

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA PLANTA DE
SACRIFICIO DE LA EMPRESA COOLE SAR UBICADA EN LA CIUDAD DE
VALLEDUPAR**

**LUIS ADALBERTO SOLANO DÍAZ
CARLOS EDER AMAYA VEGA**

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

2017

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE LA PLANTA DE
SACRIFICIO DE LA EMPRESA COOLE SAR UBICADA EN LA CIUDAD DE
VALLEDUPAR**

**LUIS ADALBERTO SOLANO DÍAZ
CARLOS EDER AMAYA VEGA**

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

**Director:
CARLOS BORRAS PINILLA
Ph.D. Ingeniero Mecánico**

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

2017

AGRADECIMIENTOS

Quisiera aprovechar este corto espacio para agradecer esta monografía, primero a Dios por todas las bendiciones dadas.

Agradecerle a mis padres, Omar E. Solano Carrillo y Yanith R. Díaz Solano por todo el apoyo, consejos y las innumerables cosas que me han servido para que en el día de hoy sea una persona de bien llena de valores y virtudes. A mis hermanos Yosdi T. y Rosa A. Los cuales siempre han estado disponibles, brindándome su compañía y apoyo en los momentos que más los he necesitado.

Luis Adalberto Solano Díaz

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por ser siempre mi guía y por acompañarme en cada uno de mis pasos, porque a pesar de las adversidades siempre sentí su compañía y permitió culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres Eder Enrique Amaya Vega y Carmen Clara Vega Mendoza por ser ese apoyo incondicional, por brindarme esta oportunidad para seguir creciendo profesionalmente, por creer en mí y por ser parte de cada uno de mis proyectos.

A nuestro director de monografía, ingeniero Carlos Borrás Pinilla, por ser el orientador de este proyecto y dedicarle tiempo para que culminara con éxito.

Carlos Eder Amaya Vega

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. CONTEXTUALIZACIÓN	16
1.1 COOLESAR	16
1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE COOLESAR	17
1.3 MISIÓN	19
1.4 VISIÓN	19
1.5 VALORES CORPORATIVOS	20
1.6 POLÍTICAS DE CALIDAD	21
1.7 OBJETIVO DE CALIDAD	21
1.8 UBICACIÓN DE LA EMPRESA	21
1.9 PRODUCTOS	22
1.10 ORGANIGRAMA	23
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
3. OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GENERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	26
5. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	27
5.1 MARCO TEÓRICO	27

5.2 MARCO CONCEPTUAL	30
5.2.1 Conceptos y objetivos del mantenimiento	30
5.2.2 Tipos de mantenimiento	31
5.2.2.1 Mantenimiento correctivo	32
5.2.2.2 Mantenimiento preventivo	32
5.2.2.3 Mantenimiento predictivo	33
5.2.2.4 Mantenimiento productivo total (TPM)	34
5.2.2.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM	34
5.3 MARCO LEGAL	39
6. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	40
6.1 DEFINICIÓN DEL RIESGO	40
6.2 CRITICIDAD BASADA EN EL RIESGO	41
6.3 CRITICIDAD DE EQUIPOS	46
6.3.1 Pistola neumática de aturdimiento	46
6.4 CÁLCULO DE CRITICIDAD DE TODAS LAS MÁQUINAS	47
6.5 DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	49
7. DESARROLLO DEL PROCESO RCM PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS	50
7.1 TAXONOMÍA DE EQUIPOS	50
7.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	51
7.3 CONDICIONES OPERACIONALES	52
7.4 CONDICIONES AMBIENTALES	54
7.5 FRONTERAS E INTERFASES	55
7.6 DEFINICIÓN DE FUNCIONES	56

7.7 ANÁLISIS FMEA Y DEFINICIÓN DE TAREAS	57
7.8 PLAN DE MANTENIMIENTO	61
7.9 FORMATO DE INTERVENCIONES	65
8. CONCLUSIONES	67
9. RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica	17
Figura 2. Ubicación de la empresa	22
Figura 3. Organigrama de la empresa	23
Figura 4. Aproximación sistemática para la formulación de un plan de mantenimiento.	29
Figura 5. Árbol lógico de decisión	39
Figura 6. Matriz de criticidad	44
Figura 7. Pistola neumática de aturdimiento	46
Figura 8. Jerarquía de la planta	50
Figura 9. Equipos Criticos	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factores de evaluación de riesgo	42
Tabla 2. Inventario de equipos	45
Tabla 3. Factores ponderados para la pistola neumática de aturdimiento	47
Tabla 4. Resumen de cálculos de criticidad	47
Tabla 5. Características técnicas del equipo	52
Tabla 6. Condiciones Operacionales	53
Tabla 7. Condiciones Ambientales	54
Tabla 8. Fronteras e interfases	55
Tabla 9. Definición de funciones	56
Tabla 10. Matriz de riesgo FMEA	57
Tabla 11. Análisis FMEA y definición de tareas	58
Tabla 12. Plan de mantenimiento para los equipos críticos	62
Tabla 13. Formato de intervenciones	66

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE LA EMPRESA COOLE SAR UBICADA EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR^{*}

AUTORES: LUIS ADALBERTO SOLANO DÍAZ
CARLOS EDER AMAYA VEGA^{**}

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, CRITICIDAD, PLANTA DE SACRIFICIO, MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

En este trabajo de monografía se propone un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM, con la finalidad de mejorar los niveles de disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la planta de sacrificio de la empresa Coolesar, y posteriormente aplicar dicha metodología a las demás áreas y equipos de la organización.

Inicialmente se hace un análisis de los equipos que hacen parte del área de sacrificio definiéndole su descripción y clasificándolos de acuerdo a su importancia. Para esto se revisa la información que tiene el departamento de mantenimiento de la empresa, para luego realizar un plan de mantenimiento detallado centrado en la confiabilidad de acuerdo a la metodología RCM.

En el desarrollo de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM se incluye la recolección de datos operacionales, fichas técnicas, análisis de modos y efectos de fallas para los elementos de los equipos. Luego se definen las tareas para minimizar o eliminar las consecuencias de las fallas de acuerdo al diagrama de decisiones. Además, se realiza un formato de intervenciones para poder llevar un registro de las actividades que se les practican a los equipos y de la misma manera tener un historial de acciones que permitan tomar decisiones gerenciales.

Producto del desarrollo de ésta metodología se define un plan de mantenimiento preventivo y correctivo con un total de 25 tareas que tienen como propósito incrementar la disponibilidad de los equipos críticos de la planta de sacrificio.

^{*} Monografía

^{**} Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento. Director: Carlos Borrás Pinilla. Ingeniero Mecánico. Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

SUMMARY

TITLE: MANAGEMENT MODEL OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE FOR THE CRITICAL EQUIPMENT OF THE SACRIFICE PLANT OF THE COOLESAR ENTERPRISE LOCATED IN VALLEDUPAR CITY.

AUTHORS: LUIS ADALBERTO SOLANO DÍAZ
CARLOS EDER AMAYA VEGA**

KEY WORDS: RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE, CRITICALITY, SLAUGHTER PLANT, MAINTENANCE

DESCRIPTION OR CONTENT

In this monograph it is proposed a maintenance plan based on reliability centered maintenance methodology, RCM, with the aim of improving the levels of availability and reliability of the slaughtering plant's critical equipment, and subsequently apply this methodology to the other areas as well as the equipments of the organization.

Originally, an analysis is made of the equipment which are part of the slaughtering area defining their description and classifying them according to their importance. For this, the information held by the maintenance department of the company is verified. Then, make a detailed maintenance plan focused on the reliability according to the RCM methodology.

In the development of the methodology of Reliability Centered Maintenance, RCM, the collection of operational data, fact sheets as well as the analysis of modes and effects of failures for the items of the equipment are included. Afterwards the assignments are determined in order to reduce or eliminate the consequences of the failure in accordance with the decisions diagram. In addition, an intervention format is done with the goal of registering the activities that are performed to the equipment and in the same way having a record of actions that allow to take management decisions.

Product of the development of this methodology is defined a plan of preventive and corrective maintenance with a total of 25 tasks that are intended to increase the availability of critical equipment of the plant of sacrifice.

* Monograph

** Faculty of engineering Physical-Mechanical. Specializing in Maintenance Management. Director: Carlos Borrás Pinilla. Mechanical Engineer. Specializing in Maintenance Management.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años el concepto de mantenimiento ha ido evolucionando. La constante evolución es debido al elevado incremento de la industrialización, con la modernización de los procesos, mayor complejidad en los equipos, nuevas tecnologías, nuevas técnicas de mantenimiento y una nueva visión de las empresas.

Ante estos nuevos avances al mantenimiento se le ha ido dando una mayor importancia, ya que las nuevas técnicas de mantenimiento involucran los procesos, la seguridad y el medio ambiente, la calidad del producto, y un aumento de la lucha por conseguir alta disponibilidad de los equipos.

El departamento de mantenimiento en las organizaciones tiene hoy en día grandes retos, como la responsabilidad que los equipos estén disponibles, cumplir con sus metas con los recursos disponibles. Entonces se buscan nuevas metodologías que permitan equivocarse menos en la toma de decisiones, que permitan optimizar tiempos e involucrar activamente a todo el personal.

En este trabajo de monografía se realiza un modelo de un plan de mantenimiento, basándose en la metodología de la estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM, de los equipos críticos de la planta de sacrificio de Coolesar, empresa ubicada en la ciudad de Valledupar, con el fin de aumentar la disponibilidad de los equipos y minimizar fallos en los mismos.

