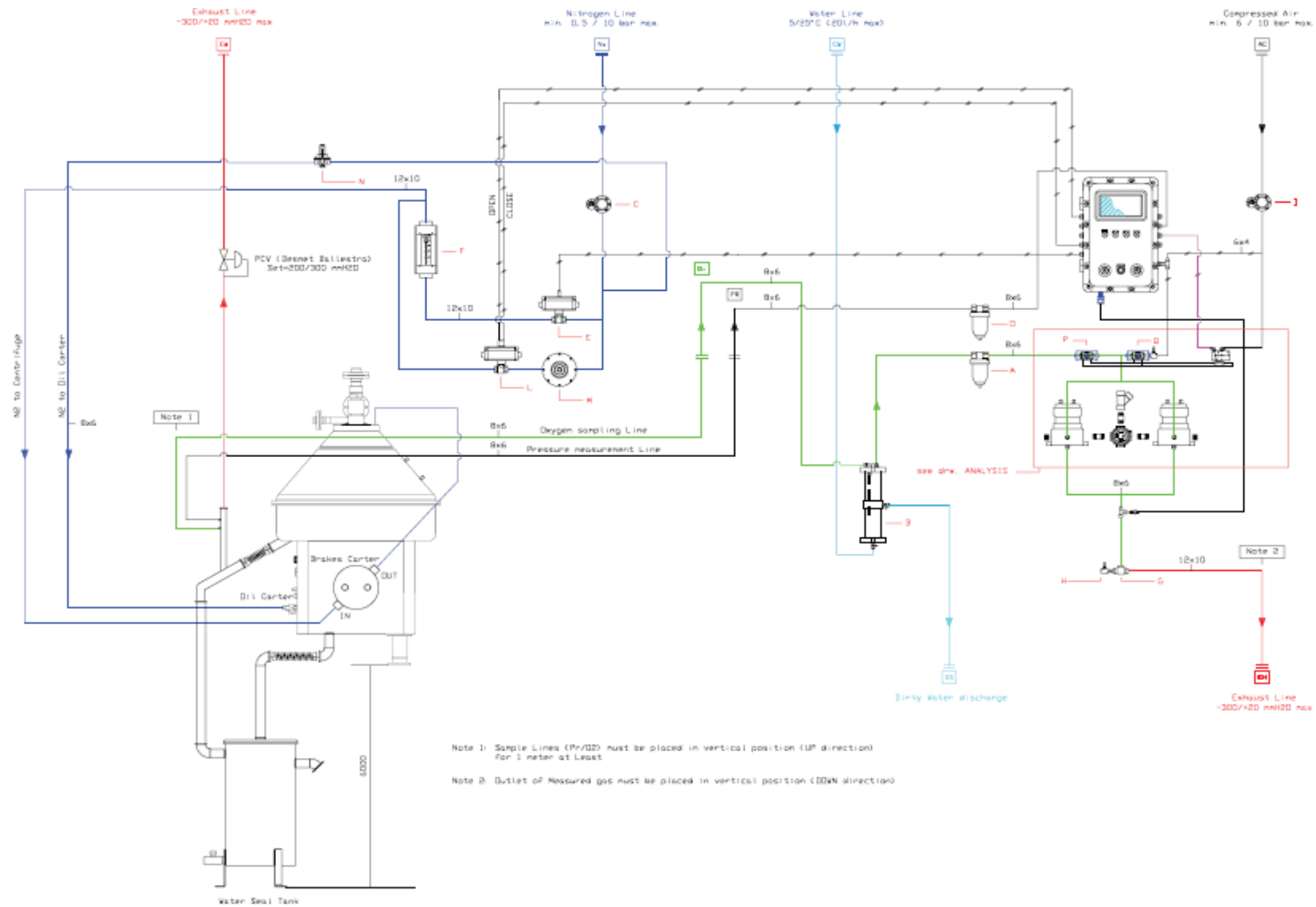
Anexo J. Despiece hydraulic seal group.



