



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para
aumentar la disponibilidad de la flota de desbrozadoras de la empresa
Agroindustrial Virú S.A.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Romero Marcelo, Julio Alixis (ORCID: 0000-0002-6065-2014)

ASESOR:

Mg. Ulloa Bocanegra, Segundo Gerardo (ORCID: 0000-0003-1635-9563)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios por guiarme siempre. A los docentes que me permitieron su sabiduría en sus conocimientos para mi presente investigación.

A mi familia que me apoyaron y me respaldaron en todo momento para la culminación de mi presente informe.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad César Vallejo por formarme integralmente a lo largo del desarrollo académico de mi carrera, a los docentes que con su experiencia contribuyeron al fortalecimiento de mis competencias.

Quiero agradecer a Dios por darme la vida y la fuerza para guiarme por el camino que ha trazado para mí.

A mi Madre por ser la razón que tengo en la vida, para seguir en cada paso firme que doy, y por brindarme ese apoyo único en mis estudios universitarios, a ella mi eterno agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población y muestra.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Método de análisis de datos.....	16
3.6. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN.....	70
VI. CONCLUSIONES	72
VII. RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS	75
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	14
Tabla 2. Listado de flota de desbrozadoras de Agroindustrial Virú	23
Tabla 3. Parámetros de tiempo enero – abril 2018	24
Tabla 4. Parámetros de tiempo mayo – agosto 2018.....	24
Tabla 5. Parámetros de tiempo setiembre – diciembre 2018	25
Tabla 6. Resultados parámetros de tiempo Enero – Diciembre 2018	26
Tabla 7. Hoja de Información MCC	28
Tabla 8. Hoja de Información MCC	29
Tabla 9. Hoja de Información MCC	31
Tabla 10. Hoja de Información MCC	32
Tabla 11. Hoja de Información MCC	34
Tabla 12. Hoja de Información MCC	35
Tabla 13. Criticidad total por riesgo.....	36
Tabla 14. Criticidad total por riesgo.....	37
Tabla 15. Jerarquización de los modos de falla según CTR	40
Tabla 16. Jerarquización de los modos de falla según CTR	41
Tabla 17. Grado de criticidad de los modos de falla.....	43
Tabla 18. Número de prioridad de riesgo de cada modo de falla	44
Tabla 19. Número de prioridad de riesgo de cada modo de falla	45
Tabla 20. Clasificación de modos de falla según su NPR	46
Tabla 21. Resumen Análisis modos de falla y efectos - AMFE	47
Tabla 22. Resumen Análisis modos de falla y efectos - AMFE	48
Tabla 23. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de corte	49
Tabla 24. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de corte	51
Tabla 25. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de transmisión	52
Tabla 26. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de transmisión	54
Tabla 27. Hoja de decisión MCC de modos de fallas con reducción deseable en sistema de transmisión.....	55
Tabla 28. Hoja de decisión MCC de modos de fallas con reducción deseable en sistema de lubricación	57
Tabla 29. Plan de mantenimiento MCC desbrozadoras	58
Tabla 30. Plan de mantenimiento MCC desbrozadoras	60
Tabla 31. Plan de mantenimiento MCC desbrozadoras	62
Tabla 32. Actividades a realizar en el plan de mantenimiento MCC	64
Tabla 33. Intervenciones periodo setiembre-noviembre 2019.....	65
Tabla 34. Parámetros mejorados con el plan MCC	66
Tabla 35. Parámetros mejorados con mantenimiento centrado en MCC	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desbrozadora de espárrago.....	18
Figura 2. Número de desbrozadoras con relación a su antigüedad	18
Figura 3. Versiones disponibles de la flota de desbrozadoras	19
Figura 4. Carcasa tubular para soporte de cuchillas (imagen referencial)	20
Figura 5. Eje cardánico de desbrozadora (imagen referencial)	20
Figura 6. Conjunto de poleas y bandas.....	21
Figura 7. Conjunto palas de turbina y reductor.....	22
Figura 8. Tendencia disponibilidad de flota de desbrozadoras.....	26
Figura 9. Resultado de la Matriz de Criticidad.....	39
Figura 10. Parámetros mejorados con mantenimiento centrado en MCC	68
Figura 11. Comparación de la disponibilidad de flota.....	69

RESUMEN

Dentro de la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) además de ser una metodología que propone el estudio del equipo incluye una serie de subsistemas relacionándose con el entorno físico en el que convive.

La investigación propuesta para la definición de los inconvenientes que detienen la optimización de las funciones de la flota de desbrozadoras de la empresa Agroindustrial Virú S.A. usando el Análisis de modo de fallas y efectos (AMFE), que busca gestionar de manera óptima el mantenimiento en su flota de desbrozadoras, asegurando una mejor disponibilidad.

La aplicación de esta propuesta logrará un significativo ahorro progresivamente en los años siguientes. También se puede nombrar los resultados: Se estableció un nuevo plan de mantenimiento para tener una gestión adecuada en el mantenimiento y permitir la disponibilidad en la flota de desbrozadoras. Establecimos estrategias en mejora en el área de mantenimiento de estas máquinas.

Palabras clave: Confiabilidad, Disponibilidad, Análisis de modo de fallas y efectos (AMFE)

ABSTRACT

Within the application of Reliability Centered Maintenance (MCC), in addition to being a methodology that proposes the study of the equipment, it includes a series of subsystems relating to the physical environment in which it lives.

The proposed investigation to define the inconveniences that stop the optimization of the functions of the brushcutter fleet of the company Agroindustrial Virú S.A. using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), which seeks to optimally manage maintenance in its fleet of brushcutters, ensuring better availability.

The application of this proposal will progressively achieve significant savings in the following years. You can also name the results: A new maintenance plan was established to have proper management in maintenance and allow availability in the fleet of brushcutters. We established improvement strategies in the area of maintenance of these machines.

Keywords: Reliability, Availability, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

I. INTRODUCCIÓN

En las 2 décadas últimas a nivel mundial se han generado una serie de avances en la industria y principalmente en la gestión de mantenimiento. Los cambios obedecen primordialmente al incremento exponencial de las cantidades y modelos variables en los activos; los mismos que tienen que ser mantenidos, con métodos novedosos en el mantenimiento. A medida que avanza el tiempo, se observan innovaciones en el mantenimiento que llevan al tope las habilidades y actitudes en las diversas ramas existentes en una industria; por lo que los colaboradores de mantenimiento deben pensar de una manera diferente, y operar gerentes e ingenieros, por consiguiente, los gerentes a nivel mundial se encuentran en la búsqueda de acercarse al mantenimiento. Desean eliminar fallas de arranque, tiempos inoperantes que traen como consecuencia un nivel elevado de pérdidas a las industrias. (MOUBRAY, 2004)

Actualmente el departamento de mantenimiento de empresas agroindustriales presenta serios inconvenientes al asignar recursos de personal, repuestos y herramientas en labores de mantenimiento, para el correcto desarrollo de éstas, incrementando la probabilidad en la fiabilidad y disponibilidad y en las actividades de la industria, en las 24 horas que operan. Los costos en mantenimiento pueden consumir un buen porcentaje del presupuesto de la organización; “En Estados Unidos, es superior a 17,000 millones de dólares anuales”. (ADMI, 1997)

Las Agroindustrias tienen un papel importante en la economía de los países en crecimiento. En nuestro país, el crecimiento constante de las agroexportaciones ha desplazado a competidores nuestros importantes. (COMEX PERÚ, 2008)

La Libertad es una región agrícola importante; siendo reconocida como zona manufacturera y agropecuaria. (BCRP, 2013)

Para el 2016, hubo 150 empresas exportando productos agrícolas. Sociedad Agrícola Virú S.A. es la principal empresa de la industria, con exportaciones superiores a los 136 millones de dólares estadounidenses, que representan el 16,5% de las exportaciones agrícolas de la región. (MONDRAGÓN, 2017)

La agroindustria es un sector importante del desarrollo económico regional y nacional y requiere su proceso de producción y maquinaria operen continuamente, a fin de conseguir los indicadores de productividad propuestos. Se puede lograr si sus máquinas, equipos, etc. (activos fijos en general) operen de acuerdo a la programación establecida; lo cual conlleva a tener estrategias requeridas de mantenimiento que aseguren una operatividad constante en los activos. Resulta necesario por lo expuesto, contar con reglas aplicables de mantenimiento que reduzcan que una producción se detenga por un fallo.

Ante esto surge la idea del MCC, cuyo proceso se usa para definir qué hacer y que permitan que un activo físico opere de acuerdo a lo que un operario desee que realice en el ámbito operacional. Al aplicar correctamente, el MCC relaciona activos físicos con los colaboradores que las mantienen y operan. Permitiendo que activos físicos o bienes nuevos se usen con alta efectividad, precisión y rapidez, optimizando su disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. (MOUBRAY, 2004)

La empresa agroindustrial Virú S.A. tiene un plan de mantenimiento de maquinaria y equipos, pero no cubre todas las máquinas, como es el caso de la flota de desbrozadoras, que es fundamental en la línea de producción, especialmente en la línea de corte y recolección de espárragos.

Desde el inicio de la flota de desbrozadoras, no se ha seguido el plan de mantenimiento acorde al entorno operativo. Esta situación no solo afecta las funciones de la desbrozadoras debido a la baja disponibilidad de la desbrozadoras, sino que tampoco logra reducir los costos de producción debido a la parada de la línea de producción.

Por todos los casos anteriores, esta investigación es oportuna porque afirma que Agroindustrial Virú S.A. adopta la implementación de un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la flota de desbrozadoras, reduciendo o eliminando situaciones de mantenimiento correctivo mediante un mejor control de fallas.

II. MARCO TEÓRICO

La investigación de Canales (2014) "Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Metodología RCM para el departamento de Patio de Caña", en Costa Rica; buscando incrementar la disponibilidad de Ingenio Central Azucarera del Tempisque S.A. (CATSA), para establecer actividades proactivas para reducir los tiempos de inactividad por mal funcionamiento de las máquinas de Patio de Caña. Se determinó que el tiempo medio entre averías fue de 3110,63 horas y el tiempo medio de reparación de 268,35 horas, obteniendo un índice de disponibilidad actual del 90,8%. Luego de aplicar el método RCM, la disponibilidad del Patio de Caña del Ingenio aumentó a 91.5%, ya que el tiempo perdido por fallas se redujo en un 8%. (Canales, 2014)

Asimismo, Villacrés, S. (2016) en su estudio nombrado " Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa EP " en Ecuador; aplicando métodos RCM, el equipo crítico elaboró un análisis crítico bajo la situación encontrada. Al aplicar la metodología RCM, un plan de mantenimiento determinado puede reducir la tasa de fallas de los componentes del chasis como equipo crítico. Para los 26 modos de falla analizados, se identificaron actividades preventivas para 22 de ellos y se planificaron actividades de mantenimiento correctivo para los 4 modos de falla restantes. Para el modo de falla que genera más tiempo de inactividad y costos de mantenimiento, se corrige reemplazando el cable blindado y el módulo electrónico. Este plan de mantenimiento es efectivo a partir del 1 de enero de 2015. Después de aplicar el plan, los indicadores de falla se redujeron en un 45%, el tiempo de inactividad se redujo en un 58% y la disponibilidad de camiones limpiadores de agua alternativos aumentó en un 90% a un 98%. (VILLACRÉS, S., 2016)

A su vez, HUANCAYA, C. (2016) en su estudio titulado "Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 toneladas/hora de capacidad", de la Pontificia Universidad Católica del Perú; utilizando datos de mantenimiento y operación de la flota de la organización (17 meses). Se realizó un análisis técnico

sobre la optimización del plan de mantenimiento propuesto, y se estima que el volumen de producción aumentará, la disponibilidad de la flota aumentará de 48% a 49%, la confiabilidad aumentará de 42% a 70%, y el n° de fallos se reducirá en un 52%. (HUANCAYA, C., 2016)

Según MONTALVO, E. (2013) en su estudio titulado "Gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad aplicado para una flota de volquetes de 50 toneladas para acarreo de material en la Mina Arasi", aplicó métodos de mantenimiento basados en la confiabilidad (RCM) en Lima, permite mejorar el desempeño de la flota, con un incremento de 60 hrs x und por mes y una ganancia de \$ 1.890.000. La aplicación del Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) mejoró el programa de mantenimiento del 12% al 30%. En total, en 2 años o 12.000 hrs, el tiempo planificado actual se redujo de 37% a 56%, y logramos aumentar la disponibilidad de la flota de camiones volquete de 88% a 93%. (MONTALVO, E., 2013)

De igual forma, CALDERÓN, E. (2016) realizó un estudio titulado "Plan de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa CASA GRANDE S.A.A." en Trujillo; buscando reducir los tiempos de inactividad no planificados producto de fallas funcionales, de esta manera aumentará la productividad del sistema a través de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos críticos de la línea de extracción Trapiche. A través del plan aplicado, el tiempo de reparación (TTR) se redujo de 477 hrs a 236.5 hrs, la disponibilidad aumentó de 91.65% a 99.14%, la mantenibilidad aumentó de 91.88% a 98.85 y la confiabilidad aumentó de 89.00% a 96.08%. (CALDERÓN. E., 2016)

Asimismo, ARAUJO, E. en su trabajo titulado "Influencia de la confiabilidad en los índices de la flota de Tractores JD MF 291 en la empresa Casa Grande SAC" en Trujillo; aplicando el método de mantenimiento centrado en confiabilidad a la flota de tractores agrícolas que trabajan en fincas de caña de azúcar. Usando el método MCC, pudo determinar que la disponibilidad actual de la flota de tractores era 77%, y también pudo determinar que las tasas actuales de confiabilidad y mantenibilidad eran 86% y 4%, respectivamente. Estimó un aumento de la disponibilidad a 96%, una mantenibilidad constante del 4%. Y un aumento en la

confiabilidad a 98%. Logrando una reducción de 22 fallas, 892.17 horas de reparación y 315 intervenciones, aumentando el tiempo promedio entre fallas de 162.14 hrs útiles.

Según MEDINA (2009), el mantenimiento permite la mejora de actividades operativas importantes de una organización. Racionaliza los costos de operación. El mantenimiento es periódico y permanente, preventivo y correctivo. Los equipos se elegirán, establecido en el servicio y su calidad anhelada. El equipo ocupa en término segundo, si no proporciona lo deseado, por lo que debería ser cambiado.

En cuanto a las metas contenidas en el mantenimiento, podemos decir que su objetivo principal es alcanzar el límite más alto de operabilidad logrando indicadores de mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad en las condiciones de menor costo, altos requisitos de calidad y bajos niveles de seguridad. Degradación ambiental (BRAVO, 2007). Podemos mencionar funciones: planificar, programar y ejecutar actividades de mantenimiento. Instalar y controlar equipos y sistemas. (AZABACHE, 2002)

Para GARCÍA (2012), el área de mantenimiento busca 4 objetivos: logra un valor de disponibilidad; lograr un valor de fiabilidad; asegurar una vida útil larga y lograrlo con un presupuesto planificado. El plan incluye tres tipos de actividades: las rutinarias realizadas diariamente; las programadas desarrolladas anualmente y las llevadas a cabo en las paradas proyectadas.

También es significativo comprender los tipos de mantenimiento más utilizados en la industria. Según PALACIOS (2015), el mantenimiento se divide en 4 tipos: Preventivo: buscan tener el equipo en óptimo estado de conservación, Correctivo: devolver el equipo al estado previo a la falla. Predictivo: predecir en qué momento se puede producir el fallo a fin de adelantarse a él. Revisión a cero (overhaul): Aquellas tareas que “llevan a nuevo” al equipo. En otras palabras, se reemplazan todas aquellas partes que están sujetas a un mayor desgaste, por lo que puede verse como un desgaste de cero hrs y un impacto de funcionamiento. Estas tareas suelen estar proyectadas.