Se establece, en este proyecto puntos clave para el mantenimiento desarrollando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad ya que se realiza una recolección de datos operacionales, análisis de modos y efectos de fallas para los

elementos de los equipos. Se definen las tareas de mantenimiento necesarias para minimizar y/o eliminar las consecuencias de las fallas. Finalmente, se diseña un formato de intervenciones que permitirá llevar registro de las tareas realizadas a los equipos y realizar de manera más práctica dichas actividades con el fin de llevar una hoja de vida a los equipos y mejorar los planes de mantenimiento.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

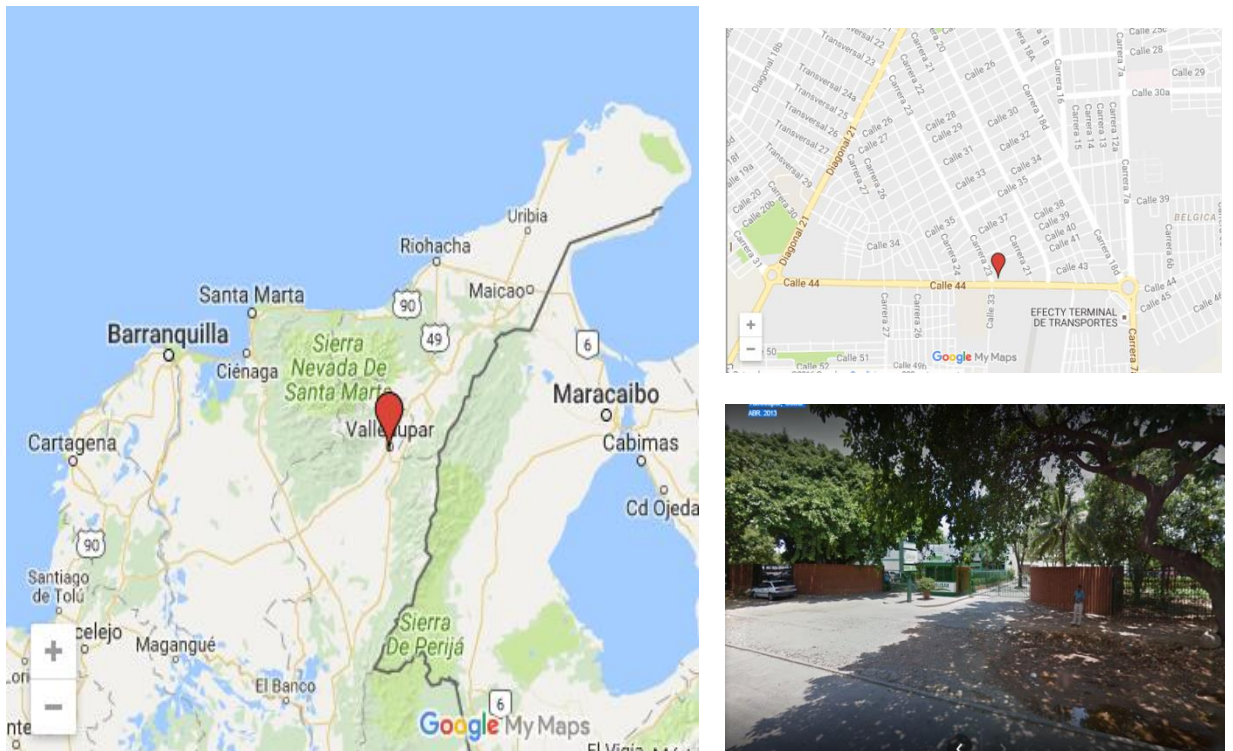
1.1 COOLESAR

Es una empresa sin ánimo de lucro, con la misión de servir al ganadero a través de la transformación y comercialización de la materia prima, en carne, leche y sus derivados, con altos estándares de calidad, soportados en tecnología moderna.

Trabajamos dentro de un marco ético, direccionados por principios cooperativos y fundamentados en el compromiso empresarial y ambiental, para lograr el bienestar y la sostenibilidad de la organización, productores asociados, trabajadores y la comunidad en general.

Nuestro equipo humano, altamente capacitado y comprometido con la calidad y el servicio a los consumidores nacionales e internacionales, es nuestro principal recurso.

Figura 1. Ubicación geográfica



Fuente: GOOGLE EARTH [en línea] disponible en: <https://earth.google.es/>

1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE COOLESAR

La Cooperativa Integral Lechera del Cesar “COOLESAR”, es la primera entidad en su género en el departamento, y una de las primeras en la Costa Atlántica, este honroso lugar gracias a su consolidación, administración y economía. Por lo anterior, al existir un departamento de compras en la empresa contribuirá en el futuro al aseguramiento del buen servicio, normalizando las operaciones de compras y aprovisionamiento de las mismas.

Este compendio se inicia con los aspectos básicos de la Cooperativa Integral de Lechera del Cesar, empresa creada en el año 1976, obteniendo en el mismo año la personería jurídica. Actualmente, la Empresa cuenta con 134 asociados y 162

empleados directos que han contribuido al cumplimiento de la Misión, Visión y políticas de la empresa, logrando una cultura de consumo, por proveer productos con altos estándares de calidad, llegando a convertirse en el 2008 en la empresa líder de productos lácteos en el Departamento.

La Cooperativa Integral Lechera del Cesar, “Coolesar”, orienta sus objetivos no solo en la satisfacción del cliente, sino al recurso humano de la misma y los proveedores, esto a través de la conformación y cumplimiento de los principios y valores de la organización, que garantizan junto con las políticas y directrices una prestación de servicios con calidad.

Para el cumplimiento de la Misión, Visión, objetivo y política, la empresa ha distribuido funciones en diferentes departamentos o áreas, con dependencias a su cargo que se encargan de la administración y producción de la misma.

El diseño del departamento de compras de la cooperativa integral lechera del cesar Coolesar hace referencia a la obtención de utilidades desde el punto de vista de aumento de la competitividad de mercado, para lo cual se proyectan unos objetivos específicos al alcance de la empresa, enmarcados al manual de funciones del departamento. Estos objetivos se soportan con el diagnóstico DOFA. En el contenido del desarrollo de la practica, se unifican conceptos, definiendo compras como una área dentro de la vida industrial y comercial de un conglomerado empresarial en donde comerciar es el acto de obtener el producto o servicio de la calidad correcta, al precio correcto, en el tiempo correcto y en el lugar correcto, derivando la definición del departamento de compras de la cooperativa integral lechera del cesar “Coolesar” proyectando la Visión y estableciendo la Misión, para determinar los objetivos que encaminaran su cumplimiento al igual que las políticas.

El recurso humano de una dependencia es el que abandera los procesos, razón por la cual se enfatiza en el manual de funciones del departamento de compras, considerándolo como la herramienta que soporta la realización de los procesos de compras y contratación dentro de la empresa, estableciéndose además en un medio de información claro y completo de la reglamentación de las diferentes operaciones de compras, aprovisionamiento y almacenamiento, para lo cual, el departamento de compras está conformado por un jefe y un auxiliar con funciones específicas que garantizan el cumplimiento del objetivo de dicho departamento, como es el de reducir costos totales, unificar la responsabilidad de adquisición de materiales verificar las necesidades de los diferentes departamento de la empresa y evitar operaciones innecesarias y duplicidades.

1.3 MISIÓN

Ofrecer de manera integral servicios, de beneficios de ganado bovino, producción y comercialización de lácteos y cárnicos; al igual, venta de productos veterinarios y agrícolas con altos estándares de calidad, actividad encaminada al mejoramiento de la productividad de los asociados y ganaderos, favoreciendo de esta manera el desarrollo y la prosperidad socio-económica de la región y el país

1.4 VISIÓN

Para el 2.018, seremos la empresa líder en las áreas de prestación de servicios para las actividades pecuarias y en la producción de derivados cárnicos y lácteos en la región Caribe, cumpliendo con altos estándares de calidad y competitividad, a través de la implementación, mantenimiento y mejora de programas y modelos de gestión que a su vez nos permitirán hacer presencia en los mercados nacionales e internacionales, contribuyendo de esta manera con el desarrollo

social y económico de los asociados y la comunidad que sirve como radio de acción.

1.5 VALORES CORPORATIVOS

1. Servicio: en nuestra organización las relaciones cobran mayor importancia que los productos físicos. Como empresa solidaria por naturaleza estamos comprometidos a cuidar los intereses de otros y satisfacer las necesidades que demandan.

2. Enfoque al cliente: asumimos una actitud y una conducta orientada a satisfacer las necesidades de los clientes y superar sus expectativas.

3. Solidaridad: se privilegia la solidaridad porque sintetiza la adhesión voluntaria e incondicional a la causa de los asociados. Promovemos la cooperación y el servicio y damos lo mejor de nosotros en procura del bien común.

4. Liderazgo: impulsamos el desarrollo de nuestro talento humano con el fin de gestar líderes integrales, capaces de transformar el presente y hacer realidad nuestra visión, brindándoles formación e inculcándoles el empoderamiento hacia la empresa.

5. Excelencia: estamos comprometidos con el mejoramiento de nuestro sistema de gestión de calidad, de nuestros procesos y de nuestra organización, de manera que logremos los mejores resultados y que la excelencia sea nuestro sello de presentación.

1.6 POLÍTICAS DE CALIDAD

Coolesar satisface las expectativas del mercado nacional e internacional de manera permanente elaborando productos inocuos y de excelente calidad, siendo éste su principio de trabajo básico.

Coolesar orienta sus actividades hacia la conservación del medio ambiente, dando cumplimiento a las regulaciones establecidas y previniendo todo riesgo de seguridad, que pueda afectar la integridad del personal y de la empresa, mejorando continuamente la gestión de procesos como herramienta para aumentar su eficacia y eficiencia frente a sus competidores.

1.7 OBJETIVO DE CALIDAD

Aumentar la satisfacción de los clientes y asociados, gracias al procesamiento de productos que cumplan con los requisitos de calidad especificados

Fomentar la mejora continua de la organización mediante el incremento de la productividad, la innovación en la gestión y de la efectividad de los procesos.