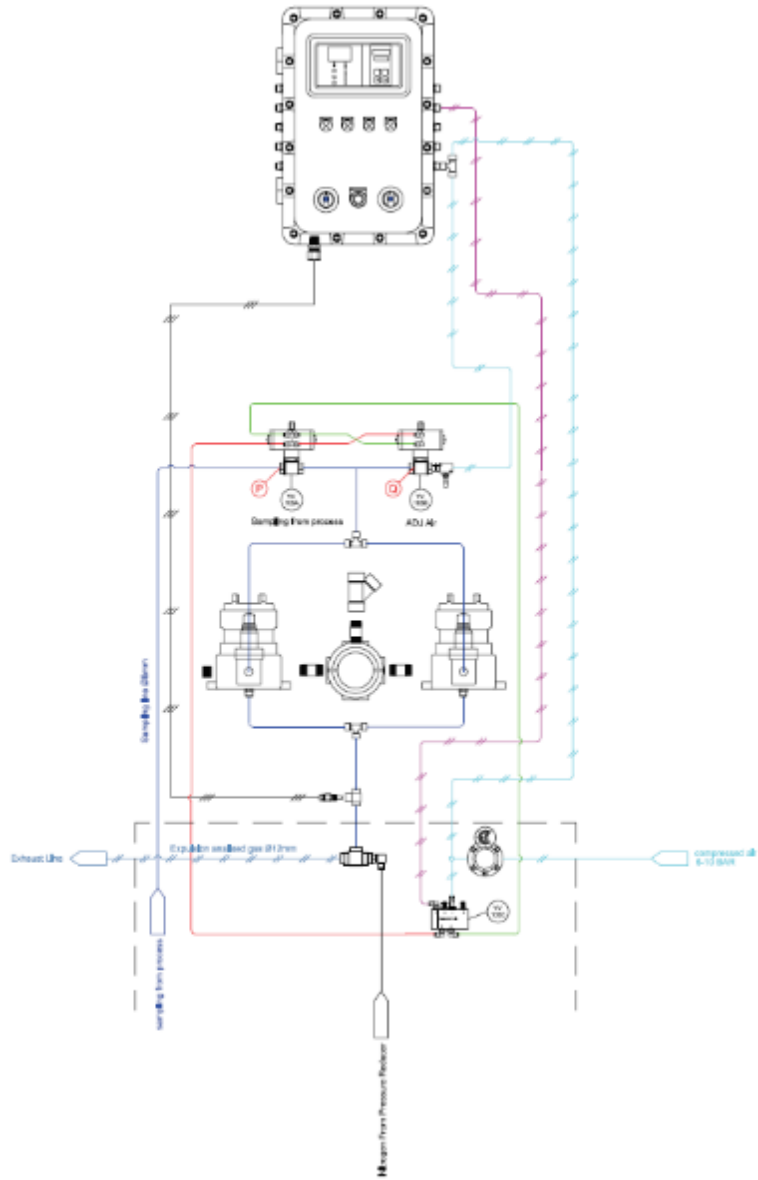
Anexo K. Cuadro de inertización



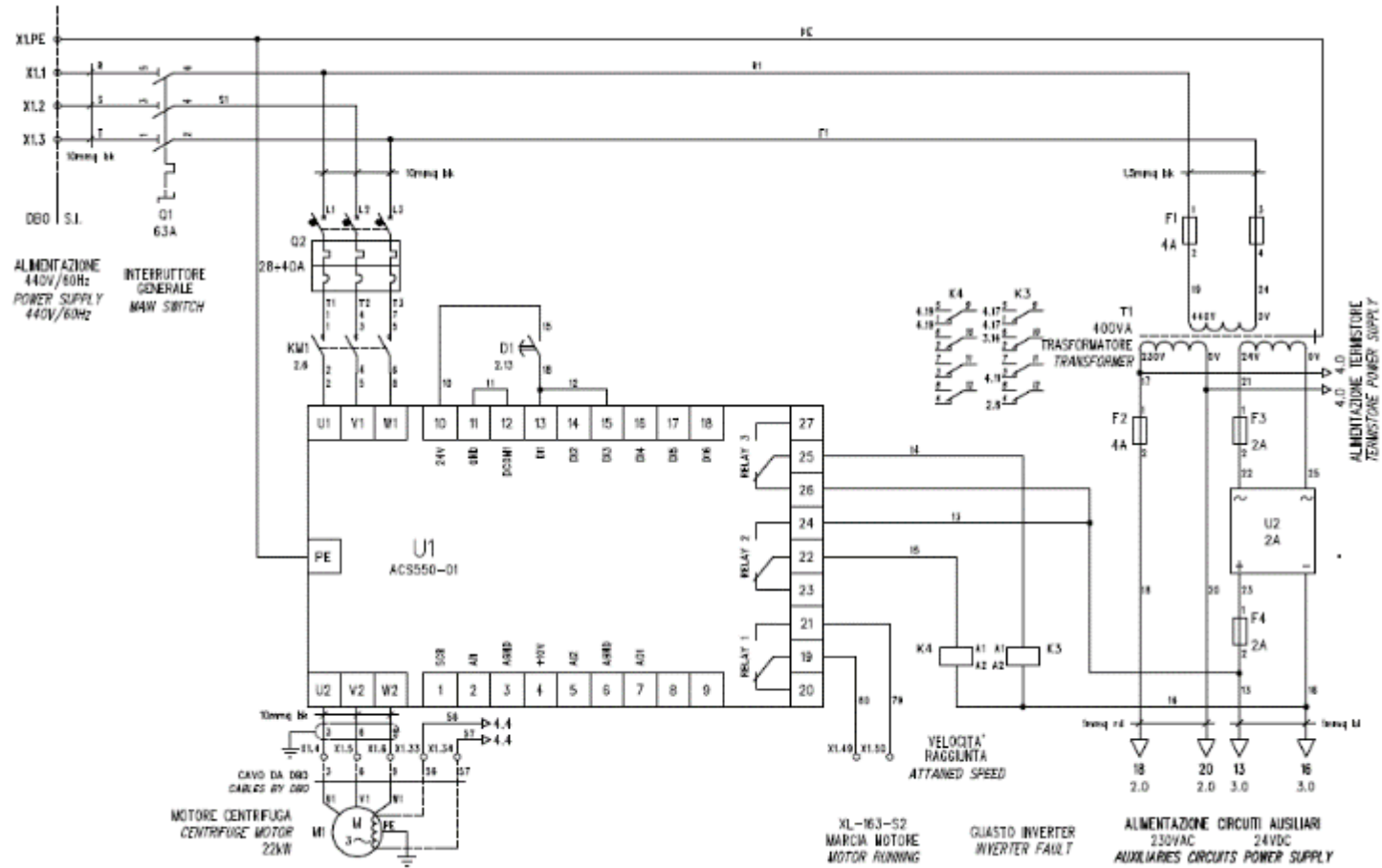
Anexo L Conexión neumática centrífuga y cuadro de inertización