Y por último el TPM (Mantenimiento Productivo Total) que es un sistema basado en la filosofía japonesa "Mantenimiento al primer nivel", referida a que el mismo usuario prepara tareas pequeñas de mantenimiento: inspección, reglaje, sustitución de cosas pequeñas, etc., entregando al responsable de mantenimiento los datos requeridos a fin de que en el futuro se pueda hacer mejor conocimiento de causa. *Mantenimiento*: Tener las instalaciones en buen estado. *Productivo*: Busca incrementar la productividad. *Total*: todos los colaboradores. (MUÑOZ, 2010)

Es importante distinguir entre tipos de mantenimiento y estrategias de mantenimiento. Definimos "tipo de mantenimiento" como la operación o tarea involucrada en el mantenimiento de los equipos, y como regla general, se refiere al momento de ejecución cuando ocurre una falla. De esta forma, se establecen tareas preventivas antes de que se produzca el fallo para evitarlo. En su lugar, realice tareas de mantenimiento correctivo después de que ocurra una falla para restaurar el equipo a su estado de servicio. Sin embargo, la "estrategia de mantenimiento" representa una combinación de diferentes tipos de tareas involucradas en el logro de los objetivos de mantenimiento (confiabilidad, disponibilidad, etc.). La mejor estrategia de mantenimiento es una estrategia que combina los 4 tipos de tareas anteriores. (PALACIOS, 2015)

En estas estrategias de mantenimiento, discutiremos el mantenimiento enfocado en confiabilidad RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) se origina en la aviación civil al elaborar un informe de los procesos usados en la preparación de programas de mantenimiento en aviones. A partir de ellos se descubren dos cosas:

- Un cambio programado logra efecto bajo en la confiabilidad del bien complejo salvo que tenga una manera de falla dominante.
- Existen bienes donde un mantenimiento programado no funciona (MOUBRAY, 2006).

Para SÁNCHEZ (2006), el mantenimiento basado en confiabilidad es una estrategia basada en procedimientos de análisis de planta, y las conclusiones extraídas incluyen capacitación, mejora de tareas, mejora de señal, etc. En otras palabras, MCC es un método orientado a fallas. Estudio en profundidad de cómo ocurrió la falla en la instalación para determinar cómo ocurrió esta situación.

El MCC es una metodología propuesta totalmente estandarizada, registrando sus etapas en documentos preparados que agilizan su implementación. Sugiere procedimientos para encontrar necesidades reales de mantenimiento en las operaciones actuales, usando siete preguntas: *¿Cuáles son los parámetros y funciones de operatividad del activo en su ámbito de operación?, ¿Cómo falla en satisfacer su función?, ¿Qué da origen a la falla funcional?, ¿Qué pasa al ocurrir la falla?, ¿Importa si fallase?, ¿Cómo prevenir o predecir una falla?, ¿Qué hacer al no hallar una buena tarea proactiva de mantenimiento?.* (MOUBRAY, 2006)

Según PEREZ (2012), define de cada una de estas preguntas de la siguiente forma:

Funciones y sus Estándares de Funcionamiento. Cada debe tendrá una función determinada. El MCC inicia definiendo funciones y estándares de índole funcional asociado a cada equipo en su contexto operacional.

Fallas Funcionales. Definir las posibles fallas de cada elemento en la operatividad de sus funciones. Define una falla funcional, como la incapacidad de un componente de un equipo para lograr el estándar de funcionamiento requerido.

Modos de Falla (Causas de Falla). Definir los modos de falla más probables de ocasionar la pérdida de la función. Deberá definir cuál es la causa original de la falla.

Efectos de las Fallas. Registrar los efectos de la falla. Aquí se puede decidir la trascendencia de cada falla, y consiguientemente el nivel de mantenimiento requerido de ser necesario.

Consecuencias de las Fallas. Preguntar cuánto y cómo importa la falla. Al determinar las consecuencias se puede tratar de prevenirlo.

RCM las clasifica en 4 grupos: (PEREZ, 2012)

- Consecuencias Operacionales
- Consecuencias de las fallas no evidentes
- Consecuencias que no son operacionales
- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente

La propuesta del MCC es aplicar el análisis de modos de falla y efectos (AMFE). Buscando identificar modos de falla como causantes posibles de las fallas funcionales, definiendo consecuencias de falla asociados (AGUILAR Y OTROS, 2010). Para ello se usa el formato “Hoja de Información de MCC” (Anexo A3).

Una vez elaborada la hoja de información MCC de cada sistema que constituye la máquina, se clasificará el riesgo de cada modo de falla existente utilizando el modelo de criticidad semicuantitativa CTR (Criticidad Total por Riesgo), que permite analizar semicuantitativamente, en forma práctica y sencilla (PARRA Y OMAÑA, 2001). Matemáticamente es expresado por la multiplicación de frecuencia en fallas (fallos/año) y los efectos de los sucesos de fallos. Esta es la fórmula matemática: $C = (IO \times FO) + CM + SHA$, donde:

CM: costos en mantenimiento

SHA: Impacto en higiene, seguridad y ambiente

FO: flexibilidad de operaciones

IO: Impacto en producción

Finalmente, CTR (criticidad total del riesgo) será:

$$CRT = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA). \text{ (AMÉNDOLA, 2011)}$$

Esto se puede ver en la matriz de criticidad del Anexo A5

Al desarrollar AMFE se conoce el N° de Prioridad de Riesgo (NPR), que indica la ruta y priorizar esfuerzos a fin de conseguir mejoras. (DA COSTA, 2010)

Hojas de decisiones. (Anexo A8) Sirve para integrar consecuencias y tareas, permitiendo responder 3 preguntas de la metodología del RCM:

¿Qué importa si falla?

¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

¿Qué debe hacerse en caso de no encontrar una tarea proactivamente apropiada?

Esta hoja se divide en 16 columnas. Las 3 primeras columnas F, FF, y FM definen el modo de falla. Se usa para correlacionar lo referido en las Hojas de información y las Hojas de decisión. Los encabezados de las 10 columnas que siguen son interrogantes del árbol de decisiones. (Anexo A9)

Para determinar el índice de **disponibilidad** del mantenimiento actual de la flota de desbrozadoras, en primer lugar necesitamos conocer algunos parámetros de mantenimiento (tiempos de mantenimiento), estos parámetros también nos ayudarán a establecer otros indicadores de gestión, como confiabilidad y mantenibilidad. Por consiguiente, se definen estos parámetros: (DÍAZ, 2008)

- *Tiempo para reparar (TPR):* Tiempo para corregir falla y restaurar la función de un equipo. Se define como: $TPR_i = \sum_{i=1}^n TPR_i$
- *Tiempo entre fallas (TEF),* Tiempo desde la ocurrencia de la última condición de falla a la actual. La fórmula es: $TEF_i = T_{p_i} - TPR_i$
- *Tiempo medio para reparar (TMPR),* Tiempo esperado para reparar dicho elemento. Se define: $TMPR = \frac{\sum_{i=1}^n TPR}{i}$
- *Tiempo medio entre fallas (TMEF),* Tiempo de un equipo sin tener interrupción por una falla funcional. La fórmula es: $TMEF = \frac{\sum_{i=1}^n TEF}{i}$
- *Tasa de fallas (λ),* Probabilidad en que ocurra una falla del sistema. La fórmula es $\lambda = \frac{1}{TMEF}$

- *Tasa de reparaciones (μ)*, Calcula las reparaciones por unidad de tiempo. Se define como : $\mu = \frac{1}{\text{TMPR}}$

Habiendo calculado estos parámetros, se determina indicadores de gestión respectivos, parte fundamental del estudio.

La **disponibilidad**. 6 indicadores: Disponibilidad (propriadamente dicha), fiabilidad, tiempo medio entre paradas (también conocido como MTBF, Mid Time Between), duración de las paradas (llamado como MTTR, o *Mid Time To Repair*), n° de paradas por mantenimiento, tiempo total perdido por mantenimiento. (GARCÍA, 2016)

La **disponibilidad**, se define como una probabilidad de que un bien al que se le hizo mantenimiento, funciones de manera exitosa. Puede expresarse como el % de tiempo del sistema para estar operativo o en producción continuamente. (MESA Y OTROS, 2006)

Se debe buscar un balance entre el costo y la disponibilidad. La disponibilidad $D(t)$, se puede medir : $D(t) = \frac{\text{TEF}}{\text{TEF} + \text{TPR}} \times 100\%$, Dónde, TMEF: Tiempo medio entre fallas y TMPR: Tiempo medio de reparación. (MESA Y OTROS, 2006)

La **Confiabilidad**, es la “confianza” sobre un equipo, componente, o sistema opere su función básica, (MESA Y OTROS, 2006). Se puede expresar como: $C(t) = e^{-\lambda t} * 100\%$, donde, e : Base de los logaritmos neperianos ($e = 2.303$), λ : Tasa de fallas (n° total de fallas por periodo de operación), t : Tiempo de operación previsto. (LAFRAIA, 2001)

La **mantenibilidad**, esperanza que se tiene de un equipo o sistema se ubique en operar en un plazo establecido (MESA Y OTROS, 2006). Su fórmula: $M(t) = \left(1 - e^{-\mu t}\right) * 100\%$, dónde, e : Constante Neperiana ($e=2.303\dots$), μ : Tasa de reparaciones o n° total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo, t : Tiempo previsto de reparación. (LAFRAIA, 2001).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿De qué manera la Implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad aumenta la disponibilidad de la flota de desbrozadoras de la empresa Agroindustrial Virú S.A.?

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Este proyecto de investigación es teóricamente razonable porque permite probar teorías y procedimientos de gestión de mantenimiento industrial en un entorno operativo específico, especialmente el proceso MCC; esto también es muy práctico, porque a través de la implementación de un plan de mantenimiento enfocado en confiabilidad, además de optimizar su vida útil y minimizando las interrupciones de producción debidas a averías, la empresa también puede realizar un mantenimiento y una gestión más eficaces de la flota de desbrozadoras. Eventualmente afectará la mejora del nivel de producción de la empresa. Asimismo, es metodológicamente sólido porque propone una herramienta de gestión que es necesaria para medir los indicadores de mantenimiento y puede servir de guía para la elaboración de presupuestos que se destinarán a las funciones de mantenimiento interno de la empresa. Y, por qué no, para futuras investigaciones. Finalmente, es económicamente razonable, porque de acuerdo con los resultados de la encuesta, se puede aumentar el nivel de producción, lo que puede aumentar la productividad de la empresa.

HIPÓTESIS

La implementación de un Plan de mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) aumenta la disponibilidad de la flota de desbrozadoras de la empresa Agroindustrial Virú S.A.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para aumentar la disponibilidad de la flota de desbrozadoras de la empresa Agroindustrial Virú S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

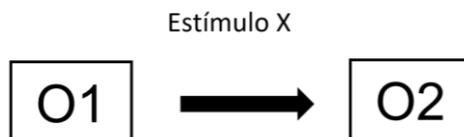
- Determinar el contexto de operación y la disponibilidad actual de mantenimiento de las desbrozadoras.
- Elaborar las hojas de información MCC y realizar un análisis AMFE.
- Elaborar hojas de decisión MCC para formular el nuevo plan de mantenimiento centrado en confiabilidad.
- Implementar el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad.
- Determinar la nueva disponibilidad de mantenimiento al utilizar MCC para comparar con la anterior disponibilidad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño del estudio es pre-experimental porque las variables dependientes se comparan antes y después de aplicar el método MCC.

G – O1 – X – O2



G: Empresa agroindustrial Virú S.A

X: Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad

O1: Indicadores de mantenimiento antes del estímulo

O2: Indicadores de mantenimiento después del estímulo

3.2. Variables y operacionalización

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variable Independiente:**

Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (Cualitativa).

- **Variable Dependiente:**

Disponibilidad (Cuantitativa): El incremento de este indicador de gestión mejorará la productividad de la empresa. Es determinado mediante ecuaciones establecidas que relacionan diversos parámetros como los tiempos de mantenimiento.

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad	Herramienta que para gestionar el mantenimiento maximizando la confiabilidad operativa de los activos físicos (maquinaria, máquinas y herramientas) a partir del contexto operativo real en el cual se desarrolla y es programado. (MOUBRAY, 2004)	Mejora de los indicadores de mantenimiento de la flota de desbrozadoras, mediante la secuencia analítica que incluye las siguientes herramientas:			
		Matriz AMFE	<ul style="list-style-type: none"> - Funciones primarias - Funciones secundarias - Modos de fallas por actividad 	NOMINAL	
		Modelo semicuantitativo de criticidad total por riesgo CTR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fallas críticas 2. Fallas semi-críticas 3. Fallas no críticas 	ORDINAL	
		Número de prioridad de riesgo NPR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inaceptables 2. Deseables 3. Aceptables 	ORDINAL	
		Diagrama de decisión AMFE	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de Mtto. - Actividades de Mtto. - Frecuencia de Mtto. 	NOMINAL	
VARIABLE DEPENDIENTE					
Indicadores de Gestión de Mantenimiento	Disponibilidad	Probabilidad de que un sistema o equipo esté operativo o disponible para su uso durante un periodo de tiempo determinado. (MEZA & ORTIZ, 2006)	Depende del tiempo promedio entre fallas, tiempo medio para reparación y número de fallas.	$D(t) = \frac{TEF}{TEF + TPR} \times 100\%$	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y muestra

- **Población:** Flota de desbrozadoras de espárragos de la emp. Agroindustrial Virú S.A.
- **Muestra:** Desbrozadora de espárragos de la emp. Agroindustrial Virú S.A.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para lograr los objetivos específicos, se utilizan las sgts. herramientas y técnicas:

Para determinar los antecedentes operativos de la flota, en primer lugar necesitamos saber en qué parte de la organización se encuentran en el área de mantenimiento de la empresa, para ello utilizamos la información que nos brinda la empresa a través de su organigrama (Anexo A1) y tablas. Herramienta de trabajo (Anexo A2), de la que se extraen las características de la desbrozadora. Luego procedemos a listar toda la información sobre su funcionamiento: el sistema y los parámetros operativos que lo integran.

El índice de disponibilidad actual de la flota se determinará mediante ecuaciones relacionadas con los parámetros de tiempo (tiempo de operación, tiempo entre fallas, tiempo de mantenimiento y tiempo de intervención). Para el cálculo de estos parámetros de tiempo es necesario conocer el n° de intervenciones o averías ocurridas en la flota, para ello se utilizó la tabla de mantenimiento del 2016 como técnica de análisis documental (Anexo A11).

Para la elaboración de las hojas de información de MCC, utilizamos como instrumento la estructura de la hoja de información de MCC (Anexo A3), que analiza cada sistema de desbrozadora, sus principales funciones (primarias y secundarias), posibles averías y causas de cada sistema (modo de falla) y el impacto.

Para realizar el análisis AMFE se usan 2 técnicas de análisis: en primer lugar aplicamos un modelo de criticidad semicuantitativo (CTR) (Anexo A4). Con esto logramos clasificar los modos de falla en Críticos, Medio Críticos y No Críticos, la clasificación se utiliza siguiendo un diagrama de Frecuencia vs Consecuencia (Anexo A5); en 2do lugar determinamos el n° de prioridad de riesgo (NPR) ver cuadros Anexo A6 y A7 y A8.

Para preparar la tabla de decisiones de la MCC, utilizamos el árbol de decisiones lógicas (Anexo A9) propuesto por la MCC como herramienta. Finalmente, la tabla de decisiones se utiliza como herramienta para seguir la tabla de análisis (Anexo A10). Nuestro nuevo plan de mantenimiento se enfoca en la confiabilidad y se basará en ella.