1.8 UBICACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Valledupar, en la calle 44 # 21-140 Avenida Coolesar

Figura 2. Ubicación de la empresa



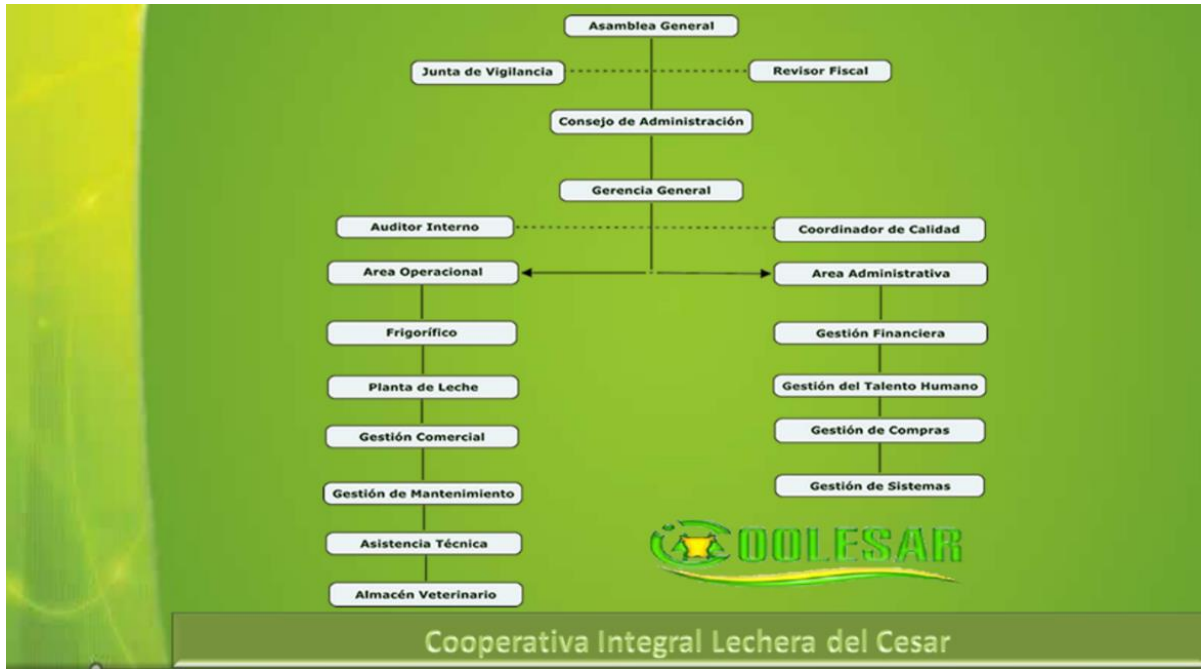
Fuente: GOOGLE EARTH [en línea] disponible en: <https://earth.google.es/>

1.9 PRODUCTOS

Ofrecen productos cárnicos y a los ganaderos productos veterinarios de gran acogida por sus precios económicos y variedad para la preservación de la salud de los animales, entre los cuales están: herbicidas, fungidas, drogas veterinarias, maquinarias y equipos, herramientas agrícolas, aceites, llantas, baterías para tractores y vehículos.

1.10 ORGANIGRAMA

Figura 3. Organigrama de la empresa



Fuente: COOLESAR Organigrama [en línea] disponible en:
<http://coolesar.com/index.php/organigrama>

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Coolesar es una empresa sin ánimo de lucro, con la misión de servir al ganadero a través de la transformación de la materia prima, en carne y sus derivados.

El departamento de mantenimiento de Coolesar es el encargado del buen funcionamiento y la disponibilidad de los equipos presentes en toda la planta. Se encuentran algunas debilidades que deben fortalecerse con el fin de generar las acciones correctas para mejorar la estrategia de mantenimiento correctivo que actualmente están ejecutando.

Uno de los principales problemas en la empresa es la baja confiabilidad de los equipos, ya que solo se intervienen cuando fallan. Por eso, con el fin de contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales en la organización, equipos y sistemas, es necesario planear algunas tareas para evitar que las funciones mencionadas dejen de ejecutarse debido a fallas potenciales.

Es por esto que nace la necesidad de realizar un estudio metodológico de mantenimiento centrado en confiabilidad que permita incrementar los valores de confiabilidad, lo que generará un aumento significativo de la disponibilidad en los equipos y a la vez una reducción de tiempos improductivos y prevención de fallos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos críticos de la planta de sacrificio de la empresa Coolesar ubicada en Valledupar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de criticidad para identificar los equipos críticos, teniendo en cuenta la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Desarrollar la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a los equipos críticos obtenidos en el análisis de criticidad a partir de la información de la empresa, definiendo funciones principales, registrando los modos de falla y selección de las tareas de mantenimiento.
- Realizar la propuesta estratégica basada en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos críticos de la planta de sacrificio.

4. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

El modelo estratégico de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos críticos de la planta de sacrificio se realiza con el fin de encontrar y corregir los problemas menores que tengan los equipos, antes de que fallen. Esta metodología va orientada a preservar las funciones y extender el ciclo de vida de los equipos, a reducir gastos de mantenimiento y a mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

De la misma manera al tener los equipos críticos con mayor disponibilidad, permitirá una mejor eficiencia en las máquinas cumpliendo con sus funciones y eliminará demoras en el proceso de producción, lo que representa tiempo y dinero para la empresa. Además de la confiabilidad y disponibilidad de la máquina se busca establecer un plan de mantenimiento que valore la higiene y la salud, ya que la empresa pertenece a la industria alimentaria.

Al implementar esta investigación se obtiene una optimización del plan de mantenimiento preventivo, garantizando en los equipos eficiencia, calidad, disponibilidad y confiabilidad, con el fin de evitar fallas imprevistas y reducir los tiempos medios entre fallas.

5. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

5.1 MARCO TEÓRICO

La palabra mantenimiento se emplea para designar las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios. Para los hombres primitivos, el hecho de afilar herramientas y armas, coser y remendar las pieles de las tiendas y vestidos, cuidar la estanqueidad de sus piraguas, etc. Durante la revolución industrial el mantenimiento era correctivo (de urgencia), los accidentes y pérdidas que ocasionaron las primeras calderas y la apremiante intervención de las aseguradoras exigiendo mayores y mejores cuidados, proporcionaron la aparición de talleres mecánicos.

A partir de 1925, se hace patente en la industria americana la necesidad de organizar el mantenimiento con una base científica. Se empieza a pensar en la conveniencia de reparar antes de que se produzca el desgaste o la rotura, para evitar interrupciones en el proceso productivo, con lo que surge el concepto del mantenimiento Preventivo.

A partir de los años sesenta, con el desarrollo de las industrias electrónica, espacial y aeronáutica, aparece en el mundo anglosajón el mantenimiento Predictivo, por el cual la intervención no depende ya del tiempo de funcionamiento sino del estado o condición efectiva del equipo o sus elementos y de la fiabilidad determinada del sistema.

Actualmente el mantenimiento afronta lo que se podría denominar como su tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante

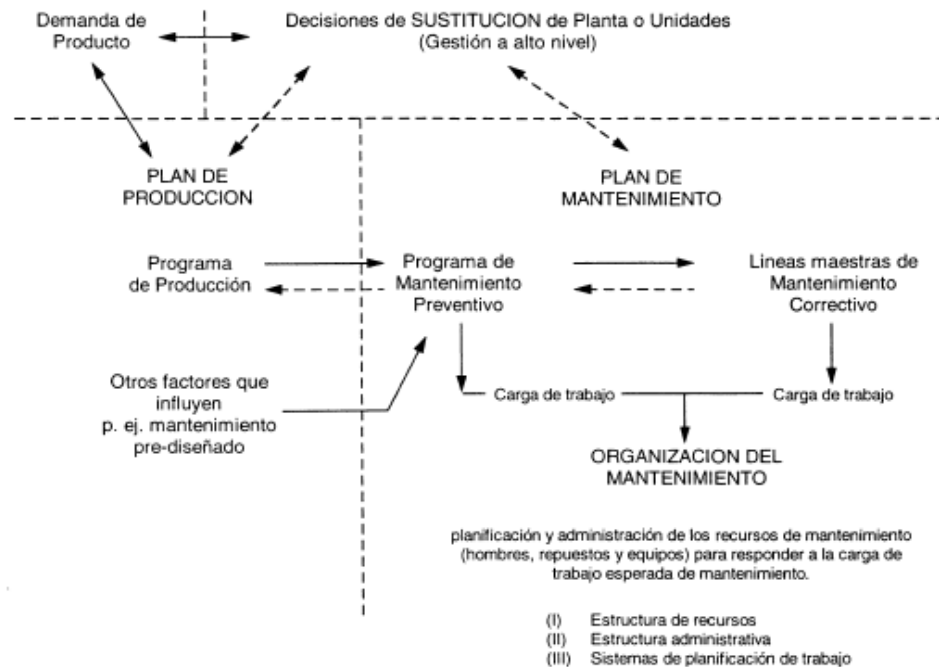
mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis fisicoquímicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia, etc., y la aplicación al mantenimiento de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos. Este desarrollo, conducirá en un futuro al mantenimiento a la utilización de los sistemas expertos y a la inteligencia artificial, con amplio campo de actuación en el diagnóstico de averías y en facilitar las actuaciones de mantenimiento en condiciones difíciles.¹

Las empresas usan equipos y mano de obra para transformar materias primas en productos acabados de mayor valor con el fin de generar un beneficio, donde este beneficio es la diferencia entre el ingreso derivado de la venta del producto y los costos de producción y venta del mismo. La rentabilidad está influenciada por muchos factores, tales como la demanda y precio del producto, la producción de los equipos, vida y amortización de los equipos, etc.

El mantenimiento está relacionado con la rentabilidad a través de la productividad de los equipos y el gasto de explotación. Los trabajos de mantenimiento elevan el nivel de rendimiento de los equipos y su disponibilidad, pero al mismo tiempo incrementan los gastos de explotación. El objetivo de un departamento de mantenimiento debe ser la consecución del equilibrio óptimo entre estos factores.

¹ ABELLA MUÑOZ, Ma Belen. Mantenimiento industrial. Madrid : Ebook, 2003.

Figura 4. Aproximación sistemática para la formulación de un plan de mantenimiento.



Fuente: MUÑOZ ABELLA María Belén Área de ingeniería mecánica, Mantenimiento Industrial Universidad Carlos III de Madrid [en línea] disponible en: <http://es.slideshare.net/carlosheitzer/36317036-mantenimiento-industrial>

Con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los equipos en el área de producción de Coolesar, se diseña un plan de mantenimiento, el cual establece las bases racionales para poder formular un programa de mantenimiento preventivo y así mismo estipula las líneas maestras de mantenimiento correctivo. La organización necesaria de mantenimiento para ejecutar la carga de trabajo de mantenimiento depende de este plan. En la figura se muestra un procedimiento para la formulación del plan y de la organización.²

La situación actual y futura del entorno de cualquier empresa presenta cambios cada vez más acusados como son:

² HARRIS, A Kelly y M.J. Gestión del mantenimiento industrial. Gráficas Mar- Car, S.A., 1998.

- Incremento creciente de la competitividad
- Disminución del ciclo de vida del producto
- Necesidad de polivalencia y flexibilidad en el proceso
- Excelencia en el servicio
- Fabricación sincronizada

Para poder afrontar estos cambios es necesario actuar sobre las organizaciones. Las organizaciones deben evolucionar hacia la creación de equipos multidisciplinares que gestionen la mejora del dominio del proceso. Así mismo, deben ampliarse las responsabilidades hasta el objetivo final, en lugar de limitar en cada etapa.