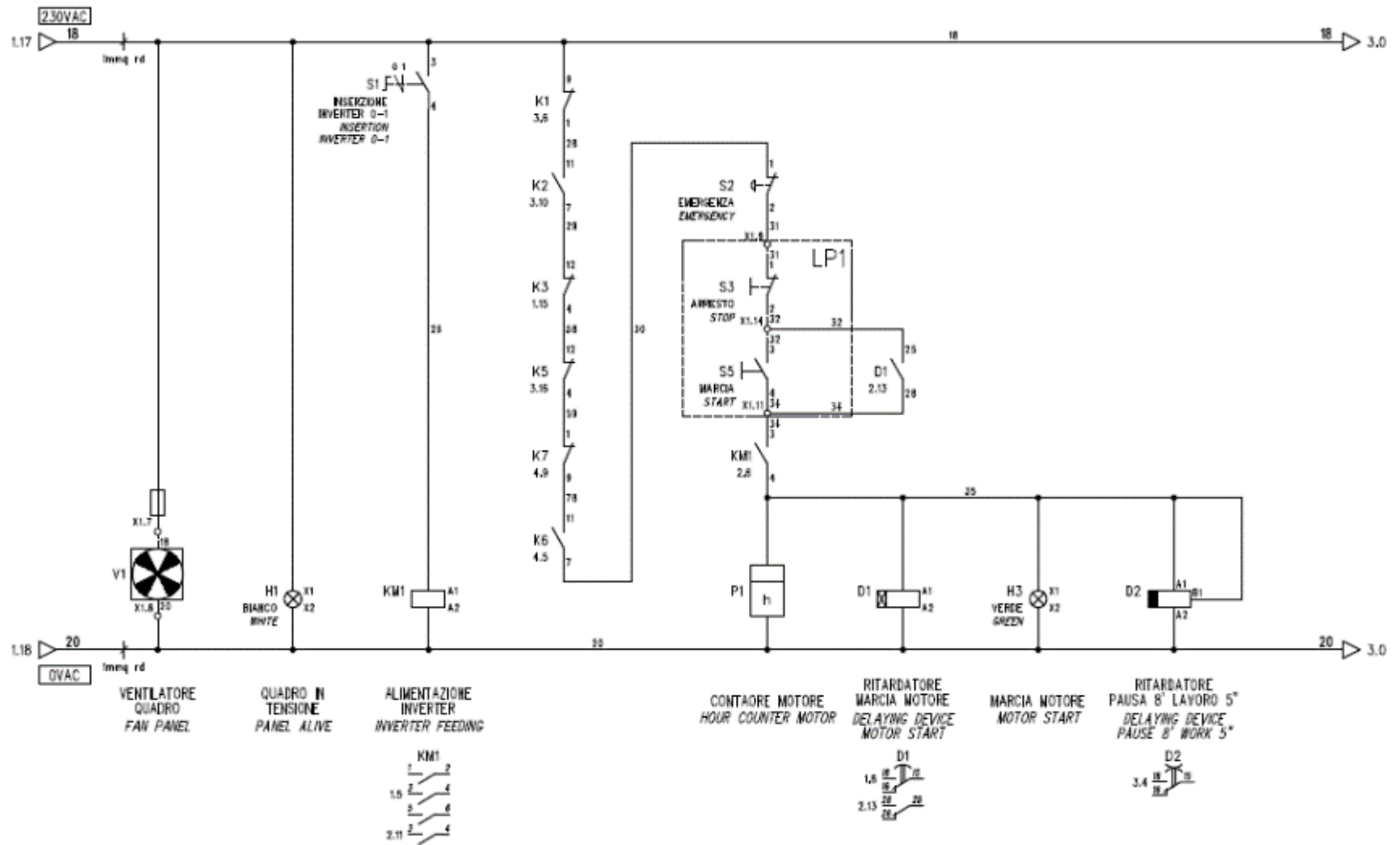


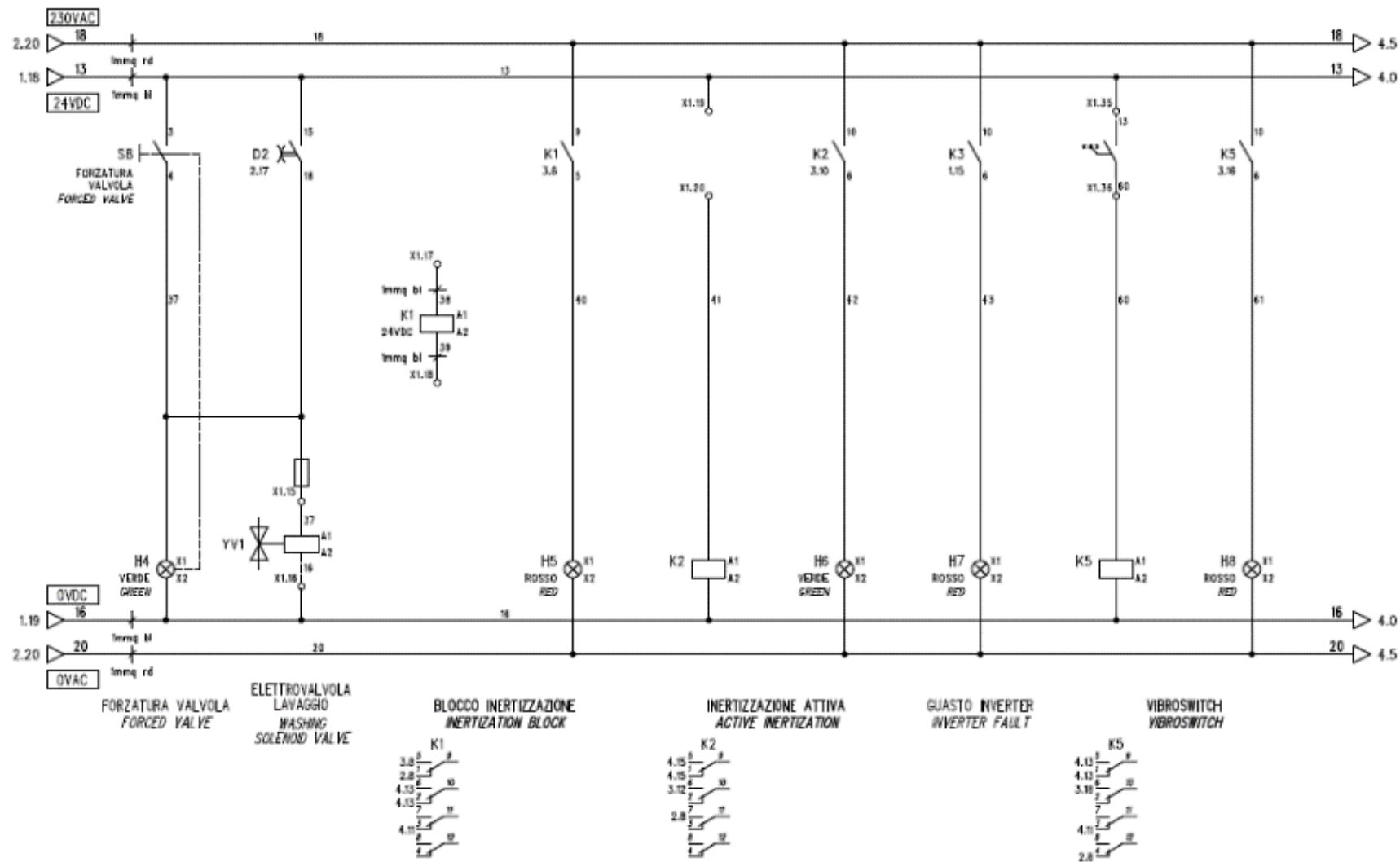
Anexo M. Cuadro de inertización y analizadores de gases



Anexo N. Cuadro eléctrico del variado del equipo centrifugo.