Para la implementación, se usará la técnica de análisis de documentos y como instrumento las hojas de mantenimiento preventivo (Anexos A15 - A21), para así verificar el correcto funcionamiento del programa de mantenimiento y más adelante poder realizar una mejora continua al plan de mantenimiento.

Para lograr determinar la nueva disponibilidad de la flota utilizamos como instrumento de análisis la tabla 3.34, la cual muestra los parámetros mejorados con mantenimiento centrado en MCC. Finalmente hacemos la comparación de la disponibilidad con MCC y sin MCC.

3.5. Método de análisis de datos

Análisis descriptivo, datos tabulares en tablas, diagramas y matrices utilizados por MCC para la gestión del mantenimiento. Analice sus indicadores de tendencias líderes en función del tamaño de sus datos.

3.6. Aspectos éticos

Como investigador me comprometo a proteger los derechos de propiedad intelectual, la autenticidad de los resultados de la investigación y la fiabilidad de los datos confidenciales proporcionados por la empresa, y no revelar la identidad de los participantes en esta investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. APLICACIÓN DEL MÉTODO MCC

4.1.1. Definición del contexto de operación

4.1.1.1. Breve descripción de la empresa Agroindustrial Virú S.A.

La Empresa Virú S.A. es una empresa líder en el sector agroindustrial y el mayor fabricante de conservas verduras del Perú. Desde hace 23 años cultiva, procesa y exporta diversos productos agroindustriales para los mercados y consumidores más exigentes a nivel internacional. Dentro de estos productos destacan los espárragos en conserva, pimientos piquillo, alcachofas, arándanos, paltas, entre otros. Actualmente tiene operaciones en las ciudades de Virú, Chincha, Santa, Sullana, etc.

4.1.1.2. Flota de maquinarias dentro del ámbito del área de mantenimiento

El Área de mantenimiento de la empresa Agroindustrial Virú, al día de hoy se encarga de administrar la gestión de mantenimiento a toda la flota de maquinarias agrícolas, dicha flota está compuesta por 18 tractores, 62 implementos de labores agrícolas (desbrozadoras, rastrillos, etc.) ver (Anexo A2), 17 equipos de sanidad y 10 camiones.

4.1.1.3. Flota de desbrozadoras de la empresa Agroindustrial Virú S.A

La flota de desbrozadoras está conformada por ocho (08) unds; con años de fabricación que van desde 2010, que son las más antiguas (7 años desde su fabricación), y 2016 que se consideran como nuevas. Estas máquinas están operativas 06 días a la semana, y tienen un ciclo de trabajo de 08 horas al día, llegando a procesar 15 toneladas de follaje de espárragos por día aproximadamente.

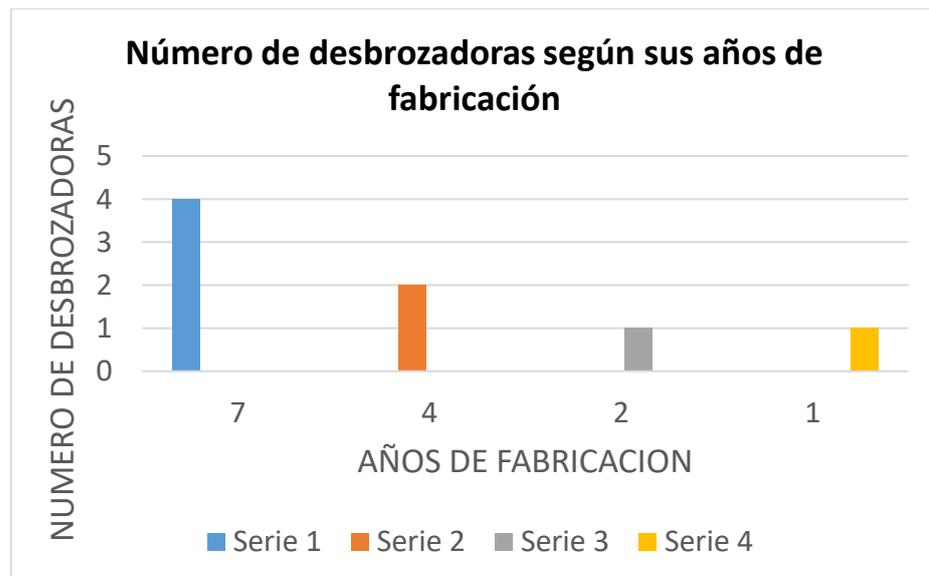
Figura 1. Desbrozadora de espárrago



Fuente: Elaboración propia

Las desbrozadoras constituyen uno de los implementos agrícolas más importantes en la línea de producción de Agroindustrial Virú, debido al servicio que desempeñan referente al cortado subsuperficial de los tallos de espárragos, absorción de semillas y eliminación de follaje de la zona de cultivo. Los promedios de años de fabricación de las desbrozadoras van desde los 7 años a 1 año.

Figura 2. Número de desbrozadoras con relación a su antigüedad



Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Parámetros de operación:

Figura 3. Versiones disponibles de la flota de desbrozadoras

ANCHO DE TRABAJO (m)	POTENCIA REQUERIDA (HP)	PESO APROXIMADO (Kg)
0.9	50-60	500
1.3	60-75	600

Fuente: Hojas de operación

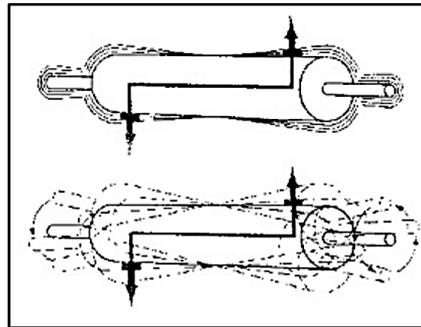
4.1.1.4. Breve descripción de los sistemas que conforman las desbrozadoras

Uno de los fines del MCC es conocer y entender de manera adecuada el funcionamiento de la máquina, en este apartado vamos a describir los principales sistemas que la conforman, así como también sus parámetros de funcionamiento.

- **Sistema de corte**

La desbrozadora consta de un eje de cuchilla instalado en una carcasa de estructura tubular. El eje gira a 1800 rpm. Tiene de 18 a 24 palas. Son herramientas de corte y, por tanto, los elementos más gastados. Esto es reversible y se usa en ambos lados. Tiene una velocidad de marcha de 6 Km/h en cultivos húmedos y 9 Km/h en cultivos secos.

Figura 4. Carcasa tubular para soporte de cuchillas (imagen referencial)

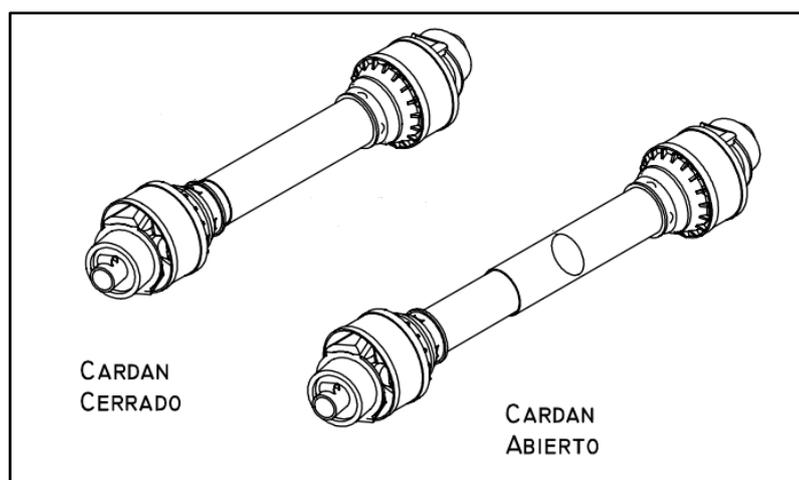


Fuente: Elaboración propia

- **Sistema de fuerza**

Constituida básicamente por un acople cardánico que transmite la potencia del tractor hacia la desbrozadora. La toma de fuerza del tractor gira a 540 rpm. Combinada con la junta universal, esta velocidad de 540 rpm hace que el eje gire a 1.650 rpm de la máquina diseñada y equilibrada. La máquina está diseñada para trabajar a la velocidad de funcionamiento del tractor. Dependiendo de la marca del tractor, la velocidad puede variar entre 1800 y 2300 rpm.

Figura 5. Eje cardánico de desbrozadora (imagen referencial)



Fuente: Elaboración propia

- **Sistema de transmisión**

Cuya función es la de transmitir el movimiento desde el cardán conducido hacia el conjunto de poleas que dan movimiento tanto a los implementos (cuchillas) de corte como a las palas rotativas de la turbina para el desbroce y la expulsión de follaje del espárrago respectivamente.

El conjunto de poleas y bandas dobles dota de una velocidad de operación hacia los implementos de corte de 1800 rpm.

Figura 6. Conjunto de poleas y bandas



Fuente: Elaboración propia

El sistema de poleas y bandas dobles que dan movimiento a las palas rotativas de la turbina a través de la caja de engranajes. Se conforma de una pequeña caja reductora de velocidades constituida por engranajes y piñones que transmiten el movimiento entregado por el eje a la salida de la polea. Su función es la de regir la velocidad de expulsión del follaje.

Figura 7. Conjunto palas de turbina y reductor



Fuente: Elaboración propia

- **Sistema neumático**

Conformado por válvulas, mangueras de presión y pistón neumático. El aire comprimido que viaja por las mangueras desde un compresor externo va hacia el pistón neumático, el cual mediante la apertura y cierre de las válvulas, se expande y se contrae para dar mayor o menor ángulo a la compuerta de descarga de forraje (visera). La presión del aire comprimido para efectuar dicho trabajo es de 30 psi o 2.07 bar.

- **Sistema de lubricación**

Encargado de lubricar y refrigerar la caja reductora de velocidad mediante aceite tipo SAE 85W-140.

4.1.1.5. Parámetros de tiempo de la flota de desbrozadoras

Tabla 2. Listado de flota de desbrozadoras de Agroindustrial Virú

RELACIÓN DE DESBROZADORAS			
ÍTEM	CÓDIGO	AÑO DE FABRICACIÓN	N° DE FALLAS (Enero-Diciembre 2018)
1	AVDB010410	2010	51
2	AVDB020410	2010	47
3	AVDB030710	2010	48
4	AVDB041210	2010	41
5	AVDB050413	2013	35
6	AVDB060713	2013	38
7	AVDB070315	2015	23
8	AVDB080616	2016	15
TOTAL			298

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A. - 2019

La investigación se basa en los datos logrados en todo el año 2018, sin embargo, mostraremos la tendencia de los valores de disponibilidad de la flota para tres períodos de 4 meses cada uno. El tiempo programado de operación (T_p) para cada desbrozadora es de 8 horas diarias, entonces el T_p por periodo de operación será:

En cuatro meses la desbrozadora opera 120 días, con lo cual el T_p :

$$T_p = 120 \times 8 = 960 \text{ horas}$$

Para cada desbrozadora se tiene valores distintos de los parámetros de tiempo:

- Periodo Enero – Abril 2018:

Tabla 3. Parámetros de tiempo enero – abril 2018

Código desbrozadora	Fallas	Tef=Tp-Tpr	Tpr	Tmef=Tef/Fallas
AVDB010410	22	674	286	30.6
AVDB020410	16	832	128	52.0
AVDB030710	14	827	133	59.1
AVDB041210	13	871.6	88.4	67.0
AVDB050413	13	927.5	32.5	71.3
AVDB060713	11	855.5	104.5	77.8
AVDB070315	9	915	45	101.7
AVDB080616	3	952.5	7.5	317.5
TOTAL	101	6855.1	824.9	777.0

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se determina la disponibilidad:

$$D_{flota} = \frac{TEF}{TEF + TPR} \times 100\% = \frac{6855.1}{6855.1 + 824.9} \times 100\% = 89\%$$

- Periodo Mayo – Agosto 2018

Tabla 4. Parámetros de tiempo mayo – agosto 2018

Código desbrozadora	Fallas	Tef=Tp-Tpr	Tpr	Tmef=Tef/Fallas
AVDB010410	20	700	260	35.0
AVDB020410	17	824	136	48.5
AVDB030710	16	808	152	50.5
AVDB041210	17	844.4	115.6	49.7
AVDB050413	14	925	35	66.1
AVDB060713	16	808	152	50.5
AVDB070315	8	920	40	115.0
AVDB080616	5	947.5	12.5	189.5
TOTAL	113	6776.9	903.1	604.7

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se determina la disponibilidad:

$$D_{flota} = \frac{TEF}{TEF + TPR} \times 100\% = \frac{6776.9}{6776.9 + 903.1} \times 100\% = \mathbf{88\%}$$

- Periodo Setiembre – Diciembre 2018

Tabla 5. Parámetros de tiempo setiembre – diciembre 2018

Código desbrozadora	Fallas	Tef=Tp-Tpr	Tpr	Tmef=Tef/Fallas
AVDB010410	9	843	117	93.7
AVDB020410	14	848	112	60.6
AVDB030710	18	789	171	43.8
AVDB041210	11	885.2	74.8	80.5
AVDB050413	8	940	20	117.5
AVDB060713	11	855.5	104.5	77.8
AVDB070315	6	930	30	155.0
AVDB080616	5	947.5	12.5	189.5
TOTAL	82	7038.2	641.8	818.3

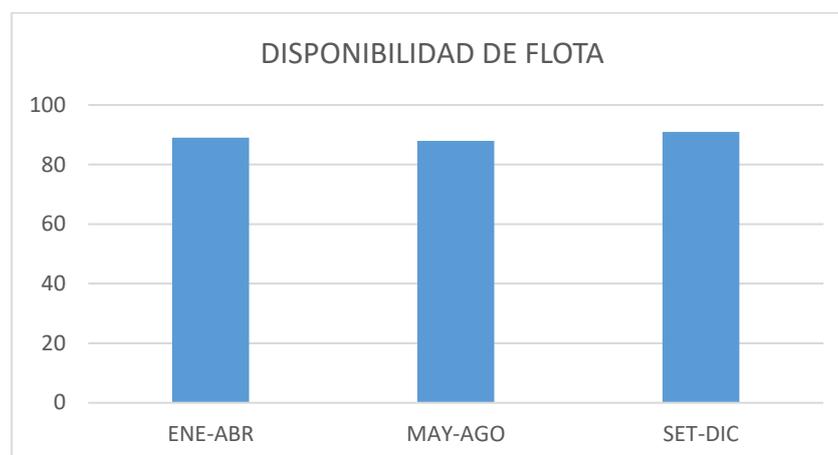
Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se determina la disponibilidad:

$$D_{flota} = \frac{TEF}{TEF + TPR} \times 100\% = \frac{7038.2}{7038.2 + 641.8} \times 100\% = \mathbf{91\%}$$

Los resultados obtenidos nos muestran que la tendencia de la disponibilidad de la flota no varía cuantiosamente, como se puede apreciar en la sgt. gráfica:

Figura 8. Tendencia disponibilidad de flota de desbrozadoras



Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el promedio de la disponibilidad de la flota de desbrozadoras es de **89.33%**.