Para el caso concreto de mantenimiento, sus atribuciones no pueden limitarse a la reparación de la instalación, las interrelaciones con los demás departamentos es imprescindible para poder desarrollar una gestión integral. Mantenimiento no debe encontrarse simplemente con una instalación, sino que debe conocer su funcionamiento, sus puntos críticos y lo que en realidad se espera obtener de ella. Mantenimiento debe conocer los plazos de entrega de los recambios para poder fijar los stocks mínimos de almacén. Además debe contribuir a mejorar y mantener la calidad mínima exigida de los productos, y por otro lado, la propia calidad que debe ofrecer el departamento de mantenimiento como tal.³

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 Conceptos y objetivos del mantenimiento El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos

³ NAVARRO Luis, PASTOR TEJEDOR Ana Clara, MUGABURU LACAB Jaime Miguel. Gestión integral de mantenimiento. Barcelona (España) : Boixareu editores, 1997.

de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general.

Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallos sobre los bienes
- Disminuir la gravedad de las fallos que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costes.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

En resumen, un mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos.

5.2.2 Tipos de mantenimiento Actualmente existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de

simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

5.2.2.1 Mantenimiento correctivo Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia. Asimismo, fallos no detectadas a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.⁴

5.2.2.2 Mantenimiento preventivo El mantenimiento preventivo es considerado una actividad planeada. Para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de un equipo se trabaja sobre el mantenimiento preventivo, donde se define disponibilidad como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que sea requerido, mientras tanto la confiabilidad está definida por la probabilidad del equipo funcione en el momento que se necesite. Si aumentamos al máximo estos dos factores teniendo en cuenta un mantenimiento planeado, estaremos cumpliendo el objetivo del mantenimiento preventivo.

Este tipo de mantenimiento fue creado con el fin de evitar las causas conocidas como fallas potenciales en los equipos o instalaciones, ejecutando tareas

⁴ ABELLA MUÑOZ Op. Cit.

planeadas, las cuales pueden ser clasificadas si están relacionadas al tiempo, el uso o la condición del equipo. Las razones por las que se prefiere el mantenimiento preventivo frente a otros tipos de mantenimiento se describe a continuación:

- Reducción de las fallas prematuras por medio de limpiezas periódicas, ajustes y lubricación adecuada.
- En caso de que la falla no pueda mitigarse, las revisiones periódicas y las mediciones que se realicen pueden ayudar a reducir el impacto de la falla en el equipo o en la instalación general.
- Se puede controlar la degradación gradual de una función o un parámetro.
- Tal vez el indicador más importante de una organización se ve mejorado cuando se implementa el mantenimiento preventivo, ya que los costos pueden ser no solo controlados si no disminuidos.⁵

5.2.2.3 Mantenimiento predictivo Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

⁵ BORRAS PINILLA, Carlos. Especialización en gerencia de mantenimiento- Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga 2015.

En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos. Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

5.2.2.4 Mantenimiento productivo total (TPM) Este sistema está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.

- Mantenimiento: Para mantener siempre las instalaciones en buen estado.
- Productivo: Está enfocado a aumentar la productividad.
- Total: Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento).

Este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en pequeños grupos, mediante una dirección motivadora.⁶

5.2.2.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM Anthony R. Smith define el mantenimiento centrado en confiabilidad de la siguiente manera:

⁶ ABELLA MUÑOZ Op. Cit.

“Filosofía de gestión del mantenimiento en la cual el equipo multidisciplinario de trabajo de encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento, en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.”⁷

La norma SAE JA1011 define el mantenimiento centrado en confiabilidad como: “RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser implementadas para administrar los modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional”⁸

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología que permite determinar las tareas mínimas de mantenimiento para que los equipos cumplan con su función en su contexto operacional.

a) Las siete preguntas básicas del RCM.

Jhon Moubray en su libro de mantenimiento basado en confiabilidad dice que el RCM se desarrollará por medio de 7 se puede describir el desarrollo de un plan eficiente de mantenimiento, las cuales son:

1. ¿Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

⁷ (Plata, 2015)

⁸ (JA1011, 1999)

5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

b) Funciones

Parametros de funcionamiento y contexto operacional, el primer paso en el proceso del RCM es definir las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, es decir, que es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo, debido a esto a los operarios se les dan unas funciones para realizar y puedes ser de la siguiente forma:

- Funciones primarias: que sintetizan porque el bien fue adquirido en primer lugar. Esta categoría de funciones cubren temas de velocidad, rendimiento, capacidad de transporte o almacenamiento, calidad del producto y servicio al cliente.
- Funciones secundarias: Que indican que se espera que todo bien produzca más que simplemente su función primaria. Los usuarios también tienen expectativas en áreas como la seguridad, control, integridad estructural, economía, eficiencia de operación, cumplimiento con las normas medioambientales.

c) Fallas funcionales

Estas se presentan cuando el activo no cumple una función primaria o secundaria de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable, y se responde a la pregunta ¿De qué manera falla satisfacer dichas funciones?

d) Análisis de modos de falla

Son todas aquellas fallas históricas que se han presentado a un elemento en particular y a su vez todas aquellas fallas ocultas que se puedan presentar para evitar que sucedan.

e) Efectos de fallas

Se describe lo que sucede cuando ocurre un modo de falla, un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla, el efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? Y al describir un efecto de falla hay que cerciorarse de lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla
- La forma en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el ambiente.
- La forma en que afecta la producción o la operación.
- Los daños físicos causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

f) Consecuencias de las fallas

Un análisis detallado de una empresa industrial promedio, tiende a arrojar entre tres y diez mil posibles modos de fallas. Cada una de estas fallas afecta a la organización en alguna escala, pero en cada caso los efectos son diferentes. Pueden afectar la operatividad. También pueden afectar la calidad del producto, servicio al cliente, seguridad del medio ambiente. Todas significativas el gasto de tiempo y dinero para reparar.⁹

⁹ MOUBRAY MILTCHELL, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Aladon Ltd, 2004.

g) Actividades de mantenimiento

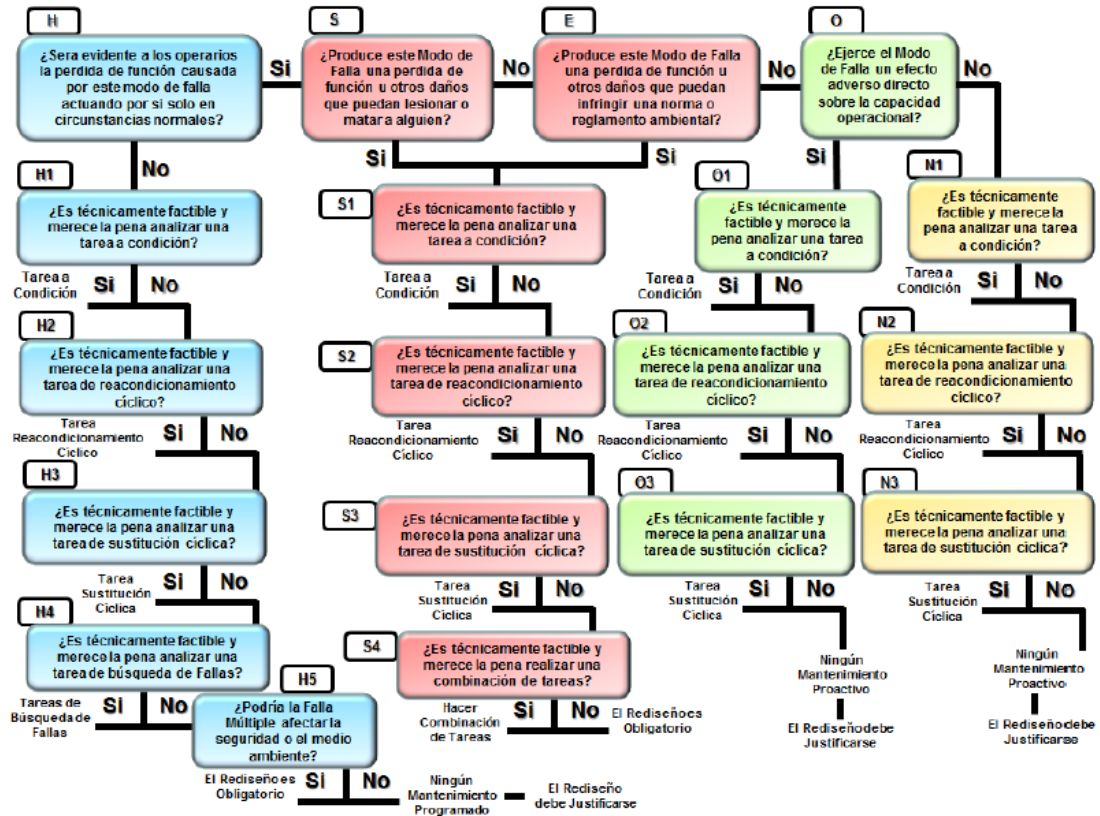
La selección de actividades de mantenimiento en el RCM se realiza teniendo en cuenta las posibles consecuencias producidas por cada modo de falla, a partir de un proceso estructurado de preguntas contenidas en un árbol lógico de decisión.

Las respuestas que se obtienen a partir del árbol lógico de decisión, constituirán las tareas de mantenimiento a ejecutar en los equipos. Las tareas que se pueden tomar pueden ser de dos categorías: las tareas proactivas y las acciones correctivas.

h) Árbol lógico de decisión

El mantenimiento centrado en confiabilidad finaliza al registrar las hojas de trabajo de decisión que muestran las tareas propuestas, las frecuencias de cada tarea y los recursos necesarios para hacerlos. Esta herramienta permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía RCM. A partir del árbol lógico de decisión se puede desarrollar el diagrama de decisión.

Figura 5. Árbol lógico de decisión



Fuente: MOUBRAY, Jhon. Reliability Centered Maintenance (RCM)II. New York: Industrial Press Inc., 1997. P. 204-205

5.3 MARCO LEGAL

Este proyecto se desarrollará bajo la norma SAE JA1012, la cual describe los criterios mínimos que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC).

No intenta definir un proceso específico de "MCC".

6. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer jerarquías entre: instalaciones, sistemas, equipos, elementos de un equipo, de acuerdo con su impacto global del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

La criticidad es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

6.1 DEFINICIÓN DEL RIESGO

El riesgo es un término de naturaleza probabilística, que se define como “egresos o pérdidas probables consecuencia de la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla”. En este simple pero poderoso concepto coexiste la posibilidad de que un evento o aseveración se haga realidad o se satisfaga, con las consecuencias de que ello ocurra. Matemáticamente el riesgo asociado a una decisión o evento viene dado por la expresión universal:

$$R(t) = P(t) \times C \quad (1)$$

Donde:

R(t): Riesgo en función del tiempo

P(t): Probabilidad en función del tiempo

C: Consecuencias

Al momento de evaluar un particular evento o aseveración en particular, es necesario cuantificar las probabilidades de ocurrencia y consecuencias de cada uno de los escenarios que conllevan al evento bajo estudio. El riesgo se comporta como una balanza que permite ponderar la influencia de varias alternativas en términos de su impacto y probabilidad, orientando al analista en el proceso de toma de decisión. En ese proceso de toma de decisiones se emplea el riesgo como una herramienta para la optimización de los planes de cuidado de activos, dirigiendo mayores recursos y esfuerzos para aquellos equipos que presente un riesgo elevado y una reducción de esfuerzo y recursos para los equipos de bajo riesgo, lo cual permite en forma general un gasto justificado en los recursos dirigidos a las partidas de mantenimiento.¹⁰

6.2 CRITICIDAD BASADA EN EL RIESGO

Por medio de la siguiente ecuación sencilla y práctica, soportada en el concepto del riesgo se pueden jerarquizar los equipos:

$$\textit{Criticidad total} = \textit{Frecuencia} \times \textit{Consecuencias de fallas} \quad (2)$$

$$\textit{Frecuencia} = \textit{Rango de fallas en un tiempo determinado (Fallas/año)} \quad (3)$$

$$\textit{Consecuencias} = ((\textit{Impacto operacional} \times \textit{Flexibilidad}) + \textit{Costos de mantenimiento} + \textit{Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene}) \quad (4)$$

¹⁰ (Edwin Gutiérrez)

A continuación se presentan los factores de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo:

Tabla 1. Factores de evaluación de riesgo




Frecuencias de fallas:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4
Promedio 1-2 fallas/año	3
Buena 0.5-1 falla/año	2
Excelente menos de 0.5 falla/año	1
Impacto Operacional:	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventarios o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
Flexibilidad Operacional:	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costo de mantenimiento:	
Mayor o igual a 20000 \$	2
Inferior a 20000\$	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente /instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1

Fuente: SLIDEPLAYER Engineering Reliability & Management [en línea] disponible en: <http://slideplayer.es/slide/3774607/>

A partir de los factores ponderados evaluados el valor máximo de criticidad que se puede obtener es 200

Luego de que evalúan todos los factores junto con la participación de las personas involucradas en el contexto operacional de los equipos, cada valor de los factores se introduce en la ecuación de criticidad total (2) y como resultado se obtiene el valor calculado de la criticidad global.

A continuación se muestra la matriz de criticidad donde se pueden jerarquizar los equipos en tres áreas.

- Área de equipos no críticos  $1 < 10$
- Área de equipos de media criticidad  $10 < 46$
- Área de equipos críticos  $46 \leq 200$

En la matriz de criticidad se evalúan los factores principales: frecuencia y consecuencia y se ubican los valores en ella misma, para obtener el nivel de criticidad de cada equipo.

Figura 6. Matriz de criticidad

FRECUENCIA	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200
	3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	144	147	150
	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	CRITICIDAD																																																		

Inventario de equipos

A continuación se muestra la lista del inventario de equipos presentes en la planta de sacrificio de Coolesar:

Tabla 2. Inventario de equipos

No	CODIGO	EQUIPO
1	SAC-001	Pistola neumatica de aturdimiento 64137 hantover
2	SAC-002	Pistola de fulminante cash special 29680 calibre 22
3	SAC-003	Winche de izado
4	SAC-034	Winche de tranferencia de patas
5	SAC-027	Sierra de pecho 500E
6	SAC-015	Descueradora
7	SAC-061	Esperlancador de visceras
8	SAC-060	Esperlancador canal
9	SAC-010	Sierra de canal
10	SAC-094	Bascula PRO-2010-E
11	SAC-063	Bomba 1 (lavado de canal) ihm bomba centrifuga cd1h-2
12	SAC-029	Cuarto frio de canal 1
13	SAC-030	Cuarto frio de canal 2
14	SAC-048	Cuarto frio de canal 3
15	SAC-049	Cuarto frio de canal 4
16	SAC-042	Cuarto frio tunel congelado
17	SAC-043	Cuarto frio de almacen de congelado
18	SAC-044	Cuato frio de viseras
19	SAC-036	Elevador de viseras cm lodestar modelo j 500 kg
20	SAC-037	Escaldadora de panza
21	SAC-041	Escaldadora de librillo
22	SAC-032	Escaldadora de patas
23	SAC-035	Electro bomba sumergible 1 (estercolera) SE 203 BARNES
24	SAC-024	Electro bomba sumergible 2 (agua residuales)
25	SAC-081	Electro bomba sumergible 3 (bombeo de sangre)
26	SAC-023	Sierra deshuese v40i javar
27	SAC-056	Banda transportadora frigo tec
28	SAC-022	Molino m32irt javar
29	SAC-025	Empacadora al vacio 1 s 225 dk vac-star
30	SAC-083	Empacadora al vacio 2 javar
31	SAC-026	Tanque de termoencogido vc999 tank 62.41i
32	SAC-095	Bascula de canal fria PRO-2010- LP7510
33	SAC-101	Bascula de plataforma tcs-k
34	SAC-100	Bascula de pieles
35	SAC-108	Carretilla
36	SAC-112	Carro de transporte
37	SAC-113	Poleas
38	SAC-040	Rieles
39	SAC-004	Ascensor sierra canal TKF

6.3 CRITICIDAD DE EQUIPOS

Por medio del método de factores ponderados se realiza el análisis de criticidad de equipos en el área de sacrificio de la empresa Coolesar.

A continuación se presentan los pasos que se hicieron a cada uno de los equipos mencionados en el inventario anteriormente. Se tomará a manera de ejemplo un equipo y se explicará brevemente.

6.3.1 Pistola neumática de aturdimiento

Figura 7. Pistola neumática de aturdimiento



Con la participación del ingeniero de mantenimiento, operadores y de las demás personas que intervienen en la operación del equipo tales como seguridad y

ambiente y procesos se evalúan los factores ponderados donde seleccionamos criterios como frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto en seguridad ambiente higiene (SAH). Luego de evaluados los factores, se introducen en la fórmula de Criticidad Total y se obtiene el valor global de criticidad.

Tabla 3. Factores ponderados para la pistola neumática de aturdimiento

Código	Factores a evaluar	Valor	Consecuencia	Criticidad
SAC-001	Frecuencia de fallas	2	18	36
	Impacto Operacional	4		
	Flexibilidad Operacional	2		
	Costo de Mantenimiento	2		
	Impacto SAH	8		

En este caso como resultado del análisis de criticidad de la pistola neumática de aturdimiento, se obtuvo una criticidad total de 36 utilizando la ecuación 1. De acuerdo a este resultado, este equipo se ubica en el área de equipos de media criticidad.

6.4 CÁLCULO DE CRITICIDAD DE TODAS LAS MÁQUINAS

Tabla 4. Resumen de cálculos de criticidad

RESUMEN DE CALCULOS DE CRITICIDAD			
No	CODIGO	EQUIPO	Criticidad
1	SAC-001	Pistola neumática de aturdimiento 64137 hantover	36
2	SAC-002	Pistola de fulminante cash special 29680 calibre 22	19
3	SAC-003	Winche de izado	76
4	SAC-034	Winche de tranferencia de patas	14
5	SAC-027	Sierra de pecho 500E	96
6	SAC-015	Descueradora	14
7	SAC-061	Esperlancador de vísceras	34
8	SAC-060	Esperlancador canal	34

RESUMEN DE CALCULOS DE CRITICIDAD			
No	CODIGO	EQUIPO	Criticidad
9	SAC-010	Sierra de canal	96
10	SAC-094	Báscula PRO-2010-E	5
11	SAC-063	Bomba 1 (lavado de canal) ihm bomba centrífuga cd1h-2	45
12	SAC-029	Cuarto frío de canal 1	46
13	SAC-030	Cuarto frío de canal 2	46
14	SAC-048	Cuarto frío de canal 3	46
15	SAC-049	Cuarto frío de canal 4	46
16	SAC-042	Cuarto frío túnel congelado	46
17	SAC-043	Cuarto frío de almacén de congelado	46
18	SAC-044	Cuarto frío de vísceras	34
19	SAC-036	Elevador de visceras cm lodestar modelo j 500 kg	26
20	SAC-037	Escaldadora de panza	45
21	SAC-041	Escaldadora de librillo	45
22	SAC-032	Escaldadora de patas	45
23	SAC-035	Electro bomba sumergible 1 (estercolera) SE 203 BARNES	45
24	SAC-024	Electro bomba sumergible 2 (agua residuales)	45
25	SAC-081	Electro bomba sumergible 3 (bombeo de sangre)	45
26	SAC-023	Sierra deshuese v40i javar	36
27	SAC-056	Banda transportadora frigo tec	13
28	SAC-022	Molino m32irt javar	26
29	SAC-025	Empacadora al vacío 1 s 225 dk vac-star	39
30	SAC-083	Empacadora al vacío 2 javar	39
31	SAC-026	Tanque de termoencogido vc999 tank 62.41i	38
32	SAC-095	Báscula de canal fria PRO-2010- LP7510	5
33	SAC-101	Báscula de plataforma tcs-k	5
34	SAC-100	Báscula de pieles	5
35	SAC-108	Carretilla	3
36	SAC-112	Carro de transporte	3
37	SAC-113	Poleas	6
38	SAC-040	Rieles	8
39	SAC-004	Ascensor sierra canal TKF	42

6.5 DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla de resumen de cálculos de criticidad, se observa que en la planta de sacrificio existen tres (3) equipos con alto índice de criticidad. En base a esto y con la autorización de los directivos de la planta, se realizará un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM a los equipos SAC-003 (Winche de izado), SAC-027 (Sierra de pecho 500E) y SAC-010 (Sierra de canal), con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos, reducir costos de mantenimiento y mejorar la habilidad administrativa de los recursos.