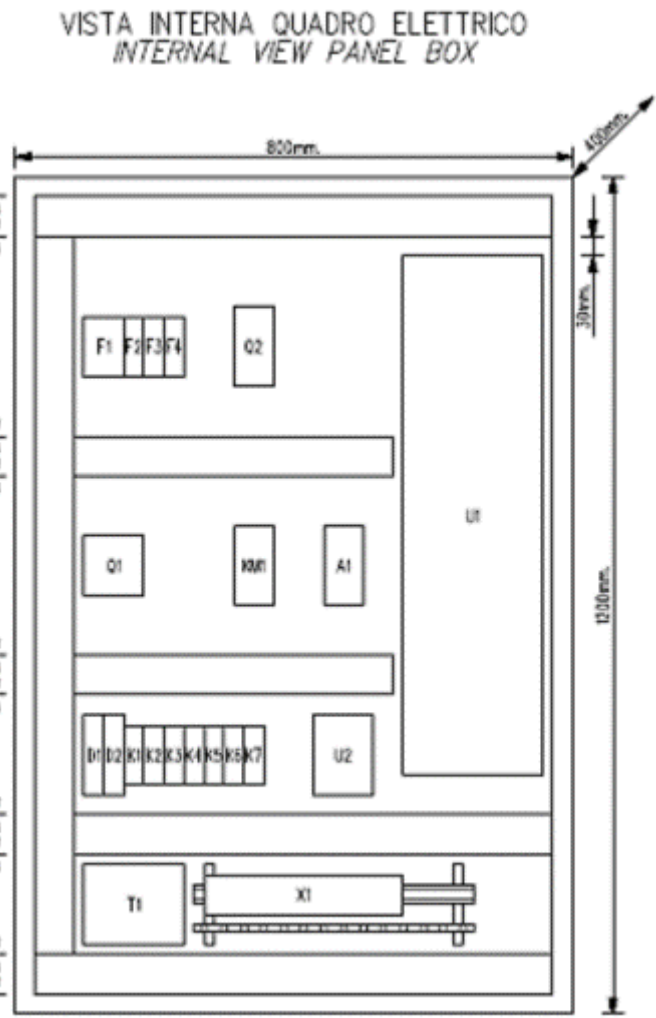
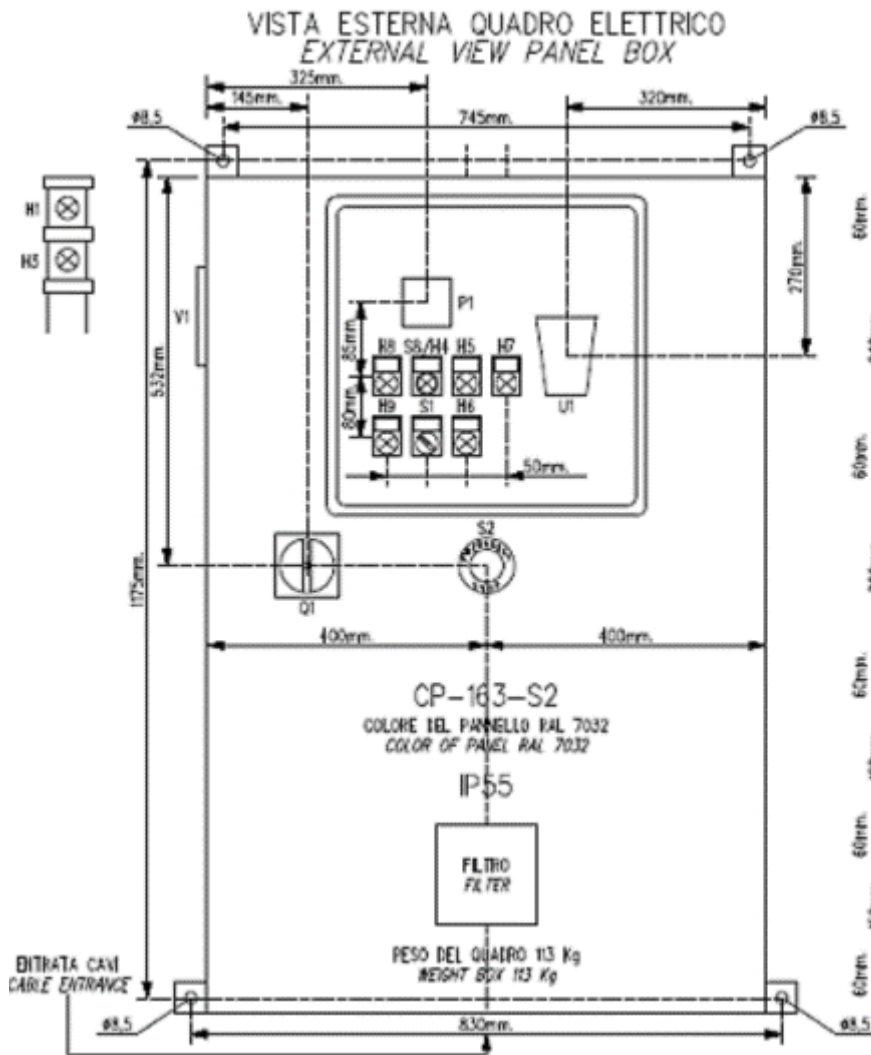