Tabla 6. Resultados parámetros de tiempo Enero – Diciembre 2018

ÍTEM	CÓDIGO	TEF (Tiempo entre fallas [hrs])	TPR (Tiempo para reparar [Hrs])	TMEF (Tiempo medio entre fallas [hrs])	TMPR (Tiempo medio para reparar [Hrs])
1	AVDB010410	2217	663	43.5	13
2	AVDB020410	2504	376	53.3	8
3	AVDB030710	2424	456	50.5	9.5
4	AVDB041210	2601.2	278.8	63.4	6.8
5	AVDB050413	2792.5	87.5	79.8	2.5
6	AVDB060713	2519	361	66.3	9.5
7	AVDB070315	2765	115	120.2	5
8	AVDB080616	2842.5	37.5	189.5	2.5
TOTAL		20665.2	2374.8	666.5	56.8

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Hojas de información MCC y Análisis de Modos de Fallas y efectos (AMFE)

4.1.2.1. Resultados de las hojas de información MCC

Detallaremos a continuación las hojas de información MCC de los modos de fallas de todos los sistemas que integran las desbrozadoras.

Tabla 7. Hoja de Información MCC

HOJA DE INFORMACIÓN MCC			
Empresa: Empresa Agroindustrial Virú S.A.		SISTEMA: Corte	N° AMFE: 1/6
Unidad: Desbrozadora		SUB-SISTEMA: Cuchillas y eje de soporte.	FECHA:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
1. Desbrozar los cultivos de espárrago.	A. Las cuchillas no desbrozan la cantidad adecuada de espárragos.	1A. Filo de las cuchillas desgastado	Tiempo de parada requerido para la revisión por los técnicos 0.5 horas.
		2A. Cuchillas rotas por la fricción.	Paro del proceso. Tiempo requerido para cambiar las cuchillas 2 horas. Si no hubiese en stock, tiempo para fabricación: 1 día.
		3A. Las cuchillas no tienen la velocidad adecuada.	Tiempo de parada requerido para la revisión de todas las cuchillas por los técnicos 0.5 horas.
	A. Ruido fuerte en los extremos del eje que soportan a las cuchillas.	4A. Desbalance de eje.	Paro del proceso. Tiempo de parada requerido para la revisión por los técnicos: 1 hora.

		5A. Falta de lubricación en los rodamientos de soporte del eje.	Paro del proceso. Tiempo requerido para su lubricación: 1 hora.
	A. Pérdida de velocidad en el eje de las cuchillas	6A. Transmisión deficiente de velocidad a través de la polea	Tiempo de parada requerido por los técnicos para la revisión completa de la transmisión 1.5 horas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Hoja de Información MCC

HOJA DE INFORMACIÓN MCC			
Empresa: Empresa Agroindustrial Virú S.A.		SISTEMA: Fuerza	N° AMFE: 2/6
Unidad: Desbrozadora		SUB-SISTEMA: Cardán	FECHA:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
		1B. Horquillas de cardán roto.	Paro: 8 horas de paralización
		2B. Cruceta de cardán roto.	Paro: reparación de falla: 8 horas.

2. Transmitir el par motor desde el tractor hacia la desbrozadora.	B. No se transmite el par motor hacia la desbrozadora.	3B. Pines de acople de junta cardánica (cruceta) desgastadas o rotas.	Paro reparación de falla: 2 horas.
		4B. Cojinetes de pines de cruceta rotos.	Paro reparación de falla: 1 hora.
		5B. Diferencia angular entre ejes cardánicos conductor y conducido mayores a 25 grados.	Paro calibración de ambos ejes: 3 horas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Hoja de Información MCC

HOJA DE INFORMACIÓN MCC			
Empresa: Empresa Agroindustrial Virú S.A.		SISTEMA: Transmisión	N° AMFE: 3/6
Unidad: Desbrozadora		SUB-SISTEMA: Caja de engranajes (reductor) y turbina	FECHA:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
3. Transmitir el movimiento dado por la polea hacia la turbina, dotándola de velocidad.	C. No se transmite el movimiento hacia la turbina.	1C. Rotura de conjunto de piñón.	Paro 2 días para su fabricación.
		2C. Desgaste o rotura de bocina de piñón de ataque.	Paro: 1 día.
		3C. Desgaste o rotura de algún engranaje.	Paro reparación de falla: 2 días para su fabricación.
		4C. Rotura de cualquiera de los dos ejes de entrada o salida del reductor.	Paro reparación de falla: 2 días para su fabricación.
		5C. Desgaste o rotura de cojinetes de agujas de ejes.	Paro reparación de falla: 1 día para su reparación.
		6C. Falta de lubricación.	Tiempo rellenar aceite: 0.5 horas.

Reducir la velocidad de transmisión hacia la turbina.	C. No se reduce la velocidad de transmisión hacia la turbina.	7C. Desgaste de engranajes.	Paro reparación de falla: 1 día para su fabricación.
		8C. Desgaste de cojinetes.	Paro cambiar cojinetes: 2 horas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Hoja de Información MCC

HOJA DE INFORMACIÓN MCC			
Empresa: Empresa Agroindustrial Virú S.A.		SISTEMA: Transmisión	N° AMFE:4/6
Unidad: Desbrozadora		SUB-SISTEMA: Poleas y bandas.	FECHA:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
4. Transmitir el movimiento dado por el cardán hacia el eje porta cuchillas y caja reductora.	D. No se transmite el movimiento hacia la caja reductora.	1D. Rotura de bandas.	Paro cambio de bandas: 1 hora.
		2D. Rotura de rodamientos de poleas.	Paro cambio de rodamientos: 3 horas.
		3D. Desacople de poleas.	Paro reparación: 0.5 horas.
		4D. Rotura de rodamiento de junta cardánica.	Paro cambiar rodamientos: 2 horas.

		5D. Rotura de chumaceras en extremos de las poleas	Paro cambiar chumaceras: 4 horas.
	D. No se transmite el movimiento hacia el eje porta chuchillas.	6D. Rotura de bandas.	Paro cambio de bandas: 1 hora.
		7D. Rotura de chumaceras en extremos de las poleas	Paro cambiar chumaceras: 4 horas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Hoja de Información MCC

HOJA DE INFORMACIÓN MCC			
Empresa: Empresa Agroindustrial Virú S.A.		SISTEMA: Neumático	N° AMFE: 5/6
Unidad: Desbrozadora		SUB-SISTEMA: Pistón neumático y mangueras.	FECHA:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
5. Transmitir el aire comprimido al pistón neumático para aperturar o cerrar la visera de descarga.	E. No transmite el aire comprimido hacia el pistón neumático.	1E. Fugas de aire en las mangueras.	Tiempo de parada requerido para reparación de fugas de aire: 0.5 horas.
		2E. Fugas de aire en válvulas neumáticas.	Tiempo de parada requerido para reparación de fugas de aire: 1.5 horas.
		3E. Fugas de aire en conexiones.	Tiempo de parada requerido para reparación de fugas de aire: 0.5 horas.
	E . No se apertura o cierra la visera de descarga.	4E. Pistón dañado	Paro del proceso. Tiempo de parada requerido para la fabricación o compra de nuevo pistón: 3 días.
		5E. Empaques de vástagos de pistón desgastados	Tiempo de parada requerido para reparación de falla: 4.5 horas.
		6E. La manguera de retorno está averiada.	Tiempo de parada requerido para reparación de falla: 0.5 horas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Hoja de Información MCC

HOJA DE INFORMACIÓN MCC			
Empresa: Empresa Agroindustrial Virú S.A.		SISTEMA: Lubricación	N° AMFE: 6/6
Unidad: Desbrozadora		SUB-SISTEMA: Aceite	FECHA:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
6. Lubricar los engranajes de la caja reductora de velocidad.	F. No se lubrica adecuadamente los engranajes de la caja reductora.	1F. Falta de aceite lubricante.	Tiempo de parada requerido para rellenar con aceite nuevo tipo SAE 85W-140: 0.5 horas.
		2F. Fugas de aceite.	Tiempo de parada requerido para reparar las fugas de aceite en la caja: 1 hora.
		3F. Aceite incorrecto utilizado.	Tiempo de parada requerido para cambio de aceite tipo SAE 85W-140: 1.5 horas.
		4F. Aceite presenta suciedad.	Tiempo de parada requerido para cambio de aceite tipo SAE 85W-140: 1.5 horas.

(Fuente: Elaboración propia)

4.1.2.2. Análisis AMFE

4.1.2.3. Resultados del análisis de criticidad de los modos de fallas de las desbrozadoras:

Tabla 13. Criticidad total por riesgo

CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO								
MODO DE FALLA	FRECUENCIA	NÚMERO DE INTERVENCIONES	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS MTTTO	IMPACTO S.H.A	CONSECUENCIA	CTR
1A	4	48	10	4	1	1	42	168
2A	2	27	10	4	2	1	43	86
3A	2	14	10	4	2	1	43	86
4A	3	16	7	2	2	1	17	51
5A	3	8	7	2	1	1	16	48
6A	1	5	7	2	1	1	16	16
1B	1	3	7	4	2	3	33	66
2B	1	2	7	4	1	3	32	32
3B	1	2	7	2	1	3	18	18
4B	1	1	7	4	2	3	33	33
5B	2	5	3	1	1	1	5	10
1C	2	15	7	4	2	1	31	62
2C	2	12	7	4	1	3	32	64
3C	2	15	7	4	1	3	32	64

4C	1	8	7	4	2	1	31	31
5C	1	8	7	4	2	1	31	31
6C	3	12	7	2	1	1	16	48
7C	2	8	7	2	1	1	16	32
8C	2	8	7	2	2	1	17	34
1D	4	10	7	2	1	1	16	64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Criticidad total por riesgo

CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO								
MODO DE FALLA	FRECUENCIA	NÚMERO DE INTERVENCIONES	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS MTTO	IMPACTO S.H.A	CONSECUENCIA	CTR
2D	1	10	7	4	2	1	31	31
3D	1	3	7	1	1	3	11	11
4D	1	1	7	4	2	1	31	31
5D	1	1	7	4	1	3	32	32
6D	4	18	7	2	2	1	17	68
7D	1	1	7	4	1	3	32	32
1E	3	3	1	2	1	1	4	12
2E	1	4	3	2	1	1	8	8
3E	2	5	1	2	2	1	5	10

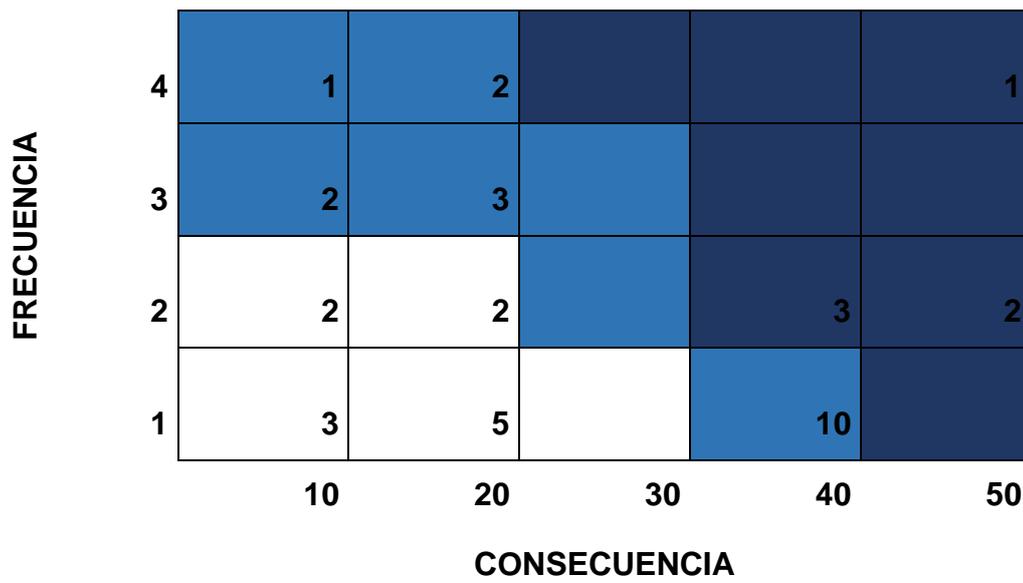
4E	1	0	7	4	1	1	30	30
5E	1	0	5	2	1	1	12	12
6E	1	0	5	2	1	1	12	12
1F	4	16	1	1	1	1	3	12
2F	3	8	1	1	1	1	3	9
3F	1	1	1	2	1	1	4	4
4F	1	0	1	2	1	1	4	4

Fuente: Elaboración propia

Resultados del número de CTR en la matriz Frecuencia – Consecuencia:

Luego de aplicar la ecuación de riesgo y agrupando los resultados se observan en la matriz de criticidad, como se muestra a continuación:

Figura 9. Resultado de la Matriz de Criticidad



Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

	C: CRÍTICO
	SC: SEMI CRÍTICO
	NC: NO CRÍTICO

Valor máximo: 200

4.1.2.4. Resultados de jerarquización de los modos de fallas según su criticidad:

Tabla 15. Jerarquización de los modos de falla según CTR

CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO								
MODO DE FALLA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS MTTO	IMPACTO S.H.A.	CONSECUENCIA	CTR	JERARQUIZACIÓN
1A	4	10	4	1	1	42	168	CRÍTICO
2A	2	10	4	2	1	43	86	CRÍTICO
3A	2	10	4	2	1	43	86	CRÍTICO
4A	3	7	2	2	1	17	51	SEMI CRÍTICO
5A	3	7	2	1	1	16	48	SEMI CRÍTICO
6A	1	7	2	1	1	16	16	NO CRÍTICO
1B	1	7	4	2	3	33	33	SEMI CRÍTICO
2B	1	7	4	1	3	32	32	SEMI CRÍTICO
3B	1	7	2	1	3	18	18	NO CRÍTICO
4B	1	7	4	2	3	33	33	SEMI CRÍTICO
5B	2	3	1	1	1	5	10	NO CRÍTICO
1C	2	7	4	2	1	31	62	CRÍTICO
2C	2	7	4	1	3	32	64	CRÍTICO
3C	2	7	4	1	3	32	64	CRÍTICO
4C	1	7	4	2	1	31	31	SEMI CRÍTICO

5C	1	7	4	2	1	31	31	SEMI CRÍTICO
6C	3	7	2	1	1	16	48	SEMI CRÍTICO
7C	2	7	2	1	1	16	32	NO CRÍTICO
8C	2	7	2	2	1	17	34	NO CRÍTICO
1D	4	7	2	1	1	16	64	SEMI CRÍTICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Jerarquización de los modos de falla según CTR

CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO								
MODO DE FALLA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS MTO	IMPACTO S.H.A	CONSECUENCIA	CTR	JERARQUIZACIÓN
2D	1	7	4	2	1	31	31	SEMI CRÍTICO
3D	1	7	1	1	3	11	11	NO CRÍTICO
4D	1	7	4	2	1	31	31	SEMI CRÍTICO
5D	1	7	4	1	3	32	32	SEMI CRÍTICO
6D	4	7	2	2	1	17	68	SEMI CRÍTICO
7D	1	7	4	1	3	32	32	SEMI CRÍTICO
1E	3	1	2	1	1	4	12	SEMI CRÍTICO
2E	1	3	2	1	1	8	8	NO CRÍTICO
3E	2	1	2	2	1	5	10	NO CRÍTICO
4E	1	7	4	1	1	30	30	SEMI CRÍTICO

5E	1	5	2	1	1	12	12	NO CRÍTICO
6E	1	5	2	1	1	12	12	NO CRÍTICO
1F	4	1	1	1	1	3	12	SEMI CRÍTICO
2F	3	1	1	1	1	3	9	SEMI CRÍTICO
3F	1	1	2	1	1	4	4	NO CRÍTICO
4F	1	1	2	1	1	4	4	NO CRÍTICO

Fuente: Elaboración propia

Luego de la jerarquización se establece la cantidad de modos de falla según su grado de criticidad, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17. Grado de criticidad de los modos de falla

GRADO DE CRITICIDAD	CANTIDAD MODOS FALLAS
CRÍTICO	6
SEMI CRÍTICO	18
NO CRÍTICO	12
TOTAL	36

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados nos indican que los principales modos de fallas críticos de las desbrozadoras se encuentran en los sistemas de corte y transmisión.