7. DESARROLLO DEL PROCESO RCM PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS

7.1 TAXONOMÍA DE EQUIPOS

Esta primera parte consiste seleccionar el sistema, subsistema y equipos que se van a estudiar, en el siguiente esquema se observan los equipos críticos definidos:

Figura 8. Jerarquía de la planta

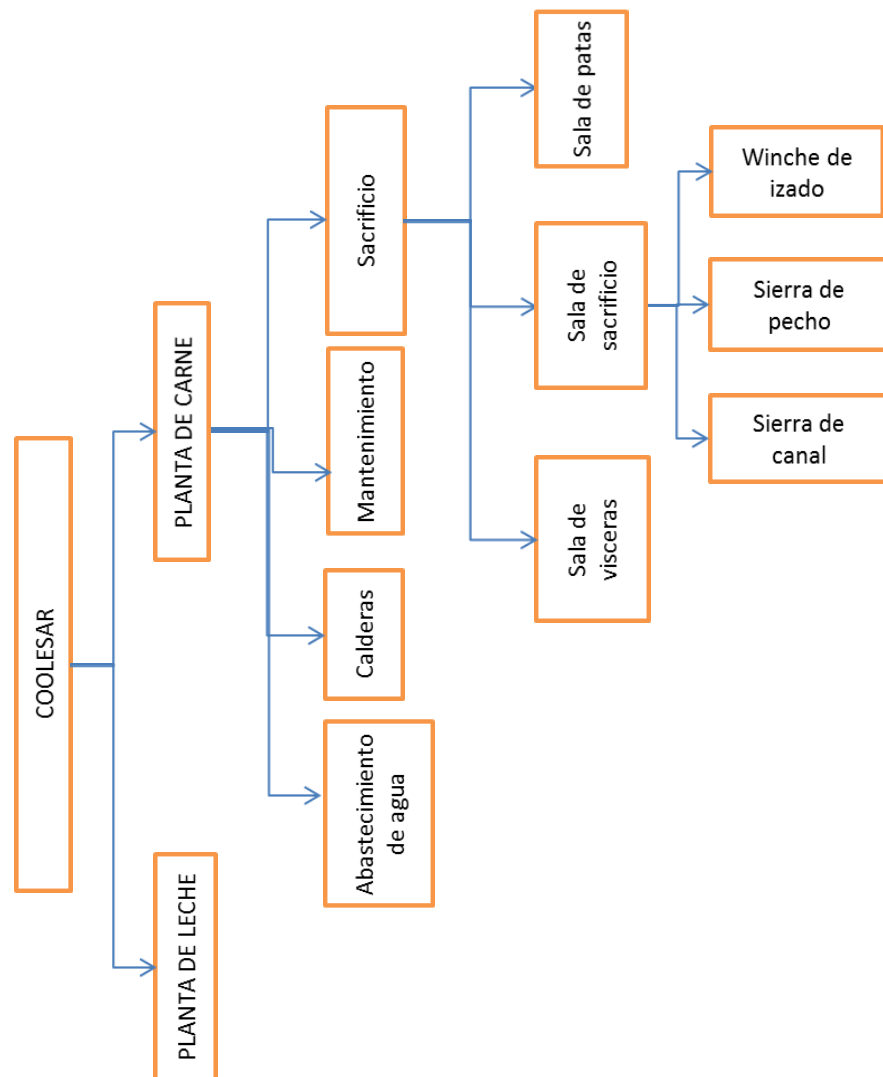


Figura 9. Equipos Críticos

Winche de izado



Sierra de canal



Sierra de canal

7.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A continuación se muestran las características técnicas de los equipos:

Tabla 5. Características técnicas del equipo

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO
Winche de izado	Marca: D'ALASAR
	Modelo: TIPO D.A.90 H/F3
	Potencia: 5,5 HP
	Especificaciones del motor: 220 V, 3 PF, 60 Hz
	RPM: 1800 / 25
	Relación: 70 / 1
Sierra de pecho	Marca: KENTMASTER
	Modelo: 500E
	Activación: Eléctrica
	Potencia: 1 HP
	Especificaciones del motor: 220/440 V, 3 PH, 60 Hz
	Largo y apertura de la hoja : 12" (305mm)
	Peso: 82 Lbs (37 Kg)
Gatillo de control-tipo: Un gatillo /eléctrico	
Sierra de canal	Marca: KENTMASTER
	Modelo: BANDMASTER BM-V-SB
	Activación: Eléctrica
	Duración del ciclo de corte: 120 reses/hora
	Apertura de la hoja: 21" (533mm)
	Largo de la hoja:131" (3327mm)
	Potencia: 3 HP
	Especificaciones del motor: 220 - 440 V, 3PH - 60 Hz
	Peso: 203 Lbs (93 Kg)
	Gatillos de control-tipo: Dos gatillos /eléctricos

7.3 CONDICIONES OPERACIONALES

En esta etapa del proceso se definen las condiciones operacionales del equipo, esta información fue suministrada por las personas que hacen parte del contexto operacional de los equipos.

Tabla 6. Condiciones Operacionales

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES
Winche de izado	Marca: D'ALASAR	Operador fijo
	Modelo: TIPO D.A.90 H/F3	
	Potencia: 5,5 HP	En promedio 4 horas de operación al día
	Especificaciones del motor: 220 V, 3 PF, 60 Hz	Tambor gira a 25 rpm
	RPM: 1800 / 25	
	Relación: 70 / 1	Peso de la res no mayor a 1000 Kg
Sierra de pecho	Marca: KENTMASTER	Operador fijo
	Modelo: 500E	
	Activación: Eléctrica	
	Potencia: 1 HP	
	Especificaciones del motor: 220/440 V, 3 PH, 60 Hz	En promedio 4 horas de operación al día
	Largo y apertura de la hoja : 12" (305mm)	
	Peso: 82 Lbs (37 Kg)	
	Gatillo de control-tipo: Un gatillo /eléctrico	
Sierra de canal	Marca: KENTMASTER	Operador fijo
	Modelo: BANDMASTER BM-V-SB	
	Activación: Eléctrica	
	Duración del ciclo de corte: 120 reses/hora	
	Apertura de la hoja: 21" (533mm)	
	Largo de la hoja:131" (3327mm)	En promedio 4 horas de operación al día
	Potencia: 3 HP	
	Especificaciones del motor: 220 - 440 V, 3PH - 60 Hz	
	Peso: 203 Lbs (93 Kg)	
	Gatillos de control-tipo: Dos gatillos /eléctricos	

7.4 CONDICIONES AMBIENTALES

En este paso se definen las condiciones ambientales de los equipos, las cuales se pueden observar a continuación:

Tabla 7. Condiciones Ambientales

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	
Winche de izado	Marca: D'ALASAR	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	
	Modelo: TIPO D.A.90 H/F3		Temperatura: 36-38 °C	
	Potencia: 5,5 HP	En promedio 4 horas de operación al día	Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio	
	Especificaciones del motor: 220 V, 3 PF, 60 Hz RPM: 1800 / 25	Tambor gira a 25 rpm	Presencia de sangre animal en el ambiente	
	Relación: 70 / 1	Peso de la res no mayor a 1000 Kg	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente	
Sierra de pecho	Marca: KENTMASTER	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	
	Modelo: 500E		Temperatura: 36-38 °C	
	Activación: Eléctrica		En promedio 4 horas de operación al día	Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio
	Potencia: 1 HP			Presencia de sangre animal en el ambiente
	Especificaciones del motor: 220/440 V, 3 PH, 60 Hz	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente		
	Largo y apertura de la hoja : 12" (305mm)	En promedio 4 horas de operación al día	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente	
	Peso: 82 Lbs (37 Kg)			
Gatillo de control-tipo: Un gatillo /eléctrico				
Sierra de canal	Marca: KENTMASTER	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	
	Modelo: BANDMASTER BM-V-SB		Temperatura: 36-38 °C	
	Activación: Eléctrica		En promedio 4 horas de operación al día	Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio
	Duración del ciclo de corte: 120 reses/hora			Presencia de sangre animal en el ambiente
	Apertura de la hoja: 21" (533mm)			Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente
	Largo de la hoja:131" (3327mm)	En promedio 4 horas de operación al día	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente	
	Potencia: 3 HP			
	Especificaciones del motor: 220 - 440 V, 3PH - 60 Hz			
	Peso: 203 Lbs (93 Kg)			
Gatillos de control-tipo: Dos gatillos /eléctricos				

7.5 FRONTERAS E INTERFASES

Se definen en esta etapa del proceso las fronteras e interfaces y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Fronteras e interfaces

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)
Winche de izado	Marca: D'ALASAR	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	Incluye motoreductor, tambor, cable, contactores, interruptores, cadena	E: Señal eléctrica S: Movimiento giratorio
	Modelo: TIPO D.A.90 H/F3		Temperatura: 36-38 °C		
	Potencia: 5,5 HP	En promedio 4 horas de operación al día	Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio		
	Especificaciones del motor: 220 V, 3 PF, 60 Hz RPM: 1800 / 25	Tambor gira a 25 rpm	Presencia de sangre animal en el ambiente		
	Relación: 70 / 1	Peso de la res no mayor a 1000 Kg	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente		
Sierra de pecho	Marca: KENTMASTER	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	Incluye motor, buje, rodamiento, hoja de corte, eje, tornillo de sujecion del eje, gatillo electrico, carcasa	E: Señal eléctrica S: Movimiento lineal
	Modelo: 500E		Temperatura: 36-38 °C		
	Activación: Eléctrica		Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio		
	Potencia: 1 HP				
	Especificaciones del motor: 220/440 V, 3 PH, 60 Hz	En promedio 4 horas de operación al día	Presencia de sangre animal en el ambiente		
	Largo y apertura de la hoja : 12" (305mm)		Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente		
Peso: 82 Lbs (37 Kg) Gatillo de control-tipo: Un gatillo /eléctrico					
Sierra de canal	Marca: KENTMASTER	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	Incluye motor, bujes, rodamientos, cinta de corte, rueda delantera y trasera, gatillos electricos, carcasa	E: Señal eléctrica S: Movimiento circular
	Modelo: BANDMASTER BM-V-SB		Temperatura: 36-38 °C		
	Activación: Eléctrica		Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio		
	Duración del ciclo de corte: 120 reses/hora				
	Apertura de la hoja: 21" (533mm)	En promedio 4 horas de operación al día	Presencia de sangre animal en el ambiente		
	Largo de la hoja: 131" (3327mm)		Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente		
	Potencia: 3 HP				
	Especificaciones del motor: 220 - 440 V, 3PH - 60 Hz		Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente		
	Peso: 203 Lbs (93 Kg) Gatillos de control-tipo: Dos gatillos /eléctricos				