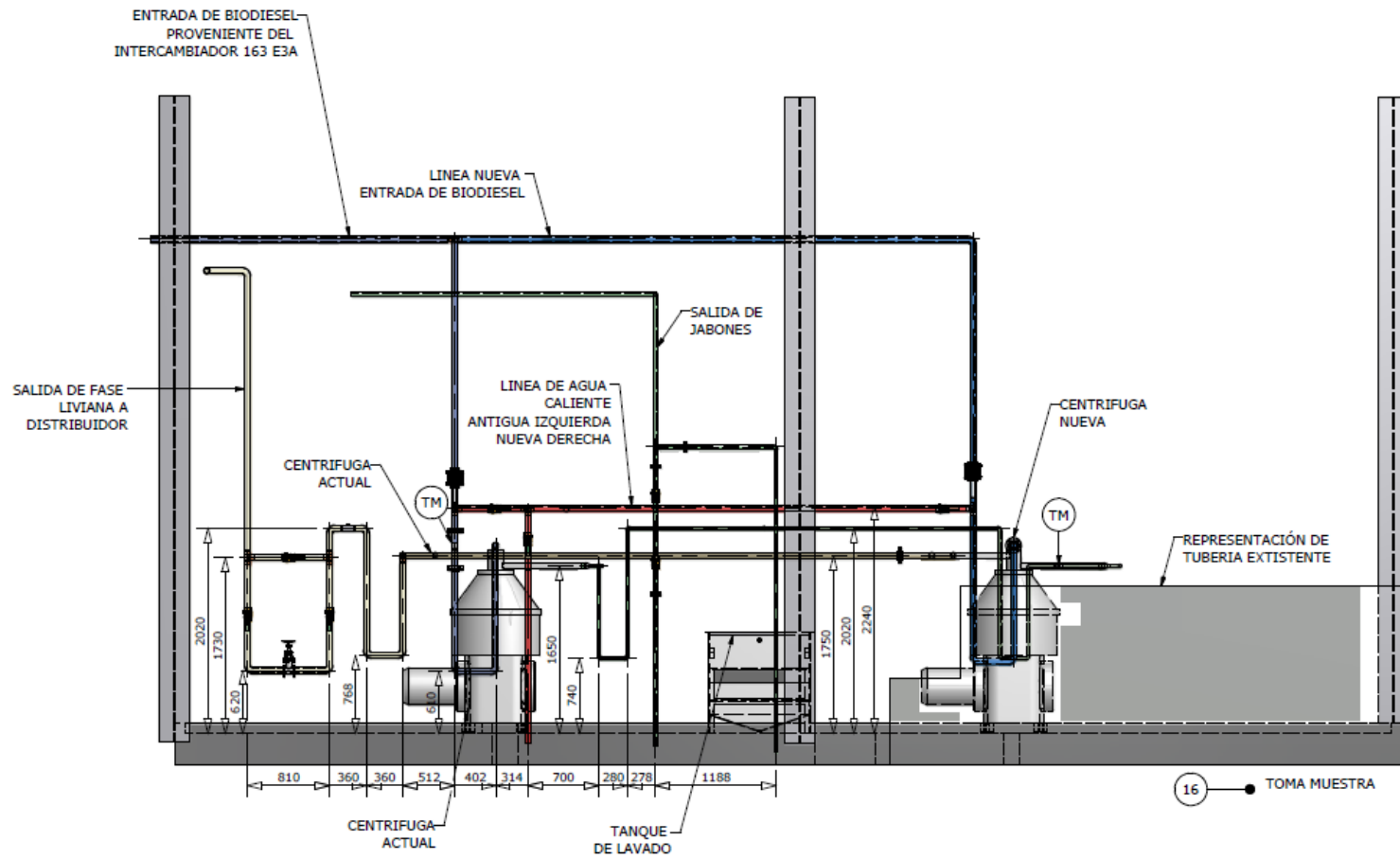


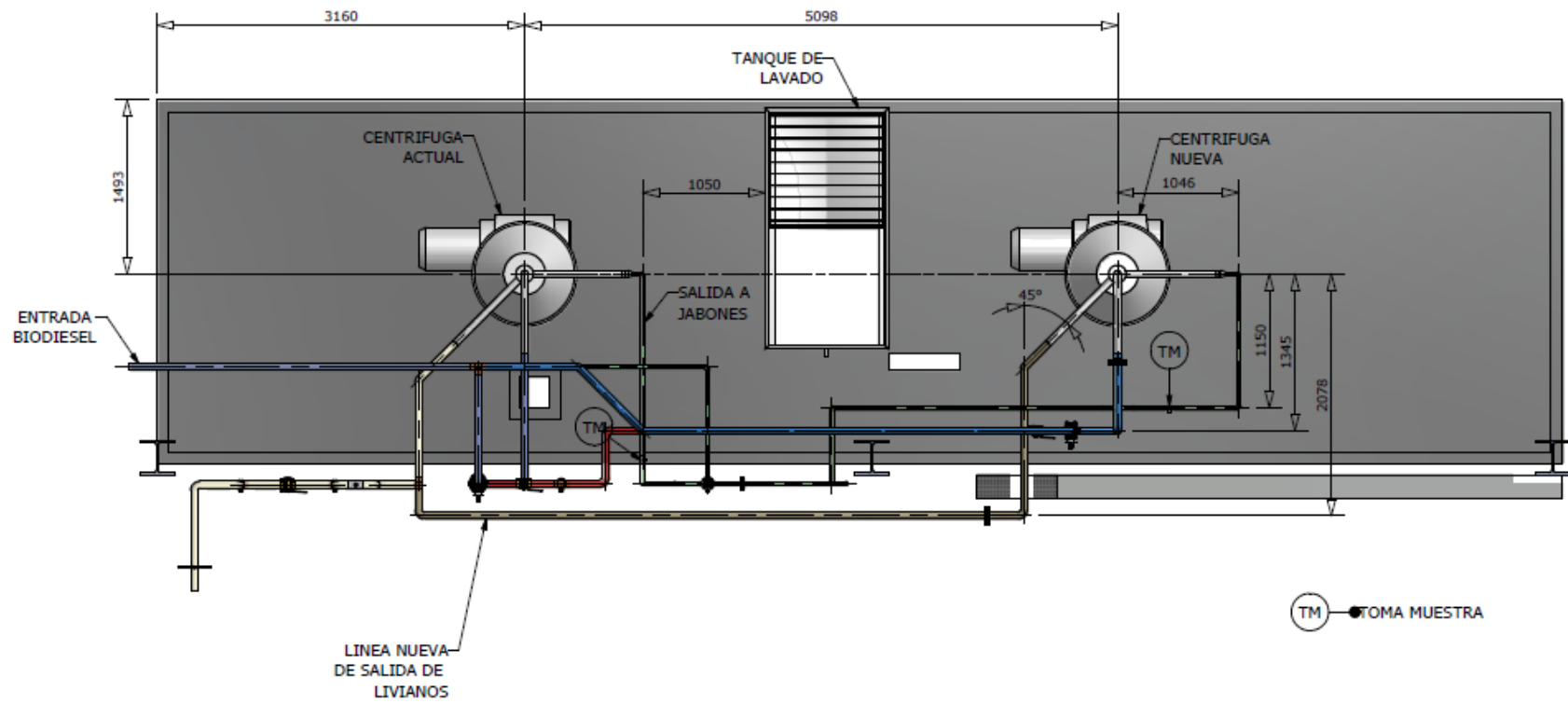
X1

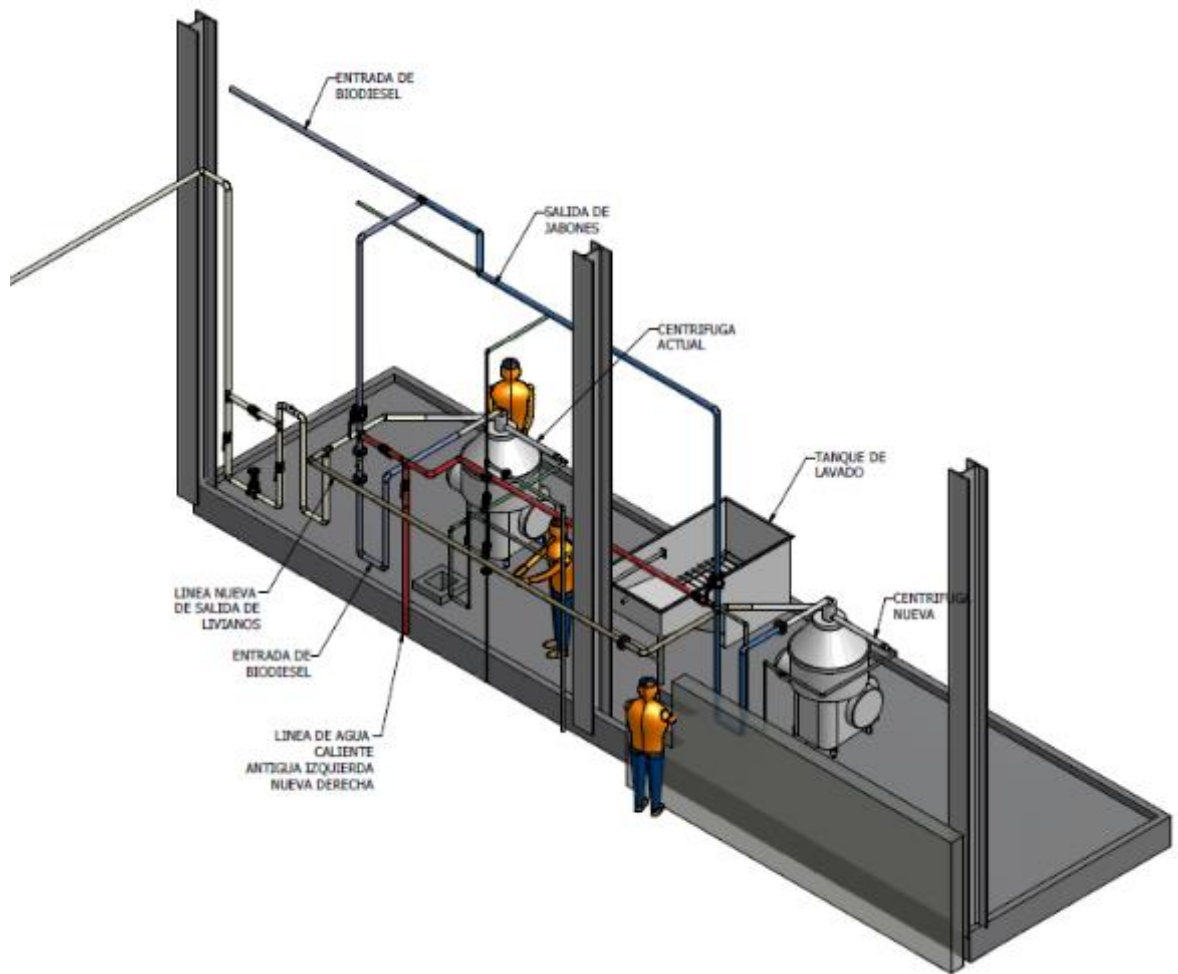
POWER SUPPLY 440V/60Hz	UI	PE	PE	1.1
POWER SUPPLY 440V/60Hz	Q1	1	R	1.1
POWER SUPPLY 440V/60Hz	Q1	2	S	1.1
POWER SUPPLY 440V/60Hz	Q1	3	T	1.1
CENTRIFUGE MOTOR	M1	4	J	1.5
CENTRIFUGE MOTOR	M1	5	6	1.5
CENTRIFUGE MOTOR	M1	6	9	1.6
FAN PANEL	V1	7	18	2.2
FAN PANEL	V1	8	20	2.2
STOP	S3	9	31	2.11
SPARE		10		
START	S5	11	34	2.11
SPARE		12		
SPARE		13		
STOP	S3	14	32	2.11
WASHING SOLENOID VALVE	YV1	15	37	3.4
WASHING SOLENOID VALVE	YV1	16	16	3.4
INERTIZATION BLOCK	K1	17	38	3.6
INERTIZATION BLOCK	K1	18	39	3.6
ACTIVE INERTIZATION	K2	19	13	3.10
ACTIVE INERTIZATION	K1	21	41	3.10
INERTIZATION BLOCK	K1	22	44	4.14
INERTIZATION BLOCK	K1	23	45	4.14
INERTIZATION BLOCK	K2	24	46	4.14
ACTIVE INERTIZATION	K2	25	47	4.16
ACTIVE INERTIZATION	K2	26	48	4.16
ACTIVE INERTIZATION	K2	27	49	4.16
INVERTER FAULT (AVAILABLE NOT USED)	K3	28	50	4.18
ATTAINED SPEED	K3	29	51	4.18
ATTAINED SPEED	K3	30	52	4.18
ATTAINED SPEED	K4	31	53	4.20
HIGH TEMPERATURE MOTOR (PTC)	K4	32	54	4.20
VIBROSWITCH	A1-10	33	55	4.20
VIBROSWITCH	A1-11	34	56	1.6
VIBROSWITCH		35	57	1.7
VIBROSWITCH		36	13	3.16
EMERGENCY STOP FROM CCS DBO	K5	37	60	3.16
CUMULATIVE ALARMS	K7	38	65	4.9
CUMULATIVE ALARMS	K7	39	66	4.9
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K1	40	67	4.11
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K6	41	71	4.11
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K5	42	72	4.14
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K5	43	73	4.14
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K5	44	74	4.14
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K6	45	75	4.16
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K6	46	76	4.16
VIBROSWITCH (AVAILABLE NOT USED)	K6	47	77	4.16
INERTIZATION ELECTRIC PANEL POWER SUPPLY		48	18	4.8
MOTOR RUNNING		49	20	4.8
MOTOR RUNNING	U1-19	50	80	1.13
PILOT LIGHT POWER SUPPLY	U1-21	51	79	1.13
PILOT LIGHT POWER SUPPLY		52	18	4.10
PILOT LIGHT POWER SUPPLY			20	4.10