Modos de fallas con niveles semi críticos y no críticos se encuentran en casi todos los sistemas, e iremos abordando con cuidado cada uno de ellos dependiendo del número de prioridad de riesgo que posean.

El número de prioridad de riesgo (NPR) será aplicado al global de los modos de falla, cuyos resultados se muestran en la tabla a continuación:

4.1.2.5. Resultados Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

Tabla 18. Número de prioridad de riesgo de cada modo de falla

NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO						
MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	NPR	CLASIFICACIÓN
1A	Mantenimiento correctivo	7	10	5	350	INACEPTABLE
2A	Mantenimiento correctivo	9	9	7	567	INACEPTABLE
3A	Mantenimiento correctivo	9	8	8	576	INACEPTABLE
4A	Mantenimiento correctivo	9	7	10	630	INACEPTABLE
5A	Mantenimiento correctivo	7	5	10	350	INACEPTABLE
6A	Mantenimiento correctivo	6	5	10	300	INACEPTABLE
1B	Mantenimiento correctivo	9	4	1	36	ACEPTABLE
2B	Mantenimiento correctivo	9	5	1	45	ACEPTABLE
3B	Mantenimiento correctivo	8	4	2	64	ACEPTABLE
4B	Mantenimiento correctivo	8	5	2	80	ACEPTABLE
5B	Mantenimiento correctivo	5	4	3	60	ACEPTABLE
1C	Mantenimiento correctivo	9	9	7	567	INACEPTABLE
2C	Mantenimiento correctivo	9	8	8	576	INACEPTABLE
3C	Mantenimiento correctivo	8	9	8	576	INACEPTABLE
4C	Mantenimiento correctivo	9	7	8	504	INACEPTABLE
5C	Mantenimiento correctivo	8	7	8	448	INACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Número de prioridad de riesgo de cada modo de falla

NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO						
MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	NPR	CLASIFICACIÓN
6C	Mantenimiento preventivo	5	7	10	350	INACEPTABLE
7C	Mantenimiento correctivo	5	9	10	450	INACEPTABLE
8C	Mantenimiento correctivo	5	8	10	400	INACEPTABLE
1D	Mantenimiento correctivo	9	10	1	90	ACEPTABLE
2D	Mantenimiento correctivo	8	5	4	160	R.DESEABLE
3D	Mantenimiento correctivo	9	3	3	81	ACEPTABLE
4D	Mantenimiento correctivo	8	3	8	192	R.DESEABLE
5D	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	R.DESEABLE
6D	Mantenimiento correctivo	9	10	1	90	ACEPTABLE
7D	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	R.DESEABLE
1E	Mantenimiento correctivo	5	8	2	80	ACEPTABLE
2E	Mantenimiento correctivo	5	4	4	80	ACEPTABLE
3E	Mantenimiento correctivo	5	4	1	20	ACEPTABLE
4E	Mantenimiento correctivo	9	1	2	18	ACEPTABLE
5E	Mantenimiento correctivo	6	2	5	60	ACEPTABLE
6E	Mantenimiento correctivo	7	2	1	14	ACEPTABLE
1F	Mantenimiento correctivo	6	8	4	192	R.DESEABLE
2F	Mantenimiento correctivo	6	5	1	30	ACEPTABLE
3F	Mantenimiento correctivo	6	4	6	144	R.DESEABLE
4F	Mantenimiento correctivo	6	4	7	168	R.DESEABLE

Fuente: Elaboración propia

Resumen del NPR de los modos de falla:

Tabla 20. Clasificación de modos de falla según su NPR

CLASIFICACIÓN	CANTIDAD
INACEPTABLES	14
R. DESEABLES	7
ACEPTABLES	15
TOTAL	36

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla, los modos de fallas con clasificación inaceptable representan un porcentaje importante de 39%, y estos se encuentran principalmente en los sistemas de corte y transmisión. Se tendrá especial consideración en los modos de falla de estos sistemas cuando se elaboren las hojas de decisión para establecer las actividades y periodos idóneos de mantenimiento.

4.1.2.6. RESULTADOS DEL AMFE PARA LOS MODOS DE FALLAS

Tabla 21. Resumen Análisis modos de falla y efectos - AMFE

ANÁLISIS MODOS DE FALLA Y EFECTOS - DESBROZADORAS				
MODO DE FALLA	CRITICIDAD TOTAL RIESGO (CTR)	JERARQUIZACIÓN	NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR)	CLASIFICACIÓN
1A	168	CRÍTICO	350	INACEPTABLE
2A	86	CRÍTICO	567	INACEPTABLE
3A	86	CRÍTICO	576	INACEPTABLE
4A	51	SEMI CRÍTICO	630	INACEPTABLE
5A	48	SEMI CRÍTICO	350	INACEPTABLE
6A	16	NO CRÍTICO	300	INACEPTABLE
1B	33	SEMI CRÍTICO	36	ACEPTABLE
2B	32	SEMI CRÍTICO	45	ACEPTABLE
3B	18	NO CRÍTICO	64	ACEPTABLE
4B	33	SEMI CRÍTICO	80	ACEPTABLE
5B	10	NO CRÍTICO	60	ACEPTABLE
1C	62	CRÍTICO	567	INACEPTABLE
2C	64	CRÍTICO	576	INACEPTABLE
3C	64	CRÍTICO	576	INACEPTABLE
4C	31	SEMI CRÍTICO	504	INACEPTABLE
5C	31	SEMI CRÍTICO	448	INACEPTABLE

6C	48	SEMI CRÍTICO	350	INACEPTABLE
7C	32	NO CRÍTICO	450	INACEPTABLE
8C	34	NO CRÍTICO	400	INACEPTABLE
1D	64	SEMI CRÍTICO	90	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Resumen Análisis modos de falla y efectos - AMFE

ANÁLISIS MODOS DE FALLA Y EFECTOS - DESBROZADORAS				
MODO DE FALLA	CRITICIDAD TOTAL RIESGO (CTR)	JERARQUIZACIÓN	NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR)	CLASIFICACIÓN
2D	31	SEMI CRÍTICO	160	R. DESEABLE
3D	11	NO CRÍTICO	81	ACEPTABLE
4D	31	SEMI CRÍTICO	192	R.DESEABLE
5D	32	SEMI CRÍTICO	128	R.DESEABLE
6D	68	SEMI CRÍTICO	90	ACEPTABLE
7D	32	SEMI CRÍTICO	128	R.DESEABLE
1E	12	SEMI CRÍTICO	80	ACEPTABLE
2E	8	NO CRÍTICO	80	ACEPTABLE
3E	10	NO CRÍTICO	20	ACEPTABLE
4E	30	SEMI CRÍTICO	18	ACEPTABLE
5E	12	NO CRÍTICO	60	ACEPTABLE
6E	12	NO CRÍTICO	14	ACEPTABLE

1F	12	SEMI CRÍTICO	192	R.DESEABLE
2F	9	SEMI CRÍTICO	30	ACEPTABLE
3F	4	NO CRÍTICO	144	R.DESEABLE
4F	4	NO CRÍTICO	168	R.DESEABLE

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. RESULTADOS HOJAS DE DECISIÓN MCC

Tabla 23. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de corte

HOJA DE DECISIÓN MCC			EQUIPO: DESBROZADORA						FACILITADOR: Julio Romero			FECHA:	HOJA N°: 1/6		
			SISTEMA: CORTE						AUDITOR: Ing. José Quispe						
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1A	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Inspeccionar el filo de las cuchillas. Limpiar minuciosamente todas las cuchillas.	Semanal	Operario máquina / Operario Mtto
													Controlar el desgaste de las cuchillas a través del ajuste de tornillos de fijación al eje.	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto

1	A	2A	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificar el estado de ajuste de las cuchillas. Engrasar con un aceite muy viscoso los tornillos con los que se sujetan las cuchillas	Trimestral	Operario máquina / Operario Mtto
1	A	2A	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar las cuchillas desgastadas.	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto
1	A	3A	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Revisar el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas.	Semanal	Operario máquina / Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de corte

HOJA DE DECISIÓN MCC			EQUIPO: DESBROZADORA							FACILITADOR: Julio Romero			FECHA:	HOJA N°: 2/6	
			SISTEMA: CORTE							AUDITOR: Ing. José Quispe					
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	4A	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Revisar el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas. Controlar que todos los tornillos y tuercas estén apretadas adecuadamente.	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto
1	A	5A	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificar el estado de los rodamientos. Cambiar los rodamientos si es necesario	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto

1	A	6A	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	<p>Verificar el estado de las poleas de transmisión.</p> <p>Verificar el estado de las bandas de transmisión. Verificar su tensión.</p>	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto
---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------	----------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de transmisión

HOJA DE DECISIÓN MCC			EQUIPO: DESBROZADORA							FACILITADOR: Julio Romero			FECHA:	HOJA N°: 3/6	
			SISTEMA: TRANSMISIÓN (CAJA Y TURBINA)							AUDITOR: Ing. José Quispe					
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
3	C	1C	S	N	N	S	N	S	S	-	-	-	<p>Verificar el estado de los dientes del piñón.</p> <p>Limpiar y lubricar todo el conjunto piñón de ataque – engranajes.</p>	Anual	Operario máquina / Operario Mtto

3	C	2C	S	N	N	S	N	S	S	-	-	-	<p>Verificar el desgaste de la bocina del piñón de ataque.</p> <p>Lubricar con aceite la bocina del piñón de ataque.</p>	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto
3	C	3C	S	N	N	S	N	S	S	-	-	-	<p>Verificar el estado de los dientes de los engranajes.</p> <p>Limpiar y lubricar todo el conjunto de engranajes de la caja reductora.</p>	Anual	Operario máquina / Operario Mtto
3	C	4C	S	N	N	S	S	S	S	-	-	-	<p>Verificar el estado de los ejes de entrada y salida del reductor.</p> <p>Inspeccionar si la vibración de los ejes está en niveles adecuados.</p> <p>Verificar el estado de las chumaceras de soporte de los ejes.</p>	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Hoja de decisión MCC de modos de fallas inaceptables en sistema de transmisión

HOJA DE DECISIÓN MCC			EQUIPO: DESBROZADORA							FACILITADOR: Julio Romero			FECHA:	HOJA N°: 4/6	
			SISTEMA: TRANSMISIÓN (CAJA Y TURBINA)							AUDITOR: Ing. José Quispe					
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
3	C	5C	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificar el estado de las chumaceras (cojinetes de agujas) de soporte de los ejes.	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto
3	C	6C	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Controlar el nivel de aceite de la caja de engranajes. Verificar que la temperatura del aceite de la caja no exceda los 100 °C. Verificar si la caja contiene el aceite correcto.	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto

3	C	7C	N	-	-	-	-	S	-	-	-	-	Limpiar y lubricar todo el conjunto de engranajes de la caja reductora.	Anual	Operario máquina / Operario Mtto
3	C	8C	N	-	-	-	-	S	-	-	-	-	Verificar el estado de las chumaceras (cojinetes de agujas) de soporte de los ejes. Cambiar cojinetes si fuese necesario.	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Hoja de decisión MCC de modos de fallas con reducción deseable en sistema de transmisión

HOJA DE DECISIÓN MCC			EQUIPO: DESBROZADORA						FACILITADOR: Julio Romero			FECHA:		HOJA N°: 5/6	
			SISTEMA: TRANSMISIÓN (POLEAS Y BANDAS)						AUDITOR: Ing. José Quispe						
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
4	D	2D	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificar el funcionamiento de los rodamientos de las poleas. Verificar si hay recalentamiento en los rodamientos.	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto

													Ajustar los tornillos de acople de las chumaceras. Engrasar las chumaceras	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto
4	D	4D	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificar el funcionamiento del rodamiento del eje que viene del cardán.	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto
4	D	5D	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificar si hay ruido y recalentamiento en las chumaceras. Verificar el ajuste adecuado de pernos.	Mensual	Operario máquina / Operario Mtto
													Engrasar y limpiar las chumaceras.	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto
4	D	7D	S	N	N	S	S	S	-	-	-	-	Verificar el ajuste adecuado de pernos de sujeción de las chumaceras.	Anual	Operario máquina / Operario Mtto
													Engrasar las chumaceras.	Semestral	Operario máquina / Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Hoja de decisión MCC de modos de fallas con reducción deseable en sistema de lubricación

HOJA DE DECISIÓN MCC			EQUIPO: DESBROZADORA							FACILITADOR: Julio Romero			FECHA:	HOJA N°: 6/6	
			SISTEMA: LUBRICACIÓN							AUDITOR: Ing. José Quispe					
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4			
6	F	1F	S	N	N	N	N	S	-	-	-	-	Verificar el nivel de aceite.	Semanal	Operario máquina / Operario Mtto
													Rellenar aceite si fuese necesario.		
													Cambiar aceite.	Semestral	Operario Mtto
6	F	3F	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Cambiar aceite.	Semestral	Operario Mtto
6	F	4F	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Cambiar aceite.	Semestral	Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN MCC

Tabla 29. Plan de mantenimiento MCC desbrozadoras

PLAN DE MANTENIMIENTO MCC DESBROZADORAS															
ACTIVIDAD	INTERVALO INICIAL	MESES												REALIZADO POR:	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
SISTEMA DE CORTE															Operario Mtto
Inspeccionar el filo de las cuchillas.	Semanal														Operario Mtto
Limpiar minuciosamente todas las cuchillas.	Semanal														Operario Mtto
Revisar el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas.	Semanal														Operario máquina
Controlar el desgaste de las cuchillas a través del ajuste de tornillos de fijación al eje.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario máquina / Operario Mtto
Revisar el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas. Controlar que todos los tornillos y tuercas tengan el ajuste adecuado.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario máquina / Operario Mtto

Verificar el estado de las poleas de transmisión.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario Mtto
Verificar el ajuste de las cuchillas. Engrasar con un aceite muy viscoso los tornillos con los que se sujetan las cuchillas al eje.	Trimestral	X			X			X			X			Operario máquina / Operario Mtto
Cambiar las cuchillas desgastadas.	Semestral	X						X						Operario Mtto
SISTEMA DE TRANSMISIÓN														
Verificar el estado de los ejes de entrada y salida del reductor.	Semanal													Operario máquina
Inspeccionar si la vibración de los ejes está en niveles adecuados.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario Mtto
Verificar el estado de chumaceras.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Plan de mantenimiento MCC desbrozadoras

PLAN DE MANTENIMIENTO MCC DESBROZADORAS															
ACTIVIDAD	INTERVALO INICIAL	MESES												REALIZADO POR:	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Controlar el nivel de aceite de la caja de engranajes.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario máquina
Verificar que la temperatura del aceite de la caja no exceda los 100 °C.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario Mtto
Verificar el desgaste de la bocina del piñón de ataque. Lubricar con aceite la bocina del piñón de ataque.	Semestral	X							X						Operario máquina / Operario Mtto
Verificar el estado de las chumaceras (cojinetes de agujas) de soporte de los ejes. Cambiar cojinetes si fuese necesario.	Semestral	X							X						Operario máquina / Operario Mtto
Limpiar y lubricar todo el conjunto de engranajes de la caja reductora.	Anual								X						Operario Mtto

Cambiar aceite de la caja reductora de velocidad.	Anual							X						Operario Mtto
Desmontar y limpiar la turbina.	Anual							X						Operario Mtto
POLEAS Y BANDAS								X						
Verificar el funcionamiento de los rodamientos de las poleas. Verificar si hay recalentamiento en los rodamientos. Revisar el estado de las bandas.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Operario máquina / Operario Mtto
Verificar el funcionamiento del rodamiento del eje que viene del cardán.	Semestral	X						X						Operario máquina / Operario Mtto
Engrasar y limpiar las chumaceras.	Semestral	X						X						Operario Mtto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Plan de mantenimiento MCC desbrozadoras