7.6 DEFINICIÓN DE FUNCIONES

Se definen las funciones de los equipos en su contexto operacional junto con los parámetros de funcionamientos deseados. En la tabla siguiente se pueden observar las funciones

Tabla 9. Definición de funciones

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód. Fun.	FUNCIONES
Winche de izado	Marca: D'ALASAR	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	Incluye motoreductor, tambor, cable, contactores, interruptores, cadena	E: Señal eléctrica S: Movimiento giratorio	F01	Elevar la res hasta 4 metros de altura
	Modelo: TIPO D.A.90 H/F3		Temperatura: 36-38 °C				
	Potencia: 5,5 HP	En promedio 4 horas de operación al día	Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio				
	Especificaciones del motor: 220 V, 3 PF, 60 Hz	Tambor gira a 25 rpm	Presencia de sangre animal en el ambiente				
	RPM: 1800 / 25		Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente				
Relación: 70 / 1	Peso de la res no mayor a 1000 Kg		F03	Elevar en promedio 60 reses al día			
Sierra de pecho	Marca: KENTMASTER	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	Incluye motor, buje, rodamiento, hoja de corte, eje, tornillo de sujeción del eje, gatillo eléctrico, carcasa	E: Señal eléctrica S: Movimiento lineal	F04	Cortar esternon y cadera de las reses
	Modelo: 500E		Temperatura: 36-38 °C				
	Activación: Eléctrica		Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio				
	Potencia: 1 HP		Presencia de sangre animal en el ambiente				
	Especificaciones del motor: 220/440 V, 3 PH, 60 Hz	En promedio 4 horas de operación al día	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente				
	Largo y apertura de la hoja: 12" (305mm)						
	Peso: 82 Lbs (37 Kg)						
Gatillo de control-tipo: Un gatillo /eléctrico							
Sierra de canal	Marca: KENTMASTER	Operador fijo	Humedad ≈ 70%	Incluye motor, bujes, rodamientos, cinta de corte, rueda delantera y trasera, gatillos eléctricos, carcasa	E: Señal eléctrica S: Movimiento circular	F05	Cortar longitudinalmente (columna) las reses
	Modelo: BANDMASTER BM-V-SB		Temperatura: 36-38 °C				
	Activación: Eléctrica		Las instalaciones se lava todos los días con hipoclorito de sodio				
	Duración del ciclo de corte: 120 reses/hora		Presencia de sangre animal en el ambiente				
	Apertura de la hoja: 21" (533mm)	En promedio 4 horas de operación al día	Presencia de cebo (grasa animal) en el ambiente				
	Largo de la hoja: 131" (3327mm)						
	Potencia: 3 HP						
	Especificaciones del motor: 220 - 440 V, 3PH - 60 Hz						
	Peso: 203 Lbs (93 Kg)						
Gatillos de control-tipo: Dos gatillos /eléctricos							

7.7 ANÁLISIS FMEA Y DEFINICIÓN DE TAREAS

Siguiendo con la metodología de RCM, una vez definidas las características técnicas de los equipos, se realiza el análisis de los modos de fallas, efectos de fallas, donde se forma un equipo con todas las personas que hacen parte del mantenimiento, las cuales participaron en la determinación de tareas para minimizar o eliminar las consecuencias de las fallas potenciales.

El análisis FMEA es una aproximación estructurada para estimar el riesgo de las causas específicas de las fallas y permite identificar los modos de fallas que deberían ser eliminados o reducidos. Para la definición de funciones, el análisis de modos de fallas y la definición de tareas se estructuró con la metodología del FMEA y se estableció la criticidad del mismo en función de las consecuencias para los cuatro aspectos: humanas, ambientales, costos e imagen, la cuales se cruzan con su probabilidad de ocurrencia.

Tabla 10. Matriz de riesgo FMEA

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD						
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	≥\$8.000.000	Internacional	Catastrofico	1	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	Entre \$5.000.000-\$8.000.000	Nacional	Critico	2	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	Entre \$3.000.000-\$5.000.000	Regional	Marginal	3	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	Entre \$500.000-\$3.000.000	Local	Insignificante	4	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Nunguna	No afecta el medio ambiente	Entre 0- \$500.000	Ninguno	Ninguno	5	A5	B5	C5	D5	E5	F5
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

Fuente: ORTIZ PLATA Daniel Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2016

Tabla 11. Análisis FMEA y definición de tareas

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos (que sucede cuando falla)	Falla oculta	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor del riesgo económico (mtto)	Tipo de decisión	Descripción tarea	FRECUENCIA (mes)	Herramientas	Recursos	Cod. Tarea
F01	Elegir la res hasta 4 metros de altura	F01.1	No eleva la res	F01.1.1	Interruptores dañados por corrosión	No enciende el motor	si	A5	A5	F5	A5	\$18.000	Cambio cíclico	Reemplazar interruptores	1	Destornillador, alicate, silicona , interruptores	Técnico electricista	T1
				F01.1.2	se quema los contactores	No enciende el motor	si	A5	A5	F5	A5	\$120.000	Cambio cíclico	Reemplazar contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista	T2
				F01.1.3	se quema el cable por recalentamiento	no arranca el motor, hace cortocircuito y dispara el gurdamotor	si	A5	A5	E5	A5	\$130.000	Tarea a condición	Inspeccionar cableado	1 día	destornillador, alicate, voltmetro, cinta asilante, cable	Técnico electricista	T3
				F01.1.4	Motor en dos fases daños en el contactor	el motor arranca pero con poca fuerza, aumenta el amperaje	si	A5	A5	F5	A5	\$120.000	Tarea a condición	limpieza y retorqueo a los contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista	T4
				F01.1.5	ruptura de cadena por desgaste	no eleva la res	no	A5	D5	D4	A5	\$450.000	Cambio cíclico	Reemplazar cadena	12	llave 3/4, 9/16, pulidora, equipo soldador, cadena, cuerdas	Técnico mecánico	T5
F02	Soportar el peso del animal elevado	F02.1	No soporta el peso de la res	F02.1.1	Interruptores dañados por corrosión	No enciende el motor	si	A5	A5	F5	A5	\$18.000	Cambio cíclico	Reemplazar interruptores	1	DESTORNILLADOR, alicate, silicona , interruptores	Técnico electricista	T6
				F02.1.2	se quema los contactores	No enciende el motor	si	A5	A5	F5	A5	\$120.000	Cambio cíclico	Reemplazar contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista	T7
				F02.1.3	se quema el	no arranca el	si	A5	A5	E5	A5	\$130.000	Tarea a	Inspeccionar	1 día	destornillador,	Técnico	T8

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos (que sucede cuando falla)	Falla oculta	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor del riesgo económico (mtto)	Tipo de decisión	Descripción tarea	FRECUENCIA (mes)	Herramientas	Recursos	Cod. Tarea
					cable por recalentamiento	motor, hace cortocircuito y dispara el gurdamotor							condición	cableado		alicate, voltímetro, cinta asilante, cable	electricista	
				F02.1.4	Motor en dos fases daños en el contactor	el motor arranca pero con poca fuerza, aumenta el amperaje	si	A5	A5	F5	A5	\$120.000	Tarea a condición	limpieza y retorqueo a los contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltímetro	Técnico electricista	T9
				F02.1.5	ruptura de cadena por desgaste	no eleva la res	no	A5	D5	D4	A5	\$450.000	Cambio cíclico	Reemplazar cadena	12	llave 3/4, 9/16, pulidora, equipo soldador, cadena, cuerdas	Técnico mecánico	T10
F03	Elegir en promedio 60 reses al día	F03.1	No eleva en promedio 60 reses al día	F03.1.1	Interruptores dañados por corrosión	No enciende el motor	si	A5	A5	F5	A5	\$18.000	Cambio cíclico	Reemplazar interruptores	1	DESTORNILLADOR, alicate, silicona, interruptores	Técnico electricista	T11
				F03.1.2	se quema los contactores	No enciende el motor	si	A5	A5	F5	A5	\$120.000	Cambio cíclico	Reemplazar contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltímetro	Técnico electricista	T12
				F03.1.3	se quema el cable por recalentamiento	no arranca el motor, hace cortocircuito y dispara el gurdamotor	si	A5	A5	E5	A5	\$130.000	Tarea a condición	Inspeccionar cableado	1 día	destornillador, alicate, voltímetro, cinta asilante, cable	Técnico electricista	T13
				F03.1.4	Motor en dos fases daños en el contactor	el motor arranca pero con poca fuerza, aumenta el amperaje	si	A5	A5	F5	A5	\$120.000	Tarea a condición	limpieza y retorqueo a los contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltímetro	Técnico electricista	T14
				F03.1.5	ruptura de cadena por desgaste	no sostiene	no	A5	D5	D4	A5	\$450.000	Cambio cíclico	Reemplazar cadena	12	llave 3/4, 9/16, pulidora, equipo	Técnico mecánico	T15

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos (que sucede cuando falla)	Falla oculta	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor del riesgo económico (mtto)	Tipo de decisión	Descripción tarea	FRECUENCIA (mes)	Herramientas	Recursos	Cod. Tarea
																soldador, cadena, cuerdas		
F04	Cortar esternon y cadera de las reses	F04.1	No corta esternon y cadera	F04.1.1	desgaste de cuchilla	no corta	no	A5	A4	F5	A5	\$210.000	Cambio cíclico	Reemplazar cuchilla por una nueva	6	dos llaves de 11 milímetros, cuchilla,	Técnico mecánico-Operador	T16
				F04.1.2	desgaste del eje	vibracion, partir la cuchilla, se queda pegada la cuchilla	no	A5	A5	E4	A5	\$440.000	Cambio cíclico	Reemplazar eje	8	llave de 11 mm, llave 9/16, eje	Técnico mecánico	T17
				F04.1.3	desgaste de bujes	se frena, vibracion, se recalientan	si	A5	A5	E5	A5	\$220.000	Cambio cíclico	Reemplazar bujes	1	llave hexagonal 5/16, dos vinchas de seguridad, prensa, bujes	Técnico mecánico	T18
				F04.1.4	desgaste de los rodamientos	ruidos, vibraciones altas, se frena	si	A5	A5	F5	A5	\$60.000	Cambio cíclico	Reemplazar rodamientos	1	destornillador, vincha de seguridad, extractor, martillo, rodamientos	Técnico mecánico	T19
				F04.1.5	se parte tornillo que sujeta al eje por vibración	se bloquea la cuchilla	si	A5	A5	F5	A5	\$3.000	Tarea a condición	Inspeccionar y ajustar	2 días	llave 9/16 , tonillo 3/8 rosca fina x pulgada y media	Técnico mecánico	T20
				F04.1.6	el interruptor accionado por un gatillo se sulfata	No enciende el motor	si	A5	A2	F5	A5	\$110.000	Tarea a condición	Verificar estado del interruptor y realizar limpieza y ajustes	3	llave L de 1/8, destornillador de pala pequeño, interruptor	Técnico mecánico	T21
				F04.1.7	Desajustes por vibracion	altas vibraciones , parte el tornillo que sujeta el eje con la biela	no	A5	A5	F5	A5	-	Tarea a condición	Inspeccionar y ajustar tornillo que sujeta el eje con la biela	3 días	llave 11 mm, llave L 5/16	Técnico Mecánico	T22
F05	Cortar	F05.1	No corta	F05.1.1	desagaste en la	no corta	no	A5	A4	F5	A5	\$86.000	Cambio	Reemplazar	3	cinta, dado de	Técnico	T23