Anexo O. instalación equipos centrífugos.







Anexo P. procedimiento mantenimiento quincenal del separador centrifugo



1.OBJETO

Este procedimiento tiene por objeto mostrar las instrucciones, recursos materiales y herramientas requeridas para realizar de forma segura el mantenimiento quincenal del separador centrífugo. En Barrancabermeja en las instalaciones de ECODIESEL COLOMBIA SA.

ALCANCE

Este procedimiento aplica para los separadores centrífugos realizando el mantenimiento y las siguientes actividades.

- Realizar la permisología, Permiso general, Análisis de riesgo, Bloqueo y etiquetado, Certificado de apoyo requeridos para el trabajo seguro.
- Aplicar bloqueo y etiquetado de las alimentaciones de energía, vapor, líneas relacionadas con la entrada a los equipos.
- Alistamiento de herramientas necesarias y adecuadas para realizar la actividad.
- Adecuación e inspección del área de trabajo
- Retiro líneas de proceso
- Desarme de centrifuga
- Lavado y cambio de empaques y o-ring de la centrifuga
- Armado y ensamble de la centrifuga
- Revisión de torque de pernos de anclaje
- Prueba al equipo
- Normalizar el área de trabajo orden y aseo
- Desbloqueo y retiro de etiquetas.
- Entrega del equipo

2. PERSONAL REQUERIDO, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

RESPONSABILIDADES

- **HSE:** Asegurar condiciones del área, verificar que el ejecutante cumple con todos los implementos de seguridad y revisa que se no tenga interferencias con otros trabajos.
- **Técnico Mecánico:** Realiza en sitio la tarea de forma segura, siguiendo el procedimiento y advirtiendo los peligros que puedan presentarse durante la ejecución del trabajo. Reportar cualquier anomalía observada durante la inspección al Supervisor de Mantenimiento y al HSE.
- **PLANEADOR:** Asegura la planeación, programación, ejecución y cierre, de los trabajos realizados en acuerdo con el Supervisor de mantenimiento.
- **Supervisor de Operaciones de Ecodiesel:** Autoriza la intervención del Instrumento y asegura que en caso de requerir un aislamiento de control o de Proceso, este sea realizado previo al inicio de las actividades de Mantenimiento para asegurar una Operación confiable.

3. EQUIPOS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD

- a. Casco de seguridad
- b. Botas de seguridad
- c. Gafas de seguridad
- d. Protección auditiva
- e. Guantes de seguridad adecuado

4. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- a. Herramienta menor.
- b. Diferencial.
- c. Martillo y porra de bronce.
- d. Llave mixta de bronce 19mm.
- e. Herramienta especial de centrifuga.

5. CONSUMIBLES

- a. Consumibles Generales (Trapos, lijas, siliconas (molikote), teflón, etc.)

6. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE.

Este procedimiento está completamente respaldado por el principio de gestión integral.

El compromiso consiente de realizar todas las actividades, desde la más sencilla o rutinaria hasta la más compleja, urgente o importante, con comportamientos responsables para prevenir riesgos en las personas, el medio ambiente, la sociedad, la producción, los equipos, las instalaciones o la calidad de los procesos propios, contractuales o de terceros.

NUNCA Se deben realizar las tareas sin la previa discusión y análisis de este procedimiento por parte del personal involucrado.

7. PROCEDIMIENTO.

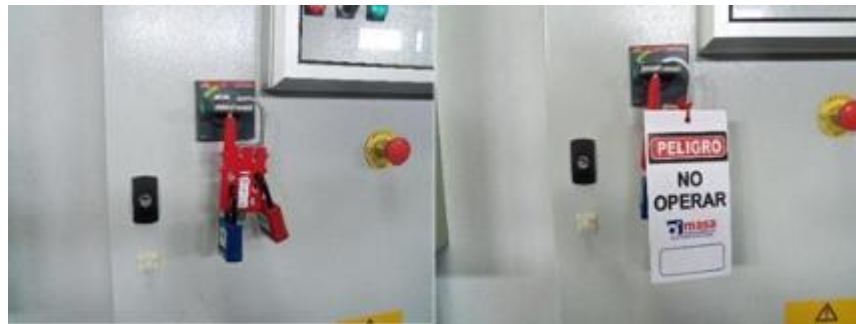
Realizar Permisología.

- a. Divulgación del alcance del trabajo a realizar y del mismo procedimiento.
- b. Diligenciar el permiso general, ATS, Certificados de apoyo en campo.

- c. Se verificará con el operador que el equipo este apagado y fuera de servicio.