PLAN DE MANTENIMIENTO MCC DESBROZADORAS															
ACTIVIDAD	INTERVALO INICIAL	MESES												REALIZADO POR:	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Verificar el ajuste adecuado de pernos de sujeción de las chumaceras.	Anual							X							Operario máquina / Operario Mtto
SISTEMA DE LUBRICACIÓN															
Verificar el nivel de aceite de caja reductora.	Semanal														Operario máquina / Operario Mtto
Verificar si el aceite presenta suciedad.	Semanal														Operario Mtto
Cambiar aceite de caja.	Anual							X							Operario Mtto
SISTEMA NEUMÁTICO															
Verificar el funcionamiento de las válvulas de aire.	Semestral	X						X							Operario máquina / Operario Mtto
Inspeccionar el estado de las mangueras de aire comprimido.	Semestral	X						X							Operario máquina / Operario Mtto

Verificar el funcionamiento del pistón neumático.	Semestral	X						X						Operario Mtto
Desmontar y limpiar el pistón neumático.	Anual							X						Operario Mtto
OBSERVACIONES:														

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2. PLAN DE MANTENIMIENTO MCC A TRAVÉS DE UN PROGRAMA DE ACTIVIDADES A LAS FALLAS INACEPTABLES

Tabla 32. Actividades a realizar en el plan de mantenimiento MCC

PLAN DE MANTENIMIENTO MCC (2019)

<input type="checkbox"/> P	Mantenimiento preventivo	NÚMERO DE MANTENIMIENTOS NO REALIZADOS
<input type="checkbox"/> R	Mantenimiento realizado	<i>Semanas transcurridas</i>
<input type="checkbox"/> X	Mantenimiento reprogramado	
<input type="checkbox"/> C	Mantenimiento correctivo	<i>Inicio de Semana</i> 01/09/2019 <i>Final de Mes</i> 30/11/2019

Fecha :	01/09/2019 (Se Actualiza)	EQUIPO	DESBROZADORAS
----------------	-------------------------------------	---------------	----------------------

TIPO DE MANTENIMIENTO	EQUIPO / SUB EQUIPO	ACTIVIDAD REALIZADA	
-----------------------	---------------------	---------------------	--

4.1.4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento programado en el plan de mantenimiento basado en MCC de las desbrozadoras, se iniciaron en el mes de setiembre del 2019. Estas actividades en su mayoría preventivas tal como se especificaron en las hojas de decisiones de MCC fueron registradas en las hojas de actividades de mantenimiento (Ver **Anexos 15 al 17**), pudiéndose constatar que el programa de mantenimiento ha sido desarrollado.

El análisis de la nueva disponibilidad de flota de desbrozadoras dentro del periodo setiembre – noviembre 2019, se hace a continuación:

Tabla 33. Intervenciones periodo setiembre-noviembre 2019

DESBROZADORA	INTERVENCIONES
AVDB010410	18
AVDB020410	14
AVDB030710	13
AVDB041210	18
AVDB050413	11
AVDB060713	7
AVDB070315	4
AVDB080616	2
TOTAL	87

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Tabla 34. Parámetros mejorados con el plan MCC

ÍTEM	CÓDIGO	TEF (Tiempo entre fallas [hrs])	TPR (Tiempo para reparar [Hrs])	TMEF (Tiempo medio entre fallas [hrs])
1	AVDB010410	2646	234	147.0
2	AVDB020410	2768	112	197.7
3	AVDB030710	2756.5	123.5	212.0
4	AVDB041210	2757.6	122.4	153.2
5	AVDB050413	2852.5	27.5	259.3
6	AVDB060713	2813.5	66.5	401.9
7	AVDB070315	2860	20	715.0
8	AVDB080616	2875	5	1437.5
TOTAL		22329.1	710.9	3523.7

Fuente: Elaboración propia

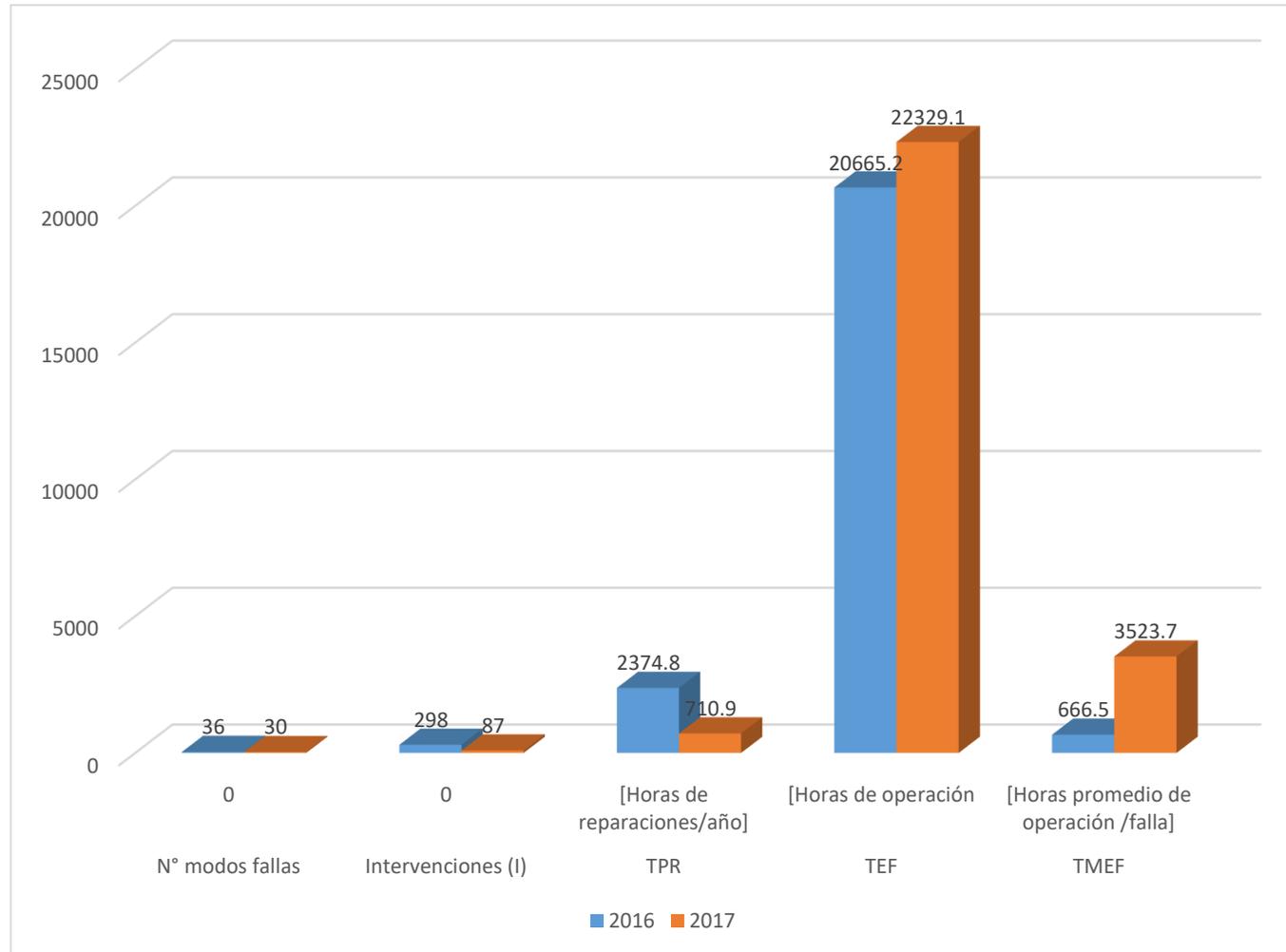
4.1.4.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO

Tabla 35. Parámetros mejorados con mantenimiento centrado en MCC

PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO					
CONDICIÓN	N° MODOS FALLAS	INTERVENCIONES (i)	TPR	TEF	TMEF
			[Horas de reparaciones/año]	[Horas de operación/año]	[Horas promedio de operación/año]
2016	36	298	2374.8	20665.2	666.5
2017	30	87	710.9	22329.1	3523.7
Comentarios	Al aplicar el análisis de criticidad a los 36 modos de falla, se encontró que 6 son Críticos, 18 Semi Críticos y 12 No críticos. Existiendo una mejora en 6 modos principales de falla.	La implementación del plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad MCC, plantea soluciones a los modos de falla críticos, no considerando las intervenciones medias críticas y no críticas. En los meses de setiembre a noviembre del 2017 solo fueron 87 intervenciones.	Con la implementación del plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad MCC, se busca reducir en 1663.9 horas en reparaciones por año de la flota de desbrozadoras.	Con la implementación del plan de Mantenimiento centrado en MCC, se busca aumentar el tiempo de operación de flota en más de 1600 horas.	Inciendo y cumpliendo con el programa de mantenimiento, el tiempo para la ocurrencia de un nuevo modo de falla para cada desbrozadora será de 357.15 horas.

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Parámetros mejorados con mantenimiento centrado en MCC



Fuente: Elaboración propia

4.1.5. RESULTADOS DE LA NUEVA DISPONIBILIDAD DE FLOTA

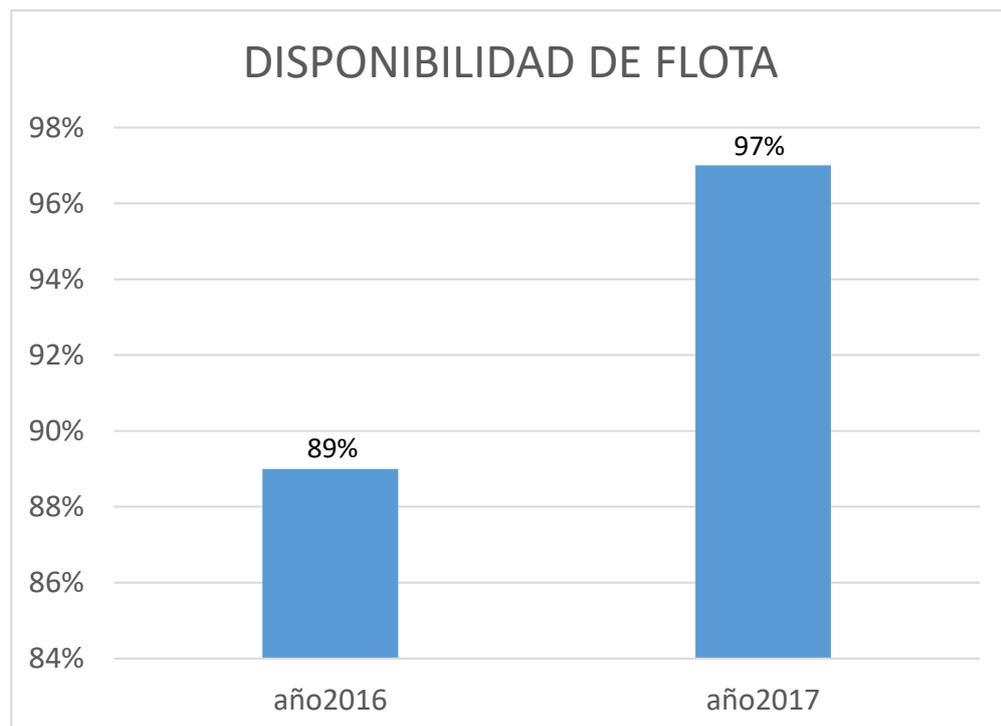
Se calculó la nueva disponibilidad de flota de desbrozadoras, siendo la siguiente:

$$D_{flota} = \frac{TEF}{TEF + TPR} \times 100\% = \frac{22329.1}{22329.1 + 710.9} \times 100\% = 97\%$$

La nueva disponibilidad aumenta en 8% con respecto al periodo 2018

COMPARACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS PERÍODOS 2018 Y 2019

Figura 11. Comparación de la disponibilidad de flota



Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Al determinar el contexto de operación actual de la flota de desbrozadoras, se identificaron sus parámetros de funcionamiento, tiempos de operación y siendo 5 los principales sistemas que las conforman; con toda esta información se determinó que la disponibilidad actual de la flota es de 89.33%. El cálculo de la disponibilidad se determinó utilizando ecuaciones que relacionan los parámetros de tiempo, tal como lo hizo Villacrés (2016) en su estudio de tesis, logrando obtener una disponibilidad de flota del 90%. La disponibilidad es expresada como el % de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. (MESA Y OTROS, 2006)

Al realizar el análisis AMFE a todos los sistemas que conforman las desbrozadoras se elaboraron las hojas de información MCC y se determinaron que existen 36 modos de fallas funcionales. Esta herramienta de análisis también es usada en el estudio de tesis de Huancaya (2016), realizando el Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) la máquina presentó 178 modos de falla. Esta metodología identifica fallos que ocasionen de cada falla, y las consecuencias de fallas asociadas con cada modo de falla. (AGUILAR Y OTROS, 2010)

Al determinar la criticidad total de riesgo (CTR) y el número de prioridad de riesgo (NPR) de los 36 modos de fallas, se elaboran las tablas de jerarquización de riesgo y número de prioridad de riesgo, obteniendo 7 modos de fallas críticos, 17 semi críticos y 12 no críticos; y 14 fallas inaceptables, 7 deseables y 15 aceptables respectivamente. Esta herramienta de jerarquización utiliza ciertos criterios de clasificación de acuerdo al impacto que podría causar la falla dentro de varios sistemas; esta herramienta es usada por Araujo (2016), logrando determinar 22 modos de fallas críticos, 10 modos de fallas semi críticos y 8 no críticos; con respecto al NPR obtiene 19 fallas inaceptables, 2 fallas reducibles deseables y 4 fallas aceptables. El NPR es el factor de riesgo que nos indica la dirección y nos permite priorizar los esfuerzos sobre aquellas fallas preponderantes con lo que nos facilita para conseguir mayores mejoras. (DA COSTA, 2010)

Al realizar las hojas de decisión MCC a los modos de fallas inaceptables y con reducción deseable, se determinaron que las principales actividades de mantenimiento serán preventivas. Esta herramienta de análisis también es usada en el estudio de tesis de Montalvo (2013), que aplicó un Árbol lógico de decisiones (ALD), con Hojas de decisión MCC y varios tipos de tareas: Reacondicionamiento cíclico (17.3%), A condición (63.5%), Sustitución Cíclica (9.2%) y Mantenimientos correctivos (10%), en nuestro estudio al aplicar el Diagrama de Decisión MCC a los modos de falla con nivel inaceptable y reducción deseable encontramos que las tareas en su totalidad son de reacondicionamiento cíclico o preventivas. (MOUBRAY, 2004)

VI. CONCLUSIONES

Se determinó el contexto de operación actual de las desbrozadoras, en donde se evidenciaron que poseen cinco sistemas principales que son: sistema de corte, sistema de fuerza, sistema de transmisión, sistema neumático y sistema de lubricación. Se identificaron también sus parámetros de operación. Toda esta información fue crucial para poder conocer más detalladamente su funcionamiento y tener el suficiente criterio a la hora de establecer los principales modos de fallas de estas máquinas.

Se identificaron los números de fallas que tuvieron durante el año 2018, las cuales sumaron en total 298. Se calculó que tiempo entre fallas fue de 20665.2 horas, el tiempo de reparaciones fue de 2374.8 horas, con lo cual se determinó que el índice de disponibilidad de la flota de las desbrozadoras con respecto al año 2018, fue de 89%.