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos (que sucede cuando falla)	Falla oculta	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor del riesgo económico (mtto)	Tipo de decisión	Descripción tarea	FRECUENCIA (mes)	Herramientas	Recursos	Cod. Tarea
	longitudinalmente las reses		longitudinalmente		cinta que corta								cíclico	cinta por una nueva	días	5/8	mecánico-Operador	
				F05.1.2	rodamientos conicos (desgaste)	ruidos, vibraciones altas, se frena	no	A5	A4	F5	A5	\$70.000	Cambio cíclico	Reemplazar rodamientos	2	rodamientos, llave L de 3/16, destornillador, martillo, extractor, grasa	Técnico mecánico	T24
				F05.1.3	aislamiento en los interruptores por la humedad	No enciende el motor	si	A5	A4	F5	A5	\$110.000	Tarea a condición	limpiar e inspeccionar interruptores	1	interruptor, alicate, destornillador, llave L 3/16, silicona	Técnico electricista	T25

7.8 PLAN DE MANTENIMIENTO

Una vez evaluados los modos de fallos y efectos de fallos de los equipos críticos, se genera un plan de mantenimiento con las tareas propuestas, descripción de las tareas, frecuencia, herramientas y recursos necesarios.

Tabla 12. Plan de mantenimiento para los equipos críticos

Plan de mantenimiento para los equipos críticos de la planta de sacrificio de Coolesar					
Equipo	Código de la tarea	Descripción de la tarea	Frecuencia (mes)	Herramientas	Recursos
Winche de izado	T1	Reemplazar interruptores	1	Destornillador, alicate, silicona , interruptores	Técnico electricista
	T2	Reemplazar contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista
	T3	Inspeccionar cableado	1 día	destornillador, alicate, voltmetro, cinta aislante, cable	Técnico electricista
	T4	limpieza y retorqueo a los contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista
	T5	Reemplazar cadena	12	llave 3/4, 9/16, pulidora, equipo soldador, cadena, cuerdas	Técnico mecánico
	T6	Reemplazar interruptores	1	Destornillador, alicate, silicona , interruptores	Técnico electricista
	T7	Reemplazar contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista
	T8	Inspeccionar cableado	1 día	destornillador, alicate, voltmetro, cinta aislante, cable	Técnico electricista
	T9	limpieza y retorqueo a los contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista
	T10	Reemplazar cadena	12	llave 3/4, 9/16, pulidora, equipo soldador, cadena, cuerdas	Técnico mecánico
	T11	Reemplazar interruptores	1	Destornillador, alicate, silicona , interruptores	Técnico electricista
	T12	Reemplazar contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista
	T13	Inspeccionar cableado	1 día	destornillador, alicate, voltmetro, cinta aislante, cable	Técnico electricista

Plan de mantenimiento para los equipos críticos de la planta de sacrificio de Coolesar					
Equipo	Código de la tarea	Descripción de la tarea	Frecuencia (mes)	Herramientas	Recursos
	T14	limpieza y retorqueo a los contactores	3	destornillador, alicate, cinta aislante, terminales, contactor, voltmetro	Técnico electricista
	T15	Reemplazar cadena	12	llave 3/4, 9/16, pulidora, equipo soldador, cadena, cuerdas	Técnico mecánico
Sierra de pecho	T16	Reemplazar cuchilla por una nueva	6	dos llaves de 11 milímetros, cuchilla,	Técnico mecánico-Operador
	T17	Reemplazar eje	8	llave de 11 mm, llave 9/16, eje	Técnico mecánico
	T18	Reemplazar bujes	1	llave hexagonal 5/16, dos vinchas de seguridad, prensa, bujes	Técnico mecánico
	T19	Reemplazar rodamientos	1	destornillador, vincha de seguridad, extractor, martillo, rodamientos	Técnico mecánico
	T20	Inspeccionar y ajustar	2 días	llave 9/16 , tonillo 3/8 rosca fina x pulgada y media	Técnico mecánico
	T21	Verificar estado del interruptor y realizar limpieza y ajustes	3	llave L de 1/8, destornillador de pala pequeño, interruptor	Técnico mecánico
	T22	Inspeccionar y ajustar tornillo que sujeta el eje con la biela	3 días	llave 11 mm, llave L 5/16	Técnico Mecánico
Sierra Canal	T23	Reemplazar cinta por una nueva	3 días	cinta, dado de 5/8	Técnico mecánico-Operador
	T24	Reemplazar rodamientos	2	rodamientos, llave L de 3/16, destornillador, martillo, extractor, grasa	Técnico mecánico

Plan de mantenimiento para los equipos críticos de la planta de sacrificio de Coolesar					
Equipo	Código de la tarea	Descripción de la tarea	Frecuencia (mes)	Herramientas	Recursos
	T25	limpiar e inspeccionar interruptores	1	interruptor, alicate, destornillador, llave L 3/16, silicona	Técnico electricista

7.9 FORMATO DE INTERVENCIONES

Se realizó un formato de intervenciones con el fin de llevar un registro de cada uno de los equipos, que permitirá llevar un control sobre cada uno de ellos y generar una oportunidad de mejora continua ya que todos estos datos serán registrados y se va armando la hoja de vida de los equipos para de esta manera tomar decisiones gerenciales.

En este formato se va a diligenciar, hora de inicio y de fin de las intervenciones, fechas, responsable de la intervención, tipo de intervención, entre otros.

Tabla 13. Formato de intervenciones

ORDEN DE INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO	
Fecha: _____	Consecutivo <input type="text"/>
Bloque: _____	Área: _____
Solicitado por: _____	
Cargo: _____	
Tipo de Intervención: Cambio ciclico:___ Rediseño:___ Reacondicionamiento ciclico:___ Mantenimiento preventivo:___ Mantenimiento correctivo:___	
Código: _____	Equipo: _____
Ordenado a: _____	
Diagnostico: Explique brevemente cómo encontró el equipo _____ _____	
Descripción de la tarea: Explique el paso a paso de la tarea que realizó _____ _____ _____	
Materiales: _____	
Hora de inicio: _____ Hora de Finalización: _____	
Observaciones: (Intervención diferente al trabajo a realizar, anomalías, entre otros)	
_____ _____	
Realizado por _____	Verificado por _____

8. CONCLUSIONES

- El análisis de criticidad es de mucha importancia durante el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, ya que permitió evaluar los equipos de la planta y seleccionar los más críticos considerando la cantidad de fallas funcionales y los efectos de las fallas que son los que generan un gran riesgo económico y ambiental.
- El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología de gran ayuda para el departamento de mantenimiento en las empresas ya que por medio de ésta se define un plan de mantenimiento con las tareas a realizar, frecuencias de intervenciones, herramientas y recursos necesarios. A la vez es importante llevar un seguimiento de estas actividades y modificarlo si es necesario con el fin de mejorar continuamente.
- Con el fin de minimizar o eliminar las consecuencias de las fallas de los equipos críticos del área de sacrificio de la empresa, la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM permitió establecer las tareas necesarias, frecuencias, recursos y herramientas en el plan de mantenimiento.
- Todas las intervenciones que se les practiquen a los equipos deberán ser registradas para llevar un seguimiento a cada uno de éstos por medio de la creación de hojas de vida, que permitirá mejorar los planes de mantenimiento rediseñando frecuencias y recursos.
- La metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad es una oportunidad que tiene la empresa para aumentar la disponibilidad de sus equipos y poder cumplir con sus metas de producción.

9. RECOMENDACIONES

- La metodología RCM se puede implementar a cualquier equipo o sistema de la empresa, lo importante es tener apoyo de una persona experta en el tema y del personal de la organización que hace parte del contexto operacional de los equipos tales como la de operación, procesos, mantenimiento.
- Para el análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad se registró información detallada de todas fallas que han sucedido y que puedan suceder en los equipos, de esta manera se recomienda alimentar este proceso con las nuevas fallas que vayan sucediendo y no hayan sido registradas.

BIBLIOGRAFÍA

ABELLA MUÑOZ, Ma Belen. *Mantenimiento industrial*. Madrid : Ebook, 2003.

BORRAS PINILLA, Carlos. *Especialización en gerencia de mantenimiento- Mantenimiento Preventivo*. Bucaramanga 2015.

GUTIÉRREZ Edwin, AGUERO Miguel, CALIXTO Ivaneska. Analisis de criticidad integral de activos [en línea] [Citado el: 24 de Septiembre de 2016.] disponible en: http://www.academia.edu/11411635/AN%C3%81LISIS_DE_CRITICIDAD_INTEGRAL_DE_ACTIVOS_.

HARRIS, A Kelly y M.J. *Gestión del mantenimiento industrial*. 1998 : Gráficas Mar-Car, S.A., 1998.

JA1011, SAE.. *Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes*. s.l. : Society of automotive engineers, 1999.

MOUBRAY MILTCHELL, Jhon. *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Aladon Ltd, 2004.

NAVARRO Luis, PASTOR TEJEDOR Ana Clara, MUGABURU LACAB Jaime Miguel. *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona (España) : Boixareu editores, 1997.

ORTIZ PLATA, Daniel. *Especialización en gerencia de mantenimiento- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Bucaramanga, Colombia : s.n., 27 de Octubre de 2015.