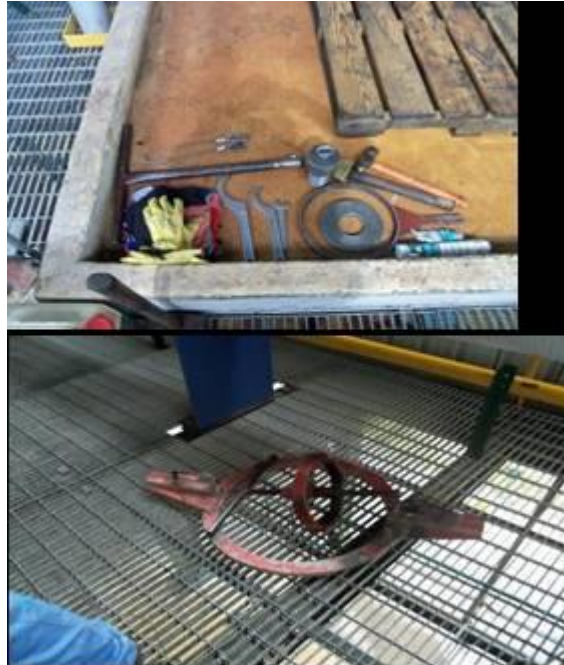
- d. Realizar con el apoyo de técnico eléctrico de MASA el bloqueo, etiquetado del equipo a intervenir en el cuarto de control de motores CCM con sus respectivos candados de color rojo del técnico eléctrico y azul del técnico mecánico



- e. El técnico instrumentista des energizara y bloqueara líneas de nitrógeno, aire y agua del equipo.

8. ALISTAMIENTO DE HERRAMIENTAS NECESARIAS Y ADECUADAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

- a. Identificar y organizar la herramienta necesaria y adecuada a utilizar en la actividad
- b. Realizar inspección operacional ala herramienta.



9. ADECUACIÓN E INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

- a. Informar al operador que se va a intervenir el equipo
- b. Realizar prueba atmosférica y monitoreo al área de trabajo.
- c. señalar y demarcar el área donde se encuentra el equipo a intervenir.
- d. Inspeccionar y adecuar el equipo.
- e. Verificar con el operador de planta que las líneas de proceso hayan sido previamente bloqueadas y drenadas.

10. RETIRO LÍNEAS DE PROCESO

- a. Suelte la abrazadera y retire línea de entrada asegurando el acople de teflón.



- b. Retire tuerca de sujeción y retire líneas de fase pesada y liviana con la lleve especial de media luna.



- c. Retire el cuerpo de salida de las líneas de fase pesada y liviana



d. Retire línea de nitrógeno en la centrifuga



e. Con la llave 19mm retire las ocho tuercas de sujeción de la cubierta

f. Con la ayuda del diferencial asegure la cubierta y retírela acomodándola en un lugar despejado.



g. retire la tuerca ciega de sujeción con la llave especial teniendo en cuenta que esta es rosca izquierda.

h. Retire la cámara de recolección, el buje y disco de separación de la fase pesada.



- i. Retire con cuidado la araña interpuesta y prosiga a retirar el eje guía



- j. con la llave T especial de la centrifuga retire la tuerca de tope teniendo en cuenta que el sentido de la rosca es izquierda.
- k. Utilizando una manguera retire todo el líquido que se encuentra en el bowl.



- l. Instale la herramienta especial y apriete de tal forma que esta suelte el bowl de la vasija de la centrifuga

m. Asegúrelo y retire el bowl con la ayuda del diferencial



n. Utilice la tuerca y el disco para apretar y recoger los discos de separación

o. Con la ayuda de la herramienta especial y la porra suelte y retire la tuerca grande de sujeción de la tapa del bowl teniendo en cuenta que esta es rosca izquierda



p. Afloje y retire la tuerca con el disco de ajuste

q. Instale la herramienta especial, asegure y con el diferencial retire la tapa del bowl

r. Retire la división del cono.



- s. Utilice el tornillo especial y retire la columna de distribución de discos con la ayuda del diferencial y ubique en la pileta para su respectivo lavado.



11. LAVADO Y CAMBIO DE EMPAQUES Y O-RING DE LA CENTRIFUGA

- t. El operado de ecodiesel lavara con agua caliente las piezas de la centrifuga retirando costras y suciedad en las partes internas del bowl y los discos de separación.



- u. Retire los o-ring y limpie con un trapo las piezas realizando una inspección detallada a todos los componentes verificando el estado en que se encuentra y reportando cualquier anomalía.
- v. Verifique las referencias de los o-ring e impregne con la silicona especial de la centrifuga, luego instale en su respectivo puesto. Repita este paso con todos los o-ring de la centrifuga.



12. ARMADO Y ENSAMBLE DE LA CENTRIFUGA

- a. Verifique que todas las piezas estén limpias y los o-ring nuevos correspondientes.
- b. Con la ayuda del diferencial instale la columna de distribución de discos en el bowl teniendo en cuenta la guía de posición.
- c. Instale la división de cono con su respectivo o-ring teniendo en cuenta la cuña guía
- d. Instale la tapa del bowl con la ayuda del diferencial verificando su posición.
- e. Instale el tornillo y el disco dando ajuste a los discos de separación.
- f. Ponga en posición la turca de la tapa del bowl y ajuste teniendo en cuenta el sentido y la guía final de ajuste en el bowl.
- g. Afloje y retire el tornillo y disco de ajuste e instale la herramienta para levantar el bowl con el diferencial e instalarlo en la vasija con precaución de dañar la rosca del eje o árbol vertical.
- h. Instale y de ajuste la tureca de sujeción del bowl al eje vertical.
- i. instale el eje guía de la fase de corte.
- j. Instale la araña interpuesta cap teniendo en cuenta la guía de posición.
- k. llene con agua el bowl.
- l. Instale al disco o anillo de ajuste.
- m. Instale el disco de corte de la fase pesada
- n. Instale la cámara de recolección y ajuste con la tureca del tazón teniendo en cuenta la guía de posición.
- o. Con la ayuda del diferencial levante e instale la cubierta de la vasija y ajuste con las tuercas.
- p. Instalar los cuerpos de la fase baja y alta y ajustar con la tuerca de bloqueo.
- q. Instale las líneas de salidas de las fases de alta y baja.
- r. Instale la línea de entrada con su respectivo empaque de teflón y asegure con la abrazadera.
- s. Verifique estado de la manguera de nitrógeno e instale y normalice.
- t. Se verificará que los frenos del equipo no estén accionados.
- u. Revise los tornillos de anclaje del equipo a la base que no se encuentren desajustados o en mal estado.
- v. Si los tornillos se encuentran desajustado con la llave mixta del ajuste correspondiente.
- w. En caso de que los tornillos estén en mal estado informe al operador para realizar su respectivo cambio.