Se elaboraron las hojas de Información MCC, que en total fueron seis, en las cuales se detallaron las principales funciones de los sistemas que integran las desbrozadoras, se identificaron sus principales fallas funcionales y un total de 36 modos de fallas con los respectivos efectos operacionales que podrían causar.

Dentro del análisis AMFE, se determinaron los niveles de criticidad total de riesgo (CTR) para los 36 modos de falla, de dónde 06 modos de falla fueron críticos (17%), 18 modos de falla fueron semi críticos (50%) y 12 modos de falla fueron no críticos (33%).

De acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR), para los 36 modos de falla, 14 fueron inaceptables (39%), 7 fueron reducibles deseables (19%) y 15 fueron aceptables (42%). Los sistemas que presentaron fallas inaceptables fueron el de corte y transmisión de potencia.

Al usar el Diagrama de Decisión MCC, se elaboró seis Hojas de Decisión MCC, evaluando los efectos en el medio ambiente y seguridad, consecuencias no operacionales y operacionales, proponiendo tareas de mantenimiento preventivo con personal que realizará dichas tareas e intervalos de tiempo.

Se elaboró e implementó el nuevo Plan de Mantenimiento fundamentado a partir del desarrollo de las Hojas de Decisión MCC y en recomendaciones de fabricantes de desbrozadoras, con lo que se propusieron las principales tareas de mantenimiento para cada sistema que conforman las desbrozadoras, así también sus respectivos intervalos de ejecución. Este nuevo plan se comenzó a implementar en el mes de setiembre del 2019 y actualmente se viene ejecutando.

Se comparó los parámetros de mantenimiento del periodo 2018 con los mejorados al utilizar MCC, reduciendo 06 modos de falla críticos, 211 intervenciones, 1663.9 horas en reparación, 1600 horas de operación entre fallas y se aumentó el tiempo promedio entre fallas en 357.15 horas útiles de operación por cada desbrozadora.

Con la implementación del nuevo Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad MCC se determinó que la disponibilidad operacional de la flota de desbrozadoras es de 97%, lográndose un incremento de 8%.

VII. RECOMENDACIONES

- Desarrollar todas las actividades contenidas en el plan de mantenimiento MCC a todos los modos de falla inaceptables de las desbrozadoras, cumpliendo lo estipulado en las hojas de decisiones MCC.
- Coordinar con el personal de mantenimiento y personal de operación (operarios) inspecciones de rutina con intervalos semanales a toda la flota, estas inspecciones son para ver y anotar cualquier situación de falla, con lo cual se hará un monitoreo al detalle y ordenado del funcionamiento de las desbrozadoras.
- Entrenar al personal involucrado en la operación de estas máquinas, en temas de mantenimiento actuales, conociendo la importancia de las acciones preventivas y predictivas, obteniendo una responsabilidad mayor y de mejora en el personal sobre la importancia del mantenimiento.
- Se requiere invertir tiempo, esfuerzo y trabajo en equipo para implementar el MMC. Si es aplicado se generan mejoras en la gestión de la planificación, la calidad en las intervenciones y se optimiza la asignación de recursos a las partes más importantes de las máquinas.

REFERENCIAS

MOUBRAY, JOHN. *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II”*. Traducción por Ellman, Sueiro y Asociados. Buenos Aires, Argentina. Edición en español. Edwards Brothers Editorial, 2004.

PEREZ, CARLOS MARIO. Gerencia de Mantenimiento – Sistemas de Información. Soporte y Cia Ltda – Colombia, 2012.

AZABACHE, EDUARDO. *“Planificación y Programación del Mantenimiento”*. Universidad Nacional de Trujillo. 2002

GARCÍA, SANTIAGO. *“Ingeniería del Mantenimiento”*. Renovetec editorial. 2012.

ADMI.T. *“Administración de mantenimiento industrial”*. Newbrough. ISBN: 968-13-0666-X, 1997.

PÉREZ, E. *“Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para una paletizadora de cemento”*. Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial para Optar al Título de ingeniero mecánico. Puerto la Cruz. Diciembre 2010.

DA COSTA, M. *“Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a Motores a Gas de dos tiempos en pozos de alta producción”*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ing. Mecánico. PUCP. Agosto 2010.

AGUILAR, J.; TORRES, R.; MAGAÑA, D. *“Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”*. Tecnología Ciencia. Ed. IMIQ, 25(1):15-26. 2010.

ARZUAGA, J. *“Modelo de Mantenimiento centrado en confiabilidad en la flota de equipos de oruga de la empresa minera Drummon LDT”*. Trabajo de Grado.

VILLACRÉS, S. *“Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hydrocleaner”*

Vactor M654 de la empresa Etapa EP". Trabajo de Investigación. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador 2016.

POVEDA, ALEJANDRO. "*Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el Desarrollo de Planes de Mantenimiento*". Artículo de tesis de grado, Repositorio de la Escuela Politécnica del Litoral, Ecuador. 2011.

MESA, D.; ORTIZ Y.; PINZÓN, M. "*La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*". Scientia et Technica Año XII, No 30, UTP. ISSN 0122-1701. 2006.

PAEZ, V. "*Desarrollo de un Sistema de información para la Planificación y Control del mantenimiento preventivo aplicado a una planta agroindustrial*". Tesis para optar por el Título de Ingeniero Informático. PUCP, 2011.

PARRA, C., OMAÑA C. Ponencia: "*Técnica cualitativa de Auditoria de la Gestión de Mantenimiento para el sector Refinación*". VII Congreso de Ingeniería de Mantenimiento de Petróleos de Venezuela, Caracas, Octubre. 2001.

BRAVO D. y Suárez, D. "*Guía teórico – práctica de mantenimiento mecánico*". Universidad de Oriente. 2008.

PALACIOS, RODRIGO. "*Tipos de Mantenimiento. Descripción breve.*" Rosmann ingeniería, software y mantenimiento industrial. 2015.

MUÑOZ, BELÉN. "*Mantenimiento Industrial*". Universidad Carlos III de Madrid. Área de Ingeniería Mecánica. España 2010.

SANCHEZ, F., PÉREZ, A. "*Mantenimiento mecánico de máquinas*". UNIVERSITAT JAUME I. 2006

AMÉNDOLA, A. "*Retorno de la inversión en la Gestión de Activos*". España: Asset Management. 2011.

HUANCAYA, C. *“Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad”*. Tesis de grado titulada para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

CANALES, C. *“Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Metodología RCM para el departamento de Patio de caña”*. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Escuela de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014.

CALDERÓN, E. *“Plan de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa CASA GRANDE S.A.A.”*, Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional de Trujillo, 2016.

MONTALVO, E. *“Gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad aplicado para una flota de volquetes de 50 toneladas para acarreo de material en la Mina Arasi”*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional del Callao, 2013.

ARAUJO, E. *“Influencia de la confiabilidad en los índices de la flota de Tractores JD MF 291 en la empresa Casa Grande SAC”*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional de Trujillo, 2016.

DIAZ, CHRISTIAN. *“Automatización del Análisis de Modos de Falla y Efectos FMEA en la Ingeniería de Mantenimiento aplicado para la Industria Ecuatoriana”*. Ecuador, Octubre 2008.

GARCÍA GARRIDO, S. *“Fórmulas de cálculo de indicadores de disponibilidad”*. Informe de Investigación. Octubre de 2016.

LAFRAIA, J. *Manual de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad*. Qualitymark Editora, 2001.

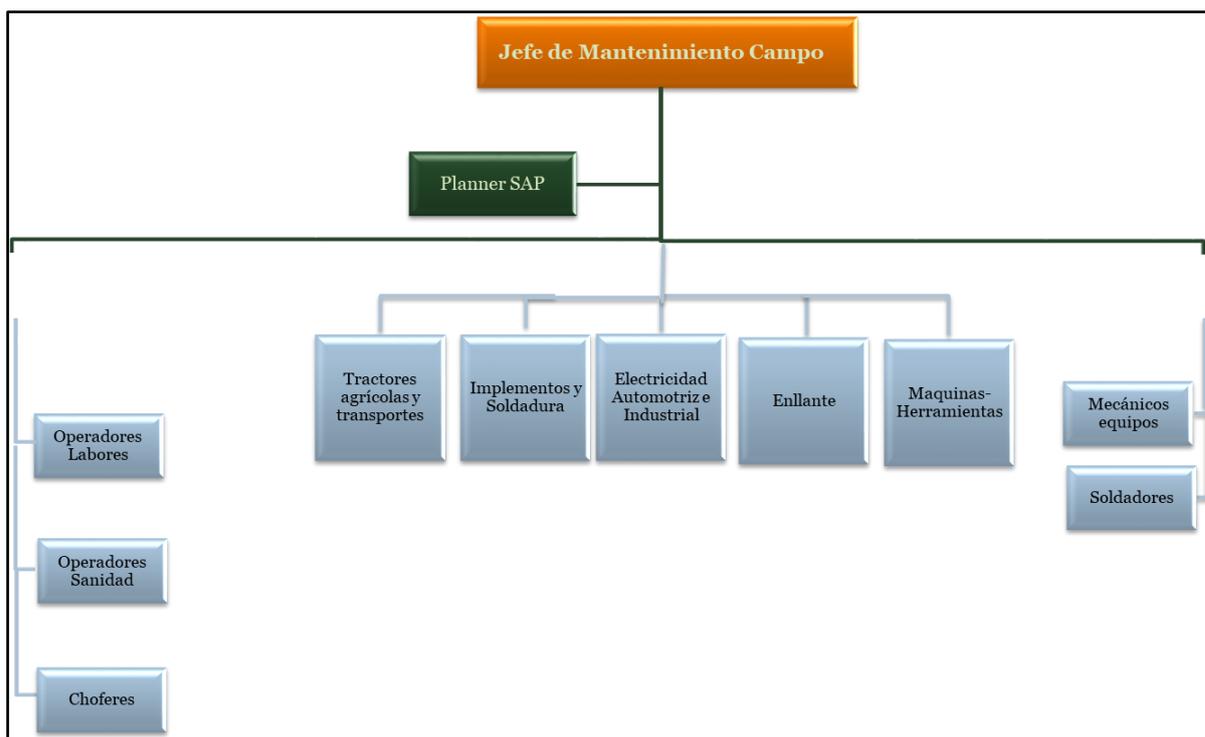
ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad	Herramienta que para gestionar el mantenimiento maximizando la confiabilidad operativa de los activos físicos (maquinaria, máquinas y herramientas) a partir del contexto operativo real en el cual se desarrolla y es programado. (MOUBRAY, 2004)	Mejora de los indicadores de mantenimiento de la flota de desbrozadoras, mediante la secuencia analítica que incluye las siguientes herramientas:			
		Matriz AMFE	<ul style="list-style-type: none"> - Funciones primarias - Funciones secundarias - Modos de fallas por actividad 	NOMINAL	
		Modelo semicuantitativo de criticidad total por riesgo CTR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fallas críticas 2. Fallas semi-críticas 3. Fallas no críticas 	ORDINAL	
		Número de prioridad de riesgo NPR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inaceptables 2. Deseables 3. Aceptables 	ORDINAL	
		Diagrama de decisión AMFE	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de Mtto. - Actividades de Mtto. - Frecuencia de Mtto. 	NOMINAL	
VARIABLE DEPENDIENTE					
Indicadores de Gestión de Mantenimiento	Disponibilidad	Probabilidad de que un sistema o equipo esté operativo o disponible para su uso durante un periodo de tiempo determinado. (MEZA & ORTIZ, 2006)	Depende del tiempo promedio entre fallas, tiempo medio para reparación y número de fallas.	$D(t) = \frac{TEF}{TEF + TPR} \times 100\%$	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Organigrama Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A.



Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 3. Estado de implementos de labores

IT	IMPLEMENTO LABORES	CAN	OBSERVACIONES	IT	IMPLEMENTO LABORES	CAN	OBSERVACIONES
1	DESBROZADORA	08	Turbinadas; 01 de 0.75m, 02 de 1.0m, 01 de 1.20m, 03 de 1.40m y 01 de 1.50mts.	10	LAMPON	05	01 de 2.0m, 01 de 2.5m, 02 de 3.0m(01 lampón "V"), y 01 de 3.5m
2	ROTATIVA	03	01 de 1.0m y 02 de 1.5mts con cabezal porta cuchillas modificado	11	RUFA	02	01 de 3.5m y 01 de 4.0m
3	RASTRILLO MECANICO	02	Operativas	12	ROTOVATOR	03	2 simples de 1.80 mts y 01 doble de 3.0 mts.
4	APORCADOR	07	03 de 2x36", 03 de 2x32" y 01 tipo invertido 2x28"	13	PUNTAS	01	Barra 4"x3.0mts con 6 puntas
5	CHATIN DESAPORQUE	06	01 de 1.2m, 03 de 1.2m, 01 de 1.3m y 01 de 1.4mts; todas para reparación estructural	14	ZARANDA	01	Operativa
6	CHATIN APERTURA	03	02 operativas 0.60x1.50m y 01 para reparación estructural e hidráulico	15	PALA CARGADORA	01	Operativa
7	GRADA	01	01 de 24x22" y 01 de 28x22" inoperativas	16	CARRETAS	06	02 de 2.5Ton inoperativas y 04 de 3.5Ton
8	ARADO DE DISCOS	01	4x28" inoperativo por bombín	17	CARRITOS COSECHADORES	11	Operativos
9	ARADO DE VERTADERA	01	3 Cuerpos con bombín para reparación	TOTAL IMPLEMENTOS		62	

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 4. Estructura de la hoja de información de MCC

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			Hoja
			FACILITADOR	Fecha	
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SUB-SISTEMA N°			De
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		

Fuente: Moubray, 2006

Anexo 5. Criterios de criticidad

FRECUENCIA DE FALLAS	
Elevado mayor a 4 fallas/año	4
Promedio 3 - 4 fallas/año	3
Buena 1 - 2 fallas/año	2
Excelente menos 1 fallas/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercusión a otro equipo o subsistema	7
Impacta a niveles de producción o calidad	5
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	3
No genera ningún efecto significativo	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes	4
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños	1
COSTOS DE MANTENIMIENTO	
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores o igual a US\$ 300 (Incluye repuestos)	2

Costos de reparación, materiales y mano de obra inferiores a US\$ 300 (Incluye repuestos)	1
SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE	
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales	1

Fuente: Améndola, 2011

Anexo 6. Matriz de criticidad propuesto por el modelo CTR

FRECUENCIA	4	SC	SC	C	C	C
	3	SC	SC	SC	C	C
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: PARRA & MÁRQUEZ, 2012)

Anexo 7. Número de prioridad de riesgo (NPR)

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Ínfima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10
Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en mas de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10
Detección (dificultad de detección)	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Fuente: Da Costa, 2010

Anexo 8. Número de prioridad de riesgo

NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO	
NPR > 200	INACEPTABLE (I)
125 < NPR < 200	REDUCCIÓN DESEABLE (R)
NPR < 125	ACEPTABLE (A)

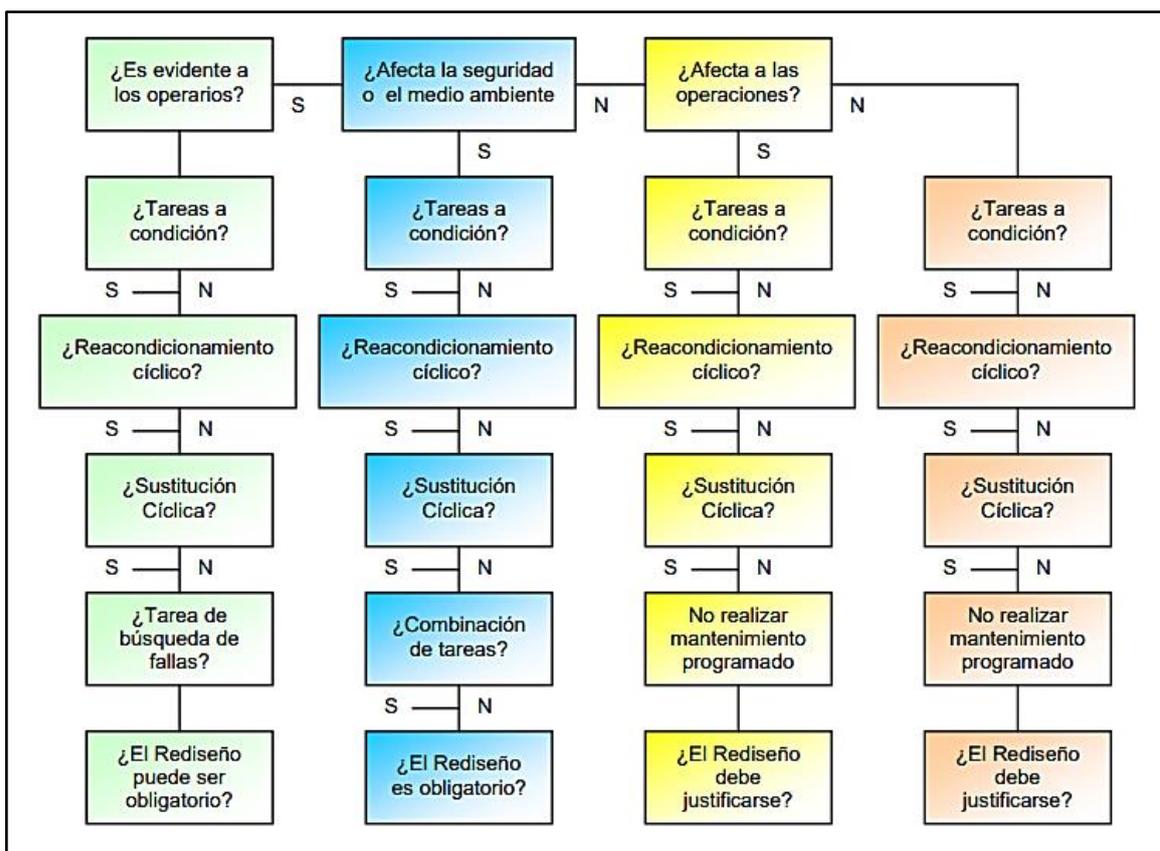
Fuente: Brastalén, M., 2004

Anexo 9. Tabla de prioridad de riesgo

NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO						
MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	CLASIFICACIÓN
G: Gravedad O: Ocurrencia D: Detectabilidad NPR: Número de prioridad de riesgo						

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Árbol lógico de decisiones propuesto por MCC



Fuente: Moubray, 1997

Anexo 11. Hoja de decisión MCC

HOJA DE DECISIONES			Nombre del equipo:						Facilitador:	Fecha:	Hoj a N° 1 de:			
			Sistema:						Auditor:	Fecha:				
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción de falla de			Interval o inicial (a-año, m-mes, s=semana, d=día)	A realizar se por
							S1	S2	S3					
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	2	O3	Tarea Propuesta				
							N1	N2	N3				H4	H5

Fuente: Moubray, 1997

Anexo 12. N° de paradas por mantenimiento no programado de las desbrozadoras

 FICHA DE MANTENIMIENTO - AÑO 2016													
CÓDIGO DESBROZADORA	NÚMERO DE PARADAS POR MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO - IMPLEMENTOS DE LABORES												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
AVDB010410	4	10	3	5	3	8	2	7	4	2	0	3	51
AVDB020410	2	5	3	6	1	3	11	2	5	4	2	3	47
AVDB030710	3	2	4	5	1	9	6	0	3	7	2	6	48
AVDB041210	0	4	6	3	7	2	4	4	0	7	1	3	41
AVDB050413	3	5	5	0	4	1	6	3	1	5	0	2	35
AVDB060713	5	1	0	5	2	5	8	1	1	4	0	6	38
AVDB070315	0	0	4	5	2	1	5	0	2	1	2	1	23
AVDB080616	2	1	0	0	3	1	0	1	4	0	3	0	15

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 13. Ficha de mantenimiento de máquina

		FICHA DE MÁQUINA		
TIPO DE IMPLEMENTO: DESBROZADORA				
CÓDIGO: AVDB010410			Año: 2016	
ITEM	TIPO	NÚMERO DE INTERVENCIONES	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	REVISADO POR
1	CORREC.	12	Afilar cuchillas desgastadas	Técnico Mtto
2	CORREC.	5	Cambio de cuchillas rotas por la fricción.	Técnico Mtto
3	CORREC.	2	Las cuchillas no tienen la velocidad adecuada.	Técnico Mtto
4	CORREC.	2	Posicionamiento correcto de eje porta cuchillas.	Técnico Mtto
5	CORREC.	1	Reposición de aceite de lubricación en los rodamientos de soporte del eje.	Técnico Mtto
6	CORREC.	2	Revisión de transmisión deficiente de velocidad a través de la polea	Técnico Mtto
7	CORREC.	1	Cambio de Horquillas de cardán roto.	Técnico Mtto
8	CORREC.	1	Cambio de cojinetes de pines de cruceta	Técnico Mtto
9	CORREC.	3	Ajuste angular entre ejes cardánicos conductor y conducido.	Técnico Mtto
10	CORREC.	2	Cambio de conjunto de piñón por rotura.	Técnico Mtto
11	CORREC.	2	Cambio de bocina de piñón de ataque.	Técnico Mtto
12	CORREC.	3	Cambio de engranaje de caja de velocidades .	Técnico Mtto
13	CORREC.	1	Cambio de ejes de entrada y salida del reductor.	Técnico Mtto
14	CORREC.	2	Cambio de cojinetes de agujas de ejes.	Técnico Mtto
15	CORREC.	2	Reposición aceite de lubricación en caja.	Técnico Mtto
16	CORREC.	3	Cambio de bandas.	Técnico Mtto
17	CORREC.	1	Cambio de rodamientos de poleas por rotura	Técnico Mtto
18	CORREC.	1	Reparación de fugas de aire en las mangueras.	Técnico Mtto
19	CORREC.	1	Reparación de fugas de aire en válvulas neumáticas.	Técnico Mtto
20	CORREC.	2	Reparación de fugas de aire en conexiones.	Técnico Mtto
21	CORREC.	2	Reposición de aceite lubricante.	Técnico Mtto

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 14. Ficha de mantenimiento de máquina

		FICHA DE MÁQUINA		
TIPO DE IMPLEMENTO: DESBROZADORA				
CÓDIGO: AVDB020410			Año: 2016	
ITEM	TIPO	NÚMERO DE INTERVENCIONES	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	REVISADO POR
1	CORREC.	10	Afilar cuchillas desgastadas	Técnico Mtto
2	CORREC.	3	Cambio de cuchillas rotas por la fricción.	Técnico Mtto
3	CORREC.	2	Las cuchillas no tienen la velocidad adecuada.	Técnico Mtto
4	CORREC.	2	Posicionamiento correcto de eje porta cuchillas.	Técnico Mtto
5	CORREC.	1	Reposición de aceite de lubricación en los rodamientos de soporte del eje.	Técnico Mtto
6	CORREC.	1	Revisión de transmisión deficiente de velocidad a través de la polea	Técnico Mtto
7	CORREC.	2	Cambio de Horquillas de cardán roto.	Técnico Mtto
8	CORREC.	1	Cambio de cruceta de cardán por rotura.	Técnico Mtto
9	CORREC.	2	Cambio de pines de acople de junta cardánica. Presentaron desgaste o rotura.	Técnico Mtto
10	CORREC.	1	Ajuste angular entre ejes cardánicos conductor y conducido.	Técnico Mtto
11	CORREC.	2	Cambio de conjunto de piñón por rotura.	Técnico Mtto
12	CORREC.	3	Cambio de bocina de piñón de ataque.	Técnico Mtto
13	CORREC.	2	Cambio de engranaje de caja de velocidades .	Técnico Mtto
14	CORREC.	1	Cambio de ejes de entrada y salida del reductor.	Técnico Mtto
15	CORREC.	3	Cambio de cojinetes de agujas de ejes.	Técnico Mtto
16	CORREC.	1	Reposición aceite de lubricación en caja.	Técnico Mtto
17	CORREC.	2	Cambio de bandas.	Técnico Mtto
18	CORREC.	2	Cambio de rodamientos de poleas por rotura	Técnico Mtto
19	CORREC.	2	Desacople de poleas.	Técnico Mtto
20	CORREC.	1	Cambio de chumaceras en extremos de las poleas	Técnico Mtto
21	CORREC.	1	Reparación de fugas de aire en conexiones.	Técnico Mtto
22	CORREC.	2	Reposición de aceite lubricante.	Técnico Mtto

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 15. Ficha de mantenimiento de máquina

		FICHA DE MÁQUINA		
TIPO DE IMPLEMENTO: DESBROZADORA				
CÓDIGO: AVDB030710			Año: 2016	
ITEM	TIPO	NÚMERO DE INTERVENCIONES	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	REVISADO POR
1	CORREC.	9	Afilar cuchillas desgastadas	Técnico Mtto
2	CORREC.	5	Cambio de cuchillas rotas por la fricción.	Técnico Mtto
3	CORREC.	3	Las cuchillas no tienen la velocidad adecuada.	Técnico Mtto
4	CORREC.	2	Posicionamiento correcto de eje porta cuchillas.	Técnico Mtto
5	CORREC.	2	Reposición de aceite de lubricación en los rodamientos de soporte del eje.	Técnico Mtto
6	CORREC.	1	Ajuste angular entre ejes cardánicos conductor y conducido.	Técnico Mtto
7	CORREC.	2	Cambio de conjunto de piñón por rotura.	Técnico Mtto
8	CORREC.	1	Cambio de bocina de piñón de ataque.	Técnico Mtto
9	CORREC.	2	Cambio de engranaje de caja de velocidades .	Técnico Mtto
10	CORREC.	1	Cambio de cojinetes de agujas de ejes.	Técnico Mtto
11	CORREC.	4	Reposición aceite de lubricación en caja.	Técnico Mtto
12	CORREC.	5	Cambio de bandas.	Técnico Mtto
13	CORREC.	2	Cambio de rodamientos de poleas por rotura	Técnico Mtto
14	CORREC.	1	Desacople de poleas.	Técnico Mtto
15	CORREC.	1	Reparación de fugas de aire en las mangueras.	Técnico Mtto
16	CORREC.	2	Reparación de fugas de aire en válvulas neumáticas.	Técnico Mtto
17	CORREC.	2	Reparación de fugas de aire en conexiones.	Técnico Mtto
18	CORREC.	3	Reposición de aceite lubricante.	Técnico Mtto

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 16. Actividades mantenimiento preventivo desbrozadoras (setiembre 2019)

 HOJA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
TIPO DE IMPLEMENTO: DESBROZADORA				
ITEM	FECHA	TIPO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
1	01/09/2017	PREVENTIVO	Se controló el desgaste de las cuchillas a través del ajuste de tornillos de fijación al eje.	
2	01/09/2017	PREVENTIVO	Se revisó el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas.	Rodamientos en buenas condiciones
3	01/09/2017	PREVENTIVO	Se controló que todos los tornillos y tuercas tengan el ajuste adecuado.	
4	01/09/2017	PREVENTIVO	Se verificó el estado de las poleas de transmisión.	
5	01/09/2017	PREVENTIVO	Se inspeccionó si la vibración de los ejes está en niveles adecuados.	
6	01/09/2017	PREVENTIVO	Se verificó el estado de chumaceras.	Chumacera presenta desgaste
7	01/09/2017	PREVENTIVO	Se verificó el nivel de aceite de la caja de engranajes.	
8	01/09/2017	PREVENTIVO	Se verificó que la temperatura del aceite de la caja no exceda los 100 °C.	
9	28/09/2017	PREVENTIVO	El ajuste de las cuchillas es el adecuado	
10	28/09/2017	PREVENTIVO	Se engrasó con un aceite viscoso los tornillos con los que se sujetan las cuchillas al eje.	
11	30/09/2017	PREVENTIVO	Se lubricó con aceite la bocina del piñón de ataque.	
12	30/09/2017	PREVENTIVO	Se verificó el óptimo funcionamiento del rodamiento del eje que viene del cardán.	se limpió el cardán
13	30/09/2017	PREVENTIVO	Engrase y limpieza de las chumaceras	
14	30/09/2017	PREVENTIVO	Se inspeccionó el estado de las mangueras de aire comprimido.	
15	30/09/2017	PREVENTIVO	Verificar el funcionamiento del pistón neumático	
16	30/09/2017	PREVENTIVO	Limpieza y lubricación de todo el conjunto de engranajes de la caja reductora.	
17	30/09/2017	PREVENTIVO	Cambio de aceite de la caja reductora de velocidad.	
18	30/09/2017	PREVENTIVO	Se desmontó y limpió el pistón neumático	
19	30/09/2017	PREVENTIVO	Se limpió la turbina	

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 17. Actividades mantenimiento preventivo desbrozadoras (octubre 2019)

 HOJA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
TIPO DE IMPLEMENTO: DESBROZADORA				
ITEM	FECHA	TIPO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
1	15/10/2017	PREVENTIVO	Se controló el desgaste de las cuchillas a través del ajuste de tornillos de fijación al eje.	
2	15/10/2017	PREVENTIVO	Se revisó el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas.	
3	15/10/2017	PREVENTIVO	Se controló que todos los tornillos y tuercas tengan el ajuste adecuado.	
4	15/10/2017	PREVENTIVO	Se verificó el estado de las poleas de transmisión.	
5	15/10/2017	PREVENTIVO	Se inspeccionó si la vibración de los ejes está en niveles adecuados.	Presenta pequeñas vibraciones
6	15/10/2017	PREVENTIVO	Se verificó el estado de chumaceras.	
7	15/10/2017	PREVENTIVO	Se verificó el nivel de aceite de la caja de engranajes.	
8	15/10/2017	PREVENTIVO	Se verificó que la temperatura del aceite de la caja no exceda los 100 °C.	

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019

Anexo 18. Actividades mantenimiento preventivo desbrozadoras (noviembre 2019)

 HOJA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
TIPO DE IMPLEMENTO: DESBROZADORA				
ITEM	FECHA	TIPO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
1	18/11/2017	PREVENTIVO	Se controló el desgaste de las cuchillas a través del ajuste de tornillos de fijación al eje.	3 cuchillas presentan desgaste
2	18/11/2017	PREVENTIVO	Se revisó el estado de los rodamientos de los extremos del eje de cuchillas.	
3	18/11/2017	PREVENTIVO	Se controló que todos los tornillos y tuercas tengan el ajuste adecuado.	
4	18/11/2017	PREVENTIVO	Se verificó el estado de las poleas de transmisión.	banda de transmisión presenta rajadura
5	18/11/2017	PREVENTIVO	Se inspeccionó si la vibración de los ejes está en niveles adecuados.	
6	18/11/2017	PREVENTIVO	Se verificó el estado de chumaceras.	
7	18/11/2017	PREVENTIVO	Se verificó el nivel de aceite de la caja de engranajes.	
8	18/11/2017	PREVENTIVO	Se verificó que la temperatura del aceite de la caja no exceda los 100 °C.	
9	30/11/2017	PREVENTIVO	El ajuste de las cuchillas es el adecuado	Se cambiaron nuevos pernos
10	30/11/2017	PREVENTIVO	Se engrasó con un aceite viscoso los tornillos con los que se sujetan las cuchillas al eje.	

Fuente: Área de mantenimiento Agroindustrial Virú S.A-2019